TEORÍAS DEL APRENDIZAJE

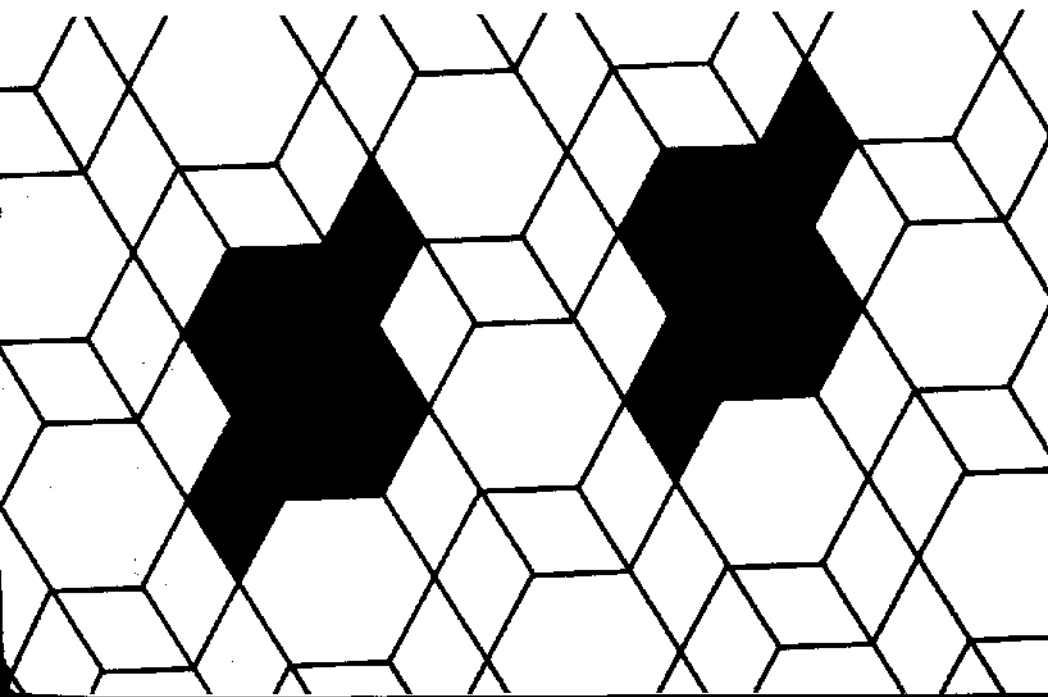
Gordon H. Bower
Ernest R. Hilgard

trillas

POR LA MEJORA EDUCATIVA DEL SIGLO XXI
BIBLIOTECA DIGITAL DE PEDAGOGÍA
PEDAGOGIUM ★★★★★ DIDACTICA

Traducción: José Manuel Salazar Palacios

Revisión técnica: Julio A. Varela Barraza
Licenciado en psicología por
la Universidad Nacional Autónoma
de México
Profesor en la Escuela
Nacional de Estudios Profesionales
Iztacala, UNAM



Catalogación en la fuente

Bower, Gordon H.
Teorías del aprendizaje. -- 2a ed. -- México : Trillas, 1989 (reimp. 2004).
790 p. ; 23 cm.
Traducción de: Theories of learning
Bibliografías: p. 712-759
Incluye índices
ISBN 968-24-2690-1

1. Aprendizaje - Psicología, I. Hilgard, Ernest Roplequet. II. t.

D- 153.15'B254t LC- BF318'B6.8 369

Título de esta obra en inglés: Theories of learning

Versión autorizada en español de la quinta edición
publicada en inglés por Prentice-Hall, Inc.
ISBN 0-13-914432-3

La presentación y disposición en conjunto de
TEORÍAS DEL APRENDIZAJE
son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra
puede ser reproducida o trasmitida, mediante ningún sistema
o método electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado,
la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento
de información), sin consentimiento por escrito del editor

Derechos reservados en lengua española
© 1973, Editorial Trillas, S. A. de C. V.,
División Administrativa, Av. Río Churubusco 385,
Col. Pedro María Anaya, C. P. 03340, México, D. F.
Tel. 56884233, FAX 56041364

División Comercial, Calz. de la Viga 1132, C. P. 09439
México, D. F. Tel. 56330995, FAX 56330870

www.trillas.com.mx

Miembro de la Cámara Nacional de la
Industria Editorial. Reg. núm. 158

Primera edición en español, 1973 (ISBN 968-24-0277-8)
Reimpresiones, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1982, 1983, 1986 y 1987
Segunda edición en español, 1989 (ISBN 968-24-2690-1)
Reimpresiones, 1991, 1992, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000 y 2003

Novena reimpresión, junio 2004

Impreso en México
Printed in Mexico

Prefacio

La psicología se encuentra en un constante estado de cambio, si no es que de agitada confusión. En un esfuerzo por comprender la vida mental, miles de psicólogos proponen continuamente nuevas perspectivas, ideas, fenómenos, resultados experimentales y métodos de investigación, y lo hacen a un ritmo atropellado.

A menudo el profesional siente que se ahoga en un torrente de información y no sabe si se halla en el flujo principal o en una corriente secundaria; el estudiante que apenas empieza ignora por dónde entrar en el agua o en qué dirección nadar. En este caso, un método comprobado para reducir la excesiva información consiste en examinar la génesis de los principales puntos de vista, integrarlos y estudiar su desarrollo en el marco de la investigación actual. Así, la perspectiva histórica ofrece un esquema organizado para el estudiante y para el profesional. Muchas de las "grandes preguntas" acerca de los fenómenos mentales han sido formuladas desde hace mucho tiempo, y las respuestas que surgieron a lo largo de la historia sirven de guía a las hipótesis contemporáneas.

El objetivo de este texto es ayudar al estudiante en la comprensión de la teoría moderna del aprendizaje, de su contexto histórico y de sus antecedentes. Con este fin se reseñan las teorías del aprendizaje de las principales escuelas de la psicología: el conductismo, la Gestalt, el cognoscitivismo, el procesamiento de información, así como aquellas relacionadas con teóricos de la talla de Thorndike, Pavlov, Guthrie, Hull, Tolman, Skinner y Estes.

Cada teoría se expone en los términos de su contexto histórico y de los problemas científicos con los que el teórico se enfrentaba. Al presentar la teoría se reseñan a grandes rasgos las evidencias experimentales más relevantes que la sustentan. Cada una de dichas teorías se examinará inicialmente desde una perspectiva armónica; sin embargo, cada capítulo concluye con una discusión crítica y una valoración de la evidencia que las apoya.

El primer capítulo es una introducción a los antecedentes filosóficos de la psico-

logía; en él se comparan las teorías del empirismo y del racionalismo, con base en las cuales se organizan los siguientes capítulos.

En la primera parte se presentan ejemplos de la metodología empirista: teorías del aprendizaje con una gran influencia del asociacionismo y del conductismo; se incluyen aquí capítulos acerca de Thorndike, Pavlov, Guthrie, Hull y los neohullianos, la tradición del aprendizaje verbal, Skinner, Estes y recientes desarrollos en la teoría de la conducta. Se prosigue con contrastantes ejemplos de teorías racionalistas: teorías del aprendizaje con fuerte influjo de las ideas referidas a la organización y la estructura cognoscitiva. Se presentan después capítulos acerca de la psicología de la Gestalt, la de Tolman y teorías del procesamiento de información, así como aspectos vinculados con los desarrollos más recientes de la psicología cognoscitivista. Luego de estas dos secciones básicas se abordan dos temas relacionados importantes: la neurofisiología del aprendizaje y las aplicaciones de los principios del aprendizaje a la educación y a la instrucción. Cada capítulo se ha revisado y puesto al día con el fin de mostrar la influencia de las posiciones históricas en el conocimiento actual, y cómo las modernas investigaciones se fundamentan en ideas anteriores.

La adopción de un marco que puede sintetizarse como empirismo versus racionalismo nos ha obligado a reconstruir la estructura y el enfoque de diversos capítulos. Así, el que aborda el estudio del funcionalismo se presenta como aprendizaje asociativo humano (capítulo 6), con énfasis en sus puntos de vista acerca del aprendizaje. El tema aparece en el primer conjunto de capítulos, ya que la tradición del aprendizaje verbal (el logro más acabado de esta escuela) siempre ha tenido un tinte asociacionista. Como este libro se orienta más hacia los teóricos que hacia las propias teorías, el capítulo acerca de la teoría del aprendizaje matemático gira en torno de la obras de William Estes. Más allá de los esfuerzos de otros investigadores que trabajan en la teoría del aprendizaje matemático, la teoría del muestreo de estímulo, de Estes, posee la coherencia y el alcance que le confieren el sello de una teoría global del aprendizaje, dentro de la tradición de Guthrie, Hull y Tolman. Aunque en cada capítulo se mencionan importantes investigaciones recientes que sustentan la teoría, los dos que versan sobre avances actuales contienen reseñas de investigaciones relacionadas con temas generales y que han sido abordados por una clase de teorías (conductal versus cognoscitiva). Así, en el capítulo 9 se reseñan algunos desarrollos recientes en teorías conductuales, que incluyen los estudios acerca del control de retroalimentación de las respuestas involuntarias, teorías del condicionamiento pavloviano, del equilibrio del reforzamiento y la aplicación de las técnicas conductuales a problemas médicos y psiquiátricos. En el capítulo 13 se presentan trabajos recientes de la psicología cognoscitiva: teorías acerca de la memoria de corto plazo, profundidad del procesamiento, imaginación, memorias episódica, semántica y narrativa, así como aprendizaje social. El capítulo 15, que trata acerca de la educación, abarca técnicas de instrucción en la educación, sugeridas o apoyadas por la teoría del aprendizaje. Esperamos que el texto proporcione una base sólida para que el estudiante comprenda las modernas teorías del aprendizaje e incluso contribuya en sus aplicaciones.

En esta edición no se incluyen capítulos dedicados a Piaget y a Freud, ya que una encuesta aplicada a maestros indicó que estas escuelas no resultan de gran utilidad en un curso clásico de teoría del aprendizaje.

Este texto puede cumplir con propósitos educativos para curso específico y ade-

más proporcionar material de lectura para otros estudios universitarios. En especial, es adecuado para desarrollar un curso acerca de la teoría del aprendizaje, de uno o dos periodos académicos. Varios capítulos son recomendables para estudiar la historia de la psicología (fundamentalmente los capítulos 1 al 7 y 10 al 12). Los maestros que deseen destacar fenómenos o principios del condicionamiento y del aprendizaje animal podrán basar su programa en los capítulos 2 al 9, 11 y 14. Si se desea impartir un curso acerca de la memoria humana y el procesamiento cognoscitivo de la información, el material pertinente se encontrará en los capítulos 1, 6, 8, 10, 12, 13 y 15. Así, la obra ofrece elementos que pueden emplearse con flexibilidad. Hacemos notar que durante muchos años este texto se ha citado y utilizado más a menudo que cualquier otro en la elaboración de tesis de doctorado en filosofía y licenciatura en psicología.

La revisión de un texto extenso es trabajo laborioso y por ello agradecemos la ayuda de las siguientes personas. En primer lugar la colaboración de Joyce Lockwood, que realizó la mecanografía de los diversos borradores del manuscrito. El texto mejoró considerablemente gracias a las correcciones de Larry Barsalou (un estudiante graduado en psicología, de Stanford) y de Robert Mony. La supervisión final del manuscrito en el proceso de impresión estuvo a cargo de Joyce Turner y John Isley. A todos ellos nuestro agradecimiento más sincero.

G. H. B.
E. R. H.

PEDAGOGIUM DIDÁCTICA

®BIBLIOTECA DIGITAL DE PEDAGOGÍA

"ESTIMADO LECTOR ESTE DOCUMENTO REPRESENTA UNA COPIA PRIVADA QUE SÓLO PUEDE UTILIZARSE CON FINES EXCLUSIVAMENTE EDUCATIVOS"

- El servicio gratuito que brinda la **Biblioteca Digital De Pedagogía;** Pedagogium Didáctica, es motivo de tres objetos de estudio que a continuación se presentan:

  - **OBJETO PRIMARIO:** Difundir el conocimiento Pedagógico a los profesionales de la educación, a las nuevas generaciones académicas que se desempeñan en el estudio del campo Pedagógico y a toda persona interesada en el conocimiento de la disciplina.

  - **OBJETO SECUNDARIO:** Facilitar y fomentar en las personas el hábito cultural de la lectura proporcionando vía on-line materiales informativos y educativos como; **Libros, Revistas, Manuales, Guías y Test** de relevancia para situaciones de necesidad doméstica, de formación intelectual y de fortalecimiento profesional.

  - **OBJETO TERCIARIO:** Contribuir de manera voluntaria al apoyo solidario de personas nacionales e internacionales que provienen o radican en regiones y sectores más desposeídos y que por motivos de economía, de territorios geográficos, de discriminación y de Necesidades Educativas Especiales (**NEE**) no tienen la posibilidad de acceder a bibliotecas públicas de carácter gubernamental como a las privadas de carácter empresarial.

- Una vez leído el documento digital, el lector deberá borrar permanentemente el material de su **PC, Laptop, Tablet, Celular o Dispositivo USB**, ya que el préstamo del ejemplar solicitado queda absolutamente vencido después de su uso. **No hacerlo inmediatamente, usted se hace responsable de los perjuicios que tal incumplimiento genere.**

- **Pedagogium Didáctica**, le recomienda que en caso de que usted tenga posibilidades de financiar el material, compre la versión original en cualquiera de las librerías de su país, ya que algunos materiales publicados en la Biblioteca son ligeramente reducidos como cumplimiento del tamaño reglamentario que establece la Red Social, lo que resulta de manera inconveniente en algunas partes del material digitalizado y escaneado, estas se vean borrosas o no muy claras para el lector.

- Si las leyes de su país prohíben este tipo de préstamo, absténgase de seguir utilizando totalmente los servicios gratuitos de esta Biblioteca. El proyecto **Pedagogium Didáctica**, no genera ningún interés económico de forma directa como indirecta, ni de sus usuarios, ni de la red social ni tampoco de la publicidad de la Biblioteca.

"QUEDA PROHIBIDA LA VENTA, DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN"

Sin Valiñez

PEDAGOGIUM DIDÁCTICA
MÉXICO

BIBLIOTECA [PDF] PEDAGOGÍA

Índice de contenido

Prefacio 5

Cap. 1. Naturaleza de la teoría del aprendizaje 11
Memoria y conocimiento, 11. Epistemologías alternativas, 12. Caracterización del aprendizaje, 20. Aspectos que separan a las teorías del aprendizaje, 27. Otros aspectos críticos, 30. Lecturas complementarias, 31.

Primera parte
TEORÍAS ASOCIACIONISTAS CONDUCTUALES

Cap. 2. El conexionismo de Thorndike 35
El conexionismo antes de 1930, 36. El conexionismo después de 1930, 44. La ley del efecto revisada, 45. Thorndike y algunos temas contemporáneos, 54. Lecturas complementarias, 68.

Cap. 3. El condicionamiento clásico de Pavlov 69
Los experimentos y las teorías de Pavlov, 70. Desarrollos teóricos posteriores a Pavlov, 79. Apreciación de la contribución de Pavlov a la teoría del aprendizaje, 96. Lecturas complementarias, 98.

Cap. 4. El condicionamiento contiguo de Guthrie 100
Contigüidad de indicio y respuesta: única ley de la asociación, 102. Las apreciaciones de Guthrie acerca de la motivación, las intenciones, las recompensas y el castigo, 108. Evaluación de la posición de Guthrie, 122. Lecturas complementarias, 125.

Cap. 5. La teoría sistemática de la conducta, de Hull 126
La orientación básica, 126. Los neohullianos, 140. Apreciaciones de la posición de Hull, 168. Lecturas complementarias, 170.

Cap. 6. Aprendizaje humano por asociación 172
La tradición del aprendizaje humano, 172. La teoría en el aprendizaje verbal, 174. Hipótesis del aprendizaje serial, 176. Aprendizaje de pares asociados, 182. Estudios en torno de la transferencia y el olvido, 187. Comentarios finales, 209. Lecturas complementarias, 215.

Cap. 7. El condicionamiento operante de Skinner 216
Conducta respondiente y operante, 217. Estudios acerca del condicionamiento operante, 220. Discriminación de estímulos y respuestas, 221. Programas de reforzamiento, 228. Otras influencias que afectan a la fuerza operante, 234. Técnica de laboratorio, 239. Apreciación del sistema de Skinner, 251. Dificultades de la posición de Skinner, 253. Lecturas complementarias, 267.

Cap. 8. Teoría del muestreo del estímulo de Estes 268
Antecedentes de la teoría del muestreo del estímulo, 269. Premisas fundamentales de la teoría del muestreo del estímulo, 272. Aplicación de la TME a tópicos selectos, 280. Modelos de elemento pequeño, 295. Desarrollos recientes, 303.

Cap. 9. Desarrollos recientes en las teorías conductuales 318
Procesos elementales del condicionamiento, 320. Concepciones de reforzamiento y no reforzamiento, 335. Variables informativas en el condicionamiento, 347. Desamparo aprendido, 355. Modificación de la conducta, 359. Observaciones finales, 368. Lecturas complementarias, 369.

Segunda parte
TEORÍAS COGNOSCITIVOORGANIZACIONALES

Cap. 10. Teoría de la Gestalt 373
Prioridad de la percepción en la teoría de la Gestalt, 376. Los problemas especiales del aprendizaje, 387. Apreciación de la teoría Gestalt del aprendizaje, 401. Lecturas complementarias, 405.

Cap. 11. El aprendizaje de signos, de Tolman 407
La conducta como acciones dirigidas a una meta, 408. Los constructos teóricos del aprendizaje, de Tolman, 409. Evidencia relevante de las concepciones de Tolman, 412. Memoria espacial y mapas cognoscitivos, 433. Comentarios finales en torno de la influencia de Tolman, 437. Lecturas complementarias, 438.

Cap. 12. Teorías del procesamiento de información de la conducta 440
Conceptos y modelos de procesamiento de información, 443. Programas de aprendizaje simple, 449. Reconocimiento de patrón, 453. Programas de problema-solución, 477. Especialistas en el conocimiento, 491. Programas de procesamiento del lenguaje, 494. Discusión y evaluación, 506. Lecturas complementarias, 513.

Cap. 13. Desarrollos recientes en las teorías cognoscitivistas 515
Crítica de la teoría E-R del condicionamiento, 516. Psicología cognoscitivista, 521. Modelo de la memoria de corto plazo, 528. Organización y memoria, 540. Distorsiones en las contingencias del aprendizaje, 546. Memoria episódica versus memoria semántica, 550. Memoria semántica, 556. Teoría del aprendizaje, 571. Observaciones finales, 585. Lecturas complementarias, 586.

Tercera parte
CAMPOS RELACIONADOS

Cap. 14. Neurofisiología del aprendizaje 589
Motivación, excitación y atención, 593. Neuroquímica de la recompensa y del castigo, 601. Aprendizaje y memoria, 612. Cambios fisiológicos en el aprendizaje, 624. Dos cabezas en un cráneo: transferencia interhemisférica, 648. Lecturas complementarias, 662.

Cap. 15. Aplicaciones a la educación 663
Ideas de la teoría del aprendizaje útiles en la educación, 664. Teorías generales de la instrucción, 680. Auxiliares tecnológicos en el adiestramiento y la instrucción, 691. Problemas en las aplicaciones, 708. Lecturas complementarias, 711.

Bibliografía 712
Índice onomástico 760
Índice analítico 770

1

Naturaleza de la teoría del aprendizaje

No es un secreto que la psicología se desarrolló a partir de la filosofía. Las preguntas realmente fascinantes de la psicología no fueron "descubiertas" por los psicólogos modernos; para los filósofos son cuestiones de profundo interés desde hace muchos siglos. La psicología filosófica surge del intento de entender la naturaleza del hombre; después, la psicología se independiza para convertirse en "la ciencia de la vida mental". Las interrogantes se plantean de esta forma: ¿qué son la mente, la conciencia y el conocimiento?, ¿cuál es la relación entre la mente y el cuerpo?; ¿cómo se desarrolla la mente a partir del nacimiento?; ¿de qué forma adquiere conocimientos acerca del mundo?; ¿cómo llega a conocer otras mentes y a conocerse a sí misma? ¿qué nos impulsa a la acción?; ¿qué es el yo?; ¿qué produce la continuidad de la identidad personal? Estas y muchas otras preguntas proporcionan la base intelectual de la psicología moderna.

MEMORIA Y CONOCIMIENTO

Este es un libro que trata acerca del *aprendizaje* y de la *memoria,* áreas del conocimiento que constituyen subespecialidades de la psicología moderna. El estudio de estas materias se fundamenta en dos escuelas filosóficas: el análisis del conocimiento (cómo llegamos a conocer las cosas) y el análisis de la naturaleza y la organización de la vida mental. El primer tema de discusión es el que los filósofos denominan *epistemología;* es decir, la teoría del conocimiento. El segundo se refiere a la naturaleza del pensamiento e imaginación y al contenido de conceptos, imágenes, y recuerdos. Una pregunta ulterior que aquí se plantea se refiere a las operaciones, reglas o leyes que gobiernan estos fenómenos mentales. El estudio del aprendizaje podría muy bien denominarse epistemología experimental, ya que al parecer el aprendizaje y el conocimiento se relacionan de la misma manera que un proceso se vincula con sus resultados, una adquisición con una posesión, una

pintura con una fotografía, etc. La estrecha correspondencia entre los significados de *aprender, saber* y *conocer* es obvia y se encuentra en cualquier diccionario; por ejemplo, en el *American Heritage Dictionary*:[1]

> **aprender** (verbo): 1. Obtener conocimiento, comprensión o maestría a través de la experiencia o del estudio. 2. Fijar en la mente o en la memoria; memorizar. 3. Adquirir a través de la experiencia. 4. Ser informado de, descubrir.
>
> **saber o conocer** (verbo): 1. Percibir directamente con los sentidos o con la mente; aprender con claridad o certidumbre. 2. Tener certeza de; aceptar como verdad más allá de toda duda. 3. Ser capaz de, tener la habilidad para hacer. "Saber cómo" (*know how*) hacer algo. 4. Tener una comprensión práctica de alguna cosa mediante la experiencia. 5. Experimentar, estar sometido a. 6. Haber asegurado firmemente en la mente o en la memoria. 7. Ser capaz de discernir, reconocer, distinguir. 8. Estar al corriente o familiarizado con.

Aprender significa "obtener conocimientos a través de la experiencia", y "experiencia" es "percibir directamente con los sentidos", un significado que aparece en la definición de *saber* o *conocer*. Sin embargo, al *conocimiento* se lo define, entre otras cosas, como *aprendizaje* (erudición) y como familiaridad o comprensión que se obtiene mediante la experiencia, mientras al aprendizaje se le entiende como conocimiento adquirido: nos encontramos en un círculo vicioso.

Consideremos los otros dos términos, *memoria* y *recuerdo*. La *memoria* es la facultad de retener y revivir experiencias pasadas, o la habilidad de recordar; y el recuerdo, el acto de hacer volver una experiencia a la mente o pensar en ella de nuevo. Todo esto origina un grupo de conceptos interrelacionados. Más que eso, en nuestra conducta cotidiana la memoria (o recuerdo) es una de las formas primordiales mediante la cual conocemos a las cosas y basamos nuestra demanda de conocimientos. El valor que en los tribunales se otorga al testimonio de testigos presenciales prueba el evidente poder de persuasión de los recuerdos directos: "¿cómo sé que Juan robó ese dinero? Porque *recuerdo* haberlo visto con la mano puesta en el cajón". La existencia de estos recuerdos constituye un argumento que avala ese conocimiento, a menos que otras consideraciones provoquen dudas. De hecho, una de las primeras aplicaciones del estudio de la memoria fue la de minar su validez al apoyar demandas de conocimiento. Los estudios demostraron que muchos de los recuerdos de sucesos remotos dados en testimonio eran inexactos, distorsionados, y subjetivamente prejuiciados. Estos errores se presentan con más probabilidad en recuerdos de crímenes, disputas o acontecimientos que poseen carga emocional.

EPISTEMOLOGÍAS ALTERNATIVAS

Entre los temas más atrayentes de la teoría del conocimiento se encuentran las interrogantes acerca de cómo surgen los conceptos y el conocimiento, y cuál es la relación entre experiencia y organización de la mente. El *empirismo* y el *racio-*

[1]Las definiciones corresponden a los verbos en inglés to learn y to know, respectivamente, (*N. del E.*).

nalismo sostienen puntos de vista opuestos en lo que a ellos se refiere. Desde hace siglos se enfrentan en la arena intelectual y aún en nuestros días, puede reconocerse su influencia en la psicología "científica".

Empirismo

El empirismo sostiene que la *experiencia* es la única fuente del conocimiento. Otorga un estatus especial a la experiencia sensorial, aunque se infiera algún conocimiento de las reflexiones intelectuales acerca de las relaciones entre las experiencias. Nuestras ideas provienen de impresiones sensoriales, ya sea como copias directas de ellas (las denominadas ideas simples) o como combinaciones de diversas ideas simples o complejas. La impresión sensible de un objeto (por ejemplo, una naranja) puede descomponerse en cualidades sensoriales: sensaciones que corresponden a su color, olor, tamaño, textura, sabor, etcétera. Estas cualidades sensoriales se llegan a conectar (o se "asocian") en la mente porque se producen muy próximas en el tiempo o en el espacio cuando interactuamos con el objeto. La idea de una naranja es compleja, pero reducible a interasociaciones entre ideas más simples y primitivas. El "conocimiento" ulterior adquirido acerca de las naranjas puede expresarse al asociar este complejo de ideas con otras ideas relacionadas; por ejemplo, que las naranjas son frutas y que son comestibles.

El empirismo tiene las siguientes características:

1. *Sensualismo,* la hipótesis de que todo el conocimiento deriva de la experiencia sensible.
2. *Reduccionismo,* que afirma que todas las ideas complejas se construyen a partir de un tronco básico de ideas simples, y que las ideas complejas son a su vez reducibles a estas ideas simples.
3. *Asociacionismo,* tesis según la cual las ideas o los elementos mentales están conectados mediante la operación de la asociación de experiencias que suceden muy próximas en el tiempo (contigüidad).
4. *Mecanicismo,* que sostiene que la mente es como una máquina construida con elementos simples, sin componentes misteriosos.

El empirismo implica dos mecanismos básicos del aprendizaje: 1. Representaciones internas de ideas simples ("imágenes de la memoria") que se originan por el sólo *copiar* sus correspondientes impresiones sensoriales en el almacén de la memoria; y 2. Las ideas complejas se forman al conectar en la memoria ideas simples que se experimentan de modo contiguo y se vinculan por una relación asociativa. El recuerdo de que al suceso *A* siguió de inmediato el suceso *B,* se registra en la memoria como una asociación de la idea *a* a la idea *b.* En realidad, esto equivale a copiar en la memoria el hecho de la co-ocurrencia de los contenidos mentales *a* y *b.* Tales asociaciones pueden registrar secuencias temporales o causales de sucesos, como raspar un fósforo-encenderlo-calor-fuego. Activar o revivir estas secuencias asociativas de la memoria constituye el supuesto método mediante el cual la mente se mueve de una idea a otra. Este método explica el orden de sucesión en una cadena de ideas durante el pensamiento ocioso o el pensamiento dirigido a un objetivo. Para ilustrar este último tipo de pensamiento, supóngase que el evento final en una cadena se convierte en una meta ("quiero comer un helado"). Entonces, pensar en ese objetivo llamará a la mente a un precursor inmediato del mismo en el pasado ("comprar helado en la tienda"), y éste a su vez

traerá a la mente lo que debe ocurrir primero para obtener lo deseado ("conseguir dinero e ir a la tienda"), etcétera.

Así, una cadena de ideas dirigidas por un objetivo puede desarrollarse hacia atrás, desde el efecto hasta la causa, para llegar a alguna acción que pueda ejecutarse ahora, y de este modo poner en marcha la secuencia cuidadosamente considerada. Las cadenas asociativas que reflejan secuencias causales se emplean de dos maneras básicas: avanzan hacia adelante desde *a* hacia *b* y *c* para *predecir*, anticipar o esperar sucesos futuros a partir del evento o de la acción presentes; y corren hacia atrás, desde *c* a *b* hasta *a* para *explicar* por qué el evento *c* ocurrió, o para *planear* cómo provocar *c*. La predicción, explicación y planeación son habilidades fundamentales mediante las cuales nos relacionamos con el mundo, y la teoría asociativa sugiere formas de hacerlo.

En su teoría de la mente los empiristas incluyen la noción de "reflexión", según la cual se supone que la mente recupera de la memoria diversas ideas, las compara y extrae alguna conclusión que registraría como otra asociación. La idea de la reflexión resultaba indispensable para explicar de qué modo obtenemos conocimiento mediante la abstracción, la inferencia y la deducción. Al "abstraer" las propiedades comunes y críticas de las diversas propiedades accidentales y no esenciales, formamos un concepto general de un tipo de cosa a partir de la experiencia, junto con un conjunto de sus más variados ejemplos. En la deducción, llevamos a la reflexión consciente una consecuencia lógica de otras cosas que conocemos; por ejemplo si sabemos que Beto es más alto que Juan y que Juan es más alto que Pedro, mediante la reflexión, la mente deduce (y almacena en la memoria) que Beto es más alto que Pedro. De acuerdo con la doctrina empirista, la reflexión es el único mecanismo de que dispone la mente para liberarse a sí misma de ser un registro totalmente pasivo de secuencias de impresiones sensoriales.

Como explicaciones de los fenómenos mentales, el empirismo y el asociacionismo fueron elaborados en gran parte por filósofos como Thomas Hobbes, John Locke, David Hume, James Mill y John Stuart Mill. Un desarrollo de particular interés se refiere a las leyes de formación de la asociación. Al presuponer que la contigüidad de los eventos experimentados es la condición necesaria y suficiente para la formación de asociaciones, los empiristas proponían que el *grado* de asociación (o cantidad de memoria) variaría en proporción directa a lo *vívido* de la experiencia, su *frecuencia*, su *duración* y su *recencia* (cercanía en el tiempo) con la prueba de retención. Tales conjeturas han dado lugar a muchas investigaciones experimentales acerca del aprendizaje y la memoria y, de un modo u otro, todas las teorías del aprendizaje manejan estos factores.

El asociacionismo condujo a la investigación experimental del aprendizaje. Los primeros experimentos relacionados con la memoria humana, dirigidos por el científico alemán Hermann Ebbinghaus (1885), se emprendieron explícitamente para comprobar ciertos postulados de la doctrina asociacionista; la primera monografía experimental acerca del aprendizaje animal, debida a Edward Thorndike (1898), se titula *Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals*.

Durante los últimos 70 años, los desarrollos dentro de las escuelas estadounidenses de psicología casi no han alterado el enfoque asociacionista. Las teorías se tornaron más precisas, y se ha acumulado mucha más información detallada. Asimismo, los importantes papeles de la motivación, la recompensa y el castigo en el

aprendizaje y en la ejecución recibieron un tratamiento más sistemático del que fueran objeto en la tradición asociacionista clásica. La revolución conductista, dirigida por John Watson, sustituyó las ideas e imágenes mentalistas de tiempos pasados por los estímulos y las respuestas observables. Pero subsistió el tinte asociacionista del "mecanismo de adquisición" (o dispositivo de aprendizaje). Por lo tanto, el empirismo y el asociacionismo configuraron el molde en el cual se ha formado y cristalizado tal vez incluso solidificado la teoría contemporánea del aprendizaje. Desafortunadamente, parecen existir diversas grietas en la premisas del asosiacionismo clásico, considerado ya sea como epistemología o como un medio para la reconstrucción de los contenidos de la vida mental. Estas imperfecciones se hacen menos marcadas cuando se examina la posición epistemológica opuesta, el *racionalismo*.

El racionalismo

El racionalismo es la posición filosófica que sostiene que la razón constituye la principal fuente de conocimiento; antes que los datos de los sentidos, la autoridad, la revelación o la intuición, la razón es el único fundamento válido del conocimiento, la creencia y la acción. En sus obras, filósofos racionalistas como Descartes, Leibniz y Kant se enfrentan al empirismo casi en cualquier esquina. Los racionalistas tienen una perspectiva totalmente distinta acerca del papel que desempeñan los "datos sensibles" en nuestra construcción de la realidad. Para el empirista, nuestras ideas son copias pasivas de tales datos; para el racionalista, los datos sensibles son un caos no estructurado e indiferenciado, y sólo proporcionan material en bruto para un mecanismo interpretativo que los considera como indicios acerca de su fuente y significado probables. Los datos sólo pueden interpretarse de acuerdo con ciertas formas; más exactamente, con arreglo a ciertas clases de premisas perceptuales innatas con las cuales la mente comienza.

¿En qué consisten estas formas, estas premisas interpretativas? Diferentes filósofos racionalistas han considerado distintas nociones como verdades "patentes". Un ejemplo de una premisa interpretativa es que los eventos siempre nos parecen incrustados en un marco de referencia espaciotemporal: los sucesos físicos (e incluso muchas cosas que llamamos eventos mentales) ocurren en un momento particular y en un espacio determinado, o, al menos, no podemos evitar interpretarlos de ese modo. Kant y Descartes pensaban que nuestro conocimiento del espacio era sólo la proyección sobre el mundo de las "verdades patentes" de la geometría euclidiana con la cual nacieron. Kant rechazaba el intento empírico del arzobispo Berkeley, que consistía en derivar la percepción de la profundidad (de objetos en tres dimensiones) y de las constancias perceptuales a partir de correlaciones empíricas entre las sensaciones sobre la retina bidimensional y el sentido del tacto; por ejemplo, alargar la mano hacia un objeto a la vista. Este tema todavía absorbe el interés de los psicólogos que estudian el desarrollo perceptual (véanse T.G. R. Bower, 1965; F. J. Gibson, 1969), y la evidencia reciente al parecer favorece la hipótesis "innata" de la percepción de la profundidad. En otras palabras: pareciera que los recién nacidos ven los objetos en profundidad y perciben que un objeto es el mismo así se encuentre cerca o lejos de ellos, lo cual cambia su imagen sobre la retina.

Organización perceptual

Una crítica general que los racionalistas han dirigido al empirismo clásico es que la teoría empírica de la percepción brinda una explicación inadecuada del carácter unitario de las percepciones y del papel que desempeñan las relaciones en la creación de las unidades perceptuales. Los racionalistas afirman que las relaciones entre los puntos de sensación elemental son tan primarias y psicológicamente vívidas como los mismos puntos de sensación; no escuchamos una serie de tonos sino una melodía coherente; no vemos una brillantez particular sino el radio de los reflejos entre un punto y su entorno; no vemos imágenes sucesivas de un objeto que cambia de localización sino su "movimiento continuo" a través del espacio visual. El color de un objeto se "adhiere" a su superficie como propiedad inalienable de una unidad: no vemos "rojo" y "manzana", sino la unidad de "una manzana roja". La psicología de la Gestalt, que examinaremos en el capítulo 10, se inició como una rebelión contra los análisis atomicistas y reduccionistas de la experiencia perceptual que proporcionaba el empirismo clásico. Los gestaltistas suponían que la experiencia perceptual revelaba propiedades "emergentes" (por ejemplo, movimiento aparente) que no derivan de combinaciones de las propiedades de sus elementos (por ejemplo, secuencias de vistas fijas). Se postulaba que las percepciones se *organizaban* de acuerdo con ciertas leyes de segmentación, agrupamiento relacional, y simplicidad; que los procesos perceptuales seleccionaban "formas buenas" e imponían tales organizaciones e interpretaciones sobre la "sustancia" caótica o amorfa, para emplear el término de Kant.

De acuerdo con Kant, un ejemplo de presuposición innata de la mente es la noción de la *causalidad* de los sucesos en el tiempo y en el espacio. El empirista David Hume ya había planteado su escepticismo acerca del concepto de causalidad, al argumentar que "el suceso *A* causa al *B*" se reducía en lo esencial a "*A* es seguido invariablemente por *B*". Por el contrario, Kant argumentó que la causalidad era una experiencia tan básica o perceptualmente primitiva como la sucesión temporal. Los racionalistas creían que la mente estaba prefijada para "proyectar" causalidad dentro de nuestras interpretaciones de eventos sucesivos en el mundo.

Experimentos realizados por Michotte (1954) y otros sugieren que las personas están sumamente prejuiciadas para adscribir causalidad a los sucesos perceptuales relacionados en formas cuidadosamente especificadas. Por ejemplo, si ven una película cinematográfica en la cual aparece una bola roja que se mueve de izquierda a derecha y toca a una pelota negra inmóvil, que entonces se desplaza de izquierda a derecha hasta salir de la pantalla, no perciben que los dos objetos se muevan independiente. Más bien tienen una poderosa experiencia de causalidad, de la pelota roja "que choca y pone en movimiento" a la negra. La percepción depende esencialmente de la coordinación temporal de los movimientos iniciales de las bolas roja y negra, y la correspondencia de sus dos trayectorias. Dependiendo de estos factores, los sujetos ven que la bola roja pone en movimiento a la negra, o que la encuentra y la impulsa, o la persigue, o se mueve de manera autónoma. Tales experimentos sugieren que los juicios perceptuales de causalidad son tan inmediatos y están tan bien sintonizados como los juicios acerca de la brillantez o del color. Estos temas se aclararán cuando se examine la teoría de la Gestalt, pero lo importante a destacar aquí es que la psicología de la Gestalt se inicia como una rama del racionalismo filosófico.

La organización mental

Como veremos más adelante, el racionalismo fue bastante afortunado en su ataque a la doctrina del asociacionismo (Anderson y Bower, 1973; DeGroot, 1965; Duncker, 1945; Mandler y Mandler, 1964). Por un lado, es evidente que las "asociaciones" entre ideas llevan consigo información acerca del *tipo de relación* implicada. Por ejemplo, en nuestra mente un restaurante está asociado con la comida, un glotón con la comida, un tenedor con la comida, y un filete con la comida. Pero el "vínculo asociativo" simple de la doctrina clásica no explica nuestro conocimiento de que la relación entre el primer par de ideas es el de la *localización* con la acción, el segundo par el del *actor* con la acción, el tercero del *instrumento* con la acción, y el cuarto del *objeto* con la acción. La mente requiere de una representación del conocimiento a partir de la cual las ideas interasociadas se *clasifican* de acuerdo con su tipo de relación; por ejemplo, ese *animal* se clasifica como un supernominal de *pájaro*, ese *canario* es un subnominal de *pájaro*, esas *alas* o *plumas* son propiedades de los *pájaros*, y el hecho de que *cante* o *vuele* son acciones posibles de los pájaros. Esta clasificación parece necesaria a fin de dirigir búsquedas eficientes a través de la memoria, de información que cumpla con ciertos requisitos básicos. Por ejemplo, no está claro el modo en que el aparato mental del asociacionista contestaría alguna pregunta del tipo: "¿Qué relación tiene *R* con el concepto *X*?" (verbigracia, "¿cuál es un ejemplo de pájaro?"). Si las asociaciones están marcadas con clasificaciones relacionales, entonces son posibles las búsquedas y las recuperaciones restringidas. La manera en que usamos asociaciones puede estar determinada por las instrucciones que estipulen metas generales ("Déme la asociación opuesta de cada palabra: arriba-*abajo*, izquierda-*derecha*, alto-*bajo*..."); después de poco tiempo, estas "tendencias determinantes" se vuelven inconscientes y dirigen automáticamente el proceso asociativo cuando opera sobre las palabras estímulo (considerando lo *pesado* cuando se habla de lo *ligero*, por ejemplo). La doctrina asociacionista clásica carece de la forma de representar la influencia de estas determinantes tendencias selectivas.

A la teoría asociativa de la mente se le ha criticado además porque no logra explicar cómo impone la mente una estructura sobre los datos perceptuales (sensoriales) entrantes. Es decir, la teoría no proporciona ninguna restricción o limitación acerca de qué podría asociarse con qué; no establece principios inherentes para determinar la "pertenencia" de casos de experiencia (en el capítulo 2 véase la opinión de Thorndike relativa a la "pertenencia"), ninguna restricción acerca de "la buena formación" de las estructuras de entrada. Los racionalistas argumentaban que la "experiencia bruta", junto con los principios del aprendizaje asociativo, no bastan para prevenir la acumulación de una masa desorganizada de caprichos accidentales que se hunden en un caos de agobiantes aspectos particulares. Más bien deberían imponerse ciertas "restricciones" (como formas o principios innatos) a la interpretación de sucesos; la mente humana sólo acepta hipótesis de formas particulares.

Adquisición del lenguaje: un ejemplo racionalista

La hipótesis de las restricciones innatas se presenta con mayor vigor en ciertas descripciones modernas de la manera en que los niños adquieren el lenguaje. Lin-

güistas como Chomsky (1972), Lenneberg (1967) y McNeil (1970) argumentan que las premisas empiristas son inadecuadas en principio para explicar el aprendizaje de la competencia lingüística mostrada por cualquier hablante nativo. La persona que aprende una lengua debe asimilar un conjunto sumamente complejo y abstracto de reglas para la transformación de líneas de sonidos discursivos en significados, y viceversa. Los modernos análisis de la competencia lingüística ilustran lo abstractas que son las reglas gramaticales que los niños ejemplifican en sus enfrentamientos con el lenguaje: juzgan si las expresiones son gramaticales, si no son ambiguas, y si dos oraciones significan lo mismo. El problema para el empirista es que esta competencia lingüística abstracta y compleja parece ser algo que todos los niños aprenden de modo más o menos uniforme casi a la misma edad con una variación relativamente pequeña (ignorando los dialectos). El problema se complica por el hecho de que los registros de vocalizaciones que los adultos dirigen a niños preverbales revelan múltiples interrupciones, deslices, errores gramaticales, expresiones fragmentadas, titubeos, oraciones pronunciadas a medias y locuciones sin sentido. En suma, desde un punto de vista gramatical, la entrada del habla para los niños preverbales es jerga ruidosa. Además, en tanto entrenador el padre tiende a reaccionar ante las vocalizaciones del niño de acuerdo con la intención de éstas, el uso, o la verdad o falsedad, en vez de considerar sus aproximaciones a una buena gramática. Una escena típica es esta: "¿Papi fue tienda?", "No, fue a la oficina"; "¿papi oficina?" "sí, eso es: papi oficina". Estos diálogos no son los óptimos para que el niño aprenda las reglas gramaticales.

Lo paradójico es cómo nuestra competencia lingüística —que al parecer está gobernada por este conjunto abstracto de reglas gramaticales— llega a formarse a partir de esas entradas verbales tan caóticas. Al rechazar las explicaciones empiristas, Chomsky (1972) argumenta que el niño debe comenzar a vivir armado desde el nacimiento con un pequeño conjunto de *universales lingüísticos:* es decir, con algunos conceptos básicos y principios fundamentales. Ejemplos de conceptos básicos serían los veintitantos caracteres distintivos de los sonidos del lenguaje (véase Jakobson *et al.*, 1963), con los cuales todos los idiomas conocidos componen sus vocabularios; o los conceptos gramaticales de sujeto y predicado. Ejemplos de principios serían aquellos que distinguen la estructura lógica profunda de una expresión, de su forma superficial fonológica o sonora (para un examen de estos términos, véase Chomsky, 1972). En todos los idiomas naturales estudiados hasta la fecha se encuentran componentes —conceptos y reglas— similares, que parecen ser *universales* en el lenguaje humano. La teoría establece que estos principios abstractos de gramática universal son parte del equipo innato del niño, ya que proporcionan un esquema interpretativo al cual debe ajustarse cualquier lenguaje particular. Chomsky desarrolla este argumento de la siguiente manera:

> ... al parecer el conocimiento de un lenguaje, una gramática, sólo puede ser adquirido por un organismo que está "prefijado" con una restricción severa en la forma gramatical. Esta restricción innata es una condición previa, en el sentido kantiano, para la experiencia lingüística, y aparentemente es el factor crítico que determina el curso y el resultado del aprendizaje del lenguaje. En el momento de nacer el niño no sabe qué lenguaje va a aprender, pero debe saber que su gramática tendrá una forma determinada de antemano que excluye a muchos lenguajes imaginables. Al seleccionar una hipótesis permisible, puede usar evidencia inductiva para la acción correctiva, confirmando o no su elección. Una vez que la hipótesis esté confirmada, el niño conoce el lenguaje que esta hipótesis de-

fine; por lo tanto, su conocimiento se extiende mucho más allá de su experiencia y, de hecho, lo lleva a caracterizar gran parte de los datos de la experiencia como defectuosos y desviados (1972, pág. 91).

Chomsky propone que la metáfora de orientación para la adquisición del lenguaje no debe ser el aprendizaje sino la *maduración*, como sucede con el desarrollo embrional de los órganos de los sentidos y de las extremidades bajo la guía de los códigos genéticos *DNA* dentro del embrión. El "aparato discursivo" del niño se desarrolla con los sucesos desencadenadores apropiados y la exposición a una comunidad lingüística, así como cualquier órgano biológico requiere de un ambiente adecuado para su desarrollo.

Chomsky no afirma haber descubierto un conjunto completo de universales lingüísticos (Greenberg, 1962), o haber proporcionado los detalles acerca de la manera en que se formulan las hipótesis lingüísticas específicas (¿en qué lenguaje?) y se someten a prueba. Sin embargo, argumenta que ese marco de referencia tiene muchas más probabilidades de incrementar nuestra comprensión de la adquisición del lenguaje que la interpretación empirista asociacionista, que el propio Chomsky y otros lingüistas consideran sencillamente falsa.

Comentarios finales acerca del racionalismo

De este modo, tenemos ejemplos específicos de racionalismo y de su gran poder de persuación. Como Kant (1781, pág. 1) afirmaba: "Aunque todo conocimiento comienza *con* nuestra experiencia, de aquí no se deduce que su totalidad se origine *en* la experiencia". Para el verdadero conocimiento es necesario presuponer un marco de referencia seguro de relaciones de pensamiento, por encima de los datos sensoriales sin elaborar. El lector puede preguntar: ¿cómo llegó la mente a adquirir estas estructuras innatas que le atribuimos? A lo que podría contestarse: mediante la "selección natural", bajo la premisa de que la mente es como es porque ayuda al individuo a adaptarse al mundo real (al haberse eliminado durante la evolución biológica otros equipos innatos menos afortunados). O se puede responder, en un nivel más profundo, que los procesos exactos mediante los cuales se desarrolla la organización innata del organismo humano todavía son un misterio.

Racionalismo, empirismo y la moderna teoría del aprendizaje

La discusión anterior acerca del empirismo y el racionalismo proporciona algunas bases para comparar las modernas teorías del aprendizaje. Todas las teorías conductistas también son asociacionistas: se incluyen aquí las de Thorndike, Pavlov, Guthrie, Hull, Skinner y la corriente funcionalista. Estas escuelas se desarrollan a partir de la combinación del asociacionismo con el hedonismo.[2] La psico-

[2]Durante los siglos XVII y XVIII se pensó mucho en los intereses, los valores y las motivaciones humanas como razones para la acción. Esta tendencia se relaciona con los desarrollos en la teoría de la utilidad (véanse Bernoulli, 1738 y Bentham, 1789), que ampliaba la doctrina del *hedonismo*. El hedonismo afirma que cada individuo está motivado por el deseo de placeres y por la aversión al dolor y a las privaciones. Las teorías modernas del aprendizaje, como la de Hull (capítulo 5), pueden considerarse resultados de las tradiciones intelectuales del asociacionismo y del hedonismo.

logía de la Gestalt y los enfoques más novedosos del procesamiento de la información en psicología se ubican claramente en el extremo racionalista del espectro. La rama de la psicología cognoscitivista de Tolman se encuentra a medio camino entre diversas cuestiones importantes. La psicología matemática, por lo menos la teoría del muestreo de estímulo, es asociacionista, aunque nada haya inherente al uso de teorías cuantitativas que requiera de esa orientación.

Volvamos ahora al tema de este capítulo —el aprendizaje— y veamos algunas distinciones importantes que se han puntualizado en torno de este concepto. La formación de conceptos en la ciencia avanza al establecer diferencias y clasificar casos, y lo mismo sucede con el concepto del aprendizaje.

CARACTERIZACIÓN DEL APRENDIZAJE

Como hemos dicho, el aprendizaje se relaciona a menudo con la adquisición de conocimientos, y la *adquisición* alude a un *cambio* referido a "posesión". En un tiempo, el organismo no "poseía" una pizca (*bit*) de conocimiento; más adelante, sí lo tuvo. ¿Cuál fue la causa de esa adquisición? Algo ha de sucederle al organismo para que cambie su estado de conocimiento. Generalmente suponemos que tuvo alguna experiencia específica que provocó el cambio en su estado de conocimiento o guardó alguna relación con él. O el mundo le introdujo alguna información sensorial, o tal vez el organismo intentó alguna acción y observó las consecuencias. O quizá consideró cuidadosamente la prueba de un teorema geométrico o cualquier otro evento.

¿Cuál es la naturaleza del conocimiento que el organismo adquiere? Ésta es muy variada: tan variada como múltiples son las formas de conocer y los distintos contenidos a conocer. El conocimiento más sencillo en la memoria de cualquier persona es sólo un "registro de suceso" biográfico: un suceso con una descripción particular me ocurrió en tal fecha y en tal lugar. Esto se expresa a menudo como almacenamiento de una "copia" de experiencias sensoriales, una metáfora tan antigua que hasta platón la usaba. Un problema (entre otros) con la teoría de la copia o "imagen" de la memoria es que al recordar una escena, la persona suele verse a sí misma como un actor en ella; lo cual, desde luego puede no ser la expresión sensorial que experimentó en tal ocasión. Acaso sea mejor decir que el organismo puede concebirse como "si almacenara una descripción" del suceso ocurrido. Los eventos típicos serían: "mi perro Tobi mordio al cartero", "Enrique besó a Ana", o "el experimentador me presentó la palabra *lápiz*". En el mundo de la fábula, el perro de Pavlov se decía a sí mismo: "Después de la campana recibí comida"; y el axón gigantesco de un calamar en una mesa de disección podría declarar: "a la irritación de mi terminación nerviosa sigue una desagradable descarga". Supóngase que tales descripciones de eventos o secuencias de eventos se almacenan en la memoria: aunque no son manifestaciones profundas de sabiduría, constituyen pizcas (*bits*) de conocimiento que un organismo tiene acerca de su mundo.

De modo que la experiencia causa un cambio en el conocimiento del organismo. ¿Siempre cambia? No, no siempre: sabemos que el organismo pudo haber dejado de aprender por diversas razones; tal vez no prestaba atención cuando ocurrió el evento. Por esto quizá nos convenga flexibilizar las condiciones y decir que la experiencia *puede* causar (probablemente cause) un cambio en el estado del conocimiento.

Pero Tomás el incrédulo pregunta: "¿Cómo sabes que tu sujeto ha cambiado su estado de conocimiento?" Buena pregunta: ¿cómo puede usted decir lo que alguien conoce? Bien, usted podría preguntarle a esa persona: "¿le importaría decirnos lo que sabe?" Si el sujeto es un catedrático universitario, su contestación insumirá mucho tiempo (tal vez para la próxima semana usted haya olvidado cuál era la pregunta); si se trata del axón gigantesco de un calamar, la respuesta será un silencio de muerte. La pregunta estaba pobremente estructurada: usted más bien quiere saber si el conocimiento que tiene el sujeto acerca de un evento *específico* ha cambiado como resultado de una experiencia específica. De modo que usted intenta configurar preguntas específicas, o como decimos los psicólogos, "indicios de recuperación" específicos. Usted preguntaría: "¿qué hizo Tobi?", "¿quién besó a Ana?" "¿qué palabra le presentó el investigador hace unos momentos?", "¿qué suceso sigue al sonido de la campana?", "¿qué sigue a la irritación del axón?"

Después de formular la pregunta, usted espera que el sujeto responda. ¿Qué forma tiene la respuesta? El o ella responde: ella dice algo, él inclina la cabeza, ella se moja los labios, o se genera un potencial sináptico. Pregunta, contestación; estímulo, respuesta. De la respuesta *inferimos* si el sujeto tiene o no disponible la información específica de interés o, al menos, descubrimos si nuestra pregunta tiene acceso a esa información almacenada. La palabra *inferir* está bien aplicada; el que alguien posea o no una pizca (*bit*) de información no queda garantizado de modo uniforme ni porque nosotros le presentemos esa información, ni porque el sujeto diga que la conoce (puede mentir o estar equivocado, o tal vez no comprendió la pregunta). De manera que inferimos el conocimiento que alguien posee a partir de las entradas que tiene y de su salida de información, e *inferimos* el aprendizaje originado por una experiencia debido a los cambios de antes-a-después en su conocimiento inferido.

Nuestra discusión se resume con la secuencia de eventos que aparecen en el cuadro 1.1. Aquí se aíslan los eventos importantes dentro de un solo episodio de aprendizaje (denominado *ensayo)*, que va desde una posible prueba preparatoria mediante la presentación de la información a recordar, y formación de huella (o adquisición) — a través de la retención— hasta la recuperación y utilización de la información almacenada. Nos referimos a la *huella de memoria* como cualquier cosa que sea la representación interna de la información específica almacenada en el tiempo 2 del cuadro 1.1. La experiencia y el nuevo conocimiento establecidos en los tiempos 2 y 3 usualmente se clasifican como *percepción*, mientras que la memoria o *retención* de la información percibida se comprueba después del intervalo de retención que se extiende desde el tiempo 3 al tiempo n. En diferentes experimentos este intervalo varía desde unos pocos segundos hasta algunos años; cuando se hace variar el intervalo, estudiamos el *olvido*. ¿Qué es el olvido? Sencillamente, consiste en que usted no recuerde algo en una prueba, cuando tenemos razones para creer que conocía la información. Podemos presentarle al sujeto otros eventos diferentes (se dice que están *interpolados*) durante el intervalo de retención del tiempo 3 al tiempo n, si los variamos y observamos cómo se afecta la retención de punto central original, se dice que estudiamos los efectos de *interferencia* sobre la retención.

En el tiempo $n + 1$ sometemos a prueba la retención del sujeto al presentar una o más *claves de recuperación*, las cuales actúan como preguntas cuyo propósito

CUADRO 1.1 Diagrama de flujo de los eventos importantes dentro de un episodio de aprendizaje ("ensayo") y estados inferidos del conocimiento del sujeto. Los términos situados a la derecha son los rótulos que los psicólogos emplean para referirse a los procesos que teóricamente ocurren en momentos particulares durante esta secuencia. *S* y *E* se refieren al sujeto y al ambiente (o experimentador), respectivamente.

Tiempo	*Estados y eventos inferidos*	*Rótulos del psicólogo*
0	Estado previo de conocimiento del *S*	Prueba preliminar
1	*E* presenta el evento *X* a *S*	
2	*S* experimenta el evento *X*	Formación de huella (adquisición)
3	Nuevo estado de conocimiento de *S*	
•		Retención de huella
•		
•		
n	Estado "alterado" de conocimiento de *S*	
n+1	*E* presenta la clave al *S* para comprobar el conocimiento de *S*	Recuperación de huella
n+2	*S* responde o contesta	Utilización de la huella

consiste en evaluar lo que el sujeto sabe acerca del suceso central. La *recuperación de la huella* es el proceso mediante el cual la clave de prueba obtiene acceso a la información que el sujeto ha almacenado sobre un punto central dado. La clave de prueba se suministra de diversas formas; incluso puede alterarse sistemáticamente a partir de la clave "natural" de la información central. En el nivel más sencillo, podemos pedirle a un sujeto que describa o nombre el evento que ha de recordarse, o que reconozca su recurrencia. A un nivel más complejo, por ejemplo con material de carácter proposicional, podemos pedir paráfrasis significativas de la proposición aprendida, para usarlas en un argumento, o cualquiera de entre varias otras "conductas" que tomemos como ejemplo de la comprensión de un enunciado.

Al sujeto podemos presentarle la misma información en reiteradas ocasiones, y él o ella puede practicar el recordarlas muchas veces. Las repeticiones consecutivas del mismo evento se separan generalmente por varios minutos y/o por presentaciones de otra información que ha de aprenderse. El aprendizaje se refiere al cambio general en el conocimiento que posea el sujeto desde el tiempo cero en el primer ensayo hasta el tiempo *n* en el último ensayo del experimento. Algunos experimentos de condicionamiento elemental con animales usan cientos de ensayos, en cada uno de los cuales ocurren dos sucesos en contigüidad temporal (por ejemplo, el sonido de una campana para el perro de Pavlov, y después el alimento que se le coloca en el hocico). Por supuesto, en tales experimentos el investigador mide alguna respuesta (como la cantidad de saliva) que se da por la clave de recuperación (la campana). Esta respuesta se considera un índice del conocimiento que tenga el animal acerca del orden temporal de eventos (el hecho de

que después de la campana reciba comida). Los conductistas no describirían las cosas de esta manera: dirían que es la respuesta misma la que se relaciona con la campana y no algún conocimiento acerca del orden temporal de los eventos. Pero este punto se discutirá más adelante.

El texto que aparece en el cuadro 1.1 proporciona una caracterización preliminar de los eventos de aprendizaje y la terminología de los mismos. Pero en realidad la caracterización es incompleta, porque hay otras actividades de aprendizaje que la descripción presentada en el cuadro no incluye. Las actividades ausentes son las que se refieren al aprendizaje de *habilidades:* habilidades perceptomotoras, así como intelectuales. Ejemplos de habilidades son escribir a máquina, nadar, montar en bicicleta, tocar el piano, lavarse los dientes, multiplicar números de dos dígitos con rapidez, etcétera. La mayor parte de las actividades en que está implicada la habilidad constituye un vasto conjunto de respuestas componentes interrelacionadas. (Al escribir a máquina, por ejemplo, la visión de la letra *M* en el papel se traduce en el acto de oprimir una tecla particular.) Cabe suponer que la práctica proporciona información retroalimentadora para la totalidad de estos componentes. En el caso de las habilidades, describimos el conocimiento de la persona (o del animal) en términos de que ella *sabe cómo* hacer algo, en lugar de referirnos a que es capaz de detallarnos los sucesos. El recuerdo se ejemplifica en la ejecución. Incluso nuestro vocabulario común para describir el aprendizaje de una habilidad difiere del que empleamos para el "aprendizaje de hechos" del cuadro 1.1: no hay ninguna "información central" que recordar, sino más bien una secuencia de movimientos coordinados, por lo general realizados frente a algún estímulo y ejecutados apropiada o pobremente.

Una posible definición del aprendizaje

Para regresar a nuestro problema inicial en torno de la caracterización del aprendizaje, los investigadores que tratan con animales o con seres humanos no verbales necesitan algún tipo de definición útil del aprendizaje, que no requiera de instrucciones, preguntas y respuestas verbales. Obviamente, tienen que observar alguna clase de conducta abierta en el sujeto, de preferencia aquella que constituya un índice específico del aprendizaje. Integrar una definición de esta naturaleza es difícil, pero la siguiente puede resultar de mucha utilidad.

El aprendizaje se refiere al cambio en la conducta o en el potencial de conducta de un sujeto en una situación dada como producto de sus repetidas experiencias en esa situación, siempre que el cambio conductual no pueda explicarse con base en sus tendencias de respuesta innatas, su maduración, o estados temporales (como la fatiga, la intoxicación alcohólica, los impulsos, etcétera).

La definición permite efectuar una inferencia acerca del "aprendizaje" sólo cuando no pueda plantearse un argumento para otra explicación. No establece condiciones suficientes para el aprendizaje, ya que algunos casos de experiencia reiterada con una situación no producen variaciones observables en la respuesta. Consideremos algunos cambios conductuales que esta definición provisional excluye.

Tendencias de respuesta innata versus aprendizaje

Los primeros teóricos de la psicología comparativa intentaron catalogar y clasificar las actividades innatas ("no aprendidas") dentro de los reflejos (como la

contracción de la pupila a la luz), taxias (como la polilla que vuela hacia la llama), e instintos (como el que tienen los pájaros de construir un nido). Tales actividades son características de varias especies, y las que son más idiosincráticas de una de ellas se llaman *actividades específicas* de la especie.

Se dice que esta conducta específica es innata, lo cual significa que su forma se establece en el sistema nervioso de todos los miembros de la especie, independiente de ciertas formas de la experiencia. Pero resulta muy *difícil* clasificar conductas como *totalmente* innatas o *totalmente* aprendidas. Descubrimos que la expresión de muchos comportamientos instintivos depende de la experiencia o del aprendizaje (Hinde, 1966). Por ejemplo, el desarrollo y la expresión de la conducta sexual o maternal en los simios depende en mucho de que el mono pequeño tenga contactos "normales" con su madre y oportunidades "normales" de jugar con compañeros de su edad (Harlow y Harlow, 1966; Sackett, 1967). El desarrollo del canto característico de muchas especies de pájaros depende de que el polluelo la escuche desde el comienzo de su existencia (Marler, 1970; Nottebohm, 1970). Por ejemplo, el desarrollo del canto del pinzón o del gorrión de cresta blanca parece ser el siguiente: durante la primera primavera de vida, el macho joven debe ser expuesto al canto de los machos de su especie, aunque el polluelo no cante durante esta época. En la estación del apareamiento al año siguiente, el pájaro joven (incluso si ahora permanece en aislamiento) empieza a cantar. Su canto inicial es deficiente en calidad y en fraseo; sin embargo, se reconoce como el dialecto musical de los machos de su especie. Un aspecto secundario notable es que, sólo gracias a la práctica, además de escucharse a sí mismo, el pájaro joven finalmente realizará una eficiente reproducción del canto de los de mayor edad. El enigma es cómo puede este pájaro, en aislamiento total, mejorar su ejecución frente al modelo que escuchó un año antes. Debemos suponer que se produce algo así como un registro de memoria de un canto seleccionado genéticamente, y que el registro almacenado sirve al año siguiente como un patrón y un "tutor interior" que corrige las producciones del pájaro joven. ¡Qué logro tan sorprendente para el cerebro de un ave!

Otra ilustración de la naturaleza mediadora de la conducta específica de la especie es la *impronta*ción (Hess, 1958; Lorenz, 1952). Por ejemplo, un patito está instintivamente preparado para aceptar cierta variación de figuras maternas, caracterizadas por el tamaño, el movimiento y la vocalización. Cuando una figura materna así se acepta y se sigue, sólo esta madre *particular* provocará que se le siga. La madre elegida (que puede ser el profesor Lorenz arrastrándose sobre las manos y rodillas) se ha improntado. La impronta ción es una forma de aprendizaje, pero una forma muy vinculada con la preparación de un tipo particular de organismo en una cierta edad. A excepción de las aves, hay poca evidencia de fijación en la memoria en los seres humanos o en el mundo animal.

Quienes trabajan en la metodología —el estudio de los comportamientos naturales de las especies en sus ambientes originales— han descartado la distinción "innata versus aprendida" como una diferenciación sumamente rígida de "una cosa u otra". La conducta y su desarrollo son demasiado complejos como para que se les asigne a tales categorías exclusivas. Más bien, los etólogos se esfuerzan por analizar y comprender los diversos componentes de un patrón específico de la especie, y la manera en que se desarrolla a partir de las interacciones de la experiencia.

La constitución innata del animal —como las formas kantianas o priori— hace que se desarrolle de ciertos modos, en razón de la estimulación usual de su nicho ecológico. Sin embargo, las variaciones extremas en las condiciones ambientales pueden entorpecer este desarrollo normal.

Maduración versus aprendizaje

La maduración es el principal competidor del aprendizaje en tanto modificador de la conducta. Si un patrón conductal madura a través de etapas regulares, al margen de la práctica interviniente, se dice que la conducta se desarrolla por medio de la maduración y no a partir del aprendizaje. Si los procedimientos de entrenamiento no aceleran ni modifican el desarrollo de la conducta, esos procedimientos no tienen importancia causal y a los cambios producidos no se les clasifica como aprendizaje. Los casos relativamente puros, como la natación en los renacuajos y la habilidad de volar en los pájaros, pueden atribuirse esencialmente a la maduración. Sin embargo, como hemos dicho, muchas actividades no están tan bien definidas, sino que se desarrollan a través de una alteración compleja de la maduración y el aprendizaje. Un ejemplo ilustrativo es el desarrollo del lenguaje en los niños, quienes no aprenden a hablar sino hasta que son lo bastante grandes, pero ese desarrollo depende en gran medida de la estimulación apropiada de su comunidad verbal en los momentos decisivos. Los "niños lobos" que se han encontrado en los bosques o los bebés brutalmente encerrados durante años no tienen lenguaje y sólo desarrollan formas rudimentarias y primitivas con mucha lentitud y a partir de una paciente enseñanza (Itard, 1932; Lenneberg, 1967).

Fatiga y habituación versus aprendizaje

Ha sido práctica común el distinguir la fatiga motora o la habituación sensorial del aprendizaje propiamente dicho. Cuando un acto motor se repite en rápida sucesión, a menudo hay una pérdida en la eficiencia: se vuelve más lento y estrecho hasta que finalmente el sujeto tal vez se niegue a ejecutarlo. Decimos que la respuesta ha sufrido "fatiga" o que su ejecución muestra un "decremento en trabajo". La fatiga aparece más rápido mientras mayor sea el esfuerzo de la respuesta, y la recuperación tiene lugar durante un "tiempo de descanso". En términos de las curvas de la ejecución, las curvas de la fatiga y de la recuperación son muy semejantes a las de la extinción experimental y de la recuperación espontánea; sin embargo, usualmente se le ha aplicado la denominación de "aprendizaje" a la última y no a la primera. ¿Por qué? Porque a diferencia de la extinción de un reflejo condicionado, es probable que la fatiga no induzca cambios duraderos y relativamente *permanentes* en la conducta. Empero, un momento de reflexión demuestra que esta defensa es inútil, ya que los efectos de la extinción también son revertibles: una respuesta extinguida puede entrenarse, y con poco esfuerzo. Entonces, ¿cuál es la diferencia crucial? En realidad, no hay ninguna mientras permanezcamos sólo en el nivel conductual de la medición de la respuesta provocada. En la decisión ha de incluirse otra información; es decir, todas aquellas consecuencias con-

ductuales que las descripciones (para el ser humano) implicarían que en un caso el sujeto dejó de responder "porque estaba cansado", mientras que en el otro lo hizo "porque aprendió que después de oír la campana no recibía comida" (o cualquier otra recompensa).

No podemos tomar esta decisión acerca de causas hipotéticas sólo a partir del decremento de la respuesta.

Consideremos un segundo tipo de cambio, la llamada *habituación*. La mera presentación de un estímulo produce una reacción perceptual (lo que Pavlov llamaba el *reflejo de orientación*, o *RO*). Esta reacción se registra eléctricamente en todo el sistema nervioso. Si el estímulo se repite una y otra vez en una serie monótona, el *RO* excitado por cada presentación se torna cada vez más débil, y a la postre disminuye hasta un nivel casi imperceptible.[3] Se dice que los sujetos se han *habituado* a ese estímulo: se han "acostumbrado" a él. La habituación exhibe muchas de las propiedades funcionales que atribuimos al aprendizaje (o a la extinción): se disipa con el paso del tiempo (como el "olvido" o la "recuperación espontánea"); fácilmente se le distorsiona o elimina mediante la interpolación de un suceso novedoso que interfiera. Además, un *RO* recuperado para un estímulo puede dar lugar a la habituación una y otra vez, y en cada momento creará habituación un poco más rápidamente que antes (como los reaprendizajes de una respuesta olvidada). Finalmente, la habituación se generaliza a otros estímulos similares como una función de la semejanza de éstos con el estímulo habituado. (En los capítulos 9 y 14 examinaremos el tema con mayor profundidad). Así, la habituación muestra muchas similitudes con las leyes del aprendizaje.

¿Queremos llamarle aprendizaje a la habituación? Somos ambiguos: en algunos casos, sí; en otros, no. Depende de la complejidad del estímulo ante el que se produzca la habituación. Si se trata de una descarga eléctrica a una sinapsis sensomotora de la médula espinal de un gato descerebrado, haríamos mejor en llamarla adaptación sensorial.

Sin embargo, si se trata de un estímulo más complejo (el patrón de un tono, o un cuadro) que para su discriminación requiera de la intervención de centros cerebrales superiores, preferiríamos denominarlo aprendizaje.

En estos últimos casos, la habituación parece indicar (inversamente) el desarrollo de una representación interna del evento de estímulo o de su clase general. La habituación de este tipo al parecer es una forma burda del *patrón de reconocimiento*, que tal vez dependa de que el organismo haya aprendido o almacenado una réplica o modelo del patrón habituado. Una vez que el modelo está formado, cada estímulo que entra se compara con él, y la deshabituación ("sorpresa") ocurre en el caso de que la desigualdad entre ambos sea lo bastante grande. De hecho, las teorías de la habituación cortical (Sokolov, 1963, que se discutirán en los capítulos 3 y 14) emplean tales conceptos de modelos internos y de procesos de desigualdad. Y sin lugar a dudas, el patrón de reconocimiento es resultado del aprendizaje, de

[3]La habituación se distingue de la *adaptación* de los órganos de los sentidos, que ocurre dentro de las células retinianas durante la adaptación a la luz; o el blanqueo diferencial de pigmentos de color en la retina que nos hace ver diferentes colores en sucesión cuando miramos continuamente a una luz amarilla de elevada intensidad (Cornsweet, 1970). En estos casos, la responsabilidad reducida o alterada puede rastrearse directamente por los cambios en el receptor.

modo que la habituación es uno de aquellos casos que se encuentran en las fronteras de nuestro vago concepto de aprendizaje.

Ejecución versus factores del aprendizaje

El aprendizaje es una inferencia que se efectúa a partir de la ejecución y sólo existe confusión si ésta y el aprendizaje se igualan. Los conceptos de aprendizaje versus ejecución son paralelos a los conceptos de disposición versus actualización; es decir, a saber cómo hacer algo en contraposición a hacerlo en verdad. La ejecución puede ser pobre en una prueba de retención debido a muchas razones distintas de la falta de aprendizaje temprano. El tema de la motivación o el del impulso aquí resulta pertinente: los motivos o los impulsos son algunos de los factores psicológicos responsables de convertir el conocimiento en acción. Una rata que sabe encontrar su camino en un laberinto para llegar a la comida contenida en una caja meta, no lo haría si regularmente tuviera alimento a su alcance. Debe tener hambre para demostrar lo que sabe. Otro caso ilustrativo es la ejecución de un sujeto que se encuentra enfermo o bajo la influencia de drogas o tóxicos. El hecho de que la ejecución de un acto aprendido fracase si el sujeto está drogado no quiere decir que éste no lo aprendiera ni que lo haya olvidado. Cuando se ha restaurado el estado normal, el rendimiento vuelve a los niveles usuales sin la intervención de un entrenamiento. La rotulación de una droga, una enfermedad, o la saciedad de alimento como "reductores de la ejecución", en vez de ser factores de "no aprendizaje" dependen de la *reversibilidad* de su acción. La conducta retorna cuando el sujeto "se libera de la influencia" de la droga o de la enfermedad. Si, por otra parte, la conducta original aprendida no se recupera después de que desaparecieran los efectos inmediatos de la droga, entonces cabría decir que la droga ha tenido un efecto *antimemorístico*, que bloquea la consolidación de una huella de la memoria, la destruye o impide su expresión. En el capítulo 14 se reseñará la bibliografía especializada acerca de los efectos de anticonsolidación de ciertas drogas.

ASPECTOS QUE SEPARAN A LAS TEORÍAS DEL APRENDIZAJE

Aunque es difícil elaborar una definición del aprendizaje que cubra la diversidad de formas y excluya otras causas del cambio de la conducta, la definición del aprendizaje mismo no constituye la fuente central de diferencias entre las teorías del aprendizaje. Las divergencias se dan es cuestiones de interpretación, no de definición.

Todo el mundo comprende que las definiciones aceptables sólo provienen de teorías científicas satisfactorias acerca de los fenómenos en cuestión. El aprendizaje es uno de esos conceptos vagos y abiertos que incluye diversos subtipos. Algunos psicólogos creen que deberíamos abandonar una denominación tan general para reunir toda una gama de tipos de efectos de la experiencia. Sin embargo, en la psicología contemporánea el aprendizaje se asemeja más al encabezado de un capítulo que a un término técnico y éste aún sigue cumpliendo una útil función en contextos no técnicos.

Veamos algunos temas que han surgido en la formulación de las teorías. Como dijimos, la principal división conceptual dentro de los enfoques psicológicos es la que existe entre el empirismo y el racionalismo. Una tesis fundamental del empirismo es que el aprendizaje se produce a través de la asociación contigua de eventos o ideas. Este marco de referencia asociacionista fue aceptado por casi todas las teorías y por los teóricos del aprendizaje de la primera mitad de este siglo: Pavlov, Guthrie, Thorndike, Ebbinghaus, Hull, Skinner, y Tolman. La única oposición real fue la de los psicólogos de la Gestalt, la de los teóricos del procesamiento de la información, la de los psicólogos cognoscitivistas. En algunos estudios recientes (Anderson, 1976; Anderson y Bower, 1973) se sintetizan estos enfoques.

Una segunda división ha sido causa de contienda incluso dentro de las teorías asociacionistas. Se trata del conflicto entre las teorías del *estímulo respuesta* y las *cognoscitivistas*. Esta división originó muchas controversias durante los años medios de la teoría del aprendizaje, desde aproximadamente 1925 hasta 1965. Los teóricos del estímulo-respuesta incluyen a los asociacionistas mencionados, a excepción de Tolman, que fue el primer sistematizador de la teoría cognoscitivista. Comencemos con el examen de tres tipos de preferencias en las cuales los teóricos de estímulo-respuesta tienden a diferir de sus colegas cognoscitivistas.

1. *Intermediarios periféricos versus intermediarios centrales.* Desde que el conductista John Watson sugirió que el pensamiento podría ser "meramente" la realización de movimientos de habla subvocal, los teóricos del estímulo respuesta (*E-R*) han preferido encontrar intermediarios de respuesta o de movimiento para que sirvan como integradores de las secuencias de la conducta. Tales intermediarios producidos por el movimiento pueden clasificarse como mecanismos *periféricos* (muy alejados del cerebro) o como intermediarios *centrales* (ideacionales). Los teóricos *E-R* afirman, por ejemplo, que la carrera de una rata hambrienta a través de un laberinto hasta una lejana caja que contiene comida está en parte estructurada por respuestas pequeñas e implícitas de comer alimento, como la masticación y la salivación, que aparecen como anticipación a la meta a medida que la rata corre por el laberinto. El teórico *E-R* presupone que estas respuestas en miniatura ocurren aun cuando no sean observables. El teórico cognoscitivista, por otro lado, infiere con más libertad procesos centrales (cerebrales), tales como recuerdos o expectativas, como integradores de la conducta de búsqueda de meta. Las diversas preferencias subsisten en este caso porque ambos tipos de teóricos dependen de *inferencias* acerca de la conducta observada, y éstas en ningún caso pueden verificarse de modo directo. Potencialmente es más fácil verificar los movimientos de la lengua en el pensamiento, que descubrir una huella de memoria revivida en el cerebro, pero de hecho tal verificación no se presenta con la precisión necesaria como para fundamentar una adhesión a esa teoría. Por ejemplo, nadie ha demostrado que los pensamientos de un contenido muy distinto producen en realidad diferentes movimientos en miniatura de la lengua o de las cuerdas vocales. Aún más, si reaccionamos de diverso modo dependiendo de nuestros pensamientos. En tales circunstancias, no es forzada la elección entre la explicación periférica y la central, y el favorecer a una o a otra posición depende de otras preferencias sistemáticas más generales.

2. *Adquisición de hábitos versus adquisición de estructuras cognoscitivas.* El teórico de estímulo-respuesta y su colega cognoscitivista presentan distintas soluciones a esta pregunta: ¿qué se aprende? El primero responde "hábitos"; el se-

gundo, "estructuras cognoscitivas" o "conocimiento factual". La primera postura recalca el desarrollo de pequeñas secuencias de respuesta; la segunda destaca el conocimiento factual, como el del niño que aprende dónde se guardan los caramelos. Es evidente que la gente adquiere ambos tipos de conocimiento: conocimiento de proceso (habilidades habituales) y conocimiento factual. Entre los temas polémicos se encuentra el que se refiere a si ambos tipos de conocimiento pueden reducirse a uno; por ejemplo, a los hábitos complejos, como afirman los teóricos *E-R*. Así, un teórico *E-R* intentaría representar una pequeña parte del conocimiento factual que alguien posee (Chicago está en Illinois) al notar que ese conocimiento hace asequible un gran número de disposiciones a responder en situaciones apropiadas. Se incluiría aquí un conjunto de hábitos para contestar "Illinois" cuando a una persona se le pregunta en qué estado se encuentra Chicago. Pero los cognoscitivistas argumentan que esta identificación implica una confusión básica; que nuestro concepto cotidiano de responder a una pregunta (al afirmar una proposición) es un tipo lógico completamente distinto de nuestro concepto cotidiano de una respuesta o reacción. Las respuestas como la del reflejo patelar a un golpecillo no afirman ningún tipo de proposición, y la expresión reflexiva de "Illinois" a una pregunta no constituye una evidencia real de conocimiento. Tales temas generan muchas polémicas. Dejando a un lado el caso de los seres humanos lingüísticos competentes, una cuestión menor es si el conocimiento que tienen los organismos inferiores y no verbales puede representarse adecuadamente en términos e hábitos de estímulo-respuesta. Este problema es más difícil de resolver. Es curioso que Edward Tolman comprobara su teoría de la expectancia cognoscitiva del aprendizaje sólo con animales, quizá con la creencia de que para una teoría cognoscitivista del aprendizaje humano, el caso ya era obvio.

3. *Ensayo y error versus discernimiento en la solución de problemas.* Cuando se enfrenta a un problema nuevo, ¿cómo arriba a una solución el sujeto que aprende? Los teóricos *E-R* afirman que los sujetos ensamblan sus hábitos a partir de situaciones pasadas apropiadas al nuevo problema, para responder ya sea con arreglo a los elementos que el nuevo problema tiene en común con otros conocidos, o de acuerdo con aspectos de la nueva situación que son similares a otros encontrados antes. Si éstos no llevan a una solución, los sujetos recurren al ensayo y error, y sacan de su repertorio conductual una respuesta tras otra hasta que resuelven el problema. Los teóricos cognoscitivistas aceptan gran parte de esta descripción de lo que hacen los aprendices, pero agregan interpretaciones que sus colegas *E-R* no ofrecen. Señalan por ejemplo, que aun si se admite toda la experiencia indispendable con las partes de un problema, no hay garantía de que los sujetos que aprenden sean capaces de recurrir a estas experiencias en busca de la solución. Tal vez estén en condiciones de resolver el problema si éste se presenta de una forma, pero no pueden solucionarlo si se presenta de otra. Para que el aprendizaje más temprano tenga cierta repercusión, la manera usual de los sujetos de describir el problema debe hacer contacto con alguna descripción de un problema relacionado que resolvieron antes, y tales contactos producen "discernimiento" de la solución. El teórico *E-R* prefiere observar la historia pasada del sujeto que aprende en búsqueda de las fuentes de una solución, mientras que el psicólogo cognoscitivista tiende a observar la estructuración contemporánea del problema.

Estos tres aspectos (intermediarios periféricos versus centrales, adquisición de hábitos versus adquisición de estructuras cognoscitivas, y ensayo-error versus dis-

cernimiento en la resolución de problemas) dan una idea de las diferencias entre estos dos tipos de teorías.

OTROS ASPECTOS CRÍTICOS

Algunas cuestiones se encuentran fuera del conflicto entre las teorías *E-R* y las cognoscitivistas. Así, dos psicólogos *E-R* pueden diferir en cuanto al papel que desempeña el reforzamiento en el aprendizaje, y los teóricos cognoscitivistas pueden discrepar acerca de la interpretación de la extinción. Cuatro de estos aspectos bastarán para alertarnos respecto de algunas controversias dentro de la teoría del aprendizaje.

1. *Contigüidad versus reforzamiento.* La ley más antigua de la asociación afirma que las ideas experimentadas juntas tienden a asociarse. Hasta nuestros días éste ha sido el principio de la asociación por contigüidad, aunque los psicólogos *E-R* describen la asociación como existente entre estímulos y respuestas, y no entre ideas. Algunos teóricos han aceptado el principio de la asociación sólo por la contigüidad pura; por ejemplo, Guthrie —un psicólogo *E-R*— y Tolman, un psicólogo cognoscitivista. Otros insisten en que el aprendizaje no se produce sólo a partir de la contigüidad; afirman que para que se formen las asociaciones debe existir algún tipo de reforzamiento, algún equivalente a la recompensa o al castigo.

2. *Extinción de las respuestas aprendidas.* Aunque una respuesta recompensada esté bien aprendida, se extinguirá si ocurre repetidas veces sin reforzamiento. Se sabe que diversas condiciones de entrenamiento influyen sistemáticamente sobre la persistencia con la que el organismo continúa respondiendo durante el periodo de extinción. Hay varias teorías plausibles de la extinción, y únicamente en ocasiones se les puede clasificar sólo como *E-R* o como cognoscitivistas. Una teoría aceptable es que durante la extinción el animal simplemente aprende a no esperar ninguna recompensa, y deja de responder a esa expectativa. Una teoría alternativa sugiere que la no recompensa es aversiva (frustrante) y que pone en marcha procesos inhibitorios activos que compiten con la ejecución de la propia respuesta antes recompensada. Ambas teorías pueden afinarse para manejar los principales resultados acerca de la extinción.

3. *Aprendizaje por saltos versus pequeños incrementos.* La posibilidad de que el aprendizaje se produzca en su nivel más básico de una manera de todo-o-nada fue propuesta por Guthrie, y ha recibido apoyo de diversas fuentes. Por supuesto, la alternativa es que el aprendizaje ocurre de forma gradual. Las modificaciones en el aprendizaje pueden tener lugar incluso "por debajo del umbral", de modo que tal vez sean necesarios diversos ensayos antes de que los resultados del aprendizaje alcancen el umbral y comiencen a revelarse en la ejecución. Esta era la posición de Hull. Entonces, la discrepancia no es entre psicólogos *E-R* y cognoscitivistas; dentro de cualquiera de esos campos, pueden los psicólogos adoptar posiciones opuestas acerca del tema del aprendizaje de todo-o-nada.

4. *¿Uno o más tipos de aprendizaje?* Teóricos de varias corrientes han argumentado en favor del reconocimiento de diferentes tipos de aprendizaje que siguen leyes distintas. Teóricos como Mowrer y Thorndike sostenían que las respuestas emocionales (del sistema nervioso autónomo) se asocian con base en la mera contigüidad de su evocación a un estímulo neutral, mientras que las respues-

tas instrumentales (de la musculatura esquelética) requieren de la adición de una recompensa o castigo. Por su parte, Hull argumentaba que el mismo principio de reforzamiento interviene en todas las situaciones de aprendizaje.

Esta breve introducción sugiere que los que parecen ser puntos de vista opuestos entre la teoría *E-R* y la cognoscitivista quizá estén basados en diferencias de inclinaciones, cada una de ellas con la posibilidad de una enunciación persuasiva, y hasta cierto punto justificable.

El diseño de este libro

Los capítulos siguientes se disponen en grupos de acuerdo con su afinidad con las teorías del estímulo y la respuesta, la del asociacionismo conductual (empirismo), o la cognoscitiva organizacional (racionalismo). Las categorías conductual y cognoscitivista servirán para clasificar a la mayor parte de las teorías del aprendizaje, aunque hay conjuntos importantes de investigaciones que son independientes de ambas. El trabajo de B. F. Skinner y sus seguidores se examina en la primera sección, puesto que se trata de un conductista que rechaza al cognoscitivismo, y no porque acepte la teoría *E-R* o el asociacionismo. Al trabajo acerca del aprendizaje verbal en ocasiones se le considera como el remanente de la labor de los funcionalistas, pero se le incluye en la primera sección porque su teoría unificadora se refiere al aprendizaje de asociación. Después de revisar las principales teorías y posiciones, cada sección finaliza con un capítulo en el cual se presentan los desarrollos recientes en esa clase de teoría del aprendizaje. A continuación de las dos secciones principales acerca de la teoría conductual y la cognoscitiva se incluyen dos capítulos no teóricos, en uno de los cuales se examina la investigación acerca de la neurofisiología del aprendizaje, y en el otro las aplicaciones de las ideas del aprendizaje en la psicología educativa.

Los restantes capítulos presentan una variedad de posiciones sistemáticas con experimentos que comprueban las afirmaciones de las mismas. Algo se aprende de ellas: cada una ha descubierto fenómenos que enriquecen nuestros conocimientos acerca del aprendizaje. Al mismo tiempo, ninguna ha logrado proporcionar un sistema invulnerable a la crítica. La construcción de una teoría del aprendizaje totalmente satisfactoria todavía es una tarea inconclusa. Pero esto es propio de la naturaleza de la ciencia: el único campo de investigación terminado es el que está muerto.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Libros de consulta acerca de la psicología del aprendizaje:

Gagné, R. M., *The conditions of learning*, 1970
Hulse, S. H., Deese, J. y Egeth, H., *The psychology of learning*, 1975.
Kimble, G. A., *Hilgard and Marquis' conditioning and learning*, 1961.
Kintsch, W., *Learning, memory, and conceptual processes*, 1970.

Puntos de vista contrastantes con el aprendizaje:

Anderson, J. R. y Bower, G. H. *Human associative memory*, 1973.

Estes, W. K. *et al.*, *Modern learning theory*, 1954.
Goldstein, H. *et al.*, *Controversial issues in learning*, 1965.
Hill, W. F., *Learning: A survey of psychological interpretations*, 1971.
Koch, S. (dir.), *Psychology: A study of a science*, vol. 2, 1959.

The Annual Review of Psychology, revista que apareció por primera vez en 1950 y cada año analiza críticamente la bibliografía teórica y experimental acerca del aprendizaje. Las reseñas son útiles no sólo como índices para la bibliografía sino también porque incluyen las tendencias que los críticos advierten en teoría y experimentación.

The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, editado por G. H. Bower, se ha publicado anualmente desde 1967; cada volumen contiene numerosos capítulos escritos por eminentes teóricos del aprendizaje (de todas las tendencias), quienes critican las investigaciones de otros y las propias.

Primera parte

Teorías asociacionistas conductuales

2

El conexionismo de Thorndike

Durante casi medio siglo una teoría del aprendizaje predominó sobre todas las demás en los Estados Unidos, a pesar de los numerosos ataques que recibiera y del surgimiento de muchos rivales. La preeminencia de la teoría de Edward L. Thorndike (1874-1949), enunciada por vez primera en su obra *Animal intelligence* (1898) fue correctamente evaluada por Tolman:

> La psicología del aprendizaje animal, para no mencionar la del aprendizaje infantil, ha sido y es todavía una cuestión de estar de acuerdo o disentir con Thorndike, o de intentar superarlo en aspectos menores. Los psicólogos de la Gestalt, los de reflejos condicionados, los del signo Gestalt; todos en los Estados Unidos al parecer hemos tomado a Thorndike, de modo manifiesto o encubierto, como nuestro punto de partida (1938, pág. 11).

La base del aprendizaje que Thorndike propuso en sus primeras obras era la asociación entre las impresiones de los sentidos y los impulsos para la acción o "respuestas". A esta asociación se le conoció como "vínculo" o "conexión". Debido a que son estos eslabones entre las impresiones sensibles y las respuestas los que se fortalecen o debilitan en la creación y destrucción de los hábitos, al sistema de Thorndike en ocasiones se le denomina psicología "de vínculo" o sencillamente "conexionismo". Como tal, es la psicología original del aprendizaje de estímulo y respuesta (*E-R*).

Aunque las versiones más recientes de la psicología *E-R* redujeron la importancia que se adjudicaba a las interpretaciones de Thorndike acerca del aprendizaje, no debemos pensar que sus opiniones sólo tienen interés histórico, ya que aún influyen en gran parte de la experimentación. Casi un cuarto de siglo después de que Tolman vertiera los conceptos que acabamos de transcribir, Postman, otro activo investigador en el campo del aprendizaje, declaró:

> El cuadro del proceso del aprendizaje que Thorndike delineó hace más de 50 años aún es vigente. No hay ninguna teoría global del aprendizaje humano que pueda permitirse el lujo de ignorar su legado (1962, pág. 397).

EL CONEXIONISMO ANTES DE 1930

La teoría de Thorndike sufrió muy pocos cambios entre 1898 y 1930. Durante estos años el autor se dedicó fundamentalmente a las aplicaciones de su teoría o problemas de importancia educativa o social. Debido a la estabilidad de los conceptos a lo largo de ese periodo, cualquiera de las numerosas obras de Thorndike puede seleccionarse como muestra de su teoría. Su principal trabajo, del cual se han tomado la mayor parte de las referencias que aparecen a continuación, es la obra en tres volúmenes titulada *Educacational psychology* (1913-1914), que representa al sistema en la cúspide de su popularidad.

Aprendizaje por ensayo y error

Thorndike identificó la forma más característica de aprendizaje en los animales inferiores y en el ser humano como *aprendizaje por ensayo y error* o, como después prefirió denominarlo, aprendizaje por selección y conexión. En esta situación paradigmática los sujetos que aprenden se enfrentan a un problema: deben alcanzar una meta; ya sea escapar de una caja-problema, conseguir algún alimento o ganar dinero. Y lo hacen cuando seleccionan una respuesta entre un número de posibilidades, ejecutan esa respuesta, y en consecuencia arriban a un resultado. Un ensayo se define por el tiempo o por el número de errores que abarque un único intento de obtención de la meta. Los primeros experimentos de Thorndike eran de este tipo, realizados principalmente con gatos, aunque algunos se hicieron con perros, peces y primates (1898, 1911). Cuando Thorndike emprendió sus primeros estudios, una explicación muy común para la "inteligencia" animal era que éste "pensaría a fondo" o razonaría soluciones a la situación problemática. La bibliografía de la psicología comparada en esa época abundaba en anécdotas relacionadas con perros y gatos domésticos, y se intentaba demostrar que los animales razonan y deliberan antes de escoger el acto que les permita cumplir sus propósitos.

Thorndike rechazaba tales teorías acerca del comportamiento animal por considerarlas una mala proyección antropomórfica de los conceptos mentalistas del lego dentro de la mente de la bestia, para tener la satisfacción de haber explicado algo cuando en realidad sólo había establecido una caprichosa analogía. Como un verdadero mecanicista de su época, Thorndike ofreció una explicación mecánica del aprendizaje animal, en términos de eventos y operaciones elementales que no fueran más complejos que el comportamiento que debían explicar. Por ejemplo, el "razonamiento deliberado" no es un concepto elemental, sino que requiere del análisis en términos más simples. Según Thorndike, (1898, pág. 39), inició sus estudios "para darle el golpe de gracia a la despreciable teoría que postula que los animales razonan".

En el experimento típico — que se reproduce en el primer artículo de Thorndike (1898)— se coloca un gato hambriento dentro de una caja como la que aparece en la figura 2.1. Dentro de la caja se monta un mecanismo para abrir la puerta: una abrazadera de alambre, una manija, un tirador; cuando este dispositivo se manipula, la puerta se abre y permite la salida del animal para que obtenga un poco de comida colocada al pie de la puerta. En el análisis de Thorndike, el interior de la caja-problema constituye la "situación de estímulo", frente a la cual el animal presen-

tará un repertorio de comportamientos o respuestas posibles para intentar escapar de la caja. Así, los ensayos iniciales generalmente se caracterizaron por un comportamiento irrelevante y sin éxito durante los primeros minutos (con gran manifestación de arañazos, mordidas, frotación, maullidos, agitación, y rasguños en el techo), antes de que se activara el dispositivo que abriría la puerta, casi por mero "accidente". La puntuación de la ejecución registrada en un ensayo dado se basaba en la cantidad de tiempo transcurrido antes de que el animal diera la respuesta correcta y escapara.

En un comienzo, estos periodos eran muy prolongados debido a la abundancia de comportamiento irrelevante y surgido al azar. Sin embargo, en ensayos posteriores los lapsos se hacían menores, pero de una forma lenta e irregular. Este aprendizaje gradual tiene la gráfica típica de una "curva de aprendizaje", donde el "tiempo transcurrido antes de que se emita una respuesta acertada" se traza en el eje vertical, y los ensayos sucesivos en el eje horizontal. En la figura 2.2 se muestran datos correspondientes a cinco gatos diferentes de los utilizados en el primer experimento de Thorndike. Esas curvas del tiempo de respuesta expresan los grandes valores usuales en un comienzo, que se hacen más pequeños y relativamente estables hacia el término de 30 a 70 ensayos de práctica. Mientras las curvas de la figura 2.2 pertenecen a sujetos aislados, las curvas de aprendizaje más típicas trazan la puntuación de la ejecución *promedio* de un grupo de sujetos a

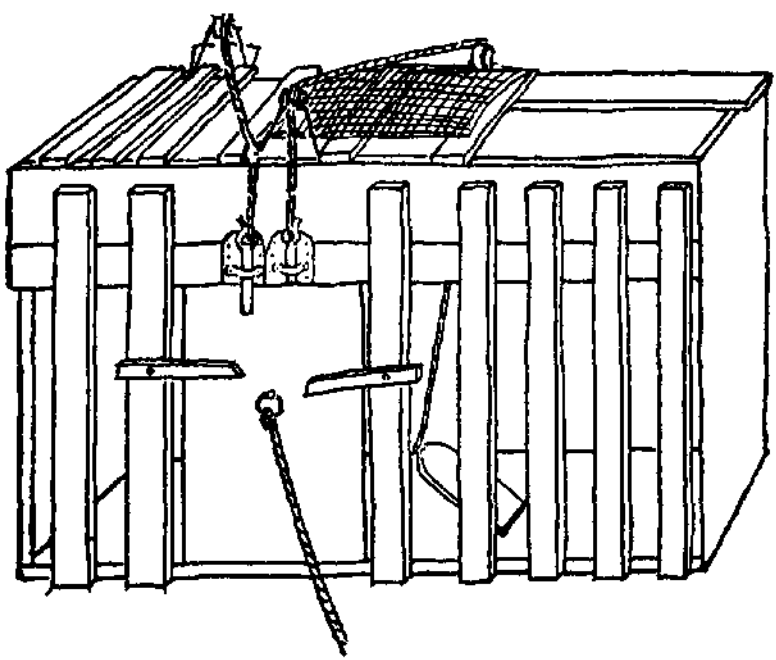


Figura 2.1. Dibujo de una de las cajas-problema, de Thorndike. El animal encerrado, podía abrir la puerta si tiraba de un dispositivo colocado dentro (tomada de Thorndike, 1898).

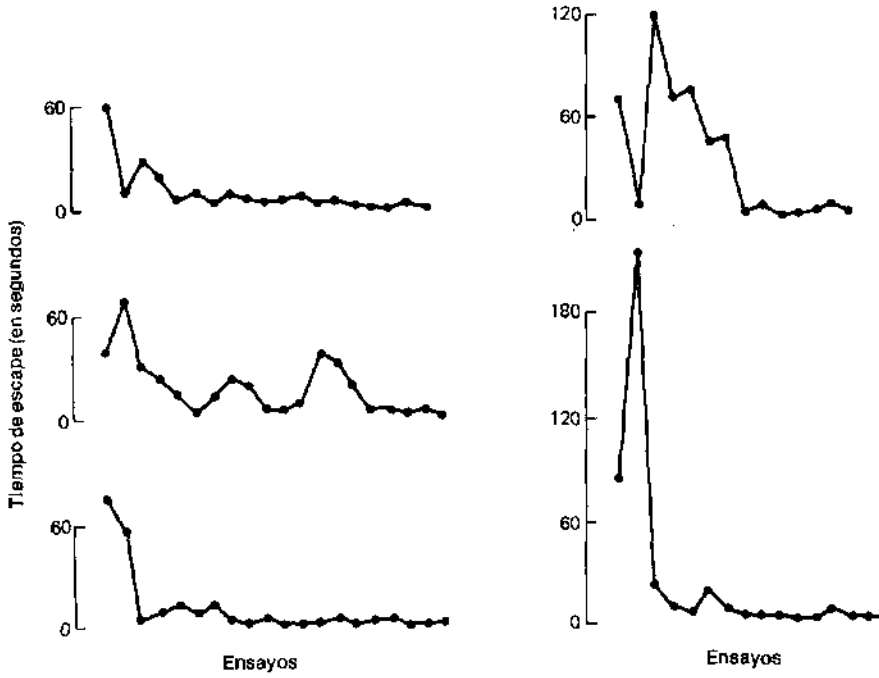


Figura 2.2. Curvas de aprendizaje ensayo-por-ensayo de cinco gatos que debían tirar de un arillo de alambre para escapar de una caja-problema. Los animales fueron entrenados durante unos diez ensayos al día (tomada de Thorndike, 1898).

los que se trata de modo similar en los ensayos. Esta situación a menudo produce curvas de aprendizaje más uniformes y graduales.

Este carácter gradual sugirió a Thorndike que en realidad el gato no "cae en la cuenta" ni "discierne" el método para escapar, sino que lo aprende al grabar paulatinamente las respuestas correctas y desechar las equivocadas. Para Thorndike, lo importante era que la grabación gradual de las respuestas recompensadas y la eliminación de las que habían fracasado constituía la explicación automática y mecanicista del cambio en la ejecución del animal desde los primeros hasta los últimos ensayos de entrenamiento. No se necesita de gran inteligencia para mediar tal aprendizaje mecanicista. Después de repetir sus diversos experimentos con varias especies de animales y muchos tipos de cajas-problema, Thorndike llegó a la conclusión de que "no había logrado encontrar ningún acto que al menos *pareciera* deberse al razonamiento".

La primera ley del efecto

La principal contribución de Thorndike a la psicología fue la formulación de la llamada *Ley del efecto*. El estudiante no debe dejarse llevar por el término *ley*, ya que refleja el uso que de él hacían los científicos mucho tiempo atrás. En la actua-

lidad nos referimos a ella sólo como hipótesis; es decir, como conjetura acerca de los tipos de eventos que originan el aprendizaje.

Thorndike formuló su ley mecanicista del efecto en los siguientes términos:

> De entre diversas respuestas dadas a la misma situación, si todo lo demás permanece constante, aquellas que van acompañadas o seguidas muy de cerca de satisfacción para el animal se conectarán más firmemente con la situación...; aquellas acompañadas o seguidas muy de cerca de incomodidad para el animal, y si todo lo demás permanece constante, encontrarán debilitadas sus conexiones con esa situación (1911, pág. 244).

Así, las recompensas y las no recompensas, o los éxitos y los fracasos, se proponen como mecanismos para la selección de la respuesta más adaptativa. Este principio se asemeja mucho al proceso de la selección natural mediante la adaptación exitosa o la supervivencia del más apto, que constituye el fundamento de la teoría de Charles Darwin sobre la evolución de las especies. Al igual que otros psicólogos comparativos de su época, Thorndike recibió la influencia —intelectualmente atractiva— del análisis de Darwin acerca de la selección de las especies.

Thorndike comprendió que su ley del efecto agregaba un complemento importante a la ley de la formación del hábito mediante la repetición (la llamada ley del ejercicio):

> Pero la práctica sin celo —con igual conformidad hacia el éxito o el fracaso— *no* lleva a la perfección, y el sistema nervioso se *aleja* de las modalidades en las cuales se *ejercita con la incomodidad resultante.* Cuando se omite la ley del efecto, cuando la formación del hábito se reduce al supuesto efecto de la mera repetición, los dos resultados son casi seguros. Teóricamente es muy poco lo que puede explicarse acerca de la conducta humana mediante la ley del hábito; y a partir de la práctica resultante se estimulan formas de instrucción improductivas o que implican un gran desperdicio (1913, pág. 22).

El interés de Thorndike por las recompensas y las causas del aprendizaje, nacido en sus experimentos con animales, continuó a medida que volcaba su atención al aprendizaje que se llevaba a cabo en las escuelas. Allí dominaban los argumentos acerca del castigo, la promoción, las prácticas de calificación y otros incentivos, aun cuando los psicólogos académicos no habían advertido la importancia de los conceptos motivacionales.

Los experimentos que realizó con animales ejercieron una profunda influencia en su pensamiento acerca del aprendizaje humano. Llegó a convencerse contrariamente a las creencias populares de que la conducta animal no estaba muy medida por las ideas; por el contrario, las respuestas se daban directamente a la situación, tal como ésta se percibía. Aunque no negó por completo la ideación en los animales, aseguraba que la mayor parte de su aprendizaje se explicaba por la conexión directa de los actos con las situaciones a través de la acción automática de la ley del efecto, sin mediación de las ideas. La similitud de las curvas de aprendizaje en los sujetos humanos que aprendían muchas asociaciones difíciles (como un vocabulario extranjero) con aquellas que correspondían a animales, lo convencieron de que los mismos fenómenos mecánicos esenciales, evidentes en el aprendizaje animal, son también fundamentales en el aprendizaje humano. Aunque siempre fue consciente de la mayor sutileza y alcance del aprendizaje humano, mostró preferencia por comprender el aprendizaje más complejo en términos de principios sencillos, y por identificar las formas más simples del aprendizaje humano con el de los animales.

> Tanto la teoría como la práctica requieren de recordatorios enfáticos y frecuentes de que el aprendizaje humano es fundamentalmente la acción de las leyes de la preparación, el ejercicio y el efecto. Ante todo, el hombre es un mecanismo asociativo que trabaja para evitar el desequilibrio de los procesos vitales de las neuronas. Si comenzamos por fabricar capacidades y facultades imaginarias, si eludimos el razonamiento con términos vagos y vacíos, o si quedamos perplejos e inmóviles por la extraordinaria versatilidad y creatividad de las formas superiores de aprendizaje, nunca llegaremos a entender el progreso del hombre ni a controlar su educación (1913, pág. 23).

Los punzantes ataques de Thorndike a la vacuidad de las explicaciones mentalistas constituyeron un marco de referencia para las teorías mecanicistas *E-R* que habrían de dominar en el estudio del aprendizaje humano durante varias décadas.

Objeciones a la primera ley del efecto

Como hemos dicho, la ley del efecto se refiere al fortalecimiento o debilitamiento de una conexión como resultado de sus consecuencias. Cuando se establece una conexión modificable que va acompañada o seguida de un estado satisfactorio de cosas, se incrementa la fuerza de aquélla; si se efectúa la conexión, y va seguida del castigo de un estado desagradable, su fuerza disminuye. Thorndike concibió la fuerza de una conexión en términos de la probabilidad de que la respuesta se produzca en la situación pertinente. Las respuestas más probables también ocurrían con mayor prontitud en una situación de ensayo y error en la que los sujetos prueben una respuesta tras otra hasta dar con la correcta.

Cuando se formuló la ley del efecto, los críticos de la época le objetaron dos supuestos fundamentales. En primer lugar, se dijo que la satisfacción y la molestia eran términos subjetivos, inapropiados para la descripción del comportamiento animal. Pero Thorndike se adelantó a sus críticos, ya que había estipulado lo que quería denotar con "estados de cosas" en términos operativos:

> Por un estado de cosas satisfactorio me refiero a aquel que el animal no intenta evitar, y a menudo hace cosas para mantenerlo o renovarlo. Por un estado molesto me refiero a una situación que el animal no trata de preservar, ya que con frecuencia hace algo para terminar con él (1913, pág. 2).

Estas definiciones impiden que la ley del efecto sea circular, puesto que los estados de cosas caracterizados como satisfactorios y como molestos se especifican independientemente de su influencia sobre las conexiones modificables. La ley del efecto estipula, entonces, lo que se esperará que suceda a las conexiones modificables anteriores que van seguidas de tales estados. De esta manera, Thorndike respondió a la primera objeción.

La segunda objeción era que el efecto retroactivo de una consecuencia sobre algo que ahora se encontraba en el pasado es contrario a las leyes normales de la causación. Como el evento de estímulo y respuesta se produce antes de la recompensa (o del castigo), ¿cómo podría el segundo ejercer su influjo sobre el suceso anterior? El pasado ya no existe, mientras que los efectos sólo se sienten en el presente. Esta crítica, al igual que la primera, tiene un defecto lógico. El efecto causal del resultado sobre la conexión *E-R* se revela en la probabilidad de recurrencia de la respuesta cuando ocurre la situación siguiente. El que tal efecto se

compruebe o no en el futuro es una cuestión de observación y experimentación, no se trata de una hipótesis que habrá de negarse con fundamentos lógicos. Sin embargo, esta segunda objeción plantea un pequeño problema a la teoría psicológica; si se retrasa el resultado de la recompensa o del castigo después de la respuesta crítica, debe postularse algún mecanismo que conserve la información acerca de qué respuesta ocurrió a fin de que el resultado fortalezca esa respuesta de modo selectivo. Las teorías posteriores de la "recompensa demorada" proporcionan explícitamente cierto mecanismo de memoria de corto plazo para que desempeñe esta función de mantenimiento de la información. No obstante, Thorndike no consideró que esto constituyera un problema crítico.

En lenguaje llano, la ley de Thorndike estipula que las recompensas o los éxitos incrementan el aprendizaje de la conducta recompensada, mientras que los castigos y los fracasos reducen la tendencia a repetir ese comportamiento. Gran parte de esta hipótesis es sólo una reafirmación de observaciones comunes. Pero Thorndike fue más allá e insistió en que la acción de las consecuencias es directa, mecánica y automática, y no necesita de la mediación de ideas conscientes. Como veremos, es precisamente en lo que respecta a estas adiciones técnicas al sentido común donde los críticos posteriores, pertenecientes a la psicología cognoscitivista, habrían de atacar la estipulación de Thorndike acerca de la ley del efecto. En esta insistencia en torno de la acción mecánica, la formulación de Thorndike se anticipó al principio del reforzamiento adoptado por las teorías posteriores de la respuesta condicionada. Los últimos cambios en su teoría disminuyeron la importancia de las cosas molestas en relación con los satisfactores (véase la ley del efecto revisada, una sección más adelante) y agregaron fenómenos nuevos. Pero la importancia central de una ley del efecto modificada persistió en los enunciados finales de Thorndike acerca de su posición.

Principios subordinados

Thorndike no era un teórico sistemático que propusiera un conjunto coherente de principios; más bien tendía a escribir prolíficamente acerca de análisis del aprendizaje, e identificaba un número de variables significativas, de factores o principios intervinientes en situaciones típicas. En los párrafos siguientes enumeraremos algunos de los principios menores que Thorndike describía, y podremos observar que, en lo que toca a su generalidad, la desigualdad es evidente.

Ejercicio

De una breve relación de las opiniones de Thorndike puede surgir la impresión de que la repetición de un hábito incrementa su fuerza, bajo la premisa de que "la práctica hace la perfección". En sus primeras obras, Thorndike se refería a este fenómeno como la *ley del ejercicio*. Esta ley tiene dos formas: el *uso* de una conexión aumenta su fuerza; el *desuso* de una conexión (el no practicarla) conduce a su debilitamiento u *olvido*. Sólo más tarde reconoció Thorndike la sutil inconsistencia que existía entre el principio del ejercicio (uso) y su ley del efecto, y reinterpretó entonces el término "uso" para referirlo al "uso correcto recompensado".

Preparación

El estado de preparación es característico de muchas de las circunstancias en las

cuales un sujeto que aprende tiende a sentirse satisfecho o molesto. Thorndike reconoció diversas formas del estado de preparación: si se excita un fuerte deseo para una secuencia de acción, la ejecución uniforme de esa secuencia es *satisfactoria;* si tal secuencia de acción se frustra o se bloquea, entonces ese bloqueo resulta molesto; si una acción es fatigosa o saciada, el forzar una repetición más del acto también resulta *molesto.* Con estas generalizaciones, Thorndike trataba de cubrir un cierto número de situaciones. Ejemplos de las primeras dos reglas son cadenas de conductas consumatorias, como, en el caso de un niño que va al refrigerador en busca de helado. El deseo de alimento lleva a un estado de preparación para las primeras respuestas de la secuencia de acción; de modo similar, la ejecución de los primeros pasos de la secuencia de acción incrementa el estado de preparación del sujeto para los pasos siguientes. (En este principio Thorndike *no* se refería a la idea de "celeridad de lectura", familiar a los educadores. Discutía la celeridad de lectura en términos de cuántas habilidades básicas aprende un principiante antes de recibir instrucción de lectura.)

Variación de la respuesta

Para que una respuesta sea recompensada, es necesario que ocurra. Cuando los sujetos que aprenden se enfrentan a un problema, intentan una cosa después de otra; al encontrar la conducta apropiada, sobreviene el éxito y el aprendizaje es posible. Si el organismo es incapaz de variar sus respuestas, es probable que la solución óptima nunca se presente. Aun cuando se encuentre que una respuesta a una situación dada produce cierta recompensa, todavía hay valor de adaptación en ciertas variaciones de esa respuesta, ya que la recompensa puede ser mayor o más frecuente para otras. Así, Thorndike reconocía que la fijación prematura de la conducta podía ser inadaptada.

Distinta predominancia de los elementos de estímulo

Los aprendices son capaces de reaccionar selectivamente a elementos muy intensos o sobresalientes en el problema o situación de estímulo. Es decir, pueden tomar el detalle esencial de un patrón complejo y basar en él sus respuestas ignorando otras características que confundirían a un animal inferior. Esta capacidad para tratar con las partes relevantes de las situaciones hace posible el aprendizaje analítico y de discernimiento, y la selección de los elementos críticos se describe en términos de atención o de abstracción.

Cambio de la asociación

El *principio del cambio de la asociación,* de Thorndike, afirma que si una respuesta se mantiene intacta a través de una serie de cambios graduales en la situación de estimulación, es posible que al final la respuesta se emita frente a un estímulo totalmente nuevo. La situación de estímulo se cambia primero mediante la adición de ciertos elementos, después por la sustracción de otros, hasta que no quede nada de la situación original. Thorndike ilustra este principio con el acto de enseñar a un gato a erguirse cuando se le ordena. Primero se cuelga un trozo de pescado frente a él mientras se le dice "párate"; después de varios ensayos y mediante los arreglos apropiados, el estímulo del alimento puede omitirse: por sí sola, la señal verbal evocará la respuesta. La enunciación general del principio del cambio de la asociación implica que podemos "obtener cualquier respuesta que un

aprendiz sea capaz de dar, asociada con cualquier situación a la cual es "sensible" (1913, pág. 15). Esto es similar al condicionamiento en el cual un estímulo condicionado ("parate") sustituye a uno incondicionado (el trozo de pescado). Aunque observó la similitud, Thorndike creía que la respuesta condicionada pavloviana era un caso más especializado dentro de la comprensión del principio del cambio de la asociación. El principio en cuestión también se asemeja a lo que Skinner ha llamado "desvanecimiento" o "desaparición", en el cual el control discriminativo de una respuesta cambia de un primer estímulo a un segundo. En la actualidad, este principio es muy usado en los programas que se diseñan para las máquinas de enseñanza. Un ejemplo elemental es el de los niños que aprenden a deletrear una palabra nueva al cotejar la presentación de la palabra hablada con la escrita, y luego la copian. En un comienzo, el niño copia una palabra (por ejemplo lápiz) mientras la escucha y la ve. Después, cuando oye "lápiz" el niño sólo ve una parte de la palabra (por ejemplo, l-p-z), y llena con las letras que faltan los espacios en blanco. En pruebas sucesivas se le muestran cada vez menos letras como instigadores (por ejemplo, 1---z) mientras se pronuncia la palabra, y el niño debe deletrearla. Finalmente, el niño aprende a deletrear la palabra completa después de oírla. Sin embargo, tales aplicaciones educativas son producto del ingenio de Skinner y no formaron parte de las numerosas sugerencias de Thorndike acerca de los problemas prácticos.

Respuesta por similitud o analogía.

Se presume que las respuesta a situaciones nuevas se basan en la asimilación de lo nuevo a una situación previamente aprendida, y en dar una respuesta sustentada en la similitud o analogía de ambas. Los aprendices responden a una situación nueva como lo harían a una parecida (este fenómeno fue denominado "generalización del estímulo" por los teóricos posteriores); o responden a un nuevo elemento de la nueva situación para el cual disponen de una respuesta en su repertorio. Por lo común, las respuestas se explican por el aprendizaje previo, junto con tendencias innatas a responder; en este aspecto, nada misterioso envuelve las respuestas a las cosas nuevas, ya que las situaciones novedosas siempre pueden descomponerse en nuevos arreglos basados en características y partes que ya eran familiares.

Pero es necesario elaborar más la opinión de Thorndike acerca de la forma en que el aprendizaje se transfiere de una situación de entrenamiento a una segunda situación de prueba o a una nueva tarea de aprendizaje. En alguna medida, toda la educación formal está dirigida hacia un tipo de transferencia *más allá* del salón de clases, de los conocimientos y habilidades aprendidos *en* la escuela. Ya sea que la manera apropiada de lograr este fin sea enseñar más materias formales —como las matemáticas—, o prestar mayor atención a las materias prácticas, como la orientación vocacional y el civismo, el problema reviste gran importancia para los educadores.

Como uno de los primeros psicólogos educativos, Thorndike se interesó por ese problema. Su teoría comenzó a despuntar en un estudio experimental efectuado en colaboración con Woodworth (Thorndike y Woodworth, 1901), y se estipuló formalmente en su temprana obra *Educational Psychology* (1903). Como hemos dicho, la teoría propone que la transferencia depende de la presencia de elementos idénticos en la tarea original y en la tarea de transferencia que facilita. Los elemen-

tos de estímulo de dos situaciones o los componentes de respuesta de dos habilidades similares pueden ser idénticos. En las materias escolares, la sustancia (ideas) o los procedimientos (acciones habilidosas) tienen elementos superpuestos. Por ejemplo, la habilidad de hablar y escribir correctamente es importante tanto en el salón de clases como en muchos aspectos de la vida cotidiana. Por ello la maestría en tales habilidades sirve a distintos propósitos, y la transferencia debe resultar de lo que las diferentes situaciones requieren en común. El procedimiento de buscar términos en diversas fuentes —un diccionario, un recetario o un manual de química— tienen mucho en común, a pesar de los distintos contenidos de los tres tipos de libros. El que una actividad se aprenda con más facilidad porque otra similar se aprendió antes, llevó a Thorndike a postular que esta circunstancia sólo podía deberse a que las dos actividades se superponen. La transferencia siempre es específica, nunca general y aunque parezca serlo, subsiste el hecho de que las situaciones nuevas tienen mucho de las antiguas.

Hasta cierto punto, y tal como se cuantifica en las pruebas del *CI*, la inteligencia puede considerarse como una medida de la capacidad general de transferencia de un individuo. Es decir, la prueba mide la capacidad para emitir respuestas correctas en situaciones relativamente nuevas. Al igual que su teoría de la transferencia, la teoría de Thorndike de la inteligencia era cuestión del número de conexiones específicas pertinentes: mientras más vínculos tenga el individuo para usar, más inteligente será.

Además de establecer los diversos principios del aprendizaje ya enumerados, Thorndike dedicó mucha atención a la manera de mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Destacó que éstos deben interesarse en el material y preocuparse por mejorar su aprovechamiento. Se creía que el interés surgía debido a que los estudiantes consideraban que la materia era importante para el logro de alguna meta personal; y se decía que el interés motiva la atención y el estudio. Es evidente que éstos son los principios que fundamentan la mayor parte de los cursos de capacitación para los profesores e indudablemente tienen su razón de ser. Sin embargo, no son recomendaciones que distingan sólo al enfoque en cuestión.

Durante el periodo que corresponde a la estabilidad del sistema de Thorndike se produjeron muchos cambios en el campo de la psicología, pero no incidieron en él. La aparición del conductismo y la renovada importancia atribuida a la respuesta condicionada en poco lo afectaron, puesto que los entusiastas de la nueva corriente utilizaban un lenguaje que Thorndike consideraba similar al suyo. Sin embargo, a partir de 1930 revisó y reelaboró su ley del efecto y comenzó a distinguirla con mayor claridad del principio del ejercicio que ya mencionamos.

EL CONEXIONISMO DESPUÉS DE 1930

Thorndike informó de las revisiones de sus hipótesis en varios artículos y monografías efectuadas con varios colaboradores, y los principales resultados se recopilaron en dos volúmenes: *The fundamentals of learning* (1932*a*) y *The psychology of wants, interests, and attitudes* (1935). Una serie de experimentos se dedicó a la distinción entre los principios de ejercicio versus el efecto en la modificación de la conducta. Otro conjunto de estudios se abocó a perfeccionar la ley del efecto y a buscar nueva evidencia que la sustentara.

Refutación de la ley del ejercicio

El tipo de experimento usado para refutar la ley del ejercicio implicaba situaciones en las cuales una clase de respuestas se reiteraba en circunstancias que reducían al mínimo los efectos recompensantes. (Por ejemplo, a un sujeto con los ojos vendados se le pedía que trazara una línea de 10 centímetros, y que repitiera esa tarea cientos de veces durante varios días, pero sin recibir información de retroalimentación por parte del experimentador acerca de la exactitud de los trazos. Thorndike se interesaba en saber si las respuestas inicialmente más frecuentes por ejemplo, las líneas con longitudes entre 11 y 12 centímetros) "consumirían" lentamente la fuerza de las respuestas menos frecuentes. A la larga, las respuestas de elevada frecuencia se volverían incluso más probables, y las de baja frecuencia serían desechadas. Supuestamente, esto obedecía a la implicación de la ley del ejercicio, según la cual una respuesta a una situación se fortalece en virtud de su mera ocurrencia, y como las probabilidades en todas las respuestas deben sumar 1.00, el incremento de la probabilidad de una clase de respuestas disminuye la probabilidad de otra.

Los resultados de éste y de otros experimentos similares de Thorndike fueron distintivamente negativos; la distribución de probabilidad de las longitudes de línea trazadas en el duodécimo día de práctica era en esencia la misma que la del primer día. Sin información o retroalimentación recompensante, se producían relativamente pocos cambios en la distribución de la respuesta. Por el contrario, si después de cada intento de trazar una línea de 10 centímetros se informaba a la persona que la raya era demasiado larga o corta, las respuestas mejoraban con rapidez hasta que se distribuían apretadamente alrededor de los diez centímetros (Trowbridge y Cason, 1932).

Este experimento demuestra que la repetición de una *situación* sin el conocimiento de la respuesta correcta produce escaso o ningún cambio en las frecuencias relativas de las diversas respuestas. No obstante, Thorndike estaba consciente de que algunas variedades de repetición ("ejercicios") son importantes, y se trata precisamente de aquellas conexiones simples de estímulo y respuesta en las cuales los sujetos saben o creen que recuerdan de forma correcta. Por ejemplo, un alumno al que se le ha indicado que recuerde que la capital de Oregon es Salem, se cuida de ensayar en silencio la oración o asociación "capital de Oregon-Salem", aun cuando el maestro no suministre reforzamientos verbales. Se sabe que éste "ejercicio" implícito de la conexión promueve su retención a largo plazo. Thorndike explicaría el efecto de éste y otros tipos similares de ensayo como debido a una "reacción de confirmación" interna (o satisfactor) que los sujetos supuestamente experimentan después de cada ensayo *E-R*, como si se dijeran a ellos mismos "capital de Oregon-Salem: correcto".

LA LEY DEL EFECTO REVISADA

Thorndike interpretó un cierto número de experimentos como demostración de que los efectos de la recompensa y del castigo no eran iguales y opuestos, como se había afirmado en declaraciones anteriores acerca de los efectos de los satisfactores y las molestias. En vez de ello, en diversas condiciones la recompensa

Refutación de la ley del ejercicio

El tipo de experimento usado para refutar la ley del ejercicio implicaba situaciones en las cuales una clase de respuestas se reiteraba en circunstancias que reducían al mínimo los efectos recompensantes. (Por ejemplo, a un sujeto con los ojos vendados se le pedía que trazara una línea de 10 centímetros, y que repitiera esa tarea cientos de veces durante varios días, pero sin recibir información de retroalimentación por parte del experimentador acerca de la exactitud de los trazos. Thorndike se interesaba en saber si las respuestas inicialmente más frecuentes por ejemplo, las líneas con longitudes entre 11 y 12 centímetros) "consumirían" lentamente la fuerza de las respuestas menos frecuentes. A la larga, las respuestas de elevada frecuencia se volverían incluso más probables, y las de baja frecuencia serían desechadas. Supuestamente, esto obedecía a la implicación de la ley del ejercicio, según la cual una respuesta a una situación se fortalece en virtud de su mera ocurrencia, y como las probabilidades en todas las respuestas deben sumar 1.00, el incremento de la probabilidad de una clase de respuestas disminuye la probabilidad de otra.

Los resultados de éste y de otros experimentos similares de Thorndike fueron distintivamente negativos; la distribución de probabilidad de las longitudes de línea trazadas en el duodécimo día de práctica era en esencia la misma que la del primer día. Sin información o retroalimentación recompensante, se producían relativamente pocos cambios en la distribución de la respuesta. Por el contrario, si después de cada intento de trazar una línea de 10 centímetros se informaba a la persona que la raya era demasiado larga o corta, las respuestas mejoraban con rapidez hasta que se distribuían apretadamente alrededor de los diez centímetros (Trowbridge y Cason, 1932).

Este experimento demuestra que la repetición de una *situación* sin el conocimiento de la respuesta correcta produce escaso o ningún cambio en las frecuencias relativas de las diversas respuestas. No obstante, Thorndike estaba consciente de que algunas variedades de repetición ("ejercicios") son importantes, y se trata precisamente de aquellas conexiones simples de estímulo y respuesta en las cuales los sujetos saben o creen que recuerdan de forma correcta. Por ejemplo, un alumno al que se le ha indicado que recuerde que la capital de Oregon es Salem, se cuida de ensayar en silencio la oración o asociación "capital de Oregon-Salem", aun cuando el maestro no suministre reforzamientos verbales. Se sabe que éste "ejercicio" implícito de la conexión promueve su retención a largo plazo. Thorndike explicaría el efecto de éste y otros tipos similares de ensayo como debido a una "reacción de confirmación" interna (o satisfactor) que los sujetos supuestamente experimentan después de cada ensayo *E-R*, como si se dijeran a ellos mismos "capital de Oregon-Salem: correcto".

LA LEY DEL EFECTO REVISADA

Thorndike interpretó un cierto número de experimentos como demostración de que los efectos de la recompensa y del castigo no eran iguales y opuestos, como se había afirmado en declaraciones anteriores acerca de los efectos de los satisfactores y las molestias. En vez de ello, en diversas condiciones la recompensa

parecía ser mucho más poderosa que el castigo. De llegar a confirmarse, esta conclusión, tendría una enorme importancia social, al aplicarse en los campos de la educación y la criminología.

Uno de estos experimentos (1932*b*) se efectuó con pollitos, a los que se introdujo en un laberinto simple que les daba a elegir tres caminos. Uno de ellos llevaba a "libertad, comida y compañía"; es decir, a un compartimiento abierto donde habían otros pollitos comiendo. Las elecciones equivocadas conducían al confinamiento durante 30 segundos. Se registraron estadísticamente las tendencias a retornar a la elección anterior si ésta no llevaba a la recompensa, y a evitarla si conducía al castigo. Thorndike interpretó sus hallazgos de la siguiente manera: "Los resultados de todas las comparaciones con todos los métodos decían lo mismo. El recompensar una conexión siempre la fortalece sustancialmente; el castigarla la debilita poco o nada" (1932*b*, pág. 58).

Los experimentos con sujetos humanos consistían en una prueba de vocabulario de opción múltiple. Por ejemplo, se daba al sujeto una palabra en español acompañada de cinco palabras inglesas, una de las cuales era traducción correcta. Seguían una segunda y tercera palabras en español, y así sucesivamente toda una lista, donde cada vocablo tenía traducciones opcionales dispuestas de la misma forma. Los sujetos escogerían la palabra traducida, la subrayarían, y entonces escucharían decir *correcto* (La respuesta recompensada) o *equivocado* (la respuesta castigada). En subsiguientes ocasiones, ¿cómo cambiaban los sujetos sus respuestas en la lista? Al igual que ocurrió con los pollitos, la recompensa (*correcto*) conducía a una repetición incrementada de la respuesta recompensada, pero el castigo *(equivocado)* no disminuía la probabilidad de que se repitiera esa respuesta. En seis experimentos de este tipo, Thorndike concluyó que el anuncio de *equivocado* no debilitaba las conexiones lo bastante como para contrabalancear el pequeño incremento obtenido de la mera ocurrencia de la respuesta (1932*a*, pág. 228). En las interpretaciones que Thorndike hacía de sus datos había ciertas dificultades estadísticas que provocaron que subestimase el significado del castigo. En una sección posterior examinaremos algunas críticas en torno a estas interpretaciones, así como las evidencias que existen en su favor.

Thorndike y sus colaboradores se dedicaron a reunir testimonios acerca de la relativa eficacia de las recompensas y los castigos en trabajos publicados y en otras fuentes que se remontaban a muchos años atrás. La evidencia casi universal de un mayor efecto benéfico de la recompensa sobre el castigo proporcionó apoyo práctico a los resultados de sus experimentos, que de otra forma se hubiesen criticado por estar muy alejados de la vida cotidiana (1935, págs. 135 a 144, y 248 a 255).

Al igual que la refutación de la ley del ejercicio, Thorndike no negó totalmente el principio del debilitamiento por efectos secundarios molestos; sólo negó el debilitamiento directo. Según Thorndike, los castigos afectan al aprendizaje de modo indirecto. Sustentaba que el efecto indirecto proviene fundamentalmente de instar al aprendiz a hacer algo en presencia de una molestia que lo vuelve menos propenso a repetir la conexión original.

> Una molestia vinculada a una conexión modificable hace que el animal sienta temor o *mortificación, que salte hacia atrás; que huya, retroceda, aúlle, ejecute la acción anterior* con mayor vigor, o haga cualquier otra cosa que se encuentre en su repertorio como una respuesta a esa molestia. Pero no hay evidencia de que reduzca la fuerza de la base fi-

siológica de la conexión que de alguna manera pueda compararse a la forma en que un efecto secundario satisfactorio le agrega fuerza (1932*a*, págs. 311-313).

La propagación del efecto

En apoyo a la ley del efecto en 1933 se presentó una nueva evidencia, la cual se describía como *propagación del efecto* (1933*a*, 1933*b*). La examinaremos en detalle ya que se trata de un fenómeno descubierto por Thorndike y difundido exclusivamente por él. Se utilizó para argumentar en favor de uno de sus postulados: la influencia *automática* de las recompensas. Los experimentos intentaban demostrar que la influencia de una recompensa no sólo actúa sobre la conexión a la cual pertenece, sino también sobre las conexiones temporalmente adyacentes, que tienen lugar justo antes o después de la conexión recompensada. El efecto disminuye gradualmente, a medida que la conexión se aleja de la recompensa, y fortalece incluso a las conexiones castigadas cercanas a aquella recompensada. Al parecer, los experimentos apoyaron la acción automática o mecánica de la recompensa o el castigo. En un experimento característico se le pedía al sujeto que estipulara un número del 1 al 10 después de que el experimentador enunciara una palabra de estímulo. Este adjudicaba entonces una calificación a la respuesta del sujeto —*correcto* o *equivocado*— de acuerdo con determinada asignación, dispuesta de antemano, de números correctos a cada palabra. En cualquier caso, desde el punto de vista del sujeto la asignación de números era arbitraria, y el indicio para repetir el número dado en primer término frente a la palabra de estímulo, o para cambiarlo en el ensayo siguiente en relación con esa palabra provenía de la reacción del experimentador después de presentar cada número. Sin embargo, las listas de palabras eran tan extensas que el sujeto no podía recordar muy bien en el segundo ensayo qué puntaje se había asignado a cada palabra durante la primera prueba.

Después de leer la lista varias veces se clasificaban las respuestas del sujeto para encontrar la frecuencia con que se repetía la respuesta a una palabra de estímulo dada, cada vez que ésta se presentaba. Las respuestas recompensadas no sólo se repetían con mayor frecuencia, sino que aquellas seguidas por *nada* (el experimentador permanecía callado) se repetían más allá de la expectativa de casualidad si ocurrían en proximidad temporal a una respuesta calificada como *correcto*.

El experimento de Tilton (1945) constituye un buen ejemplo. Repitió el experimento de propagación del efecto con rigurosos controles a fin de determinar el nivel empírico de repetición de respuesta sin calificarlas con *correcto* o *equivocado* (es decir, el experimentador permanecía en silencio después de la respuesta del sujeto). Tilton también dispuso que una respuesta a un estímulo denominado *correcto* se rodeara con otros pares *E-R* a los que sólo se les llama *equivocado*, y viceversa. Entonces procedió a trazar la propagación del efecto en cualquier lado de una respuesta aislada recompensada o de una castigada (Tilton, 1939, 1945). Descubrió que los efectos de *correcto* y *equivocado* eran casi iguales; la mención de *equivocado* disminuía las repeticiones casi tanto como *correcto* las incrementaba. En las figuras 2.3 y 2.4. aparecen las gráficas de los resultados de Tilton.

El estudio de Tilton prueba que cuando las respuestas castigadas son contiguas a las recompensadas muestran una tendencia a repetirse con mayor frecuencia que las mismas respuestas pero alejadas de la recompensa. Sin embargo, su castigo (el denominarse *equivocado*) basta, incluso a un paso de la recompensa, para

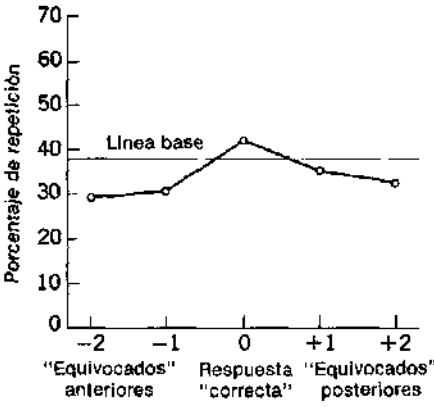


Figura 2.3. Gradiente del efecto en torno a una respuesta *correcto*. El denominar *correcto* a una respuesta incrementa su repetición; calificarla como *equivocado* la disminuye. Sin embargo, el decremento es menor cuando la respuesta llamada *equivocado* está próxima a un *correcto* aislado (tomada de Tilton, 1945).

conducir a una menor repetición de la que aparecía si la respuesta no fuera castigada ni recompensada (figura 2.3). De modo similar, cuando una respuesta que recibe la calificación de *equivocado* (castigada) se produce en medio de una serie de respuestas recompensadas, las respuestas recompensadas contiguas se repiten con menos frecuencia que si no se encontraran próximas a la respuesta castigada. De nueva cuenta, no obstante, su recompensa (el ser llamadas *correcto*) es suficiente para conducir a su repetición con una *mayor* frecuencia que la representada por la línea base neutral (figura 2.4).

Aquí, lo importante para Thorndike es el aparente "gradiente" de probabilidad de repetición de los pares que ocurren cercanos en el tiempo a los pares recompensados o castigados en aislamiento. Se creía que esta función continua demostraba la propagación del efecto de fortalecimiento automático de una recompensa en conexiones contiguas temporales y, de modo similar, la propagación del efecto de debilitamiento de un castigo.

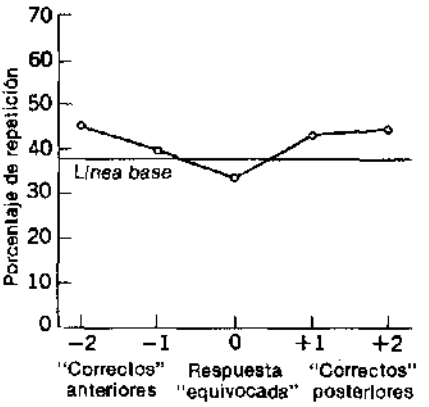


Figura 2.4. Gradiente del efecto en torno a una respuesta calificada con *equivocado*. El denominarle *equivocado* a una respuesta disminuye su repetición; calificarla con *correcto* la incrementa. Sin embargo, el incremento por haber sido denominada *correcto* es menor cuando tal respuesta se encuentra próxima a un *equivocado* aislado (tomada de Tilton, 1945).

La naturaleza sorprendente y contraria a la intuición de tales resultados dio lugar a muchos experimentos, muchos de los cuales intentaron explicar los gradientes de propagación del efecto (por ejemplo, los de Tilton) como producto de alguna variable de contaminación en la tarea. De hecho, otros factores (como las secuencias recurrentes de asignación de número, los hábitos no aleatorios de asignación que alteraban la línea base de repetición y la influencia de la disposición o la intención de aprender) en realidad influían sobre los datos de propagación del efecto y, en consecuencia, ponían en duda las interpretaciones originales. Las controvertidas evidencias relacionadas con este tema se reseñaron en una edición anterior de este libro (Hilgard y Bower, 1966, págs. 28 y sigts.) y en una obra de Postman (1962).

Una explicación alternativa

Al sopesar nuevamente la evidencia, pareciera que la propagación del efecto es el resultado de procesos mucho más sencillos de los que Thorndike suponía. En primer lugar, se recurrió a la propagación del efecto como principio teórico sólo para explicar los datos particulares recabados bajo este rubro; y la antigua ley del efecto es lógicamente independiente de que la propagacion se produzca o no. En segundo lugar, creemos que los datos de la propagación del efecto son quizá el resultado de la generalización del estímulo entre posiciones seriales dentro de una lista, y es posible que no tengan nada que ver con los efectos secundarios de propagación de una recompensa. Para ilustrar esta explicación, considérese una lista breve de ocho reactivos arbitrarios típicos de un experimento de Thorndike, que aparecen en la tabla 2.1. En el ensayo 1, se presenta la lista de palabras *(taza, tijeras,* ...), y a cada una de ellas el sujeto asigna un número del 1 al 10, respuestas a las cuales el experimentador, arbitrariamente, siempre dice: "equivocado" a excepción, por ejemplo, del quinto reactivo de la serie. Después del primer ciclo. Sigue otra a través de las series en el que los reactivos se presentan en el mismo

TABLA 2.1. Eventos ilustrativos en dos ensayos de una tarea de aprendizaje asociativo, de Thorndike. *S* **y** *E* **denotan al sujeto y al experimentador, respectivamente.**

		Ensayo 1		*Ensayo 2*
Posición serial	*Palabra clave*	*Adivinación del S*	*Retroalimentación del E*	*Adivinación del S*
1.	tasa	7	equivocado	2
2.	tijeras	9	equivocado	1
3.	plato	5	equivocado	5
4.	cielo	6	equivocado	6
5.	lápiz	3	CORRECTO	3
6.	libro	1	equivocado	1
7.	casa	8	equivocado	8
8.	silla	2	equivocado	6

orden, y el sujeto efectúa una asignación para el ensayo 2, como se enumera en la última columna. Nuestros hipotéticos datos ilustran la repetición de la respuesta "3" a la palabra *lápiz*, que había sido recompensada directamente en el ensayo 1, y también la repetición de las respuestas dadas a los estímulos presentados dos pasos antes y después de la conexión recompensada *(lápiz-3)*. Desde luego, esta situación ilustra la propagación de los efectos.

La explicación de la generalización del estímulo para tales datos sería la siguiente (sugerida por Estes, 1969*a*). Primero, concebimos esta tarea de asociación por pares como el aprendizaje concurrente de muchas ternas de estímulo-respuesta-consecuencia (ocho, en nuestro ejemplo). Dentro de cualquier ensayo de una secuencia de estímulo-respuesta-consecuencia (*E-R-C*), hay probabilidad de que el sujeto aprenda cualquiera o la totalidad de las tres asociaciones pareadas; es decir, *E-R*, *E-C*, y *R-C*, que supuestamente se aprenden de modo independiente. Por ejemplo, un índice de una asociación *E-C*, sería que el sujeto recordara que después de haber mencionado la palabra *lápiz*, el experimentador dijo "correcto". Además —y esto es importante para el tema de la propagación del efecto—, podemos suponer que la persona identifica la posición serial de cada inciso de una forma desigual e imprecisa, aunque de cualquier manera esta posición serial entra en asociaciones con los eventos *E-R-C* que ocurren en ese lugar de la lista. En la que presentamos, esto significa que el sujeto podría asociar (durante el ensayo 1) una "posición serial implícita 5" a *correcto*, como una consecuencia. Esta circunstancia sería evidente, por ejemplo, en su habilidad posterior para decir, después de estudiar la lista, que un apareamiento ubicado aproximadamente en medio de la lista se ha calificado de *correcto* por parte del observador, (nótese que la palabra *correcto* constituía un evento sobresaliente, aislado en una serie de *equivocado*, un arreglo necesario en los experimentos de propagación del efecto).

La premisa ulterior de la teoría de Estes es que la memoria que el sujeto tiene de las consecuencias asociadas a un complejo de estímulo, controla si él mismo ejecutará o no la respuesta que recuerda haber dado a ese estímulo. Si recuerda la que dio a la palabra *lápiz*, y también que la respuesta a *lápiz* o a la posición serial 5 se calificaba como *correcto*, entonces repetirá la respuesta que recuerda haber omitido. Éste es el fundamento del efecto de repetición en las conexiones seguidas de *correcto*. Si la persona recuerda que la consecuencia de un estímulo (o posición serial) se calificó *equivocado*, dará una respuesta distinta de la que recuerda haber proporcionado en el ensayo anterior. Ésta es la razón por la cual *equivocado* —si todo lo demás permanece constante— reduce la repetición de las respuestas por debajo de una línea base de control apropiado (que es la repetición de la respuesta dada a un evento neutral, que no es *correcto* ni *equivocado*, después de la respuesta en el ensayo 1).

Para tratar con la propagación del efecto sólo necesitamos suponer que el recuerdo del sujeto acerca de la posición serial que correlaciona con un *correcto* es impreciso; así, la "posición serial 5→*correcto*" *se generaliza* a las posiciones seriales vecinas 3, 4, 6 y 7, de acuerdo con la distancia que medie entre las mismas y la localización adecuada. Tal generalización del estímulo es un fenómeno bien documentado, de modo que se trata de una suposición razonable. Este principio basta para explicar la propagación del efecto. A manera de ilustración, considérese el suceso *E-R-C (libro-1-equivocado)* que ocurre en la posición serial 6, justamente después de *correcto* en la posición 5. Supóngase que el sujeto recuerda

lo que dijo; esto es, el suceso *E-R*. Si recuerda *"libro-equivocado"*, entonces no repetirá la conexión *"libro-1"* (como muestran los datos de Tilton que aparecen en la figura 2.3). Si la persona olvida el *equivocado* para *libro*, podría recordar incorrectamente, como un error de generalización, "posición serial 6 → *correcto*", porque ésta es muy similar a la posición serial 5. Si tal generalización o confusión se produce entre posiciones seriales adyacentes, la dispersión del efecto daría lugar a un factor de *ejecución* (en vez de un factor de aprendizaje, como Thorndike había interpretado). En esencia, esto equivale a una estrategia de "repita conexiones *E-R* que usted recuerde haber efectuado en un contexto que se aproximaba al de la posición serial 5".

Esta hipótesis de generalización de posición acerca de la propagación tiene diversas implicaciones. Primero, si en el ensayo 2 a los sujetos se les pide que recuerden la respuesta dada en el ensayo 1, *y* si ésta se consignaba como *correcto* o *equivocado*, la probabilidad de recordar la respuesta anterior es independiente de qué efecto siguió (*correcto o equivocado*); sin embargo, hay una generalización de la propagación al recordar consecuencias, como el hecho de que los pares calificados como *equivocado* pero en proximidad a un par al que se le adjudicó *correcto*, posiblemente se recuerde después como *correcto;* lo contrario sucede con un par calificado como *equivocado* rodeado de pares denominados *correcto* (veáse Nuttin, 1949, 1953). Esto es exactamente lo que cabría esperar de acuerdo con la teoría de la generalización.

Además, la magnitud de la propagación del efecto se reduce notablemente si los estímulos que se presentaron en el ensayo 2 tienen un orden serial nuevo y desigual. Zirkle (1946) descubrió que la propagación del efecto se elimina al mezclar los elementos de la lista de prueba; la tendencia a dar una *R* a un *E* que ha aparecido cerca de una conexión *"E-R correcto"* no se incrementa a no ser que el *E* se repita en la misma posición serial o en una cercana, como ocurrió en el ensayo 1.

En el ejemplo anterior se emplea una lista breve y se adopta un patrón fortuito de asociaciones para explicar la propagación del efecto; con listas extensas estos factores tendrán menos efectos. Pero debe comprenderse que la propagación del efecto era, en el mejor de los casos, pequeña (véanse nuevamente las figuras 2.3 y 2.4). Así, la atracción de un tema teórico crítico queda ilustrada por el gran esfuerzo experimental que intervino para decidir la "realidad" de este efecto.

Pertenencia

Además de las revisiones de las leyes del ejercicio y el efecto, varios términos nuevos entraron en el sistema teórico de Thorndike cuando éste lo revisó después de 1930. Uno de ellos —la *pertenencia*—, por su reconocimiento de un principio organizacional, fue una concesión a los psicólogos de la Gestalt. Según este principio, una conexión entre dos unidades o ideas se establece con más prontitud si el sujeto las percibe en el sentido de que se corresponden entre sí o se dan juntas. Por ejemplo, si la persona escucha una serie repetitiva de oraciones como: "Juan es un carnicero, Luis es un carpintero, Carlos es un doctor", etc., la asociación "carnicero-Juan" es mucho más poderosa que "carnicero-Luis", a pesar de que "carnicero" ocurra más cercano en el tiempo a "Luis" que a "Juan". Obviamente, la persona percibe, agrupa y repite la corriente de palabras como construcciones de sujeto y predicado; su conocimiento de la sintaxis agrupa los vocablos

lo que dijo; esto es, el suceso *E-R*. Si recuerda *"libro-equivocado"*, entonces no repetirá la conexión *"libro-1"* (como muestran los datos de Tilton que aparecen en la figura 2.3). Si la persona olvida el *equivocado* para *libro*, podría recordar incorrectamente, como un error de generalización, "posición serial 6 → *correcto*", porque ésta es muy similar a la posición serial 5. Si tal generalización o confusión se produce entre posiciones seriales adyacentes, la dispersión del efecto daría lugar a un factor de *ejecución* (en vez de un factor de aprendizaje, como Thorndike había interpretado). En esencia, esto equivale a una estrategia de "repita conexiones *E-R* que usted recuerde haber efectuado en un contexto que se aproximaba al de la posición serial 5".

Esta hipótesis de generalización de posición acerca de la propagación tiene diversas implicaciones. Primero, si en el ensayo 2 a los sujetos se les pide que recuerden la respuesta dada en el ensayo 1, *y* si ésta se consignaba como *correcto* o *equivocado*, la probabilidad de recordar la respuesta anterior es independiente de qué efecto siguió (*correcto o equivocado*); sin embargo, hay una generalización de la propagación al recordar consecuencias, como el hecho de que los pares calificados como *equivocado* pero en proximidad a un par al que se le adjudicó *correcto*, posiblemente se recuerde después como *correcto;* lo contrario sucede con un par calificado como *equivocado* rodeado de pares denominados *correcto* (veáse Nuttin, 1949, 1953). Esto es exactamente lo que cabría esperar de acuerdo con la teoría de la generalización.

Además, la magnitud de la propagación del efecto se reduce notablemente si los estímulos que se presentaron en el ensayo 2 tienen un orden serial nuevo y desigual. Zirkle (1946) descubrió que la propagación del efecto se elimina al mezclar los elementos de la lista de prueba; la tendencia a dar una *R* a un *E* que ha aparecido cerca de una conexión *"E-R correcto"* no se incrementa a no ser que el *E* se repita en la misma posición serial o en una cercana, como ocurrió en el ensayo 1.

En el ejemplo anterior se emplea una lista breve y se adopta un patrón fortuito de asociaciones para explicar la propagación del efecto; con listas extensas estos factores tendrán menos efectos. Pero debe comprenderse que la propagación del efecto era, en el mejor de los casos, pequeña (véanse nuevamente las figuras 2.3 y 2.4). Así, la atracción de un tema teórico crítico queda ilustrada por el gran esfuerzo experimental que intervino para decidir la "realidad" de este efecto.

Pertenencia

Además de las revisiones de las leyes del ejercicio y el efecto, varios términos nuevos entraron en el sistema teórico de Thorndike cuando éste lo revisó después de 1930. Uno de ellos —la *pertenencia*—, por su reconocimiento de un principio organizacional, fue una concesión a los psicólogos de la Gestalt. Según este principio, una conexión entre dos unidades o ideas se establece con más prontitud si el sujeto las percibe en el sentido dé que se corresponden entre sí o se dan juntas. Por ejemplo, si la persona escucha una serie repetitiva de oraciones como: "Juan es un carnicero, Luis es un carpintero, Carlos es un doctor", etc., la asociación "carnicero-Juan" es mucho más poderosa que "carnicero-Luis", a pesar de que "carnicero" ocurra más cercano en el tiempo a "Luis" que a "Juan". Obviamente, la persona percibe, agrupa y repite la corriente de palabras como construcciones de sujeto y predicado; su conocimiento de la sintaxis agrupa los vocablos

de una forma distinta de la que corresponde a su contigüidad temporal, y asigna el predicado de una oración al sujeto de la misma en lugar de adjudicarlo a la siguiente. Hay cientos de ejemplos del funcionamiento de este principio que ilustran la manera en que algunas variables perceptuales (como la proximidad temporal o espacial) determinan qué unidades se repetirán y se percibirán juntas y, en consecuencia, cuáles se conectarán. Thorndike reconocía este factor de pertenencia pero no fue muy explícito en torno a la forma en que el mismo se ubicaría en su sistema mecanicista.

Otra aplicación de la pertenencia que Thorndike reconocía era que la respuesta o castigo que sigue a un suceso de estímulo y respuesta debería percibirse como "perteneciente" a ese evento *E-R*, o que la persona la interpretara como si estuviese relacionado con su respuesta. Por ejemplo, si durante el aprendizaje de una asociación pareada el sujeto de pronto recibiera del experimentador una gran retribución acompañada de una observación poco pertinente como: "éste es el salario que iba a pagarle"; o si el sujeto sufriera una descarga eléctrica y el investigador le dijera: "oh, perdón, fue una falla de mi equipo", esas recompensas o castigos no se considerarían *contingentes* a la respuesta de la persona. Por lo tanto, la respuesta que antecede a tal efecto secundario sin pertenencia no tendrá grandes alteraciones en su conexión asociativa debido a esa experiencia. Evidentemente, estos efectos de pertenencia se relacionan con la forma en que el sujeto percibe o agrupa unidades que han de repetirse como una unidad de asociación.

Polaridad asociativa

Aunque el principio de la pertenencia puede interpretarse como una especie de concesión, el principio de la *polaridad* retaba a los principios de la Gestalt (1932*a*, pág. 158). El principio de la polaridad, de Thorndike, estipulaba que las conexiones actúan con más facilidad en la dirección en la cual se formaron que en el sentido opuesto. Si aprendemos determinado vocabulario alemán sujetándonos a prueba siempre en la dirección alemán-español, es probable que fracasemos en la dirección español-alemán. El principio de la polaridad, de Thorndike, establece que las asociaciones pueden ser unidireccionales entre dos términos en vez de ser necesariamente bidireccionales. Comparaba este principio con el de la *simetría asociativa* (que atribuía a la teoría de la Gestalt), según el cual un par de elementos conectados forman un nuevo todo o unidad. De acuerdo con esta premisa, como la clave de recuerdo revive la huella completa, no tiene sentido decir que puede existir una asociación en una dirección pero no en la otra.

El problema de la simetría asociativa es aún actual entre los investigadores contemporáneos del aprendizaje humano. Al parecer, su resolución depende de: *a)* la modalidad de repetición del sujeto; Merryman (1969) demostró que se les puede inducir a repetir pares asociados de tal modo que formen asociaciones fundamentalmente unidireccionales o bidireccionales, lo cual depende de lo que tales sujetos piensen acerca de la manera en que usarán sus conocimientos del par durante los ensayos de prueba; y *b)* la *disponibilidad* de dos unidades como respuestas recordables (Horowitz *et al.*, 1966). Si nos aseguramos de la familiaridad de una persona con cada unidad, y específicamente de su habilidad para recordar la unidad por sí sola, cuando se le dé el otro miembro clave del par asociado, su recuerdo de esa unidad será notoria. Al tener en cuenta los métodos de repetición normal de

los sujetos, los dos elementos del par tenderían a mostrar la simetría asociativa según el grado en que ambas unidades fueran igualmente asequibles como respuestas *per se*. Por ejemplo, en nuestra ilustración del alemán y el español la persona de habla española estará más familiarizada con la palabra perteneciente a su idioma que con la alemana, y por ello su recuerdo en las dos direcciones parece asimétrico. Sin embargo, según Horowitz y colaboradores (1966) esto sólo se debe a la diferente disponibilidad de las palabras correspondientes a cada una de esas dos lenguas.

Identificabilidad del estímulo

En todos sus escritos teóricos, Thorndike siguió identificando factores significativos en el aprendizaje e informando de nuevos experimentos que demostraban la importancia de los mismos. Dos factores que vale la pena mencionar son sus nociones de *identificabilidad del estímulo* y *disponibilidad de la respuesta*, ya que ambas se relacionan estrechamente con los estudios contemporáneos. El principio de identificabilidad consiste en que una situación se conecta con facilidad a una respuesta al grado de que la situación es identificable, distinta y distinguible de otras en una serie de aprendizaje. Thorndike reconoce aquí el tema de la discriminación del estímulo, o aprendizaje perceptual, que desempeña un papel fundamental en las subsecuentes teorías del aprendizaje por asociación. Se refiere a la identificación del estímulo en los siguientes términos:

> El aprendizaje como un todo incluye cambios en la identificabilidad de las situaciones, así como en las conexiones que llevan de ellas a las respuestas. ... Los elementos de las situaciones que resultan difíciles de identificar porque constituyen cualidades o características ocultas se analizan en relieve, y se vuelven identificables al hacer que la atención se dirija específicamente a ellas, y mediante la acción de concomitantes y contrastes variables (1931, págs. 88-89).

Thorndike admitía así la importancia del reconocimiento del estímulo en la formación de asociaciones; también describía los medios típicos a partir de los cuales se abstrae la característica distintiva relevante de una serie de patrones complejos de estímulo; es decir, mediante la variación de las características irrelevantes y al contrastar las apariencias de la característica de relevancia a lo largo de muchos ensayos. Ciertamente, estas ideas tienen un matiz muy moderno.

Disponibilidad de la respuesta

> Considérese ahora el principio de la disponibilidad como el tener a mano la respuesta, lo cual significa que si todo lo demás permanece constante, las conexiones son fáciles de formar de acuerdo con el grado de disponibilidad de la respuesta a su evocación, de modo que la persona puede tenerla o darla a voluntad (1931, pág. 89).

El tipo de distinción que Thorndike tenía en mente era que algunas respuestas se sobreaprenden como actos familiares (por ejemplo, tocarnos la nariz o los dedos de los pies) que se ejecutan con prontitud si se ordenan, mientras que los movimientos que requieren de una habilidad más perfeccionada (por ejemplo, trazar

una línea de 10 centímetros en contraposición a una de 7 centímetros teniendo los ojos vendados) tal vez no se recuerden con tanta facilidad. En este punto, Thorndike reconocía lo que ahora denominamos *diferenciación de respuesta:* la facilidad con la cual una persona distingue dos o más respuestas que han de parearse con los estímulos correspondientes. Las expresiones *disponibilidad de respuesta* o *aprendizaje de respuesta* se utilizaron en la bibliografía posterior para referirse a la adquisición de una cadena compleja de elementos; por ejemplo decir la secuencia "*HXDFR*" a una señal particular, o escribir la palabra alemana *aufgang* como el equivalente de "salida" en español.

THORNDIKE Y ALGUNOS TEMAS CONTEMPORÁNEOS

Para observar en perspectiva la contribución de Thorndike es útil examinar dos tendencias contemporáneas de la investigación relacionadas específicamente con las posiciones de este autor. Consideraremos algunas interpretaciones modernas de la ley del efecto en cuanto a su aplicación al aprendizaje humano, y el tema del aprendizaje sin "darse cuenta". Las opiniones de Thorndike acerca de estos temas estimularon muchas teorizaciones y experimentaciones sistemáticas. En nuestra opinión, el tiempo y el curso que tomó la evidencia científica no fueron favorables a las posiciones iniciales de Thorndike; sin embargo, aunque teóricos posteriores hayan discrepado en lo que toca a sus premisas, debe reconocerse que en el mundo de la ciencia la crítica es la forma más elevada de lisonja. Raras veces las teorías insignificantes suscitan controversias: sencillamente se las ignora y se les deja morir en la oscuridad.

Hipótesis recientes acerca del efecto en el aprendizaje humano

Aunque en reiteradas ocasiones Thorndike demostró el papel de los efectos secundarios sobre el aprendizaje humano, no fue bastante afortunado como para calar más hondo y explicar de qué forma la recompensa ejerce una influencia de fortalecimiento sobre una conexión *E-R*. Por temperamento se oponía a la idea de que el sujeto "meditara" sus pasadas experiencias de recompensa *E-R*, y decidiera de modo consciente cómo responder a esa situación en el ensayo siguiente. Para el gusto de Thorndike, ese enfoque tenía un tinte muy evidente de especulación no científica.

Sorprendentemente, las hipótesis acerca de las recompensas en el aprendizaje humano que hoy parecen estar más en consonancia con los hechos, fueron formuladas con claridad por el mismo Thorndike. Sin embargo, él las rechazó mediante argumentos que, vistos en retrospectiva, parecen falaces. A estas interpretaciones alternativas acerca de por qué los efectos secundarios fortalecen las conexiones *E-R*, Thorndike las llamó *hipótesis de repetición e hipótesis ideacional* (o *informativa*). La hipótesis de la repetición se formuló en estos términos:

> La otra doctrina o hipótesis a considerar es que cuando a una cierta conexión sigue un satisfactor, el individuo interesado *repite la conexión* o algo más o menos equivalente. Así fortalece él mismo las conexiones correctas mediante la repetición. Sencillamente, puede

descartar las conexiones equivocadas, o tal vez fortalezca sus negativas como si se dijera: *cuatro líneas cruzadas; no girar la cabeza a la izquierda* (1931, pág. 51).

La actual investigación acerca del aprendizaje humano brinda un gran apoyo a esta hipótesis de la repetición diferencial, especialmente en situaciones de aprendizaje en las cuales al sujeto se le presentan muchos elementos por aprender, y que varían en importancia o en valor. Por ejemplo, a la persona se le podría presentar un cierto número de pares asociados para su estudio, y decirle cuánto dinero recibiría por cada uno si los recuerda en una prueba posterior en la que se le presente uno de los reactivos. En tal situación, el recuerdo varía en proporción directa con el salario esperado por recordar cierto elemento. Sin embargo, al parecer esto se debe en gran parte a un mayor tiempo de repetición que el sujeto asigna a los reactivos de remuneración elevada, en detrimento de aquellos mal pagados (Atkinson y Wickens, 1971). Si la persona ejerce un control estratégico sobre qué elementos entran en —o se suprimen de— un pequeño conjunto de reactivos que pasan por la repetición activa a medida que la lista de pares se presenta serialmente, entonces los reactivos de retribución elevada tienen prioridad para permanecer en el conjunto de repetición activa. Se dice que esta repetición es la variable causal que promueve el mejor aprendizaje de los reactivos de valor elevado. Así, el volumen de la recompensa no influiría directamente sobre el aprendizaje sino que lo haría a través de la instigación de más o menos repetición de reactivos de acuerdo con el valor que se les asigna.

Se ha encontrado un efecto similar para la memoria de reconocimiento simple de pinturas aisladas (escenas naturalistas). Éstas se presentaron como pares de estudio, en los cuales cada uno de dichos cuadros tenía asignado diferente valor monetario (Loftus, 1972). Por ejemplo, en cierto par de cuadros la pintura de la izquierda podía valer 9 puntos y 3 la de la derecha; éstos eran los puntos a ganar si el sujeto reconocía más tarde este cuadro en un conjunto de pinturas similares. Como era de esperar, en una prueba de reconocimiento Loftus descubrió que los cuadros de mayor valor se recordaban mejor que los de valor inferior. Por otra parte, los registros de los correspondientes movimientos oculares a medida que el sujeto estudiaba el par de cuadros durante 3 segundos arrojaron interesantes datos. La variable significativa resultó ser el número de fijaciones de la vista en un cuadro dado.

La memoria de reconocimiento posterior aumentaba directamente en relación con el número de fijaciones de la mirada sobre el mismo cuadro durante el ensayo de estudio. En promedio, las pinturas de valor recibían más fijaciones oculares. Sin embargo, una vez que el número de fijaciones de la mirada se mantenía constante, no había ningún efecto residual notable sobre la memoria del valor monetario, en otras palabras: para todos los cuadros que recibían, por ejemplo, seis fijaciones de la mirada, la memoria de reconocimiento posterior de la persona era igualmente buena, con independencia de cuántos puntos valía esa pintura. La conclusión es que el valor monetario afecta a la memoria sólo por la intermediación de la cantidad de procesamiento visual del cuadro. Este fenómeno es análogo al de la repetición de materiales verbales.

Así, las recompensas (previstas o entregadas) indudablemente actúan sobre el aprendizaje humano al promover una exposición diferencial y una repetición de las conexiones a aprender. Desde luego, Thorndike no lo negaba:

Tal fortalecimiento por repetición ocurre, por supuesto, en muchos actos de aprendizaje. Todos debemos admitirlo. La cuestión estriba en saber si es el método *esencial* y general mediante el cual los satisfactores y las molestias que siguen a las conexiones las fortalecen o las debilitan, o si sólo se trata de un procedimiento accesorio u ocasional (1931, pág. 51).

A partir de la consideración de diversos experimentos, en los cuales las recompensas tenían los usuales efectos positivos pero impedían que el sujeto ejecutara una gran repetición consciente después de la recompensa, Thorndike concluyó que la repetición diferencial no era un aspecto *esencial* o necesario para determinar la influencia de las recompensas. En este punto debemos coincidir con él: percibimos efectos de la recompensa incluso cuando se impide la repetición diferencial, aunque el *permitirla magnifica* los efectos observados. El problema restante se refiere a cómo interpretar tales efectos de la recompensa, aquellos que se encuentran cuando la repetición se reduce al mínimo o se iguala entre las condiciones. A continuación examinaremos la hipótesis de la información.

La hipótesis de la información y los efectos secundarios

La información de Thorndike presuponía que los satisfactores actúan directamente para fortalecer las conexiones *E-R* a las cuales siguen. La alternativa principal a la hipótesis de Thorndike supone que los eventos en la secuencia estímulo-respuesta-consecuencia pueden recordarse en virtud de que ocurren juntos (con "pertenencia"), y que la *memoria* que la persona tiene de la consecuencia recompensada o castigada hace que el siguiente ensayo ejecute la misma respuesta o la altere según quiera o no la misma consecuencia. Este punto de vista expuesto a grandes rasgos en la sección anterior en ocasión de examinar la propagación del efecto fue definido por Buchwald (1967, 1969) y por Estes (1969*a*). Como lo demuestran las siguientes líneas, Thorndike ya lo había considerado:

La primera de estas teorías declara que [los efectos secundarios influyen en las conexiones] al recordar ideas propias o equivalentes. Por ejemplo, en nuestros experimentos relacionados con la elección del significado correcto de una palabra (en el aprendizaje de un vocabulario extranjero), la persona tenía estas experiencias: veía la palabra *A*, respuesta 1, y escuchaba "equivocado"; miraba la palabra *A*, respuesta 2, y escuchaba "equivocado"; veía la palabra *A*, respuesta 3, y escuchaba "correcto". La siguiente vez que viera la palabra *A*, cualquier tendencia a dar las respuestas 1 o 2 evocaría en su mente alguna imagen, memoria o equivalente ideacional de "equivocado", mientras que cualquier propensión a dar la respuesta 3 evocaría alguna imagen, memoria o equivalente ideacional de "correcto". Diría, además, que tales recuerdos o ideas de "equivocado" asociados con una tendencia deben *inhibirla*, y que tales recuerdos e ideas de "correcto" asociados con una tendencia deben *alentar* su acción y, por lo tanto, preservarla y fortalecerla.

Del mismo modo esta teoría ... explicaría el aprendizaje de un gato [en un laberinto en *forma* de *T*], que termina por evitar la salida *S* en la cual recibe una ligera descarga eléctrica, y favorece la salida *F* que conduce a la comida, mediante la suposición de que la tendencia a aproximarse y a entrar en *S* evoca en la mente del gato alguna imagen o idea de la dolorosa descarga, mientras que la propensión a acercarse y a entrar en *F* evoca alguna representación del alimento, y que tales representaciones verifican y favorecen, respectivamente, estas tendencias (1931, págs. 47-48).

El primer párrafo de esta cita abarca los aspectos esenciales de la actual teoría de Estes-Buchwald acerca de la manera en que opera la recompensa en el aprendizaje humano; el segundo contiene la hipótesis a la que Kenneth Spence y Clark Hull se suscribieron en sus últimos escritos (véase capítulo 5), según la cual las respuestas se seleccionan por la expectativa de recompensas o castigos que traen como consecuencia.

Una vez formulada esta teoría ideacional de los efectos secundarios, Thorndike la rechazó con base en tres argumentos que, vistos desde la perspectiva actual, parecen inadecuados. Primero afirmó que sus sujetos raras veces informan introspectivamente haber recordado las menciones de *correcto* o de *equivocado* que hacía el experimentador en los ensayos anteriores. Pero es probable que Thorndike no hubiera recabado datos sistemáticos acerca de tales cuestiones, y se basara sólo en informes de voluntarios, a menudo poco confiables. Experimentos más recientes en los cuales se les pide a los sujetos que recuerden primordialmente las consecuencias, así como que den respuestas correctas, han comprobado un recuerdo apreciable de las consecuencias (Allen y Estes, 1972).

En segundo lugar, Thorndike argumentaba que algunos movimientos aprendidos y especializados ocurren con tanta rapidez que sencillamente no habría bastante tiempo para evocar una imagen de la consecuencia antes de activar la respuesta (por ejemplo, un boxeador que propina un golpe corto con la izquierda a través de una apertura momentánea en la defensa de su contrincante). Sin embargo, la crítica no se sostiene si la teoría alternativa proporciona conexiones directas *E-R* que puedan activarse directamente al hacer un cortocircuito en la intervención deliberada usual de los recuerdos *E-C*. La teoría de Estes tiene exactamente esa opción de cortocircuito disponible para manejar la ejecución de alta velocidad de los *E-R* habituales. En tercer término, Thorndike sostenía que la teoría ideacional esperaba efectos simétricos de *correcto* versus *equivocado*, ya que cada uno de éstos constituía sólo un "estímulo informativo", mientras que el autor había descubierto que *equivocado* parecía tener un efecto mucho menor para debilitar las conexiones, que el que *correcto* poseía para fortalecerlas. Pero la conclusión de Thorndike puede ser errónea: generalmente usaba una línea base inadecuada para computar los efectos de repetición (la línea base apropiada es la probabilidad de repetición cuando la respuesta inicial del sujeto no va seguida de *correcto* ni de *equivocado*). Cuando se utilizaba la línea base adecuada los efectos de *correcto* y *equivocado* parecían más simétricos (véanse los resultados que obtuvo Tilton en las figuras 2.3 y 2.4).

Después de haber examinado las críticas de Thorndike a la hipótesis informativa, veremos a grandes rasgos algunos experimentos relacionados con el aprendizaje humano que al parecer apoyan dicha hipótesis, y que contradicen la interpretación de Thorndike.

Experimento de información demorada, de Buchwald

En un ingenioso experimento, Buchwald (1967) comprobó una significativa diferencia entre el satisfactor y las teorías de información de la recompensa. Considérese el experimento estándar de dos ensayos, de Thorndike, en el cual se presentan palabras y el sujeto acierta números, como vimos en la tabla 2.1. Algunos sujetos de Buchwald recibían una retroalimentación inmediata de *correcto* o *equivocado* después de cada evento *E-R* en el ensayo 1. Sin embargo, con otros sujetos

se usó un procedimiento novedoso: en el ensayo 1 conjeturaban acerca de cada palabra estímulo, y en ese momento no se les mencionaba *correcto* ni *equivocado*. Pero en la prueba del ensayo 2 que se llevaba a cabo algunos minutos después, cuando se les mostraba una palabra estímulo se les decía: "La respuesta que usted dio a esta palabra en el ensayo anterior era *correcta* (o *equivocada*)". Entonces, los sujetos respondían en el ensayo 2. A este procedimiento se le conoce como condición de información demorada.

De acuerdo con el análisis de Thorndike, se espera que los sujetos que reciben retroalimentación inmediata por su respuesta en el ensayo 1 muestren mayores cambios en la probabilidad de respuesta que aquellos que reciben información muy demorada. Según Thorndike, el satisfactor o la molestia debía ocurrir justo después de la conexión *E-R* para influir sobre su fuerza. Pero el análisis de Buchwald-Estes predice el resultado opuesto: los sujetos que reciben información demorada deben mostrar mayores cambios en las probabilidades de repetición de la respuesta —puesto que se les dice *correcto* o *equivocado*—, que quienes reciben retroalimentación inmediata.

Para entender este razonamiento, considérese un caso en que la palabra estímulo es *cielo*. La respuesta del sujeto es 4 e inmediatamente el experimentador dice *equivocado*. Las posibles asociaciones formadas aquí son *cielo*-4, *cielo-equivocado* y 4-*equivocado* (esta última es inútil, ya que con el número generalmente elevado de reactivos cualquier respuesta específica como "4" a menudo sería correcta o equivocada). En el ensayo siguiente, a fin de mostrar un efecto de *equivocado* para reducir la repetición de *cielo*-4, la persona tuvo que recordar *cielo*-4 y cielo-equivocado, y usar esta última para evitar dar la respuesta 4 a *cielo*. Conforme el grado en que el sujeto bajo la condición de retroalimentación inmediata olvide la asociación *cielo-equivocado*, repetirá *cielo*-4 según la probabilidad de la línea base. Consideremos ahora un caso con información demorada: el sujeto recuerda que dijo 4 para *cielo* en el ensayo 1 y, antes de que responda en el ensayo 2 se le dice que su respuesta anterior era equivocada. Por consiguiente, puede inhibir la respuesta 4 para *cielo*. Es claro que el sujeto de información demorada sólo requiere recordar su asociación anterior *E-R* para inhibir esa *R*, mientras que el sujeto en la condición de retroalimentación inmediata necesita recordar tanto su asociación anterior *E-R* como la asociación *E-C* del ensayo anterior para inhibir la respuesta a ese estímulo. Como deben recordar más a fin de rechazar 4 para *cielo* en el segundo ensayo, se espera que los sujetos con retroalimentación inmediata muestren menos efectos por *correcto-equivocado* que los sujetos con información demorada.

Los resultados del experimento de Buchwald (1967) y de una réplica (Estes, 1969*a*) confirmaron las predicciones del análisis informativo: la repetición de la respuesta del ensayo 1 se incrementaba para la condición *correcto*-demorado, más que para la condición *correcto*-inmediato, mientras que la repetición se reducía más para la condición *equivocado*-demorado que para la *equivocado*-inmediato. La conclusión conduce a una fuerte confirmación de la hipótesis de la información, contraria a la interpretación que Thorndike efectúa acerca de los satisfactores en el sentido de que se graban directamente en las conexiones *E-R* a las que siguen.

El experimento de "nunca-correcto", de Estes

En el experimento típico de aprendizaje por ensayo y error, los eventos de estí-

mulo, respuesta y recompensa por lo general ocurren de forma simultánea; así, el aprendizaje de la unidad *E-R* y el de la unidad *E-R-C* se entremezclan intrincadamente. Estes ideó una situación "en la cual el sujeto podía aprender relaciones entre combinaciones de estímulo y respuesta y valores de recompensa sin ninguna posibilidad de efecto directo de fortalecimiento del último sobre el primero" (Estes, 1969*a*, pág. 75). En este experimento, a los sujetos se les muestran ocho pares de sílabas sin sentido en ensayos repetidos; dentro de cada par, una sílaba (de la *i* a la *p*, en la tabla 2.2) tiene un valor de cero, mientras la otra (de la *a* a la *h*) vale un cierto número de puntos (1, 2, 3, 4) si es elegida. Las diversas asignaciones se muestran en la tabla 2.2, donde las sílabas se representan con letras del alfabeto. Las sílabas *e* hasta *p* se entienden con facilidad; están pareadas de modo uniforme con 1, 2, 3, 4, o cero puntos, respectivamente, como se indica en la tabla. Ahora bien, para ganar el número indicado de puntos de recompensa el sujeto tiene que seleccionar primero la sílaba correcta (en contraste con la opción de cero puntos en cada par), e indicar de forma correcta cuántos puntos vale la sílaba elegida. Por ejemplo, en un ensayo típico, la sílaba *f* (con valor de 2 puntos) se presenta junto con la sílaba *n* (valor de cero puntos); la persona puede recibir dos puntos sólo si escoge *f* y señala que ésta vale los dos puntos; cualquier otra secuencia (por ejemplo, *f* y mencionar que vale tres puntos) se castiga al no asignarle ningún punto. El valor correcto de la sílaba elegida siempre se muestra al final del ensayo. Es obvio que este procedimiento induce al sujeto a aprender la retribución asociada con cada sílaba.

Junto con estas sílabas de retribuciones uniformes, otros cuatro estímulos, *a*, *b*, *c* y *d*, tienen dos diferentes valores de puntuación asociados, como se indica en la tabla 2.2. Para los estímulos "aleatorios" *a* y *b*, el experimentador decidía con antelación decir uno u otro valor en una parte de los ensayos escogida al azar, independientemente de los aciertos del sujeto; en promedio, una vez que el sujeto aprendiera los dos valores asociados con las sílabas *a* y *b*, recibiría recompensas la mitad de las veces.

Los reactivos críticos son los nunca correctos, *c* y *d*, a los cuales se les asigna también dos diferentes valores de puntuación. Por ejemplo, en una tarjeta de

TABLA 2.2. Diseño del experimento de "nunca correcto". Las letras representan distintas sílabas sin sentido, y los dígitos representan los puntos monetarios asignados (tomada de Estes, 1969a).

Estímulo	*Valor asignado*	*Condición de información*	*Recompensa en correcto*
a	1,2	Aleatorio	1,2
b	3,4	Aleatorio	3,4
c	1,2	Nunca correcto	0
d	3,4	Nunca correcto	0
e	1	Uniforme	1
f	2	Uniforme	2
g	3	Uniforme	3
h	4	Uniforme	4
i, j, . . ., p	0	Uniforme	0

prueba *c* contra *k*, si el sujeto escoge *c* y acierta cualquier valor distinto de 1 o 2, no recibe puntos, y un valor de 1 o 2 se indica aleatoriamente como el valor correcto del ensayo. Pero si el sujeto escoge *c* y acierta 1 punto, se dice que los puntos asignados en ese ensayo son 2; si el sujeto hubiese adjudicado 2 puntos a *c*, el experimentador habría dicho que 1 era el valor correcto para ese ensayo. En cualquier caso, el sujeto no recibía recompensa en los ensayos al escoger *c* o *d;* sólo se le había hecho pensar que *c* y *d*, eran sílabas "valiosas" (en comparación con las sílabas cero-uniformes), y que no había tenido suerte en acertar el valor correcto en estos ensayos particulares de entrenamiento.

Se recordará que este procedimiento no ortodoxo se usó para evitar la usual confusión entre el aprendizaje de información acerca de qué consecuencias siguen a eventos dados *E-R*, y el efecto de fortalecimiento de esa consecuencia sobre la conexión *E-R*. Los eventos que rodean a la elección que el sujeto efectúa de los reactivos nunca correctos le proporcionan información acerca de posibles magnitudes de recompensa, pero nunca le dan la "satisfacción" de recibirla.

Se entrenó a los sujetos en esta lista de 8 reactivos hasta que concluyeron dos ensayos dedicados a escoger la sílaba correcta de cada par y anticipar su valor (o uno de sus dos valores). Un primer resultado que vale la pena señalar es que la tasa de aprendizaje (escoger la sílaba correcta) era la misma para las condiciones aleatoria y de nunca-correcto. Así la "satisfacción" de obtener puntos por la elección realizada no daba lugar a un aprendizaje más rápido de esa elección que el recibir información acerca de cuántos puntos se hubieran logrado en caso de haber acertado. Los resultados más críticos provienen de una serie de ensayos de prueba, en los cuales las sílabas empleadas en el entrenamiento se volvían a combinar en varios conjuntos de elección; se utilizaron los mismos puntos asignados, con la diferencia de que no se mostraban durante las series de prueba. A la persona se le indicaba que escogiera de modo de elevar al máximo los puntos a ganar, que se le adjudicarán *al final* de la serie de prueba. La variedad de los diferentes pares de prueba puede observarse en la tabla 2.3 junto con el porcentaje en una elección directa de par. La entrada marginal da la proporción promedio de tiempo en la cual se escogía el estímulo en juego sobre todos los elementos competidores con los que estaba apareado.

La teoría de la información presupone que los sujetos seleccionan aquella opción que esperan conduzca a la mayor recompensa, lo que se mantiene con claridad para los reactivos uniformes (véanse las entradas marginales en la última columna); la frecuencia con que se escoge un reactivo (*e* hasta *h*) se incrementa en relación directa con el pago asignado. Incluso los reactivos aleatorios parecen decrecer (en valor escogido) aproximadamente en el promedio de los valores de los reactivos uniformes correspondientes.

Los datos significativos para la teoría de la información se refieren a la manera en que se tratan los reactivos nunca correctos —*c* y *d*— durante las series de prueba. El resultado importante es que al parecer los reactivos nunca correctos se comportan casi de la misma forma que los reactivos aleatoriamente recompensados con los mismos valores de puntuación. Por ejemplo, *A* (3, 4) y *NC* (3, 4) tienen casi la misma primacía media, ninguno se prefiere más que el otro (véase el 0.56 de la hilera 4, columna 2, donde 0.50 indicaría igualdad de predilección para las dos opciones). Se prefiere *NC* (1, 2) más que *U*, pero *NC* (3, 4) supera a *NC* (1, 2) casi en el primer grado que *A* (3, 4) supera a *A* (1, 2). Por último, al promediar las dos

TABLA 2.3. Proporciones de elección de estímulos de hilera sobre estímulos de columna en el experimento de "nunca correcto". Las entradas simétricas cerca de la diagonal principal suman 1.00. *A* se refiere a la retribución aleatoria. *U* a la retribución uniforme, y *NC* a reactivos nunca correctos (tomada de Estes, 1969*a*).

Estímulo	*Condición de recompensa*	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*Promedio*
a	*A* (1,2)	—	0.02	0.61	0.05	0.85	0.19	0	0	0.25
b	*A* (3,4)	0.98	—	1.00	0.44	1.00	0.95	0.79	0.05	0.74
c	*NC* (1,2)	0.39	0	—	0.01	0.76	0.04	0	0	0.17
d	*NC* (3,4)	0.95	0.56	0.99	—	0.95	0.92	0.74	0.01	0.73
e	*U*1	0.15	0	0.24	0.05	—	0.04	0	0	0.07
f	*U*2	0.81	0.05	0.96	0.08	0.96	—	0	0.01	0.41
g	*U*3	1.00	0.21	1.00	0.26	1.00	1.00	—	0.02	0.64
h	*U*4	1.00	0.95	1.00	0.99	1.00	0.99	0.98	—	0.98

comparaciones de reactivos aleatorios con los nunca correctos, la preferencia media es sólo de 0.52 para las condiciones aleatorias. Así, en todos los aspectos los sujetos parecen tratar a estas dos clases de reactivos como equivalentes en valor o en atractivo.

Los datos de prueba que se presentan en la tabla 2.3 muestran que el valor de la recompensa es muy efectivo para producir diferencias sistemáticas en las respuestas seleccionadas; los sujetos eran muy sensibles a las variaciones relativamente pequeñas en tales valores de recompensa. Por lo tanto, la falta de una diferencia entre las condiciones aleatoria y la nunca correcta confiere mucha más credibilidad al análisis informacional de los efectos de recompensa. Para los reactivos en ambas condiciones, el sujeto tenía igualdad de oportunidades para asociar los mismos valores de recompensas con la elección de la sílaba. El único aspecto que difería en las dos condiciones es que para los reactivos nunca correctos, los sujetos en realidad nunca recibían el efecto secundario satisfactorio de alguna remuneración. Así, la noción de "satisfactores" no puede invocarse para explicar un fortalecimiento directo de la elección del sujeto de una sílaba nunca correcta. El aprendizaje ocurre y las recompensas esperadas tienen su apropiada función selectiva en la ejecución, todo ello sin la ayuda de ningún efecto secundario directo y satisfactorio de una conexión recompensada.

La conclusión del experimento reseñado, así como la que surge de otros estudios dirigidos por Estes (1969*a*) es que la interpretación informativa (o "ideacional") de la ley del efecto posee un consistente apoyo. El aprendizaje de las asociaciones *E-R*, *E-C* y *R-C* parece proceder independientemente de los valores de la consecuencia (*C*). El valor asignado a la consecuencia influye en ejecución; es decir, la expectativa de una consecuencia muy valiosa proporciona retroalimentación que intensifica la energía de una conexión *E-R*. La expectativa de no recompensa —o de castigo— para un estímulo proporciona retroalimentación inhibidora que bloquea o impide que la conexión *E-R* active la respuesta. Desde luego, una teoría así hace necesaria la existencia de algunas ideas acerca de qué tipo de consecuencias serán valiosas o cuál es la causa de que cambien sus valores relativos, depen-

diendo del estado del sujeto. Por lo general, estas cuestiones suelen estudiarse bajo el rubro de "motivación".

Aunque los datos que confirman la hipótesis de la información se han presentado sólo en experimentos relacionados con el aprendizaje verbal humano, se presume que puede aplicarse un análisis similar a los efectos de la recompensa y el castigo en experimentos de condicionamiento con animales (véase la cita anterior de *Thorndike*, en la *cual* se estipula la hipótesis ideacional). En realidad, muchas teorías del condicionamiento instrumental (operante) realizan este mismo análisis de los efectos de la recompensa (por ejemplo, Logan 1960; Mowrer, 1960; Spence, 1956). Supuestamente, la contigüidad de la experiencia (con "pertenencia") entre un estímulo y una respuesta basta para fortalecer la asociación entre ambos; las recompensas y los castigos influyen sobre la ejecución de la respuesta instrumental debido a que se les espera justo antes de la ocurrencia de la respuesta. Estas opiniones, a las que se ha llegado después de un cuidadoso examen de los datos experimentales, distinguen entre el aprendizaje (de una conexión *E-R*) y la ejecución: a grandes rasgos, entre *saber cómo* hacer algo y *hacerlo* en verdad.

En la época en que Thorndike trabajaba, esta distinción entre aprendizaje y ejecución no estaba totalmente establecida ni se consideraba como decisiva. Más adelante, Tolman (véase el capítulo 11) uno de los primeros teóricos importantes, adjudicó a la distinción entre el aprendizaje y la ejecución una posición central en las hipótesis acerca de la conducta aprendida.

¿Aprendizaje sin "darse cuenta"?

Abordaremos un aspecto final que proviene de las opiniones de Thorndike y todavía despierta la curiosidad de los experimentadores modernos. El tema se refiere a la supuesta acción "automática" de una recompensa o de un castigo que influye en la conexión *E-R* a la que siguen. Thorndike creía que los efectos secundarios ejercen su influencia de esta forma automática, que actúan para fortalecer la conducta independientemente de que el sujeto tenga o no conocimiento consciente de la contingencia entre su respuesta y la consecuencia recompensante. La teoría ideacional —o informativa— parece más compatible con la opinión contraria de que los sujetos aprenderían a esperar consecuencias recompensantes para una respuesta y, por ende, alterarían sus ejecuciones de acuerdo con tales expectativas.

Este tema se ha defendido más vigorosamente en los estudios del condicionamiento verbal. En un experimento típico, al sujeto se le pide que realice alguna tarea verbal, como la de asociación libre, mencionar palabras sencillas o construir oraciones (empleando uno de seis pronombres que el experimentador proporciona conjuntamente con una lista de verbos). Por lo común, se pretexta alguna circunstancia irrelevante para provocar la cooperación del sujeto; por ejemplo, se le dice que el experimentardor está registrando contornos de entonación en la producción de diferentes combinaciones fonéticas. El investigador monitorea las palabras pronunciadas durante un tiempo, a fin de establecer una tasa de línea base para las producciones de un tipo dado, y entonces comienza con discreción a asentir con un *bien* o un *sí*, que indican aprobación cuando el sujeto dice un tipo particular de palabra (por ejemplo, un sustantivo de cualquier clase en plural). Por lo general, durante este periodo se incrementa la tasa o la probabilidad de que el sujeto pro-

duzca ejemplos del tipo de respuesta recompensada. En algunos experimentos, la contingencia de recompensa puede terminarse por un periodo, durante el cual la tasa de respuesta disminuye hasta la tasa de línea base. Este experimento fundamental se ha realizado en múltiples ocasiones con diferentes tipos de respuesta, diversas clases y programación de reforzadores después de las respuestas críticas, y con variaciones en las instrucciones.

El procedimiento en tales experimentos, de habla con fluidez normal, categorías de respuesta mal definidas y recompensas sutiles, discretas y simbólicas, no conduce a niveles elevados de condicionamiento. En términos generales, al sujeto le resulta difícil aislar y ensayar los sucesos pertinentes *E-R-C*. Sin lugar a dudas, hay grandes diferencias individuales en la sensibilidad a las contingencias de reforzamiento; algunos sujetos se condicionan con mucha facilidad mientras que otros no lo hacen en absoluto. Resulta que este grado de condicionamiento se correlaciona muy bien con el "darse cuenta" del sujeto medido con sus autoinformes en un cuestionario administrado al concluir la sesión de condicionamiento. El cuestionario sondea el conocimiento que la persona tiene de lo que en verdad sucedía en el experimento: "¿Decía algo el experimentador? De ser así, ¿qué decía?; ¿cuándo?; ¿seleccionaba usted sus palabras de acuerdo con alguna regla determinada?; ¿cuál?; ¿por qué? ¿Notó que usted dijo ciertas palabras más que otras? Si es así, ¿por qué?, ¿le parecía a usted que el experimentador trataba de influir en lo que usted decía? De ser así, ¿cómo?" Estas preguntas varían desde vagas generalidades hasta especificidades y detalles; de igual manera, los experimentadores varían en el tipo y en el alcance de las preguntas.

Para ilustrar la forma en que el "darse cuenta" de la relación entre respuesta y recompensa se relaciona con el alcance del condicionamiento verbal, en la figura 2.5 se muestran resultados de un estudio de sustantivos en plural dirigido por DeNike y Spielberger (1963). Este grupo experimental se dividía con base en las respuestas dadas al cuestionario posexperimental aplicado a sujetos que se dieron cuenta y a los que no. En la figura los datos de los dos grupos se presentan en trazos por separado. Los sujetos del grupo control tan sólo producían palabras sin que el experimentador recompensara alguna respuesta, y mostraban una tasa base constante de producción de sustantivos en plural a lo largo del experimento.

El aspecto significativo es el nivel elevado de condicionamiento de los sujetos que se dieron cuenta en contraste con su virtual ausencia en aquellos que no lo hicieron; estos últimos no diferían de los sujetos de control no reforzados. Resultados de esta índole sugiren que los sujetos tratan de averiguar qué sucede en tales experimentos, y si pueden obtener la hipótesis correcta (es decir, inferir que el experimentador dice "bien" cuando ellos mencionan un sustantivo en plural), se "instruirán a sí mismos" para producir sustantivos en plural si quieren que el experimentador apruebe su elección. Dulany (1968) formula más detalladamente esta hipótesis volitiva; en un artículo crítico, Brewer (1974) argumenta de manera convincente que todos los resultados del condicionamiento humano se explican mediante dicha hipótesis volitiva.

La posición alternativa es que el aprendizaje humano *puede* ocurrir sin darse cuenta de las contingencias de reforzamiento, aunque tal vez no se trate de un cambio de ejecución tan notable como el producido por una autoinstrucción explícita para generar respuestas de una clase específica. Los que sustentan esta opinión, como Kanfer (1968), señalan la correlación casi perfecta entre los informes ver-

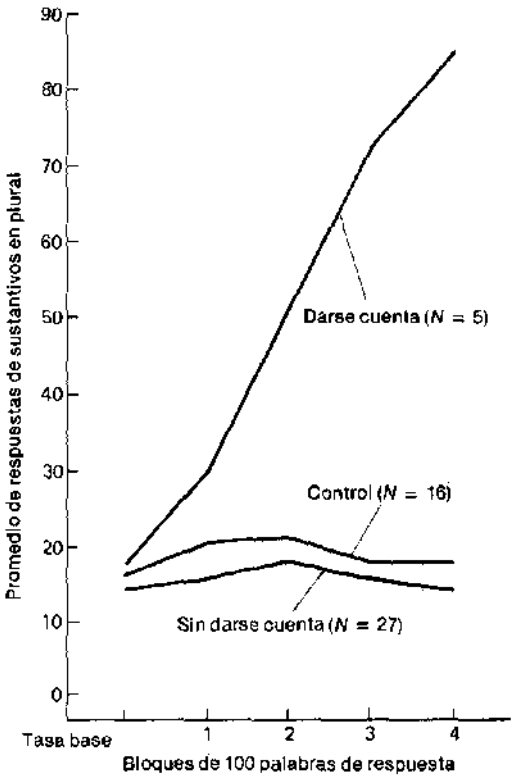


Figura 2.5. El papel del "darse cuenta" en la efectividad de los procedimientos de condicionamiento verbal. Los sujetos que se daban cuenta de que el experimentador asentía con un "bien" aumentaban su producción de sustantivos en plural. Otros que no se daban cuenta no mostraban cambio en la tasa, sino que se comportaban como los del grupo control (tomada de DeNike y Spielberger, 1963).

bales de quienes se dan cuenta y su nivel de condicionamiento, o destacan casos en los cuales las tasas críticas de respuesta cambian sin que en los autoinformes del sujeto aparezca un indicio de que éste se haya dado cuenta. Asumen la posición de que la respuesta primaria (como mencionar sustantivos en plural) y los informes verbales acerca de sí mismo han de considerarse como variables dependientes que se relacionan de modo funcional con un número de variables experimentales, y que el aprendizaje concurrente de los dos tipos de respuesta (mencionan sustantivos y describir las contingencias de recompensa) podrían proceder independientemente, aunque ambas se relacionarían con las mismas variables experimentales.

Un análisis más profundo revela que el paradigma del condicionamiento verbal no es adecuado para resolver el problema del darse cuenta y del aprendizaje, ya que la respuesta que normalmente habrá de influirse está bajo control "volitivo", y en tanto que la respuesta y sus consecuencias son elementos que el sujeto está en posibilidad de observar. El tema se examina de modo más simple a partir de estudios en los cuales las respuestas o sus efectos no pueden atribuirse al darse cuenta, por la sencilla razón de que la acción misma (o su consecuencia) no es observable. Las primeras condiciones se dispusieron en experimentos con sujetos humanos realizados por Hefferline y sus colaboradores (Hefferline y Kee-

nan, 1963; Hefferline *et al.*, 1959), y por Sasmor (1966). En estos estudios se demostró que las respuestas musculares muy pequeñas y no observables, como una tensión en un músculo del dedo pulgar que el experimentador detecta mediante amplificación electrónica, se modifican cuando se emiten para producir un reforzador positivo (una retribución monetaria) o a fin de evitar un estímulo nocivo (la postergación de un ruido aversivamente fuerte). La frecuencia de esta respuesta no percibida se incrementaba y disminuía de forma apropiada durante el condicionamiento y la extinción; sin embargo, ninguno de los sujetos podía identificar verbalmente la respuesta exacta de conducta que producía esos reforzadores. Los sujetos estaban siendo condicionados sin que pudieran establecer claramente qué es lo que hacían para provocar la aparición del reforzamiento.

Pero aún subsisten dificultades de interpretación. La hipótesis de la volición explica tales resultados al señalar que aunque los sujetos a menudo no aciertan al dar la respuesta que causa la presentación de la recompensa, con frecuencia han adquirido algunas *hipótesis correlacionadas* que los hace alterar el movimiento pertinente. Así los sujetos que participaron en los experimentos de la pequeña tensión del dedo pulgar podrían creer que las retribuciones se entregaban por levantar un poco los hombros, o imaginar que iban a escribir una carta; estas actividades originarían cambios correlacionados en la tensión en los músculos de la mano, que el experimentador registra como movimientos condicionados en miniatura.

Ahora parece evidente que las dos opiniones no son tan distintas. Una vez que nos enfrentamos a los problemas de medir el darse cuenta, de especificar detalladamente de qué forma los sujetos llegan a darse cuenta de (o a ser capaces de verbalizar) las contingencias de reforzamiento, de determinar con exactitud la manera en que la descripción que se hacen a sí mismos de las contingencias de reforzamiento conduce al control de sus respuestas evidentes; una vez que todos estos temas se hayan estudiado y explicado parecerá que el *E-R* automático y la interpretación volitiva son muy similares y que los diversos matices responden a distintos énfasis. Y esto no es extraño en la teoría psicológica. La cuestión de si las recompensas influyen de una "manera inconsciente y automática" resulta ser una pregunta de investigación bastante mal estructurada que ha generado muchos experimentos y relativamente poca luz. Desde luego, con este juicio no pretendemos denigrar el valor del paradigma del condicionamiento verbal como un posible modelo de la forma en que el reforzamiento opera en todos los tipos de situaciones sociales que implican conducta verbal, como las entrevistas laborales, las consultas psiquiátricas, las encuestas de opinión, las pruebas mentales o de personalidad, y las sesiones psicoterapéuticas (véase Krasner, 1962). Por ejemplo, los estudios que ilustran la manera en que un psicoterapeuta refuerza y castiga selectivamente las observaciones efectuadas por el paciente —aunque a menudo ocurran de forma inconsciente— son significativos al revelar variables efectivas en la influencia interpersonal y en el cambio de actitudes dentro de la psicoterapia.

Thorndike: un educador que amaba los hechos

Thorndike impartió clases en una escuela especializada en educación donde se capacitaba a profesores, y por ello constantemente se enfrentaba al reto de usar a la psicología para explicar con mayor eficacia los métodos y políticas educativas.

Era un científico empírico por temperamento que, desalentado por los vagos temas filosóficos que rodean a muchas prácticas educativas, siempre que le fue posible intentó presentar los temas de manera tal que permitieran tomar resoluciones basadas en los hechos. Por ejemplo, defendió las ideas de la medición educativa y de la clara enunciación de los objetivos educativos.

Thorndike imprimió un gran impulso al movimiento científico en el campo de la educación, al propugnar que las prácticas educativas se regularan de acuerdo con los resultados verificados en situaciones específicas. Su formidable estímulo dio lugar a una nutrida producción en áreas tan variadas como las escalas de escritura a mano, la redacción de diccionarios, los métodos para la enseñanza de la aritmética y de la ortografía, y las pruebas de inteligencia y orientación vocacional. Pero el secreto de su producción no residía sólo en la energía: provenía también de su concepción práctica de la ciencia, de la noción de que antes de intentar hacer algo en cualquier sentido, debemos saber específicamente qué es lo que buscamos.

El enfoque de la especificidad nos ayuda a disponer el ánimo para comenzar a trabajar. Considérense, por ejemplo, todas las complicaciones que aparecen en la enseñanza de la lectura. ¿Qué se le va a enseñar al niño? ¿filología?, ¿gramática?, ¿fonética? Thorndike propuso una respuesta simple: "palabras". Y a partir de esa respuesta procedió a contar la frecuencia con que cada palabra se presenta en muestras de textos en inglés, mediante la tabulación de millones de vocablos escritos en todo tipo de fuentes. Así obtuvo los más comunes. Indudablemente, éstos son los que deben comprenderse. Compiló listas y compuso diccionarios para facilitar la enseñanza de las palabras más necesarias. Una teoría de la especificidad como la de Thorndike le dice al educador dónde buscar y cómo medir en un campo *tan* desconcertante como el de las prácticas en el salón de clases.

El enfoque de la especificidad también es una fuente de desventajas, y ha sido objeto de los ataques más severos que sufriera Thorndike. La explicación anterior puede revelarnos los tipos de críticas que recibe: ¿está el lenguaje constituido sólo por palabras?; ¿son las palabras más frecuentes lo que en realidad deseamos enseñar? Tal vez debamos pensar en el lenguaje como un medio de expresión y, por lo tanto, equipar al niño con el mínimo conjunto de herramientas necesarias para una comunicación adecuada. Las posibilidades de este enfoque se han demostrado en el desarrollo del inglés básico, en el cual el vocabulario central de 850 palabras superá, sólo en parte a las palabras más frecuentes de Thorndike. El enfoque del inglés básico tiene en cuenta el carácter organizado del lenguaje como instrumento para transmitir significado. Thorndike, fiel a la tradición de la asociación, tendía a considerarlo como una colección de palabras, a la que intentó tratar cuantitativamente. Como lo hacían todos los psicólogos de la época —y continuaron haciéndolo algún tiempo después— Thorndike proporcionó sólo un análisis muy superficial e inadecuado de la adquisición del lenguaje y de su funcionamiento. Parte de la revolución en la lingüística y psicolingüística modernas consiste en la demostración de complejidades en el lenguaje que van más allá de los más audaces sueños (o pesadillas) de los psicólogos conductistas.

Los prejuicios objetivos y mecanicistas de Thorndike saturaron su concepción de las acciones de las recompensas y los castigos, y debilitaron un tanto su análisis de estos fenómenos. La noción de que la ley del efecto opera mecánicamente en todas las conexiones próximas a la recompensada sugiere que la recompensa afecta muchas actividades distintas de la deseada. Con la esperanza de demostrar que

la ley del efecto funcionaba de este módo, Thordike menospreció las relaciones internas entre el éxito y aquello que el individuo intenta hacer; pasó por alto el hecho de que la satisfacción depende mucho de los logros del aprendiz de acuerdo con su nivel de aspiración. Aunque se refirió al papel de las metas y de los intereses en el aprendizaje, Thorndike les asignó un estatus secundario; sus preocupaciones científicas lo alejaron de las relaciones internas entre el esfuerzo y el éxito hacia la relación externa de cualquier recompensa rutinaria que fortalezca una conexión que esté próxima a ella.

Las opiniones de Thorndike acerca del papel del aprendizaje por "comprensión o discernimiento" también han sido motivo de polémicas. Creía que la comprensión se desarrolla a partir de los hábitos más tempranos, y la mejor manera de programar a los aprendices para que disciernan acerca de un problema nuevo consiste en enseñarles diversas conexiones pertinentes al problema. Thorndike afirmaba que cuando las condiciones se comprenden al momento, esa comprensión se produce por asimilación, al responder a aquellos elementos que la nueva situación tiene en común con la antigua, donde los antiguos hábitos eran apropiados. Su subordinación del discernimiento y de la comprensión al adiestramiento y al hábito generó muchas controversias en la educación. Aunque pensaba que el discernimiento era muy raro en los animales (tal vez más de lo que en verdad es) no lo negó en los seres humanos. Esto no le causaba admiración, y consideraba que se podía comprender mejor mediante las mismas leyes de asociación que se aplican en otras situaciones. Así como las inferencias erróneas surgen debido a las asociaciones habituales que logran sacar a los aprendices de su curso, también los discernimientos del genio se hacen mediante las asociaciones y las analogías habituales apropiadas. En lo que toca a la reacción frente a las situaciones nuevas, Thorndike afirmaba:

> No hay una fórmula mágica mediante la cual la naturaleza del hombre actúe en un espasmo impredecible cuando se enfrenta a una situación nueva. Sus hábitos no se retiran entonces a una distancia conveniente mientras algunas entidades nuevas y misteriosas dirigen su conducta. Por el contrario, los vínculos adquiridos con las situaciones antiguas se revelan con mayor seguridad en la acción cuando aparece una situación nueva (1913, pág. 29).

Aunque este comentario es bastante verídico, el fracaso de Thorndike al describir la forma en que se utilizan los hábitos pasados en la solución de problemas, al considerar qué disposición de elementos dificultan un problema, cuáles lo hacen fácil o cuándo intervienen los mismos vínculos esenciales, constituye una genuina limitación. Y la diferencia es crucial para la práctica escolar. Por ejemplo, en este contexto es posible aprender primero combinaciones de números (establecer los "vínculos"), después obtener algún atisbo de comprensión de los conceptos acerca de los números, más adelante asimilan las operaciones aritméticas como la suma en términos de conjuntos, y por último aprender la multiplicación. Finalmente llegamos al mismo lugar: a conocer las tablas de multiplicación y a saber cómo emplearlas. Sin embargo, no podemos concluir que inevitablemente un método de enseñanza es más eficiente que el otro, ni para los estudiantes que saben con exactitud lo que se ha enseñado, ni para que sean capaces de aplicar ese conocimiento a nuevas situaciones. La preocupación de Thorndike por los vínculos ha dado lugar a que recurramos a otros autores que no siguen sus lineamientos, a fin de examinar un enfoque más cuidadoso del papel del significado y de la comprensión en el aprendizaje normal.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Thorndike fue un escritor prolífico; su bibliografía aparece en dos partes en el *Teachers College Record:* durante los años 1898 a 1940 en el volumen 41 (1940), páginas 699-725; en los años 1940 a 1949 en el volumen 51 (1949), páginas 42-45. En total, están publicados más de 500 artículos.

Los libros siguientes son la mayor contribución de Thorndike a la teoría del aprendizaje, con ayuda de los datos experimentales:

Thorndike, E.L., *Animal intelligence,* 1911.
Thorndike, E. L., *Educational psychology: The psychology of learning,* vol. II, 1913.
Thorndike, E.L., *The psychology of arithmetic,* 1922.
Thorndike, E. L., *et al., Adult learning,* 1928.
Thorndike, E. L., *Human learning,* 1931.
Thorndike, E. L., *The fundamentals of learning,* 1932*a*.
Thorndike, E. L., *The psychology of wants, interests, and attitudes,* 1935.
Thorndike, E. L., *Selected writings from a connectionist's psychology,* 1949.

También se recomienda la bibliografía siguiente de Thorndike:

Joncich, G., *The sane positivist: A biography of Edward L. Thorndike,* 1968.

3

El condicionamiento clásico de Pavlov

El distinguido fisiólogo ruso Iván Petrovich Pavlov (1849-1936) fue el primero en estudiar experimentalmente los reflejos condicionados y el que les dio su nombre. Aunque no inició sus investigaciones sino hasta que tenía 50 años de edad, pasó el resto de su larga vida en el laboratorio, y finalmente llegó a tener a su cargo un equipo de investigación que incluía a más de cien profesionales y asistentes. Tanto dentro de la Unión Soviética como en el resto del mundo, su influencia sobre la teoría del aprendizaje ha alcanzado considerables proporciones. El prominente lugar que ocupan sus conceptos acerca de los reflejos condicionados en las teorías estadounidenses se pondrá de manifiesto en los siguientes capítulos, en los que se verán las opiniones de Guthrie, Skinner y Hull.

Todos los estudiantes conocen el clásico experimento de Pavlov. Cuando se coloca un trozo de carne frente al hocico de un perro se produce la salivación: el alimento es el *estímulo incondicionado (EI)*, y la salivación el *reflejo incondicionado (RI)*. Entonces algún estímulo arbitrario, por ejemplo una luz, se combina con la presentación del alimento. Así, después de la repetición y de las relaciones temporales correctas, la luz evocará la salivación independientemente del alimento: se ha convertido en un *estímulo condicionado* (*EC*), y la respuesta a éste se denomina *reflejo condicionado*. Los psicólogos estadounidenses han tendido a emplear la expresión *respuesta condicionada (RC)* en lugar de *reflejo condicionado*, pero la diferencia en los términos no es muy importante.

Pavlov inició su carrera científica con investigaciones acerca de la circulación en el corazón, y posteriormente se dedicó al estudio de la fisiología de la digestión, que en 1904 le valió el Premio Nobel. El trabajo esencial sobre los reflejos condicionados se inició en 1899 con la publicación de las tesis de Walfson, realizada bajo la dirección de Pavlov, y titulada "Observations upon salivary secretion" (Observaciones acerca de la secreción salival) (Pavlov, 1927, pág. 412). A los reflejos recientemente descubiertos se les denominó "secreciones psíquicas" para distinguirlos de las reacciones fisiológicas no aprendidas. Pavlov escribió dos libros acerca de este tema en los si-

guientes veinticinco años; se tradujeron al inglés con los títulos *Conditioned reflexes* (1927) y *Lectures on conditioned reflexes* (1928). En ese entonces el científico ruso tenía ya 75 años; sin embargo, a esa avanzada edad se interesó por la psiquiatría, y durante el resto de su vida realizó múltiples observaciones en hospitales para enfermos mentales, con la intención de encontrar algún paralelismo entre ellas y los experimentos con perros en laboratorio. Sus artículos posteriores fueron recopilados y publicados en diversos volúmenes.

Antecedentes del condicionamiento

La psicología experimental moderna se desarrolló bajo la influencia de la teoría de la asociación, la cual tenía sus orígenes en los trabajos de los filósofos empíricos ingleses Locke, Hobbes, Berkeley, Hume, Hartley y los Mill. Desde los tiempos de Aristóteles, las leyes de la asociación generalmente se estipularon como aquellas relativas a la contigüidad temporal, la similitud y el contraste de los elementos por asociarse. Con el transcurso de los años, la asociación por contigüidad terminó siendo considerada como el principio primario, al que se le confería una aparente forma fisiológica, como podemos advertir en el párrafo siguiente:

> Cuando dos procesos cerebrales elementales han estado activos juntos o en sucesión inmediata, al volver a ocurrir uno de ellos tiende a propagar su excitación al otro (James, 1890, I,566).

Si, como en este enunciado de William James, ponemos el acento en los eventos contiguos y estipulamos la asociación de los mismos como existente entre estados cerebrales, no estamos lejos de la concepción de Pavlov del reflejo condicionado.

Los hechos fundamentales del condicionamiento se conocían antes de que alguien intentara hacer lo que Pavlov; es decir, estudiar exactamente lo que ocurría y variar los parámetros que controlaban los sucesos. Así, Whytt reconoció la "secreción psíquica" más de un siglo antes que Pavlov.

> Consideramos ... que la remembranza o idea de las sustancias aplicadas con anterioridad a diferentes partes del cuerpo produce casi el mismo efecto que si estuviesen en verdad presentes. Así, la vista o incluso la *idea* evocada de comida gratificante, origina un flujo de saliva poco común en la boca de un persona hambrienta; y la visión de un limón puede producir el mismo efecto en muchas de ellas (1763, pág. 280, citado por Rosenzweig, 1962).

LOS EXPERIMENTOS Y LAS TEORÍAS DE PAVLOV

Algunas relaciones empíricas

La contribución de Pavlov no consiste tanto en su descubrimiento del reflejo condicionado y en su teoría acerca de él, como en el cuidado con que exploró numerosas relaciones empíricas para determinar los parámetros esenciales y proporcionar el repertorio y la terminología para incontables experimentos.

El reforzamiento, la extinción y la recuperación espontánea.

La historia de un reflejo condicionado simple comienza con su adquisición a través del *reforzamiento* repetido; es decir, el seguimiento reiterado del estímulo

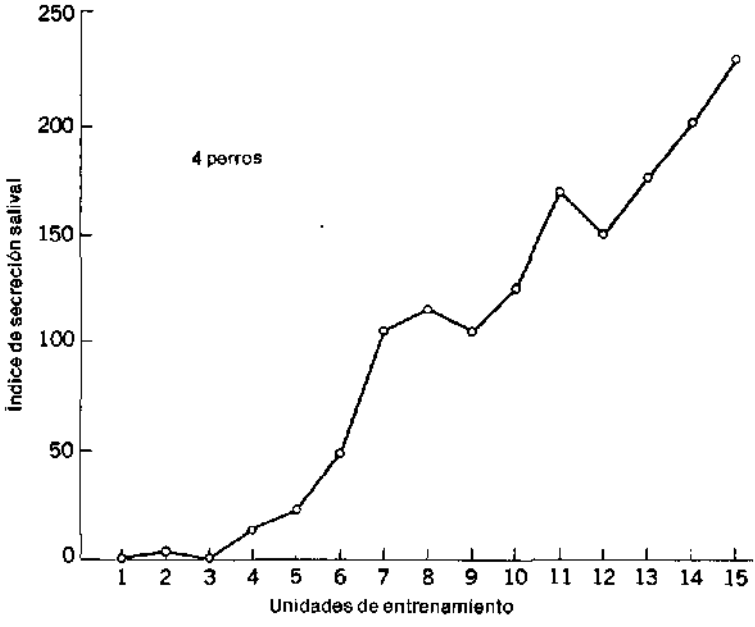


Figura 3.1. Curso de adquisición de una respuesta salival condicionada. La salivación se anticipa a la inyección de morfina, que sirve como estímulo incondicionado. Resultados promedios de cuatro perros (graficados por Hull [1934*b*, pág. 425] a partir de los datos de Kleitman y Crisler [1927]).

condicionado por el estímulo y la respuesta no condicionados en intervalos temporales apropiados. Pavlov presentaba datos que correspondían a perros ya condicionados, de modo que el curso de la adquisición original por lo general no figura entre sus datos. Sin embargo, experimentos similares demuestran que la adquisición de una respuesta condicionada sigue una curva en forma de *S*, la porción inicial de los ensayos tiene pocas o ninguna respuesta, en seguida hay un incremento rápido en las mismas, y después una disminución en la tasa de incremento. La curva que aparece en la figura 3.1 muestra la aceleración inicial, pero el experimento no se siguió durante el tiempo necesario para que ocurriese la desaceleración a medida que se logra un nivel asintótico de respuesta.

Cuando el reforzamiento se retira y el estímulo condicionado se presenta solo, sin ir acompañado por el estímulo incondicionado, la respuesta condicionada disminuye gradualmente y desaparece, proceso que se denomina *extinción experimental*. Pavlov publicó numerosas tablas que mostraban tal extinción. Los datos de una de ellas se proyectan en los trazos de la figura 3.2. Sin embargo, después de algún tiempo transcurrido sin repetición de ningún tipo, la salivación condicionada retorna; a esto se llama *recuperación espontánea* del reflejo extinguido. Más adelante veremos la explicación que Pavlov proporciona acerca de estos efectos.

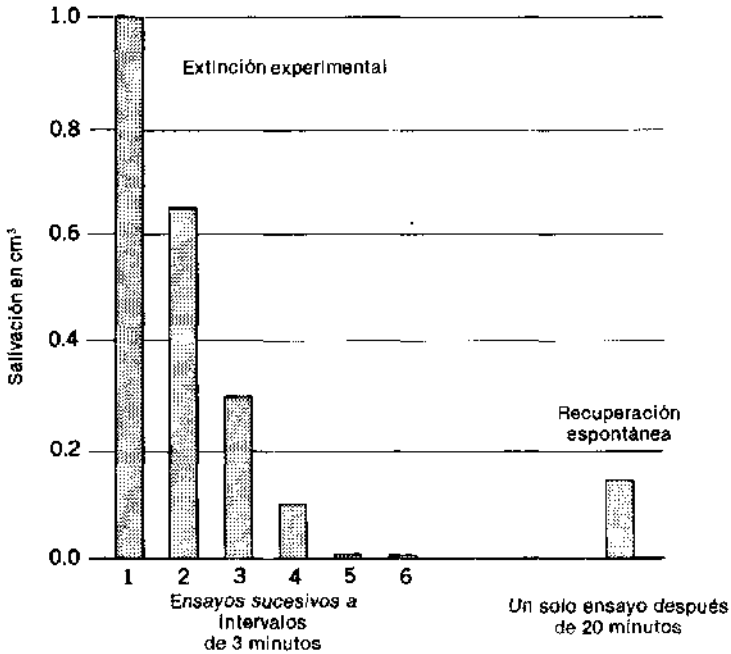


Figura 3.2. Curso de la extinción y la recuperación espontánea. La disminución de la altura de las barras a la izquierda indica el decremento en la salivación condicionada a medida que el estímulo condicionado (la visión de polvo de carne) se repite sin reforzamiento. La barra a la derecha muestra la recuperación espontánea después de un descanso de 20 minutos (tomada de Pavlov, 1927).

Generalización del condicionamiento y extinción

En el proceso del condicionamiento la respuesta termina por evocarse mediante una amplia gama de estímulos centrados en torno al estímulo condicional específico. En una prueba la *RC* ocurrirá ante un estímulo vecino en un grado que depende de la similitud entre el estímulo de prueba y el de entrenamiento. A esto se le denomina *generalización del estímulo*. En la figura 3.3 se muestra un ejemplo: en un estudio dirigido por Hovland (1937) se condicionó a los sujetos para que dieran una respuesta galvánica de la piel (*RGP*, sudoración de la palma de la mano) ante un tono, pareándolo con una descarga eléctrica. Después del entrenamiento, se sometió a prueba a los sujetos con tres tonos que variaban en frecuencia (timbre) y que se encontraban a diferentes distancias del *EC* de entrenamiento. Esta distancia se medía registrando el número de diferencias apenas perceptibles (*DAP*) entre el *EC* y el estímulo de prueba. La figura 3.3 constituye una gráfica de los resultados; es decir, muestra una generalización en decremento del *RC* ante los estímulos tonales progresivamente distantes del *EC* de entrenamiento.

No sólo existe generalización de una respuesta condicionada después del entrenamiento; también se produce una generalización complementaria de "ninguna respuesta" a raíz de la extinción. Aunque Pavlov fue el primero en descubrirlo, el

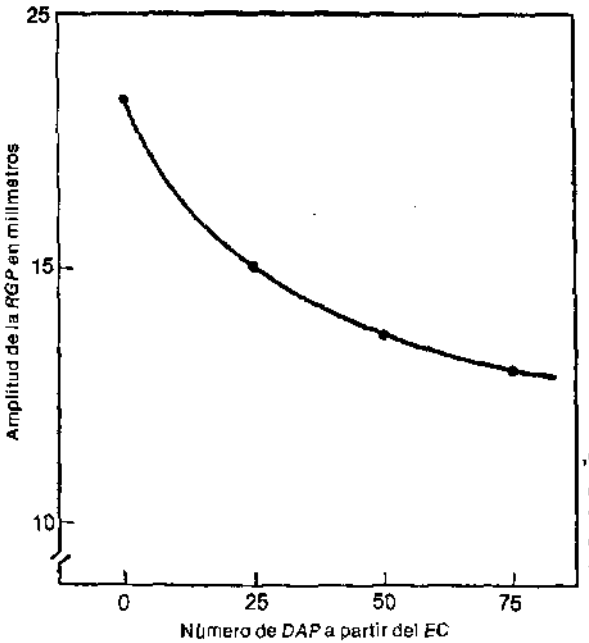


Figura 3.3. Gradiente de generalización del estímulo para la respuesta galvánica en la piel condicionada a un tono de 1 000 ciclos por segundo (tomada de Hovland, 1937).

efecto se ilustra con mayor claridad en otra parte del experimento de Hovland (1937), que se muestra en la figura 3.4. En este caso, se condicionó primero a los sujetos mediante ensayos entremezclados para dar una *RGP* a la totalidad de cuatro tonos de diferente frecuencia. Entonces, se presentaba repetidas veces sólo un tono extremo, sin descarga eléctrica, de modo que la *RGP* para ese tono se extinguía (o se *inhibía*, como diría Pavlov). De allí en adelante, a los sujetos se les sometía a prueba sin reforzamiento con los cuatro tonos, lo cual produjo los resultados que se presentan en la figura 3.4. En ella se muestra la amplitud más baja de respuesta para el estímulo extinguido (por encima del cero *DAP*), pero hay un decremento progresivamente menor (inhibición generalizada o no respuesta) cuanto más lejos se encuentre el estímulo de prueba del estímulo extinguido.

Como veremos más adelante, Pavlov intentó explicar los fenómenos de generalización en términos de la propagación ("irradiación") de los efectos positivos del condicionamiento ("excitación") en la corteza, entre los lugares de acción neural del *EC* y el estímulo de prueba. De modo similar, se decía que la generalización de los efectos de extinción para un estímulo reflejaba la propagación de la inhibición en torno al lugar cortical del estímulo extinguido.

Diferenciación

Una respuesta condicionada que se generalizara a una amplia gama de estímulos, sería muy inadaptada en situaciones que requieran de una reacción sensible sintonizada con precisión a los aspectos sutiles o críticos de una situación de estímulo. Por lo tanto, la *diferenciación*, el proceso complementario de generaliza-

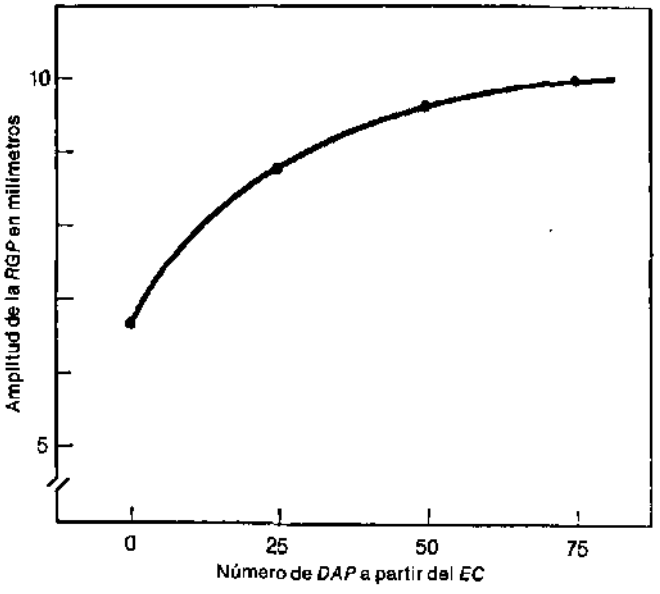


Figura 3.4. Gradiente de generalización de la extinción. La *RGP* se condicionaba a todos los tonos y se extinguía entonces a un tono extremo (en el 0 de la escala). Por último, se realizaron pruebas con todos los tonos (tomada de Hovland, 1937).

ción, tiene gran importancia adaptativa. Pavlov demostró en reiteradas ocasiones este proceso de diferenciación, al poner en evidencia la forma en que la generalización inicial a partir de un *EC* reforzado hacia un estímulo de prueba podía vencerse contrastando los dos estímulos alternativamente en el transcurso de los ensayos. Es decir, el sujeto recibe una serie de ensayos alternados aleatoriamente entre las presentaciones del *EC* positivo (denominado *EC*+) pareado con el estímulo incondicionado, y con los ensayos del *EC negativo* (llamado *EC*−) no pareado con el reforzamiento. Al final, después de algunas fluctuaciones el reflejo condicionado ocurre principalmente al *EC*+ y poco o nada al *EC*−. El sujeto ahora *discrimina* entre el *EC*+ y el *EC*−, mientras que antes había *generalizado* su respuesta condicionada entre los dos. Así como Pavlov discutía la generalización en términos de irradiación subyacente en la corteza, también concibió la diferenciación como la correspondiente *concentración* de excitación en el lugar cortical *EC*+, y de inhibición en el lugar cortical *EC*−.

Relaciones temporales favorables entre el *EC* y el *EI*

El condicionamiento depende de que el *EC* anteceda ligeramente al *EI*, u ocurra de modo simultáneo. Si el *EC* sigue al *EI* (lo que se llama pareamiento *hacia atrás*), no hay un condicionamiento excitatorio (positivo), aunque tal vez pueda resultar alguno inhibitorio (negativo), dependiendo de arreglos experimentales precisos. Cuando el *EC* antecede al *EI* por varios segundos, puede terminar antes del *EI* (el denominado procedimiento de "huella"); por lo común esto da lugar a un aprendizaje más pobre que si el *EC* permanece junto con el *EI* (el denominado condicionamiento "demorado"). En cualquier caso, luego de la adquisición la

respuesta condicionada comienza a aparecer después del *EC* y antes del *EI* con una latencia proporcional al intervalo temporal entre ambos. Es decir, el sujeto aprende a retener su respuesta hasta un punto justo antes del *EI*. El alcance del condicionamiento varía en una función de *U* invertida con el intervalo *EC-EI*. En la figura 3.5 se muestra una curva típica, teniendo en cuenta el número de respuestas condicionadas durante una serie de ensayos de prueba no reforzados, después del entrenamiento en diferentes intervalos *EC-EI* en gatos condicionados para contraer las patas delanteras. El *EC* era un tono y el *EI* una descarga eléctrica en la pata delantera, lo cual provocaba la retracción. El intervalo óptimo para las respuestas esqueléticas rápidas y de fase, como el parpadeo o la flexión del pie, es generalmente de alrededor de medio segundo. Para las respuestas automáticas como la salivación o la *RGP*, el intervalo que causa el condicionamiento óptimo es más prolongado, entre 5 y 30 segundos, dependiendo de las condiciones. Las explicación de la función del intervalo *EC-EI* y su variación a lo largo de los sistemas de respuesta es una cuestión que las teorías han de señalar.

Usos del concepto de inhibición

Pavlov utilizaba el concepto de inhibición para referirse a cualquier decremento o pérdida en un reflejo condicionado. Identificó diversos factores de decremento, y a cada uno de ellos lo consideró una variante de la inhibición. La *inhibición externa* consistía en una pérdida temporal de una *RC* debida a un estímulo distractor extraño, como cuando un sonido de gran volumen distrae al animal y reduce la salivación condicionada ante un *EC* luminoso. La *inhibición interna* es una forma aprendida de inhibición evocada por un estímulo pareado con no-reforzamiento, en circunstancias en las cuales el *EI* se esperaría de otro modo. Por ejemplo, a continuación del condicionamiento, si el *EC* se repite sin reforzamiento en el procedimiento llamado extinción, Pavlov explica la disminución de la respuesta condicionada diciendo que ahora el *EC* produce inhibición interna del reflejo. Si un EC^+ se parea con el reforzamiento, en contraste con un EC^- alternativo presentado sin reforzamiento, se dice que el EC^- se ha asociado con la inhibición interna. Si sólo el estímulo *A* se parea con el reforzamiento, y el compuesto de estímulos *A* + *B* se presenta sin reforzamiento, entonces el estímulo *B* se convierte en un *inhibidor condicionado*, lo cual significa que se ha asociado con la inhibición interna. Pavlov concebía la inhibición condicionada (interna) como una fuerza es-

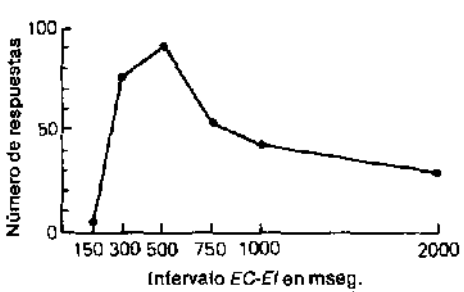


Figura 3.5. Número total de respuestas condicionadas al criterio de extinción como una función del intervalo entre estímulos (tomada de Wickens, 1973).

pecífica de *antirrespuesta* dirigida a impedir que el *EC*+ provoque la respuesta específica (por ejemplo, la salivación o el parpadeo). Como se hizo notar, Pavlov también creía que la inhibición interna asociada con un estímulo se generalizaría a estímulos similares.

Teorías de Pavlov acerca del condicionamiento cerebral

Pavlov era un fisiólogo, y por ello al buscar explicaciones para los fenómenos del condicionamiento apeló con frecuencia a la "actividad nerviosa superior", con la cual se refería a los procesos fisiológicos dentro de la corteza cerebral. Un experimento inicial, en el cual se intentó el condicionamiento en un perro cuya corteza cerebral había sido removida, convenció a Pavlov de que los reflejos condicionados no podían formarse en ausencia de ella.[1]

Aunque se realizaron diversos experimentos de lesión cerebral y se reconocieron algunas localizaciones anatómicas de la función, los principales procesos fisiológicos que describía Pavlov constituyen *inferencias* a partir de la conducta, y no el resultado de estudios directos de centros particulares. Por ejemplo, cuando se mencionaba el "analizador visual" o el "analizar auditivo" se les asignaban ubicaciones anatómicas vagas, y sus propiedades se inferían principalmente por los tipos de discriminaciones visuales o auditivas que el animal era capaz de hacer. Además, Pavlov se refería a las "células corticales patológicas" para explicar la conducta desviada, pero lo hizo sin fundamentar sus especulaciones con observaciones neurológicas. Los neurofisiólogos contemporáneos aplican modernas técnicas electrofisiológicas y farmacológicas, entre otras, para el estudio directo del cerebro, pero en esta ocasión se trata de considerar las teorías que Pavlov enunció por primera vez hace muchos años.

Asociación

Pavlov planteaba que la conexión entre la excitación ("excitación nerviosa") producida por el estímulo condicionado y el centro excitado por el estímulo incondicionado es el resultado de un tipo de atracción o drenaje de impulsos desde el primer centro excitado al segundo, similar a la sugerencia de William James que hemos mencionado. Presumiblemente, la dirección de la atracción es una cuestión tanto de orden temporal (el estímulo condicionado llega primero y cumple con una función de señalamiento) como de intensidad relativa (el centro incondicionado, por lo general mucho más excitado, atrae la excitación del centro *EC*). Lo que Pavlov denominaba *condicionamiento* es lo que los psicólogos han llamado *asociación:*

> Así, la conexión nerviosa temporal es el fenómeno fisiológico más universal, tanto en el mundo animal como en el nuestro. Al mismo tiempo, es un fenómeno psicológico que los psicólogos llaman asociación, ya se trate de combinaciones derivadas de todas las formas de acciones o

[1]Experimentos realizados mucho después demostraron que ciertos tipos relativamente burdos de reflejos condicionados podían formarse en perros sin corteza; sin embargo, deben usarse estímulos especialmente simples que requieren de poco procesamiento, como el centelleo de una luz brillante. Tales estudios se reseñarán en el capítulo 14.

impresiones, o combinaciones derivadas de letras, palabras y pensamientos. ¿Hay alguna base de diferenciación para distinguir entre aquello que el fisiólogo denomina conexión temporal y lo que el psicólogo llama asociación? Son cosas totalmente idénticas; se fusionan y se absorben una a la otra (1955, pág. 251; fecha original, 1934).

Irradiación, concentración e inducción recíproca

Se supuso que dos procesos nerviosos fundamentales, la excitación y la inhibición, se manifiestan de diversas maneras; sus interacciones proporcionan el fundamento para la operación de los hemisferios cerebrales. Los impulsos entrantes a través de los nervios aferentes y los centros cerebrales inferiores llegan, por último, a algunas células especiales de la corteza apropiadas al sistema sensorial (analizador), a las cuales pertenecen los nervios aferentes. A partir de estas células especiales, el proceso excitatorio se irradia a varias otras células a lo largo de un área cortical.

Esta irradiación proporciona la base para la generalización de los reflejos condicionados entre estímulos similares, a través de la superposición de las poblaciones de células nerviosas excitadas por los diferentes estímulos. La idea es que los estímulos que son físicamente parecidos o psicológicamente similares también activarán lugares vecinos en la corteza cerebral. Durante el entrenamiento en discriminación, la irradiación se contrarresta mediante la *concentración* de excitación de regreso a las células especiales de EC+. Esta diferenciación a través de la discriminación, en la cual el estímulo positivo se refuerza y el negativo no, desarrolla un proceso inhibitorio asociado con el estímulo negativo que reduce la propagación de excitación desde el estímulo positivo, y la concentra donde corresponde. La inhibición al estímulo negativo también se generaliza a estímulos similares, lo cual puede probarse al demostrar que inmediatamente después de la presentación del estímulo negativo, la respuesta al positivo también se debilita.

Esto es así en las primeras etapas del establecimiento de una diferenciación; más adelante, cuando la excitación y la inhibición se han concentrado, se produce la *inducción recíproca*. En épocas modernas este fenómeno volvió a descubrirse y se le bautizó como *contraste conductual* (véase Hilgard y Bower, 1966, págs. 514 a 518). En la inducción recíproca, el efecto del estímulo condicionado positivo se hace más intenso cuando se aplica inmediatamente o poco después del estímulo inhibitorio concentrado; asimismo, el efecto del estímulo de inhibición es más pronunciado cuando sigue al positivo concentrado. Así, los patrones corticales eventuales se determinan mediante la interacción de la excitación y la inhibición a través de la irradiación, la concentración y la inducción recíprocas.

Como hemos visto, la evidencia que Pavlov usaba en favor de sus teorías corticales era por completo conductual; nunca midió directamente los campos eléctricos corticales (la técnica de esa época no permitía hacerlo), de manera que su teoría cerebral era sólo conceptual y se basaba en inferencias a partir de la conducta. Por lo tanto, cuando la conducta de sus perros mostraba irregularidades o grandes complejidades, Pavlov tan sólo complicaba las supuestas operaciones de irradiación y concentración de excitación e inhibición; por ejemplo, estipuló que éstas crecían y disminuían en ondas y patrones temporales a raíz de una sesión de condicionamiento. En conjunto, las complejidades de la conducta que Pavlov describía Pavlov no se han refutado ni aceptado con seguridad (véase, por ejemplo, Loucks, 1933), y muchos psicólogos consideran a su teoría cerebral como extravagante y carente de poder conceptual para hacer predicciones novedosas.

Tipos de sistemas nerviosos

Pavlov postuló la existencia de cuatro tipos de sistemas nerviosos basados en la presunta fuerza de los procesos de excitación e inhibición, en la rapidez con que éstos cambien, y en si están equilibrados o no. Estos hipotéticos tipos resultaron ser muy parecidos a la antigua clasificación de los temperamentos que se originó con Hipócrates. Cuando la excitación y la inhibición son poderosas pero equilibradas, surgen dos tipos. Si los estados son inestables, aparece el temperamento *sanguíneo;* si son inertes, entonces hay un temperamento *flemático*. Sin embargo, si la excitación pesa más que la inhibición de modo que los procesos están desequilibrados, el temperamento es *colérico*. Por último, cuando la excitación y la inhibición son débiles, ya sea que los estados resulten inestables o inertes, se produce un temperamento *melancólico*.

Aunque cada animal tiene uno u otro de estos temperamentos, su carácter real depende de sus experiencias con el medio ambiente. Así, el carácter es "una amalgama de las características del tipo y los cambios producidos por el ambiente externo" (Pavlov, 1955, pág. 260; fecha original, 1934).

Segundo sistema de señales

Aunque en sus obras Pavlov no lo destacó demasiado, reconoció que la habilidad en el uso del lenguaje incrementa notablemente las potencialidades humanas, y psicólogos soviéticos posteriores han desarrollado en gran medida esta perspectiva. Los mecanismos del reflejo condicionado que los seres humanos comparten con los animales inferiores se agrupan bajo el *primer sistema de señales;* el lenguaje humano proporciona el *segundo sistema de señales*.

> Cuando el mundo en desarrollo alcanzó la etapa del hombre, se hizo una adición de suma importancia a los mecanismos de la actividad nerviosa.
>
> ... El lenguaje constituye un segundo sistema de señales de la realidad que es característico de nosotros, al ser la señal de las primeras señales. Por un lado, numerosas estimulaciones del lenguaje nos han alejado de la realidad, y debemos recordar esta circunstancia para no distorsionar nuestra actitud hacia ella. Por otra parte, es precisamente el lenguaje el que nos ha hecho humanos, un tema que no necesito profundizar aquí. Sin embargo, es indudable que las leyes fundamentales que rigen la actividad del primer sistema de señales también gobiernan la del segundo, ya que éste también es actividad de los mismos tejidos nerviosos (Pavlov, 1955, pág. 262; fecha original, 1934).

En otras palabras, si una luz roja centelleante es una primera señal para una *RC*, las palabras "luz roja centelleante" constituyen una segunda señal que se refiere a la primera, y que puede entrar también en asociaciones condicionadas. Aunque Pavlov reconoció algún papel al lenguaje, no desarrolló estas ideas de modo experimental o teórico.

Estados patológicos

Pavlov se interesaba mucho en la investigación de las conductas patológicas. Sus descubrimientos iniciales de las *neurosis experimentales* en los perros se realizaron casi accidentalmente. A un perro se le enseñaba a salivar con la presentación de un círculo, pero no recibía reforzamiento con la presentación de una elipse. Entonces, después de una serie de ensayos, el radio de la elipse se acortaba, lo cual hacía que cada vez resultara más difícil discriminarla del círculo con el que se la seguía contrastando. A medida que la discriminación se tornaba más difícil,

el comportamiento del perro se hacía errático. Su ejecución discriminativa se volvía muy pobre, y comenzaba a mostrar signos de "desequilibrio emocional". Mientras que se le había entrenado para que permaneciera quieto en el arnés del aparato de condicionamiento, ahora comenzaba a agitarse, a aullar y a ladrar. Finalmente el perro se mostraba muy inquieto y se resistía a que lo llevaran al laboratorio de condicionamiento: había adquirido lo que Pavlov denominaba una neurosis experimental. Pavlov pensó que tales estados de desequilibrio podían deberse a un conflicto entre las fuerzas antagónicas de excitación e inhibición, en lugares adyacentes dentro de la corteza cerebral.

Aunque los trabajos posteriores no han demostrado que las discriminaciones difíciles (que implican recompensa versus no recompensa) constituyen el procedimiento más confiable, las neurosis experimentales de este tipo se producen con facilidad en los animales de laboratorio al colocar el comportamiento de acercamiento recompensado en conflictos directo con un castigo. Por ejemplo, a un gato muy hambriento que ha sido entrenado para oprimir una palanca a fin de obtener recompensa alimenticia, se le puede castigar con una fuerte descarga eléctrica por presionar el dispositivo, y el resultado será un comportamiento desequilibrado y conflictivo (véanse Masserman, 1943; Dollard y Miller, 1950). El estudio de ese comportamiento neurótico, conflictivo y desequilibrado constituye una información incidental en la bibliografía referida a la teoría del aprendizaje.

No es éste el lugar propicio para profundizar en las opiniones de Pavlov acerca de la patología psiquiátrica. Él creía que las neurosis experimentales en sus animales eran similares a la neurastenia en el ser humano; que los delirios de persecución correspondían a algo parecido a los estados hipnóticos en el perro; que la esquizofrenia catatónica era un estado pseudohipnótico de inhibición; que las reacciones maniacodepresivas representaban un trastorno de relaciones entre los procesos de excitación e inhibición. Pensaba que las neurosis obsesivas y la paranoia se deben a una inercia patológica de los procesos excitatorios de diferentes células motoras.

El salto que dio Pavlov desde la fisiología cerebral especulativa a enunciaciones confiables acerca de la neurosis y las psicosis al parecer es demasiado pequeño para que se le tome como una explicación científica seria. En suma, Pavlov explicaba un gran número de relaciones con base en una colisión de excitación e inhibición en los hemisferios cerebrales, su irradiación y concentración, junto con algunas características de las células corticales, incluyendo su inercia o excitabilidad patológica ocasionales.

DESARROLLOS TEÓRICOS POSTERIORES A PAVLOV

Pavlov fue una figura central en el desarrollo del conductismo estadounidense; conductistas como John Watson (1916) se inspiraron en su trabajo y utilizaron el reflejo condicionado como la primera piedra para erigir su reconstrucción teórica de la conducta. En Rusia, Pavlov era un gigante intelectual, imponente y poderoso, que durante toda su larga y fructífera vida ejerció un fuerte influjo en el desarrollo de la psicología y la fisiología. Muchas de las investigaciones originadas en el trabajo de Pavlov se ocuparon de la simple extensión del paradigma del con-

dicionamiento a nuevas respuestas, nuevos tipos de estímulos, nuevas especies de animales. Con un poco de ingenio, un psicólogo puede pensar literalmente en miles de pequeños problemas de investigación, el resultado de todos los cuales es posible que se compile en alguna enciclopedia que abarque todo lo que se conoce acerca del condicionamiento o el aprendizaje de una u otra especie de organismo.

Condicionamiento interoceptivo

Un desarrollo interesante fue la investigación del *condicionamiento interoceptivo* en los seres humanos o en animales superiores. Para este tipo de condicionamiento se utiliza el procedimiento usual, a excepción de que el *EC*, el *EI* (y la *RI*) o ambos, implican la estimulación de un órgano interno como el riñón, el corazón o el páncreas. Así, una gran variedad de órganos internos pueden condicionarse para responder en el sentido pavloviano a una diversidad de señales internas. Bykov (1957) informa de varios experimentos de esta índole. Por ejemplo, a un perro puede serle aplicado un tensor fisiológico (como *EI*), y producir hipertensión como un reflejo incondicionado, y esta respuesta puede volverse condicionada a cualquiera de una variedad de estímulos internos o externos. De modo similar, mediante el uso de drogas o electrodos especiales implantados se provocan incrementos en la actividad normal y se logra el condicionamiento en órganos como el páncreas (liberación de insulina), el hígado (captación de glicógeno), los riñones (extracción urinaria), la vejiga (micción), el corazón, el estómago (flujo de secreciones) y la vesícula biliar, así como en varias glándulas endocrinas (como las suprarrenales y las salivales). Parecería que casi cualquier cosa que se mueva, fluya o serpentee se condiciona si una respuesta de tales elementos pudiera evocarse de forma confiable y repetida mediante un estímulo incondicionado controlable.

El hecho de que sea posible este condicionamiento interoceptivo sugiere interpretaciones de muchos de los llamados síntomas psicosomáticos. Por ejemplo, se entiende por qué un hombre se vuelve hipertenso cuando evoca a un jefe odiado, así como el niño que "se enferma del estómago" cuando piensa en algún alimento que antes le provocó náuseas. Es concebible que el delicado balance con el cual nuestro sistema fisiológico mantiene en constante equilibrio a nuestro ambiente interno sea coordinado en parte mediante ajustes condicionales de tipo transversal entre las actividades de los órganos o sistemas interrelacionados; es decir, el alejamiento de un sistema de su equilibrio actúa como un *EC* interno para una *RC* anticipatoria de ajuste en un sistema compensatorio. En cualquier caso, estos estudios demuestran que los órganos internos de un animal son tan condicionables como los externos (aunque con una lentitud mayor, ya que tienen sus "ritmos naturales"). Esta generalización también incluye las actividades especiales de las mismas células cerebrales.

Condicionamiento inhibitorio

Pavlov sostenía que durante la extinción experimental se construía un proceso inhibitorio activo que se asociaba con el *EC* no reforzado, a fin de vencer e impedir la respuesta positiva del primero al *EC*. Pensaba que esta inhibición se volvía con-

dicionada al *EC* durante la extinción (o al *EC*− en el transcurso del entrenamiento de diferenciación), como si fuera un factor de *antirrespuesta*. Los psicólogos estadounidenses —especialmente Skinner (1938)— estudiaron tales datos y pusieron en duda si en verdad se requiere de un concepto como inhibición activa: ¿por qué la totalidad de los datos de Pavlov no podrían explicarse por la simple *pérdida de excitación?* Al no obtener ninguna respuesta convincente, la mayoría de los psicólogos dejan en suspenso sus juicios acerca de la utilidad de los constructos de la inhibición conductual.

En experimentos subsecuentes se descubrieron múltiples evidencias de la existencia de factores inhibitorios condicionados en el condicionamiento clásico y operante. Algunos experimentos dirigidos por Rescorla (1969*a*) demostraron con claridad la *inhibición condicionada* del *miedo* o la *ansiedad* en perros y ratas. Componente necesario de tales demostraciones era una respuesta ya condicionada para un estímulo base, al cual se agregaba uno excitatorio o uno inhibitorio con el fin de evaluar el cambio en la respuesta. En una demostración de Rescorla (1966) se entrenó a los perros primero para que evitaran la descarga eléctrica en una caja de dos compartimientos, al saltar de un lado a otro sobre una valla situada en medio. La descarga volvía a programarse para que se iniciara 30 segundos después de cada salto, y se aplicaba en el lugar donde el perro estaba sentado. Esta contingencia era suficiente para mantener al animal corriendo de un lado a otro para eludir la descarga. El número de saltos por unidad de tiempo era la medida del condicionamiento, y después de mucho entrenamiento los perros establecieron una tasa bastante estable de respuesta. Ésta era la respuesta de línea base para la situación de caja que se usaba entonces para comprobar los estímulos posteriores de excitación o inhibición.

Después del entrenamiento de evitación, los animales recibieron una fase de condicionamiento pavloviano que incluía un tono y una descarga eléctrica. A cada perro se le encerraba en un lado de la caja y durante varias sesiones se le daban tonos y descargas. Para un grupo, denominado *P* por la contingencia positiva, al tono de 5 segundos siempre seguía una descarga. Para un segundo grupo, designado con *N* por la contingencia negativa, las descargas ocurrían con frecuencia y no había ningún estímulo que las anunciara, pero un tono de 5 segundos nunca estuvo pareado con una descarga ni ocurrió 30 segundos antes que ésta, de modo que para los animales el tono servía como una señal de seguridad. Para un tercer grupo, llamado *A* por aleatorio, los tonos y las descargas se presentaron independientemente unos de otros en momentos escogidos al azar; con estos sujetos el tono no tenía validez predictiva para la aparición de la descarga.

Luego de estas sesiones de tono y descarga, los perros volvieron a la caja y continuaron con su entrenamiento de evitación. Después de que habían retornado las tasas estables de evitación, se efectuó una serie de pruebas de sondeo de estímulo: el tono se escucharía durante 5 segundos (sin relación sistemática con el programa de descarga eléctrica en marcha), y se registrarían las respuestas de saltar de un lado a otro en periodos de 5 segundos durante medio minuto antes y durante un minuto después de verificar el tono-prueba. Los resultados promedio de varias pruebas se consignan en la figura 3.6, en la cual se muestra la tasa media de cruzar la barrera en periodos de 5 segundos para seis periodos pre-*EC* (tono), para un periodo de tono (marcado *EC*), y para once periodos de 5 segundos después del de tono.

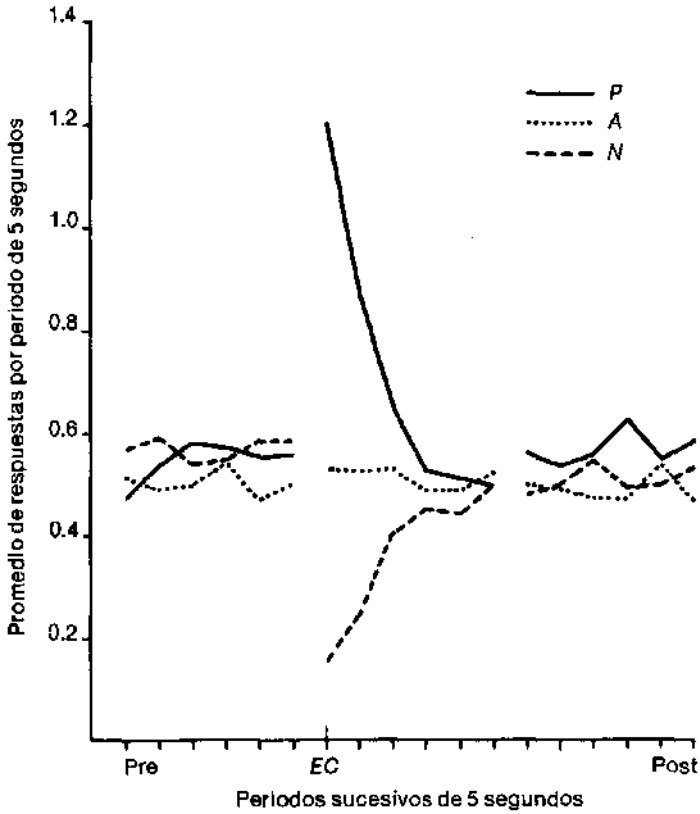


Figura 3.6. Promedio de respuestas por periodo de 5 segundos, en periodos sucesivos antes del comienzo del *EC*, durante el *EC* y los 30 segundos subsecuentes de tratamiento de condicionamiento diferencial, y después de la terminación de ese periodo (tomada de Rescorla, 1966).

El grupo *P* (que tenía el condicionamiento "excitatorio" del miedo al tono) prácticamente duplicó su tasa de respuestas durante el tono, mientras que el grupo *N* (con el condicionamiento "inhibitorio" del temor) redujo su tasa de respuesta a alrededor de un tercio de la línea base. El grupo *A*, que no tenía una correlación específica entre el tono y la descarga, no mostró cambio alguno en la tasa de respuesta al tono. Después del tono-prueba, las tasas de respuesta retornaban gradualmente al nivel de línea base de evitación mantenido por el programa de descarga.

Así, para el grupo *P* el tono se había convertido en un predictor confiable de la ocurrencia de la descarga, condicionado a una reacción de miedo; el tono-prueba que provocaba esta anticipación de la descarga bastaba para activar la respuesta de evitación. Para el grupo *N*, el tono se había convertido en un confiable predictor de la ausencia de descarga; se había transformado en una señal de seguridad, condicionada a la inhibición del miedo o al alivio de la ansiedad. Por lo tanto, el tono-

prueba reducía el nivel de miedo en el perro, y disminuía así su tasa de evitación basada en él.

Hay demostraciones más recientes de la inhibición condicionada, con el uso de respuestas clásicas e instrumentales; así, ya no es posible poner en duda la realidad de tales factores opuestos o de antirrespuesta que surgen de las correlaciones negativas entre la presencia de un estímulo neutral (*EC*) y la aparición de un estímulo reforzante.

Efectos inhibitorios inherentes al condicionamiento

Aún más notable es que experimentos posteriores hayan confirmado algunas de las primeras observaciones de Pavlov de que el estímulo condicionado positivo (correlacionado con la ocurrencia del reforzamiento), termina por adquirir ciertas características *inhibitorias* propias; es decir, a medida que continúa el experimento de condicionamiento, el animal inicia procesos para el *EC* que se oponen a la *RC* y a la *RI*. En una revisión de tales efectos inhibitorios paradójicos en el condicionamiento, Kimmel observa:

> Los estudios revisados . . . apoyan la concepción de que la adquisición del condicionamiento clásico implica un distintivo componente negativo conjuntamente con sus características positivas más conocidas. Después de la formación de una asociación inicial de naturaleza excitatoria, el *EC* paulatinamente comienza a desarrollar propiedades inhibitorias que dan lugar a la atenuación y a la demora de la *RC*, e incluso a su pérdida total bajo el reforzamiento continuo, así como a la disminución de la *RI* en presencia del *EC*. Esta disminución de la *RI* se revela particularmente mediante la técnica de omitir el *EC* y comparar la *RI* resultante con las *RI* observadas (tanto antes como después) cuando el *EC* está presente (1966, pág. 238).

La investigación reseñada por Kimmel se refiere fundamentalmente a sujetos humanos y a estímulos incondicionados nocivos, como la descarga eléctrica o un soplido en el ojo. En estos casos, la persona puede endurecerse o prepararse para recibir el *EI* nocivo cuando el *EC* aparece, con la consecuente reducción en la magnitud de la *RI;* el *EI* ocasional dado sin previo aviso por el *EC* toma a la persona por sorpresa, y provoca la *RI* completa tal como al comienzo del entrenamiento. Desde esta perspectiva, el estímulo condicionado evocaría respuestas preparatorias que reducen la efectividad del *EI*, y éstas a menudo estarán en oposición a la *RC* excitatoria. En realidad, parece (Siegel, 1978; Schull, 1979) que hay un conjunto de estímulos incondicionados (como las inyecciones de morfina) para los cuales la reacción incondicionada sigue una dirección (sensibilidad reducida al dolor), pero la reacción condicionada va en la dirección opuesta (sensibilidad incrementada). Schull (1979) propuso que los estímulos emocionales poderosos que desequilibran al ambiente interno activan reacciones compensatorias para contrarrestar ese desequilibrio; postuló, además, que estos procesos compensatorios pueden ser condicionados. De esta manera, la propuesta de Schull equivale a un mecanismo explicatorio de la *adaptación*, la disminución de la respuesta de un organismo a un estímulo poderoso que se repite en muchas ocasiones.

Incluso con la situación favorita de Pavlov, de condicionamiento salival, hay evidencias de inhibición en la gradual prolongación de la latencia de la *RC* (su tiempo de ocurrencia entre el *EC* y el *EI*, donde la *RC* a veces desaparece por completo, "retrocediendo" a ese punto temporal de intervalo cuando se suministra el *EI*.

Pavlov (1927) mencionaba tales fenómenos, a los cuales denominó *inhibición de la demora*. Sheffield (1965) y Ellison (1964) han reproducido estos efectos en el condicionamiento salival con perros. Un análisis útil de la situación propuesto por Skinner (1937*a*) es que la inhibición de la demora se produce debido a que el sujeto experimental adquiere una discriminación temporal más precisa acerca del momento de entrega del *EI* (alimento), a raíz del inició del *EC*. El intervalo entre el comienzo del *EC* y el del *EI* puede concebirse como un continuo de estímulo, donde los primeros indicios del intervalo están asociados con el no reforzamiento, mientras que los últimos, al momento de la entrega del *EI*, se condicionan debido a su reforzamiento. Esta diferencia en el reforzamiento para los primeros y últimos indicios del intervalo *EC-EI* puede considerarse en el sentido de que establece dos tendencias opuestas. En la figura 3.7 puede observarse un diagrama de las mismas. Los primeros indicios del intervalo (justo después del inicio del *EC*) se convertirían en inhibidores condicionados, mientras que los últimos se transforman en excitadores. La tendencia a dar la *RC* en cualquier momento dentro del intervalo *EC-EI* obedecería al exceso de las tendencias excitadoras en detrimento de las inhibidoras, trazadas por encima de ese tiempo en la figura 3.7. En esta teoría, la magnitud de la *RC* se vería en su punto más alto en el caso de que el *EI* acostumbrado se demorara u omitiera en ensayos específicos de prueba. Cuando se procede de esta manera, aparece una larga *RC* casi precisamente en el momento en que el *EI* debería presentarse (véase Ellison, 1964).

Condicionamiento de segundo orden

El pareamiento de un estímulo neutral con uno incondicionado no sólo da lugar a que se convierta en un estímulo condicionado para la respuesta, sino también a que se convierta en un estímulo reforzante por derecho propio. Así, lo que antes era un estímulo condicionado (llamado *E*1), puede usarse en una segunda fase de pareamiento para condicionar a otro estímulo neutral (*E*2) al mismo reflejo. En

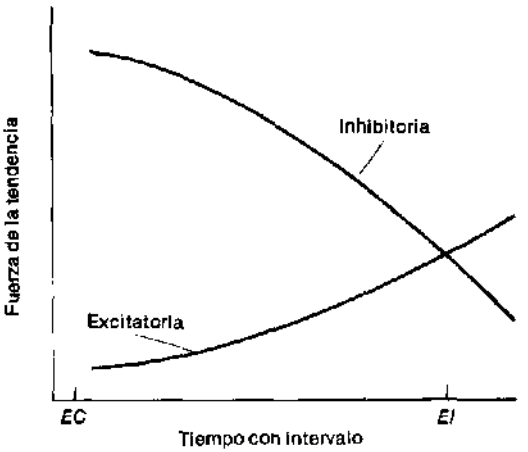


Figura 3.7. *Ilustración de las* tendencias inhibitorias y excitatorias asociadas con las primeras y últimas porciones del intervalo temporal desde el *EC* hasta el *EI*.

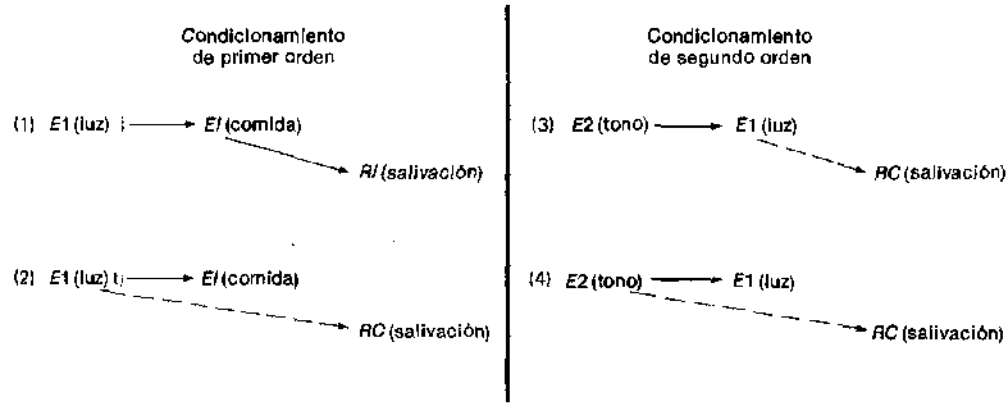


Figura 3.8. Ilustración del condicionamiento de primer orden (luz a comida) y del condicionamiento posterior de segundo orden (tono a luz).

1927 Pavlov informó por vez primera de este fenómeno, al que denominó *condicionamiento de segundo orden* (o de *orden superior),* ya que se usaba un estímulo condicionado de primer orden (*E*1) para reforzar la respuesta en pareamientos con un estímulo de segundo orden (*E*2). Una demostración típica es enseñarle a un perro a salivar en presencia de una luz, al parearla (*E*1) con polvo de carne (*EI*); entonces, en una segunda fase se escucha un tono (*E*2) antes de la luz (*E*1), pero la combinación no va seguida de polvo de carne. Las relaciones temporales y las cuatro etapas del condicionamiento pueden observarse en la figura 3.8.

El condicionamiento de orden superior tiene una gran importancia teórica, ya que sugiere un medio de transferir poder de reforzamiento, así como una respuesta, de uno a otro estímulo arbitrario, sin ningún reforzamiento primario después de la etapa inicial. Esto podría explicar, por ejemplo, de qué forma las recompensas simbólicas —como el dinero o el elogio verbal— adquieren su valor reforzante.

Aunque el condicionamiento de segundo orden era un concepto teóricamente útil, no se le sometió y una investigación intensiva hasta fechas recientes, con los estudios de Rescorla y sus colegas (Holland y Rescorla, 1975; Rescorla, 1973; 1978; Rizley y Rescorla, 1972), y Rashotte y colaboradores (1977). En algunos experimentos se estudia el condicionamiento de segundo orden usando el miedo basado en la descarga eléctrica; en otros se utiliza la expectativa de alimento indicada por la respuesta preparatoria del animal. Aparentemente, casi los mismos principios del aprendizaje son aplicables al condicionamiento de primero y de segundo orden.

Una pregunta interesante se refiere a lo que el animal aprende en el condicionamiento de segundo orden. Rescorla (1973) señala tres posibilidades: 1. el estímulo de segundo orden (*E*2) hace que el animal espere al estímulo de primer orden (*E*1); 2. El *E*2 hace que el animal piense en el estímulo incondicionado (*EI*); o 3. el *E*2 llega a ser asociado directamente con la respuesta provocada por el *EI* y por el *E*1 de primer orden. Rescorla observó que la evidencia acerca de la primera

opción se obtenía al modificar las propiedades condicionales del $E1$ *después* de que se había logrado el condicionamiento de segundo orden de $E2$ a $E1$. En los experimentos dirigidos por Rizley y Rescorla (1972), después de que el $E2$ se había asociado con el miedo en el condicionamiento de segundo orden, el estímulo de primer orden $E1$ se extinguía mediante su presentación repetida sin descarga. La pregunta es: ¿cómo afectaría la extinción de $E1$ a la fuerza del condicionamiento a $E2$ que ha sido lograda mediante el pareamiento con el $E1$? Rizley y Rescorla no encontraron ninguna pérdida en el reflejo condicionado de segundo orden (al $E2$) que se debiera a la extinción del reflejo condicionado de primer orden (al $E1$), lo cual los llevó a concluir que los estímulos de segundo orden no operan al hacer que el animal espere el estímulo de primer orden y ejecute así con antelación la respuesta de primer orden. Este resultado también se obtuvo con ratas en un experimento de condicionamiento de segundo orden del apetito (Holland y Rescorla, 1975). Sin embargo, no se produjo con palomas sometidas al condicionamiento de segundo orden de la expectativa de alimento ante los estímulos visuales a los cuales respondían (Rashotte *et al.*, 1977; Rescorla, 1978). En estos últimos experimentos, la extinción del estímulo de primer orden a raíz del condicionamiento de segundo orden originó una reducción sustancial en las respuestas condicionadas al estímulo de segundo orden. Las investigaciones actuales se dedican a clasificar las diferencias de procedimiento o de especie como las responsables de las diferencias en los resultados.

Al observar que el procedimiento de condicionamiento de segundo orden es muy similar al procedimiento mediante el cual el $E2$ se convierta en inhibidor condicionado se presenta una curiosa paradoja. Es decir, el $E1$ ha sido pareado con el EI mientras que el $E2$-entonces-$E1$ no fue reforzado con el EI. ¿Cómo puede ser que el mismo procedimiento convierta a un estímulo neutral en un $EC+$ para una respuesta, y en un inhibidor condicionado para la misma?

Pero la paradoja es sólo aparente. La explicación es que el condicionamiento excitatorio positivo (que da lugar al condicionamiento de segundo orden) procede con rapidez durante los primeros ensayos iniciales de parear el $E2$ con el $E1$, mientras que los efectos inhibitorios negativos se establecen con mayor lentitud (véase figura 3.9). Además, el desarrollo de la inhibición condicional al $E2$ depende de que el sujeto reciba muchos ensayos en los cuales se contraste el "$E1$-reforzamiento" con el "$E2$-$E1$-no reforzamiento". Rizley y Rescorla (1972) y Holland y Rescorla (1975) efectuaron experimentos de este tipo y demostraron con claridad ambas fases. Como se advierte en la figura 3.9, hay una fase breve de adquisición de condicionamiento de segundo orden del $E2$, y después una pérdida gradual de la RC al $E2$ en el transcurso de los ensayos, a medida que los ensayos no reforzados de segundo orden se contrastan con los ensayos reforzados sólo de $E1$. A la larga, el $E2$ actúa como un inhibidor activo. Esto es evidente por el hecho de que la respuesta condicionada era más grande para el $E1$ solo que para los ensayos de prueba en que el $E1$ y el $E2$ se presentaban juntos.

El desarrollo reciente de poderosos procedimientos para la creación del condicionamiento de segundo orden proporciona a los psicólogos herramientas valiosas para el análisis de las condiciones del aprendizaje por asociación. Por ejemplo, Rescorla (1978) ha demostrado que el alcance del condicionamiento de segundo orden depende de la similitud del $E2$, con el $E1$, y de la consistencia con la cual $E2$ va seguida de $E1$ versus $E1'$ (donde ambos son estímulos diferentes condicionados

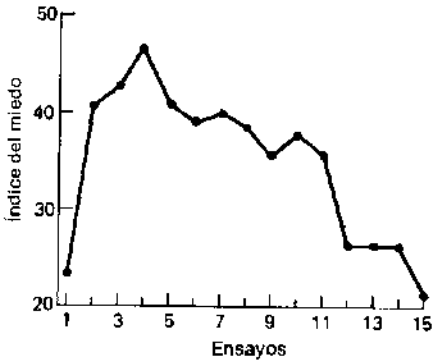


Figura 3.9. Desarrollo de un *EC* de segundo orden que pasa de un primer condicionamiento a la extinción gradual, tal como se diferencia del *EC* reforzado de primer orden (adaptada de Rizley y Rescorla, 1972).

al mismo *EI*). Rescorla también ha investigado las discriminaciones de segundo orden en un procedimiento donde un estímulo de segundo orden se pareaba consistentemente con un *EC* excitatorio positivo, y otro estímulo de segundo orden se pareaban con un *EC* inhibitorio negativo. Éstos y otros arreglos experimentales relacionados habrán de proporcionar nuevos descubrimientos que enriquecerán nuestras teorías acerca de la formación de la asociación.

Condicionamiento clásico e instrumental

Aunque algunos autores —en especial los fisiólogos— afirman que el aprendizaje y el condicionamiento estudiado por Pavlov son esencialmente sinónimos, la mayoría de los psicólogos no comparte esta opinión. De este modo, se ha establecido una distinción entre el condicionamiento del tipo pavloviano denominado *condicionamiento clásico*, y otra variedad que se conoce como *condicionamiento instrumental* o *condicionamiento operante*.

La distinción consiste en que en el condicionamiento instrumental el reforzamiento en un ensayo se hace contingente (dependiente) de la ocurrencia de una respuesta crítica, mientras en el clásico el reforzamiento (*EI*) se suministra independientemente de si el sujeto responde o no a la señal. Dos psicólogos polacos, Miller y Konorski (1928), informaron de un ejemplo inicial de condicionamiento instrumental, al enseñarle a un perro a levantar una pata delantera ante una señal, con el fin de obtener una recompensa alimenticia; y distinguieron este entrenamiento del método estándar de Pavlov. Hilgard y Marquis (1940) acuñaron los términos *condicionamiento clásico* e *instrumental* que se usan hoy en día. Otros autores relacionados con el área del aprendizaje han utilizado diferentes denominaciones para ambos tipos de condicionamiento; en el cuadro 3.1 pueden verse algunos de esos términos alternativos.

Como hemos dicho, en los casos prototipo el condicionamiento clásico y el instrumental difieren claramente en los procedimientos o en la programación de los eventos de estímulo. En el clásico, el *EI* o estímulo reforzante es contingente a la presentación del *EC* y se aplica independientemente de cualquier respuesta que el sujeto pueda dar (aunque tal vez el mismo sujeto no lo piense de este modo). Asimismo, la respuesta condicionada que se mide *suele* ser una parte fraccional de —o

CUADRO 3.1. Clasificaciones dobles del aprendizaje propuestas por diferentes autores (tomado de Kimble, 1961, pág. 66).

Autor(es)	*Término para el condicionamiento clásico*	*Término para el condicionamiento instrumental*
Thorndike (1911)	Ajuste asociativo	Aprendizaje de ensayo y error
Miller y Konorski (1928); (1937a) (1937a)	Tipo I	Tipo II
Skinner (1937a)	Tipo *E*, o respondiente	Tipo *R*, u operante
Schlosberg (1937)	Condicionamiento	Aprendizaje exitoso
Hilgard y Marquis (1940)	Condicionamiento clásico	Condicionamiento instrumental
Mowrer (1947)	Condicionamiento	Solución de problemas

se asemeja a— la respuesta incondicional provocada por el *EI*. En el condicionamiento instrumental, la presentación del reforzador es por lo general contingente a una respuesta especificada; por ejemplo, una rata hambrienta presiona una palanca para obtener alimento. En esta correlación puede entrar un estímulo discriminativo; por ejemplo, se puede dar comida por presionar una palanca sólo cuando se oye un tono en la cámara de condicionamiento, y no cuando el tono no se escucha. (Skinner le llama *operante discriminada*.) La respuesta operante (presionar la palanca) por lo común no se asemeja a la respuesta que se da ante el estímulo reforzante (comer y salivación).

Los procedimientos difieren un tanto en sus variaciones manipulables obvias; por ejemplo, el intervalo *EC-EI* es una variable inherente al condicionamiento clásico, mientras que el intervalo respuesta-reforzamiento (la llamada demora del reforzamiento) es propia del paradigma del condicionamiento instrumental. Es un hecho notable que las leyes dinámicas del aprendizaje (adquisición, extinción, generalización, etc.) son muy similares en los dos tipos de situaciones de aprendizaje; en muchos casos el término *recompensa* sólo necesita sustituirse por el término estímulo *incondicionado*. Teóricos como Hull y Guthrie negaban que hubiese alguna diferencia real en la naturaleza del aprendizaje en los procedimientos clásico e instrumental. Otros teóricos (principalmente Mowrer, 1947; Schlosberg, 1937; y Skinner, 1937*a*) creían que en las dos formas de condicionamiento generalmente intervenían sistemas de respuesta un tanto distintos. Así, las conductas se dividieron en aquellas mediadas por músculos esqueléticos estriados (como los movimientos de las extremidades) versus las mediadas por músculos lisos (como el corazón y las glándulas) a partir del sistema nervioso autónomo. Se creía que las respuestas de este segundo tipo eran involuntarias, causadas por estímulos incondicionados (por ejemplo, la descarga eléctrica provoca excitación en todo el sistema nervioso autónomo), y sólo eran condicionables de la manera clásica. Por otro lado, las respuestas esqueléticas raras veces están bajo el control de estímulos incondicionados, se "emiten voluntariamente" en lugar de ser provocadas por un *EI* y se condicionan principalmente por los procedimientos de condicionamiento instrumental. Ésta era la teoría estándar de "dos factores" que dominó en los Estados Unidos durante aproximadamente treinta años a partir de 1937. A lo

largo del libro hablaremos más de ella, de las investigaciones que han surgido a su alrededor, y de cómo se le ha modificado a la luz de nuevas concepciones. Baste decir que en contra de esa distinción se han planteado algunos argumentos convincentes, y que la diferenciación teórica ha dado lugar a interesantes debates (Terrace, 1973). Pero nos estamos alejando de nuestro tema.

Comparaciones filogenéticas

El reflejo condicionado proporcionó una metodología útil para el estudio comparativo de las formas de aprendizaje en muchas especies diferentes de organismos. En principio puede ser una poderosa herramienta en manos de un psicólogo comparativo. Una vez que un estímulo incondicionado confiable se ha encontrado y aislado, la técnica puede usarse para investigar si un organismo determinado tiene sensibilidad a una dimensión dada de variación de estímulo (por ejemplo, para descubrir si las ratas no ven los colores), o si el animal puede aprender discriminaciones condicionales de cierta complejidad. Algunos tipos de comparaciones entre especies se prestan a una mala interpretación, ya que la conducta aprendida es una función de muchas variables (temperatura, nivel de impulso, naturalidad del ambiente de prueba, estímulos distractores, preferencias en lo que toca a recompensas), de modo que los valores óptimos varían considerablemente entre las especies. Por lo tanto, los psicólogos comparativos tienden a no interesarse demasiado en la "inteligencia" relativa de diferentes animales para el aprendizaje de laberintos de distintas complejidades. Más bien prefieren estudiar la manera en que el comportamiento de una sola especie es afectado por la variación en diversos parámetros de aprendizaje; también se interesan en saber si los organismos en un nivel particular de desarrollo filogenético son capaces de mostrar uno u otro tipo de aprendizaje, o el fenómeno de aprendizaje en las circunstancias más óptimas que puedan crearse para ese animal.

Ciertamente, desde la época de Darwin la psicología comparativa ha trabajado con la creencia de que existen varios "niveles" de habilidades de aprendizaje y diferentes tipos o clases de aprendizaje, ordenados desde las formas simples (como la habituación), hasta las complejas (como el aprendizaje de la resolución de problemas verbales). También se ha creído que estos niveles o tipos de aprendizaje se suman progresivamente a medida que se asciende en la escala evolutiva, desde los simples organismos unicelulares, pasando por algunos animales filamentados inferiores, hasta llegan a los primates y al ser humano. Los psicólogos comparativos, en especial los rusos, así como los etólogos, se han dedicado durante muchos años a reunir y clasificar pacientemente tales resultados.

Razran (1971) reseñó esa gran diversidad de datos y con base en ellos elaboró una perspectiva teórica. Organizó su presentación en torno a una jerarquía evolutiva de tipos de aprendizaje, que se resumen en el cuadro 3.2. Para indicar a grandes rasgos algunos de los tipos de aprendizaje que no se han examinado aquí, la *sensibilización* se refiere a una gran sensibilidad (umbral inferior) de una *RI*, debido a que ha sido evocada recientemente; la *configuración* alude a la diferenciación de patrones específicos de estímulos compuestos; el *aprendizaje educativo* es como el aprendizaje predictivo, que hace uso de nociones de la permanencia del objeto; *simbosémico, semémico* y *logicémico* son las denominaciones que corresponden a

CUADRO 3.2. Niveles evolutivos del aprendizaje según Razran (1971, págs. 310-311).

A) Reactivo (no asociativo)
1. Habituación
2. Sensibilización

B) Conectivo (condicionamiento)
3. Inhibitorio (castigo)
4. Clásico
5. Reforzante (condicionamiento instrumental, operante, de recompensa)

C) Integrativo (perceptivo)
6. Aprendizaje sensorial-sensorial (precondicionamiento sensorial)
7. Configuración
8. Aprendizaje educativo

D) Simbólico (pensamiento)
9. Simbosémico
10. Semémico
11. Logicémico

tres etapas del aprendizaje lingüístico, desde palabras aisladas y predicaciones simples hasta construcciones proposicionales.

Al ordenar especies en una escala desde el *phylum* más simple al más complejo. Razran intentó demostrar que el aprendizaje más complejo sólo pueden lograrlo los organismos en un nivel superior de la escala evolutiva. Se supone que esta correlación se debe a que las fuerzas evolutivas seleccionaban variaciones en las especies y desarrollaban así organismos altamente estructurados, capaces de mostrar formas superiores de aprendizaje. Algunas de las generalizaciones de Razran a partir de los estudios experimentales son las siguientes:

- Los celenterados se habitúan con facilidad, pero no son susceptibles de condicionamiento.
- Los cordados prevertebrados y los mamíferos se habitúan, llegan a ser sensibilizados, pero tampoco son condicionables.
- El precondicionamiento sensorial y la configuración aprendida de estímulo sólo es posible en los pájaros y en los mamíferos.
- El aprendizaje educativo es factible con pájaros y mamíferos más inteligentes (cuervos, urracas, perros y gatos), pero no con los menos inteligentes (palomas, gallinas, patos y conejos).
- Los conjuntos de singularidad y de aprendizaje son en gran parte comportamientos propios de los primates, y el simbolismo es un logro exclusivamente humano.

La evidencia general apoya claramente la tesis de Razran acerca de un desarrollo jerárquico de las habilidades de aprendizaje. Así, con las técnicas de condicionamiento clásico no se puede entrenar a todos los organismos, aunque todos parecen susceptibles de habituación. A Razran corresponde el mérito de haber realizado la difícil labor de compilar y organizar los numerosos hechos disponibles en la bibliografía rusa e inglesa. El peligro de esas caracterizaciones tan amplias es que los resultados negativos se ponderan como diagnóstico (por ejemplo, que la espe-

cie *X* no muestra aprendizaje del tipo *Y*) cuando en realidad la única conclusión a que se puede arribar es que uno o más intentos con *EC*, *EI* y procedimientos específicos han fallado. El siguiente tema a discutir sugiere que debemos ser cuidadosos al muestrear el rango de estímulos con "validez ecológica" antes de establecer conclusiones acerca de lo que una especie dada puede o no aprender.

Equivalencia de la asociabilidad

Recientemente los psicólogos se han interesado por variaciones inherentes a la especie, en el sentido de qué estímulos y qué respuestas son fácilmente condicionables (con procedimientos clásicos o instrumentales) y cuáles son difíciles o imposibles de condicionar. Antes de que esto ocurriera, la posición general de los teóricos del aprendizaje alrededor de este tema constituía lo que Seligman (1970) ha denominado premisa de la *equivalencia de la asociabilidad*. A grandes rasgos, es la suposición de que cualquier estímulo que el organismo es capaz de percibir puede estar vinculado a cualquier respuesta que le sea posible dar, de acuerdo con las leyes estándar del aprendizaje, y con indiferencia relativa acerca de qué está vinculado con qué. Algunos párrafos de Pavlov sugieren dicha posición:

> Es obvio que la actividad refleja de cualquier órgano efector puede escogerse para propósitos de investigación, ya que los estímulos de señalamiento pueden vincularse con cualquiera de los reflejos innatos (1927, pág. 17).

> Cualquier fenómeno natural elegido a voluntad puede convertirse en un estímulo condicional ... cualquier estímulo visual, cualquier sonido deseado, cualquier olor, o la estimulación de cualquier parte de la piel (1928, pág. 86).

Este principio de la equivalencia de la asociabilidad es en esencia el responsable de las elecciones arbitrarias, casi improductivas y artificiales, de estímulos y respuestas sin interés que los psicólogos del aprendizaje han usado rutinariamente durante los últimos ochenta años. Si el principio es verdadero, cualquier estímulo o respuesta que se encuentre a mano en el laboratorio operará de manera adecuada, ya que habrán de aplicarse las mismas leyes generales, sin importar lo que se use. Al menos, eso se creía.

Algunos teóricos del aprendizaje comienzan a dudar de esta creencia: han aparecido ciertos datos críticos que infringen claramente la regla y lo hacen sin discusión posible. Desde hace bastante tiempo, se cuenta con indicios de esta naturaleza, que se presentaron incluso en las investigaciones originales de Thorndike (1911) con la caja-problema. Aunque sus gatos aprendieron con facilidad a tirar de alambres y manijas, y a presionar botones para escapar de la caja, Thorndike se enfrentó a dificultades poco comunes al intentar enseñarles a que se lamieran (asearan) para escapar, a pesar de que la acción de asearse tiene una tasa muy elevada de espontaneidad.

Seligman (1970) reseñó muchos otros casos. Por ejemplo, es casi imposible enseñar a un perro hambriento a que bostece para obtener una recompensa alimenticia, enseñar a una rata a asearse para ganar una recompensa, o reducir la conducta que muestra de "levantarse sobre sus patas traseras" castigándola con un sonido alto. Por muchos años, parte del folklore del laboratorio ha sido el que las ratas y

los gatos raras veces aprenden o mantienen respuestas de evitación de presionar una palanca, mientras que permitirles saltar fuera del aparato para eludir una descarga eléctrica se condiciona con facilidad. Estas cuestiones pueden atribuirse a uno u otro contaminante de desequilibrio: un nivel de respuesta inicial demasiado bajo, incompatibilidad del *EI* provocador con la respuesta a condicionar, o cualquier otra cosa. Los científicos casi nunca carecen de excusas *post hoc* para salvar un principio general que resultó alabado.

Mientras tanto, continúa aumentando la evidencia de que la evolución ha dotado de modo innato a ciertas especies con una afinidad o "estado de preparación" para asociar ciertos eventos de estímulo y de respuesta, y no otros. Las conexiones que se aprenden con facilidad parecen tener una clara base evolutiva (por ejemplo, el huir para escapar de la estimulación aversiva); aquellas para las cuales el organismo está "contrapreparado" (para usar el término de Seligman) parecen arbitrarias y "antinaturales". Son artificiales en el sentido de que toman una respuesta que interviene en una secuencia consumatoria (por ejemplo, la danza de enamoramiento de las palomas en celo), e intentan vincularla dentro de un sistema diferente de motivación y recompensa ("bailar" para obtener comida); o son artificiales en el sentido de que para que haya una ejecución condicionada eficiente es necesario eliminar y evitar una parte de la reacción innata del organismo al estímulo de reforzamiento (o serie de actos naturales que llevan a su consumación).

Breland y Breland (1960) proporcionaron ejemplos sorprendentes acerca de la forma en que diversos animales impedían que los patrones intrusos de comportamiento de una especie determinada entraran en las tretas de condicionamiento operante arbitrario que intentaban enseñarles. Lenneberg (1967) ha dado un paso más en lo que se refiere al estado de preparación de las especies al conjeturar que el infante humano está preparado, o preprogramado por naturaleza, para la adquisición del lenguaje. Todos los niños aprenden un lenguaje a pesar de la típica ausencia de contingencias de entrenamiento cuidadosamente arregladas. Lenneberg supone que el estado de preparación para el lenguaje es una característica humana peculiar. Sin embargo, varios investigadores han puesto en duda esta suposición al emprender proyectos a largo plazo para enseñar a chimpancés o gorilas seleccionados a comunicarse simbólicamente con sus entrenadores humanos. Por ejemplo, Gardner y Gardner (1971) fueron los primeros en informar que habían entrenado a un chimpancé (Washoe) para que se comunicara con ellos en el lenguaje estadounidense de señales. En lugar de expresiones verbales se usó lenguaje manual de los sordos, ya que los chimpancés tienen un aparato vocal imperfecto. Washoe aprendió a señalar un nombre para objetos visuales, para disposición de objetos en relación ("naranja en caja"), y para avisar cuándo quería comer, beber, jugar, etcétera. Los responsables de los diversos proyectos han presentado afirmaciones muy inquietantes acerca de las habilidades lingüísticas del primate (Desmond, 1979).

Los escépticos argumentan que los aspectos cruciales del lenguaje "real" están ausentes en los datos de señalamiento de los primates. Por ejemplo, pocas veces indican de manera espontánea, sin instigación y raramente señalan objetos ausentes; sólo muestran una apreciación rudimentaria del significado de los signos, escasa abstracción en el uso de éstos en diversas situaciones, y muy pocas o ninguna restricción sintáctica para generar hileras de signos y componer una "oración". Terrace (1979*a*, 1979*b*) ha criticado severamente los proyectos del lenguaje con primates debido a la inadecuada recopilación de datos y a la experimentación

de mala calidad. Argumenta que, de modo similar a las demostraciones de la percepción extrasensorial, las del lenguaje real en los primates deben organizarse con gran cuidado para reunir evidencia confiable de las afirmaciones importantes. En particular, deberían usarse las pruebas *doble-ciego* para garantizar que el "lenguaje del chimpancé" no estuviese sólo en los ojos del espectador (que sabe lo que el chimpancé debe señalar en un contexto dado), y que el señalamiento que hace el primate no sea instigado inadvertidamente por entrenadores bienintencionados. Terrace señala que los métodos habituales para informar acerca de datos de señalamiento son inadecuados porque pasan altamente filtrados a través de un intérprete prejuiciado (el entrenador), que conoce lo que el chimpancé ha de señalar. La preocupación es que el intérprete predispuesto no vea un "balbuceo" aleatorio como la comunicación de algo razonable y sintácticamente correcta. La validez de los argumentos de Terrace, y la manera de alterar la recopilación de datos en los proyectos con primates, son temas actuales motivo de discusión y controversia. Es evidente que la atención que se presta a los proyectos de entrenamiento del lenguaje remarca la relevancia científica de la cuestión de si el verdadero lenguaje es mediado por mecanismos neurales propios del cerebro humano.

Para regresar a nuestro tema, un libro titulado *Constraints on learning* (Hinde y Stevenson-Hinde, 1973) informa y clasifica numerosos casos de reacciones suprapreparadas y contrapreparadas que dependen del arreglo de condicionamiento. Como hemos visto, parece ser que un procedimiento de condicionamiento se introduce siempre en un flujo de continuo conductual que ocurre de modo natural en un estado motivacional dado, como el hambre, y que los resultados del procedimiento de condicionamiento dependen de la forma en que la respuesta a condicionar se ajuste o encaje en cosas que el animal haría de modo natural cuando tuviera hambre.

Un estudio de Shettleworth (1975) es ilustrativo y notorio porque esta investigadora invirtió mucho tiempo en la observación y registro de los comportamientos naturales de sus animales (hámsters dorados) en una situación de prueba dada. Al registrar la frecuencia y duración de 24 clases distintas de respuestas, Shettleworth logró describir cuáles se incrementan a medida que el animal se vuelve hambriento, y cuáles disminuyen. Con esta información se dedicó a condicionar instrumentalmente una u otra respuesta seleccionada usando comida como recompensa para el hámster hambriento, y escogía respuestas que tenían tasas promedio de ocurrencia comparables y espontáneos antes del condicionamiento. Sus resultados, que aparecen en la figura 3.10, revelan tasas de aprendizaje muy diferentes para seis respuestas distintas. Para identificar a grandes rasgos algunos de los comportamientos, "rascar" indica que el hámster se erguía y restregaba sus patas delanteras contra una pared de la jaula de prueba; la "posición erecta abierta" consistía en levantarse sobre las patas traseras sin tocar la pared; "cavar" y "lavarse la cara" son obvias; "rascarse" el cuerpo se hacía con las patas traseras, y el "marcaje de olor" se refería a que el hámster presionaba su glándula olfatoria de uno de sus flancos contra una pared, con el lomo arqueado y el rabo levantado.

Es importante notar que los tres comportamientos que se incrementaron intensamente al ser recompensados con alimento eran los mismos que aumentaban un tanto cuando el animal se sentía hambriento y esperaba comer; mientras que los tres comportamientos (lavarse, rascarse, marcar) que se condicionaban pobremente o nada eran los que habían disminuido cuando el hámster estaba hambriento

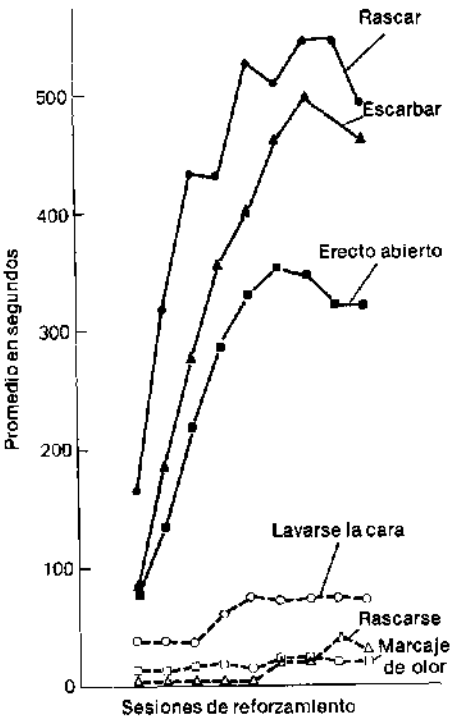


Figura 3.10. Tiempo promedio, en una sesión de 20 minutos, para la ejecución de la respuesta recompensada, con grupos de hámsters, y recompensa para uno de seis distintos comportamientos (tomada de Shettleworth, 1975).

y esperaba comida. Asimismo, las respuestas condicionadas de estas últimas formas que sí ocurrieron se hicieron "artificialmente" abreviadas, como si la razón del animal para rascarse, por ejemplo, cambiara desde "eliminar irritación de un piquete de pulga" hasta "hacer que opere el dispensador de comida". Shettleworth concluyó que las tasas de condicionamiento de patrones diferentes de acción varían en razón de lo compatible que sea la respuesta de criterio en relación con aquellas que el animal ejecutaría de modo natural cuando aguardara la recompensa. Si la respuesta a condicionar es incompatible con las esperadas en previsión de la recompensa, entonces el arreglo crea conflicto, interferencia y bajos niveles de condicionamiento.

Bolles (1970, 1972) ya había analizado aquellos casos en que los animales fallaban en el aprendizaje de respuestas de evitación a estímulos dolorosos, y llegó a una conclusión similar a la de Shettleworth. Bolles sostenía que los animales comienzan con un repertorio de reacciones defensivas innatas a situaciones dolorosas o amenazantes, que denominaba "reacciones defensivas específicas de la especie" *(RDEE)*. Para la rata atemorizada por la descarga eléctrica, tales reacciones incluyen huir, inmovilizarse, atacar con agresividad a algún objeto, saltar, correr en círculos y chillar. Bolles propuso que un animal aprendería con facilidad una respuesta específica de escape o evitación para la descarga o el miedo si la respuesta es una de sus *RDEE* (o muy compatible con una de ellas), como huir o inmovilizarse, pero que no aprendería fácilmente una respuesta que no fuera una

RDEE. El investigador sugiere que esta perspectiva altera el tradicional análisis de reforzamiento del aprendizaje de evitación. El suyo no presupone una asociación directa desde el *EC* hasta una respuesta de evitación; más bien, el *EC* hace que el animal sienta miedo, lo cual activa un repertorio de las *RDEE*: la "correcta" se elige entre las demás no tanto porque elimine el *EC* y reduzca el miedo, sino porque las otras son ineficaces en la situación experimental, y se les castiga con la descarga continua.

Asociación selectiva de los estímulos alimenticios con la enfermedad

García y sus colaboradores (García y Koelling, 1966) hallaron en sus experimentos un caso aparente de estado de preparación selectiva. Ratas sedientas bebían agua endulzada con sacarina de una espita en la que cada lamida hacía que destellaran luces y se oyeran ruidos. Durante la sesión se expuso a las ratas a fuertes rayos *X*, lo cual provocaba que los animales se sintieran enfermos y con náuseas, aunque no antes de una hora. Posteriormente, les sometió a prueba en cuanto a su aversión aprendida (o enfermedad condicionada) a los estímulos de luz y ruido, y al agua endulzada con sacarina. Se descubrió que los animales habían adquirido una fuerte aversión al agua con sacarina, pero ninguna a la luz destellante y al ruido. El cerebro había escogido el sabor de la sacarina en vez de los "ruidos brillantes" para asociarlo selectivamente con la reacción incondicionada de sentirse enfermo.

Podría argumentarse que para las ratas el sabor de la sacarina es tan sólo un estímulo más notorio que la combinación de luz y ruido. Para descartar esta objeción, García y Koelling idearon un experimento complementario en el cual el *EC* consistía en lamer "agua con sacarina brillante y ruidosa", mientras que el *EI* era una dolorosa descarga eléctrica en las patas. En una prueba posterior se descubrió que el ruido brillante había adquirido propiedades aversivas, mientras que el agua con sacarina había alcanzado relativamente poca asociación con el *EI* de descarga eléctrica. Por eso parecía que los *EI* aplicados externamente (la descarga en las patas) se condicionaban con facilidad a indicios externos como las luces destellantes y los ruidos, mientras que las *RI* internas —como los desórdenes estomacales, náuseas y enfermedad— se asociaban selectivamente a los sabores novedosos. Domjan y Wilson (1972) y Revusky y García (1970) repitieron y ampliaron los resultados básicos anteriores. En otros trabajos García propuso que esta asociación selectiva de un sabor novedoso con una enfermedad inducida puede ocurrir en demoras temporales muy prolongadas (hasta de muchas horas), que está mucho más allá del rango de los intervalos *EC-EI* en los cuales puede hacerse que ocurra el condicionamiento en la situación típica que implique un estímulo arbitrario y fásico. Cuando un animal se enferma está selectivamente prejuiciado, por así decirlo, para recordar o "traer a la mente" la última sustancia novedosa que ingirió, o el lugar distintivo donde comió, y asociar ese sabor o lugar con su malestar actual. Como diría Seligman, la conexión entre el sabor y la náusea está *altamente preparada* por la estructuración innata del organismo.

Experimentos posteriores revelan diversas complicaciones. Primero, la *novedad* de la situación de alimentación que sigue a la enfermedad es crítica. Los animales pueden aprender a evitar indicios externos de alimentación seguidos de náusea (inducida por una inyección de veneno); pero sólo si tales indicios (como un

comedero distinto para una rata) son relativamente novedosos y se introducen en una situación de prueba a la cual el animal se ha habituado por completo. Así, después de habituar a las ratas durante 25 sesiones diarias a comer una mezcla de salvado húmedo en un determinado recipiente ubicado dentro de una caja de prueba, Nitchell, Kirschbaum y Perry (1975) descubrieron que si los animales pasaban dos sesiones comiendo de un recipiente novedoso y entonces se les inyectaba veneno, evitarían comer de ese recipiente durante los días subsiguientes. Sin embargo, prácticamente no se producía evitación del recipiente si sólo se habían tenido diez sesiones de habituación antes de los ensayos de envenenamiento con él. De modo que la capacidad del animal para asociar la náusea diferencialmente con un indicio externo de alimentación aumenta cuanto más novedoso sea ese indicio en relación con otros a los que ya se ha habituado.

Una segunda complicación es que la irrupción de malestar estomacal y de náusea parece hacer a los animales más tímidos en lo que toca a *cualquier* novedad en sabor o en ubicación conectados con la alimentación. Esta aversión general, llamada *neofobia* (evitación de cosas novedosas), tal vez ayude a explicar algunos de los datos de García que al parecer demuestran nuevas asociaciones entre el sabor y la náusea, aprendidas durante intervalos *EC-EI* extremadamente largos. Si un ataque de náusea provoca que el animal evite cualquier situación novedosa de alimentación, no es necesario invocar una asociación específica de un sabor nuevo específico presentado justo antes de la náusea para explicar su aversión hacia el sabor o los indicios de alimentación novedosos. Por ejemplo, Mitchell, Kirschbaum y Perry (1975) descubrieron que un solo pareamiento de la náusea con el acto de comer en un recipiente muy conocido bastaba para causar una evitación casi total del acto de comer de un recipiente poco conocido (relativamente nuevo) durante los subsecuentes días de prueba.

El descubrimiento de la neofobia en los animales a continuación de la náusea no debe hacer que rechacemos toda idea del condicionamiento de aversiones *específicas* a la comida. Tales aversiones son muy numerosas. Sin embargo, los resultados de neofobia sí incrementan las exigencias experimentales para los investigadores que deseen demostrar aversiones específicas del gusto en experimentos de condicionamiento.

Los hechos reseñados en esta sección, que muestran diferentes tasas de aprendizaje de distintas conductas y asociación selectiva de indicios internos versus externos, favorecen con claridad el abandono de la premisa de la asociabilidad equivalente. Los hechos mismos no se "explican" en ningún sentido diciendo que el organismo está "preparado" o "impreparado" para hacer una asociación dada, ya que eso sólo proporciona otro nombre a la observación de que la tasa de condicionamiento era rápida o lenta en casos particulares. Las explicaciones más probables pudieran ser de un tipo evolutivo y de desarrollo, que iluminen la significación adaptativa de ciertas predilecciones actuales sobre aquellas clases de eventos que tienen probabilidades de estar asociados en el ambiente natural del animal.

APRECIACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE PAVLOV A LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE

Pavlov ha ejercido una gran influencia en la teoría del aprendizaje, en particular gracias a sus investigaciones sistemáticas, sus teorías de la asociación, y sus pre-

dilecciones en torno a los fenómenos que merecen investigarse. Moldeó el *paradigma del condicionamiento* de asociaciones establecido por el pareamiento de eventos de estímulo, y ese paradigma ha constituido un fuerte influjo y un poderoso atractivo para cualquier estudioso del aprendizaje.

Razran (1965) condensa el ascendiente de Pavlov en varios puntos que pueden sintetizarse de la siguiente manera:

1. Pavlov estimuló un gran número de investigaciones experimentales con el método del estímulo pareado, con todo tipo de organismos, durante toda la vida de éstos y con una gran variedad de estímulos y de respuestas. Razran estimó que para 1965 se habían efectuado alrededor de 6 000 experimentos usando el paradigma exacto del condicionamiento clásico de Pavlov; estos experimentos se difundieron al menos en 29 idiomas, pero más frecuentemente en ruso y en inglés.

2. Pavlov transformó la noción general del aprendizaje por asociación mediante el condicionamiento en un área sumamente paramétrica de estudio; es decir, las influencias cuantitativas sobre el condicionamiento le interesaron desde el comienzo. Un ejemplo es la persistencia de sus términos para definir las variables significativas. En el glosario de términos de Kimble (1961), relativo al condicionamiento y al aprendizaje, 31 se atribuyen a Pavlov y 29 a todos los demás psicólogos.

3. El científico ruso logró que el reflejo condicionado se adoptara como la unidad básica más conveniente para la totalidad del aprendizaje. Aunque tal conveniencia es motivo de algunas polémicas y otras unidades compiten con ella (mientras que algunas autoridades cuestionan la existencia de esa unidad básica), no hay duda de que ocupó un prominente lugar durante muchos años.

4. Al introducir la noción del segundo sistema de señales, privativo del ser humano, Pavlov evitó que el sistema se congelara en un nivel reduccionista improductivo, en el cual no se haría distinción alguna entre el aprendizaje animal y el humano. Por extraño que parezca, acusó a los psicólogos estadounidenses de exagerada simplificación y de no estar en armonía con la complejidad de los hechos reales.

5. El constante interés de Pavlov por la psicopatología, iniciado en 1903 pero que se puso de manifiesto particularmente en los últimos años de su vida, abrió la posibilidad de fructíferas reconciliaciones entre la teoría del aprendizaje y la psiquiatría. Razran observa que de los seis volúmenes en ruso en los que se reseñan los seminarios de los miércoles de Pavlov, tres de ellos, que abarcan 1 716 páginas, son informes de demostraciones clínicas en las cuales participó.

6. Incluso apareció y se estudió el paradigma del condicionamiento instrumental, se descubrió que la mayor parte de los parámetros encontrados en el paradigma del condicionamiento clásico aún permanecían vigentes. A pesar de algunas diferencias, los hechos fundamentales del reforzamiento, la extinción, la generalización, etc., son válidos. Skinner, quien difícilmente puede considerarse un pavloviano, emplea muchos de los términos del científico ruso para describir las relaciones funcionales dentro de su variedad de condicionamiento operante. Aunque fue mucho más allá en el estudio de los programas de reforzamiento, los primeros experimentos acerca del reforzamiento intermitente se realizaron en la línea establecida por Pavlov. Como el aprendizaje recompensado —que se ajustaban mejor al paradigma instrumental que al clásico— era característica de los estudios estadounidenses del aprendizaje animal, el trabajo de Pavlov se hizo más aceptable cuando se descubrió que la mayor parte de los principios también resultaban válidos dentro del condicionamiento instrumental.

La influencia de Pavlov en los psicólogos

Al intentar hacer estudios puramente objetivos, Pavlov se anticipó al conductismo estadounidense y después contribuyó a su tradición. Aunque permaneció estrictamente dentro de los marcos de la fisiología, como él la entendía, era consciente de que trataba con problemas esencialmente psicológicos, y en sus seminarios de los miércoles hizo muchas referencias a las obras de los psicólogos que había leído. Tenía en gran estima a E. L. Thorndike, y pensaba que en algunos aspectos el trabajo de éste se había anticipado al suyo.

En lo que concierne a su influencia en la psicología de los Estados Unidos, según testimonios de los mismos psicólogos estadounidenses, Pavlov se encuentra junto a Freud y a Wundt (Coan y Zagona, 1962). Por lo tanto, compete al estudiante de la teoría del aprendizaje conocer algunos detalles acerca del científico creador de muchos de los conceptos de la psicología contemporánea, especialmente en el campo del aprendizaje.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Las siguientes fuentes inglesas abarcan la mayor parte de los mejores escritos de Pavlov:

Pavlov, I. P., *Conditioned reflexes*, 1927.
Pavlov, I. P., *Lectures on conditioned reflexes*, 1928.
Pavlov, I. P., *Conditioned reflexes and psychiatry*, 1941.
Pavlov, I. P., *Selected works*, 1955.
Pavlov, I. P., *Experimental psychology and other essays*, 1957.

Como una breve introducción al trabajo de Pavlov, se recomienda al lector interesado ocuparse de sus propios resúmenes. Su primer ensayo (1903) "Experimental psychology and psychopathology in animals" tiene la calidad de los posteriores; esto podrá verse en Pavlov (1928), págs. 47-60 y en Pavlov (1955), págs. 245-70. Se encontrará un capítulo escrito por un fiel seguidor de Pavlov, Gantt, W. H. (1965), "Pavlov's system," en B.B. Wolman y E. Nagel (dirs.), *Scientific psychology* (1965), págs. 127-29.

Entre los libros que continuaron dentro de la tradición experimental iniciada por Pavlov, pero que hicieron sus propias contribuciones, se encuentran:

Bykov, K. M. *The cerebral cortex and the internal organs*, 1957.
Gray, J. A. (dir.), *Pavlov's typology*, 1964.
Konorski, J., *Conditioned reflexes and neuron organization*, 1948.
Luria, A. R., *Higher cortical functions in man*, 1966.
Razran, G., *Mind in evolution:* An *EastWest synthesis of learned behavior and cognition*, 1971.

Respecto al material biográfico acerca de Pavlov:

Babkin, B. P., *Pavlov: A biography*, 1949.
Frolov, Y. P., *Pavlov and his school*, 1937.

Los siguientes libros demuestran que aún existe un gran interés en el paradigma condicionador clásico, a pesar de que en los laboratorios estadounidenses la experimentación se ha apartado de éste:

Black, A. y Prokasy, W.F. (dirs.), *Classical conditioning II*, 1972.
Estes, W. K. (dir.), *Handbook of learning and cognitive processes; vol. 2: Conditioning and behavior theory*, 1975.
Geis, G. L., Stebbins, W. C. y Lundin, R. W., *Reflexes and conditioned reflexes: A basic systems program*, 1965.
Kimble, G. A., *Hilgard and Marquis' conditioning and learning*, 1961.
Macintosh, N. J. y Honig, W. K. (dirs.), *Fundamental issues in associative learning*, 1971.
Prokasy, W.F. (dir.), *Classical conditioning: A symposium*, 1965.

Universidad
ISEC
BIBLIOTECA

4 El condicionamiento contiguo de Guthrie

En algunos aspectos, el sistema que propone Edwin R. Guthrie (1886-1959) se deriva de modo natural de los de Thorndike y Pavlov. Se trata de una psicología objetiva de asociación de estímulo y respuesta, que emplea los términos de la respuesta condicionada provenientes de Pavlov, al tiempo que es práctica y relevante a la manera de Thorndike. Pero en otros aspectos, las interpretaciones del aprendizaje son muy distintas: son estas similitudes y diferencias las que plantean problemas a la teoría del aprendizaje.

GUTHRIE, THORNDIKE, PAVLOV, Y EL CONDUCTISMO

Thorndike aceptaba dos tipos de aprendizaje: 1. selección de respuestas y conexión con los estímulos de acuerdo con la ley del efecto; y 2. cambio por asociación, en el cual una respuesta a un estímulo varía hacia otro estímulo pareado con éste. Para Thorndike, el cambio por asociación es un principio subsidiario, y en gran medida el fundamental trabajo se lleva a cabo mediante la selección y la conexión (o aprendizaje por ensayo y error). Para Guthrie, por el contrario, una concepción como el cambio por asociación devino la piedra angular de su sistema. Guthrie no acepta la ley del efecto en el sentido que le daba Thorndike, y ésta es la separación básica entre ambos sistemas.

Guthrie fue un conductista de vanguardia. Suele pensarse que el conductismo como escuela psicológica se originó con John B. Watson (1878-1958), que en 1913 postuló la posición conductista y se convirtió en su principal vocero durante varios años, hasta que su participación en un escándalo de adulterio lo obligó a renunciar a la academia y a aceptar un empleo en la publicidad comercial. Los conductistas, entonces y ahora, tenían y tienen en común la convicción de que una ciencia de la psicología debe basarse en el estudio de lo que es observable, los estímulos físicos

y los movimientos musculares y secreciones glandulares que esos estímulos producen. Los conductistas han diferido entre sí en cuanto a lo que pueda deducirse además de lo que se mide, pero todos excluyen la autoobservación (introspección) como un legítimo método científico. (Sin embargo, si se estudia como conducta verbal, puede salvarse para la investigación gran parte de lo que se denomina introspección.) De cierta manera como protección contra un uso indirecto de la introspección, los conductistas tienden a preferir la experimentación con animales e infantes humanos. Se conciben a sí mismos como biólogos interesados por la forma en que se comportan los organismos en diversas circunstancias.

La obra de Watson *Behavior: An introduction to comparative psychology* (1914) fue el primer texto que siguió a la publicación de su nueva posición. En él intenta refutar la ley del efecto, de Thorndike, y sustituirla por las leyes de la frecuencia y de la recencia. Creía que el aprendizaje animal, como en el laberinto o en la caja-problema, podría explicarse de acuerdo con lo que se había llevado a hacer al animal con mayor frecuencia en esa situación, y donde el acto más reciente se recordaba mejor. Como el acto exitoso era el más frecuente y el más reciente (ocurría al final de cada ensayo en la caja-problema), su recurrencia en el siguiente ensayo podía explicarse sin acudir a un principio agregado de efectos recompensantes. Esta negación del efecto era parte de su programa para deshacerse de la subjetividad residual —que consideraba implícita en los conceptos de Thornidke— de los satisfactores y las molestias. Aunque la teoría de la frecuencia-recencia no resistió las críticas (Gengerelli, 1928; Peterson, 1922), pone de relieve el deseo de Watson de encontrar leyes objetivas que sustituyesen a las que tuvieran incluso un leve tinte de subjetivismo.

El conductista sabe qué otros eventos intervienen entre los estímulos medidos y la respuesta a éstos. A fin de preservar una posición coherente, se postula que estos eventos intervinientes son muy parecidos a los observados; es decir, los pensamientos o las expectativas se representan como secuencias *implícitas* o *encubiertas* de estímulo y respuesta. En sus primeros estudios acerca del aprendizaje de hábitos de laberinto por parte de las ratas, Watson (1907) atribuyó gran importancia a los *estímulos kinestésicos* como integradores de los hábitos intervinientes en el recorrido del laberinto. Como los estímulos kinestésicos ocurren durante los movimientos del organismo, encajan muy bien en una psicología conductual u orientada a la respuesta. Los procesos no observados que se infieren ocurren entre los estímulos y las respuestas, y constan de movimientos subliminales y de estímulos producidos por movimiento.

Este acento en la kinestesia como integradora del aprendizaje animal le fue muy útil a Watson cuando teorizó acerca de los procesos del pensamiento humano. Decidió que el pensamiento era fundamentalmente una cuestión de lenguaje implícito; es decir, de hablarse a sí mismo. Conjeturó que instrumentos suficientemente sensibles detectarían los movimientos de la lengua o cualquier otro movimiento que acompañara al pensamiento. Desarrollos técnicos posteriores apoyaron parcialmente a esta "respuesta en miniatura" que acompaña al pensamiento (véanse las reseñas en McGuigan y Schoonover, 1973). Watson logró así sostener la consistencia de su posición conductista sin negar que el pensamiento sigue en marcha. Más tarde comprendió que el reflejo condicionado de Pavlov servía como un paradigma útil para el aprendizaje (Watson, 1916). Como se desarrolló a partir de la tradición objetiva de la fisiología rusa, se ajustaba a su temperamento y lo adop-

tó con entusiasmo. En sus últimas obras, el reflejo condicionado era central para el aprendizaje, en tanto unidad a partir de la cual se forman los hábitos.

El texto general de Watson, *Psychology from the standpoint of a behaviorist*, se publicó en 1919, y muy pronto le siguieron otros libros escritos desde una perspectiva declaradamente conductista. Entre ellos se cuenta la obra de Smith y Guthrie *General psychology in terms of behavior* (1921). A la manera de Watson, en el texto se enfoca a la psicología desde un punto de vista conductual, y se utilizan los principios del condicionamiento. También se recalcan los estímulos producidos por el movimiento como el sustrato de una gran parte de la acción habilidosa. Smith y Guthrie mostraban menos interés que Watson en los detalles experimentales y neurofisiológicos, y en su lugar presentaban una plausible interpretación de la experiencia ordinaria desde la perspectiva conductista. Las obras posteriores de Guthrie preservan los lineamientos del libro que escribiera conjuntamente con Smith.

Indudablemente influido por Watson, Guthrie comenzó a usar el lenguaje del condicionamiento en su psicología conductista, pero prefirió emplear lo que se conocía acerca de los reflejos condicionados de una manera muy distinta de la de aquél. Watson utilizaba el experimento de Pavlov como un paradigma del aprendizaje, y para él la unidad del hábito era el reflejo condicionado, alrededor del cual construyó todo su sistema. A diferencia de Watson, Guthrie, empezó con un principio de condicionamiento o aprendizaje asociativo, principio que no depende estrictamente del tipo de experimento de Pavlov. De hecho, este último criticaba a Guthrie por su énfasis en el principio de la contigüidad, sin preocuparse lo bastante por las numerosas complejidades dentro del condicionamiento (Pavlov, 1932). Guthrie (1934) respondió que Pavlov defendía una forma de aprendizaje sumamente artificial, y que lo que se había descubierto en sus experimentos debía explicarse de acuerdo con un principio más general.

CONTIGÜIDAD DE INDICIO Y RESPUESTA: ÚNICA LEY DE LA ASOCIACIÓN

La única ley del aprendizaje de Guthrie, a partir de la cual se comprendería todo lo referido al aprendizaje, se estipula en los siguientes términos: "Una combinación de estímulos que estuvo acompañada por un movimiento, al repetirse tiende a ir seguida de ese movimiento" (1935, pág. 26).[1]

Hay una elegante sencillez en ese enunciado, en el cual no se mencionan los impulsos, las sucesivas repeticiones, las recompensas o los castigos; estímulos y movimientos en conjunción simultánea: eso es todo. Este principio sirve de fundamento a una teoría del aprendizaje ingeniosa y cautivante.

Se necesita de un segundo enunciado para completar los postulados básicos acerca del aprendizaje: "Un patrón de estímulo cobra toda su fuerza asociativa cuando se parea por primera vez con una respuesta" (1942 pág. 30). Es decir, el aprendizaje debería producirse en un solo ensayo, a manera de todo o nada.

Esta declaración un tanto paradójica, en vista del mejoramiento innegable en los hábitos gracias a la práctica, es un aditamento necesario para la teoría, ya que per-

[1]Cuando las citas de Guthrie permanezcan inalterables entre las ediciones de 1935 y 1952 de su libro, sólo se citará la primera.

mite enunciar algunos postulados derivados acerca del aprendizaje y el olvido. Veamos cómo explicaba Guthrie el aprendizaje gradual.

Tales postulados plantean un cierto *principio de recencia*, ya que si el aprendizaje ocurre por completo en un ensayo, aquel que se produjo en último término (el más reciente) en presencia de una combinación de estímulo será el que se lleve a cabo cuando la combinación de estímulo ocurra de nuevo. Es así que este principio propone que la interferencia retroactiva (véase capítulo 6) se completaría en un ensayo.

¿Cómo podría Guthrie demostrar que las formas más complicadas del aprendizaje se ajustan a estos simples principios? Su problema consiste en demostrar que el aprendizaje complejo o el aprendizaje de discernimiento e intencional puede derivarse de estos principios básicos, junto con suposiciones auxiliares. La tarea de Guthrie consistía en demostrar que cada una de estas formas no requiere de nuevos principios de explicación, más allá de la ley primaria de la asociación por contigüidad.

Por qué no es esencial la estricta contigüidad del estímulo y la respuesta medidos

Una variable importante en los experimentos de condicionamiento estándar es el intervalo temporal que media entre el estímulo condicionado y la respuesta incondicionada. Como vimos en la figura 3.5, los resultados empíricos sugieren un gradiente, con un intervalo más favorable e intervalos menos favorables a ambos lados de ese intervalo óptimo. Éste oscila entre medio y varios segundos, lo cual depende del sistema de respuesta condicionada y de la medición del condicionamiento.

Guthrie defendió la estricta simultaneidad del estímulo y la respuesta frente a tales datos al proponer que el estímulo que se condiciona no es el estímulo que se mide. Un estímulo externo da lugar a movimientos del organismo que, a su vez, producen estímulos kinestésicos. Cuando parecen formarse asociaciones entre los estímulos y las respuestas separadas en el tiempo, se debe a que tales movimientos intervinientes llenan el vacío: la verdadera asociación se da entre eventos simultáneos. (Este análisis en realidad no explica el hecho de que un intervalo *EC-EI* de longitud intermedia es el óptimo para el aprendizaje; véase la figura 3.5.) Se usaría el mismo análisis para explicar cómo aprende un animal a demorar deliberadamente su respuesta a una señal, a fin de obtener la recompensa; la señal activa una cadena de conductas postergadas que introducen al animal directamente al punto de reforzamiento.

En el sistema de Guthrie hay una marcada preferencia por los estímulos *producidos por movimiento* como los verdaderos condicionadores. Éstos permiten la integración de los hábitos dentro de una amplia gama de cambios ambientales y de estimulación, ya que el mismo organismo transmite estos estímulos. Como hemos visto, parte de esta preferencia se remonta al énfasis inicial de Watson (1907) en la kinestesia como base del control del hábito del laberinto, una posición que ya no es sostenible.[2] Tales estímulos encubiertos producidos por el movimiento generan

[2]Honzik (1936) descubrió que la kinestesia era uno de los controles sensoriales menos útiles en el hábito del laberinto.

explicaciones instantáneas acerca de la conducta que no pueden inferirse de las relaciones externas de estímulo y respuesta. Desafortunadamente, constituyen una base muy débil para fundamentar la posición de un conductista.

Por qué la repetición produce mejoramiento

Guthrie tenía dos maneras de inferir el aparente mejoramiento gradual, una de ellas basada en la variabilidad de ensayo-a-ensayo en el estímulo exacto presente para la respuesta, y la otra sustentada en la complejidad de la conducta total agrupada como la "respuesta" de interés. Según este segundo argumento, la razón por la cual la práctica da lugar al mejoramiento es que este último y otras formas de éxito se refieren a actos, a resultados de aprendizajes, más que a los pequeños detalles de los *movimientos*. Guthrie creía que su preferencia por los pequeños componentes de los patrones del movimiento, y de la predicción de movimientos, era casi única entre los teóricos del aprendizaje; decía que otros se interesaban en los grandes logros y en los resultados a gran escala de un tipo u otro. Se diferenciaba de Thorndike, por ejemplo, en que éste se inclinaba por las puntuaciones de sus sujetos en tareas: por palabras aprendidas, páginas escritas a máquina o respuestas correctas. Guthrie prefería los detalles finos de movimiento del organismo, independientemente de que condujeran al error o al éxito.

Una habilidad —como la de meter una pelota en la red en un juego de baloncesto— no es sólo un acto sino muchos. No depende de un solo movimiento muscular sino de un cierto número de movimientos realizados en cierto número de circunstancias distintas. Cualquier movimiento puede aprenderse en cualquier ensayo, pero aprender todos los movimientos que requiere esa complicada habilidad necesita de la práctica en las diferentes situaciones: cerca y lejos del cesto, en un lado y en el otro, con una defensa cerca o sin ella. La práctica es necesaria; pero tiene sus consecuencias, no según una ley de frecuencia sino de acuerdo con el simple principio de la vinculación de indicios a movimientos. Cuanto más variados sean los movimientos necesarios para ejecutar un acto dado de habilidad, y cuanto más lo sean los indicios que deben asimilarse con estos movimientos, más práctica se requerirá. No hay ningún misterio alrededor del tiempo que insume aprender a usar una máquina de escribir: hay tantas teclas en tantas combinaciones que requieren de la vinculación de muchísimos indicios a una gran cantidad de respuestas. Concomitantemente, es necesario deshacerse de las asociaciones equivocadas que conducen a lo que desde el punto de vista del logro constituye un error. Esto se obtiene al hacer que la conducta correcta se produzca frente al indicio que antes dio lugar a la conducta errónea. Cuando por último todos los indicios conduzcan a conductas aceptables la tarea se ha dominado. La aparente contradicción entre el aprendizaje de un solo ensayo y la experiencia real de dolorosos desaciertos antes del éxito se resuelve cuando la tarea de habilidad se considera compuesta de un gran número de hábitos.

Como hemos dicho, incluso cuando una respuesta aparentemente simple (como la salivación) debía aprenderse para un *EC* simple como una campana, Guthrie invocó la variabilidad de ensayo a ensayo en el estímulo preciso para el animal: el perro podría cambiar de postura, abrir o cerrar los ojos, sufrir un piquete de pulga que lo irritara en algunos ensayos, escuchar un ruido aislado fuera del laboratorio, etcétera. Suponiendo que estos elementos de estímulo son activos en algunos ensayos e

inactivos en otros, que sólo los elementos activos determinan la respuesta y pueden ser condicionados en un ensayo dado, la teoría es capaz de derivar una curva de aprendizaje gradual incluso para una situación de condicionamiento simple. Estas premisas son exactamente las que fundamentan la *teoría del muestreo de estímulo*, de Estes, que se examinará en el capítulo 8.

Interferencia asociativa, olvido y ruptura de hábitos

La extinción es uno de los resultados de los experimentos de condicionamiento que requiere de explicación. Como las respuestas deberían permanecer fieles a sus indicios, Guthrie no podía estar de acuerdo en que la extinción constituye una disminución en la fuerza del hábito debida a la mera repetición no reforzada. En su opinión, la extinción siempre es un resultado de la competencia o interferencia asociativa; es decir, se produce mediante el aprendizaje de una respuesta diferente de la situación de estímulo e incompatible con ella. La suya es una teoría de la interferencia y por ende no requiere de principios nuevos, ya que el aprendizaje original y el de interferencia siguen las mismas reglas. Su teoría nos lleva a buscar nuevos estímulos, presentes en la extinción, que no fueron condicionados durante el entrenamiento, en tanto, éstos servirían para provocar respuestas distintas de la *RC*.

Por ejemplo, durante la adquisición, por lo general el *EC* aparecía en presencia de huellas de estímulos del *EI* y del *RI* del ensayo inmediatamente anterior; sin embargo, estas huellas del *EI* y de la *RI* por lo común están ausentes durante la extinción, y por eso la huella *EC*-sin-*EI* forma un nuevo patrón que podría evocar alguna respuesta incompatible con la *RC*. Y de acuerdo con el postulado del aprendizaje de un ensayo, ese pareamiento basta para condicionar la respuesta competidora al *EC*.

Guthrie explica el olvido de la misma manera. Si no hubiera interferencia con el aprendizaje antiguo, no se produciría el olvido. Esta posición es una forma extrema de la teoría de la inhibición retroactiva del olvido, que se verá en el capítulo 6. Por ejemplo, se ha demostrado que las respuestas condicionadas, aun cuando en algunos aspectos parezcan frágiles, son en realidad muy resistentes al olvido (Hilgard y Campbell, 1936; Skinner, 1950; Wendt, 1937). El carácter de larga duración de muchas respuestas condicionadas en el laboratorio puede entenderse como intrínseco al aprendizaje sumamente específico de indicios a los que el individuo no se enfrenta en la vida cotidiana, fuera de la situación experimental: si vivieran en esa situación, sus respuestas estarían sujetas a mayor número de interferencias. Además, en el experimento típico de condicionamiento, la persona se somete a una gran cantidad de ensayos para asociar un *EC* particular con un solo *EI*. Sin lugar a dudas, se suscitaría mucho más olvido de las *RC* simples con menos práctica y aprendizaje concurrente de, digamos, veinte *EC* diferentes pareados con la presencia o ausencia de diez distintos *EI*. Esto se aproxima más a la complejidad de la tarea de las asociaciones verbales múltiples, que se sabe conduce a un gran olvido.

Si se desea romper un hábito (es decir, acelerar su sustitución) sólo es necesario causar contramovimientos que se produzcan en presencia de los indicios para el hábito. El problema de localizar los indicios y de reemplazar la contracon-

ducta a menudo insume tiempo, ya que muchos indicios pueden conducir a un hábito indeseable.

> El hábito de beber o de fumar después de años de práctica constituyen sistemas de acción que pueden ponerse en marcha con miles de recordatorios. ... Una vez tuve un visitante a quien le expliqué que la manzana que acababa de comer era un dispositivo espléndido para no fumar un cigarrillo. El visitante observó que en ese momento yo estaba fumando. El hábito de encender un cigarrillo estaba tan vinculado con la terminación de la comida, que lo había iniciado automáticamente (Guthrie, 1935, pág. 139).

Guthrie sugería tres métodos mediante los cuales comúnmente las actividades se debilitan:[3]

1. El primero consiste en introducir el estímulo que deseamos eliminar, pero sólo en un grado muy leve que no provoca respuesta. Éste es el método para acostumbrar a un caballo a portar la silla de montar: se comienza con una manta ligera y gradualmente se agrega el equipo completo, sin permitirle que se asuste y se ponga molesto o nervioso. Se trata del *método de tolerancia*, ya que presenta al *EC* exactamente en aquel nivel (el umbral presente) que el sujeto tolera sin evocar la respuesta, y entonces el estímulo crítico se eleva de forma gradual.
2. El segundo consiste en repetir la señal completa que la respuesta original se agote, y entonces continuarla, de modo que se aprendan nuevas respuestas para la señal. Los domadores de potros de los ranchos del oeste estadounidense aplicaban esencialmente esta técnica; se le denominaba *método de agotamiento o de saturación*.
3. El tercero consiste en presentar el estímulo cuando otras características en la situación inhiban la respuesta indeseable. Un ejemplo que Guthrie proporciona es el de entrenar a un perro para que no atrape y se coma a las gallinas, atándole una muerta al cuello. A medida que la lucha por librarse del animal muerto, el perro desarrolla una respuesta de evitación de las gallinas. Otro ejemplo, que ilustra el aprendizaje mal adaptado, es la desobediencia que aprende el niño cuya madre la llama cuando está demasiado ocupado para obedecer. A esto se le denominaba *contracondicionamiento*.

Los psicoterapeutas modernos han recogido y aplicado con mucho ingenio estas técnicas para romper los hábitos indeseables, al ayudar a sus pacientes a superar problemas debilitantes de tipo emocional y conductual. Un ejemplo es lo que se denomina *desensibilización sistemática* (Wolpe, 1958), que se emplea para aliviar (extinguir) las ansiedades o fobias severas de un paciente respecto de alguna situación. Un caso típico sería el de un hombre de negocios que desea superar una fobia debilitante a viajar en avión. Con el paciente, el terapeuta identifica primero una jerarquía, o serie graduada, de situaciones ordenadas de acuerdo con su cercanía psicológica al suceso temido, en este caso, volar. Éstas podrían incluir situaciones distantes que evoquen una cierta ansiedad, como la lectura de folletos relacionados con viajes aéreos, el sostener un avión de juguete u observar a alguno que sobrevuela el lugar; a cosas más cercanas, como ir en automóvil al aeropuerto, entrar en él, acercarse al mostrador de control, hablar con la azafata, subir por la escalerilla del avión, entrar y caminar en él, sentarse mientras permanece inmó-

[3]Parafraseando a Guthrie (1935), págs. 70-73.

vil, quedarse adentro del aparato mientras se desliza por la pista, hacer vuelos cortos, emprender vuelos más largos, volar en condiciones de turbulencia, etcétera. El paciente clasifica los aspectos en esta jerarquía de generalización, de acuerdo con la ansiedad que le producen.

En la segunda fase, el terapeuta enseña al paciente las técnicas de relajamiento profundo de los músculos; esto es, cómo relajarlos por completo, cómo someter el relajamiento al contral verbal casi inmediato (decir "relájate" como en *EC* para un patrón de respuesta de relajamiento), y cómo discriminar cuándo el paciente está tenso y cuándo relajado.

En la tercera fase, el miedo que siente el paciente al *imaginar* las diversas situaciones en su jerarquía de estímulo, se extingue mediante una combinación de métodos de tolerancia y contracondicionamiento. Mientras se encuentra profundamente relajado, se le pide que imagine la situación que le produce el menor miedo en su jerarquía (por ejemplo, pedir boletos). Esto se hace en la imaginación durante varios ensayos de extinción, entonces se repite con el elemento siguiente, que provoca un miedo mayor de acuerdo con dicha jerarquía, y así sucesivamente. El paciente avanza al segundo elemento de la serie sólo si puede permanecer completamente tranquilo y relajado mientras se imagina en esa situación. Después de varias sesiones terapéuticas de una hora con este procedimiento, se imaginará a sí mismo en la situación fóbica pero sin experimentar miedo.

Cuarto, si es posible, junto con el contracondicionamiento imaginario en el consultorio del terapeuta, al paciente se le conduce también a través de una serie graduada de situaciones de la vida real, dispuestas en un orden jerárquico de miedo que conduce hasta la actividad a la que antes se temía más. Por ejemplo, el terapeuta podría acompañar al paciente al aeropuerto, mientras éste conversa con una azafata, se sienta dentro del avión, etcétera. Durante estas actividades, el terapeuta instaría al paciente a permanecer tranquilo y lo reforzaría verbalmente. Incluso si no pudieran arreglarse estos ensayos, la extinción del miedo en la situación imaginaria todavía se transfiere sustancialmente a la situación de la vida real, donde el miedo del paciente se reducirá.

En la actualidad, este procedimiento para la extinción de fobias es uno de los recursos más comunes en el arsenal de los terapeutas de la conducta. Wolpe (1958) y muchos otros investigadores han informado de tasas elevadas de "curación" con el procedimiento aplicado a una diversidad de fobias, como el temor a las alturas, a los animales, a hablar en público, a hacer un examen, a permanecer al aire libre, a los automóviles, a los encuentros sexuales, etcétera. En el laboratorio se han estudiado los componentes de este procedimiento clínico usando las fobias de localización común en estudiantes universitarios: miedo excesivo a las serpientes, a las arañas, a hablar en público, etcétera. Este procedimiento, indudablemente útil en la eliminación de un elevado porcentaje de fobias indeseadas, tiene dos componentes: al comienzo el miedo es provocado sólo por un indicio muy débil, y el indicio imaginario también se parea con el relajamiento profundo. Se presume que la "respuesta" de relajamiento es antagónica a la reacción de ansiedad ("inhibe recíprocamente" el miedo). Por lo tanto, teóricamente, el indicio débil se conecta con la respuesta de relajamiento. Debido a la generalización del estímulo, la ansiedad-inhibición condicionada al indicio más débil también reducirá el miedo provocado por el siguiente indicio en la jerarquía, y éste también puede ser cubierto o reemplazado por la respuesta antagónica de relajamiento. La idea es que si los

indicios se introducen en progresión lenta, podríamos extinguir óptimamente la reacción fóbica en toda la jerarquía de estímulos, sin la reacción de ansiedad que el paciente había experimentado antes.

Cabría preguntarse cómo se comparan los diversos métodos de extinción; por ejemplo, en su efectividad para reducir un hábito *EC-RC* dentro de un número determinado de ensayos o un periodo fijo de tiempo. Poppen (1968) proporcionó una primera comparación de varias técnicas puras y sus combinaciones para extinguir en ratas el miedo evocado por un tono que se había pareado con una descarga eléctrica. Descubrió que la técnica de tolerancia-más-contracondicionamiento era la de mayor eficacia, mientras que el procedimiento de extinción típico (la mera presentación breve del *EC* sin descarga eléctrica) era el menos eficiente. Diferentes fobias neuróticas pueden desaparecer a partir de distintos métodos. Así, Rachman, Hodgson y Marks (1971) encontraron que la *saturación* es el método más efectivo para reducir las compulsiones obsesivas (como la de lavarse las manos). Bandura (1977*b*) descubrió que el alentar al paciente a responder abiertamente a una jerarquía graduada de estímulos amenazantes conducía a una extinción más rápida de la fobia a las serpientes, que el método de imaginar sencillamente esas actividades. Éstas son tan solo algunas de las secuelas de la especulación de Guthrie en torno a la mera de romper los hábitos.

LAS APRECIACIONES DE GUTHRIE ACERCA DE LA MOTIVACIÓN, LAS INTENCIONES, LAS RECOMPENSAS Y EL CASTIGO

Motivo

El estado motivacional del organismo, el hambre, la sed, o su estado de comodidad o incomodidad, carecía de un lugar formal en la teoría del aprendizaje de Guthrie; el estado motivacional únicamente es relevante porque determina la presencia y el vigor de los movimientos que puedan conformar conexiones asociativas. El motivo sólo es importante para las secuencias de estímulo-respuesta que ocurren, específicamente las secuencias de respuesta consumatoria como comer, beber, aparearse, etcétera. Los movimientos que se suscitan se asocian a los indicios coincidentes; si un gato hambriento actúa de modo distinto que uno bien alimentado, sus movimientos son diferentes y su aprendizaje también puede serlo. Aprende lo que hace y esto es más importante que su estado motivacional en ese momento.

Sin embargo, los motivos son primordiales para proporcionar *estímulos de mantenimiento,* que tienen al organimso activo hasta que alcanza una meta, la cual elimina dichos estímulos y concluye con la actividad (Guthrie, 1942, pág. 18). Guthrie creía que estos estímulos tienden a mantener integrada una serie de actos, y explican la expectativa de los objetos meta (por ejemplo, comida para satisfacer el hambre), por la conducta caracterizada por intención o propósito.

Intención

Al parecer la conducta se organiza en secuencias en las cuales las personas (o los organismos inferiores) formulan planes y los llevan a la práctica, o al menos comienzan a ejecutarlos. Guthrie era consciente de esto y examinó el aprendizaje con intención y sin ella (1935, págs. 202 a 211). Su posición consistía en analizar la planeación en términos de mecanismos *E-R*.

Él y Smith adherían a los lineamientos de Sherrington y Woodworth de considerar a las secuencias de conductas como si estuviesen compuestas de respuestas preparatorias seguidas de respuestas consumatorias (Smith y Guthrie, 1921; Sherrington, 1906; Woodworth, 1918). Desde el exterior estos actos parecen ser intencionales, ya que los primeros ajustes están claramente preparados para las consecuencias que seguirán. Se dice que estas respuestas anticipatorias o reacciones de preparación están condicionadas a estímulos de mantenimiento.

El caso típico es el de una rata hambrienta que corre por un pasadizo estrecho hacia la comida situada en uno de sus extremos. La actividad se mantiene mediante los estímulos internos excitados por la privación de alimento, a los cuales la conducta de correr y comer ya ha sido condicionada. Es decir, la rata encontró comida en algún momento anterior a esta situación después de correr mientras tenía hambre. Tales estímulos internos, aunados a los estímulos del pasadizo (si éste condujo antes al alimento), mantienen la conducta de correr en contra de respuestas competidoras, como la de detenerse a explorar. La salivación anticipada o los movimientos de mascar imprimen carácter direccional al comportamiento. Toda la expectativa de alimento se cumple si hay comida al final del laberinto. Como los estímulos del hambre y de la anticipación se han elimidado y al animal se le retira del laberinto, todo el aprendizaje queda intacto para un ensayo posterior. Este paradigma proporciona un medio para que también nos refiramos a las intenciones y propósitos del ser humano.

> La esencia de una intención es un conjunto de estímulos de mantenimiento que pueden o no incluir fuentes de inquietud como la sed o el hambre, pero que siempre incluyen tendencias de acción condicionadas durante una experiencia pasada: una disposición favorable para hablar, para ir, para leer, y en cada caso un estado de preparación no sólo para el acto sino también para sus consecuencias previamente ensayadas. Estas actitudes favorables no son actos completos, sino que consisten en tensiones de los músculos que intervendrán en el acto completo (Guthrie 1935, págs. 205-206).

Esta declaración se acerca considerablemente al punto de vista que aceptan autores con teorías muy distintas acerca del aprendizaje. La única característica que la mantiene dentro de los límites de la teoría de Guthrie es que la totalidad de los estados de preparación, incluyendo el de preparación para las "consecuencias previamente experimentadas del acto", se considera como tensiones de los músculos. Esta premisa, característica de la posición conductista acerca de los eventos cognoscitivos, pertenece al campo de la conjetura más que al de la evidencia.

Recompensa

Aunque como casi todo el mundo Guthrie creía que las recompensas influyen en los resultados, su rechazo de la ley del efecto y del principio del reforzamiento en el condicionamiento se basa en la posición de que no hay nada nuevo que se sume al aprendizaje asociativo por recompensas, a excepción de un tipo particular de arreglo mecánico. Este arreglo, que coloca la recompensa al final de una serie de actos, aparta al organismo de los estímulos (tanto internos como externos) que actúan justo antes de la recompensa. Por lo tanto, como la respuesta recompensada es la última en ocurrir al culminar un ensayo, las respuestas competidoras no tienen oportunidad de producirse frente a los estímulos del aparato, y así desplazar a la respuesta (correcta) final. En vez de que la recompensa fortalezca a la conduc-

ta, la protege contra la formación de nuevas asociaciones a los *mismos* estímulos. La respuesta exitosa era igualmente fuerte antes de que ocurriese la recompensa, pero si no ha habido ninguna recompensa, se habría evocado una nueva conducta en la misma situación, lo cual da lugar al desplazamiento de la respuesta correcta por otras irrelevantes que se asociarían con los estímulos experimentales. El acto que conduce a la recompensa, como es el último en la situación problema, es el favorecido cuando la situación se repite. Guthrie era muy explícito en torno a esta cuestión. Acerca de un animal que escapaba de una caja problema decía:

> *La posición que se asume en este artículo es que el animal aprende a escapar con su primer escape.* Este aprendizaje está protegido del olvido porque el escape aleja al animal de la situación en la cual no tiene oportunidad de adquirir nuevas asociaciones.
>
> (Acerca de la apertura del cerrojo seguida de comida.) *Encontrar la comida no intensifica una forma previa de comportamiento, sino que la protege de no ser aprendida.* La comida cambia de tal modo toda la situación y la acción del animal, que la situación previa a la comida es protegida de nuevas asociaciones. Éstas no pueden establecerse sino en el interior de la caja, y en ausencia del comportamiento que antecedió a la apertura del cerrojo (1940, págs. 144-145).

Aunque ésta es la posición fundamental en lo que respecta a la recompensa, y fue frecuentemente reiterada en oposición a la ley del efecto e interpretaciones relacionadas con ella, cuando examinamos la totalidad del sistema de Guthrie se advierte que la recompensa es un tanto más complicada. El primer (y primordial) papel de la recompensa consiste en sacar al animal de la situación problema y así evitar el no aprendizaje. Pero debido al principio de la asociación, el animal también aprende la actividad que ejecuta en presencia de la recompensa (por ejemplo, mascar y salivar frente a la comida), y este comportamiento tiende a ser evocado por el hambre renovada y por cualquiera de los indicios de la situación de condicionamiento que pueden haber persistido mientras tenía lugar el comportamiento recompensado.

> . . . Sin embargo, hay un acto para el cual el hambre permanece como un condicionador constante: el acto de comer; y la constancia del hambre a esta asociación se deriva del hecho de que el hambre desaparece al comer. Como Stevenson Smith y yo señalamos en nuestra obra *General Psychology,* los elementos de la respuesta consumatoria tienden a estar presentes en toda una serie de acciones impulsadas por un estímulo de mantenimiento (1935, págs. 151-152).
>
> Las contracciones del hambre no sólo tienden a excitar a los movimientos generales de comer, sino que los movimientos específicos que exige la naturaleza particular del alimento son posibles de modo manifiesto. Así, cuando la rata corre por el laberinto está lista para cualquier recompensa que haya recibido en el pasado, semillas de calabaza o masa de salvado. Esta disposición favorable es una disposición muscular real. . . (1935, pág. 173).

Guthrie estipula aquí algunos aspectos de la hipótesis de la reducción del impulso: las recompensas (al menos al comer) actúan al cambiar los estados de impulso internos (se eliminan los indicios de hambre), y algunos aspectos de la interpretación "de recompensa anticipada" de la acción del reforzamiento. La interpretación de Guthrie acerca de la recompensa es al mismo tiempo ambigua, provocativa, y una fuente de frecuentes ataques a su posición. Algunos eventos reforzantes se interpretan claramente en términos del cambio de estímulo a

continuación de la respuesta crítica. Por ejemplo, en el aprendizaje humano por asociación, el sujeto generalmente ensaya la respuesta correcta a cada estímulo antes de que se presente el siguiente reactivo, con lo cual se asegura que la respuesta correcta era la última al estímulo antes de que éste cambiara. O, en una situación de aprendizaje de evitación, los animales aprenden más rápido cuanto mayor sea el cambio en la situación atemorizante inmediatamente después de que responden (Bower, Starr y Lazarovitz, 1965). El problema con las situaciones que implican cambio de estímulo como recompensa es que pueden interpretarse con facilidad mediante otras teorías. Así, por ejemplo, una teoría que presupone que las respuestas de evitación son reforzadas por la reducción de la ansiedad, también podría manejar los resultados: cuanto mayor fuera el cambio alejándose del *EC* directamente condicionado al miedo, mayor sería la pérdida del miedo debido a la generalización al estímulo posterior al *RC* por lo tanto, mayor sería la reducción del miedo y el reforzamiento a continuación de la respuesta. Así, tales resultados no proporcionan evidencia diferencial en favor de la hipótesis de reforzamiento de Guthrie.

La hipótesis de Guthrie sugiere una variedad de operaciones experimentales que resultan no ser nada recompensantes. Podemos disponer ciertos cambios radicales en el ambiente para que tengan lugar inmediatamente después de que una rata oprima una palanca, como el hecho de que reciba una descarga electroconvulsiva, o hacer que se habra el piso debajo de ella, agitar de repente la caja o taparla con una bolsa de tela negra; eventos como éstos sencillamente no actúan como recompensas, aunque los psicólogos han argumentado que la teoría de Guthrie predice que deberían actuar como tales. Los guthrianos arguyen que estos eventos abruptos no parecen actuar como recompensas porque provocan respuestas competidoras que se condicionan a la situación e interfieren con la respuesta instrumental. Pero raras veces se han medido las respuestas competidas cruciales para apoyar dichos argumentos. La estabilidad esencial de la hipótesis del cambio de estímulo de la recompensa ha llevado a guthrianos contemporáneos a descartarla en favor de una *excitación condicionada*, o interpretación motivacional de la acción de las recompensas. Esta teoría se examinará más adelante, en este mismo capítulo.

Castigo

Según Guthrie, la primera interpretación del castigo es la misma que para cualquier otra pizca (*bit*) de aprendizaje asociativo: los organismos tienden a hacer lo que anteriormente hicieron en las mismas circunstancias.

> ...Sentarse sobre tachuelas no desalienta al aprendizaje. Lo anima a uno a aprender, a hacer algo más que estarse sentado. No es el sentimiento causado por el castigo, sino la acción específica que provoca la que determina lo que se aprenderá. Para entrenar a un perro a saltar por un aro, la efectividad del castigo depende del lugar en que se aplique, si en el frente o en la parte trasera. Lo que cuenta es lo que el castigo obliga a hacer al perro o a un hombre, no lo que le hace sentir (1935, pág. 158).
>
> Podemos predecir que la influencia de los estímulos que actúan en el momento de la satisfacción o de la molestia servirá para restablecer cualquier conducta que fuera evidente en ese momento (1935, pág. 154).

Si Guthrie se hubiese detenido en declaraciones de este tipo, habría parecido que trataba la recompensa y el castigo de forma simétrica. Sin lugar a dudas, el

castigo y la recompensa cambian una situación de modo muy notable. Por lo tanto, cabría inferir que toda la conducta que antecede permanecería intacta al ser protegida del nuevo aprendizaje mediante las condiciones alteradas del castigo, así como por las condiciones alteradas de la recompensa.

Como hemos visto en párrafos anteriores, la simetría en el tratamiento de la recompensa y del castigo es un tanto ilusoria, ya que "hacer lo que usted hizo al final" alude a partes muy diferentes del ciclo de comportamiento, que dependen de si la referencia alude a la recompensa o al castigo. El "lo que usted hizo al final" que permanece en su repertorio conductual debido a la recompensa, es lo que usted hizo *justo antes* de que apareciese la recompensa: "lo que usted hizo al final" en el caso del castigo, se refiere a lo que hizo *exactamente después* de que comenzara el castigo y en el momento de que concluyera con el escape. El castigo produce *estímulos de mantenimiento* que se mitigan por un movimiento posterior que da lugar al alivio:

> ...Un animal en una rejilla electrificada, un muchacho descalzo en el pavimento caliente, un hombre sentado sobre una tachuela, tienen como objetivo el escape de la intensa estimulación que causa tensión general e inquietud, así como movimiento específico. Estos estímulos continúan actuando como lo que Stevenson Smith y yo denominamos estímulos de mantenimiento, hasta que algún movimiento aparta al sujeto de la fuente de estimulación o ésta se retira del sujeto (1935, pág. 165).

Cuando dichos estímulos se eliminan, estamos frente a las circunstancias que definen a la recompensa en la teoría de Guthrie; si allí terminara todo, la conducta anterior permanecería intacta. A este tipo de alivio del castigo se le ha denominado *aprendizaje de escape* para distinguirlo del *aprendizaje de evitación*, que tiene lugar en previsión del estímulo nocivo. Para transitar del aprendizaje de escape al de evitación necesitamos una respuesta anticipatoria, condicionada a algún indicio, de modo que se eluda el castigo. El sistema de Guthrie se abastece de respuestas anticipatorias, y éstas pueden usarse para explicar el aprendizaje de evitación. El animal tan sólo ejecuta la respuesta de escape a algún indicio presentado en el momento del castigo; un indicio que, afortunadamente, aparece antes del castigo temido. Así, lo que sucede al final de una secuencia de actos que conducen al castigo hace algo *además de*, y *aparte de* remover al organismo de la escena; establece también algunas respuestas anticipatorias condicionadas.

La idea de que la respuesta de evitación es una forma anticipatoria de la respuesta de escape provocada por el estímulo nocivo, tiene implicaciones al variar el valor de la verdad empírica. Un curioso conjunto de implicaciones se refiere a un grupo de estudios acerca de lo que se ha conocido como "masoquismo experimental", en el cual parece que una rata busca activamente recibir una descarga eléctrica (véanse Gwinn, 1949; Brown, 1969). Como siempre, este comportamiento terminal depende de una historia de entrenamiento particular. Por ejemplo, al animal se le entrena primero para que corra por un pasadizo largo —que tiene un piso de celdillas cargado eléctricamente— hasta que consiga llegar a la caja de seguridad ubicada en uno de los extremos. Entonces, cuando se encuentra en el pasadizo sin descarga en el piso, se le enseña a correr con rapidez hasta la caja de seguridad, a fin de evitar una descarga que se produce después de unos cuantos segundos. En esta fase, cuando el sujeto recibe una descarga se encuentra en el proceso de correr hacia la caja de seguridad, y el efecto de la descarga, cuando se suministra,

es el de empujar al sujeto para que corra todavía más rápido hacia la caja en cuestión. Una vez que se ha establecido este patrón de correr, las contingencias pueden alterarse de la siguiente manera: si la rata se sienta inmóvil cuando se le coloca en la caja inicial del pasadizo, no recibirá ninguna descarga y se le sacará de la caja después de 30 segundos; sin embargo, si se mueve a una pequeña distancia fuera de la caja, tocará la rejilla cargada eléctricamente y se "castigará a sí misma". Este entrenamiento basta para atrapar al sujeto en un círculo vicioso: se le ha enseñado a correr antes de que sobrevenga la descarga, y a correr cuando la percibe. Por lo tanto, a pesar del cambio de contingencias desde el punto de vista del experimentador, desde la perspectiva del sujeto las contingencias (durante la "extinción castigada") son las mismas que en el entrenamiento de evitación, siempre que siga corriendo. Las ratas pueden continuar con este comportamiento de autocastigo durante cientos de ensayos —como lo predice la teoría de Guthrie— hasta que en un ensayo aleatorio se sienten inmóviles en la caja inicial, o por casualidad regresen a la seguridad en lugar de seguir adelante al pisar la rejilla electrificada. Ocurridas estas respuestas, la "extinción" avanza precipitadamente, quizá en un ensayo o en dos, como Guthrie también lo predijo (véase Dreyer y Renner, 1971).

Sin embargo, en aparente oposición al análisis de Guthrie acerca del aprendizaje de evitación, podemos entrenar a animales y a personas para que den una respuesta para evitar un evento nocivo, pero una respuesta distinta, que termine con ese estado de cosas, si llegara a presentarse. Por ejemplo, en previsión de un posible incendio en el hogar, contratamos seguros y revisamos la instalación eléctrica y la del gas. Pero si la casa se quema, corremos a la salida más cercana o ayudamos a otras personas a escapar. Obviamente, discriminamos entre el peligro de que nuestra casa se incendie y el suceso real, y actuar de forma diferente ante él. En contextos menos complicados se ha demostrado que se puede entrenar a una rata para que dé una respuesta (erguirse sobre sus cuartos traseros) a fin de evitar una descarga cuando se oye un tono; pero si eso fracasa, se le puede entrenar para dar una respuesta distinta (oprimir una palanca en su caja) en caso de que sobrevenga la descarga y el sujeto tenga que acabar con ella (Mowrer, 1947). A las ratas les resulta difícil aprender esta evitación discriminativa, lo cual concuerda con los argumentos de Guthrie, pero el hecho de que aprendan a solucionar el problema es contrario a sus opiniones.

En el aprendizaje de escape y de evitación el sujeto aprende a responder activamente para impedir o eliminar un estímulo nocivo. En contraste, el castigo se usa generalmente para inhibir una conducta que es poderosa porque es o ha sido recompensada. Podemos emplear el castigo para evitar que el niño haga algo que le gusta, para romper un "mal hábito". Según Guthrie, este tipo de castigo opera sólo si crea una clase de competencia o de conflicto entre la respuesta de acercamiento a la recompensa y la reacción de huida al castigo.

Sheffield resume la posición de Guthrie en lo que respecta al castigo:

a) El castigo funciona únicamente si la última respuesta a la situación castigada es incompatible con la respuesta que provocó el castigo.

b) El castigo opera sólo si los indicios presentes cuando se ejecuta la respuesta incompatible persisten cuando la respuesta castigada se realiza.

c) El castigo que solamente produce excitación emocional tenderá a fijar la respuesta castigada (1949).

dir estas respuestas competidoras, y de relacionar con ellas los efectos del castigo (Dunham, 1971, 1972) no apoyan la posición de Guthrie. Pareciera más bien que los animales dejan de ejecutar la respuesta castigada porque quieren evitar la estimulación aversiva que depende de ésta.

Interpretaciones neoguthrianas de las recompensas y las intenciones

Entre los numerosos psicólogos experimentales contemporáneos influidos por Guthrie, F. D. Sheffield no sólo es uno de los defensores más convincentes de la teoría sino que también propone ciertas innovaciones. Uno de los cambios sobresalientes reside en la nueva interpretación de la manera en que opera la recompensa para guiar las respuestas instrumentales, especialmente en las situaciones de apetito. La interpretación de Sheffield apareció por primera vez en 1954 en una transcripción mimeografiada de una conferencia, y más tarde en una obra publicada Sheffield, 1965). Consideremos la situación simple en la cual una rata hambrienta, por ejemplo, corre por un laberinto en forma de *T* para obtener una recompensa alimenticia en una de las cajas situadas en los extremos, o que oprime una palanca que le entrega una porción de alimento. La primera idea es que los estímulos propioceptivos de la respuesta crítica (presionar la palanca) tienen una relación temporal óptima con la respuesta incondicionada (comer), de modo que las partes fraccionarias de la respuesta consumatoria se condicionarán a estos indicios propioceptivos críticos, así como a aquellos movimientos precursores que anteceden a la respuesta crítica (aproximarse a la palanca, erguirse para presionarla, etc.). Se supone, además, que cuando se inician los primeros componentes de esta cadena conductual exitosa, producen estímulos que causan la anticipación de la actividad consumatoria; esta anticipación genera "excitación" que fortalece el segmento en curso de la cadena de respuesta exitosa, y la hace competir de modo más efectivo con los distractores que interfieren. Después de bastantes ensayos de condicionamiento, la rata es atraída para ejecutar la cadena conductual, porque cuando selecciona respuestas exitosas éstas producen estímulos que maximizan la excitación condicionada de la respuesta consumatoria (anticipación de la recompensa). Sheffield utilizó estas ideas para explicar gran parte de la acción de las recompensas positivas sobre el aprendizaje. Es significativo que Spence (1956) y otros hullianos adoptaron una explicación similar de los efectos de la recompensa en su concepto de la motivación de incentivo (que era la variable interviniente a la cual afectaba la recompensa en el sistema de Hull; véase el capítulo 5). Las ideas de Sheffield también influyeron en Mowrer (1960), en las explicaciones posteriores de sus teorías acerca de los efectos de la recompensa.

W. K. Estes, otro innovador en la tradición guthriana, ha adoptado casi la misma hipótesis acerca de la forma en que las recompensas influyen en la respuesta instrumental:

> Se supone que... la evocación de la respuesta depende de la acción conjunta de la entrada de estímulos de los receptores y la entrada de los mecanismos de impulso (motivacionales). ... Originalmente estos mecanismos específicos son activados por estímulos incondicionados; por ejemplo, el mecanismo asociado con el hambre se activa con el sabor de la comida; el mecanismo asociado con el dolor lo es por el impacto de la estimulación

traumática. El resultado de la actividad de un mecanismo de impulso es generar lo que podría denominarse retroalimentación facilitadora o inhibidora. ...Mediante en el aprendizaje por asociación... el control de estos mecanismos de impulso positivos y negativos se extiende a los estímulos que han antecedido a los estímulos incondicionados originales. ...El resultado de esta combinación de mecanismos motivacionales y asociativos es que después de alguna experiencia de aprendizaje la conducta del organismo es continuamente modulada por las anticipaciones de las recompensas o los castigos, las secuencias conductuales que conducen a incrementos en la retroalimentación positiva se seleccionan preferencialmente, y las secuencias conductuales que conducen a decrementos en la retroalimentación positiva o al castigo se inhiben (1970, págs. 10-11).

Si en la declaración de Estes se sustituye "facilitar la retroalimentación de impulso" por "impulso mediante la excitación condicionada de la respuesta consumatoria", se destaca la similitud de las dos formulaciones. La nueva adición de Estes es la noción de inhibición recíproca entre los centros generales de impulso "positivos" y "negativos". De este modo, si mientras el animal ejecuta una secuencia de respuesta de apetito ve o escucha una señal asociada con la ansiedad, ésta activará el mecanismo de impulso negativo o inhibidor, inhibirá recíprocamente el mecanismo de impulso positivo, y así disminuirá la ejecución de cualquier respuesta de apetito en tanto esté presente la señal de ansiedad. Estes y Skinner (1941) ya habían observado este tipo de efecto, que se conoce como *supresión condicionada*, y que se ha estudiado mucho. La premisa de Estes de la inhibición recíproca entre los motivos positivo y negativo parece razonable y quizá nos permita interpretar un cierto número de resultados distintos del castigo (véase Estes, 1969*b*).

El control del proceso de aprendizaje

Parte del encanto de las obras de Guthrie se debe a que están en estrecho contacto con la vida cotidiana y proporcionan sugerencias divertidas, pero convincentes, para resolver los problemas del entrenamiento animal, la crianza de los niños y la pedagogía. Este carácter práctico no es una característica necesaria del sistema, ya que si intentáramos seriamente proporcionar evidencia para la teoría, quedaríamos aprisionados entre las correlaciones del movimiento exacto de los estímulos mensurables y la tensión muscular que acompaña a los ajustes preparatorios. Pero no se trataba de tomar en serio al sistema en ese sentido. Siempre que se encontraba una forma conveniente de hablar acerca de determinados aspectos sin que esto en apariencia contradijera al sistema, se presumía que la exactitud cuantitativa no era esencial. Guthrie estaba convencido de que las leyes científicas, para que resulten útiles, debe ser aproximadamente verdaderas, pero también han de estar enunciadas en un lenguaje lo bastante llano como para que lo comprenda un alumno de primer año (1936).

La mayor parte de los consejos prácticos de Guthrie eran efectivos, y logró que brotaran de la teoría. Considérese lo siguiente:

> La madre de una niña de 10 años se quejó con un psicólogo de que durante dos años su hija la había molestado con el hábito de tirar el sombrero y el abrigo al piso, al entrar en la casa. En infinidad de ocasiones la madre insistió en decirle a la niña que recogiera las prendas y las colocara en su lugar. Este hábito desordenado sólo pudo cambiarse cuando la

madre, según el consejo del psicólogo, comenzó a instar a la niña no a que recogiera las prendas del suelo sino a que se las pusiera, volviera a salir, entrara de nuevo a la casa y en esta ocasión se quitara el abrigo y lo colgara en su lugar (1935, pág. 21).

¿Por qué se dio este consejo? La conducta se emite en respuesta a los estímulos. El hecho de colgar el sombrero y el abrigo era una respuesta que la niña daba al ruego de su madre cuando ésta veía las prendas en el suelo. Para que la conducta deseada quedara vinculada a sus indicios apropiados, era necesario que la niña saliera a la calle y entrara en la casa, de modo que hacerlo se convirtiera en el indicio para colgar el abrigo y el sombrero.

Veamos algunas sugerencias que representan temas recurrentes en las obras de Guthrie:

1. Si usted desea alentar un tipo particular de conducta o desanimar otro, descubra los indicios que conducen a la conducta en cuestión. En un caso, disponga la situación de tal modo que la conducta deseada ocurra cuandos esos indicios estén presentes; en otro arréglela de manera que la conducta indeseada no se produzca en presencia de los indicios. Esto es todo lo que interviene en el uso hábil de la recompensa y el castigo. Los estudiantes no aprenden lo que contiene una conferencia o un libro: solamente logran aprender lo que la conferencia o el libro los impulsa a hacer.

2. Utilice tantos apoyos de estímulo para la conducta deseada como sea posible, ya que cualquier conducta ordinaria es un complejo de movimientos para un complejo de estímulos. Cuanto más estímulos haya en asociación con la conducta deseada, menos probabilidades habrá de que los estímulos de distracción y la conducta competidora desequilibren la conducta deseada. Los actores de teatro aficionados se confundirían menos en sus líneas si realizaran más ensayos generales, ya que los indicios del escenario y los actores son parte de la situación a la cual responden. Dicho de otro modo, deberíamos practicar de la forma exacta que más tarde se nos exigirá.

3. Para formar un hábito intencional, oblíguese a dar siempre la respuesta y a no permitir un descuido. Entonces se torna tan automática que se producirá sin esfuerzo. Por ejemplo, el consejo opera para enseñarse a uno mismo a colocarse el cinturón de seguridad en un automóvil, o a detenerse por completo en las señales de alto, etcétera. Así, no deben tolerarse excusas o interferencias en relación con la rutina deseada.

Respuestas estereotipadas en el aprendizaje

Guthrie realizó relativamente muy pocos experimentos para comprobar sus ideas, pero en uno que llevó a cabo con Horton (1946) investigó la *estereotipia* ("igualdad" durante los ensayos) de la respuesta aprendida de un animal. Guthrie y Horton estudiaron gatos que escapaban de una caja-problema y recibían atún como recompensa; la puerta se abría cuando el gato se frotaba contra un poste en el centro de la caja. El mecanismo de liberación también hacía que una cámara tomara una fotografía del animal en el momento en que tenía un contacto exitoso con el poste. Al animal se le acostumbró primero a la caja problema, se le enseñó a salir por la puerta para conseguir el alimento, y entonces la puerta se cerraba y se ponían en funcionamiento el poste y la cámara. Al observar las fotografías de un

felino que ejecutaba la respuesta correcta durante sucesivos ensayos de aprendizaje, Guthrie y Horton concluyeron que la estereotipia de respuestas era la regla: un gato que frotaba su flanco izquierdo contra el poste podía hacerlo repetidas veces; otro tocaría el poste con su cabeza en la misma posición también una y otra vez. Las fotografías eran muy convincentes. En concordancia con la teoría de Guthrie del aprendizaje de movimientos específicos, en un ensayo un gato parecía aprender algún método peculiar de escape en el primero de ellos y entonces lo repetían de forma similar ensayo tras ensayo.

Los críticos plantearon varias objeciones al experimento y a la interpretación de Guthrie y de Horton. Intentaron remarcar la variabilidad sustancial en el comportamiento de un gato de un ensayo a otro, y explicar la estereotipia en otros términos. Por ejemplo, si el comportamiento que tiene éxito es simple y fácil de aprender, cualquier teoría espera la estereotipia de esa respuesta prepotente y reforzada. Otra objeción importante es que la naturaleza física de la respuesta exitosa impone ciertas restricciones o limitaciones sobre los tipos de cosas que el gato podría hacer para mover el poste. El punto básico puede obtenerse al establecer una analogía exagerada.

El efecto de esta restricción al tomar fotografías se ve con más claridad en un experimento donde el animal tiene que erguirse sobre sus patas traseras y alcanzar la esquina superior de la jaula para oprimir un botón que abre la puerta y acciona la cámara. De esta manera, restringimos aún más el conjunto de posibles respuestas y logramos una estereotipia extra. Por otro lado, pueden construirse otras situaciones experimentales que reducen la estereotipia. Sin embargo, en cualquier caso lo que se busca son datos acerca de las respuestas definidas en términos de efecto (Mueller y Schoenfeld, 1954, pág. 358).

La objeción más seria a los experimentos de Guthrie y Horton es que al parecer ellos no observaban *aprendizajes de respuesta* de ningún tipo, sino que el comportamiento que mostraban los gatos de "frotarse contra el poste" tal vez fuera una forma específica de la especie de comportamiento de "salutación" de prácticamente todos los miembros de la familia *Felidae* (incluyendo leones, tigres, jaguares, ocelotes y gatos domésticos). Este tipo de frotamiento del flanco o de la cabeza ocurre de modo espontáneo cuando el gato ve un objeto amado o una persona amigable; si el objeto amado está demasiado lejos, el frotamiento puede dirigirse a la reja más cercana, a un mueble, o al "poste de escape" de Guthrie y Horton. Noore y Stuttard (1979) dirigieron una réplica parcial de dicho experimento con la excepción de que nunca alimentaban a sus gatos cerca de la caja-problema ni los dejaban escapar cuando se restregaban contra el poste. Sin embargo, Moore y Stuttard observaron que los animales se frotaban contra el poste central (de modo estereotipado), principalmente si el observador humano era visible a través de las ventanas de vidrio; pero casi nunca lo hacían cuando no veían a un ser humano o a otro objeto querido. Como Guthrie y Horton siempre estaban a la vista de sus gatos, parece probable que sólo estuvieran provocando en sus animales reacciones de salutación específicas de la especie. Por lo tanto, existe la posibilidad de que en sus experimentos no hubiese un "moldeamiento de la respuesta por reforzamiento".

Así, la situación de aprendizaje elegida tiene mucho que ver con qué aspectos de la conducta serán revelados. La caja-problema de Guthrie y Horton, que en un comienzo parecía revelar la naturaleza primitiva del aprendizaje, puede ser en ver-

dad una situación muy especializada, mal diseñada para demostrar el comportamiento de un gato conforme pasa por el aprendizaje.

Otras pruebas y derivaciones

La teoría de Guthrie no ha provocado demasiadas pruebas críticas, ni positivas ni negativas, quizá debido a su "astuto" atractivo en lo que se refiere a los movimientos y los estímulos no observables. Alrededor de la idea del aprendizaje de respuesta de Guthrie se han realizado algunos experimentos críticos. Los reseñados por Lashley (1924) demostraban que los animales tendían a aprender una gran clase de equivalencia de respuestas que alcanzan cierto resultado final, más que aprender un rígido movimiento específico. A una rata a la que se le ha enseñado a correr a lo largo de un laberinto para conseguir comida, en condiciones alteradas de prueba nadará a través del mismo laberinto cuando esté inundado, o se moverá bamboleándose sobre el piso (si una lesión en el oído interno ha desequilibrado su coordinación para correr), y lo hará de una forma infalible hasta llegar a la caja objetivo. O una persona que ha sido condicionada para *extender* su dedo índice ante un *EC* a fin de evitar una descarga en la yema del dedo, lo *flexionará* si su mano está volteada: ha aprendido a "alejarse de" la descarga, no a flexionar o a extender sus dedos (Wickens, 1938). Tales experimentos constituyen testimonios contra la adopción inmediata de las afirmaciones de Guthrie de que los hábitos de movimiento muscular de indicio específico son la base de toda la conducta aprendida. Más bien parecería, que cualquier respuesta disponible se utiliza cuando se necesita para lograr un cierto resultado final, como llegar a la caja con alimento o evitar la descarga eléctrica.

Voeks (1948, 1950) realizó un notable esfuerzo para encontrar evidencia que apoyara la teoría de Guthrie. Examinó la repetición de la respuesta en el aprendizaje de los seres humanos en un laberinto de tablero perforado de multiunidad. Según la regla del condicionamiento de la última respuesta, de Guthrie, la investigadora descubrió que el mejor predictor de la respuesta que emitiría un sujeto en un punto elegido del laberinto era la respuesta más reciente que había dado allí en los ensayos anteriores, *no* la respuesta más frecuente durante toda la serie pasada de ensayos. Sin embargo, en un trabajo más extenso sobre el aprendizaje de selección. Noble (reseñado en Noble, 1966) encontró que el mejor predictor de las respuestas individuales en cada punto de elección era el que se basaba en los reforzamientos pasados. Es decir, la respuesta más probable era la que se había reforzado con mayor frecuencia en ese punto de elección durante los ensayos previos. El reforzamiento constituía un mejor predictor de la selección de la respuesta, que la frecuencia y la recencia.

En un trabajo posterior, Voeks (1954) estudió el condicionamiento clásico del parpadeo de los ojos de los seres humanos en condiciones de estímulo rígidamente controladas. Descubrió que en esa situación la mayoría de los sujetos muestran un aprendizaje del tipo de todo o nada, que saltan desde cero *RC* hasta un alto porcentaje de *RC* en un ensayo después de que comenzara el entrenamiento. La investigadora llegó a esta conclusión al examinar los ensayos después de la primera *RC* del sujeto, y al observar que ningún sujeto incrementaba su probabilidad de *RC* durante estos ensayos. La mitad de sus sujetos emitieron *RC* en todos los ensayos después del primero, y los demás sólo mostraron unos cuantos errores.

¿Cómo se comparan los resultados de Voeks con las numerosas curvas de adquisición publicadas paras las *RC*? Se sabe que las curvas para grupos de sujetos muestran características muy distintas que las de sujetos individuales. Voeks demuestra de modo muy convincente, tal como Guthrie había argumentado, que la adquisición de la respuesta puede ocurrir de una forma de todo o nada en un ensayo para cada individuo y, sin embargo, la curva de aprendizaje promedio del grupo mostrará una inclinación gradual. La curva del aprendizaje acompañante (figura 4.2) resulta por ejemplo, cuando la probabilidad de la respuesta se traza como una función de grupo para quince sujetos, todos los cuales tienen curvas en forma de salto; es decir, todos responden consistentemente con las *RC* después de dar la primera. La forma de la curva está determinada solamente por el ensayo en el cual aparece la primera *RC* con diferentes sujetos. Hechos reveladores como éstos fueron los que motivaron el moderno desarrollo de los modelos del aprendizaje de todo o nada en la teoría del muestreo de estímulo (véase el capítulo 8).

Voeks pronosticó curvas de aprendizaje en forma de salto en las condiciones muy uniformes de estimulación que dispuso, y sus pronósticos se confirmaron. Sin embargo, no todas las curvas de condicionamiento individual son de este tipo. Por ejemplo, Hilgard (1931) y Cohen, e Hilgard y Wendt (1933) ya habían publicado curvas de condicionamiento de los párpados de sujetos individuales que mostraban un condicionamiento gradual. ¿A qué se debe la diferencia? Quizá el mayor grado de control sobre los estímulos extraños en la situación extrema que dispuso Voeks, ya que se sabe que el condicionamiento se produce con más rapidez cuando hay menos variabilidad de distracción en las condiciones que rodean a la presentación del *EC*. Asimismo, Voeks usó un chorro de aire muy fuerte dirigido al ojo como un *EI*, y es probable que muchos de sus sujetos aprendieran lo que hoy

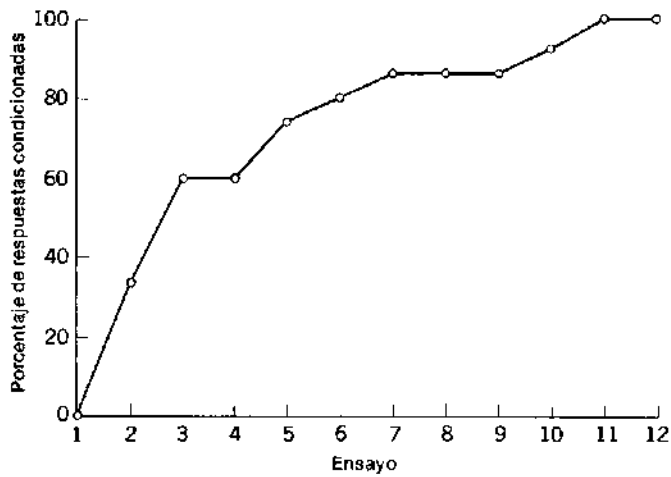


Figura 4.2. Efecto engañoso que se obtiene al cambiar las curvas del aprendizaje individual. La curva de grupo resulta de una combinación de las curvas de quince sujetos, todos los cuales tenían curvas en forma de salto; es decir, un segmento de no respuesta seguido por respuestas consistentes (tomada de Voeks, 1954).

en día clasificaríamos como una respuesta de "evitación voluntaria", en vez de una verdadera respuesta condicionada.

Además, para reducir la variabilidad de la kinestesia muscular en el momento de la presentación del *EC*, Voeks hacía que sus sujetos mordieran una tablilla y apretaran un dinamómetro manual; pero desde entonces se ha descubierto que tales tonos musculares generales acrecentados sensibilizan muchos reflejos, en particular aquellos como el parpadeo del ojo. Por último, Spence (1956) demostró que tales curvas de condicionamiento del tipo de salto estarían implícitas en una teoría (como la de Hull) que presuponga la acumulación gradual de la fuerza de asociación, un grado bajo de variabilidad fluctuante en la fuerza de momento a momento, y la premisa de que las *RC* ocurren sólo cuando la fuerza momentánea del hábito *E-R* sobrepasa algún umbral para la evocación de la respuesta. Consideraciones como ésta apoyan las interpretaciones alternativas de los datos de Voeks.

F. D. Sheffield (1961), un discípulo de Guthrie, amplió las ideas de éste al desarrollar una teoría para explicar el aprendizaje de las tareas secuenciales complejas a partir de demostraciones y de la práctica. Para Sheffield era central el concepto de las *respuestas sensoriales* ("imágenes"), que supuestamente son primordiales y no necesitan tener componentes motores. Las respuestas sensoriales son los representantes internos de los patrones de estímulos externos:

> Se supone que tales respuestas sensoriales están sometidas a los principios del aprendizaje de asociación por contigüidad, y que tienen propiedades de indicio así como propiedades de respuesta. Es decir, una respuesta sensorial no sólo puede estar conectada con un indicio, sino que también es un indicio con el cual pueden conectarse otras respuestas (1961, pág. 14).
>
> La posición que adoptamos es que lo que suele denominarse "percepción" se refiere a los casos en los cuales la estimulación sensorial inmediata no sólo provoca sus respuestas sensoriales innatas, sino también otras que han sido condicionadas a la estimulación inmediata en la experiencia pasada (1961, pág. 15).

Sheffield utiliza las respuestas sensoriales postuladas para discutir el aprendizaje del estudiante acerca de lo que parecen las cosas (por ejemplo, el interior de un carburador), y para representar la secuencia de eventos y acciones que aquél aprende a medida que desarma un carburador y trata de localizar sus fallas. Sheffield se refiere al "condicionamiento cruzado" de una respuesta sensorial con otras, para representar secuencias de eventos esperados en las etapas de desarmar una máquina o volver a armarla. Estas secuencias de respuesta sensorial, aprendidas tal vez al observar una película o una demostración, sirven de guía para las conductas posteriores.

Aunque la noción de condicionamiento de las respuestas sensoriales en patrones y secuencias era muy novedosa en la tradición de estímulo y respuesta, en muchos aspectos parece ser casi lo mismo que durante muchos años han estado señalando los psicólogos mentalistas o cognoscitivistas. ¿Obtenemos más "objetividad" al hablar acerca de las *respuestas sensoriales* que al hacerlo sobre las *imágenes* o las *ideas?* ¿Qué se gana al discutir el condicionamiento de un indicio o patrón producido como respuesta a otra respuesta sensorial si la teoría es sólo la "asociación de ideas" en un arreglo *E-R?* Una evaluación justa consiste en notar que el artículo de Sheffield proporciona uno de los análisis más detallados de las habilidades percepto-motoras: de la adquisición de las mismas, su representación interna y su

uso; y el análisis es valioso cualesquiera que sean nuestras predilecciones por un vocabulario teórico.

En su artículo final, Guthrie (1959) repitió los argumentos de su sistema pero agregó un cambio importante: recalcó el papel de la *atención* para seleccionar los estímulos que serían condicionados y los que controlarían la respuesta. Su nueva regla se estipula sucintamente así: "Lo que llega a notarse se convierte en la señal para lo que se hace" (Guthrie, 1959, pág. 186). Esto transforma al control de la atención en un componente importante en la explicación de la conducta. Guthrie también observó que cuando se presentan dos indicios que provocan respuestas incompatibles, el sujeto se dedica a conductas muy cuidadosas, y explora los indicios en busca de una señal para decidir qué respuesta ejecutar. Esto es similar a la idea de Tolman de la conducta vicaria de ensayo y error (*VEE*) de los animales en conflicto (véase el capítulo 11), y se adelanta al modelo de exploración de la conducta elegida que proponía Estes (véase el capítulo 8). Guthrie no presentó nueva evidencia en apoyo de su teoría del aprendizaje, sino que continuó sosteniendo que dentro de su sistema podían interpretarse otros resultados.

EVALUACIÓN DE LA POSICIÓN DE GUTHRIE

El enfoque guthriano de los problemas típicos del aprendizaje

A manera de sumario, presentaremos a grandes rasgos la posición de Guthrie acerca de diversos problemas representativos del aprendizaje.

1. *Capacidad.* Los problemas de la capacidad no se tratan de modo formal, aunque se reconocen las diferencias entre las especies y se tiene en cuenta la maduración como una determinante de muchos tipos de actos (1935, págs, 18, 38). Es de suponer que cualquier respuesta que el organismo dé puede asociarse con cualquier estímulo al que sea sensible; esta generalización acerca de la posibilidad del aprendizaje nos recuerda lo que Thorndike decía sobre el cambio por asociación. A la luz de la evidencia revisada en el capítulo 3, la presuposición de la asociabilidad equivalente ahora parece falsa. Si se le presionara, Guthrie podría encontrar una base para las diferencias en capacidad, tanto en la diferenciación del movimiento como en la discriminación entre indicios propioceptivos. No todos los animales tienen la misma versatilidad ni están equipados igualmente con receptores.

2. *Práctica.* La práctica asimila o aparta indicios de movimientos específicos hasta que aparezca una familia completa de combinaciones de estímulo para evocar una gama entera de respuestas, lo cual conduce al resultado que socialmente se describe como ejecución exitosa. Como la habilidad representa una población de hábitos, el aprendizaje parece acumularse con la repetición, aunque en lo básico cada hábito o unidad atómica individual se aprende con toda su fuerza en una sola repetición.

3. *Motivación.* La motivación afecta indirectamente al aprendizaje a través de lo que induce a hacer al animal. La recompensa es un principio secundario o derivado, no primario como en el sistema de Thorndike. La recompensa opera porque saca al animal de la situación estimulante en la cual se había dado la respuesta "correcta". No la fortalece, sino que impide su debilitamiento debido a que ninguna

respuesta nueva puede vincularse con los indicios que conducen a la correcta. Por lo tanto, hay un fortalecimiento relativo, ya que se apartan las respuestas a otros indicios. Ilustramos algunas de las dificultades que implica esta idea, y demostramos la manera en que los neoguthrianos Sheffield y Estes enfocan ahora los efectos de la recompensa.

El castigo produce varias cosas distintas al mismo tiempo. En general, sus efectos para el aprendizaje se determina por lo que induce a hacer al organismo, de acuerdo con el principio de que el mejor predictor del aprendizaje es la respuesta en la situación que ocurrió al final. Pueden distinguirse cuatro casos:

a) El castigo ligero puede ser meramente excitante, y acrecentar la conducta en marcha en vez de interrumpirla.
b) El castigo más intenso puede romper un hábito al conducir a conductas incompatibles en presencia de los indicios.
c) Un estímulo aversivo continuo actúa como un impulso, que produce estímulos de mantenimiento que conservan activo al organismo hasta que encuentra alivio. Entonces, la consecuencia para el aprendizaje es en realidad como la de la recompensa: el acto que conduce a la seguridad es recompensante porque termina con el castigo y, al eliminar los estímulos de mantenimiento, sirve de protección para no aprender las actividades ejecutadas en presencia de esos estímulos.
d) Los estímulos que han acompañado previamente al castigo producen conductas que antes ocurrían después del castigo mismo. Aquí tenemos un ejemplo de la respuesta anticipatoria, esencial para la conducta de evitación. Para que tal anticipación ocurra, los indicios de evitación deben haber sido presentados anteriormente, en el momento del castigo. Un problema inherente a esta opinión consiste en explicar cómo los organismos aprenden respuestas de evitación que difieran de la respuesta de escape dada al estímulo nocivo.

4. *Comprensión.* Los conceptos como el de "discernimiento" se manejan irónicamente, aunque se reconoce que puede ocurrir el aprendizaje con previsión de sus consecuencias. Sin embargo, la tendencia de Guthrie es menospreciar tal aprendizaje, como lo hacía Thorndike, y recalcar la naturaleza mecánica y repetitiva de gran parte del aprendizaje humano, así como del animal. El aprendizaje con intención y previsión como ocurre en verdad se explica con base en las reacciones condicionadas de anticipación o de preparación, fundamentadas en la experiencia pasada y que, por lo tanto, no contradicen a los principios de la asociación.

5. *Transferencia.* El aprendizaje se transfiere a situaciones nuevas debido a los elementos comunes entre la nueva y la antigua. Esta posición es muy parecida a la de Thorndike. Sin embargo, se pone de relieve el hecho de que la identidad se transmite mediante las respuestas comunes evocadas, y los estímulos propioceptivos son lo suficientemente similares, en el caso de las respuestas a una variedad de estímulos, como para evocar respuestas condicionadas comunes. Así, el énfasis sobre los estímulos provocados por el movimiento representa una contribución que Guthrie hace al pensamiento de Thorndike.

Debido a su principio de que las respuestas son condicionadas a todos los estímulos contiguos adventicios, Guthrie esperaba muy poca transferencia y, de hecho, tenía una posición muy extrema alrededor de este punto. La única manera de estar seguro de conseguir la conducta deseada en una situación nueva consiste en practicar también en ella: para ser capaces de desempeñarnos en una variedad de situaciones, debemos practicar en una variedad de situaciones.

6. *Olvido.* Se dice que el aprendizaje es permanente a no ser que interfiera un nuevo aprendizaje. Es así que todo olvido se debe al aprendizaje de respuestas nuevas que reemplazan a las antiguas. Es posible que ocurra gradualmente por la misma razón que las habilidades se adquieren poco a poco: el recordar depende de muchos hábitos para muchos indicios, y los subhábitos pueden desaparecer de manera gradual a medida que los subindicios se vinculan con las respuestas nuevas.

En contraste con Thorndike, Guthrie era un conductista reconocido que consideraba importante deshacerse de términos subjetivos, para referirse, por ejemplo, al lenguaje interno en lugar del pensamiento. El acento sobre los estímulos producidos por el movimiento era parte de la antigua tradición conductista de Watson, que Guthrie continuó. Aunque conductista ortodoxo en estos aspectos, lo era de modo informal y con muy poco de la inseguridad de los primeros watsonianos.

Invulnerabilidad de la teoría: un motivo para el escepticismo

La inseguridad que existe en casi toda la experimentación del aprendizaje provoca que un psicólogo realista se muestre suspicaz respecto de un sistema terminado en esta etapa de nuestros conocimientos. Aunque la verdad científica deba tener finalmente una validez excepcional si sus leyes son en verdad válidas, la historia de nuestras ciencias más avanzadas demuestra que sus teorías se mueven por aproximaciones sucesivas, y que las teorías más audaces no emergen ya formadas de la mente del científico. Hasta un sistema tan indeterminado como el de Thorndike pasó por revisiones con base en la evidencia acerca de los efectos del castigo y, como veremos en el capítulo 5, el sistema de Hull se revisaba continuamente para ajustarlo a los datos experimentales. Una de las fuentes de inquietud acerca del sistema de Guthrie reside en sus confiadas respuestas a los problemas del aprendizaje: respuestas que permanecieron inalterables a lo largo de más de cuarenta años de activa experimentación psicológica. Las controversias experimentales finalmente se resolvieron cuando aprendimos más acerca de las variables independientes que modifican a las consecuencias medidas. No importa cómo se resuelvan estos temas: el sistema de Guthrie permanece inalterable. O la teoría está milagrosamente inspirada o no se ha establecido con mucha precisión y, por lo tanto, no es muy sensible a los datos experimentales.

La sencillez de la teoría puede ser ilusoria

Sin lugar a dudas, gran parte de la fascinación que ejerce la teoría de Guthrie depende de su aparente capacidad de explicar una amplia gama de fenómenos a partir del simple principio de la asociación contigua en un solo ensayo. Las teorías científicas parsimoniosas son atractivas. Una laboriosa búsqueda en las obras de Guthrie de una definición cuidadosa de estímulo y respuesta, de las distinciones entre los elementos observables y las construcciones hipotéticas, de las declaraciones que adoptan la forma de predicciones y de las que asumen la de explicaciones *a posteriori*, lleva a los críticos a esta conclusión:

Aunque los principios del condicionamiento que Guthrie amplía parecen tener una parsimonia que sería deseable en una formulación teórica de la conducta, un análisis más profundo revela que se requiere de un formidable conjunto de premisas y construcciones hipotéticas adicionadas para que esta teoría posea alguna aplicabilidad real a los datos experimentales (Mueller y Schoenfeld, 1954, pág. 377).

Indudablemente, muchas reseñas del pensamiento de Guthrie confunden su sencillez con algo inacabado. (Mueller y Schoenfeld, 1954, pág. 368).

Guthrie era incomparable en el uso de la anécdota y de la ilustración para realizar pertinentes comentarios en torno a las actividades de la vida cotidiana, incluyendo los síntomas que se encuentran en la clínica psicológica. Este complicado material se presenta en términos curiosamente sencillos, y su teoría facilita el empleo de este tipo de lenguaje. Hay mucho qué aprender en la psicología de Guthrie, la cual tiene el suficiente atractivo como para haber llevado a varios jóvenes prometedores de ambos sexos a emprender productivas carreras en el campo de la psicología, lo que constituye una contribución que no debe pasarse por alto.

En el nivel experimental, el mayor aporte de Guthrie fue dirigir la atención hacia los grandes elementos de la repetición y la estereotipia en la conducta cuando las oportunidades son favorables. Pero Guthrie era un asociacionista de corazón, con una fuerte tendencia conductista. Aunque sin duda la tradición asociacionista habrá de continuar, el conjunto particular de capitulaciones conductistas que efectuara Guthrie parece haber perdido su atractivo para las generaciones posteriores.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

En los siguientes libros se expone la teoría de Guthrie:

Guthrie, E. R., *The psychology of learning*, 1935 y 1952.
Guthrie, E. R., *The psychology of human conflict*, 1938.

En los siguientes artículos son resúmenes de la teoría de Guthrie, en los cuales se muestra lo poco que ha variado la teoría a través de los años:

Guthrie, E. R., "Conditioning as a principle of learning", en *Psychological Review*, **37**, 1930, págs. 412-28.
Guthrie, E. R., "Conditioning: A theory of learning in terms of stimulus, response and association", capítulo 1 en *The psychology of learning*. National Society for the Study of Education, 41st Yearbook, parte II, 1942, págs. 17-60.
Guthrie, E. R., "Association by contiguity", en S. Koch (dir.), *Psychology: A study of a science*, II, 1959, págs. 158-95.

Para una revisión crítica de la contribución de Guthrie, desde el punto de vista de la lógica de la ciencia y de la formación del sistema, véase:

Mueller, C. G. Jr. y Schoenfeld, W. N., "Edwin R. Guthrie", en W.K. Estes *et al.*; *Modern learning theory*, 1954, págs. 345-79.

5

La teoría sistemática de la conducta, de Hull

Clark L. Hull (1884-1952), muy impresionado por la obra de Pavlov *Conditioned Reflexes* aparecida en 1927, publicó subsecuentemente una extensa serie de artículos teóricos y libros que en su totalidad constituyen el mejor ejemplo de la teorización sistemática en psicología durante la primera mitad del siglo XX. La teoría de Hull es reconocidamente conductista y mecanicista, y de modo intencional evita toda referencia a la conciencia. Su concepto central es el hábito, e infiere gran parte de su información acerca de él a partir de experimentos con respuestas condicionadas, efectuados principalmente con animales. Se asume además que la conducta compleja es derivable de lo que se conoce acerca de las formas más elementales del aprendizaje. Hull utilizó como punto de partida los resultados de los experimentos de condicionamiento, adoptó la ley del efecto, de Thorndike, e intentó explicar propósitos, discernimientos y otros fenómenos que al conductismo inicial le resultaba difícil abarcar.

LA ORIENTACIÓN BÁSICA

Hull era un conductista y buscaba una teoría que explicaba cómo y por qué los organismos emitían sus respuestas peculiares. El ambiente común de estimulación sólo es pacientemente responsable de la conducta seleccionada; deben reconocerse otras influencias como el historial de entrenamiento previo del organismo en ésta o en situaciones semejantes, estados de necesidad biológica creados por la privación de alimento, agua y elementos similares; el estado de salud o de cansancio del organismo, la administración de drogas, etcétera. Hull aceptaba que la influencia de estas variables históricas y/o de privación sobre una gama de conductas podrían resumirse mediante una u otra ***variable interviniente***, o construcciones teóricas como *fuerza del hábito* o *nivel del impulso*. Desde luego, no podemos observar a los impulsos ni a los hábitos; éstos constituyen conceptos que se infieren de un historial de entradas o de un conjunto de respuestas.

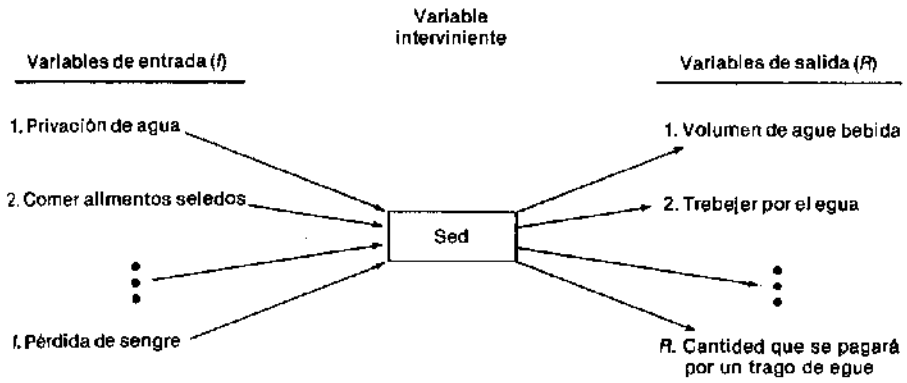


Figura 5.1. Ilustración de una variable interviniente que media el efecto de las variables de entrada I sobre las variables de salida R.

En la vida diaria utilizamos de manera significativa términos como hábito, sed o fatiga, pero el científico debe prestar suma atención a la lógica que sustenta el uso de tales términos en una teoría. *El impulso de sed* es un ejemplo de variable interviniente: conocemos varios recursos que provocan que un animal sienta sed (darle comida salada, privarlo de agua); y conocemos ciertas cosas que estará propenso a hacer, como trabajar arduamente para conseguir agua, beber abundante líquido, etcétera. En términos abstractos, si hubiera variables de entrada I que causan sed, y respuestas de salida R que son el índice de la sed, en principio habrán $I \times R$ relaciones empíricas que determinar (véase la figura 5.1). Si, por otra parte, postulamos la sed como una variable interviniente, y ésta resulta ser unitaria (es decir, produce los mismos tipos y niveles de conducta sin importar cómo se provoque la sed), entonces el número de relaciones que determinar se reduce a $I + R$; la I significa relaciones entre las entradas y la sed, y la R relaciones de la sed a las salidas. Cuando $I \times R$ es mayor que $I + R$, se logra una economía al postular variables intervinientes.

Como generalmente un estado psicológico dado tiene múltiples causas y efectos, el psicólogo teórico se ve obligado a postular variables intervinientes para que medien entre la causa y el efecto dentro del organismo. Hull era mucho más abierto y explícito que otros teóricos del aprendizaje acerca de la lógica de postulación de las variables intervinientes. Pensaba que tales postulados eran legítimos siempre que el constructo teórico (como la sed) estuviera sujeto a variables o historiales de entrada manipulables y a conductas mensurables. En su teoría, Hull proponía alrededor de ocho variables intervinientes y especificaba sus variables causales de entrada; entonces describió cómo se combinaban las diversas variables intervinientes para determinar la conducta final observada en el condicionamiento y en situaciones de resolución de problemas. En diferentes ocasiones, Hull consideró estas variables intervinientes (como el hábito o la sed) como meras ficciones convenientes para resumir cálculos en la teoría o, alternativamente, como estados y eventos neurales o bioquímicos reales en el sistema nervioso (que es la presuposición del lego). Para la mayoría de los propósitos, no hay diferencia si adscribimos realidad fisiológica a las variables intervinientes.

El sistema de postulados de 1943

Aunque Hull desarrolló su teoría en el transcurso de varios años, la mejor enunciación se encuentra en su obra *Principles of behavior* (1943). Presentó sus postulados de forma cuantitativa, con una notación matemática adjunta. Aquí los hemos simplificado y presentado de otra manera con el objeto de hacerlos más comprensibles; para una exposición completa véanse Hull (1943) o Hilgard y Bower (1966).

Como hemos dicho, el objetivo fundamental de Hull era descomponer el vínculo de estímulo y respuesta de una respuesta aprendida en una serie de variables intervinientes, que mediaban la influencia causal del estímulo condicionado sobre la respuesta ejecutada. En lo que respecta a una respuesta específica, como un parpadeo condicionado a un *EC*, la teoría identifica ciertos factores positivos que llevan al sujeto a dar la respuesta (es decir, la fuerza del hábito y el impulso), y ciertos factores negativos que alejan de la respuesta (la fatiga de la respuesta y la inhibición condicionada). La diferencia entre estos factores positivos y negativos para una respuesta dada determina si se ejecutará y, si es así, a qué velocidad e intensidad.

En la figura 5.2 se presenta la secuencia de las etapas de cálculo en la teoría de Hull. El *EC* externo pone en marcha una huella de estímulo interno que dura un breve lapso; el estímulo excita en la memoria una o más respuestas, cada una de las cuales tiene una cierta fuerza de asociación positiva con ese estímulo (el hábito, que se simboliza con H), y también una cierta fuerza negativa o inhibidora para ese estímulo (inhibición condicionada, o ${}_{S}I_{R}$). La fuerza positiva neta se obtiene al multiplicar la fuerza del hábito por el nivel de impulso actual del organismo (estado motivacional). El factor negativo total se obtiene al agregar la inhibición temporal de la respuesta del organismo (similar a su fatiga o "cansancio" y que se designa como I_R) a su inhibición condicionada. Luego se toma la diferencia entre los factores netos positivos y negativos. Esta diferencia es la fuerza neta, o *potencial de reacción*, en favor de esa respuesta. Dicho potencial de reacción se compara entonces con un umbral de variación aleatoria, y la respuesta ocurre si el potencial de reacción sobrepasa al umbral variable en ese ensayo. Si la respuesta aparece, su velocidad e intensidad (o amplitud) son mayores conforme se incrementa su fuerza neta. En el caso de que el estímulo excite diversas respuestas, como en una situación de discriminación-elección, se supone que el sujeto elige aquella respuesta que es momentáneamente más fuerte.

La *fuerza neta de la respuesta*, que se simboliza con E, puede representarse matemáticamente de la siguiente manera:

$$E = (H \times D) - ({}_{S}I_{R} + I_{R})$$

Esta ecuación se aplica a la adquisición inicial, durante la cual el hábito (H) crece con ensayos reforzados, mientras los factores inhibitorios permanecen fijos; también se aplicaría a la extinción, durante la cual la inhibición condicionada (${}_{S}I_{R}$) se incrementaría en tanto que ${}_{S}H_{R}$ permanecería fija. Así, la ecuación describe la adquisición y la extinción de las respuestas condicionadas en el sistema de Hull. El lector reconocerá que, en términos abstractos, la teoría en cuestión es muy similar a las ideas de Pavlov acerca de la conducta que es determinada por la sustracción de la inhibición interna de la excitación, y a las de Guthrie acerca de la respuesta condicionada que compite contra los movimientos de interferencia evo-

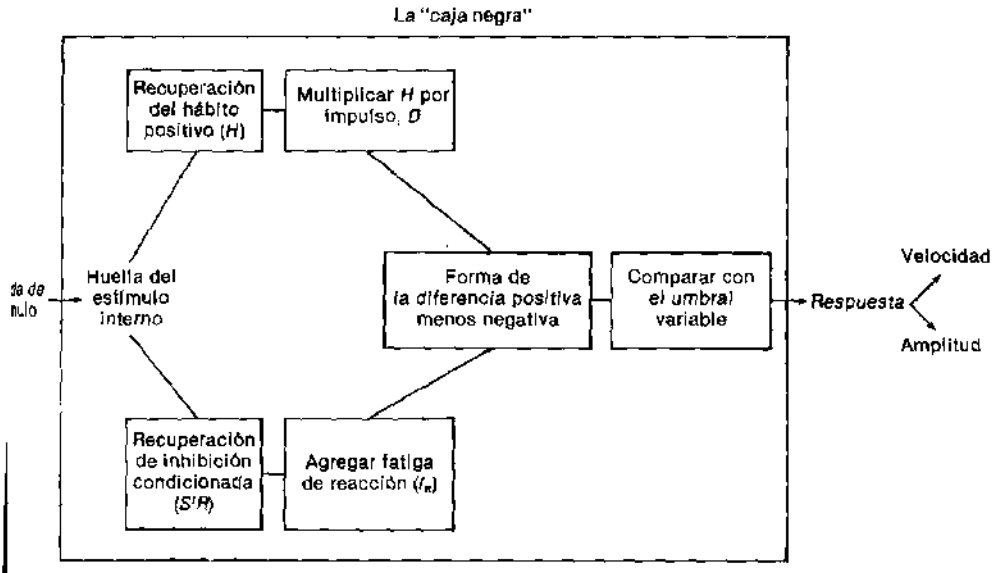


Figura 5.2. Sumario esquemático de las variables intervinientes de Hull y la manera en que intervienen para determinar si a un estímulo condicionado se dará una respuesta condicionada.

cados por el *EC*. Asimismo, la determinación de la acción de acuerdo con la diferencia entre los factores positivo y negativo se asemeja a las ideas que sustentan los economistas de que las personas eligen aquel curso alternativo de acción que maximiza la utilidad neta esperada (es decir, los valores ganados menos aquellos perdidos en virtud de una elección dada). La diferencia reside en que Hull intentó especificar en detalle la manera en que diversas variables experimentales influyen sobre una u otra variable interviniente, y trató de confirmar su hipótesis mediante datos experimentales.

La fuerza del hábito y sus variables causales

Hull creía en la asociación de los estímulos con las respuestas, y empleaba el término *fuerza del hábito* para designar la fuerza de una asociación dada. En el marco de su teoría, el aprendizaje consiste en el crecimiento del hábito durante una serie de ensayos reforzados. Hull suponía además que el límite al que crecería la fuerza de un hábito sería más alto cuanto más favorables fueran el potencial y la oportunidad del reforzamiento para esa respuesta.

Supóngase que M se refiere a la fuerza limitadora del hábito en circunstancias experimentales determinadas. Si H_n designa la fuerza de un hábito al comienzo del ensayo n del experimento, entonces otro ensayo reforzado causa un incremento (ΔH) para H_n, de la siguiente manera:

$$\Delta H = \theta\,(M - H_n) \qquad (1)$$

Es decir, el cambio en la fuerza del hábito provocado por un ensayo reforzado dado es proporcional a la diferencia entre el nivel actual de la fuerza del hábito y el límite M, que es la fuerza máxima que puede obtenerse con estas condiciones de aprendizaje. θ es una fracción que determina la tasa de crecimiento en el hábito por ensayo. Los ensayos de condicionamiento repetidos en las mismas condiciones de aprendizaje corresponden a aplicaciones reiteradas de la ecuación 1, la cual conduce a la siguiente ecuación general, que describe al hábito en cualquier ensayo n:

$$H_n = M-(M-H_1)\,(1-\theta)^{n-1} \qquad (2)$$

En esta ecuación se afirma que la fuerza del hábito se incrementa como una función cóncava del número de ensayos reforzados n, comenzando desde un valor inicial H_1 en el ensayo 1, para acercarse a un límite M, ya que la fracción $(1-\theta)^{n-1}$ disminuye a cero a medida que n se incrementa indefinidamente.

En sus postulados de 1943, Hull se apega a una visión de reforzamiento estricto del crecimiento del hábito: un ensayo incrementa la fuerza de una respuesta sólo si ésta se recompensa. En su opinión, el reforzamiento actúa de la misma forma que en el condicionamiento pavloviano y el instrumental; es decir, proporcionando un efecto "satisfactorio" (o de reducción de necesidad) después de una respuesta. En esta perspectiva del condicionamiento pavloviano, el alimento (*EI*) que sigue a la campana (*EC*) no sólo es un *provocador* incondicional de la salivación sino también un *satisfactor* que recompensa cualquier respuesta en marcha, incluyendo la salivación causada por la comida. En particular cuando la respuesta de salivación ocurre con anticipación, la comida actúa como una fuerte recompensa para la respuesta. Según esta opinión, el aprendizaje en las situaciones de condicionamiento pavloviano, así como en las instrumentales, implican un principio de recompensa o de satisfacción. La diferencia entre ambos procedimientos es que el pavloviano usa el *EI* para *forzar* la ocurrencia de la respuesta correcta (salivación) en contigüidad apropiada con el *EC*, mientras que no puede forzarse ningún arreglo similar para las respuestas instrumentales emitidas a capricho del sujeto.

Hull fue más allá de la ley del efecto y postuló que todos los reforzadores primarios ("biológicos") sirven para reducir su impulso (o necesidad) correspondiente y, por otra parte, que cualquier reducción del impulso actuaría como un suceso reforzante. Así, la comida reduce el impulso de hambre, la respiración reduce la necesidad de oxígeno que siente la persona que se sofoca, etcétera. La significación evolutiva de que los reductores del impulso sean reforzadores, es evidente: los organismos que no puedan aprender a reducir sus necesidades biológicas no sobrevivirán el tiempo suficiente para reproducirse.

En sus últimas obras, Hull modificó ligeramente su posición e identificó el reforzamiento con la *reducción de los estímulos de impulso*, que se consideraban más como la satisfacción de un ansia que de una necesidad. Existe una sutil distinción entre las ansias y las necesidades biológicas. La mayor parte de las necesidades conducen a ansias o a apetitos, pero algunas no: por ejemplo, durante la asfixia por monóxido de carbono no se experimenta un ansia dolorosa de oxígeno. Y tenemos muchas ansias que no se basan en necesidades reales: la persona obesa puede comer cuando ya está satisfecha. Asimismo, un ansia puede reducirse sin la disminución de una necesidad biológica: una rata hambrienta será recompensada con agua

con sacarina, que es dulce pero sin valor nutritivo; un bebé hambriento puede tranquilizarse al chupar una sustancia u objeto que no es alimenticio. Éstos son ejemplos de lo que Hull entendió por reducción de los estímulos de impulso en lugar de reducción de la necesidad. En el reforzamiento primario, los dos eventos (la reducción del impulso y la reducción de los estímulos de impulso), se asocian tan estrechamente que no importa cuál de los dos se considera reducido. Pero las necesidades pueden insumir tiempo para su satisfacción (como el lapso requerido para digerir el alimento), mientras que los incentivos (incluyendo la comida) operan rápidamente como reforzadores, de una forma muy parecida a como se espera que funcionen los estímulos. Además, a medida que el reforzamiento secundario obtenía mayor prominencia en las teorías del reforzamiento, la teoría de la reducción del estímulo se hizo aún más atractiva. Esto es así porque un valor de reforzamiento secundario se vincula a los estímulos que pueden introducirse con rapidez y de modo gradual.

Hull creía que las variables de recompensa que afectan al nivel de ejecución deberían reflejarse en el límite *M*, hasta el cual crecería la fuerza del hábito en condiciones de reforzamiento dadas (véase la ecuación 2). Así, por ejemplo, como se sabía empíricamente que la ejecución instrumental era más rápida si el aprendizaje ocurre con una recompensa más grande, y más lenta si la recompensa se demora después de la respuesta, Hull sencillamente postuló que en la ecuación 2 *M* era una función creciente de la cantidad de recompensa dada en un ensayo, y una función decreciente de la demora de la recompensa. Esto equivale a asumir que el organismo aprende un hábito con mayor fuerza cuando la recompensa es grande y se entrega con rapidez.

Hull suponía que el hábito era permanente y que nunca disminuía (recuérdese que la ausencia de recompensa tan sólo acumula la inhibición condicionada para contrabalancear a *H* durante la extinción). Estas dos premisas muy pronto causaron problemas; aparecieron resultados que mostraron que continuar el entrenamiento de animales con una recompensa grande (o inmediata), cambiando a una recompensa más pequeña (o demorada) disminuía su ejecución hasta un nivel apropiado a esa recompensa menor. Hull palió con facilidad el problema teórico al suponer (1952*a*) que la recompensa afectaba a la motivación de incentivo (llamada *K*) más que el límite de la fuerza de hábito de la respuesta, y que el potencial de reacción positivo neto era el hábito multiplicado por el impulso (*D*), ambos multiplicados por la motivación de incentivo (*K*). Aquí se considera a las variables de recompensa como factores de ejecución más que como factores de aprendizaje, y se suponía que *M* tenía el mismo valor fijo. No obstante, Hull se aferró a su posición de que la adquisición del hábito requería de cantidad mínima de reforzamiento para que se desarrollara hasta su límite fijado.

El papel del impulso

En la teoría de Hull el concepto de impulso era muy importante, y tenía tres distintas funciones:

1. Sin impulso no habría reforzamiento primario, ya que éste requiere de la disminución rápida de algún impulso. Cada estado de necesidad o de impulso especifica un conjunto de objetos-meta cuya consumación reduce la necesidad; estos actos consumatorios sirven como medios normales de reforzamiento primario.

2. Sin impulso no podría haber respuesta, ya que éste activa la fuerza de hábito hacia el potencial de reacción. Hull postulaba que el impulso (D) multiplica la fuerza del hábito (véase la figura 5.2), de modo que un estado de "impulso cero" implicaría que ninguna tendencia de respuesta (E) podría exceder el umbral de reacción.

3. Sin la distintividad de los estímulos internos proporcionada por los diversos impulsos (denominados *estímulos de impulso*), no habría ninguna regulación de los hábitos mediante el estado de necesidad del organismo, ningún medio para que aprendiera a dirigirse a un lugar en busca de agua cuando estuviera sediento, y a otro que le procurara comida cuando sintiera hambre.

La primera de estas condiciones describe *qué* tipos de objetos-meta se refuerzan cuando el sujeto se encuentra en un particular estado de necesidad, y describe *por qué* estos estímulos particulares son reforzados. La segunda condición le atribuye potencial energizante a un impulso; incita al animal a la acción en dirección a la satisfacción de la necesidad. La tercera condición adjudica a los impulsos un papel discriminativo o de dirección en la conducta.

Sin embargo, Hull se topó con algunas dificultades al intentar precisar su noción de impulso. Pensaba que todos los impulsos provenientes de todas las fuentes contribuían a un fondo común general de energía, que se indicaba con D, el energizador (multiplicador) de todos los hábitos. Así, una respuesta entrenada bajo un impulso (de hambre) todavía podría ser energizada e incitar a la acción durante pruebas especiales realizadas mientras el animal operaba bajo un impulso distinto (por ejemplo, la sed). No obstante, reconoció el problema de que ciertos hábitos eran relevantes para algunos impulsos pero irrelevantes o contrarios a otros. Por ejemplo, intuitivamente no parecía correcto que los impulsos aversivos (dolor, miedo) activasen los hábitos de búsqueda de comida. Y cuando comenzaron a estudiarse directamente las interacciones de los impulsos se descubrió que el hambre y la sed estaban muy entrelazados; un ejemplo común es que un hombre sediento con la garganta reseca no es propenso a comer panecillos secos a no ser que su hambre haya llegado a límites extremos. Aunque Hull era consciente de estos problemas (creía que algunos podían manejarse mediante la función selectiva de los estímulos de impulso), de todas formas siguió adelante y postuló una ecuación particular para combinar las fuerzas de impulso "relevantes" e "irrelevantes", a fin de obtener un índice multiplicador efectivo. Pero la ecuación pasaba por alto las dificultades conceptuales básicas de su hipótesis de un fondo común de impulso generalizado.

Los postulados de la inhibición

Las nociones de Hull acerca de la inhibición se recabaron de dos fuentes: la teoría sobre la fatiga causada por la ejecución repetida de reacciones motoras (el I_R de Hull); y las ideas de Pavlov en torno a la inhibición interna (condicionada), generada por el no reforzamiento durante la extinción. Para Hull, al igual que para Pavlov, la inhibición condicionada ($_sI_R$) era una forma *aprendida* de inhibición activa, una oposición aprendida a una respuesta específica. Incluso se hizo algún intento por mantener una interpretación de la reducción de impulso sobre la manera en que se presenta el hábito de "no responder". Supóngase que la reacción R necesitara de mucho esfuerzo y generara un gran impulso aversivo (fatiga); el detener o abandonar la respuesta se reforzaría entonces por la reducción inmediata de la

fatiga. Por lo tanto, la inhibición condicionada se basaría en un hábito de asociación para la "detención de R". Sin embargo, la interpretación de impulso de la fatiga (I_R) es un arma de doble filo, ya que si (I_R) es como un estado de impulso debería entrar dentro del fondo común de impulso general (D), como preveía Hull. Además, I_R debía multiplicar *su* hábito ${}_SI_R$, como en la fórmula $H \times D$. En vez de ello, Hull presuponía que I_R y ${}_SI_R$ sencillamente se sumaban para formar un compuesto inhibitorio que se restaba al potencial excitatorio para configurar la respuesta. Esto constituía una inconsistencia en el tratamiento de los hábitos positivos y negativos, que Hull reconoció pero no rectificó.

Usó los conceptos de inhibición para inferir diversos fenómenos de interés, aprovechando los factores que incrementan la fuerza de I_R y de ${}_SI_R$. Por ejemplo, los ensayos sumamente masivos con una respuesta difícil producen el fenómeno conocido como *decremento de trabajo*, y un periodo de descanso después de esas provocaciones masivas produce cierta recuperación de la respuesta motora. En la extinción no reforzada de los reflejos condicionados simples se encuentran efectos similares. Éstas eran deducciones poco sorprendentes, dadas las bases en que se sustentaba su formulación.

Los postulados de Hull acerca de la inhibición específica salieron bastante maltrechos a la luz de los subsecuentes ataques conceptuales y empíricos. (Koch, 1954; Gleitman, *et al.*, 1954.) Por ejemplo, debido a alguna razón inexplicable, Hull relacionaba la resistencia a la extinción con la fuerza neta de la respuesta, al proponer una fórmula matemática *ad hoc* en lugar de inferir tal relación de la fuerza neta y sus postulados acerca de los ensayos no reforzados y la intensificación del ${}_SI_R$. Esto no importa, ya que es evidente que una teoría no elaborada de la inhibición no podía comenzar por explicar la creciente resistencia a la extinción ocasionada por entrenamiento parcialmente reforzado. Además, los postulados implican la absurda conclusión de que la inhibición condicionada de una respuesta debería adoptar, a la postre, la tendencia de hábito positivo de la misma. Por un lado, para las respuestas de encender y apagar, el "detener" la respuesta (digamos, detenerse al final de un carril) siempre está en relación temporal más cercana con la recompensa (comer) que la respuesta positiva (correr), por lo cual "detenerse" debería reforzarse más favorablemente. Así en ese aspecto el condicionamiento debería ser imposible. Segundo, para mencionar otra falla, aunque Hull indicaba un límite M al crecimiento de la fuerza del hábito, el límite de crecimiento del ${}_SI_R$ era sencillamente el nivel prevaleciente del hábito positivo. Pero esto significa que a medida que el entrenamiento continúa y el hábito positivo alcanza sus límites, cada ensayo acumula cierta fatiga, y por lo mismo teóricamente algunos deberían sumarse hasta llegar al valor real del hábito. Como la ejecución refleja la diferencia entre las tendencias positivas e inhibidoras, la inferencia anterior sugiere que las curvas del aprendizaje deben incrementarse y, con la práctica continua, ceder y disminuir, lo cual es absurdo. Tal vez estas deficiencias sean cuestiones menores que podrían subsanarse con una atención más profunda sobre los detalles en la formulación de las premisas de la inhibición o de las leyes de encadenamiento.

Alrededor de los postulados de la inhibición se suscitaron otros dos grandes problemas conceptuales: *a)* el hecho de que algunas respuestas fáciles (como el parpadeo, la *RGP*, la dilatación de la pupila) sufran de una extinción relativamente rápida, mientras que los principios de Hull pronosticaban que tales respuestas se extinguen con mucha lentitud porque producen muy poca fatiga por ensayo; y *b)* la

noción de una "no-respuesta" (que subyace en la inhibición) estaba mal definida, y parece conducir a un rompecabezas conceptual. Para cualquier R dada, ¿cuál es su no-R? ¿Cuántas diferentes R ejecuta un organismo en un momento determinado? ¿una?, ¿cinco?, ¿cinco mil? Al parecer es mejor identificar la extinción —como lo hiciera Guthrie— con la adquisición de conductas competidoras (de interferencia) particulares; aunque, a decir verdad, Guthrie nunca fue muy explícito acerca de lo que estas respuestas competidoras eran en términos generales.

Según se desprende de estos comentarios, la formulación específica de Hull del I_R y el ${}_SI_R$ no gozó de una aceptación total, aunque desde el comienzo se reconoció la necesidad de algún tipo de constructo inhibitorio. Por ejemplo, Spence (1936) presentó una formulación un tanto general y evasiva de la inhibición, debido a la respuesta no reforzada en el aprendizaje de discriminación que ha resistido mejor la prueba del tiempo. Más tarde, Amsel (1958, 1962) identificó la frustración como la base que subyace en los factores inhibitorios condicionados en el condicionamiento del apetito. Más adelante examinaremos estos términos.

El sistema conductual final

La última obra de Hull *A behavior system* que apareció en 1952, poco después de su muerte, contenía algunas revisiones de sus postulados, así como numerosas aplicaciones. Intentaba explicar una variedad de conductas más complejas, como el aprendizaje por ensayo-error, el aprendizaje de discriminación, el aprendizaje de laberinto y la resolución de problemas.

Ya señalamos algunas diferencias entre los postulados iniciales y finales de Hull.[1] El primer cambio aparece en la concepción del reforzamiento primario. Mientras que en los postulados de 1943 este reforzamiento depende de la reducción de la necesidad (de allí la reducción en D), en 1952 depende principalmente de la reducción de los estímulos producidos por el impulso.

La segunda variación de importancia es que la "bondad" del reforzamiento no influye sobre la fuerza del hábito, siempre que haya alguna cantidad mínima no especificada; lo que cuenta es sólo la frecuencia con la que han ocurrido los ensayos reforzados. Así, se trata básicamente de una teoría de contigüidad en la formación de asociaciones.

El tercer cambio de relevancia consiste en la adición de factores no asociativos (no aprendidos) que afectan al potencial de reacción. Aunque en el texto de 1943 se habían reconocido algunos de ellos, ahora se les incorporó de modo distinto: como multiplicadores que afectan al potencial de reacción mediante la multiplicación de la fuerza del hábito. La constitución del potencial de reacción positivo se convierte ahora así en:

$$E = H \times D \times V \times K$$

donde V es la bondad del estímulo evocador (una función de la intensidad del EC

[1]Una exposición crítica de los postulados se encuentra en la segunda edición de este libro (Hilgard, 1956, págs. 127-150). El tratamiento que Hull hace de ellos es más completo en su obra *Essentials of Behavior* (1951) que en *A behavior system* (1952*a*).

en una situación pavloviana), y K es la motivación de incentivo basada en la cantidad y en la demora de la recompensa.

Debe notarse el nuevo papel de la cantidad del incentivo (K). En la versión de 1943 se creía que la cantidad de incentivo limitaba la cantidad máxima de la fuerza del hábito que podía adquirirse. En 1952, la cantidad de reforzamiento en el ensayo previo determina el vigor de la respuesta (potencial de reacción) en el ensayo siguiente, mientras que no afecta a la fuerza del hábito. Esto permite que la ejecución varíe rápidamente hacia arriba o hacia abajo como respuesta a los cambios en la recompensa. Aunque se presentan otras pequeñas modificaciones, vale la pena citar una que refleja un cambio de interpretación: la concepción de la influencia de la demora en el reforzamiento. Como una primera modificación, la demora en el reforzamiento produce ahora un menor potencial de reacción (${}_sE_R$) mientras que antes supuestamente causaba menor fuerza del hábito (${}_sH_R$). Pero los intervalos temporales también han disminuido: en la versión de 1943, el gradiente principal para una sola respuesta reforzada se extendía hasta quizá 60 segundos (1943, pág. 145); en la versión de 1952, no se prolonga a más de 5 segundos (1952*a*, pág. 131). El acortamiento del gradiente se produce a medida que el reforzamiento secundario gana más importancia en opinión de Hull, como un mecanismo teórico para generar gradientes más amplios de reforzamiento. Hull había sido influido por la sugerencia de Spence (1947) de que todos los gradientes pueden generarse a partir de reforzamientos secundarios inmediatos u otros mecanismos intermedios.

Mecanismos intermedios derivados

El sistema de Hull se clasifica como *reduccionista*, en el sentido de que los fenómenos más complejos se deducen con base en los fenómenos y relaciones presumiblemente más simples y básicos. En este sentido, los fenómenos más complejos se "reducen" a los más sencillos mediante el análisis. Es característico que todos los sistemas de este tipo *intenten explicar la conducta que es superficialmente distinta de aquella de la cual se derivaron los postulados*. En otras palabras, Hull no sólo intentaba sistematizar la descripción de las ratas hambrientas que oprimían palancas para obtener comida, a partir de lo que se deriva la mayor parte de los datos para su posterior conjunto de postulados. Más bien, trataba de llegar a las leyes básicas de la conducta, al menos las del comportamiento de los mamíferos, con inclusión de la conducta social del ser humano. Muchas de sus explicaciones deductivas más brillantes acerca de los fenómenos complejos figuran en sus artículos iniciales, antes de que enunciara sus sistemas de postulados.[2]

Para salvar la brecha entre los experimentos simples de laboratorio y la conducta más familiar de los organismos que se adaptan a un ambiente complejo, Hull infirió unos cuantos *mecanismos intermedios*. Cuando estos mecanismos están disponibles, se les puede usar como herramientas teóricas para explicar muchas más variedades de conducta. Aquí consideraremos tres de ellos: el papel directivo de las *respuestas meta anticipatorias*, el *gradiente de reforzamiento* (llamado originalmente *gradiente meta*) y la *jerarquía de familia de hábitos*.

[2]Para una introducción a las deducciones disponibles antes de 1940, véanse los sumarios en Hilgard y Marquis (1940); aprendizaje de laberinto, págs. 216-221; aprendizaje verbal serial, págs. 221-226; experimentos de razonamiento, págs. 236-241; colocación de una barrera, págs. 242-243.

Respuestas meta anticipatorias

Muchos de los estímulos presentes en el momento de alcanzar la meta también lo están desde antes. Se incluyen los estímulos del impulso interno (lo que Guthrie denomina estímulos de *mantenimiento*), estímulos ambientales presentes antes del reforzamiento y durante su transcurso, huellas de los primeros estímulos que perseveran en su dirección hacia la meta, y estímulos provocados por los mismos movimientos del animal. Hull presuponía que todos estos estímulos se condicionan a la respuesta meta (comer y salivar) en un grado que depende de su disponibilidad de huella en el momento en que ocurre la respuesta meta. Por lo tanto, al reactivar una secuencia de actos que conducen a una meta, como al correr por un laberinto, estos estímulos condicionados a la respuesta meta podrían provocar fracciones de la respuesta meta previas a la consecución de dicha meta. Estas respuestas meta anticipatorias y fraccionarias (R_GS) constituyen importantes integradores de cadenas de conducta en el sistema de Hull, y él las empleaba con mucho ingenio.

Las respuestas anticipatorias fraccionarias dan lugar a los estímulos (S_G), a los cuales es posible asignar diversas funciones. Primero los estímulos S_G pueden condicionarse a respuestas diferenciales y ayudar así a provocarlas. Por consiguiente, a una rata se le puede enseñar con mayor facilidad a girar a la izquierda en un laberinto blanco y a la derecha en uno negro si la recompensa es cualitativamente diferente en las dos situaciones que habrán de discriminarse (por ejemplo, alimento en polvo versus una solución de sacarosa). La discriminación sobre cuál vuelta dar y en qué laberinto es auxiliada por el r_GS diferente que conduce a S_GS distinto en las dos situaciones, y el S_GS diverso se asocia diferencialmente con las respuestas de dar vuelta a la izquierda o a la derecha. Segundo, el S_GS puede servir como equivalente de "ideas de dirección", "propósitos" o "intenciones". En tales ilustraciones, Hull se refería al r_G como un "acto de estímulo puro"; es decir, un acto que funcionalmente proporciona un estímulo que mantiene un papel de dirección para guiar una cadena de conducta. Un ejemplo sería el de un niño que piensa o se dice a sí mismo "galleta" a medida que ensambla y recorre los pasos complejos requeridos para empujar una silla, subirse a ella y alcanzar la caja de galletas.

Hull también supuso que el condicionamiento de un r_G apetitivo sustenta a los fenómenos del reforzamiento secundario positivo (o aprendido). Si el pareamiento de un *EC* con un reforzador primario positivo hace que éste se condicione al r_G, entonces ese *EC* servirá como reforzador secundario. Hull conjeturaba que la excitación condicionada del mecanismo r_G-S_G era reforzante de modo innato. Se explicarían así muchos hechos relacionados con los reforzadores secundarios: el hecho de que muestran adquisición, extinción, generalización del estímulo y reforzamiento parcial, afecta su persistencia y varía con la magnitud de la recompensa en la cual se basan. Al preguntar por qué el r_G no refuerza a su propia provocación hacia el *EC*, en la hipótesis de Hull se presenta un pequeño problema lógico. Si lo hiciera, la extinción de un reflejo salival condicionado, por ejemplo, sería imposible. Resulta evidente que en la teoría debe descartarse esa posibilidad.

Hull también utilizó el mecanismo r_G-S_G para describir los demás mecanismos del gradiente de meta y la jerarquía de familia de hábitos, conceptos que veremos a continuación. Sin embargo, el punto importante es que con base en un principio de condicionamiento simple (es decir, un r_G que se conecte con estímulos ante-

riores en una secuencia instrumental), Hull infirió un mecanismo de generalidad más amplia (por ejemplo, el papel rector del S_G).

El gradiente de reforzamiento

Un intervalo temporal de gran relevancia en el condicionamiento instrumental es aquel que media entre la ocurrencia de la respuesta crítica y la recepción del reforzamiento. La medición del gradiente se efectúa en las situaciones de condicionamiento instrumental (por ejemplo, presionar una palanca o correr por un pasadizo a fin de obtener una recompensa alimenticia) o en una situación de aprendizaje selectivo (por ejemplo, un mono presiona un panel rojo o verde, y recibe una bolita de azúcar en algún intervalo demorado). En tales experimentos, la demora de la recompensa generalmente retarda el aprendizaje o degrada la ejecución, y esto es más acentuado cuanto más prolongada sea la demora. Con base en algunos resultados anteriores de experimentos con ratas que presionaban palancas, Hull había deducido una demora declinante del gradiente de reforzamiento que era muy corta, "posiblemente no superior a 30 segundos, y muy posiblemente por debajo de 60".

Pero comenzaron a presentarse toda suerte de complicaciones para este postulado, ya que en otros experimentos se descubrió que los valores específicos de la demora en los cuales no podría producirse el aprendizaje dependen críticamente de la disposición experimental, en especial de la naturaleza de los cambios de estímulo correlacionados con la respuesta correcta y la naturaleza de las actividades inducidas en el sujeto durante el intervalo de demora. Spence (1947) señaló la forma en que la demora del gradiente de recompensa dependía de manera crucial de la presencia o ausencia de estímulos reforzantes secundarios después de la respuesta correcta, particularmente en el aprendizaje selectivo. Si la respuesta correcta produce de inmediato un estímulo distintivo asociado con la recompensa primaria (independientemente de su retraso), mientras que un error conduce a un estímulo diferente, el primer estímulo distintivo actuará como un satisfactor inmediato que refuerza a la respuesta correcta. Por ejemplo, en un experimento Wolfe (1934) usó un laberinto en forma de T que conducía a cajas meta diferenciadas donde la recompensa se proporcionaba a la respuesta correcta después de una demora de 20 minutos; a pesar de este retraso, las condiciones todavía eran adecuadas para la operación del reforzamiento secundario *inmediato* a la respuesta elegida de dar la vuelta en el extremo apropiado de la caja; por lo tanto, el aprendizaje rápido aún podría mostrarse con un retraso de 20 minutos en la recompensa. Como un segundo ejemplo, en la situación de presionar una palanca se consideraba que las huellas propioceptivas de haberla oprimido persistían durante varios segundos y, al ser pareadas con una recompensa posterior de comida, se convertían en estímulos reforzantes secundarios que ocurrirían de inmediato, desde luego, después de cualquier recurrencia ulterior de la acción de presionar la palanca. Además, Spence (1947) demostró que si fuera posible eliminar los "sostenes de estímulo" externos, o interferir con los sostenes internos como posibles fuentes de reforzamiento secundario inmediato, entonces el "gradiente verdadero" de la demora del reforzamiento primario sería de alrededor de 5 segundos para una rata. Esto parece cercano a lo que cabría esperar para la memoria de un evento E-R reciente.

Al combinar el reconocimiento de un gradiente primario corto y los estímulos reforzantes secundarios, diseminados a lo largo de la ruta de un laberinto, Hull y Spence infirieron el *gradiente de meta*, por medio del cual los componentes más tempranos de una larga cadena de conductas serían reforzados y fortalecidos en un grado menor que los componentes conductuales más cercanos (temporalmente) a la meta. Una de las aplicaciones originales de este principio consiste en explicar la eliminación ordenada de errores en las ratas que aprenden laberintos largos en forma de *T* múltiple. Según el principio, las respuestas más cercanas a la meta se refuerzan más fuertemente que las alejadas, de modo que se prefieren las sendas cortas a las prolongadas, los tramos ciegos (elecciones incorrectas) más cercanos a la meta se eliminan con mayor facilidad que los más alejados, los callejones sin salida grandes se eliminan más fácilmente que los más cortos, etcétera. (Hull, 1932). El fundamento de esta deducción es que una diferencia fija en el tiempo entre un giro correcto en una unidad de laberinto múltiple y un giro incorrecto en ese mismo lugar, que debe ser anulado, es más discriminable cuando más cerca se encuentre en el tiempo esa unidad del punto de recompensa; preferentemente como la ley Weber-Fechner para la discriminación de dos intervalos temporales. El principio del gradiente meta se aplicó más tarde a los experimentos que implicaban la colocación de barreras entre el sujeto que aprendía y una meta visible, y Hull propuso que la conducta de acercamiento a la meta percibida debería variar de acuerdo con el gradiente meta. Es decir, mientras más se acercara el sujeto a la meta, más fuerte sería el poder de evocación de respuesta de ésta. Esto explicaba, por ejemplo, por qué los animales tenían dificultades particulares para resolver problemas de "dar una larga vuelta" (rodeo), al estar colocados muy cerca de la comida ubicada al otro lado de una pantalla. En estos problemas, el animal debe abandonar al acercamiento directo y alejarse de la comida a fin de rodear la pantalla.

La jerarquía de familia de hábitos

Un tercer principio derivado es el de la jerarquía de familia de hábitos. Como en el ambiente natural generalmente hay múltiples rutas entre un punto de partida y una meta, el organismo aprende formas alternativas a fin de moverse desde un punto de partida común hasta una posición meta también común, donde encuentra la satisfacción de su necesidad. Estas opciones constituyen una "familia" de respuestas equivalentes, denominadas familia de hábitos, debido a un mecanismo integrador inferido. La integración dentro de una familia se logra mediante la *reacción meta anticipatoria fraccionaria*, presente a medida que se ejecuta cada respuesta alternativa. Esta reacción proporciona un estímulo (S_G) al cual se condicionan las diversas respuestas manifiestas. A través de la acción diferencial de los gradientes derivados de reforzamiento, algunas respuestas están condicionadas al S_G con menor fuerza que otras. Las respuestas iniciales de rutas más largas, por ejemplo, están más alejadas del reforzamiento que las respuestas iniciales de rutas más cortas. Por esta razón las segundas están más fuertemente reforzadas, y se encuentran condicionadas con mayor vigor al S_G. Como consecuencia, los patrones opcionales de conducta se disponen en un orden de preferencia. Las rutas menos favorecidas sólo se escogen cuando las predilectas están bloqueadas. Este

conjunto de hábitos alternativos, integrados por un estímulo meta común y dispuestos en orden preferencial, constituye una *jerarquía de familia de hábitos*.

Hull infirió además que si un miembro de una jerarquía de familia de hábito se refuerza en una situación nueva, todos los demás miembros comparten al instante la tendencia a ser evocados como reacciones en esa situación (Hull, 1937). Esto permite explicar las equivalencias de respuesta y otras reacciones apropiadas en situaciones nuevas o problemáticas, como aquellas que aparecen en los experimentos de razonamiento.

El principio mencionado se aplicó por vez primera al aprendizaje de laberinto (Hull, 1934*a*), donde sirvió fundamentalmente para explicar la tendencia de la rata a entrar en primer término en callejones sin salida que apuntan en dirección de la caja meta, aun cuando el animal nunca hubiese entrado en esos tramos ciegos y nunca hubiese sido reforzado en esa situación de laberinto. Se suponía que la orientación de meta representaba una transferencia inapropiada de hábitos espaciales adquiridos cuando el animal vagaba con libertad en un campo abierto. Otra explicación se relacionaba con los experimentos de desvío (Hull, 1938). El grado de dificultad al alejarse de una meta percibida detrás de una barrera depende de la presencia de jerarquías de familia de hábitos, así como de gradientes meta. En la experiencia usual del espacio abierto, la senda favorecida es la línea recta entre el sujeto que aprende y la meta. La respuesta inicial que se favorece en segundo lugar es aquella que forma el ángulo más pequeño con la meta. Cuanto mayor sea el ángulo, menos favorecida será la respuesta inicial en esa familia de hábitos construida en la experiencia previa. Por lo tanto, cuando se ve bloqueado, el sujeto prefiere una senda que siga un ángulo recto a aquella que requiera que vuelva la espalda a la meta. En algunas situaciones objetivas es posible que incluso prefiera una senda más larga que una corta, si la jerarquía de familia de hábito resulta ser engañosa.

El énfasis cuantitativo de Hull

Aunque nuestra exposición ha tendido a minimizar la cuestión, durante sus últimos años Hull se interesó cada vez más en los aspectos *cuantitativos* de su teoría. Intentó graduar o medir la fuerza de la respuesta en términos cuantitativos y determinar el valor numérico exacto de las constantes particulares, en las ecuaciones en las cuales se relaciona una variable interviniente con una independiente o con variables dependientes. Lo más notable es que intentó inferir predicciones cuantitativas para los resultados de nuevos experimentos conductuales más allá de aquellos que formaron parte del conjunto original de postulados. En esencia, su última obra (1952*a*) consistía en una deducción cuantitativa tras otra acerca de la ejecución en una variedad de experimentos relacionados con el encadenamiento serial de las respuestas, el aprendizaje de discriminación de estímulo, el aprendizaje latente, la conducta orientada espacialmente en campos abiertos, problemas de "rodeo", cambios de incentivo, conflicto de acercamiento-evitación, habilidades motoras, y muchas otras situaciones que estudian los psicólogos. Hull comenzaba sus deducciones tomando sus postulados y asignando ciertos valores hipotéticos iniciales a las numerosas variables intervinientes de la teoría, y se restringía entonces a una caracterización irreal y sin complicaciones de la situación

conductual, creando nuevas reglas para las combinaciones cuantitativas a medida que se las necesitara. A la postre, se obtuvieron algunos cálculos finales de la tendencia de reacción neta, que podrían compararse con alguna medición del comportamiento de los animales en el experimento que se modelaba. Si había pronosticado las tendencias *cualitativas* (ordinales) correctas en los datos, decía satisfecho que "el teorema había sido verificado". Hull resume a menudo los éxitos de su teoría en términos del número de "teoremas confirmados" o de alguna forma parecida.

A pesar del apego por los aspectos cuantitativos de su teoría, la generación subsecuente de psicólogos había un consenso general —incluso entre aquellos que simpatizaban con Hull— de que los detalles cuantitativos específicos eran los más arbitrarios y los menos importantes, interesantes o duraderos de la teorización de aquél (para este punto de vista, expresado por un neohulliano, véase Amsel, 1965). Según los estándares modernos en la teoría del aprendizaje matemático, Hull carecía de un sistema matemático dúctil. Es decir, tenía demasiados parámetros qué medir y una teoría de la medición demasiado débil para que fuera eficaz en lo que toca a los detalles cuantitativos de los datos. Sus deducciones matemáticas también son sospechosas en los detalles (véase la discusión de casos realizada por Cotton, 1955; Koch, 1954; o la edición anterior de esta obra, Hilgard y Bower, 1966, págs. 170 a 180), ya que generalmente implican una plétora de premisas idealizadas, asignaciones arbitrarias de valores a variables intervinientes, y reglas *ad hoc* inventadas para manejar los problemas especiales que surgen en cada deducción. En tales circunstancias, es más aconsejable considerar la teoría de Hull a un nivel informal y verbal, como lo hemos hecho aquí, en torno de los conceptos e ideas interrelacionadas que tienen una significación más duradera. Sin embargo, cabe señalar que fueron las ambiciones cuantitativas del programa de Hull y los argumentos que en su favor estipulara de modo muy persuasivo, los que establecieron la base para desarrollos posteriores en la teoría del aprendizaje matemático.

LOS NEOHULLIANOS

Durante unos 20 años, aproximadamente desde 1930 hasta 1950, Hull fue un personaje importante en el Instituto de Relaciones Humanas de la Universidad de Yale, donde no sólo influyó en sucesivas generaciones de graduados y colegas en psicología sino que dejó su sello en estudiosos de campos cercanos a las ciencias de la conducta, particularmente en la antropología y en la psiquiatría. La riqueza de sus contribuciones no aparece en toda su extensión en sus artículos y libros, como lo atestiguan los conjuntos de *Seminar Notes* y *Memoranda* desde 1934 hasta 1950.

Entre quienes recibieron una influencia más o menos directa de Hull y siguieron escribiendo en el campo del aprendizaje, Neal E. Miller (1959) y O. Hobart Mowrer (1960) han adoptado estilos propios y, aunque permanecen dentro de la tradición de la teoría del reforzamiento *E-R*, nunca emplearon el enfoque más formal de Hull. Kenneth Spence representa probablemente una continuación más directa de su tipo general de teorización, pero con razonables alteraciones. Su punto de vista se aprecia claramente en dos obras: *Behavior theory and conditioning* (1956), y un volumen de artículos escogidos titulado *Behavior theory and learning* (1960*b*). Spence, que fue jefe del departamento de psicología de la Universidad de

Iowa durante casi 25 años, influyó en muchos estudiantes en su tradición neohulliana; entre ellos se cuentan Abram Amsel y Frank Logan. Seguidamente examinemos a grandes rasgos las contribuciones de algunos de los neohullianos.

N. E. Miller

Miller tomó sus conceptos fundamentales de la teoría de Hull, pero los desarrolló de modo informal y los aplicó a una amplia diversidad de fenómenos conductuales. Durante muchos años fue el principal defensor de la hipótesis estricta del reforzamiento como reductor del impulso, y alternadamente la atacaba y la defendía como un acicate heurístico para avanzar en nuestra conceptualización de lo que hace que las recompensas sean reforzantes. Miller también desarrolló la noción de *impulso adquirido*, que se refiere a los estímulos que a través de un proceso de condicionamiento termina por poseer las propiedades funcionales de un impulso, y cuyo mejor ejemplo es el *miedo* o *ansiedad*. En el análisis de Miller (1951), el miedo es una respuesta innata a la estimulación dolorosa, y en tanto respuesta se le puede condicionar a un estímulo antecedente.[3] Pero la respuesta de miedo también tiene efectos estimulantes, que son de dos tipos: primero, pueden servir como indicios discriminativos de modo que las respuestas diferenciales puedan vincularse a ellos; segundo, cuando estos estímulos de miedo se hacen lo bastante intensos, actúan como estímulos de impulso y motivación que fortalecerán respuestas particulares que son instrumentales para escapar o evitar esas situaciones desagrabables y aversivas que provocan el miedo. Por último, cuando se eliminan los estímulos condicionados que originan la respuesta de miedo, el impulso se reduce, lo cual permite el reforzamiento de cualquier respuesta instrumental que antecede a dicha remoción de los estímulos de miedo. Este conjunto de hipótesis se convirtió en la base para el análisis del condicionamiento de evitación que habría de dominar esa área de investigación durante varias décadas. A la postre, la teoría requirió de grandes modificaciones (véase Bolles, 1972).

Otra contribución de Miller (1944) fue la elaboración y el desarrollo de una formulación precisa de la *teoría del conflicto*, que comenzó con algunas ideas de Lewin (1935). Considérense dos diferentes lugares en el espacio, A y B, y supóngase que en relación con cada lugar ("meta") el sujeto tiene una tendencia de acercamiento, una de evitación o una combinación de acercamiento y evitación a un lugar o a otro, o a ambos. La situación está ideada de tal modo que el organismo se ve forzado a elegir, o al menos a comportarse preferencialmente respecto a las dos metas. Miller procedió a clasificar las situaciones y a indicar la conducta esperada, dadas ciertas fuerzas particulares de las tendencias de acercamiento y evitación. Así, por ejemplo, se espera que los conflictos puros de acercamiento-acercamiento sean inestables y que se resuelvan en favor de la opción más fuerte o más atractiva; los conflictos de evitación-evitación conducen a una inmovilización estable en un punto intermedio entre A y B; y las situaciones dobles de acercamiento-

[3]Incidentalmente, era para Miller un problema saber cómo se reforzaba la respuesta de miedo; para ser consistente con su posición de reducción de impulso, tenía que argumentar que el comienzo del miedo era reforzado por la aparición posterior de la estimulación aversiva dolorosa, una posición acerca de la cual él y Mowrer habrían de discrepar.

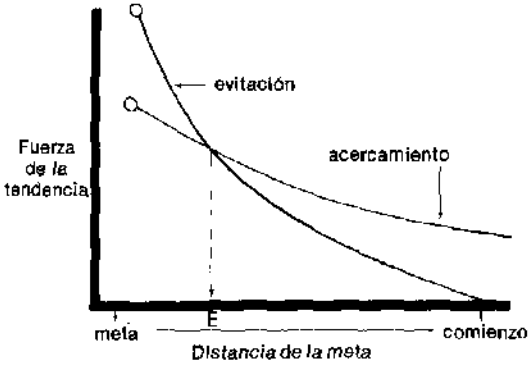


Figura 5.3. Ilustración de los gradientes de generalización espacial de la fuerza del acercamiento y las tendencias de evitación trazados en comparación a la distancia desde la meta hacia el comienzo de un pasadizo en línea recta.

evitación (que implican dos elecciones ambivalentes) conducen a oscilaciones, dudas, falsos comienzos, movimiento inicial en una dirección y después retorno, etcétera.

La situación analizada con mayor frecuencia se refiere a la teoría de Miller de un conflicto simple de acercamiento-evitación, los componentes del cual aparecen en el diagrama de la figura 5.3. Aquí el objeto meta es al mismo tiempo una fuente de atracción y de repulsión que tienta al sujeto a acercarse a ella, pero negando una comunicación completa con la meta. Un arreglo experimental típico para el estudio de tal conflicto sería el de una rata hambrienta entrenada para correr por un pasadizo recto hasta llegar a una recompensa alimenticia; se somete al animal después del entrenamiento a una serie de descargas eléctricas dolorosas en la caja meta. Su tendencia de acercamiento a la comida se desequilibra por su temor a tal descarga. Ambas tendencias muestran un *gradiente meta* que disminuye con la distancia desde la fuente de atracción o repulsión.

Miller suponía que el gradiente de evitación tiene una inclinación más acentuada que el gradiente de acercamiento,[4] y que la tendencia neta a aproximarse a la meta dependía de la diferencia algebraica entre las tendencias de acercamiento y de evitación. En circunstancias apropiadas como las del diagrama de la figura 5.3, cuando la fuerza de la evitación excede a la del acercamiento a la meta, la teoría predice una verdadera conducta de *conflicto*. Si se le coloca al comienzo del pasadizo, el animal correrá hacia la meta, pero entonces se detendrá, se moverá hacia atrás y hacia adelante, avanzará un poco, retrocederá y por lo general oscilará alrededor del punto de equilibro E. Dicho punto se encuentra donde se cruzan los dos gradientes: es estable en el sentido de que cualquier desviación del animal del punto E hará que intervengan fuerzas tendientes a hacerlo regresar a E.

Miller enumera un conjunto de variables que deben afectar la fuerza de la ten-

[4]Como Miller y Murray (1952) han demostrado, esta premisa deriva de la idea de que la tendencia neta de evitación se basa en un impulso aprendido (miedo), que sufre decremento de generalización con la distancia de la meta, mientras que la tendencia de acercamiento regularmente se sustenta en un impulso interno que es constante sólo con el hábito, H, que revela la generalización del estímulo.

dencia de acercamiento y otro conjunto que afecta la de la tendencia de evitación. Las variaciones en éstas tendrían efectos predecibles sobre la conducta conflictiva. Por ejemplo, un incremento en el impulso de acercamiento debería acercar más al sujeto a la meta (el punto *E* se mueve a la izquierda), como también lo haría una disminución de la tendencia de evitación, aunque en cualquier caso el sujeto habría de experimentar mayor ansiedad que antes en los nuevos puntos de equilibrio.

Miller dirigió una admirable serie de estudios que confirmaron y ampliaron este análisis del conflicto (Miller 1959). También amplió la misma teoría para analizar la noción freudiana de la conducta de desplazamiento (Miller, 1948*b*), según la cual una persona selecciona un objeto meta similar ("un objeto de amor desplazado", en la teoría de Freud), cuando es ambivalente y tiene muchos conflictos acerca de la elección de un objeto meta original.

Con la ayuda de su colega John Dollard, aplicó estas hipótesis acerca del aprendizaje, los impulsos adquiridos y el conflicto al análisis del pensamiento, el lenguaje, la personalidad, la neurosis, la psicoterapia, la imitación y la conducta social. En esos análisis se liberaron considerablemente los conceptos del estímulo-respuesta. Por ejemplo, en su análisis de la conducta dependiente de igualación (una imitatipo "copia"), Miller y Dollard (1941) realizaron algo parecido a un análisis *cibernético* de diversos ejemplos conductuales simples. Veamos una ilustración. Un estudiante aprendía a cantar en un tono, y en particular a cantar una melodía de modo que igualara con la voz de un maestro. La discrepancia percibida entre las notas del estudiante y del maestro se concebía como un indicio graduado que motivaba una alteración apropiadamente graduada y direccional en la respuesta vocal, de manera que la nota alterada que cantaba el estudiante parecía más cercana a la del maestro. Ésta es una respuesta relacional guiada por la retroalimentación de un indicio relacional. Miller y Dollard concebían la reducción de la discrepancia como una recompensa secundaria para que el estudiante aprendiera a igualar su nota cantada con una escuchada. Tales análisis, y otros igualmente ingeniosos que aparecieron en el libro *Personality and psychoterapy* (Dollard y Miller, 1950), contribuyeron a convencer a los psicólogos de que una versión más liberal del enfoque de estímulo-respuesta-reforzamiento constituía una opción viable y sana para la teoría del aprendizaje.

Más adelante, Miller concentró su atención en el análisis de los sustratos fisiológicos y bioquímicos de la motivación y la recompensa, áreas en las cuales también hizo contribuciones importantes (1958, 1965). Por otro lado, estaba a la vanguardia de los esfuerzos de investigación para condicionar de modo operante muchas respuestas involuntarias del sistema nervioso autónomo. En el capítulo 9 examinaremos estos importantes intentos de producir el aprendizaje visceral mediante la biorretroalimentación.

O. H. Mowrer

Mowrer, un colega de Hull y Miller en la Universidad de Yale a mediados de la década de 1930, recibió gran influencia de éstos, pero también desarrolló su propio conjunto de hipótesis. Entre sus numerosas actividades, Mowrer mantuvo un interés constante por la interpretación de la ansiedad condicionada (generalmente impulsos condicionados) y el reforzamiento condicionado. Una de sus primeras opiniones (Mowrer, 1947) era que se necesitan dos "principios de reforzamien-

to": 1. la reducción del impulso refuerza y robustece las respuestas instrumentales que implican a la musculatura esquelética mediada por el sistema nervioso central; 2. las emociones como el miedo, la náusea y otras que involucran a la musculatura lisa (glándulas, vísceras, tejidos vasculares) mediadas por el sistema nervioso autónomo, se aprenden a partir de la contigüidad temporal completa de un *EC* con la provocación de la respuesta emocional. Así, por ejemplo, el simple pareamiento de un timbre con descargas eléctricas basta para asociar al miedo con el timbre, pero se reforzaba alguna respuesta de evitación activa (como saltar sobre una barrera entre dos compartimientos), ya que reducía el impulso de miedo. Estas premisas configuraban la llamada *teoría del aprendizaje de dos factores*, que gozó de gran aceptación entre muchos teóricos (incluyendo, por ejemplo a Skinner) durante varios años.

Después de Miller y Dollard (1941), Mowrer efectuó un análisis particular del *castigo* que habría de tener una importancia central para alterar más tarde su concepción del aprendizaje y de la formación de hábitos. Para ilustrar este análisis del castigo, considérese el caso de una rata hambrienta que se ha entrenado para oprimir una palanca a fin de obtener comida, que comienza a recibir una descarga eléctrica cada vez que presiona la palanca. Después de varias presiones y descargas, el animal disminuye su promedio y a la postre deja de oprimir la palanca: el castigo ha suprimido una conducta que era fuerte. Pero, ¿por qué?, ¿cómo podemos interpretar este fenómeno? Según Mowrer, los estímulos de retroalimentación propioceptivos de presionar la palanca se encuentran en una adecuada contigüidad temporal con la descarga, de modo que los indicios asociados con la palanca, junto con aquellos indicios provocados por la respuesta de oprimirla, se condicionan al miedo. En ensayos subsecuentes, si la rata comienza a acercarse a la palanca y se levanta para presionarla, estos incipientes movimientos le presentan al animal un patrón de estímulo propioceptivo que excita la ansiedad. Tales estímulos provocadores de ansiedad le impiden ejecutar toda la respuesta incipiente; la manera de escapar de estos indicios provocadores de miedo consiste en interrumpir y desistir del acto castigado: no hacer nada. Así, mientras en la situación de evitación *activa* el animal reduce el miedo y evita la descarga al saltar fuera de la caja de descarga, en la situación de castigo la rata reduce el miedo y elude tal descarga no haciendo nada. Esto había de convertirse en el análisis generalmente aceptado acerca de la manera en que opera el castigo en la inhibición de las respuestas (Bolles, 1972; J. S. Brown y Jacobs, 1949; Dinsmoor, 1954).

Pero Mowrer meditó en torno de la asimetría implícita en esta posición: como se afirmaba, las recompensas positivas fortalecen directamente los hábitos de las respuestas instrumentales, en tanto que los castigos operan de forma indirecta, no al reducir el hábito sino al hacer que los indicios de iniciar la respuesta se condicionen al miedo, lo cual inhibe la "consecución completa" de la respuesta. Observó (1956) que la asimetría era innecesaria si sólo se reinterpretaba la noción de un *hábito positivo*, como el de nuestra rata hambrienta que presiona una palanca para obtener comida. ¿Por qué no interpretar los hábitos positivos de la misma forma que él había considerado a los castigos, con la única excepción de invertir el signo del resultado anticipado? La retroalimentación propioceptiva de emitir la respuesta correcta está en favorable contigüidad con el reforzamiento positivo (reducción de impulso), de modo que habría de adquirir capacidades reforzantes secundarias mediante el condicionamiento de contigüidad. Y por analogía con la forma en que

se impiden las respuestas castigadas incipientes, las respuestas recompensadas incipientes se deberían impulsar hasta su total ejecución, ya que su patrón de respuesta propioceptivo está condicionado a la esperanza, a la expectativa de la recompensa. En esta concepción no existe una conexión asociativa directa entre el estímulo externo y la respuesta instrumental, no hay un vínculo *E-R* en el sentido tradicional; más bien la estimulación de retroalimentación desde la respuesta correcta se ha condicionado a una emoción positiva (esperanza o reforzamiento secundario), que excita o alimenta de energía hacia la ejecución de la respuesta.

Como hemos visto en el capítulo 4, esta teoría es similar a la de Sheffield y también al análisis de Estes acerca del papel de la recompensa en el condicionamiento instrumental. Sin embargo, puesto que Mowrer excluye los hábitos directos *E-R*, nos preguntamos de qué modo el organismo selecciona las respuestas que "iniciará de modo incipiente". Mowrer (1960) cree que el cerebro dirige una rápida *exploración* de las representaciones centrales de un repertorio de respuestas, inhibe aquellas asociadas con el miedo y facilita las que se vinculan con la esperanza. Pero este mecanismo no se ha elaborado en detalle. ¿Qué es el mecanismo de exploración?; ¿qué se explora?; ¿cuántas respuestas posibles hay? ¿Cinco, cien, un millón? ¿De qué forma el dispositivo almacena temporalmente los valores de la recompensa esperada para cada alternativa explorada, y cómo compara entonces (o incluso discrimina) los cientos de valores explorados? Además, ¿cómo se realiza todo esto con la gran rapidez que caracteriza a los hábitos bien practicados? Éstas son complicadas preguntas que en verdad Mowrer nunca contestó en su análisis de retroalimentación provisional. *No* se trata aquí de problemas para las formulaciones particulares de la exploración de la recompensa esperada que hicieran Sheffield y Estes; como éstos presuponen conexiones directas *E-R*, consideran que la exploración de recompensa interviene en las decisiones del aprendizaje inicial antes de que los hábitos correctos se hayan seleccionado y estén adecuadamente aprendidos.

Debido a esta concepción del hábito como el condicionamiento clásico de una emoción reforzante a algunos indicios producidos por la respuesta, Mowrer (1960) se preocupó por sistematizar las diversas clases de emociones condicionables en lo que toca a sus aspectos reforzantes. En la figura 5.4 pueden observarse las diversas posibilidades que Mowrer consideraba a partir de los sucesos reforzadores primarios de la descarga eléctrica o de la acción de comer, para un organismo hambriento. El diagrama debe leerse como el flujo de eventos en el tiempo (de izquierda a derecha) dentro de un ensayo de condicionamiento. El indicio *A* que precede a la descarga (y provoca un *incremento* en el impulso del dolor) se condicionará a una fracción de ese incremento de impulso, a la cual llamamos miedo o ansiedad. Un indicio *C* pareado con el inicio de un reforzador positivo —como la acción de comer de un bebé hambriento— se condicionará a la reducción del impulso resultante: "esperanza" es el nombre que Mowrer da a la emoción que subyace en el reforzamiento secundario. Los tipos novedosos de relaciones condicionables que señala el autor se ilustran con los indicios *B* y *D* en la figura 5.4. El indicio *B* es aquel que señala la inminente terminación del dolor o la reducción del impulso. Por lo tanto, según las hipótesis de Mowrer el indicio *B* se asocia con el *alivio* del dolor. La validez del fenómeno del alivio, o la seguridad de que el dolor está a punto de concluir, es subjetivamente evidente para cualquier persona que soporta uno prolongado (por ejemplo, el que provoca el torno de un dentista). Para ese efecto

de alivio hay también una acumulación de evidencia conductual, particularmente pruebas de que los animales atemorizados o los que experimentan una descarga eléctrica pueden ser reforzados por los estímulos que se han asociado con la seguridad o con la terminación de la descarga.

El otro nuevo arreglo en la figura 5.4 es el indicio *D*, pareado con la suspensión o eliminación de un reforzador positivo. Como ejemplos podrían mencionarse los indicios que anteceden a "quitarle un dulce a un niño" o a retirar el bebedero de agua azucarada a una rata hambrienta. La idea es que tales indicios llegan a actuar como castigos secundarios por sí solos.

En la figura 5.4 se ilustran las "emociones" esperadas, condicionadas por varios arreglos entre los indicios neutrales y los comienzos o terminaciones de los reforzadores primarios. Una vez condicionados, estos estímulos pueden hacerse contingentes de alguna respuesta instrumental, de modo que incrementen o disminuyan su frecuencia.

En la figura 5.5 aparece un diagrama de los seis posibles resultados que siguen a la ocurrencia de la respuesta instrumental, y a éstos se les asigna las denominaciones que usaba Mowrer. En su concepción, un *reforzamiento decremental* es aquel que reduce (decrementa) un impulso que tiene un efecto positivo sobre la respuesta instrumental previa; un *reforzamiento incremental* incrementa (aumenta) un impulso y tiene un efecto inhibitorio o de castigo sobre la respuesta previa. Debemos comprender, por supuesto, que estos resultados tienen sus efectos es-

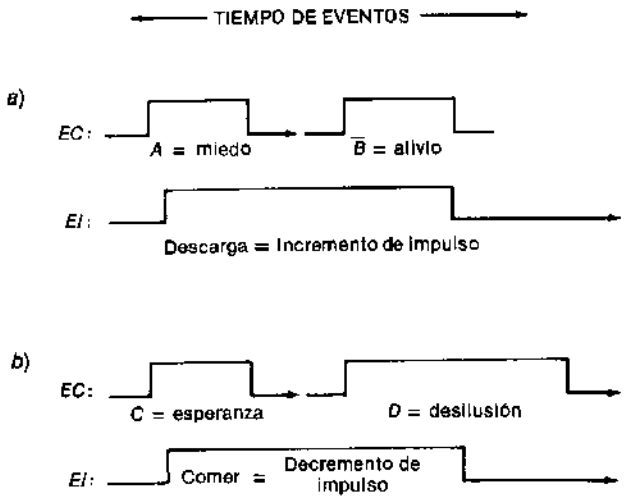


Figura 5.4. Varios arreglos pareados de condicionamiento. (a) Un indicio *A* que precede a un incremento de impulso causado por una descarga dolorosa se asocia con el *miedo*, mientras que un indicio *B* que anuncia la compensación del dolor se asocia con el alivio de la *ansiedad*. (*b*) Un indicio C que antecede un decremento de impulso causado porque el animal hambriento come, se asocia con la *esperanza*, mientras que un indicio *D* que antecede al retiro de la recompensa se asocia con el desagrado o la *frustración*.

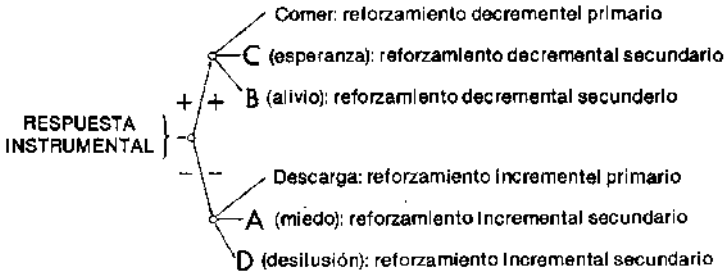


Figura 5.5. Clasificación de Mowrer de los seis tipos de reforzadores que pueden seguir a una respuesta instrumental; aquellos resultados en las ramas + + actúan como reforzadores positivos (reductores de impulso) para la respuesta; los resultados en las ramas — — actúan como reforzadores negativos o castigos para las respuestas.

pecificados sobre la conducta sólo cuando el organismo se encuentra en el estado de impulso apropiado. Así, a un animal saciado no se le puede recompensar con alimento o con estímulos *C* asociados con comida, o castigo con los estímulos *D* asociados con el retiro del alimento. De modo similar, un animal que no esté asustado no será reforzado por la presentación de un indicio *B* asociado con el alivio del miedo o del dolor.

Mowrer (1960) ha revisado evidencias que indican el valor heurístico de este sistema simétrico de clasificación, y desde entonces han aparecido muchas más. El estudio de Stea (1964) es ilustrativo de un experimento que muestra los efectos punitivos de los indicios (como *D*) pareados con el retiro de la recompensa. Durante una fase inicial de condicionamiento de decepción, el investigador inserta un tubo para beber en la caja de una rata sedienta; cuando el animal comienza a beber del tubo, hace sonar un tono y retira el tubo de la caja (el tono antecede y sigue al retiro del tubo unos cuantos segundos). Después de determinados ensayos comienza la segunda fase del experimento, durante la cual las ratas reciben un cierto número de ensayos libres y forzados en ambos brazos de un laberinto en forma de *T*, y se les recompensa con agua colocada en ambos extremos. Esto establece una ejecución de línea base de igual preferencia para los dos brazos del laberinto. En la tercera fase del experimento, Stea hacía sonar el tono de "decepción" cuando la rata iba a un sitio particular (por ejemplo, el lado izquierdo) del laberinto para conseguir agua. Como resultado, los animales desarrollan una significativa predilección por el lado opuesto. Los sujetos de control recibían el mismo tratamiento con la excepción de que el tono y el retiro del agua (o su presentación) sólo tenían una relación aleatoria en la primera fase, y no mostraban ninguna preferencia en la tercera para el lado sin tono. Así, para los sujetos experimentales el tono ha adquirido un valor negativo y actúa como castigador porque se ha asociado con la eliminación del agua o con la frustración de una respuesta consumatoria. Por supuesto, este resultado es congruente con los indicios del tipo *D* que Mowrer identifica como castigadores.

Aunque tales sistemas de clasificación tienen su utilidad, no se les debe considerar como pruebas sustentadoras de la reducción del impulso de la recompensa sobre la cual Mowrer basaba su clasificación. Cualquier concepción hedonista de las actividades "placenteras contra no placenteras" podría haber sustituido los términos de Mowrer, teóricamente cargados de reforzamiento "incremental" o "decremental" del impulso. De hecho, ahora parece muy probable que la hipótesis de reducción del impulso sea empíricamente inadecuada (véase Hilgard y Bower, 1956, págs. 481 a 487, para nuestra exposición anterior de estos problemas). Sin embargo, esta circunstancia no afecta al sistema de clasificación de los reforzadores que Mowrer ha propuesto.

K. W. Spence

Es indudable que entre los teóricos del aprendizaje sobre los que influyera Hull, Kenneth Spence fue su colaborador más cercano y su sucesor. Después de la muerte de Hull, Spence se constituyó en el líder indiscutido de la tradición de la teoría hulliana, aunque constantemente alteraba y modificaba algunas de sus partes significativas. Entre Spence y Hull existía una influencia recíproca. En realidad, Hull recibió mucho de Spence, y tomó sus ideas acerca del aprendizaje de discriminación, la transposición, el uso de variables intervinientes en la teorización; la noción de la motivación de incentivo, el gradiente derivado de reforzamiento y muchas otras hipótesis. Seguidamente expondremos a grandes rasgos algunas de las contribuciones de Spence.

Teoría del aprendizaje de discriminación

El trabajo inicial de Spence (1936) se refiere a una teoría del aprendizaje de discriminación, denominada *teoría de la continuidad* por las razones que veremos a continuación. En la situación de discriminación más simple, llamada del tipo "ir-no ir", el sujeto —por lo común un animal— es reforzado de modo positivo al responder en presencia de un estímulo (llamado estímulo positivo) que se designa convencionalmente como $E+$), y no se le refuerza por responder en presencia de otro estímulo (el estímulo negativo, $E-$). Mediante entrenamiento diferencial, el sujeto termina por responder con prontitud al $E+$ pero no al $E-$; las variaciones en el estímulo controlan los cambios en su conducta: el sujeto discrimina. Una versión un tanto distinta del experimento presente al $E+$ y al $E-$ simultáneamente, y el sujeto escoge entre los dos patrones de estímulo. El aprendizaje se revela cuando el sujeto elige infaliblemente $E+$ en tales ensayos de elección.

En un artículo de 1936 Spence presentó lo que habría de convertirse en la concepción "clásica" o de "continuidad tradicional" del aprendizaje de discriminación, una concepción que sobrevivió a múltiples y estrictas pruebas y a numerosas críticas, y proporcionó un contraste para muchos desarrollos correlacionados en los estudios del aprendizaje de discriminación. El enfoque básico afirma que el análisis del aprendizaje de discriminación no requeriría de nuevos conceptos, más allá de las nociones de condicionamiento simple, extinción y generalización de estímulo. Se supone que los efectos acumulativos de las respuestas reforzadas el estímulo positivo integran una fuerte tendencia excitatoria en el $E+$. De modo similar, se creía que la inhibición condicionada se acumularía en el $E-$ a partir de la frustración producida a consecuencia de las respuestas no reforzadas que se dieron en

presencia del $E-$. Se suponía que estas tendencias excitatorias e inhibitorias establecidas en $E+$ y en $E-$ se generalizaban a estímulos semejantes, y que la generalización disminuía conforme decrecía la similitud. La tendencia neta a responder a cualquier estímulo se da entonces mediante la excitación generalizada menos la inhibición generalizada a ese estímulo particular (véase la figura 5.6). Esta teoría simple ha demostrado ser muy útil y proporciona confiables explicaciones de mucho de lo que se sabe acerca del aprendizaje de discriminación (para un sumario véase G. A. Kimble, 1961). Con el correr de los años, sus deficiencias salieron lentamente a la superficie pero a menudo equivalen a estados incompletos más que a premisas incorrectas de la teoría. Una reseña de varios de estos defectos apareció en una edición anterior de este libro (1966, capítulo 15), de manera que no la repetiremos aquí.

Transposición de la respuesta relacional

Todos los enfoques teóricos del aprendizaje de discriminación comienzan con un intento de especificar, ya sea de modo formal o intuitivo, lo que un sujeto ha aprendido en su entrenamiento de discriminación. ¿Cómo caracterizaremos el conocimiento que el sujeto ha logrado mediante su procedimiento educativo? Para los conductistas, esta pregunta se traduce en otra acerca del control de estímulo de las respuestas: ¿cuál es el *estímulo efectivo* que controla la ejecución discriminativa del sujeto? En un nivel de análisis, prácticamente todas las teorías contestan a esta pregunta general de forma similar: la variable efectiva de estímulo que a la postre llega a controlar la ejecución discriminativa es aquella característica (indicio, atributo, etc.) o conjunto de características en $E+$ ausentes (o distintas) en $E-$. Estas características se denominan indicios relevantes porque sus variaciones se correlacionan con la presencia o ausencia del reforzamiento para responder. Los indicios que no se correlacionan así se llaman irrelevantes.

Pero consideremos un problema en el que los indicios relevantes consisten en diferentes valores a lo largo de un continuo de estímulo ordenado (como el tamaño, la brillantez o el peso). Por ejemplo, supóngase que un mono está entrenado para usar el tamaño como indicio para conseguir una recompensa alimenticia. El arreglo puede consistir en la presentación simultánea de dos cajas entre las cuales el mono deba escoger; la que contiene la recompensa posee una tapa de 160 centímetros cuadrados, mientras que la otra —que carece de recompensa— tiene una tapa más pequeña de 100 centímetros cuadrados. La teoría *relacional* presupone que en esta situación el sujeto aprende la relación "el área *más grande* es la correcta". La teoría *absoluta* supone que el sujeto ha aprendido conexiones específicas de estímulo-respuesta; en particular, que la respuesta de alcanzar está positivamente condicionada al valor específico del estímulo recompensado (160), mientras que la respuesta se inhibe al valor del estímulo no recompensado (100).

El mejor modo de descripción de "lo que se aprende" es más que un asunto de gusto, ya que las pruebas de transferencia con estímulos nuevos nos proporcionan datos para inferir lo que el sujeto ha aprendido en la situación de 160 versus la de 100. Si ha aprendido una relación ("escogió el más grande de los estímulos"), entonces debe en cierto grado ser capaz de transferir su respuesta a esta relación hacia nuevos pares de estímulo, que difieren de aquellos usados en el entrenamiento. En otras palabras; la relación que ha aprendido trasciende al par de estímulo específico utilizado para ejemplificar la relación. Así, si sometemos a prueba

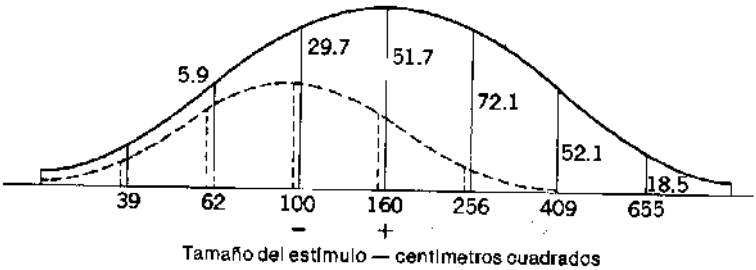


Figura 5.6. Gradiente de generalización hipotética del hábito (curva continua) alrededor de 160 (+) e inhibición (curva punteada) alrededor de 100 (−). La diferencia, hábito menos inhibición, se indica numéricamente en varios puntos. Los valores de estímulo están espaciados igualmente en una escala logarítmica (tomada de Spence, 1942).

al animal con el nuevo par de 256 centímetros versus el de 160, éste debería elegir el estímulo más grande del par; es decir, 256 en lugar de 160, a pesar de que 160 era recompensado en la serie de entrenamientos previos. El resultado experimental más común es que los animales sí escogen al estímulo 256 más que al estímulo 160. Dicho de otro modo, *transponen* la relación "más grande" a lo largo del continuo de estímulo. A estos estudios se les denomina, por lo tanto, *experimentos de transposición.*

Este tipo de transposición se ha descubierto con mucha regularidad en los experimentos, y se le ofrece como evidencia de la concepción relacional de lo que el animal aprende (Kohler, 1918). Antes se creía que tal transposición era incongruente con la teoría absoluta, ya que sobre esa base, ¿cómo podría predecirse que se escogería un nuevo estímulo (256 centímetros cuadrados) en vez de aquel (160 centímetros cuadrados) que se había recompensado con tanta frecuencia en el entrenamiento anterior?

En este contexto Spence publicó otro artículo clásico en 1937, en el cual demostraba que la transposición y diversos fenómenos relacionados son perfectamente predecibles desde una teoría absoluta del estímulo sobre lo que se aprende. Según Spence, todo lo que se necesita es la premisa de que los gradientes de generalización de la fuerza del hábito y de la inhibición alrededor de los valores específicos $E+$ y $E-$ del entrenamiento tienen una cierta forma razonable. Este punto de vista se ilustra apropiadamente en la figura 5.6, en la cual se describe una concepción teórica de la situación establecida por el entrenamiento de discriminación de tamaño 160 versus 100. La figura muestra un gradiente de hábito establecido alrededor del estímulo reforzado de entrenamiento (160), y un gradiente de inhibición estipulado en torno del estímulo no reforzado (100). La tendencia neta a responder a cualquier magnitud de estímulo se da por la diferencia entre el hábito generalizado y la inhibición en ese punto. En la figura 5.6 se indican estas puntuaciones de diferencia. En una prueba de elección entre dos estímulos, se escogerá aquel que tenga la tendencia neta de respuesta más grande. Por ejemplo, para el par de entrenamiento de 160 contra 100, la tendencia neta a responder a 160 es 51.7, y para 100 es 29.7, de modo que en este par se escogerá el estímulo 160.

De esta teoría "absoluta" del estímulo se deriva un cierto número de implicaciones. Predice la transposición en un pequeño rango de pares de estímulo cercanos al par de entrenamiento; por ejemplo, a partir de la diferencia de puntuaciones que aparece en la figura 5.6, se esperaría que el animal escogiera el estímulo 256 (que tiene una diferencia de puntuación de 72.1) más que el estímulo 160 (cuya diferencia de puntuación es de 51.7). Así, se esperaría que un estímulo cercano a $E+$ pero en el lado opuesto de $E-$ sea en realidad más fuerte o más atractivo que el $E+$ mismo. El examen de la figura 5.6 muestra también que la predicción acerca de la manera en que el animal escoge pares de estímulos en una prueba dada depende críticamente de lo lejos que se encuentre el par de entrenamiento. A medida que el par de prueba se mueve por encima y alejándose del par de entrenamiento, la teoría predice primero la transposición para los pares de prueba cercanos, después la reversión de la transposición (escoger la más pequeña) para los pares de distancia intermedia (como en los 409 centímetros cuadrados contra los 256), y después elecciones aleatorias para los pares de prueba muy alejados del par de entrenamiento (por ejemplo, en 900 centímetros cuadrados contra 1 300). De hecho, esta declinación se ha encontrado muchas veces en la transposición con la distancia, y constituye una dificultad para la concepción relacional. Además, según la teoría de Spence, no es necesario que $E+$ y $E-$ estén presentes simultáneamente para la comparación a fin de establecer las condiciones que requiere la teoría para predecir la transposición en otras pruebas posteriores de este tipo.

La presentación aislada del estímulo de $E+$ y $E-$ con reforzamiento y no reforzamiento de la respuesta debería servir convenientemente para producir elecciones de transposición posteriores sobre las pruebas pareadas. La transposición se encuentra después de tal entrenamiento de un solo estímulo, aunque por lo general varios cambios de procedimiento hacen que ésta sea un tanto menor que aquella que sigue a la discriminación de la presentación simultánea. De la teoría de Spence se infieren algunas otras predicciones. Por ejemplo, la extensión de estímulo de prueba sobre la cual se observa la transposición debería ser menor cuando $E-$ está incluso por debajo del $E+$ del entrenamiento. En general, los efectos que la pronosticaba la teoría de Spence se han confirmado en los experimentos. Un estudio de Honig (1962) muestra con claridad varios de estos efectos dentro de un solo experimento.

Al llevar las cosas un poco más lejos, Spence (1942) amplió su teoría para cubrir casos que implicaban tres estímulos de entrenamiento. En el problema del *tamaño intermedio*, se entrenaría al animal para escoger el estímulo 160 entre la tríada consistente en 100, 160 y 256 centímetros cuadrados. En la figura 5.7 se describe el análisis de Spence en términos de su teoría de estímulo específico. Se establece un gradiente de inhibición en torno de ambos estímulos no reforzados, y los dos gradientes se suman en puntos donde se superponen. En este diagrama son evidentes diversas implicaciones. Primero, el problema del tamaño intermedio debería ser mucho más difícil de aprender que el de dos elecciones. Esto se observa al comparar la figura 5.7 con la 5.6, y notar que la tendencia de la reacción neta diferencial a $E+$ es mucho menor para la tarea de tamaño intermedio. Segundo, el aprender a escoger el estímulo intermedio tendría que ser mucho más difícil que aprender a elegir cualquiera de los tres estímulos finales (el más largo o el más pequeño). Esto es verdad y se deduce con facilidad, aunque no aparezca en la figura 5.7. Tercero, no debería haber ninguna transposición después del entrenamien-

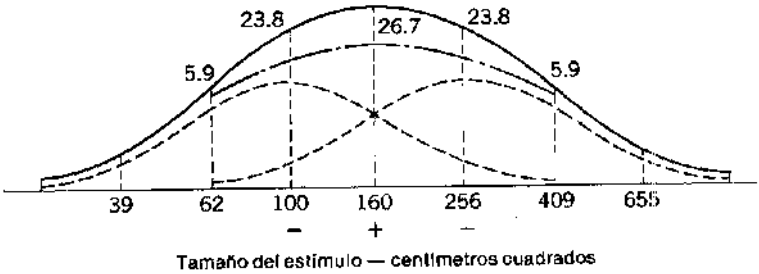


Figura 5.7. Gradientes hipotéticos a continuación del aprendizaje del problema de tamaño medio, donde 160 se recompensaban, y 100 y 256 no se recompensaban. Los gradientes de inhibición (curvas punteadas) alrededor de 100 están sumados para producir una sola curva de inhibición neta con un pico en 160. La diferencia, hábito menos inhibición neta, se indica numéricamente en varios puntos (tomada de Spence, 1942).

to en el problema del tamaño medio, pero debería existir después del entrenamiento en uno de los estímulos finales de la tríada. Por ejemplo, en la figura 5.7, a continuación del entrenamiento en el estímulo de tamaño medio, una prueba con la tríada 160, 256 y 409 debería conducir a la elección de 160, el estímulo positivo específico del entrenamiento. De hecho, para cualquier tríada de prueba, el estímulo preferido tendría que ser uno más cercano en tamaño a 160. Spence (1942) presentó datos que demostraban que sus sujetos (chimpancés) no transponían la relación de tamaño medio a la tríada de prueba (160, 256, 409) a continuación del entrenamiento en 100, 160 y 256.

A pesar de la atractiva parsimonia de la teoría de Spence y de la evidencia que se aduce en su favor, han aparecido otros resultados que sugieren que es de cierta manera incompleta o inadecuada. Algunos de estos estudios, como los de los C. B. Smith (1956) y Riley (1958), recalcan, al menos para el continuo de la brillantez, la importancia de la estimulación contextual del fondo que rodea a las manchas del estímulo focal a las cuales el sujeto responde. Así, en la prueba de una mancha con una brillantez particular ésta puede verse más brillante o más oscura dependiendo de si el fondo que la rodea es más oscuro o brillante, respectivamente, que la mancha de prueba. Por ejemplo, Riley demostró que la disminución en transposición en las "pruebas lejanas" no se producía si la razón entre la mancha de prueba y la brillantez que la rodeaba se mantenía igual en el entrenamiento y en la prueba, aunque se cambiaran los niveles de intensidad absoluta. Además, en varios experimentos de seguimiento acerca del problema del tamaño medio, a menudo se encontraba la transposición (contrariamente al resultado de Spence), aunque no en todos los casos.

Zeiler (1963) propuso una teoría más completa de la transposición, la que presuponía que el sujeto percibe cada estímulo en relación con una norma interna o nivel de adaptación (*NA*), un concepto creado por Helson (1964). El (*NA*) constituiría un valor promedio de los estímulos experimentados a lo largo del continuo de interés, algo así como una magnitud. Se cree que el sujeto aprende a seleccionar aquel

estímulo (positivo) que mantiene una cierta proporción con el (*NA*) actual. Al suponer que el (*NA*) cambia de acuerdo con el conjunto de estímulos de prueba, Zeiler demuestra la forma en que esta teoría explica muchos de los resultados sobre la transferencia a continuación de problemas de dos y tres estímulos.

Como a menudo sucede en la evolución de las explicaciones científicas, las hipótesis alternativas iniciales (relacional versus absoluta) a la postre resultan inadecuadas o incompletas. La siguiente explicación, que emerge dialécticamente, implica varios conceptos novedosos, pero también mantiene algunas de las características de las teorías anteriores. El fenómeno de la transposición engendró una controversia sólo en lo que respecta al comportamiento de los animales, y quizá el de los niños preverbales. El mismo Spence restringía la aplicación de su teoría a organismos no verbales, pues creía que el uso humano del lenguaje simbólico introduce nuevos factores que su teoría no cubre. Sin duda alguna, los seres humanos aprenden y utilizan conceptos relacionales en abundancia, y nuestro lenguaje está lleno de términos relacionales o comparativos que usamos apropiadamente cientos de veces al día (*más grande, encima, más lejos, al oeste de*, etc.). Algunos investigadores se han interesado por la manera en que la respuesta de transposición varía a medida que el infante humano se desarrolla y se vuelve más diestro en el uso del lenguaje. La tendencia general de los resultados es que la transposición mejora con la edad mental y/o con la destreza lingüística del niño, aunque algunos informes discrepan en este punto (para una reseña, véase Hebert y Krantz, 1965).

Teoría de la continuidad

Un aspecto digno de mención es la manera en que Spence (en su artículo de 1936) trata al aprendizaje de discriminación en lo que respecta a los compuestos o haces de indicios de estímulo. La tarea típica de discriminación implica patrones de estímulo de multiatributo o multidimensionales. Por ejemplo, en una tarea de discriminación simultánea típica, en un ensayo particular se le podría exigir a un mono que escogiera entre "un gran triángulo blanco a la izquierda" versus "un cuadrado negro pequeño a la derecha". Por costumbre, por grande y pequeño se entienden los *valores* de la *dimensión* del tamaño. En esta ilustración, hay cuatro dimensiones binarias (de dos valores), de modo que hay $2^4 = 16$ posibles patrones de estímulo (y 8 pares complementarios). El experimentador selecciona como correcto al valor de una de las dimensiones (por ejemplo, un triángulo), de manera que se recompensará la elección de cualquier patrón que posea tal valor. Si el triángulo fuera correcto, entonces a la forma se le llamaría dimensión *relevante*, mientras que el tamaño, el color y la posición serían las dimensiones *irrelevantes*. Los diversos valores de las dimensiones irrelevantes suelen parearse con la misma frecuencia con el valor reforzado, así como con el no reforzado. Por ejemplo, el triángulo está a la izquierda en la mitad de los ensayos, y el cuadrado está a la izquierda en la otra mitad. Con tales arreglos, la elección consistente de un valor irrelevante (por ejemplo, izquierda) resultaría en recompensa en la mitad de los ensayos, y en la otra en no recompensa.

Con estas consideraciones como marco de referencia para el tema, podemos estipular la naturaleza de las reglas del aprendizaje y la composición, de Spence. En términos generales, este investigador presuponía que a cualquier valor de un patrón de estímulo se le podría asignar una tendencia de reacción neta de acercamiento

(sus tendencias excitatorias menos inhibitorias), y la tendencia total a acercarse a un patrón dado se calculaba mediante la suma algebraica de las tendencias de reacción de los valores componentes que lo forman. Cuando el sujeto debía escoger entre dos patrones (haces de hábitos), se espera que elija aquel con el mayor potencial de reacción agregada. Otra premisa es que, a continuación de la respuesta a un patrón con recompensa o no recompensa consecuente, al final de cada ensayo las tendencias de reacción de cada uno de los componentes del patrón elegido se incrementa apropiadamente (si es un ensayo recompensado), o disminuyen (si no es recompensado). Así, el sujeto fundamenta su elección en todos los componentes percibidos del estímulo elegido, y aprende (altera las fuerzas netas del hábito) en lo que se refiere a la totalidad de dichos componentes. Además, se suponía que los cambios en las tendencias de hábito para indicios particulares ocurren gradualmente, mediante la acumulación *continua* de incrementos y decrementos debidos a las recompensas y a las no recompensas. Esta peculiaridad es la que le dio el título de *teoría de la continuidad*.

De acuerdo con esta concepción, por ejemplo, un sujeto podía comenzar con un conjunto de preferencias habituales que resultan ser indicios irrelevantes en el problema de discriminación, de modo que una rata puede mostrar preferencias sistemáticas de posición en un laberinto, antes de que los efectos automáticos de la recompensa diferencial modelen gradualmente su respuesta al control del indicio relevante (por ejemplo, la brillantez de los lados del laberinto). Según está teoría, las tendencias de acercamiento diferencial se acumulan a los valores positivos versus los negativos dentro de la dimensión relevante, mientras que las tendencias de acercamiento a los dos valores dentro de dimensiones irrelevantes tienden a emparejarse gradualmente (pero con una variabilidad en las fuerzas de ensayo a ensayo debida a recorridos favorables o desfavorables de correlaciones recompensadas con el valor positivo). El animal responde sin errores cuando el diferencial de hábito que favorece al valor positivo más que al negativo es lo bastante grande como para compensar cualquiera y todas las combinaciones de diferenciales de hábito de los indicios irrelevantes; es decir, el hábito total agregado para cualquier patrón positivo (haz) excede al hábito total agregado de su patrón negativo (opuesto), complementario.

Estos conjuntos de premisas (acerca de la determinación compuesta de la elección, y del aprendizaje gradual en lo que toca a todos los componentes percibidos) constituyen el núcleo de la teoría de la continuidad. Los oponentes de Spence negaban casi todas estas premisas, como es el caso de Krechevsky, Lashley o Tolman, que abrazaban un tipo de *teoría de comprobación de hipótesis* del aprendizaje de discriminación. Los detalles de esta última teoría, en especial el trabajo de Levine acerca del aprendizaje humano de discriminación, se examinarán en el capítulo 11 en ocasión de referirnos a Tolman. Las premisas clave de la teoría de comprobación de hipótesis son las siguientes:

1. La respuesta del sujeto en un ensayo dado se basa sólo en una (o al menos en muy pocas) característica del patrón total. El sujeto "atiende selectivamente" sólo a esa característica del patrón.
2. El resultado recompensante o no recompensante en ese ensayo hace que el sujeto aprenda fundamentalmente sólo acerca de aquel indicio (hipótesis) que dominaba su elección en ese ensayo. De manera primordial, el resultado actúa como información que per-

mite la confirmación o refutación de una conjetura (hipótesis) acerca de la solución correcta de la tarea de discriminación.

3. La solución tiende a ocurrir de pronto, "en completo discernimiento", de una forma de todo o nada, en vez de la acumulación gradual de la fuerza.

Existen distintas versiones de tales teorías de la continuidad, que varían de acuerdo con sus reglas para alterar el proceso "de atención" y el proceso de "aprendizaje *E-R*". Hay una muy larga y productiva historia de investigación acerca de los detalles de las formulaciones de dichas teorías de discriminación. Disponemos de sumarios parciales de la bibliografía relacionada con el tema en Sutherland y Mackintosh (1971), y en Trabasso y Bower (1968). La teorización de Spence tiene la ventaja de que su formulación clásica (y su argumentación experimental) fueron de suma importancia durante muchos años dentro del análisis del aprendizaje de discriminación. Pocas teorías de los subfenómenos específicos en psicología probaron ser tan poderosas y viables a la luz de las investigaciones posteriores.

Motivación del incentivo

Otra área en la cual Spence influyó significativamente sobre la teoría de Hull fue en la concepción de las acciones de las recompensas y las no recompensas sobre la conducta instrumental. En 1943 Hull suponía que la fuerza del hábito, el principal factor asociativo en la teoría, era afectado por las condiciones del reforzamiento. Sin embargo, Spence había argumentado que la recompensa debería concebirse en el sentido de que tiene un efecto motivador o energizante sobre los habitos, en lugar de afectar directamente al mismo factor de asociación. De hecho, en la formulación de Spence (1956, 1960*a*) se presumía que la fuerza del hábito era una función del número de contigüidades *E-R* (ensayos), mientras las condiciones de recompensa (magnitud de la recompensa y número de ensayos recompensados) afectaban al potencial de reacción a través de un factor motivacional de incentivo, *K*. Se pensaba también que la motivación de incentivo se combinaba y se sumaba a impulso *D*, para integrar el complejo motivacional total que multiplica a la fuerza del hábito. Así, omitiendo los subíndices:

$$\text{Hull: } E = H \times D \times K - I$$

$$\text{Spence: } E = H \times (D + K) - I$$

Estas diferentes reglas de combinación para *D* y *K* conducen a predicciones un tanto distintas. Sin embargo, sólo podemos optar por una u otra en conjunción con una teoría poderosa acerca de la manera de medir el potencial de reacción; las diferentes mediciones de *E*, como la velocidad de la respuesta, la resistencia a la extinción y la elección preferencial, producen distintas respuestas a la pregunta sobre cómo se combinan *D* y *K*. Este punto aún permanece sin resolver.

Spence fue el primer teórico que promovió la idea de relacionar el constructo de motivación de incentivo *K*, con la fuerza de la respuesta meta anticipatoria fraccionaria (r_G-S_G). A la r_G se le consideraba como una respuesta condicionada clásica que se mueve hacia adelante en la cadena instrumental. Se presumía que su ocurrencia temprana en la cadena canalizaba la excitación hacia la ejecución de la respuesta. Este análisis parece plausible, ya que las variables que afectan la amplitud

de la r_G (por ejemplo, la cantidad o la calidad de la recompensa), o que extienden el condicionamiento r_G (por ejemplo, número de ensayos, demora o probabilidad de la respuesta) supuestamente también tienen los efectos correspondientes sobre el constructo teórico K. Como se indicó en el capítulo 4, el procedimiento es similar a la manera en que Sheffield y Estes relacionan las recompensas con la ejecución de las respuestas instrumentales.

Esta identificación entre la amplitud del r_G y la motivación de incentivo produjo un gran desencanto. Logan (1968) presenta un resumen de los argumentos al respecto. Por un lado, necesitamos de algo como la "motivación de incentivo" para explicar la forma en que los animales corren para escapar de la descarga (véase, por ejemplo, G. H. Bower, 1960), pero en tales casos es difícil imaginar que es la respuesta meta condicionada clásicamente cuya anticipación es "excitante". Otro argumento presenta literalmente la conjetura de que la r_G es una respuesta periférica, y entonces demuestra que los intentos directos para manipular la r_G de comida al usar drogas que facilitan o inhiben la salivación no ha tenido el efecto esperado sobre la ejecución de los hábitos recompensados por alimento (véase Lewis y Kent, 1931).

Williams (1965) registró la salivación en perros que habían aprendido a presionar un panel para obtener alimento en un programa de intervalo fijo, donde se reforzaba la primera presión del panel después de que había transcurrido un intervalo dado. Williams descubrió que la presión instrumental del panel ocurría mucho tiempo antes de que se iniciara la salivación, y que los dos sistemas de respuesta no se correlacionaban adecuadamente en el transcurso del tiempo dentro de un ensayo. Entonces, ¿qué es lo que proporciona la motivación de incentivo para las primeras presiones del panel antes de que comience la salivación? Ellison y Konorski (1964) observaron una disociación similar entre la presión del panel y la salivación: a una primera señal, los perros presionaban varias veces un panel a fin de producir una segunda señal, que era seguida (sin más presiones) por alimento varios segundos después. Observaron que a la primera señal los perros presionaban pero no salivaban; o la segunda salivaban pero no presionaban. Tales resultados indican que la salivación (un índice de r_G-S_G), aunque esté correlacionada con la entrega inminente de la recompensa alimenticia, carece de una conexión vital con la respuesta instrumental. De hecho, por intuición parece que la actividad instrumental debería ser más adaptable cuando saca al animal de una situación donde no espera recompensa y lo lleva a una en la que sí la espera.

Hull y Spence concibieron a K como una motivación de incentivo generalizada que energiza a todos los hábitos (véase la ecuación anterior). Sin embargo, al parecer no se gana mucho al agregar la noción de motivación generalizada a la idea básica de que los organismos pueden asociar recompensas distintas con los estímulos o respuestas que las anteceden. En varios experimentos se ha demostrado, contrariamente a la teoría de la motivación, que la respuesta instrumental para el alimento por lo general *disminuye* si se introduce un EC pavloviano para comida durante la ocurrencia de la respuesta instrumental; la alteración es más probable cuando la respuesta necesaria para obtener comida es incompatible con la respuesta instrumental (LoLordo *et al.*, 1974). En un experimento crítico dirigido por Trapold (1962) se estudió el acrecentamiento del reflejo de sobresalto al oír un disparo de arma de fuego, como una medición de la motivación generalizada, ya que en trabajos anteriores de Brown, Kalish y Farber (1951) se había demostrado que el

reflejo de sobresalto se incrementaba en presencia de un *EC* pavloviano, que provocaba miedo debido a los pareamientos con la descarga eléctrica. Desafortunadamente, Trapold descubrió que un *EC* pavloviano para comida no sólo no producía ningún aumento del reflejo de sobresalto, sino que de hecho lo hacía disminuir, contrariando la idea general de que la expectativa de alimento es motivadora.

Una explicación más plausible de estos resultados es que los animales aprenden a esperar reforzadores específicos para estímulos específicos, y que tales expectativas sirven fundamentalmente como guía para seleccionar las respuestas; es decir, la r_G-S_G tiene un papel más importante en la selección de la respuesta que para proporcionar motivación. Trapold (1970) informó de un interesante experimento relacionado con este punto, en el cual se demostró la especificidad de reforzador del supuesto mecanismo $r_G + S_G$. Las ratas debían presionar una palanca en presencia de un tono para recibir como recompensa una bolita de comida, y una palanca distinta en presencia de un sonido de *clic* para recibir una recompensa de agua azucarada (véase la figura 5.8). Esta discriminación instrumental avanzaba con mayor rapidez si antes del entrenamiento de palanca los animales habían recibido pareamientos pavlovianos del tono con la bolita de comida, y del *clic* con la sacarosa; la discriminación instrumental se aprendía con más lentitud si se habían invertido los pareamientos pavlovianos iniciales con el tono-sacarosa y el *clic*-comida. Tales resultados sugieren que los estímulos se convierten en señales para sus recompensas asociadas específicas, y que las distintas expectativas ayudan a diferenciar el tono del *clic*. El diagrama asociativo se muestra en la figura 5.8 para el caso en que los pareamientos *EC* pavloviano-reforzador son consistentes con aquellos que operan en el entrenamiento de discriminación instrumental.

Los diversos resultados reseñados no confirman la idea de que las recompensas esperadas instigan un estado motivacional generalizado. Además, la expectativa de recompensa debe ser específica para combinaciones específicas de estímulo y respuesta. Sin embargo, esto no nos obliga a aceptar la concepción de que los animales inician respuestas sólo después de que han explorado las respuestas y generado alguna expectativa de recompensa para cada una de ellas. Anteriormente presentamos argumentos contra la respuesta de exploración de la teoría del hábito

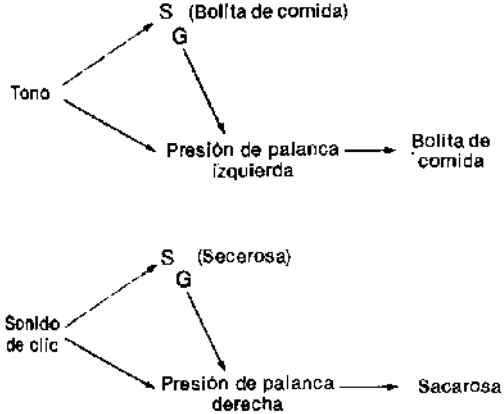


Figura 5.8. Diagrama de los pareamientos asociativos consistentes en el experimento de Trapold (1970). El condicionamiento pavloviano discriminativo de la fase 1 establece conexiones (flechas punteadas) que ayudan a mediar el aprendizaje de las respuestas instrumentales correctas a estos indicios en la fase 2.

de Mowrer; una teoría que se basa en la retroalimentación de las respuestas iniciadas de modo incipiente para proporcionar motivación o inhibición para esa respuesta, no permite que la motivación de incentivo opere en el momento de la elección. Por ejemplo, supóngase que una rata ha tenido experiencia con un laberinto de (para ser absurdo) 100 pasadizos discriminablemente diversos que parten de un punto de elección, cada uno asociado con recompensas o demoras de magnitud ligeramente diferentes. Al presuponer una experiencia igual con todos los pasadizos (de modo que los H sean iguales), la teoría r_G nos haría creer que la rata puede hacer su elección sólo al orientarse a todos los pasadizos en turno, obtener una lectura particular del r_G para cada uno de ellos almacenar esa lectura, retener la respuesta hasta que todas se hayan explorado, comparar las "lecturas r_G" y, por último, decidirse por aquella respuesta con la lectura más alta. Pero esto no parece plausible. Si los laberintos de 100 elecciones parecen al lector demasiado absurdos, deberá recordar que en cada momento a lo largo de la ejecución de una cadena de respuesta, puede concebirse que el organismo escoge entre un vasto repertorio de posibles respuestas. Por ejemplo, la teoría micromolar de Logan (1960), que examinaremos más adelante, presupone que incluso para la respuesta cualitativa más simple el animal selecciona las características intensivas de la misma: su velocidad, amplitud y fortaleza. Como afirmaba Logan (1968, pág. 8): "parece improbable que algún organismo tenga el tiempo o los recursos para tomar decisiones momentáneas con base en el monitoreo implícito de todos los posibles cursos de acción". Y luego concluye: "En la actualidad, parece preferible concebir a la motivación de incentivo como específica para diferentes sucesos E-R y entregada de inmediato como una base para la elección *antes* de que ésta se lleve a cabo" (pág. 8).

Según Logan, la motivación de incentivo es específica de sucesos particulares E-R y constituye un determinante primordial de la selección de la respuesta. Logan (1969) supone que la motivación de incentivo es graduable en sentido ascendente o descendente de acuerdo con las acciones conjuntas de las recompensas y los castigos. Las recompensas tienen un valor de incentivo positivo, y los castigos de incentivo negativo, y el incentivo neto de una respuesta dada depende de la diferencia entre los factores positivo y negativo. Los lectores familiarizados con la teoría económica o del valor en la filosofía notarán que Logan usa aquí la motivación de incentivo de una forma muy similar al concepto de la utilidad subjetiva en esas disciplinas. En realidad, esto no es accidental, ya que Logan desea que la teoría acerca de la toma de decisiones o la selección de la respuesta en los organismos inferiores (véase Logan, 1965) sea congruente con la manera en que concebimos la toma de decisiones en los seres humanos inteligentes; y la teoría de la utilidad se desarrolló para explicar (o prescribir normativamente) las elecciones de los hombres "racionales".

Abram Amsel

Discípulo de Spence, Abram Amsel es un importante investigador contemporáneo dentro de la tradición hulliana que ha concentrado sus esfuerzos en el análisis de la no recompensa y la extinción de la conducta instrumental. Las interpretaciones anteriores de la no recompensa habían asignado a ésta un papel esencialmente pasivo. Por ejemplo, Tolman suponía que la no recompensa servía sólo

para desconfirmar y debilitar la expectativa de recompensa que un animal tenía. En la temprana teoría de Hull se postulaba que los ensayos no recompensados permitían la acumulación de los factores inhibitorios sin ser desequilibrados por un incremento correspondiente en H o en K. Como contraste con este papel pasivo de la no recompensa, la hipótesis de la frustración de Amsel concibe a la no recompensa de una respuesta previamente recompensada como un suceso activamente punitivo y aversivo. Por lo tanto, muchos de los efectos de la no recompensa sobre la respuesta se consideran análogos a los efectos que el castigo produce sobre la misma conducta.

En numerosos artículos (por ejemplo, 1958, 1962, 1967), Amsel ha desarrollado sus hipótesis y argumentado convincentemente en favor de ellas; las más significativas contribuciones adicionales se deben a Wagner (1963, 1966) y a Spence (1960*a*). En primer término transcribiremos la hipótesis y luego reseñaremos los tipos de experimentos que la apoyan. La hipótesis es la siguiente:

> La ocurrencia de una no recompensa en el momento en que el sujeto espera una recompensa origina una reacción de frustración primaria (R_F). La estimulación retroalimentadora de esta reacción es aversiva y tiene efectos motivacionales persistentes a corto plazo sobre la conducta instrumental subsecuente. Las partes fraccionarias de esta reacción de frustración primaria se condicionan de la manera clásica a los estímulos que preceden a su provocación. La ocurrencia de esta respuesta fraccionaria de forma anticipatoria se designa con r_F-S_F. Los indicios S_F de la frustración anticipatoria se asocian principalmente con las respuestas de evitación, pero estas conexiones pueden modificarse mediante el entrenamiento.

Dentro del sistema hulliano, la frase "espera una recompensa" se traduce en enunciados acerca del r_G, su mecanismo para la representación de la recompensa anticipatoria. Recuérdese que el r_G es una variable aprendida que difiere en su amplitud con los ensayos y con las características de la recompensa (su cantidad, su dulzura, etc.)

El supuesto efecto motivacional de la no recompensa frustrante puede observarse en la intensificación o aceleración de las respuestas que se produce unos cuantos segundos después de que el animal experimenta el no reforzamiento. La situación estándar para estudiar el fenómeno consiste en una senda de dos conexiones. Se entrena a la rata para que corra hacia una primera caja meta a fin de obtener una recompensa; después de permanecer unos cuantos segundos allí, se abre la entrada hacia una segunda senda, que el animal recorre para conseguir una segunda recompensa. Luego del entrenamiento en esta secuencia de dos conexiones, la omisión de la primera recompensa produce un momentáneo incremento en la velocidad al correr posteriormente por la segunda senda, en el mismo ensayo. La diferencia en las velocidades de carrera en la segunda senda a continuación de la no recompensa versus la recompensa en la primera caja meta se toma como un índice de la magnitud del efecto de frustración (EF). Como lo pronosticaría la teoría de Amsel, los factores que influyen sobre la magnitud del EF tienden a ser aquellos que provocarían una mayor excitación del r_G en la primera conexión de la senda. Es decir, cuanto mayor sea la expectativa de recompensa, mayor será la frustración producida por la no recompensa. Un resultado particularmente importante es que, con el 50% de ensayos recompensados y no recompensados en la primera caja meta, el EF no aparece durante los ensayos iniciales sino que se desarrolla de modo gradual con el entrenamiento, lo cual quizá refleje el condicio-

namiento ulterior de la recompensa anticipatoria. Un segundo resultado importante (Amsel y Ward, 1965) es que el *EF* para la no recompensa en la primera caja meta disminuye y finalmente desaparece si se proporcionan indicios discriminativos en la primera senda (por ejemplo, es negra o blanca), que predicen recompensa o no recompensa en la primera caja meta. Así, si no se espera ninguna recompensa, la no recompensa ya no es frustrante. Tercero, se afirmaba que el *EF* ocurre cuando la cantidad de la recompensa se reduce sólo a un nivel inferior (no cero), y la magnitud del *EF* se dosifica de acuerdo con reducciones graduadas en la recompensa de prueba, por debajo de la cantidad que solía esperarse (G. H. Bower, 1962*c*). Sin embargo, otra evidencia (Barret *et al.*, 1965) parece indicar que estos efectos graduados se confunden con los efectos depresivos temporales sobre la velocidad de carrera de la rata, relacionada con que ésta haya comido más o menos alimento en la primera caja meta.

Wagner (1963) presenta datos que apoyan la premisa de que la frustración puede ser condicionada y que actúa como un estímulo-impulso aversivo. Las ratas corrían por una senda; la mitad de los ensayos se recompensaba y la otra mitad no, en un orden aleatorio. Se presentaba el sonido de un timbre exactamente un momento antes de que los animales miraran hacia el comedero vacío en los ensayos no recompensados. Se creía que este procedimiento asociaría al timbre con la reacción de frustración provocada cuando la rata miraba al comedero vacío. Más adelante se demostró que el timbre acrecentaba el reflejo de sobresalto a un disparo de arma de fuego, una medición que probó ser sensible a los efectos motivacionales adquiridos de los indicios. Asimismo, el timbre podía emplearse de modo efectivo para entrenar y mantener una respuesta que producía escape del timbre. La interpretación es que la respuesta de escape se refuerza porque termina con el timbre, el cual está asociado con la frustración agresiva. Las investigaciones de Daly (1969, 1970, 1974) demuestran formas particularmente efectivas de aprendizaje supuestamente reforzadas por la "reducción de la frustración".

Se supone que la frustración aplicada a la extinción de las respuestas instrumentales recompensadas actúa como un castigo. Como la extinción implica la frustración repetida en la meta, el animal termina por esperar la frustración (el mecanismo r_F-S_F), así como aguardaría con temor una descarga eléctrica dolorosa en la meta. La frustración anticipatoria produce inicialmente la evitación de la meta, al evocar respuestas que interfieren con el acercamiento continuado al lugar donde ocurre la frustración. Sin embargo, se argumenta que el reforzamiento parcial entrena eficazmente al animal para tolerar la frustración. En particular, las circunstancias de tal entrenamiento dan lugar a que los indicios S_F se conecten con el acercamiento más que con la evitación. Así, se supone que la extinción es más lenta a raíz de entrenamiento de reforzamiento parcial, porque el mismo hábito de acercamiento ha adquirido temporalmente los medios normales para la excitación de respuestas de interferencia (evitación).

Esta hipótesis acerca de la extinción y el reforzamiento parcial ha recibido considerable apoyo experimental. Hay pocas dudas de que las condiciones en las cuales ocurre la extinción y sus estímulos asociados son aversivas, y que el animal es reforzado al escapar. Por ejemplo, en una caja de Skinner los animales aprenderán una respuesta nueva para retirar un estímulo que se ha asociado con la extinción. Azrin (1964) demostró, además, que durante la extinción de una respuesta reforzada con comida, las palomas aprenden una respuesta nueva para la cual la recom-

pensa es una breve oportunidad de agredir a otra paloma. En condiciones de control neutral esa agresión no ocurre. La importancia que reviste esta observación para la hipótesis de la frustración es que se sabe que tales respuestas agresivas son sumamente probables, en particular cuando el pájaro está en circunstancias dolorosas o incómodas. Estos resultados se explican al presuponer que las respuestas no reforzadas producen frustración, y que ésta es aversiva.

Otro hecho relacionado es que las drogas tranquilizantes, que supuestamente reducen las consecuencias emocionales de la frustración, retardan su extinción y además liberan en parte una respuesta que la frustración inhibía anteriormente. Por otro lado, Wagner (1966) ha demostrado grandes transferencias entre los animales entrenados para resistirse al estrés del castigo (descarga eléctrica) y los que se entrenan a fin de que resistan la frustración para aproximarse a una meta. En particular, si a las ratas se les ha entrenado para que sigan acercándose a una caja recompensa, a pesar del castigo, el número de ensayos requeridos para alcanzar la extinción es mayor cuando se detienen la comida y el castigo. Asimismo, los animales entrenados con reforzamiento parcial continúan respondiendo durante más tiempo una vez que el castigo se introduce en la meta. Estos resultados sugieren que la descarga eléctrica y la no recompensa tienen propiedades comunes, de modo que el aprendizaje para resistirse a una de ellas se transfiere en cierto grado a la otra. Y este hecho apoya la interpretación de que la no recompensa es un suceso frustrante y aversivo.

Los estudios citados y algunos otros parecen proporcionar evidencia concluyente de que la no recompensa (cuando se espera la recompensa) tiene un efecto aversivo muy semejante al de un castigo. Sin embargo, la aceptación de esa proposición no implica lógicamente la creencia en la teoría particular de la interferencia de la extinción que propone Amsel. Tal teoría afirma que la anticipación de la frustración en la meta se conecta inicialmente con la evitación de la meta (provoca respuestas que interfieren con el movimiento dirigido a la meta); al exponer las circunstancias de tal modo que al sujeto se le induzca a seguir corriendo bajo entrenamiento de reforzamiento parcial, los indicios de la frustración anticipatoria se asocian con el acercamiento a la meta más que con su evitación.

Una de las demostraciones más convincentes de que el r_F-S_F puede establecer asociaciones con respuestas manifiestas surgió de un experimento que Roos (1964) realizara en el laboratorio de Amsel. En el cuadro 5.1 se describe el diseño del experimento. Durante la fase 1 se entrenó a seis grupos de ratas en una caja corta, negra y amplia con reforzamiento continuo (100 %) o parcial (50 %) usando una de tres respuestas: correr, saltar un agujero en el piso, o trepar por una pared de alambre hasta llegar al comedero. Estas tres respuestas se seleccionaron mediante pruebas anteriores para que tuvieran una dificultad similar, y los animales las aprendieron casi a la misma velocidad. La idea esencial es que durante este entrenamiento de la fase 1, los grupos de reforzamiento parcial presumiblemente condicionan su frustración anticipatoria r_F-S_F a su respuesta de acercamiento, ya se trate de correr, saltar o trepar. Esta suposición se comprueba en la fase 3 del experimento.

En la fase 2 se llevó a los animales —que operaban bajo la sed para recompensas de agua (en vez del hambre)— a un nuevo aparato, y se les entrenó con el reforzamiento continuo en una respuesta de correr. Se trataba de configurar una situación muy distinta de la correspondiente a la fase 1, de manera que la transferencia

CUADRO 5.1. Boceto del experimento de Ross (1964) (tomado de Amsel, 1967).

Fases del experimento	(1) *Aprendizaje preliminar*	(2) *Adquisición de la respuesta de correr*	(3) *Extinción de la respuesta de correr*
Aparato	*(a) Caja corta, negra y ancha*	*(b) Pasadizo largo, blanco y estrecho*	*(b)*
Motivación	*Hambre*	*Sed*	*Sed*
Condiciones experimentales	*Correr* Continuo (*CC*) Parcial (*CP*) *Saltar* Continuo (*SC*) Parcial (*SP*) *Trepar* Continuo (*TC*) Parcial (*TP*)	*Correr* Recompensa continua	*Correr* No recompensa continua

diferencial en la fase 3 pudiera surgir discutiblemente de la similitud de estímulo interna (mediada) en vez de la externa.

La tercera, es la fase crítica; en ella se extinguía la respuesta aprendida en la fase 2. La pregunta se refiere a la forma en que los diversos grupos se clasificarán por grados en la extinción. Los datos aparecen en la figura 5.9, en la cual se relaciona la velocidad media de carrera del grupo para las seis condiciones del último bloque de ensayos de adquisición, y durante 32 (8 bloques de 4) ensayos de extinción. La teoría de Amsel predice que durante la fase 3 de extinción los animales se frustrarían y comenzarían a experimentar frustración anticipatoria. Lo que *hacen* frente a esta frustración prevista depende de la respuesta que se les había entrenado a dar —si había alguna— en la fase 1 del experimento, *y* la compatibilidad de esa respuesta con la de correr, que se medía en la fase 3. En particular, los sujetos que habían tenido reforzamiento parcial en la fase 1 con una respuesta de correr (*CP*) deberían mostrar mayor resistencia a la extinción que aquellos continuamente reforzados (*CC*). Los sujetos entrenados en la fase 1 con una respuesta de saltar deberían mostrar un efecto de reforzamiento parcial un tanto menor (*SP* versus *SC*). Paradójicamente, se esperaba que el grupo que recibía reforzamiento parcial para una respuesta de trepar en la fase 1, fuera menos resistente a la extinción en la fase 3 que sus controles reforzados continuamente (*TP* versus *TC*). Así ocurría claramente en los bloques de ensayo 2, 3 y 4 durante la extinción. La teoría de Amsel predice este efecto de "reversión" bajo la premisa de que la reintroducción de los indicios de frustración en la fase 3 provoca nuevamente las respuestas particulares antes asociadas con el r_F-S_F (trepar); y se supone que estas respuestas son incomparables con la de correr hacia la meta, con lo cual se acelera la extinción de la respuesta de correr en comparación con los controles continuamente reforzados. De hecho, Ross observó una elevada incidencia de

"trepar" (por las paredes de alambre de la senda) durante la extinción en la fase 3 de las ratas *CP*, una respuesta casi inexistente en los otros sujetos durante la extinción.

La significación de este experimento reside en mostrar los efectos de reforzamiento parcial positivo y negativo que se transfieren de una situación de entrenamiento a una situación de prueba muy alterada, y nos permiten identificar la respuesta aprendida a la frustración anticipatoria como el elemento mediador crítico. Demuestra que la frustración excitada por la no recompensa, cuando el animal está hambriento y aguarda comida, es muy similar a la excitada por la no recompensa cuando el animal se encuentra sediento y espera agua. El resultado también pone de manifiesto que no podemos caracterizar el efecto del reforzamiento parcial como el enseñarle al animal a tolerar tan sólo la frustración y a persistir en su respuesta frente a ella, sino que debemos distinguir con sumo cuidado exactamente qué respuesta el sujeto ha aprendido a dar a la frustración prevista, y la relación de ésta con la respuesta criterio en la cual se evalúa la tolerancia a la frustración del sujeto. El experimento de Roos tiene una incuestionable significación para la teoría de Amsel. Debido a su valor crítico, debería repetirse para verificar su confiabilidad.

Amsel (1967) desarrolló más tarde su teoría de la frustración en situaciones de

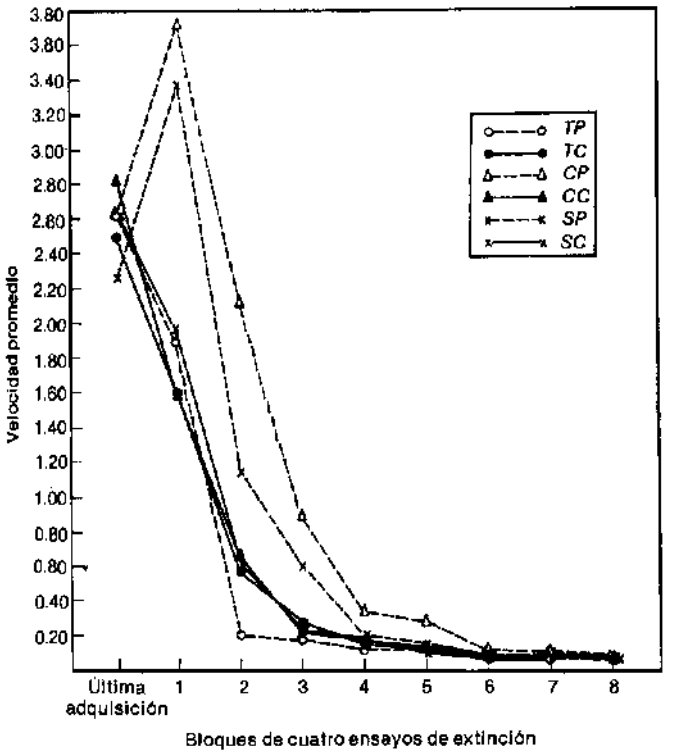


Figura 5.9. Datos del experimento de Ross (1964), que muestran la ejecución en el último bloque de adquisición y durante todos los ensayos de extinción. Los datos se trazan aquí como velocidades; los tiempos se trazaron en el informe original. Los símbolos que designan grupos se refieren a trepar, correr o saltar (*T*, *C*, *S*) bajo reforzamiento continuo o parcial (*C* o *P*) (tomada de Amsel, 1967).

aprendizaje de discriminación; por ejemplo, hacer que el sujeto experimente reforzamiento continuo mientras corre en un pasadizo blanco, y reforzamiento parcial cuando corre en uno negro. Esta situación produce un *efecto de reforzamiento parcial generalizado*, en donde la resistencia a la extinción de la discriminación del animal en su pasadizo de 100% es considerablemente mayor a la de un animal de control que al principio ha recibido reforzamiento continuo en ambos pasadizos. En algunos casos (véase Pavlik y Carlton, 1965) se encuentra un efecto de reforzamiento parcial inverso, en el cual la discriminación del animal es más resistente a la extinción en su situación reforzada continuamente, que en su situación reforzada de manera parcial. En la teoría de Amsel cabría esperar este fenómeno si la motivación de incentivo fuera mayor en la situación reforzada de forma continua, mientras que el mecanismo de frustración r_F-S_F→R está igualmente disponible para retrasar la extinción en ambas situaciones.

Siendo una de las concepciones dominantes acerca de la extinción, la teoría de la frustración requiere de un análisis crítico, ya que sin duda adolece de varios defectos. En primer término, los experimentos de Levy y Seward (1969) sugieren que en la senda de dos conexiones no ocurre un *EF* si la rata espera diferentes incentivos (agua y alimento) en las dos cajas meta, lo cual es una observación incomprensible. Segundo, la teoría de la extinción de Amsel sólo es aplicable a las respuestas instrumentales y apetitivas, y no toca los fenómenos de extinción (como los efectos del reforzamiento parcial) en los paradigmas tales como el condicionamiento clásico o el condicionamiento instrumental de escape (G. H. Bower, 1960). El reforzamiento parcial en el condicionamiento clásico de defensa (por ejemplo, el condicionamiento del parpadeo) incrementa la resistencia de la *RC* a la extinción, pero es difícil imaginar que podría ser frustrante al no recibir un estímulo aversivo previsto. En tercer lugar, Capaldi y sus colaboradores (Capaldi, 1967) lograron producir magnitudes diferenciales de resistencia a la extinción mediante variaciones en el patrón secuencial de los ensayos reforzados y no reforzados que el animal experimenta durante la serie de adquisición; un conjunto de hechos con los cuales la teoría de Amsel no puede hacer contacto. Además, ahora se dispone de considerable evidencia (véase Robbins, 1971, para una reseña) acerca de un efecto de reforzamiento parcial sobre la extinción, incluso después de series de entrenamiento muy cortas (de 5 a 10 ensayos), demasiado abreviadas para completar las etapas sucesivas (de condicionamiento r_G, entonces r_F, etc.) que figuraban en la teoría de Amsel. Estos últimos puntos sugieren que la extinción es un proceso con determinantes múltiples, que la hipótesis de la frustración de Amsel quizá sea un componente de una explicación viable, pero que para la gama total de fenómenos debemos invocar otros mecanismos. La alternativa más aceptada en la actualidad es la hipótesis secuencial de Capaldi, la cual es una complicada elaboración de la primera hipótesis de discriminación. El interesante trabajo de Capaldi se examinará en el capítulo 9.

Frank Logan

Frank Logan es otra figura dominante dentro del enfoque hulliano, y ha escrito abundantemente desde ese punto de vista (Logan, 1959, 1960, 1970; Logan y Wagner, 1965). Estudió con Spence en Iowa y en Yale durante los últimos años de Hull, y ha efectuado varias contribuciones en los campos experimental y teórico. Su interés

primordial —que se manifiesta en sus artículos de 1965 y 1969 es determinar la forma en que la motivación de incentivo regula la conducta, y cómo ésta a su vez es regulada por la condiciones de la recompensa y el castigo. Su punto de vista en torno a estas cuestiones se ha reseñado al examinar los problemas que se suscitan al identificar la motivación de incentivo con la amplitud r_G.

Es probable que Logan sea más conocido por su enfoque *micromolar* de la teoría de la conducta, en el que adopta una perspectiva particular acerca de lo que se refuerza o lo que se aprende cuando decimos que una respuesta es reforzada. El enfoque micromolar de Logan (1956, 1960) se inicia con un argumento destinado a ampliar la definición de la respuesta e incluir sus características intensivas (su velocidad, amplitud, volumen, etc.). En la concepción clásica, ejemplificada en la teoría de Hull de 1943, las clases de respuestas se definían en términos de sus logros: correr por una pista o presionar una palanca. La regla consiste en agregar todos los casos de conducta que obtienen el mismo resultado final (por ejemplo, oprimir la palanca); se acumulan de esta forma porque el experimentador no las refuerza diferencialmente. Las variaciones en la velocidad o en la amplitud de la respuesta durante el entrenamiento se toman como índices de la fuerza de la tendencia de respuesta. Hull formalizó esta idea en su construcción del potencial de reacción E, que presumiblemente determinaba la probabilidad, la velocidad, la amplitud y la resistencia a la extinción de la respuesta.

Como Logan, entre otros, ha señalado este enfoque clásico se topa con dificultades en diversos puntos. En primer lugar, a menudo estas diversas mediciones de respuesta no están bien correlacionadas. Durante el entrenamiento, una medición como la probabilidad de la respuesta puede mejorar monotónicamente con la práctica, mientras que la velocidad y/o la fuerza de la respuesta puede incrementarse al comienzo y disminuir en el transcurso de los ensayos. Un ejemplo es la latencia de alargamiento de la RC en el condicionamiento clásico (que mencionamos en el capítulo 3), a medida que el animal aprende a calcular el momento de llegada del estímulo incondicionado; un segundo ejemplo es que esa fuerza de presionar la palanca primero se incrementa y luego disminuye durante el entrenamiento, para estabilizarse apenas por encima de la fuerza mínima requerida para operar al alimentador. La segunda dificultad básica del enfoque clásico se deriva del hecho de que podemos reforzar diferencialmente características intensivas de la respuesta. Skinner (1938) fue el primero en demostrarlo experimentalmente, al poner de manifiesto en la situación de operante libre el moldeamiento diferencial de tasas lentas o rápidas de presión de palanca, fuerzas débiles o intensas de presión de palanca, y duraciones breves o prolongadas de sostenimiento de palanca. El método es la sencillez misma: simplemente consiste en reforzar sólo las respuestas cuyas propiedades intensivas caen dentro de un rango de criterio, especificado para avanzar posiblemente a criterios más estrictos a medida que se desarrolla la ejecución del animal. Es evidente que muchas ejecuciones especializadas se diferencian de este modo. También es obvio que a través de tal reforzamiento diferencial (por ejemplo, la velocidad de respuesta lenta), las propiedades intensivas de la respuesta: *a*) pueden incrementarse o no monotónicamente con el entrenamiento, y *b*) pueden entrar en cualquier relación con otras propiedades intensivas que reforcemos (como hablar en voz alta y baja, hablar rápido y lento, etc.).

Logan amplió la noción del reforzamiento diferencial para incluir cualquier varia-

ción en algún parámetro del reforzamiento, como la magnitud del mismo, su calidad, demora o probabilidad. En condiciones de *reforzamiento correlacionado*, una o más dimensiones del reforzamiento se correlacionan con alguna propiedad intensiva de la conducta observada, como la velocidad de ésta. El término *función* especifica qué reforzamiento recibe el sujeto por velocidades particulares de respuesta. En este sentido, es similar a las condiciones de un contrato entre el sujeto y un agente reforzante (el ambiente o el experimentador). Es posible imaginar una gran variedad de funciones de condiciones, y sólo unas cuantas se han investigado. Los ejemplos en una situación de pista de carreras podrían ser: cuanto más rápido corra la rata hasta la caja meta, más tiempo demorará su recompensa; o mientras más rápidamente corra, más grande será la recompensa que reciba; o el reforzamiento puede entregarse sólo cuando la velocidad caiga en el intervalo x a y, y no de otra forma, etcétera. En general, se encuentra que los sujetos se ajustan a tales condiciones de recompensa y que a la postre responden en un nivel casi óptimo para algunos resultados y una explicación más detallada (véase Logan, 1960).

Para tratar con el comportamiento de los sujetos en tales condiciones, Logan propuso el enfoque *micromolar*; es decir, una perspectiva que identifica diferentes velocidades como diferentes respuestas, influidas selectivamente por el reforzamiento diferencial. En esencia, Logan postula un análisis de utilidad para tratar con este acercamiento, aunque especifica los componentes de la utilidad en términos de las variables intervinientes del hábito, el impulso, el incentivo, etc., de la teoría hulliana. La utilidad neta (o E) de una velocidad particular de respuesta se da por su utilidad positiva menos su utilidad negativa asociada. El componente primordial de la utilidad positiva es el incentivo, que aumenta con la cantidad de recompensa proporcionada para esa velocidad, y disminuye con el intervalo total de reforzamiento para tal velocidad (intervalo total = duración de la respuesta + demora de la recompensa después de esa respuesta). Se considera que a través de la experiencia el sujeto aprende el incentivo asociado con cada velocidad; sin embargo, el incentivo para una velocidad dada también es influido por la generalización del incentivo aprendido para velocidades similares. El componente básico del incentivo negativo para una velocidad particular es el esfuerzo que ésta necesita, y las respuestas rápidas requieren de mayor esfuerzo. El perfil de la utilidad neta a lo largo del continuo de velocidad se usaba, entonces, para calcular la distribución de probabilidad de las diversas velocidades. En términos generales, la probabilidad esperada de una velocidad particular de respuesta depende de su utilidad neta en relación con la de las velocidades alternativas. Así, la única variable dependiente en la teoría es la probabilidad de respuesta, pero aquí la respuesta se refiere a las propiedades intensivas de la conducta.

Basta decir que tal teoría explica cualitativamente la ejecución más o menos óptima que los sujetos logran en condiciones de reforzamiento correlacionado. Como el estímulo es específico a velocidades particulares de respuesta, la función de las condiciones se traza dentro del perfil de incentivo del modelo, un poco distorsionado debido a la generalización de los efectos de reforzamiento entre respuestas similares. Es así como el modelo del organismo tiene en cuenta y ajusta su comportamiento en relación con la función de las condiciones.

Además de explicar las condiciones de recompensa correlacionadas, el enfoque proporciona una explicación admisible acerca de por qué la perspectiva convencional de Hull (llamada *macromolar*) opera algunas veces y otras falla. Logan señala

que casi todas las condiciones de recompensa constante conllevan una correlación implícita entre la velocidad de respuesta y el intervalo de reforzamiento: cuanto más rápido corra la rata hacia la caja meta, antes consigue la recompensa. La teoría micromolar predice que una dimensión particular de respuesta mejora monotónicamente con la práctica sólo si alguna dimensión del reforzamiento mejora con esa dimensión de respuesta. Así, aunque la velocidad de presión de palanca se incrementa con la práctica porque las respuestas más rápidas producen antes las recompensas, la fuerza que se necesita para presionar la palanca no se incrementa porque las respuestas más vigorosas requieren de mayor esfuerzo y no dan lugar a una mejor recompensa. Logan también ha demostrado cómo la teoría micromolar implica a los efectos usuales sobre la velocidad de respuesta de las variaciones en impulso, cantidad y demora de la recompensa en situaciones de recompensa constante. Podrían examinarse más detalles en relación con esta teoría, pero saldríamos de la estructura que se le ha fijado a este texto.

La importancia de la teoría micromolar ha sido básicamente la de realizar una limpieza conceptual dentro de la teoría del aprendizaje. Gracias al análisis de Logan fue posible descubrir y comprender varios enigmas conceptuales vinculados con el problema relativo a la manera en que el reforzamiento modela a la conducta. El enfoque micromolar es general y aplicable al condicionamiento clásico y al instrumental, e influye sobre la forma en que nos referimos a las variables y pensamos acerca de ellas. Por ejemplo, en los casos del condicionamiento clásico la teoría micromolar afirma que la amplitud de la respuesta aprendida será aquella provocada por el estímulo incondicionado. Esto proporciona una interpretación directa del hecho de que la amplitud del reflejo condicionado tiene una correlación muy alta con la amplitud del reflejo incondicionado. Así, el perro saciado que da una *RC* salival débil ha aprendido su amplitud de respuesta tan bien como el perro hambriento que da una amplitud grande de *RC*; el primer perro sólo está aprendiendo una respuesta de menor amplitud. De modo similar, el animal tiende a aprender a salivar con una latencia particular proporcional al intervalo *EC-EI*. El enfoque micromolar también fue muy útil para interpretar la influencia de varios programas skinnerianos de reforzamiento sobre la tasa de respuesta (véase capítulo 7). Al menos, algunos programas pueden considerarse como funciones de condiciones más o menos inexactas que correlacionan la probabilidad del reforzamiento con el tiempo interrespuesta. Por ejemplo, los programas de intervalo variable generan tasas lentas de respuesta, lo que puede explicarse debido al reforzamiento diferencial de tiempos prolongados de interrespuesta. Un reciente trabajo teórico de Shimp (1969) proporciona una explicación del tipo de utilidad de la ejecución en un programa, en la cual supuestamente el animal selecciona entre un conjunto de tiempos interrespuesta a fin de maximizar su momentánea utilidad esperada.

Además, la perspectiva micromolar logra un mejor contacto con el aprendizaje que interviene en muchas de nuestras ejecuciones cotidianas, que el enfoque anterior. Las consecuencias de reforzamiento dependen generalmente no sólo de si se emite una respuesta, sino de si se da en el momento apropiado, en el lugar adecuado y con el ritmo o intensidad correctas, etcétera. De hecho, es difícil imaginar situaciones humanas en las cuales la recompensa no dependa de algún modo (como en magnitud, demora o probabilidad) de la destreza con la que se emite la respuesta. La teoría micromolar trata a estos aspectos temporales e intensivos de la respuesta como parte de lo que se consigue aprender. En este sentido, el trata-

nalismo sostienen puntos de vista opuestos en lo que a ellos se refiere. Desde hace siglos se enfrentan en la arena intelectual y aún en nuestros días, puede reconocerse su influencia en la psicología "científica".

Empirismo

El empirismo sostiene que la *experiencia* es la única fuente del conocimiento. Otorga un estatus especial a la experiencia sensorial, aunque se infiera algún conocimiento de las reflexiones intelectuales acerca de las relaciones entre las experiencias. Nuestras ideas provienen de impresiones sensoriales, ya sea como copias directas de ellas (las denominadas ideas simples) o como combinaciones de diversas ideas simples o complejas. La impresión sensible de un objeto (por ejemplo, una naranja) puede descomponerse en cualidades sensoriales: sensaciones que corresponden a su color, olor, tamaño, textura, sabor, etcétera. Estas cualidades sensoriales se llegan a conectar (o se "asocian") en la mente porque se producen muy próximas en el tiempo o en el espacio cuando interactuamos con el objeto. La idea de una naranja es compleja, pero reducible a interasociaciones entre ideas más simples y primitivas. El "conocimiento" ulterior adquirido acerca de las naranjas puede expresarse al asociar este complejo de ideas con otras ideas relacionadas; por ejemplo, que las naranjas son frutas y que son comestibles.

El empirismo tiene las siguientes características:

1. *Sensualismo,* la hipótesis de que todo el conocimiento deriva de la experiencia sensible.
2. *Reduccionismo,* que afirma que todas las ideas complejas se construyen a partir de un tronco básico de ideas simples, y que las ideas complejas son a su vez reducibles a estas ideas simples.
3. *Asociacionismo,* tesis según la cual las ideas o los elementos mentales están conectados mediante la operación de la asociación de experiencias que suceden muy próximas en el tiempo (contigüidad).
4. *Mecanicismo,* que sostiene que la mente es como una máquina construida con elementos simples, sin componentes misteriosos.

El empirismo implica dos mecanismos básicos del aprendizaje: 1. Representaciones internas de ideas simples ("imágenes de la memoria") que se originan por el sólo *copiar* sus correspondientes impresiones sensoriales en el almacén de la memoria; y 2. Las ideas complejas se forman al conectar en la memoria ideas simples que se experimentan de modo contiguo y se vinculan por una relación asociativa. El recuerdo de que al suceso *A* siguió de inmediato el suceso *B,* se registra en la memoria como una asociación de la idea *a* a la idea *b*. En realidad, esto equivale a copiar en la memoria el hecho de la co-ocurrencia de los contenidos mentales *a* y *b*. Tales asociaciones pueden registrar secuencias temporales o causales de sucesos, como raspar un fósforo-encenderlo-calor-fuego. Activar o revivir estas secuencias asociativas de la memoria constituye el supuesto método mediante el cual la mente se mueve de una idea a otra. Este método explica el orden de sucesión en una cadena de ideas durante el pensamiento ocioso o el pensamiento dirigido a un objetivo. Para ilustrar este último tipo de pensamiento, supóngase que el evento final en una cadena se convierte en una meta ("quiero comer un helado"). Entonces, pensar en ese objetivo llamará a la mente a un precursor inmediato del mismo en el pasado ("comprar helado en la tienda"), y éste a su vez

miento de la respuesta se vuelve comparable al tratamiento convencional del estímulo, en donde se distinguen variaciones cuantitativas así como cualitativas. Del mismo modo que un sonido de 80 decibeles y otro de 50 decibeles son estímulos diferentes, también un grito y susurro constituyen respuestas vocales distintas. De esta forma, el nivel descriptivo de nuestra teoría se acerca a las realidades de muchas situaciones de aprendizaje. La teoría micromolar de Logan nos proporciona los medios para analizar cómo se produce el aprendizaje de respuestas diferenciadas y especializadas, mientras que antes no se había integrado ninguna teoría relevante dentro de la tradición clásica.

Con esta sección cerramos la discusión acerca de los neohullianos y sus contribuciones. La teoría hulliana ha logrado obtener el respaldo de muchos productivos psicólogos contemporáneos. Los que hemos mencionado aquí son sólo unos cuantos de un grupo muy importante de científicos que trabajan con la orientación marcada por Hull. En gran medida, aún es una teoría basada en los resultados del aprendizaje animal, y no ha desempeñado un gran papel en los actuales enfoques de la memoria humana. Pero esto puede obedecer a las predisposiciones de los investigadores, y al hecho de que en las dos áreas se tratan problemas distintos. A continuación haremos algunas observaciones finales en torno de la posición de Hull.

APRECIACIONES DE LA POSICIÓN DE HULL

Sumario de Hull acerca de los mecanismos del *aprendizaje*

Hull escribió numerosos trabajos alrededor de múltiples problemas relacionados con el aprendizaje. Mantenía una visión darwiniana; es decir, creía que los organismos evolucionan de acuerdo con la capacidad de sus sistemas nerviosos para adaptar su comportamiento a las exigencias ambientales. Concebía al aprendizaje como uno de los medios primordiales a partir del cual los organismos logran adaptarse. En su último libro enumeró y describió ocho mecanismos de comportamiento adaptativo *automático* (1952*a*, pág. 347-350):

1. Las tendencias de respuesta innata proporcionan los primeros mecanismos automáticos para la adaptación a situaciones de emergencia.
2. La capacidad primitiva para aprender es el segundo mecanismo, "un medio ligeramente más lento de adaptación a situaciones menos graves".
3. La reacción de defensa precedente, que se aprende y se mueve entonces hacia adelante mediante la generalización del estímulo, proporciona el tercer mecanismo de adaptación.
4. El cuarto mecanismo es la extinción de actos inútiles, el aprendizaje de respuesta negativa.
5. El quinto es el aprendizaje mediante el método de ensayo y error.
6. El sexto mecanismo es el aprendizaje de discriminación.
7. Un segundo tipo de reacción de defensa precedente, que depende de la persistencia de las huellas de estímulo (más que de la generalización, como en el caso de un objeto peligroso percibido), constituye el séptimo mecanismo.
8. La reacción precedente fraccionaria (r_G), con su correlación de estímulo propioceptivo (S_G), proporciona la "orientación automática (de estímulo) del compor-

tamiento del organismo hacia las metas." Hull asigna una importancia particular a este mecanismo cuando escribe:

> Otros estudios de este dispositivo automático fundamental conducirán presumiblemente a la comprensión conductual detallada del pensamiento y del razonamiento, que constituyen el logro más elevado de la evolución orgánica. De hecho, el mecanismo $r_G \rightarrow S_G$ conduce de una manera estrictamente lógica a lo que antes se consideraba como el núcleo mismo de lo psíquico: interés, planeación, previsión, presciencia, expectancia, propósito, etc. (1952*a*, pág. 350).

En qué medida es satisfactorio el sistema de Hull

En muchos aspectos el sistema de Hull era superior a otros sistemas psicológicos contemporáneos. Es al mismo tiempo completo y detallado, teórico y aun empíricamente cuantitativo. Es fácil encontrar errores en él porque está elaborado con sumo cuidado, tan explícito que sus errores de carácter incompleto o de inconsistencia resultan sumamente evidentes. Una teoría expresada en el lenguaje literario ordinario puede sonar muy plausible en tanto sus defectos se disimulan muy bien mediante convincentes ilustraciones (un reproche que se hace a Guthrie). En teorías como la de Hull llama la atención encontrar una deficiencia. Una severa crítica de Koch (1954) se aprovecha de este carácter explícito de la teoría en cuestión. Por eso, al enjuiciar al sistema de Hull no olvidemos que, a pesar de sus defectos, fue un gran avance.

Haríamos bien en pensar en él como compuesto de dos partes: por un lado, Hull se embarcó en una teoría intrépida y total de la conducta, que pudiera servir de base a gran parte de las ciencias sociales. Por otro lado, experimentaba con un sistema en miniatura muy exacto, con determinadas constantes que se sustentaban en la experimentación controlada. Intentó combinar estas dos empresas al mismo tiempo, y no fue muy hábil para distinguir entre lo que lograba a gran escala y lo que conseguía en miniatura, ya que pretendía configurar un único sistema.

A gran escala, cuando trataba con la conducta en espacio libre, resolución de problemas e ideas, Hull utilizó hábilmente los mecanismos periféricos, en particular la secuencia conjeturada r_G-S_G. Al entrelazar estas anticipaciones de meta con otras características de su sistema, en especial a través del gradiente del reforzamiento y la jerarquía de familia de hábitos, logró hacer deducciones a gran escala de las formas familiares de conducta. Cuando se movía en este nivel la teoría en verdad era muy "molar", y apenas se esforzó en señalar con precisión los tipos de movimiento anticipatorios (movimientos de mascar, posturas corporales) que sirviesen de fundamento tangible a la respuesta precedente fraccionaria de importancia. Las deducciones a gran escala, basadas en r_G, no requieren de ninguna teoría especial del aprendizaje, siempre que esa teoría pueda lograr la anticipación de la meta.

Cuando Hull operaba en una escala más pequeña e intentaba ser preciso y cuantitativo, se volvía muy particularista, y confinaba muchos de los postulados y corolarios posteriores a los resultados de experimentos aislados realizados con ratas, que presionaban palancas en un caja de Skinner modificada de tal modo que podía obtenerse una medición de latencia. Hull se preocupó tanto por esta cuantificación que no logró distinguir entre este ejercicio en la construcción de sistema en miniatura y la tarea más amplia a la cual se dedicaba simultáneamente. Hubiera sido

preferible que presentara la generalización provisional y ofreciera separadamente la evidencia cuantitativa como ilustración. Pero éste es un defecto de estilo de Hull en tanto creador de sistemas, y no una deficiencia conceptual básica de la teoría.

Debemos reconocer que en su época el sistema en cuestión era el mejor (no necesariamente el más cercano a la realidad psicológica, ni aquel cuyas generalizaciones fueran las más duraderas), sino el elaborado en detalle, con el esfuerzo más concienzudo en ser cuantitativo en todos los puntos, en estrecho contacto con las pruebas empíricas. Además, fue la teoría más influyente entre 1930 y 1955, a juzgar por los estudios experimentales y teóricos a los que dio lugar, ya fuera en su defensa, su modificación o su refutación.

Existen varias estimaciones objetivas en torno a la influencia de Hull sobre la psicología. Por ejemplo, durante la década de 1941-1950 en el *Journal of Experimental Psychology* y en el *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, el 40% de los estudios experimentales y el 70% de trabajos en las áreas del aprendizaje y la motivación, hacían referencia a uno o más de dos libros y artículos de Hull (Spence, 1952), mientras que en el *Journal of Abnormal and Social Psychology* entre los años 1949 y 1952 se citaron 105 veces sus *Principles of Behavior*, y la siguiente obra a la que se recurría más a menudo aparecía 25 veces (Ruja, 1956).

Quizá el testimonio más notable del influjo de Hull es el de talento y la productividad del gran número de neohullianos a los que alistó en la tarea de desarrollar, ampliar y aplicar su teoría. Hombres como Spence, Miller, Mowrer, Judson Brown, Grice, Amsel, Wagner, y Logan (y sus discípulos) han sido figuras dominantes en la psicología estadounidense desde 1940 y alteraron significativamente el escenario intelectual de la teoría del aprendizaje. Sus logros y realizaciones constituyen un tributo al inspirado ejemplo que estableció Clark Hull, y a la fertilidad teórica del sistema de conceptos por él elaborado.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Los cuatro libros en los cuales se expone la teoría de la conducta de Hull son:

Hull, C. L. *et al.*, *Mathematico-deductive theory of rote learning* 1940.

Hull, C. L., *Principles of behavior*, 1943.

Hull, C. L., *Essentials of behavior*, 1951.

Hull, C. L., *A behavior system*, 1952*a*.

Una crítica de la teoría:

Logan, F. A., "The Hull-Spence approach", en S. Koch (dir.), *Psychology: A study of science*, vol, 2 1959.

En el siguiente libro se explica el aprendizaje desde un punto de vista hulliano:

Logan, F. A., *Fundamentals of learning and motivation*, 1970.

Un libro de texto comprensivo, desde la posición hulliana:

Logan, F. A. y Ferraro, D.P., *Sistematic analyses of behavior: Basic learning and motivational processes*, 1978.

Los puntos de vista de Spence y Mowrer se exponen en los libros siguientes:

Mowrer, O. H., *Learning Theory and behavior*, 1960.

Spence, K. W., *Behavior theory and conditioning*, 1956.

Spence, K. W., *Behavior theory and learning: Selected Papers*, 1960.

Para una crítica detallada del sistema de Hull, desde el punto de vista de la lógica de la ciencia, véase:

Koch, S., "Clark L. Hull", en W. K. Estes *et al.*, *Modern learning theory*, 1954, págs. 1-176.

Existe una oportunidad excepcional de seguir el curso del pensamiento de Hull mediante los extractos de los 73 "libros sobre la idea" que escribió, el primero de los cuales se publicó en octubre de 1902, cuando Hull tenía sólo 18 años, y el último artículo, el 21 de abril de 1952, 18 días antes de su muerte. Estos libros fueron intensamente personales y no estaban destinados a la publicación. Según Ammons (1962), es recomendable comparar los pasajes con el contexto autobiográfico de Hull. Las referencias pertinentes son:

Hull, C. L., "Autobiography", en H. S. Langfeld *et al.*, *A history of psychology in autobiography*, IV, 1952*b*, págs. 143-162.

Ammons, R. B., Psychology of the scientist: II, "Clark L. Hull and his 'Idea Books' ", en *Perceptual Motor Skills*, **15**, 1962, págs. 800-802.

Hays, Ruth, Psychology of the scientist: III, "Introduction to Passages from the 'Idea Books' of Clark L. Hull", *en Perceptual Motor Skills*, **15**, 1962, págs. 803-806.

Hull, C. L., Psychology of the scientist: IV, "Passages from the 'Idea Books' of Clark L. Hull", en *Perceptual Motor Skills*, **15**, 1962, págs. 807-882.

6

Aprendizaje humano por asociación

Durante la época de mayor auge de las principales teorías del aprendizaje, las acaloradas controversias entre Hull, Guthrie y Tolman se desarrollaron en los laboratorios de aprendizaje animal. Gran parte de esas polémicas giraba en torno a las interpretaciones teóricas acerca de la forma en que las recompensas influyen en el aprendizaje y en la ejecución, sobre cómo conceptualizar lo que se aprende y cuáles son los ingredientes críticos del aprendizaje. Los debates se realizaron en el laboratorio de aprendizaje animal debido a la creencia generalizada de que éste sería más fácil de entender que el aprendizaje humano; es decir, que los aspectos fundamentales de muchos fenómenos podían estudiarse con la humilde rata que aprendía a transitar a través de laberintos. La investigación avanzaba con la premisa de que los mecanismos del aprendizaje eran universales en todo el reino animal, y que los principios de condicionamiento simples, descubiertos en los animales inferiores, podrían aplicarse a los seres humanos con sólo ligeras modificaciones. Se disponía de la suficiente evidencia como para que esta tesis fuera plausible: por ejemplo, el condicionamiento clásico de la *RGP* y el parpadeo, realizado con seres humanos, demostró que las variables de la situación del condicionamiento, como la longitud del intervalo *EC-EI*, tenían efectos similares a los que se habían encontrado en los animales.

LA TRADICIÓN DEL APRENDIZAJE HUMANO

Paralelamente al desarrollo de las investigaciones acerca del condicionamiento animal dominadas por la teoría, se llevó a cabo un conjunto de estudios relacionados con el aprendizaje por asociación en los adultos humanos, referidos en particular a la adquisición de asociaciones simples *E-R* y cadenas de asociaciones. A estos trabajos se les denominó estudios de *aprendizaje verbal, aprendizaje sensomotor* o *aprendizaje de habilidades*. En esta sección examinaremos la tradición del aprendizaje verbal, puesto que la corriente tiene un fundador definido, un comien-

zo claro y paradigmas definitivos, elementos de los cuales se ha carecido en el área de investigación de las habilidades motoras. Las reseñas de la bibliografía acerca de dichas habilidades pueden consultarse en el texto de Welford (1976) o en el volumen editado por Bilodeau (1966).

La trayectoria del aprendizaje verbal se inició con Herman Ebbinghaus, a partir de la publicación de su tratado *Über der Gedächtnis* (Acerca de la memoria), en 1885. Ebbinghaus comenzó su trabajo en la tradición del empirismo y el asociacionismo, y demostró que los procesos del aprendizaje por asociación —que han sido temas de gran especulación entre los filósofos— podían medirse en el laboratorio. Si tenemos en cuenta el contexto histórico, es indudable que sus logros fueron considerables:

1. En lugar de basarse en informes introspectivos de la memoria, prefirió sustentar su trabajo en informes objetivos, y empleó el método de reaprendizaje y la puntuación de ahorro para inferir la retención cuando fallaba el recuerdo consciente.
2. Ideó unidades calibradas (sílabas sin sentido) que suministraban un número ilimitado de nuevos materiales de aprendizaje para la experimentación.
3. Puso en tela de juicio las leyes establecidas de la asociación, en particular las de la sucesión temporal, al introducir un estudio cuantitativo de las asociaciones remotas.
4. Aplicó métodos de análisis estadísticos para sintetizar sus resultados y discutir la significación y la magnitud relativa de los efectos de diversas variables del aprendizaje.

Ebbinghaus creó una nueva situación experimental (el aprendizaje de sílabas sin sentido) en la cual podía definir un sinnúmero de variables y observar la influencia de las mismas sobre conductas de "recuerdo". Los fenómenos que descubrió aún son objeto de interés, y sus teorías de la asociación perduraron a lo largo del tiempo, de manera que durante años la investigación del aprendizaje verbal estuvo influida por sus principios. Los trabajos subsecuentes desmenuzaron las variables de las situaciones de aprendizaje verbal, las midieron y determinaron las leyes que las rigen. En el transcurso de esta investigación, la situación y los paradigmas del aprendizaje sufrieron constantes modificaciones; en cierto sentido, la tarea del análisis empírico continuamente volvía a plantearse desde el comienzo. Los tres paradigmas primordiales del aprendizaje verbal que se han estudiado con mayor profundidad son los siguientes:

1. *Aprendizaje serial.* El sujeto aprende a recitar una lista de reactivos (sílabas, palabras, dígitos) en un orden serial especificado. La recitación puede hacerse sin ayuda o instigarse serialmente; en el último caso, después de cada intento por recordar un reactivo, el segundo de ellos se presenta como un indicio para el que sigue en la serie.

2. *Aprendizaje de recuerdo libre.* El sujeto intenta recitar una lista de reactivos en *cualquier orden* que elija, a cualquier velocidad. La lista se presenta sólo una vez o se repite en varias ocasiones, ya sea en el mismo orden o con una variación aleatoria.

3. *Aprendizaje de pares asociados.* El sujeto aprende una lista de asociaciones discretas (pares de sílabas o palabras), designadas genéricamente como *A-B*. Por lo general, los pares se aprenden bajo las instrucciones de que *A* servirá como indicio (instigador, estímulo) para el recuerdo de *B* (como la respuesta). Las respuestas pueden ser conocidas y asequibles (como los botones en un teclado) o

reactivos que deben aprenderse como unidades (por ejemplo, las palabras de un idioma extranjero).

Estos paradigmas en parte se definen por las unidades que hay que memorizar (listas de reactivos aislados versus pares), y por el criterio de ejecución requerida (por ejemplo, recuerdo ordenado versus no ordenado). La rememoración establecida mediante cualquier procedimiento de los mencionados se comprueba por recuerdo, reconocimiento o reconstrucción. Cada paradigma puede usarse con pequeñas cantidades de material, con intervalos de retención breves o largos. Además, por supuesto, la persona puede aprender varias listas distintas en sucesión, de modo que sea posible examinar la influencia del aprendizaje de una lista sobre el aprendizaje o retención de otra. A medida que las variables aisladas y estudiadas, se va acumulando una gran reserva de información empírica acerca de la manera en que los seres humanos aprenden en estas situaciones. Con el objeto de integrar y explicar la evidencia disponible en torno de alguna pregunta particular se han propuesto diversas hipótesis.

LA TEORÍA EN EL APRENDIZAJE VERBAL

Durante los años comprendidos entre 1900 y 1930, gran parte de los estudios del aprendizaje verbal fue realizada por un grupo de psicólogos que se autodenominaban *funcionalistas* (véase el capítulo 9 en Hilgard y Bower, 1975). El funcionalismo constituía un difuso conjunto de premisas metodológicas, pero su objetivo central era realizar un detallado análisis experimental de habilidades o tareas psicológicas importantes. Así, la idea que servía de guía consistía en diseccionar una tarea determinada, como el aprendizaje verbal en serie, en un número de componentes o habilidades constitutivas, y analizarlas de modo experimental. La preocupación por la descripción empírica llevó a los investigadores a evitar las teorías globales y las controversias que les eran inherentes, que bullían en los laboratorios del condicionamiento animal. En su lugar, los estudiosos del aprendizaje verbal pensaron que la verdad se revelaría mediante el paciente análisis empírico de tareas específicas de aprendizaje (véase McGeogh y Irion, 1952).

La teoría fundamental del aprendizaje que sustentaba a la investigación del aprendizaje verbal era el asociacionismo general, complementado en sus últimos años con algunos conceptos procedentes de la teoría de Hull. De esta manera, Ebbinghaus inició su trabajo en la tradición del asociacionismo. La idea básica era que el recuerdo podía reconstruirse en términos de conexiones (asociaciones) entre las ideas, y que éstas se registraban en la meta (memoria) mediante la ocurrencia contigua de las dos ideas en la conciencia. Se suponía que esta contigüidad mental de las ideas a ser asociadas se originaba en la contigüidad objetiva (en tiempo o en el espacio) de los eventos externos que excitan a sus correspondientes ideas en la mente, o en la persona que piensa en (recobra de la memoria) una segunda idea mientras considera a la primera. La recuperación durante esta segunda forma de contigüidad se caracterizaba por la existencia de una similitud o relación entre la idea instigadora y la compañera que recupera de la memoria. Por cualquier medio que ocurriera, se creía que la experiencia contigua de las ideas *A* y *B* en la conciencia establecía una conexión o vínculo asociativo entre sus representaciones internas. Esta asociación, o "línea", del nodo *A* al

nodo *B* podría variar en fuerza, y afectar la probabilidad y velocidad con las que *B* viene a la mente cuando *A* entra en la conciencia. Un determinado elemento puede estar asociado con otros diferentes, designados como *A-B*, *A-C*, *A-D*, y así sucesivamente. Éstos se ordenarán según su fuerza en cualquier momento dado. Cuanto más fuerte sea la asociación *A-B*, más probabilidades habrá de que triunfe el competir con respuestas alternativas. El aprendizaje consiste en el gradual fortalecimiento de la asociación con la respuesta correcta, de modo que ésta siga al estímulo con más seguridad que las respuestas erróneas. Antes de examinar el proceso de elaboración de esta teoría del aprendizaje verbal, nos detendremos a analizar la forma en que aborda la cuestión del reforzamiento en el aprendizaje humano, ya que desempeñó un papel central en otras teorías del aprendizaje.

El reforzamiento en el aprendizaje humano

El experimento típico de aprendizaje verbal está diseñado de manera deficiente para el estudio de la motivación, la recompensa y la influencia de estos factores sobre la velocidad del aprendizaje o la ejecución. Por lo general, los sujetos son estudiantes universitarios, ya complicados en lo que concierne a motivarse y recompensarse a sí mismos por aprender prácticamente cualquier material que se les presente. La motivación usual para que se comprometan con la tarea de aprendizaje verbal la proporcionan las instrucciones del experimentador y el deseo del sujeto de cooperar y trabajar a fin de ganar su remuneración (en este caso el puntaje o los créditos de un curso). Dichas instrucciones por lo común definen la tarea, orientan a los sujetos hacia ella, inician el ordenamiento del material que se intenta aprender, puntualizan los criterios para una correcta ejecución, y la mantienen durante todo el entrenamiento. A estos procedimientos se los ha denominado *conjunto de aprendizaje intencional*, y posiblemente existan como un fondo común de estrategias de aprendizaje que los estudiantes adquieren mediante la educación formal para el momento en que lleguen a la universidad.

Muchas investigaciones demuestran que la intención de aprender tiene su efecto fundamental al iniciar ciertas actividades de repetición o de elaboración en relación con el material que ha de aprenderse (véase Postman, 1964). Pero si estas mismas actividades son evocadas por otras tareas orientadoras, sin la intención de aprender, el sujeto aprenderá incidentalmente casi la misma cantidad. Por ejemplo, si a los sujetos se les pide que construyan oraciones significativas de pares de palabras (en este caso, "pluma-disco" podría convertirse en "Mi *pluma* rayó un *disco*"), asociarán los pares de palabras como lo indique su habilidad posterior para recordar la segunda palabra cuando se instigue con la primera. Este aprendizaje "incidental" no mejora de ningún modo si a los sujetos generadores de oraciones se les pide, además, que recuerden el material para una prueba posterior de recuerdo. Lo importante es lo que los sujetos hacen con el material cuando se les expone a él, y no su intención de aprender o la razón que se les dé para realizar estas actividades.

Los investigadores del aprendizaje verbal siempre han adoptado una ley empírica del efecto. Comprendieron que la situación experimental se dispone de tal forma que el reforzamiento que promueve al aprendizaje consiste en información acerca de la respuesta correcta. Así, una respuesta seguida de la calificación de "correcto" por parte del experimentador incrementará la probabilidad de que la

misma se emita frente a su estímulo; y el informar al sujeto de la respuesta correcta tiene un efecto similar. Thorndike suponía que la respuesta sería recompensada (causaría satisfacción y se fortalecería) cuando se igualaba con la respuesta designada como correcta, y que de no ser así sería recompensada o castigada. El punto de vista opuesto a la ley del efecto, de Thorndike, es que la información acerca de la respuesta correcta basta para promover el aprendizaje, y que los satisfactores posteriores a ella resultan irrelevantes. Esta opinión y la evidencia que la apoya indudablemente tienen más en su favor que la visión original de Thorndike de la recompensa en el aprendizaje humano. Por supuesto, para el funcionalista interesado en diseccionar las tareas de aprendizaje, la posición adoptada en este tema de la recompensa de cierto modo insustancial. Quizá porque relativamente no se preocupaban por los temas de la motivación y el reforzamiento, el análisis de los funcionalistas acerca de las tareas del aprendizaje verbal avanzaba con prontitud sin enredarse ni detenerse en los grandes debates y controversias generados entre las teorías globales (como los sostenidos por Hull, Tolman), que abundaron desde 1930 hasta 1950.

A continuación examinaremos las elaboraciones de la teoría básica de la asociación desarrolladas por los teóricos del aprendizaje verbal para explicar los fenómenos fundamentales descubiertos en los estudios de aprendizaje serial, del aprendizaje de pares asociados, de la transferencia del entrenamiento y del olvido.

HIPÓTESIS DEL APRENDIZAJE SERIAL

Ebbinghaus sólo investigó el aprendizaje serial y estableció numerosas relaciones funcionales. Incluía los efectos de la longitud de una lista sobre el tiempo para aprenderla, los efectos de diferentes tiempos de estudio o número de ensayos sobre la cantidad subsecuente retenida, y los efectos de la duración del intervalo de retención sobre la cantidad retenida. En un análisis asociativo, una lista en serie designada como *A-B-C-D-E* ..., se representaría en la memoria mediante una cadena de asociaciones directas, *A* con *B* con *C*, y así sucesivamente, de modo que ver o pensar en el reactivo *A* excitara la asociación *A-B* y diera lugar a la respuesta *B*, la cual a su vez excitaría a la asociación *B-C* y originaría la respuesta *C*, etcétera. Sin embargo, Ebbinghaus observó que los aprendices cometían frecuentemente el error de recordar un reactivo en una posición anterior a la correcta. Así, después del recuerdo de *A* y *B*, el sujeto podía recordar equivocadamente *D* o *E* en lugar de *C*. Tales errores anticipatorios seguían un gradiente de distancia, en el que los errores más probables eran los cercanos.

La doctrina de las asociaciones remotas

Estos errores anticipatorios distantes llevaron a Ebbinghaus a postular que la estructura asociativa establecida durante el aprendizaje serial incluía asociaciones remotas hacia adelante, así como otras adyacentes. Dichas asociaciones se describen en la figura 6.1, donde las líneas continuas representan a las asociaciones adyacentes y las líneas punteadas a partir de cada elemento hasta cualquier otro que lo siga en la serie, señalan las asociaciones remotas. Podría suponerse que éstas se activarán en cualquier punto de la serie, y llevarán a errores anticipatorios con

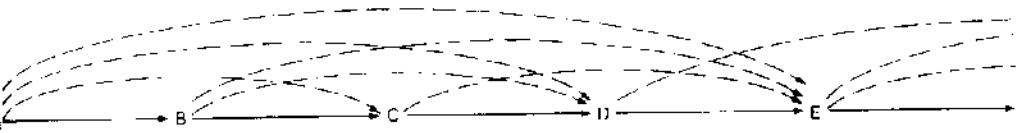


Figura 6.1. Diagrama de asociaciones adyacentes y remotas formadas durante el aprendizaje de un orden serial de reactivos.

grados decrecientes de lejanía. Para alcanzar la ejecución perfecta, las asociaciones adyacentes correctas deben fortalecerse en relación con las asociaciones remotas.

Ebbinghaus creía que la existencia de tales asociaciones remotas (errores de orden) ponía en duda a la doctrina de la asociación por simple contigüidad, ya que el estímulo *A* no estaría inmediatamente próximo a un reactivo remoto como *C*, *D*, o *E*. Lepley (1934) y Hull (1935) trabajaron en torno a este problema en un perfeccionamiento ulterior de la teoría. Estos investigadores conjeturaron que cada reactivo de estímulo declinante que perduraba y estaba presente cuando se evocaban y reforzaban respuestas posteriores en la serie. Por lo tanto, la asociación de estas respuestas *C*, *D*, *E* con la huella del estímulo *A* constituía un mecanismo para producir fuerzas graduadas de asociaciones para los reactivos remotos en la serie. Dicho proceso se describe en la figura 6.2.

Además de los errores anticipatorios, la evidencia que Ebbinghaus ofrece en apoyo de la existencia de las asociaciones remotas es que el aprendizaje de una lista da lugar a lagunos "ahorros" en el aprendizaje de una lista derivada de otra previamente aprendida. Si la lista original es *A*, *B*, *C*, *D*, *E* ..., entonces una lista derivada de primer orden salva cualquier otro reactivo como en *A*, *C*, *E*, ..., y una lista derivada de segundo orden saltea dos reactivos como en A, D, G ... Actuando él mismo como único sujeto, Ebbinghaus descubrió que comparadas con una lista desordenada, las listas derivadas eran más fáciles de aprender, y esa facilidad aumentaba ligeramente cuanto más pequeña fuera la brecha al derivar la lista remota. La observación parece ser congruente con la predicciones de su doctrina acerca de las asociaciones remotas.

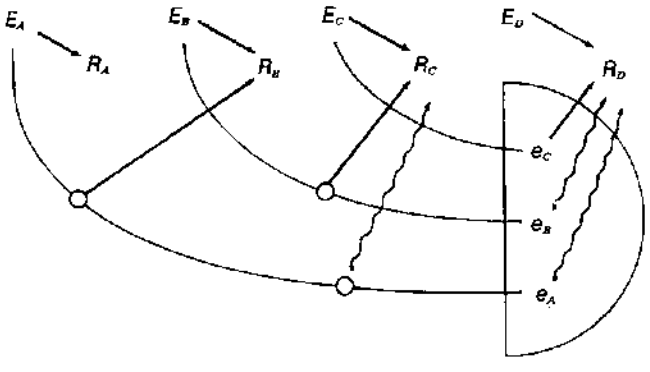


Figura 6.2. Representación estímulo-respuesta de las series *A*, *B*, *C*, *D*, . . . La presentación de cada estímulo conduce a su pronunciación. Las huellas del estímulo (e minúsculas) perseveran y se asocian (líneas onduladas) con respuestas más remotas en la serie.

Aunque este cuerpo teórico motivó muchas investigaciones, el juicio último debe señalarlo como incorrecto en tanto se basa en una interpretación errónea de los datos. En primer lugar, la existencia de errores de orden *per se* no implica necesariamente asociaciones remotas entre los reactivos. También sería posible imaginar que los reactivos se asocian a algunas representaciones internas de posiciones seriales (por ejemplo, los números ordinales "primero es *A*, segundo es *B*, tercero es *C*," y así sucesivamente), y que los errores de orden reflejan generalización del estímulo de las respuestas entre estímulos ordinales similares, como hemos visto en el capítulo 2 al tratar acerca de la propagación del efecto. Esto explicaría el gradiente de los errores remotos, al igual que el hecho de que los errores de recuerdo serial tienen cierta probabilidad de ubicarse hacia atrás (por ejemplo, decir *B* después de *E*) así como hacia adelante. En segundo término, el método de la lista derivada parece haberle producido una ligera transferencia positiva a Ebbinghaus, porque éste conocía o podía detectar su principio de construcción (por ejemplo, saltear un reactivo y el otro no) y por ello podía utilizar directamente su conocimiento de la serie inicial para acertar en la lista derivada. Los experimentos de Slamecka (1964), que usó listas derivadas de espaciamiento variable entre reactivos, evitaban este problema, y sus sujetos no mostraban ahorro en absoluto. Con más seriedad, Young, Hakes y Hicks (1965) descubrieron que las listas derivadas de hecho creaban condiciones de *transferencia negativa*, ya que en el aprendizaje de una lista derivada como *A, C, E* ..., las asociaciones adyacentes *A-B, C-D, E-F*, adquiridas en la lista original debían ser excitadas, y competirían e interferirían con la adquisición y ejecución de las nuevas asociaciones correctas. Por lo tanto, si la familiarización con los reactivos *per se* puede controlarse (por ejemplo, al usar palabras comunes y acostumbradas), la condición de la lista derivada debería producir transferencia negativa. Como prueba de esta conjetura, Young y sus colegas descubrieron una gran transferencia negativa (aprendizaje más lento) de una lista en serie derivada de primer orden, en comparación con los sujetos de control que aprendían estos reactivos por vez primera. En consecuencia, la metodología de la lista derivada se ha desprestigiado, como también la doctrina de las asociaciones remotas.

En análisis posteriores del aprendizaje serial, los investigadores distinguieron entre *aprendizaje de reactivo* y *aprendizaje de orden*. El primero se refiere a la capacidad de los aprendices para recuperar los reactivos como respuestas unitarias de la memoria, mientras que el segundo alude a su habilidad para colocar los reactivos recuperados en el orden serial correcto. Los factores que afectan la asequibilidad del reactivo, como el carácter significativo o la familiaridad, incidirán en el recuerdo del reactivo y, por consiguiente, afectarán indirectamente al recuerdo serial. En estudios más recientes del aprendizaje serial, este componente de aprendizaje de reactivo a menudo se evita al emplear respuestas familiares como letras o dígitos; los sujetos tal vez conozcan el conjunto exacto de reactivos, de modo que su única tarea en cada ensayo consiste en recordar un orden especificado.

La curva de la posición serial

Uno de los hechos interesantes acerca del aprendizaje serial es que la facilidad del aprendizaje de un reactivo depende de su posición en la lista de la serie. En la

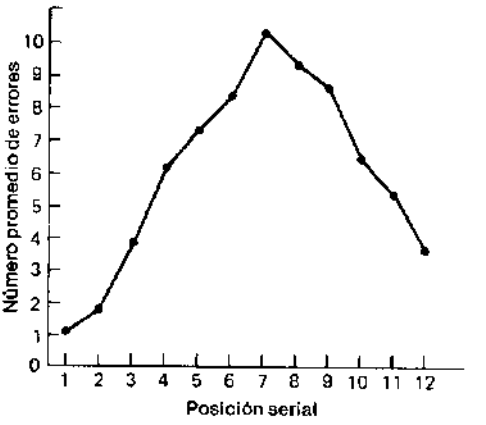


Figura 6.3. Errores en cada posición serial en el aprendizaje de una lista serial de 12 reactivos de sílabas sin sentido por dominar. Los errores incluyen fracasos de respuesta (tomada de Hovland, 1938).

figura 6.3 se aprecia una curva característica de error en la posición serial; los reactivos al comienzo y al final de la lista se aprenden con mayor rapidez, mientras que aquellos colocados precisamente antes del punto medio son los más difíciles. La forma relativa de tales curvas de error de posición serial parece constante en el transcurso de los cambios en muchas variables que afectan la tasa de aprendizaje general de la lista; por ejemplo, carácter significativo de los reactivos, tasa de presentación, e intervalo interensayo (McCrary y Hunter, 1953). El número absoluto de errores varía con tales factores, pero el porcentaje relativo de todos los que son atribuibles a los errores en cada posición produce una curva casi igual. Debido a la atractiva sencillez de esta invariancia, muchos teóricos han intentado explicarla, de manera que nos detendremos a examinar algunos de esos esfuerzos.

Una de las primeras teorías de la curva de posición serial fue la de Lepley (1934) y Hull (1935), que aplicaban insistentemente la idea de las asociaciones remotas y la adquisición de las conexiones inhibitorias para suprimir esos errores remotos. Se creía que estos factores de inhibición se acumulaban más en las respuestas de supresión a la mitad de la lista, y por lo mismo la mayor parte de los errores se producían en las posiciones medias. Por alguna extraña lógica se suponía que las conexiones inhibitorias que abarcaban posiciones adyacentes (así, la inhibición de no dar *E*, a *B* abarca al par *C-D*) provocaba errores en esa posición interior. Los detalles no son importantes, ya que las premisas básicas de la hipótesis (es decir, las asociaciones remotas) se han descartado al igual que la teoría construida sobre esa base.

Una segunda teoría interesante acerca del efecto de la posición serial fue propuesta de forma independiente por Jensen (1962) y Feigenbaum, y Simon (1962). En esta ocasión describiremos la posición del primero, cuya teoría se aplica a la situación en la cual un sujeto se expone a repetidos ensayos con la misma lista serial, de modo que el final de la lista va seguido de inmediato por el comienzo de la que corresponde al próximo ensayo. Jensen supone que los reactivos aprendidos en primer término (o los mejor aprendidos) suelen ser aquellos a los que el sujeto presta atención primero, o de hecho el primer reactivo o los dos iniciales de la lista. Tales reactivos aprendidos en primer lugar sirven entonces como "punto de

apoyo" para aprender los restantes de la lista. Se cree que el sujeto aprende con más facilidad al vincular los reactivos nuevos con los que previamente ha aprendido. Esto implica que los reactivos se aprenden alrededor de los puntos de apoyo en dirección hacia adelante o hacia atrás. El aprendizaje se expande en torno del primer o segundo reactivos en cualquier dirección. El orden de aprendizaje de los datos presentados en la figura 6.3 puede predecirse al doblar la serie de 12 reactivos alrededor del punto de apoyo de los primeros dos reactivos de la siguiente manera (comience por el medio):

Posición serial:	8, 9, 10, 11, 12, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Orden de aprendizaje:	11, 9, 7, 5, 3, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12

El orden pronosticado de aprendizaje es reactivos 1, 2, 12, 3, 11, 4, 10, 5, 9, 6, 8, 7. La regla consiste en comenzar con los primeros dos reactivos y entonces alternar reactivos sucesivos desde el final de la serie y lejos del comienzo de la misma. Esta noción parece muy válida para predecir la dificultad de la posición serial; la correlación promedio entre el rango de la dificultad de posición pronosticada y los errores obtenidos era de alrededor de 0.97 para unas 70 curvas de error de posición serial, que Jensen cotejó con la bibliografía experimental. Por ejemplo, para los datos de Hovland que aparecen en la figura 6.3, la regla de Jensen predice el rango de las puntuaciones de error con sólo un ligero error de orden (los reactivos 6 y 9 son contrarios a lo pronosticado). El ajuste de la teoría es casi tan alto como la confiabilidad de las curvas de posición serial obtenidas en diferentes estudios.

Un problema con el enfoque de Jensen es que básicamente consiste en un cálculo que describe las curvas de la posición serial, pero el mecanismo sustentador en el cual se fundamenta (es decir, vincular los reactivos con los puntos de apoyo en expansión) parece poco plausible. Además, algunas tareas como el recuerdo inmediato de una serie oída una vez (la prueba familiar del segmento de memoria) producían curvas ordenadas del error de posición serial como las de la figura 6.3, pero es difícil ver cómo se aplica en verdad la teoría del punto de apoyo a una tarea de un ensayo (por ejemplo, aprendizaje de reactivos al final de la lista como "cercanos" al punto de apoyo del primer reactivo). Como el mecanismo básico de aprendizaje es un tanto vago e improbable, la teoría de Jensen no ha sido totalmente aceptada a pesar de su reconocida capacidad para predecir curvas relativas de error en posición serial.

Carácter distintivo de la posición serial

Una teoría reciente y atractiva de la curva de la posición serial la considera como un caso especial de la distintividad diferenciada de las posiciones a lo largo de cualquier serie ordenada de estímulos. Esta teoría afirma que alguna representación de la posición serial es un componente de estímulo importante para los reactivos de una lista serial, y que los extremos de dicha lista son más discriminables o distintivos, por lo cual son mejores estímulos que las posiciones interiores de la lista. Murdock (1960), Ebenholtz (1972) y G. H. Bower (1971) han articulado la teoría en cuestión y revisaron diversos estudios que demuestran que las curvas de la po-

sición serial surgen cuando el sujeto debe aprender a asignarles diferentes respuestas a los estímulos que varían a lo largo de una sola dimensión. Un ejemplo sería el aprendizaje de asignar letras o nombres consistentemente a diferentes longitudes de líneas, o tonalidades de gris, alturas de tono, localizaciones espaciales de un punto, a intervalos transcurridos. En el experimento típico, estos estímulos se presentan uno a uno en orden aleatorio, como en el paradigma de pares asociados. En cada caso, se producirían menos errores en las asignaciones a los estímulos finales y más en los interiores. Bower (1971) señalaba que tales resultados son predecibles al suponer gradientes iguales de generalización de las respuestas asociadas con cada posición de estímulo (véase la figura 6.4); aparecen más errores a mitad de la serie porque las respuestas generalizadas pueden inmiscuirse allí a partir de estímulos similares desde cualquier lado de los estímulos clave. Como contraste, la respuesta correcta es relativamente dominante para los estímulos finales, ya que los errores de intrusión sólo pueden generalizarse desde un lado. Esto se observa fácilmente al sumar las tendencias de generalización para las respuestas de error en cada estímulo en la figura 6.4. Esta teoría es muy semejante a la de Spence acerca de la dificultad de las discriminaciones de tamaño medio (véase la figura 5.7). Ambas manejan los resultados del aprendizaje de serie repetida al suponer que el sujeto establece algo así como "marcadores de posición serial" (por ejemplo, primero, segundo ...) con los cuales asocia los reactivos sucesivos de la lista, pero los marcadores son más o menos distintos, y por eso las respuestas se generalizan entre los de posición cercana. Ebenholtz (1972) informa de muchos experimentos en los cuales se demuestra que la validez del aprendizaje de posición es una forma dominante en el aprendizaje serial.

Ebenholtz y Bower dan un paso más al sugerir que los marcadores de posición serial tal vez sean abstractos y se les pueda transferir a diferentes conjuntos de estímulos ordenados linealmente, ya sea dentro de la misma dimensión sensorial a a una dimensión distinta. Por ejemplo, después de aprender a asignar un conjunto de sílabas sin sentido a líneas de diferentes longitudes, los sujetos de Ebenholtz mostraron una transferencia positiva cuando las mismas respuestas se transferían y asignaban en el *mismo orden* anterior a un conjunto de manchas grises que variaban en cuanto a brillantez. Es decir, la respuesta aprendida a la línea más corta se asignaba a la mancha más oscura, y las respuestas restantes se mantenían ordenadas como se habían aprendido previamente. Esta transferencia, realizada con

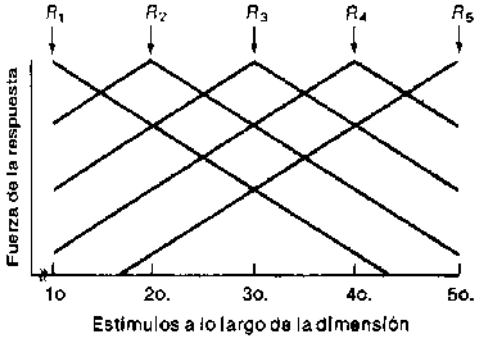


Figura 6.4. Fuerza de cada respuesta R_1 asociada con su estímulo correspondiente E_1, con generalización a estímulos similares espaciada a lo largo de la dimensión de estímulo.

estudiantes universitarios, se explica al suponer que los sujetos convierten los estímulos del conjunto en ciertos códigos abstractos como "el menor, el que le sigue al menor,..., el del centro,..., el anterior al mayor, el mayor", y que entonces asociaban respuestas específicas a dichos códigos. En cualquier caso, la teoría se ha alejado mucho de los lineamientos originales de Ebbinghaus en torno de las asociaciones remotas.

APRENDIZAJE DE PARES ASOCIADOS

En el aprendizaje de pares asociados (APA) se proporciona un estímulo explícito para cada término de respuesta. Por lo común, el sujeto aprende concurrentemente un número de pares empleando el método de anticipación; es decir, se presenta el estímulo, el sujeto responde, y se proporciona retroalimentación. El aprendizaje de pares asociados se hizo muy popular debido a su obvio cariz de validez para el asociacionismo de estímulo y respuesta que dominara en la investigación del aprendizaje humano en los años posteriores a 1940. Sin embargo, la sencillez del *APA* sólo es aparente, ya que los resultados rápidamente se tornan complejos.

Siguiendo el programa del análisis constitutivo, los investigadores en el aprendizaje verbal han dividido al *APA* en tres procesos componentes: aprendizaje para discriminar entre los estímulos, aprendizaje de las respuestas como unidades, y aprendizaje para asociar la unidad de respuesta correcta con cada estímulo. Las modernas teorías del *APA* tratan con estos tres procesos. Un experimento de McGuire (1961) los ilustró con suma claridad, y además permitió evaluar la contribución de cada factor a la ejecución de la conducta compleja mostrada en el *APA*. A continuación veremos algunos materiales relacionados con estos procesos componentes.

Aprendizaje de discriminación

El aprendizaje de pares asociados implica claramente el aprendizaje de la discriminación de estímulo. En un artículo clásico, Eleanor Gibson (1940) reconocía este principio y aplicó sistemáticamente al *APA* la teoría de Hull acerca del aprendizaje de discriminación. Ésta presupone que la fuerza del hábito se acrecienta entre un estímulo y su respuesta correcta durante cada ensayo reforzado, que una respuesta asociada con un estímulo puede generalizarse a otros estímulos similares y causar errores de confusión o el bloqueo de la respuesta correcta por parte de la generalizada. Además, como las respuestas de generalización no se refuerzan, la persona desarrollará inhibición y suprimirá errores generalizados específicos en cada estímulo en que ocurran. Según esta opinión, los errores ante un estímulo dado cesan cuando la respuesta correcta tiene una fuerza neta (hábito menos inhibición) que excede a la fuerza generalizada neta de cada una de las respuestas competidoras.

Aunque la teoría es medianamente compleja, predice un número de hechos bien conocidos acerca del *APA*. Primero, hay una clara generalización del estímulo durante el *APA* y después de él. Así, una respuesta asociada con un estímulo de tres letras como *Q F H* ocurre hasta cierto grado para *Q E H* o *Q F P* o *Q-H*. Segun-

do, el *APA* avanza con mayor lentitud cuanto más grande sea la similitud entre los estímulos en la lista. Así, insumirá más tiempo aprender nombres para el conjunto de estímulos *QFH*, *QHF* y *FQH*, que se superponen en elementos, que para *ABC*, *DEF*, y *GHI*, que no se superponen en absoluto. Tercero, en un trabajo posterior, Gibson amplió la teoría al postular que a los sujetos se les podría enseñar características discriminativas de los estímulos de modo que se obtuviese la transferencia positiva cuando los mismos estímulos estuvieran asociados con un segundo conjunto de respuestas diferentes. En un experimento, Goss (1953) descubrió tal efecto de experiencias de "prediferenciación" en las cuales los sujetos comparaban estímulos y notaban en qué diferían éstos; más adelante el *APA* de nuevas respuestas a estos estímulos era más rápido que para los sujetos de control previamente expuestos a estímulos diferentes.

Investigaciones posteriores han aceptado los hechos generales acerca de los efectos de similitud en el *APA* pero no simpatizan mucho con la formulación particular de Gibson acerca del papel de los factores inhibidores en el proceso. Algunas teorías ulteriores de la discriminación del estímulo en el *APA* procedieron de una forma radicalmente distinta de la del intento inicial de Gibson. Así, Simon y Feigenbaum (1964) desarrollaron el modelo *EPAM* que se asemeja al *APA* al desarrollar un sistema de discriminación o árbol de distribución durante su experiencia en el aprendizaje *APA* (véase el panel *b* de la figura 6.5). Cada nodo en el árbol formula una pregunta de prueba del estímulo ("¿La primera letra es una *Q*?"), ésta va seguida de dos ramas (hacia nodos inferiores) que se toman, dependiendo del resultado de la prueba. Las respuestas se almacenan al pie del árbol de distribución y se recuperan y extraen cuando un estímulo se destina a esa terminal. Dos estímulos se confunden si se distribuyen a la misma terminal del árbol; pueden diferenciarse al crear un nuevo nodo de prueba basado en una característica distintiva de uno de ellos y al hacerla entrar en el árbol.

Los detalles del modelo *EPAM* y su sucesor el *SAL* (Hintzman, 1968) se presentan en el capítulo 12, que trata acerca de las teorías del procesamiento de información. Por el momento, basta decir que éstos explican los tipos de datos ordenados para la teoría de Gibson, y esclarecen además muchos otros resultados.

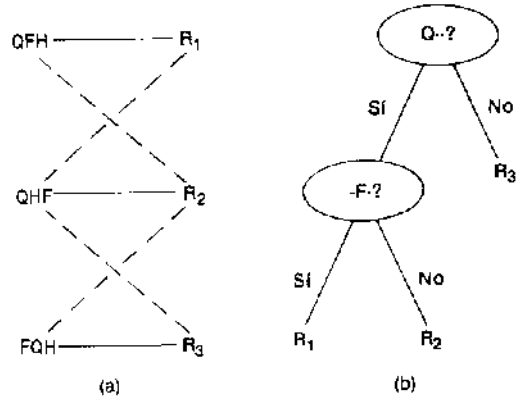


Figura 6.5. (a) Aprendizaje de pares asociados de acuerdo con la teoría de hábito y generalización de Gibson, y (*b*) conforme al sistema de discriminación *EPAM*. En *a*, las líneas continuas indican asociaciones correctas, mientras que las punteadas señalan unas cuantas tendencias de error generalizado.

Aprendizaje de respuesta

El *aprendizaje de respuesta* se refiere a la adquisición de las "respuestas" nominales como unidades asequibles de la memoria. En un experimento *APA* la respuesta nominal puede ser una nueva cadena de elementos, como una sílaba sin sentido o un número de 3 dígitos, los cuales deben aprenderse como unidades. Generalmente, una gran parte de los errores en tales experimentos de sílabas sin sentido son fallas al responder, o versiones incompletas o mutiladas de los términos de respuesta apropiada. Así, en el aprendizaje de los pares 1-*QHJ*, 2-*QXJ*, y 3-*HJX*, la persona puede producir 1-*QJX*, o 2-*QHJ*, y se registraría un error. Es evidente que el sujeto debe aprender diversas listas miniseriales en esa tarea ("3, entonces *H*, entonces *J*, entonces *X*") y superar las confusiones y la interferencia entre ellas.

El factor más potente que controla el aprendizaje de respuesta de las sílabas sin sentido es el grado en que se aproximen a las secuencias de letras familiares, específicamente a las palabras. Mientras más aspecto de palabra tenga un trigrama, o cuanto más cerca esté de igualarse con estadísticas de los vocablos reales del idioma más rápido se le aprenderá y se dará como una respuesta en *APA*. Si el sujeto está de antemano familiarizado con un conjunto de sílabas sin sentido, su *APA* posterior se facilitará cuando esas unidades se usen como respuestas. Estos efectos del aprendizaje de reactivo ocurren no sólo en los pares asociados sino en el aprendizaje serial y en el de recuerdo libre. Los efectos del aprendizaje de respuesta son comprensiblemente simples como tareas de aprendizaje serial en miniatura que están incrustadas dentro de la tarea general.

Formación de asociación

La formación de asociación se refiere a la conexión de los estímulos discriminados con unidades de respuesta integradas. Este proceso ha sido tema de muchas investigaciones. No lo examinaremos aquí, puesto que sólo se señalarán dos temas de investigación relacionados con la formación de asociación.

Aprendizaje incremental versus aprendizaje de todo o nada

Un primer tema se refiere al tiempo que insume la formación de una asociación durante sucesivos ensayos de práctica. Si pudieran efectuarse mediciones exactas de la probabilidad, en cada ensayo, de que un solo estímulo evoque la respuesta correcta de un sujeto, ¿cómo sería esta curva de la probabilidad de respuesta cuando se trazara sobre ensayos sucesivos de práctica? ¿Se incrementaría gradualmente de ensayo a ensayo, o consistiría en uno o más saltos discretos desde un nivel de probabilidad a otro más alto, donde cada nivel se mantuviera durante varios ensayos? La respuesta no puede obtenerse directamente, ya que en un solo ensayo para un solo par *E-R* observamos un éxito o un error, pero ninguno de ellos proporciona bastante información como para inferir gran cosa acerca de la probabilidad subyacente a la curva del aprendizaje. En consecuencia, esta cuestión se ha tratado de modo indirecto, mediante el examen de las implicaciones del punto de vista del incremento gradual versus la visión discontinua del todo o nada del aprendizaje. Hull y los investigadores del aprendizaje verbal generalmente han defendido la opinión del incremento gradual; Guthrie, Estes y los psicólogos de la Gestalt por

lo común se ha apegado a la visión discontinua del todo o nada. Para una reseña, consúltese a Restle (1965) o a Bower (1967*b*). Por nuestra parte, examinaremos el tema con mayor detalle en el capítulo 8, que trata acerca de la teoría del muestreo de estímulo.

Mediadores

Un segundo aspecto vinculado con la formación de asociación es el papel de los *mediadores* en la construcción de un puente desde el estímulo nominal a la respuesta nominal. Un mediador es una parte de conocimiento o alguna asociación preexistente que el sujeto crea para que le ayude a aprender la asociación *A-B*. Por ejemplo, para aprender el par *RML-SOL* el sujeto podría decir que usó la cadena *R*-rata-*SOL* o *M*-mala-*SOL* o *L*-luna-*SOL*. Tales mediadores (llamados también *nemónicos*) utilizan el conocimiento que posee una persona para encontrar un vínculo (véase la figura 6.6). Sabemos que los pares para los cuales el sujeto puede pensar en un nemónico, o para los cuales se proporciona uno, se aprenderán con más rapidez que los pares que carecen de él. El aprendizaje no sólo de pares asociados sino también el de sílabas aisladas o de trigramas depende de que se activen asociaciones desviadas para los llamados mediadores naturales del lenguaje. Así, las sílabas sin sentido como LUV se recordarán como "LOVE con un cambio de letras", CAF como "café sin la e", etcétera.

Prytulak (1971) descubrió que las sílabas sin sentido podían puntuarse en términos de la facilidad para transformarlas en palabras familiares; además, esta medición de la facilidad de creación de palabra tenía una correlación muy alta con el recuerdo de las sílabas sin sentido en la tareas de aprendizaje verbal. Los resultados sugieren que los sujetos convierten una sílaba sin sentido en "una palabra más una transformación", almacenan este código en la memoria, y lo decodifican en el momento del recuerdo. Si los sujetos recuerdan la palabra pero olvidan la natu-

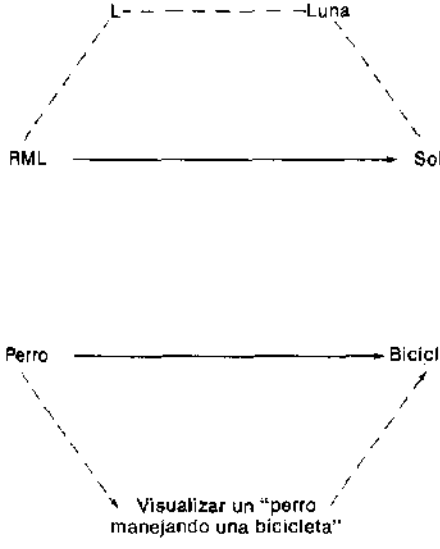


Figura 6.6. Dos ejemplos de mediadores. El mediador superior (línea punteada) emplea un asociado selecto de letra-palabra para aprender el par *RML-SOL*. La parte inferior muestra el uso de una imagen interactiva para asociar un par de sustantivos.

raleza exacta de la transformación de decodificación, es posible que acierten entre decodificaciones plausibles durante la prueba. Así, podrían recordar LOV en vez de LUV, CFE en lugar de CAF, etcétera. Prytulak observó una elevada frecuencia de este tipo de errores, que serían el resultado de la decodificación incorrecta de una palabra mediadora.

Se presume que estos mediadores ocurren debido a que es más fácil asimilar material nuevo dentro de un contexto familiar más una corrección, que aprender las nuevas combinaciones desde el principio. De modo similar, cuando los adultos aprenden RML-SOL con el uso de las dos conexiones parcialmente familiares *L*-Luna y Luna-SOL (véase la figura 6.6), tal circunstancia nos dice que el aleccionamiento, fortalecimiento y encadenamiento de las asociaciones antiguas son más eficientes para ellos que el aprendizaje directo de las asociaciones nuevas desde el principio.

Si a los adultos se les pide que aprendan pares de palabras con significado (por ejemplo, *perro-bicicleta*), a menudo construirán una oración significativa que vincule a los dos conceptos en una interacción plausible y recordable ("este *perro* montaba en una *bicicleta*"). Tales mediadores mejoran el aprendizaje de pares asociados. Las oraciones de acción son mejores mediadores que las conjunciones simples ("perro y bicicleta van juntos"). Además, los sujetos también pueden visualizar escenas imaginarias de la interacción, y esta visualización incrementa considerablemente la memoria de los pares. Los beneficios son un tanto mayores cuando los sujetos generan sus propias oraciones o imágenes en lugar de usar alguna que el experimentador les proporcione (Bobrow y Bower, 1969). Estas técnicas de generación de oración o de imagen y sus resultados sobre el recuerdo se examinarán más adelante (capítulo 13). Constituyen las técnicas centrales del conjunto de dispositivos nemónicos que se han difundido en los cursos acerca del mejoramiento de la memoria (Lorayne y Lucas, 1974).

Los dispositivos nemónicos constituyen estrategias para registrar deliberadamente el material que ha de aprenderse, de una forma adecuada para ser asociada mediante conceptos familiares, generalmente con el uso de la imaginación visual. Estas técnicas son bastante efectivas (aunque no tanto como se les anuncia comercialmente), y se han investigado hasta cierto grado en situaciones de laboratorio (Bower, 1970*a*; Cermak, 1975). Los estudios acerca de los mediadores de imaginación y de oraciones en el aprendizaje por asociación se han amparado en las teorías del aprendizaje cognoscitivo, y serán analizadas en el capítulo 13. Al parecer están muy alejadas de la antigua concepción de que el aprendizaje de pares asociados se refería al establecimiento de conexiones *E-R* mediante métodos análogos al condicionamiento clásico. Esa concepción se abandonó hace muchos años.

Los temas que se verán a continuación conciernen a la *transferencia del entrenamiento* y al *olvido* (o retención). La transferencia del entrenamiento se refiere a los efectos del aprendizaje pasado sobre la velocidad en el aprendizaje de alguna tarea similar, a la cual se transfieren los hábitos anteriores. La transferencia puede ser positiva, negativa o neutral, y depende de la cantidad y del tipo de superposición en la estructura de las dos tareas. Como son dominios tan ricos en grandes efectos, los estudios de las leyes de la transferencia y del olvido en el aprendizaje verbal se han convertido en la actividad central y continua de los psicólogos funcionalistas. Por lo tanto, se examinarán más profundamente estas dos áreas de investigación y se pondrá el acento en sus desarrollos históricos.

ESTUDIOS EN TORNO DE LA TRANSFERENCIA Y EL OLVIDO

Nuestra reseña histórica se inicia con un artículo de McGeoch (1932), que proporciona una explicación funcionalista inicial de las condiciones que afectan a la transferencia y al olvido de los materiales verbales. McGeoch aceptaba dos grandes leyes del olvido y de la transferencia. La primera es la *ley del contexto*, que afirma que el grado de retención, medido por la ejecución, es una función de la similitud entre la situación original de aprendizaje y la situación de retención. La segunda es la *ley de la inhibición proactiva y retroactiva*, la cual sostiene que la retención es una función de las actividades que tienen lugar antes y después del aprendizaje original. La inhibición proactiva y retroactiva fueron un tema central de investigación durante muchas décadas, desde que Muller y Pilzecker (1900) descubrieron el problema.

El paradigma de la inhibición retroactiva es *A, B, A*, donde el aprendizaje del material *B* se interpola entre el aprendizaje y la retención del material *A*, e interfiere con la retención de *A*. El paradigma de la inhibición proactiva es *B, A, A*, en el cual el aprendizaje de *B* antes del aprendizaje de *A* interfiere con la retención posterior de *A*. Las interferencias proactiva y retroactiva con el aprendizaje son fácilmente demostrables, y las relaciones empíricas han originado un cierto número de hipótesis. Un examen del desarrollo de una de estas hipótesis acerca de la inhibición retroactiva nos ayudará a comprender no sólo la inhibición retroactiva sino la manera en que los funcionalistas construyen sus teorías.

Un conjunto de problemas se refiere a la similitud entre el material interpolado y el que se ha aprendido originalmente. Con base en algunos resultados de sus propios trabajos y de los de Skaggs (1925), E.S. Robinson (1927) formuló una hipótesis a la que McGoech más tarde bautizó como la *hipótesis Skaggs-Robinson*. Siguiendo a Skaggs, el citado investigador se propuso relacionar la cantidad de inhibición retroactiva con el grado de similitud entre el material o actividad original y el interpolado.

Con la dimensión de similitud en mente, Robinson sostiene que la interpolación de material idéntico (el material *B* igual que el material *A*) sólo proporciona una práctica adicional en el material *A*, y por tanto conduce a una mayor retención en los ensayos de prueba durante los cuales suele mostrarse la inhibición retroactiva. Como este tipo de inhibición con materiales diferentes ya era un hecho establecido, la conjetura natural es que al comenzar con identidad entre los dos materiales, la cantidad de inhibición retroactiva se incrementaría gradualmente a medida que aumentara la diferencia. Ahora bien, pregunta Robinson, ¿qué sucede en el otro extremo de la escala a medida que el material original (material *A*) y el material interpolado (*B*) se vuelven *extremadamente* diferentes? Es de suponer que la inhibición retroactiva representa algún tipo de interferencia basada en la semejanza entre la actividad original y la interpolada; si hay escasa similitud, debería haber muy poca inhibición retroactiva. Al reunir todas estas consideraciones, es razonable esperar un máximo de inhibición retroactiva en algún punto intermedio de similitud entre los materiales *A* y *B*. Robinson formuló la generalización total en los siguientes términos: "A medida que la similitud entre la interpolación y la memorización original se reduce a partir de una gran identidad, la retención disminuye hasta un mínimo, y entonces se eleva de nuevo, pero con la similitud decreciente

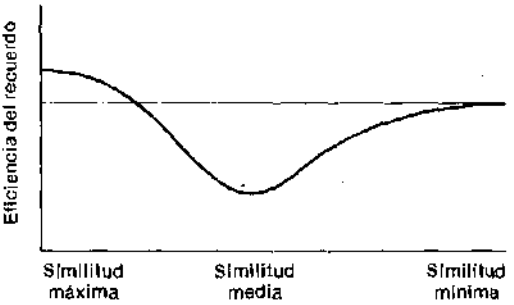


Figura 6.7. La similitud como un factor en la inhibición retroactiva. La curva intenta demostrar que la inhibición guarda una relación cuantitativa con el grado de similitud existente entre la actividad interpolada y el material originalmente memorizado. Con el máximo de semejanza, la actividad interpolada genera transferencia positiva y, por lo tanto, aumenta la eficiencia del recuerdo. Se predice que el máximo de interferencia con el recuerdo se producirá en algún valor intermedio de la *similitud* (tomada de E. S. Robinson, 1927).

nunca alcanza el nivel de obtención que logra con la similitud máxima". La expresión de Robinson se ha vertido gráficamente en la figura 6.7.

Su propia prueba experimental de la generalización era muy simple. Mediante el método del abarcamiento de la memoria estudió el recuerdo de las primeras cuatro de una serie de ocho consonantes cuando las últimas cuatro interferían en este recuerdo. Es decir, las primeras cuatro se consideraban como el material *A*, las últimas como el *B*, y se controlaba la similitud y la disimilitud de los materiales *A* y *B*. La semejanza se definía en términos de letras comunes en las dos mitades de la serie. La similitud máxima significaba que las segundas cuatro consonantes eran exactamente las mismas en el mismo orden que las primeras cuatro; la disimilitud máxima significaba que las últimas cuatro diferían de las primeras.

Los resultados confirmaron la hipótesis sólo parcialmente. A partir de la ligera identidad, la inhibición retroactiva se incrementaba a medida que el material interpolado se hacía cada vez más diferente, circunstancia que era parte de la conjetura. Pero la disminución en la cantidad de retroacción (aumento en el recuerdo) con la desigualdad máxima no pudo comprobarse. De hecho, con materiales totalmente distintos, la inhibición retroactiva se encontraba al máximo.

Otros investigadores no tuvieron mejor suerte que Robinson en confirmar su curva de transferencia. Por cierto, los posteriores análisis de las tareas de aprendizaje verbal comenzaron a descubrir diversas *fuentes* de "similitud" entre dos tareas, así como distintos *tipos* de semejanza. Por ejemplo, en el aprendizaje de pares asociados, las dos listas sucesivas de pares pueden esquematizarse como E_1-R_1, y entonces E_2-R_2; al menos dos fuentes de semejanza son la similitud de estímulo (de E_2 a E_1) y similitud de la respuesta (de R_2 a R_1). Segundo, los tipos de semejanza pueden darse en términos de superposición de elementos comunes en sílabas sin sentido (por ejemplo, se dice que VAX y VAS son "formalmente similares"), o en términos de significado semántico o asociativo de dos palabras (por ejemplo, *exaltado* es un tanto similar a *divertido*, es menos semejante a *abatido*, y lo contrario de *triste*). El reconocimiento de estas complejidades significaba la desaparición de la hipótesis Skaggs-Robinson. Al reseñar la historia de los estudios de transferencia y retroacción, Postman (1971, pág. 1083) afirma:

Retrospectivamente se hace evidente que la hipótesis Skaggs-Robinson fracasó debido a que en esencia era una formulación no analítica, que no especificaba el lugar de la similitud intertarea. La hipótesis cayó en desuso cuando el análisis de las relaciones de similitud en la retroacción, así como en la transferencia, se cambió por la investigación de las funciones del estímulo y la respuesta.

Osgood (1949) propuso una formulación más compleja de las relaciones que intervienen en la transferencia. Su diagrama propuesto de los efectos de la similitud de la transferencia en los pares asociados puede observarse la superficie tridimensional de la figura 6.8. Lo que la superficie de Osgood estipula es que la cantidad de transferencia en dirección positiva o negativa es una función de los cambios en similitud *tanto* de las condiciones de estímulo *como* de la respuesta requerida. Los cambios en la similitud del estímulo van desde el frente hasta el fondo, como se hace notar en el margen derecho, al moverse de estímulos idénticos (E_I) y a través de estímulos similares (E_S) hasta estímulos neutrales (E_N), que están muy distantes en un gradiente de generalización. Los cambios en la semejanza de la respuesta se representan de izquierda a derecha, como se ve a lo largo del margen posterior, con las respuestas idénticas (R_I) a la izquierda, y que se mueven progresivamente a través de respuestas similares (R_S); las respuestas neutrales (R_N), las respuestas parcialmente opuestas (R_O) hasta las respuestas directas antagónicas (R_A). Para materiales verbales significativos, la "respuesta antagónica" se definía como la antónima, una palabra que posee el significado opuesto (por ejemplo, *exaltado-triste*).

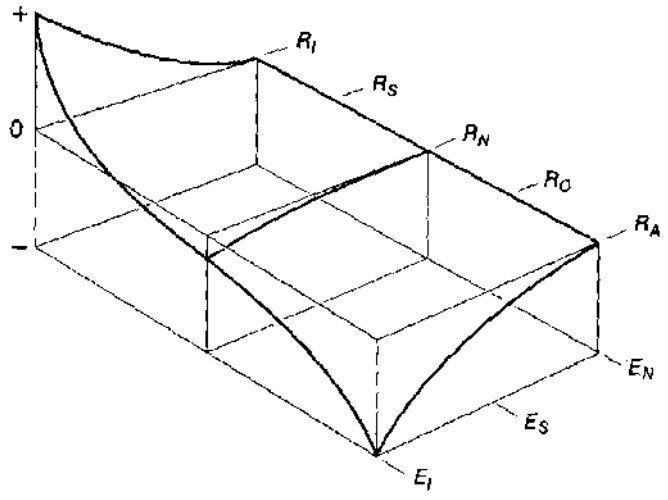


Figura 6.8. Superficie de transferencia y retroacción de Osgood. La dimensión vertical, cantidad de transferencia (+) o de interferencia (−), y la zona neutral se representa con un plano (0). De *izquierda a derecha*, cantidad de cambio en la similitud de la respuesta entre la tarea original y la nueva, desde la identidad (R_I) hasta el antagonismo (R_A). Del frente hacia el fondo, cantidad de cambio en la similitud del estímulo en la tarea original y en la nueva, desde la identidad (E_I) hasta la neutralidad (E_N) (tomada de Osgood, 1949).

CUADRO 6.1. Materiales de pares asociados que ilustran diferentes relaciones entre a ser aprendida. En cada par, la palabra de indicio que se emplea para

A → B	*A → D*	*C → B*	*C → D*
perro→alfiler	perro→zapato	tarjeta→alfiler	tarjeta→zapato
taza→estera	taza→árbol	libro→estera	libro→árbol
escritorio→cielo	escritorio→alfombra	autómovil→cielo	autómovil→alfombra

La mejor forma de leer el diagrama consiste en empezar por sus bordes. El borde posterior indica que los estímulos que *no* tienen ninguna semejanza con aquellos utilizados en el aprendizaje original no dan lugar a ningún efecto de transferencia, positivo o negativo, independientemente del grado de similitud entre las respuestas requeridas y las respuestas que se han usado con anterioridad en otros experimentos. El borde frontal señala que con estímulos *idénticos* habrá una transferencia positiva máxima con respuestas idénticas (ya que esto es tan sólo un sobreaprendizaje); mientras que con respuestas directamente *antagónicas* (de significado opuesto) habrá una interferencia máxima, ya que las respuestas anteriores tendrán que ser completamente desaprendidas o vencidas. El borde izquierdo indica que con respuestas idénticas, los cambios en la similitud de estímulo desde la identidad hasta la neutralidad darán lugar a una disminución de la transferencia, pero no interferirán en un aprendizaje nuevo. El borde derecho señala que para las respuestas antagónicas, los cambios en la similitud del estímulo desde la identidad hasta la neutralidad producirán una disminución de la transferencia, pero ninguna transferencia positiva. El diagrama es una superficie y produce una curva en cualquier lugar donde la corte un plano vertical.

Aunque la superficie de Osgood representó un importante esfuerzo sistemático por integrar una gran extensión de fenómenos de transferencia y de retroacción, muy pronto se hizo evidente que era inadecuada por varias razones. En primer término, nunca hubo evidencia firme de que las respuestas antagónicas estuvieran asociadas con más transferencia negativa que las respuestas no relacionadas, incluso en los propios datos de Osgood. Segundo, aunque los datos del aprendizaje verbal proporcionan pruebas de diferencias en transferencia entre estímulos idénticos, similares y no relacionados, no demuestran un *gradiente continuo* de efectos conforme se varía la similitud sobre el rango intermedio (véase Postman, 1971, pág. 1054). Desde luego, este efecto graduado está implícito en el suave trazo de las curvas. En tercer lugar, la superficie implica que la transferencia siempre será de cero cuando se usen estímulos no relacionados en tareas sucesivas (obsérvese el borde posterior de la superficie en la figura 6.8). Sin embargo, trabajos subsiguientes demuestran que este arreglo produce transferencia positiva cuando el mismo término de la respuesta es nuevo y requiere de mucho aprendizaje. Por ejemplo, a fin de que el sujeto recite sílabas sin sentido como respuestas a estímulos neutrales se requiere que esas sílabas se aprendan como unidades de respuesta integrada *per se*. Así, un diseño de transferencia como *A-B, C-B* (estímulos disímiles, respuestas idénticas) evita la necesidad de aprender las respuestas de la segunda lista, y por ello puede producir transferencia positiva de esta manera. (Para mantener en orden los diversos diseños de transferencia, véanse las ilustraciones del cuadro 6.1).

Una cuarta complicación con la superficie de Osgood es que en algunos experi-

una lista aprendida originalmente (*A-B*) en el *extremo* izquierdo, y una lista interpolada instigar el recuerdo está a la izquierda.

B → *D*	*A* → *Br*
alfiler→ zapato	perro →cielo
estera →árbol	taza →alfiler
cielo→alfombra	escritorio→estera

mentos en los que se utilizó un diseño como *A-B, B-D* (la respuesta en la primera lista sirve como estímulo en la segunda) se hizo evidente que se establecía una asociación *hacia atrás* (desde *B* hasta *A*) al mismo tiempo que la persona aprendía la asociación hacia adelante (de *A* a *B*). Esta asociación hacia atrás interfiere y origina la transferencia negativa en el paradigma *A-B, B-D*, aunque causa transferencia positiva en el diseño *A-B, B-A* (sólo invertimos los reactivos que sirven como indicios y los que actúan como respuestas). Como un quinto problema, las relaciones de similitud que se tratan en la superficie de Osgood se refieren a relaciones entre reactivos individuales (pares) a través de listas sucesivas, y no a las relaciones estructurales globales entre listas sucesivas. Pero se sabe que el mayor grado de transferencia negativa en el aprendizaje verbal se produce cuando los estímulos y las respuestas de la primera lista sencillamente se vuelven a *parear de nuevas formas* para componer los reactivos de la segunda lista. En notación simbólica, esto se designa como paradigma *A-B, A-Br* (obsérvese la última columna del cuadro 6.1). Dentro de la estructura de la superficie de Osgood, esta condición *A-Br* únicamente puede representarse como *A-B, A-D* con estímulos idénticos y respuestas diferentes. De todas maneras, el paradigma *A-Br* produce mayor transferencia negativa (debido en gran parte a la competición de las asociaciones hacia atrás) que el diseño *A-D*.

Como una sexta y última complicación, la superficie de Osgood implica que la transferencia negativa en la tasa del aprendizaje de una segunda lista se correlacionaría a la perfección con la cantidad de olvido (interferencia retroactiva) de la primera lista, causada por el aprendizaje del sujeto en la segunda. Aunque estas dos mediciones frecuentemente están correlacionadas, en la actualidad se conocen algunos casos de discrepancia. Una de ellas es que mientras *A-B, C-D* (estímulos y respuestas no relacionados) sirven como línea base para definir la transferencia cero en el aprendizaje de la segunda lista, es claro que la interpolación *C-D* causa una extensión en el olvido de *A-B* (o interferencia no específica) según los resultados de Newton y Wickens (1956). El olvido de *A-B* por parte de los sujetos en la lista *C-D* es bastante grande en comparación con el de los sujetos control que aprenden *A-B*, y sencillamente descansan durante un intervalo apropiado antes de una prueba de retención. Por lo tanto, al adoptar la línea base *C-D* la condición *C-D* produce una transferencia negativa de cero, pero una considerable interferencia retroactiva. De hecho, esta observación es una de las razones que motivaron las recientes dudas acerca de la existencia de interferencia retroactiva específica para estímulos particulares de pares asociados (véase Postman y Stark, 1969).

Resulta claro que la transferencia en los pares asociados no es un proceso unitario, sino que más bien incluye un número de componentes distintos que intervienen durante el aprendizaje inicial y la comprobación de transferencia. Conforme se

varía la similitud del estímulo o de la respuesta, cambian diferentes aspectos o componentes de la tarea de transferencia, aunque el esfuerzo neto sobre la ejecución tal vez no sea claro porque los distintos componentes contribuyen con efectos positivos o negativos, que pueden cancelarse o nulificarse entre sí. Martin (1965) publicó un trabajo mejor informado relacionado con su intento de especificar superficies de transferencia para tres componentes diferentes que se acarrean en la transferencia lo cual se muestra en la figura 6.9. Los tres componentes considerados son el aprendizaje de la respuesta (*R*, en el cuadro de la izquierda), asociaciones progresivas (*F*, en el cuadro medio), y asociaciones retrospectivas (*B*, en el cuadro derecho). Para el aprendizaje de la respuesta, el grado de transferencia positiva es alto para respuestas idénticas, disminuye hacia cero para las respuestas más disímiles, y es independiente, por supuesto, de la semejanza del estímulo. La superficie para las asociaciones progresivas (*F*) es la misma que vimos en Osgood, excepto que Martin sugiere que el continuo de respuesta debería extenderse sólo a las respuestas no relacionadas (*A-B*, *A-D*). Aunque los antónimos sean opuestos en significado, son asociativamente cercanos entre sí y esta relación, más que su significado opuesto, es tan dominante que produce una transferencia ligeramente positiva cuando se usan respuestas antónimas (Postman, 1971). Los resultados para las asociaciones hacia atrás (*B*) son bastante simétricas con aquellos que corresponden a las asociaciones hacia adelante, salvo por un intercambio de ejes de estímulo y respuesta. En particular, la interpolación de *C-B* a continuación del aprendizaje *A-B* produce una pérdida máxima de la asociación hacia atrás desde *B* hasta *A*, como lo indica la falla del sujeto para recordar el estímulo *A* de la primera lista cuando se le pregunta con el término de respuesta *B*.

La hipótesis de Martin no indica específicamente de qué manera se combinan estos diversos factores para determinar el efecto de transferencia neta. También aparece claramente que incluso se han identificado otros factores que pueden influir en la transferencia y en el olvido, y estas características no se describen en las superficies de Martin. Así, por ejemplo, en varios experimentos se ha demostrado que hay algunos beneficios positivos en la atenta exposición previa a los términos de estímulo o de respuesta, ya que esto sirve para "prediferenciar" esos reactivos antes del inicio de la tarea criterio de pares asociados. Según el

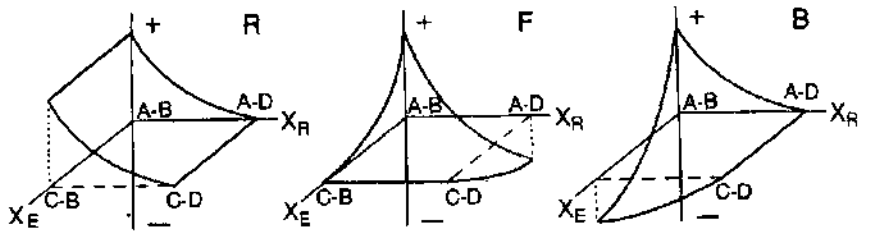


Figura 6.9. Superficies componentes para la disponibilidad de la respuesta (*R*), asociaciones progresivas (*F*), y asociaciones retrospectivas (*B*). El grado de similitud del estímulo se espacia a lo largo del eje X_E, y el grado de similitud de la respuesta a lo largo del eje X_R. El punto de origen representa la identidad del estímulo y de la respuesta. La dirección y el grado de transferencia se indican a lo largo del eje vertical (tomada de E. Martin, 1965).

grado en que el sujeto haya aprendido a identificar y discriminar entre los estímulos, le será mucho más fácil continuar discriminando mientras vincula respuestas particulares a los estímulos prediferenciados. Aunque el paradigma normal *A-B, A-D* implica este factor de prediferenciación, el factor de respuesta competitiva al parecer lo pasa por alto y determina la transferencia negativa neta en la mayor parte de las circunstancias.

Otro factor ausente en esta superficie de transferencia es lo que se ha denominado *diferenciación de la lista,* la habilidad del sujeto para identificar la pertenencia de lista de las respuestas que recuerda. Así, durante el aprendizaje *A-D* después de *A-B,* la persona puede introducir la respuesta *B* aunque conozca ambas respuestas, porque confunde las dos listas. O tal vez piense en la respuesta *D,* pero la contenga al identificarla erróneamente como proveniente de la primera lista. De modo similar, después de la interpolación de *A-D,* si se le pide a la persona que recuerde la respuesta de la primera lista, es posible que contenga *B,* o introduzca *D* si es incapaz de distinguir en qué lista ocurrían las diversas respuestas. La diferenciación de lista como proceso es muy análoga al recuerdo del momento y el contexto en donde ocurren los eventos, un tema que resiste sumo interés (Anderson y Bower, 1972*a*; Hinrichs, 1970; G. H. Bower, 1972*d*. La identificación de lista es claramente un factor en la transferencia, ya que las confusiones acerca de la pertenencia de lista se incrementan con la similitud de los estímulos o las respuestas. Así, por ejemplo, si las respuestas de la lista 2 son dígitos mientras que las de la lista 1 son sustantivos, tal vez habrá una diferenciación perfecta de lista, y el sujeto casi nunca introduciría una respuesta de dígito mientras intentase recordar un sustantivo de la lista 1.

La hipótesis de Martin abarca la transferencia negativa masiva producida por la tarea de transferencia *A-Br* repareada, ya que en la figura 6.9 se muestra transferencia negativa para la asociación hacia adelante (en *A-D* en el cuadro medio) y transferencia negativa para la asociación hacia atrás (en *C-B* en el cuadro de la derecha). Lo que no logra mostrar es que el paradigma *A-B, C-D* produce transferencia negativa cero, no obstante un olvido considerable relativo a la condición de descanso en el grupo control. Más adelante retomaremos aspectos centrales de este tema.

Ahora es posible reconstruir la evolución de estas hipótesis (o supuestas "generalizaciones empíricas") acerca de los efectos de la similitud en la retroacción y en la transferencia. En primer lugar, contamos con los experimentos iniciales que demuestran la interferencia retroactiva, y algunos que comprobaron el posible papel de la similitud como factor. Después está la hipótesis dimensional un tanto burda de Robinson, que conduce a una serie de experimentos que revelan fuentes y tipos múltiples de similitudes intertarea, que requieren de una generalización más compleja que la hipótesis de Skaggs-Robinson. Al mismo tiempo que se realizaban estas investigaciones acerca del olvido, se llevaban a cabo una serie de experimentos relacionados sobre la transferencia, pero como si los dos fenómenos tuvieran poco en común. Osgood presentó su nueva hipótesis, que cubría los datos acumulados desde la hipótesis de Robinson, e incorporó los resultados de la transferencia y la interferencia retroactiva. Pero una serie de estudios analíticos revelaron que la superficie de Osgood era demasiado simplista, que hay incluso más componentes o factores independientes implicados en la transferencia. Estos análisis detallados llevaron a Martin a proponer superficies de *transfe-*

rencia componente para tres de los aspectos importantes del aprendizaje que ahora se sabe se acarrean en la transferencia. Aunque las propuestas de Martin constituyen las síntesis más adecuadas e integradas conocidas hasta la fecha, es evidente que todavía se ignoran diversos factores aislables, y que queda por especificar la asignación de valores a la magnitud los factores independientes y sus interacciones en la determinación de la transferencia neta. Este tipo de sucesión de generalizaciones conjeturadas con una interacción entre los datos, la crítica analítica y la teoría, en busca de un análisis más profundo y de una integración más reveladora, es exactamente lo que cabría esperar en un análisis funcional maduro. Esta historia también ilustra algunas de las potenciales frustraciones de un enfoque funcionalista; con un análisis más profundo se descubren más y más variables o factores independientes que inciden en la conducta motivo de investigación, y la posibilidad de fuertes interacciones entre una variable y las funciones obtenidas para otras variables es una expectativa probable. Por ejemplo, la función de transferencia relacionada con la similitud de la respuesta quizá varíe de forma cuantitativa, dependiendo de que tratemos con "similitud formal" (superposición de elementos de materiales sin sentido) o con "similitud significativa" (por ejemplo, palabras sinónimas); y todavía no está claro si la segunda variable debe sujetarse a la superposición conceptual de las definiciones de diccionario de dos palabras, o a la superposición de las jerarquías asociativas provocadas por cada palabra (Deese, 1965).

Las complejidades del fenómeno conductual de la transferencia provocan el desaliento de algunos investigadores en psicología (por ejemplo, decir "la naturaleza no podría ser *eso* tan complicado"), hacen que la abandonen como una pregunta científica mal formulada, y que se dediquen al estudio de otros temas con mayores posibilidades de rápido progreso. El funcionalista intransigente argumentaría que sólo se esforzaba por dilucidar un fenómeno, y clamaría que nadie tiene la sencillez garantizada en sus resultados y que, aunque los subproblemas cambian con la madurez de su análisis, el fenómeno dominante con el cual el área comenzó (es decir, la transferencia del entrenamiento) es sin duda un problema central para la teoría del aprendizaje. Si en verdad lo es —diría el funcionalista— se le debe estudiar, analizar y comprender con las únicas herramientas experimentales y conceptuales de que disponemos en la actualidad. Debemos analizar y comprender la complejidad porque "así es el mundo".

Análisis del olvido

La exposición que realizamos en torno de la investigación acerca de la transferencia negativa y la interferencia retroactiva se centró en el nivel de la descripción y la generalización empíricas, sin prestar demasiada atención a la teoría. Sin embargo, la porción más importante de la investigación de los funcionalistas modernos se refiere al análisis teórico de los mecanismos del olvido. El carácter del enfoque teórico funcionalista tal vez se aprecie mejor al trazar la evolución de sus ideas acerca del olvido. Gran parte de estas investigaciones se efectuaron con base en experimentos de aprendizaje verbal con adultos humanos. Por supuesto, los animales también olvidan, incluso las respuestas condicionadas simples, y el estudio del olvido en éstos se ha convertido en un área central de investigación (Honig y James, 1971; Spear, 1978). A fin de reducir la dificultad de la tarea de

comprensión, los experimentos recientes acerca del olvido se concentran en situaciones de aprendizaje verbal estándar para producir la evidencia fundamental.

Si preguntamos al lego por qué olvida ciertas cosas, presentará una rápida respuesta: las olvida porque no las ha usado, o no ha pensado en ellas durante algún tiempo. Ha olvidado el inglés que aprendió en la preparatoria porque no lo ha practicado en el transcurso de los últimos diez años. Pero recuerda palabras que continúa usando, como los nombres de sus amigos.

El problema de esta explicación es que no satisface la curiosidad del científico acerca de los mecanismos causales. El paso del tiempo no es en sí mismo una variable causal, aunque los eventos causales sucedan en el tiempo. Si dejamos un martillo a la intemperie, finalmente, se oxidará. Pero no es el paso del tiempo el que la oxida, sino que es la reacción de la oxidacción química la que se produce con el tiempo.

La propuesta del lego puede traducirse con un *sonido* más neurológico (o un sentido) de la forma siguiente: cada experiencia de aprendizaje establece una huella neurológica cuya integridad es gradualmente obliterada por el ruido neuronal aleatorio que ocurre a una tasa fija, y desgasta la recuperabilidad de la huella de memoria a medida que se incrementa el intervalo de retención. ¿Nos dice algo esta formulación? La respuesta es "no". A no ser que se agregue mucho más acerca de las variables pertinentes y su influencia sobre el hipotético proceso (y el olvido), la nueva propuesta es más que vacía: es peligrosa, porque probablemente alguien la considere con seriedad debido a su aparente jerga técnica.

Existen diversas propuestas sustantivas acerca de las causas del olvido, que difieren considerablemente en su alcance y en la extensión de variables de las cuales se dice que el olvido es una función. Por ejemplo, Freud suponía que parte del olvido es resultado de la activa represión de ciertos materiales en el inconsciente. Una discusión crítica de esta hipótesis, junto con los datos conflictivos que la rodean, se encuentra en una edición anterior de este libro (Hilgard y Bower, 1975); para una versión favorable de esa conflictiva bibliografía, consúltese a Erdelyi y Goldberg (1979).

Otra conjetura, presentada por los psicólogos de la Gestalt y que veremos en el capítulo 10, es que las memorias son sistemas multifacéticos que continuamente sufren cambios dinámicos, y se mueven hacia alguna organización mejor (o Gestalt). En los experimentos de laboratorio esta noción se ha traducido en la pregunta de si el recuerdo que tiene un sujeto de una figura o un dibujo lineal asimétrico o incompleto tiende a moverse durante un intervalo de retención hacia una figura Gestalt "buena" o "mejor". En su reseña de esta abundante bibliografía, Riley (1963), concluye que existe muy poco apoyo consistente para la idea de la Gestalt. El recuerdo de un patrón de figura tiende más frecuentemente a moverse hacia estereotipos culturales, pero las tendencias descubiertas resultan explicables más a menudo mediante las asociaciones verbales (a la figura original) o la interferencia proactiva desde el aprendizaje cultural previo, que a partir de las leyes Gestalt de la organización perceptual.

La teoría más útil del olvido que ha surgido de los experimentos en el laboratorio es la llamada *de la interferencia*, estrechamente vinculada con el análisis funcionalista de la transferencia negativa y la interferencia. En la actualidad tiene muchos más adeptos, debido a que existe más evidencia en su favor que hacia cualquiera de las teorías alternativas del olvido, por lo que es justo considerarla como domi-

nante en los experimentos relacionados con dicho fenómeno. Se trata de una teoría de asociación; es decir, su concepto primitivo básico es la noción de un vínculo asociativo (conexión funcional) entre dos o más elementos, que pueden ser ideas, palabras, estímulos y respuestas de situación, etcétera. Como hemos señalado al tratar acerca de los paradigmas de transferencia, la notación convencional emplea las letras *A*, *B*, *C* ... para representar tales elementos o reactivos, y la notación *A-B* para un vínculo asociativo entre *A* y *B*, establecido por algún entrenamiento pasado. Se supone que estos vínculos asociativos varían considerablemente en fuerza, dependiendo de la cantidad de práctica. La situación experimental que mejor ilustra a esta teoría es el aprendizaje de pares asociados, en el cual se enseña al sujeto un conjunto (lista) de pares y posteriormente se comprueba su retención de los mismos. La teoría también se aplica a muchas otras tareas de aprendizaje, pero la de pares asociados hace que el mecanismo de exposición sea más fácil de poner en marcha.

Teoría de la interferencia

Las ideas básicas de la teoría de la interferencia fueron estipulados explícitamente por vez primera por McGeoch (1932), pero durante los años subsiguientes se produjeron cambios graduales en ella. Se han agregado nuevos conceptos, las hipótesis carentes de apoyo se han descartado, y se diseñaron nuevos métodos experimentales para medir con mayor exactitud las variables dependientes relevantes. El carácter cambiante de la teoría de la interferencia se observa al comparar las primeras declaraciones de McGeoch con las formulaciones posteriores de Postman (1961, 1971). A continuación señalaremos algunas de las modificaciones más significativas.

El primer principio de la posición de McGeoch parece absurdo para una teoría del olvido: afirma que éste no ocurre en un sentido absoluto. La fuerza de una asociación entre dos reactivos *A-B* se establece mediante el entrenamiento, y supuestamente permanece en ese nivel a pesar de la falta de uso de la asociación. La causa de una pérdida mensurable de retención con el paso del tiempo no es la disminución de la fuerza de *A-B*, sino más bien que las asociaciones alternativas *A-C* o *A-D* han ganado fuerza a través de algunos medios no especificados, en ausencia del entrenamiento continuo en *A-B*. Así, en una prueba de retención el sujeto puede dar *C* o *D* como asociación para *A*, de modo que registramos una pérdida de retención para la asociación *A-B*. Ésta no se ha perdido ni olvidado en un sentido absoluto; todavía permanece en la memoria, pero *B* ha sido temporalmente desplazada, y ha quedado atrás en la competencia con los elementos *C* y *D* en el momento del recuerdo.

Con base en esta teoría, una asociación aprendida se almacena permanentemente, y el olvido se debe a la disponibilidad disminuida, una menor probabilidad de su recuperación. Y esta disponibilidad disminuida es el resultado de asociaciones competidoras. Tal enfoque tiene al menos el sustrato requerido para explicar los casos clínicamente enigmáticos de hipermnesia, en los cuales una persona muestra un recuerdo excepcional —o cree que su recuerdo es genuino— de experiencias vividas mucho tiempo atrás. Ese recuerdo tan incrementado puede ocurrir en estados maniacos, en las horas previas a un suceso emocionalmente excitante (por ejemplo, en los soldados a punto de entrar en combate), en un trance hipnótico

(véase Reiff y Scheerer, 1959), o mientras se sigue una línea de asociaciones libres en el diván del psicoanalista (Erdelyi y Kleinbard, 1978; Pascal, 1949; Stratton, 1919; Stalnaker y Riddle, 1932).

De acuerdo con esta teoría, la asociación *A-B* se comprueba al presentar uno de los elementos, por ejemplo *A*, sobre el cual el sujeto intenta producir el *B* asociado. Cabe pensar en *A* como un término de estímulo y en *B* como una respuesta. Como hemos señalado en nuestra revisión acerca de la transferencia, esto sugiere la manipulación del grado de similitud entre un estímulo de prueba (llamado *A'*) y el estímulo de entrenamiento original *A*. El principio de la generalización del estímulo predice que *A'* tiene menos probabilidades de activar la asociación *A-B* en la proporción en que *A'* es disímil de *A*. Además, McGeoch sugiere que ampliemos nuestra concepción de *A* para incluir cualquier estimulación contextual de fondo que esté presente cuando se aprenda la asociación *A-B*. Se ha descubierto que los cambios en tales estímulos contextuales dan lugar a un recuerdo más pobre (Albernathy, 1940; Falkenberg, 1972; Pan, 1926). Así, si se somete al sujeto a una prueba de recuerdo en una habitación distinta de aquella en la cual aprendió, con un tipo diferente de dispositivo de presentación de estímulo, con el material presentado con diversos marcos de referencia, o cuando adopte una postura distinta, su recuerdo es más pobre que si durante la prueba se reproduce exactamente el contexto de la estimulación original. Tales resultados parecen congruentes con la posición analítica de la teoría de la interferencia.

Hemos visto que la pérdida de retención de una asociación *A-B* aprendida es el resultado de la competencia de asociaciones alternativas *A-C* en el momento del recuerdo. Si nos preguntamos de dónde provienen conflictivas asociaciones, la respuesta lógica es que ellas (o una similar, *A'-C*) proceden del aprendizaje ya sea antes o después del aprendizaje *A-B*, pero previamente a la prueba de retención. Este análisis condujo a la investigación intensiva de situaciones en las cuales el aprendizaje *A-B* y *A-C* se controla de forma explícita. Los dos paradigmas básicos se denominan retroacción o proacción, lo cual depende de si el interés del experimentador se inclina por la retención del material que se ha aprendido primero o por el aprendido en segundo lugar. Estos paradigmas, junto con las condiciones apropiadas de control y algunos datos hipotéticos del recuerdo, se ilustran en la tabla 6.1. En el paradigma de retroacción, el grupo control aprende las asociaciones *A-B*, y luego descansa. Después se le somete a prueba de recuerdo de *B* cuando se da el término *A*. El grupo experimental aprende *A-B*, posteriormente aprende nuevos pares *A'-C*, y después intenta recordar *B* cuando se da *A*. El índice de interferencia retroactiva calculado para los datos hipotéticos es de 67%. Las condiciones de proacción se leen de modo similar.

En este contexto puede estudiarse una diversidad de variables de la tarea, y en general los resultados del recuerdo armonizan con lo que cabría esperar de la teoría de la interferencia (para reseñas, véanse Slamecka y Ceraso, 1960; Postman, 1971). Por ejemplo, la interferencia retroactiva se incrementa con los ensayos sobre *A-C* y disminuye con los ensayos en *A-B*, mientras que la interferencia proactiva muestra exactamente las relaciones funcionales opuestas, como era de esperar. Considérese un ejemplo, el efecto del número de ensayos de entrenamiento en la lista *A-B* (aprendizaje original, abreviado *AO*) antes del entrenamiento *A-C*, sobre el predominio relativo de las asociaciones *A-B* y *A-C*. Un experimento de Briggs (1957) ilustra el procedimiento y los resultados (véase la figura 6.10).

TABLA 6.1. Resultados de recuerdo para ilustrar el olvido debido a la interferencia retroactiva y proactiva.

	Retroacción		*Proacción*	
	Experimental	*Control*	*Experimental*	*Control*
Lista 1	*A-B*	*A-B*	*A-C*	descanso
Lista 2	*A-C*	descanso	*A-B*	*A-B*
Prueba de recuerdo	*A-B*	*A-B*	*A-B*	*A-B*
Porcentaje de recuerdo correcto	20	60	60	80
Efecto	$\frac{60-20}{60} = 0.67$		$\frac{80-60}{80} = 0.25$	

Cuatro diferentes grupos de sujetos recibieron 2, 5, 10 o 20 ensayos del aprendizaje *A-B*, seguidos de 20 ensayos del aprendizaje *A-C*. Las listas consistían en diez pares de adjetivos. Después de intervalos de 0, 2, 5, 10 y 20 ensayos de aprendizaje *A-C*, cada sujeto recibe una prueba modificada de recuerdo libre con

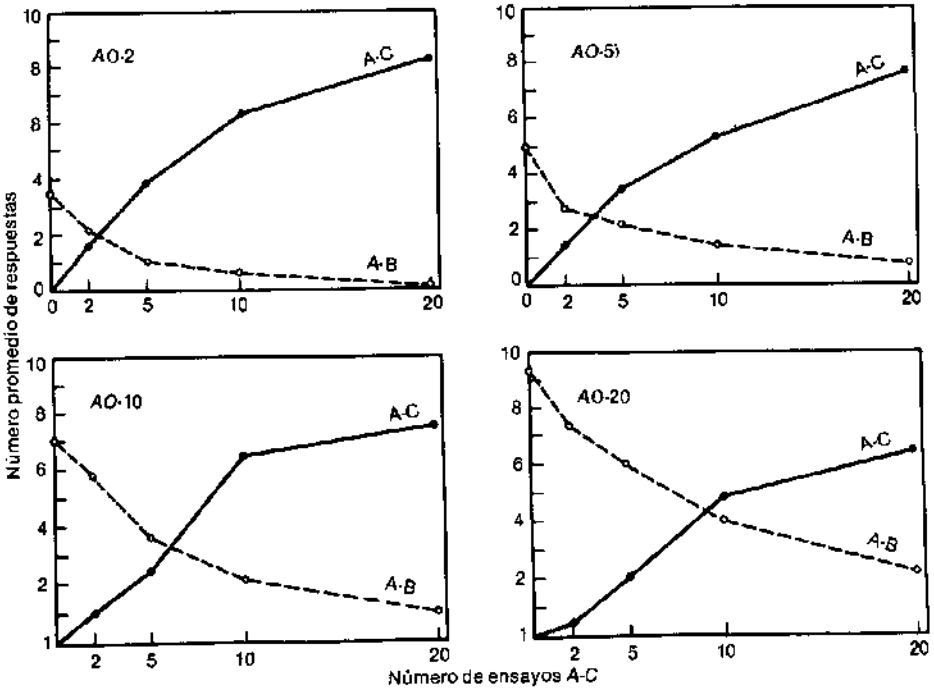


Figura 6.10. Frecuencias de respuesta relativa de la respuesta originalmente aprendida (*A-B*) y de la respuesta recientemente aprendida (*A-C*) durante el aprendizaje de la nueva respuesta, medidas por la prueba modificada de recuerdo libre. Las cuatro gráficas provienen de cuatro diferentes grupos de sujetos que tuvieron 2, 5, 10 o 20 ensayos de aprendizaje original (tomada de Briggs, 1957).

los términos de estímulo. En tales pruebas se les instruye para que den la respuesta que primero les venga a la mente (incluyendo intromisiones ajenas a la lista), y el experimentador no proporciona retroalimentación que indique qué respuesta se quiere. Esa prueba evalúa el predominio relativo de *A-C* sobre *A-B*.

Las curvas que aparecen en la figura 6.10 constituyen una descripción gráfica de la frecuencia de la nueva respuesta *C* y de la antigua respuesta *B*, después de variar los números de ensayos de *A-B* y *A-C*. Al comienzo del aprendizaje de la segunda lista, la frecuencia del recuerdo de *B* depende directamente del número de ensayos de *AO*. Durante el curso del entrenamiento *A-C*, las respuestas *B* disminuyen en frecuencia, mientras que las *C* aumentan hasta un nivel dominante. Después de 20 ensayos *A-C*, la cantidad de *AO* todavía ejerce cierta influencia, tanto en términos de una frecuencia superior de recuerdo de *A-B* como de una frecuencia menor de recuerdo de *A-C*. Este cuadro es exactamente el que cabría esperar según las ideas iniciales de McGeoch acerca de la competencia de la respuesta, ya que la prueba modificada de recuerdo libre sólo permite una respuesta.

Las hipótesis de McGeoch predicen una correlación perfecta entre la pérdida de retención de *A-B* y la ocurrencia en la prueba de asociaciones ajenas, *C* o *D*. No siempre se encuentra esta correlación: en la prueba de retención *A-B* a continuación del aprendizaje *A-C*, el sujeto a menudo es incapaz de responder con alguna asociación. Para explicar el fenómeno se propusieron dos hipótesis, y es probable que ambas tengan cierta validez. Una noción que ya hemos mencionado, propuesta por Thune y Underwood (1943), es que el sujeto puede discriminar la pertenencia de la lista (primera o segunda) de las asociaciones que le vienen a la mente; según el grado en que lo haga, censurará y rechazará la respuesta *C* cuando intente recordar la respuesta de la primera lista, *B*. Esto es plausible, ya que se sabe (Yntema y Trask, 1963) que los sujetos juzgan con bastante exactitud cuál de dos eventos ha ocurrido más recientemente en el pasado. Otra idea, que Melton e Irwin (1940) expresaron por primera vez, es que durante el aprendizaje interpolado *A-C*, el primer par *A-B* se desaprende o se extingue. De ser así, cuando la prueba ocurra muy próxima al aprendizaje *A-C*, *B* será temporalmente inasequible como asociación.

La evidencia más clara del *desaprendizaje* proviene de un método de recuerdo que (Barnes y Underwood (1959) utilizaron por primera vez. Con el empleo del paradigma *A-B*, *A-C*, en la prueba posterior se pedía al sujeto que recordara *ambas* respuestas de lista al estímulo *A*, e indicara la pertenencia de lista de éstas. La que ejemplificamos es una situación de recuerdo no competitiva, y las fallas se atribuyen a la inasequibilidad de las respuestas. Los resultados de Barnes y Underwood se muestran en la figura 6.11. En ella se observa que el recuerdo de las respuestas *C* se incrementa con los ensayos del aprendizaje *A-C* pero, aún más importante, el recuerdo de las respuestas *B* disminuye con los ensayos en *A-C*. Así, a medida que se extiende el entrenamiento *A-C*, las asociaciones de la primera lista se vuelven cada vez más inasequibles, quizá debido al desaprendizaje. Una variedad de experimentos de seguimiento confirmó y amplió estos resultados, de modo que el concepto de desaprendizaje gozó de una aceptación general.

Postman y Stark (1969) pusieron en duda la validez del concepto de desaprendizaje de asociación. Observaron que el paradigma *A-B*, *A-C* producía relativamente poca transferencia negativa cuando sometieron a prueba al par *A-B* mediante el *reconocimiento* de elección múltiple (es decir, reconocer que B_1 pero no

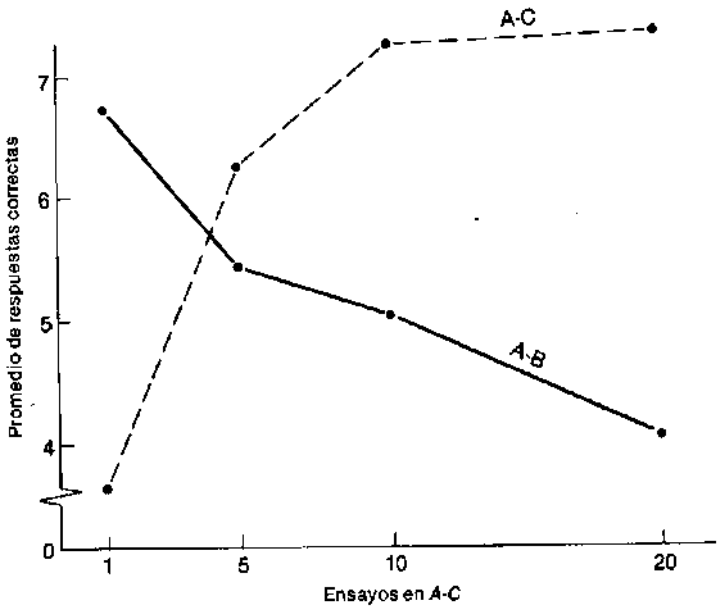


Figura 6.11. Promedio de respuestas recordadas y correctamente identificadas con el estímulo y la lista en el paradigma *A-B, A-C*. La puntuación máxima posible en cada caso es de ocho (tomada de Barnes y Underwood, 1959).

B_2 estaba pareada con A_1).[1] Además, aunque este paradigma producía el acostumbrado gran decremento de *recuerdo* para *A-B*, el olvido no era mucho mayor que el producido por un paradigma *A-B, C-D*. Por éstas y otras razones, Postman y Stark sugirieron que la interferencia retroactiva no era causada por un desaprendizaje de asociación de estímulo específico, sino que se debía fundamentalmente a una supresión del conjunto completo de respuestas de la primera lista, una supresión que se desarrolla durante el aprendizaje de la segunda lista y persiste por un tiempo hasta una prueba de retención posterior para *A-B*. Según esta hipótesis, el aprendizaje interpolado *C-D* provocaría la supresión del conjunto de respuesta *B* (como lo hace la interpolación *A-C*), y por ello estos reactivos no son asequibles como respuestas en la prueba de recuerdo de *A-B*. Pero si las respuestas *B* se hicieran asequibles como en la prueba de reconocimiento de par, entonces la persona mostraría que no había desaprendido la asociación *A-B*.

A raíz del reto de Postman y Stark no tardó en aparecer evidencia para el desaprendizaje de estímulo específico. Un raudal de experimentos informaron muy

[1]El reconocimiento de par muestra *IR* fuerte en el paradigma *A-B, A-C* si la respuesta de interferencia *C* se incluye entre las tentaciones distractoras en la prueba de opción múltiple para *A-B* (R. C. Anderson y Watts, 1971). Sin embargo, esta *IR* podría explicarse por la competencia de respuesta y la pérdida de diferenciación de lista en lugar de deberse al desaprendizaje específico de *A-B*. A pesar de todo, al parecer la ejecución de reconocimiento en el experimento de Postman y Stark era demasiado elevada en todas las condiciones para revelar algún efecto debido al desaprendizaje asociativo.

pronto de demostraciones de este efecto (Birnbaum, 1972; Delprato, 1972; Weaver *et al.*, 1972). Un experimento típico fue el que realizó Delprato (1972). Este investigador empleó un diseño "intra lista" en el cual, a través de dos listas, los diferentes reactivos dentro de la lista aprendida por un sujeto ejemplificaban una relación *A-B*, *C-D*, y otros reactivos representaban una relación *A-B*, *A-C*. El punto importante en tal diseño es que un factor como "supresión de las respuestas de la primera lista" debería operar igualmente en todos los parès de la primera lista, independientemente de que el reactivo correspondiente de la segunda lista sea *C-D* o *A-C*. Por lo tanto, cualquier diferencia entre los reactivos en el recuerdo de *A-B* acaso podría atribuirse al aprendizaje de estímulo específico (es decir, el aprendizaje de *A-C* específicamente debilita a *A-B* en algún sentido absoluto). El experimento de Delprato demostró exactamente este resultado, con mayor olvido en aquellos pares específicos seguidos de *A-C*, que en los seguidos de *C-D*.

Además, era posible probar el desaprendizaje de estímulo específico incluso con la comprobación de reconocimiento de par (Merryman, 1971). En apariencia, la ejecución de reconocimiento en todas las condiciones del experimento de Postman y Stark era demasiado alta para proporcionar una prueba sensible del desaprendizaje específico. Por lo tanto, todavía podemos retener la idea del desaprendizaje de estímulo específico. Sin embargo, parece haber algo en la noción de una pérdida general de disponibilidad de las respuestas de la primera lista, debida al aprendizaje de la segunda. Cabría pensar en esta pérdida como el desaprendizaje de asociaciones entre los estímulos contextuales generales y tales respuestas (McGovern, 1964; Keppel, 1968). Se ha propuesto que esta pérdida de disponibilidad para los indicios contextuales puede estudiarse en la situación multilista de recuerdo libre, donde no hay indicios explícitos para el recuerdo de cada reactivo en la lista.

Interferencia proactiva y recuperación espontánea

La interferencia proactiva es el decremento en el recuerdo de la segunda lista (*A-C*), causado por el aprendizaje previo del material de la primera (*A-B* o *D-B*). Los efectos proactivos son mínimos inmediatamente después del aprendizaje *A-C*, pero se incrementan durante un intervalo de retención. Es como si la persona se confundiera en la prueba de retención con las dos listas que ya ha estudiado, de modo que una probable explicación de la interferencia proactiva es que ésta implica progresivamente más confusión entre las dos listas aprendidas con anterioridad; llamemos a esto "idea de diferenciación de lista". Es razonable que la habilidad de discriminar entre los reactivos de la segunda lista que aparecieron t horas antes, y los reactivos de la primera lista que ocurrieron $(t + \Delta)$ horas antes, disminuya a medida que t se hace más grande, lo que constituye una especie de ley de Weber-Fechner para la discriminación del tiempo.

Pero se ha ofrecido una segunda explicación de este incremento en la interferencia proactiva con un aumento en el intervalo de retención a continuación del aprendizaje de *A-C*. Esta hipótesis presupone que las asociaciones originales *A-B* se extinguen, desaprenden o inhiben durante el aprendizaje de *A-C* y, que tales asociaciones recuperan espontáneamente parte de su fuerza anterior durante el intervalo de retención. Existe una analogía con la observación de Pavlov (véase el capítulo 3) de que las respuestas condicionadas se recuperan durante un periodo

de descanso, después de una serie de ensayos de extinción. Claramente, si las asociaciones *A-B* se recobran de modo espontáneo, competirán con el recuerdo *A-C* y proporcionarán una interferencia proactiva creciente a medida que la recuperación se incrementa con el paso del tiempo.

Diversas líneas de evidencia apoyan esta idea de la recuperación *A-B* después del aprendizaje *A-C*. Una de ellas es un experimento previo de Briggs (1954), que estudió el predominio relativo de los hábitos *A-B* y *A-C* durante varios intervalos de retención usando la prueba modificada de recuerdo libre (*PMRL*). En este experimento los sujetos aprendían una primera lista de 12 pares de adjetivos (*A-B*) con el criterio de una recitación perfecta, descansaban 24 horas, y aprendían entonces una segunda lista (*A-C*) con el mismo criterio, después recibían una *PMRL* final, transcurridos 4 minutos o 6, 24, 48 o 72 horas. En varias etapas durante el curso del aprendizaje original y del interpolado los sujetos se sometían a una *PMRL*, en la cual se les pedía que proporcionaran cualquier respuesta que les viniera a la mente conforme se les mostraba cada término de estímulo. Los resultados aparecen en la figura 6.12. En el panel de la izquierda de muestra la frecuencia relativa de las respuestas de la primera lista (*A-B*), en contraste con las asociadas preexperimentales (*A-E*) de fuera de la lista, cuando se daban pruebas después de varios niveles de ejecución de la primera lista. Los criterios se especifican en términos del porcentaje de pares correctos en el ensayo de entrenamiento justo antes de la *PMRL* (0, 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 de la lista). Como era de esperar, los asociados extralista declinan, mientras que las respuestas de la lista 1 se incrementan. Tras un intervalo de descanso de 24 horas, la *PMRL* revela cierta elevación

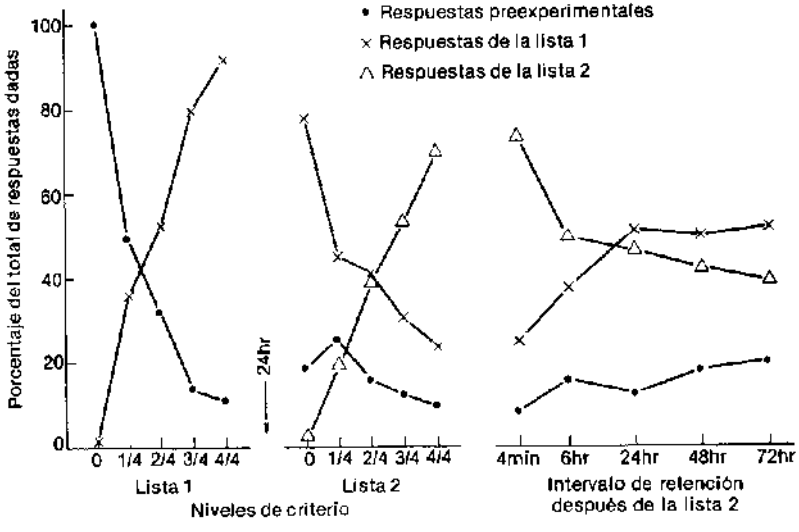


Figura 6.12. Los conjuntos de curvas de la izquierda y del centro son las funciones de adquisición y de extinción cuando las listas 1 y 2 se aprenden sucesivamente en un paradigma retroactivo-interferencia. El recuerdo como una función del tiempo desde el final del aprendizaje de la lista 2 se muestra en el conjunto de curvas de la derecha (adaptada de Briggs, 1954).

en los asociados extralista y una pérdida de los asociados de la primera lista (obsérvese el punto 0 en la lista 2, panel medio). Entonces, durante el aprendizaje de la lista 2 con varios criterios, las respuestas de la lista 1 y los asociados extralista declinan, mientras que las respuestas de la lista 2 se incrementan.

Los datos de interés para la hipótesis de la recuperación espontánea se encuentran en el tercer panel (de grupos de sujetos separados), que presenta los porcentajes relativos de las respuestas *B*, *C* o *E* en diferentes intervalos de retención. Esta gráfica muestra con claridad una gradual recuperación en el transcurso del tiempo de los asociados *A-B* y *A-E*, con la correspondiente pérdida de las asociaciones *A-C* aprendidas más recientemente. Estas curvas son exactamente lo que cabría esperar si los asociados *A-B* y *A-E* se recuperaran en fuerza después de su desaprendizaje durante el entrenamiento *A-C*.

Desde luego, el problema con esta interpretación es que la *PMRL* constituye una medición de las fuerzas *relativas* de respuesta de *B*, *C* y *E*. Los resultados de Briggs pudieron producirse sólo por una mayor pérdida absoluta en *A-C* en vez de una recuperación absoluta en *A-B*, o *A-E*. La manera obvia de proceder es intentar demostrar la recuperación absoluta de *A-B* en una situación de recuerdo no competitiva, específicamente en las pruebas de "modificación modificada de recuerdo libre" (*PMMRL*) del tipo que usaron Barnes y Underwood. Es decir, el sujeto ha de intentar recordar tanto la respuesta *B* como la *C* cuando tienen como indicio al estímulo *A*.

Pero la evidencia de la recuperación espontánea en los estudios de cambios temporales que usan *PMMRL* es equívoca, en particular para los intervalos de retención más largos, que se extienden desde varias horas hasta varios días. Sin embargo, subsiste la posibilidad de que una pequeña recuperación absoluta de *A-B* quede enmascarada por la recuperación progresivamente mayor de los asociados preexperimentales (*A-E*), que el sujeto suprime en la prueba típica *PMMRL*. De ser así, la recuperación de *A-B* debería producirse con mayor probabilidad en las *PMMRL* aplicadas a intervalos razonablemente cortos después del aprendizaje de *A-C*. En estas condiciones, se ha logrado obtener la evidencia positiva para la recuperación absoluta de *A-B* (Postman *et al.*, 1968; Postman *et al.*, 1969).

En la figura 6.13 se muestran algunos datos de recuperación de un experimento de Postman, Stark y Henschel (1969, experimento III). Los sujetos aprendieron tres listas sucesivas, que tenían una relación *A-B*, *A-C*, *A-D*, o una relación *A-B*, *C-D*, *E-F* para diferentes sujetos, y entonces recibían una *PMMRL* 2 o 18 minutos después del ensayo de aprendizaje final. Dos grupos control aprendían la lista *A-B*, y luego se les sometía a prueba en su recuerdo después de un intervalo temporal igual a aquel ocupado por el aprendizaje interpolado, más 2 o 18 minutos. En la figura 6.13 se muestra una recuperación absoluta significativa durante el intervalo de retención para las respuestas de la primera y de la segunda listas; la respuesta de la tercera lista no se desaprendía y mostraba un nivel elevado de recuerdo en ambos intervalos de retención. Significativamente, las cantidades de recuperación son comparables para el grupo *A-B*, *A-C* y el grupo *A-B*, *C-D*. Este hecho sugiere que tal recuperación de las respuestas de la lista inicial puede deberse a la disipación en el transcurso del tiempo de la "supresión del conjunto de respuesta", en lugar de la recuperación espontánea del desaprendizaje asociativo de estímulo específico. Es decir, durante el aprendizaje interpolado la persona puede hacer disponibles las respuestas que se usan en esa lista, mientras suprime selectiva-

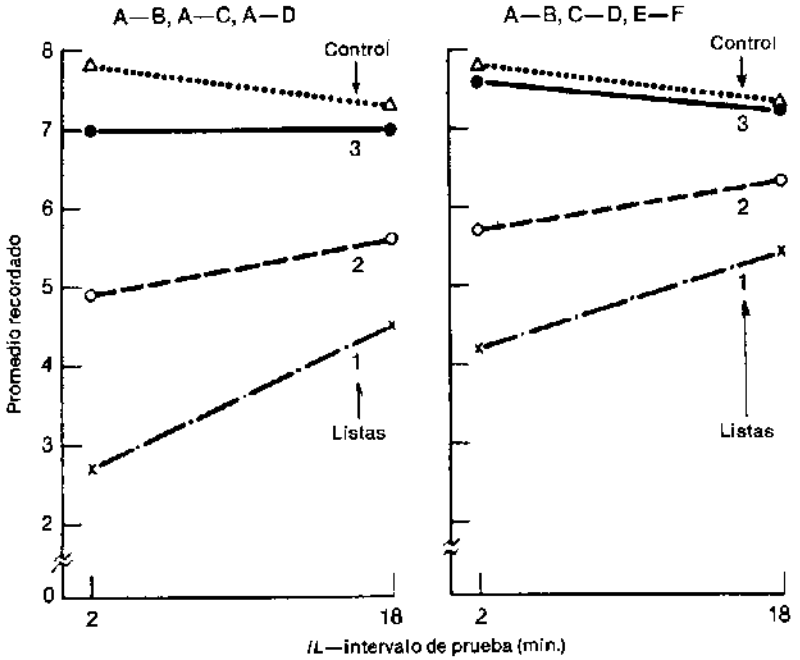


Figura 6.13. Promedio de pares asociados recordados de las listas primera, segunda y tercera después de 2 o 18 minutos de demora, para los sujetos que recibían el paradigma *A-B, A-C, A-D* (cuadro izquierdo), o el paradigma *A-B, C-D, E-F* (cuadro derecho). También se muestran los recuerdos de los grupos de control que volvieron a someterse a prueba durante un tiempo equivalente a continuación del aprendizaje de la lista 1 (tomada de Postman, Stark y Henschel, 1969).

mente el conjunto de respuestas utilizadas en listas anteriores. Pero esta supresión se disipa con el tiempo, y permite que las respuestas antiguas se vuelvan cada vez más disponibles para su recuerdo en las *PMMRL*. Este tema de la fuente de recuperación, ya sea de la disponibilidad de la respuesta o de las asociaciones de estímulo y respuesta, es en la actualidad objeto de investigación.

La magnitud de los efectos de la interferencia proactiva

Un cambio importante que ha tenido lugar en la teoría de la interferencia consiste en el poderoso papel asignado a las fuentes proactivas de interferencia en el olvido. En un artículo central, Underwood (1957) empleó la noción proactiva para aclarar lo que había sido una fuente primordial de problemas en la teoría de la interferencia. La mayor parte de los estudios iniciales acerca de la retención han demostrado un olvido bastante masivo (alrededor del 80 al 90%) en intervalos de 24 horas. Se afirmaba que obedecía a la interferencia del aprendizaje casual interpolado, pero la explicación parecía poco convincente puesto que era difícil imaginar un considerable aprendizaje cotidiano que interfiriese con los materiales sin sen-

tido aprendidos en el laboratorio. Al comparar varios informes, Underwood determinó que aquellos estudios que informaban de olvido masivo habían utilizado a los mismos sujetos en diversas condiciones de aprendizaje de lista. Cuanto más listas hubiera aprendido un sujeto, mostraba mayor tendencia a olvidar la última si el recuerdo se medía al día siguiente. Así, los efectos proactivos supuestamente se acumulaban sobre las listas aprendidas con anterioridad. Si un sujeto aprendía sólo una lista de material verbal, entonces su recuerdo era muy alto, entre 75 y 80% después de 24 horas.

Un experimento de Keppel, Postman y Zavortink (1968) proporciona una ilustración muy apropiada de los efectos proactivos masivos. Los investigadores hicieron que cinco estudiantes universitarios aprendieran y recordaran 36 listas sucesivas (relaciones *A-B, C-D*) de diez pares asociados en intervalos de 48 horas. Cada sesión comenzaba con una prueba de recuerdo de la lista anterior aprendida, seguida por el aprendizaje de una nueva lista con el criterio de una recitación perfecta. Los porcentajes de recuerdo se muestran en la figura 6.14, trazados en bloques sucesivos de tres listas, la que comprueba un acentuado decremento en el recuerdo desde alrededor del 70% en la primera lista hasta aproximadamente el 5% en las dos últimas. Estas proporciones ponen de manifiesto los poderosos efectos que la la interferencia proactiva puede producir. No ilumina, por supuesto, al mecanismo que sustenta a la interferencia proactiva en el diseño *A-B, C-D, E-F*. Presumiblemente es la pérdida de disponibilidad de las respuestas de la lista final; de ser

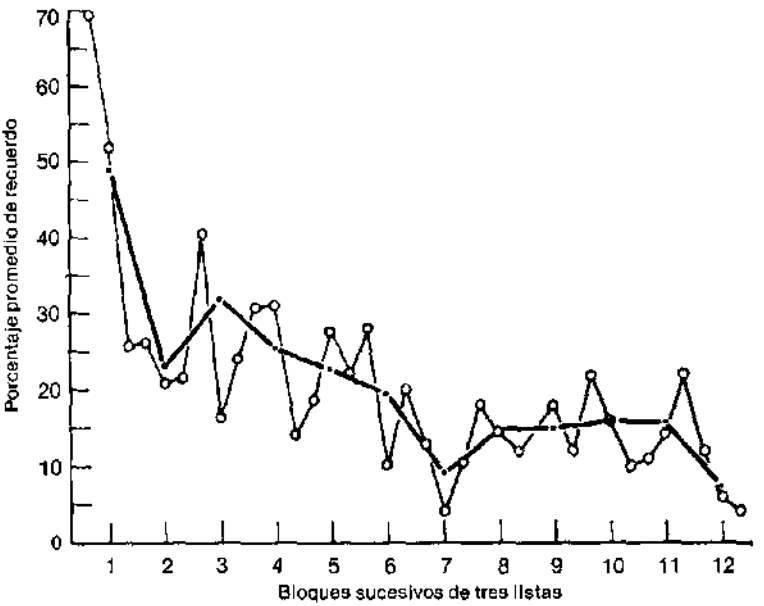


Figura 6.14. Porcentaje promedio de recuerdo de la lista inmediatamente previa a un intervalo de 48 horas como una función del número de listas previas, en bloques de tres listas. Las líneas oscuras gruesas promedian bloques más grandes de nueve listas (tomada de Keppel, Postman y Zavortink, 1968).

así, no deberían existir efectos proactivos acumulativos demostrables en las pruebas de reconocimiento de par, o si las palabras de respuestas de listas sucesivas provienen de categorías distintivamente diferentes y semánticas (aunque recordables).

Como hemos dicho, después de 24 horas el recuerdo de una lista bien aprendida es de alrededor del 75%, cuando no se han aprendido listas de interferencia. Underwood y Postman (1960) trataron de explicar el 25% restante del olvido observado al recurrir a fuentes de interferencia extraexperimentales. Señalaron que en el aprendizaje de asociaciones verbales arbitrarias o material sin sentido en el laboratorio, es probable que el sujeto tenga que desaprender los hábitos verbales previos que comparte con otros miembros de su comunidad lingüística. Estos hábitos verbales anteriores pueden ser de dos tipos: asociaciones de secuencias de letras o asociaciones de secuencias de unidad (palabra). Para dar un ejemplo claro, es seguro que un sujeto entra en la situación experimental con asociaciones previas de palabras como *mesa-silla* y *luz-oscuridad*. Supóngase que la tarea de aprendizaje requiere que el sujeto forme las nuevas asociaciones *mesa-oscuridad* y *luz-silla*. Durante un intervalo de descanso, la recuperación espontánea de los asociados anteriores desaprendidos produce un decremento en la probabilidad de que el sujeto recuerde las asociaciones aprendidas en el laboratorio. Los experimentos de Underwod y Postman, así como algunos otros estudios de seguimiento relacionados, muestran algunos méritos de este análisis. Los nuevos materiales que chocan con los hábitos verbales previos se olvidan con más facilidad, y por lo común se distorsionan para concordar con los hábitos previos. Sin embargo, la evidencia de esta hipótesis es un tanto conflictiva, y al parecer existe una variedad de factores que complican y oscurecen la relación que se ha conjeturado.

Una contundente demostración de la interferencia proactiva debida a los hábitos lingüísticos previos se encuentra en un estudio de Coleman (1962), quien tomó de un libro un párrafo en prosa de 24 palabras y las mezcló al azar. Al sujeto se le proporcionaba este orden aleatorio para que lo estudiara brevemente, e intentara entonces reconstruir rigurosamente el orden serial de las palabras que había estudiado. Este orden reconstruido se le presentaba a un segundo sujeto para que lo estudiara y recordara, y con su nuevo orden reconstruido se le daba entonces a un tercer sujeto, y así sucesivamente. El pasaje se filtraba en sucesión a través de 16 sujetos. A medida que pasaba de un sujeto a otro, su recuerdo (orden reconstruido) se distorsionaba más y más en relación con el original y en dirección de oraciones razonables. Uno de los párrafos originales de Coleman y la reconstrucción decimosexta del mismo aparecen en el cuadro 6.2. La cantidad de cambios es sorprendente, especialmente si se considera que cada sujeto intentaba reproducir al pie de la letra el orden exacto de palabras que había estudiado. El cambio ilustra vívidamente el poderoso efecto de los hábitos verbales previos en la distorsión del recuerdo de las asociaciones conflictivas.

Interferencia con el texto significativo

Los estudios de laboratorio acerca de la interferencia que hemos examinado emplean materiales "sin significado", ya sean sílabas sin sentido o palabras escogidas al azar y carentes de relación. Sin embargo, algunas investigaciones recientes proporcionan evidencia de que existen procesos similares de interferencia que

CUADRO 6.2. Cambios en el recuerdo de un párrafo a medida que pasa por una cadena de aprendices (tomada de Coleman, 1962).

Párrafo original estudiado por el primer sujeto:	"por era bien parecido modo y tratarlas hacía que de un él las tranquilo joven simpático maneras un las locas muchachas a volverse de . . ."
Reproducción del decimosexto sujeto en la cadena:	"era un joven simpático tranquilo de maneras bien parecido y un modo de tratarlas que hacía a las muchachas que se volvieran locas por él . . ."

operan en el aprendizaje y en el olvido de textos significativos, tanto al nivel de oraciones aisladas como al de conjuntos interrelacionados (párrafos de textos). Aunque unos cuantos experimentos no analíticos iniciales plantearon ciertas dudas acerca de los procesos de interferencia, algunas demostraciones positivas recientes muestran una interferencia retroactiva o facilitación retroactiva que dependen, de manera rigurosa, del arreglo exacto de los materiales y de la medición de retención utilizada para evaluar las pérdidas (J. R. Anderson y Bower, 1973; R. C. Anderson y Myrow, 1971; R. C. Anderson y Carter, 1972; Crouse, 1971; Myrow y Anderson, 1972).

Podemos ilustrar los temas con el recuerdo de oraciones declarativas activas simples de la forma sujeto-verbo-objeto (por ejemplo, "El mecánico reparó el refrigerador"). Esta proposición puede considerarse en una de dos formas: la oración establece en la memoria una cadena serial de asociaciones entre las palabras sucesivas, o instaura conexiones funcionales clasificadas entre los grupos de conceptos semánticos que estas palabras específicas excitan. Diversas consideraciones sugieren que la segunda opción es más correcta y fructífera. Ahora podemos tratar los conceptos semánticos que corresponden al sujeto, al verbo transitivo y al objeto (llamémoslos *S, V, O*) como si fueran términos en una tarea de aprendizaje de asociación "triple", a excepción de que hay una enorme cantidad de restricciones sintácticas y de selección semántica que impiden ciertas combinaciones de palabras (por ejemplo, "Noche el irrumpe corriendo la" literalmente no tiene sentido).

El tratar a los conceptos como términos de una tríada asociativa, nos lleva a esperar interferencia en este nivel, si un concepto dado co-ocurre con diferentes conceptos en nuevas predicaciones. Así, a continuación del aprendizaje de S_1-V_1O_1, la interpolación de S_1-V_2O_2 o de S_2-V_1O_1 conducirá a una pérdida asociativa entre S_1 y V_1O_1, cuando el entrelazamiento se efectúa en cualquier dirección. Esta pérdida se evalúa en relación con una interpolación de control simbolizada como S_2-V_2O_2. En un experimento dirigido por G. H. Bower (1978) se demostró una clara transferencia negativa y una interferencia retroactiva en los sujetos que aprendían oraciones interpoladas que guardaban una relación *A-D, C-D* o *A-Br* con las oraciones originales aprendidas (veáse la tabla 6.1, para las condiciones de transferencia). Los resultados estaban ordenados exactamente como lo predecían los resultados de transferencia de pares asociados.

Además, la interferencia evidentemente se produce a nivel del aprendizaje conceptual, lo que se demuestra al usar paráfrasis sinónimas; por ejemplo, de la cons-

trucción verbal V_1O_1. Supóngase que S_1-V_1O_1 es la oración "El alguacil levantó al adormilado paciente"; si dejamos que $P(V_1O_1)$ designe la paráfrasis sinónima del enunciado, entonces una oración S_2-$P(V_1O_1)$ podría ser: "La enfermera despertó a la persona enferma que dormía". Se ha descubierto que la interpolación de tales construcciones parafraseadas produce casi tanta interferencia retroactiva como el uso del V_1O_1 al pie de la letra, pareado con un nuevo sujeto-sustantivo, S_2 (R.C. Anderson y Carter, 1972). Aparentemente, el indicio V_1O_1 hace contacto con una huella similar en la memoria de la forma en que lo hace su paráfrasis $P(V_1O_1)$, y el S_1 asociado con $P(V_1O_1)$ compite con el recuerdo del S_1 asociado antes con el mismo predicado mediante el uso de las palabras V_1O_1.

Por supuesto, este efecto de paráfrasis podría utilizarse ventajosamente si se desea facilitar las asociaciones conceptuales (significado). Así, un experimento de dos listas en el cual S_1-V_1O_1 en la lista 1 va seguido de S_1-$P(V_1O_1)$, en la lista 2 dará lugar a un recuerdo acrecentado sustancial correcto (significado) del indicio S_1 de la lista 1, pero probablemente con alguna pérdida en el recuerdo exacto de V_1O_1. Por la misma razón, una oración parafraseada $P(S_1)$-$P(V_1O_1)$ (por ejemplo, "El policía despertó a la persona enferma que dormía") se aprende con rapidez mediante una alta transferencia positiva a continuación del aprendizaje S_1-V_1O_1. Es importante mantener la claridad acerca de esta distinción entre el recuerdo al pie de la letra y el sustancial, ya que es posible facilitar asociaciones entre los conceptos generales, al mismo tiempo que uno interfiere con el recuerdo al pie de la letra.

Un ejemplo particularmente notable de la separación de estos dos niveles se encuentra en un experimento de S. A. Bobrow (1970), quien demostró que si los sustantivos sujeto u objeto de una oración se repitieran como un par en la segunda oración, la asociación entre ellos podría o no acrecentarse dependiendo de si los significados de los sustantivos se mantienen en ambos contextos. Por ejemplo, los sujetos aprenden a asociar partes de sustantivos como *lanzador* y *mermelada*, y lo hacen usando oraciones vinculadoras como mediadores. Supóngase que una oración en la lista de estudio inicial fuera: "El *lanzador* de leche se salpicó de *mermelada* dulce". Una oración en la segunda lista que preservara un similar significado conceptual para los sustantivos, sería: "El *lanzador* de limonada estaba pegajoso con *mermelada* de frambuesa", mientras una que altera por completo el significado conceptual podría ser: "El lanzador de beisbol quedó atrapado en un embotellamiento de tráfico". La prueba de retención, que se suministra al final de la segunda lista de estudio, implica la presentación del sustantivo-sujeto (*lanzador*) para recordar el sustantivo-objeto (*mermelada*). Como sugiere nuestra intuición, la asociación entre sujeto y objeto se incrementa de forma considerable mediante la interpolación de una predicación idéntica o conceptualmente similar. Pero cuando los significados de las palabras se cambian no se produce un aprendizaje acumulativo: la ejecución es semejante a la que habría ocurrido si el par *lanzador-mermelada* se hubiese presentado sólo una vez.

Aunque nuestros ejemplos son aplicables al recuerdo de oraciones individuales y aisladas, también se han demostrado efectos de interferencia para párrafos, cuentos, "pasajes de textos científicos", y fragmentos similares. En tales experimentos, debemos atender cuidadosamente a los asertos atómicos que relacionan conceptos en el texto inicial, y a la manera en que las predicaciones específicas acerca de estos conceptos se alteran en el aprendizaje interpolado. Por ejemplo, Crouse (1971) y G. H. Bower (1974) han empleado breves biografías de personas

imaginarias como pasajes experimentales. Éstas comprenden en esencia una lista de hechos en la vida de esa persona. Un pasaje interpolado que produce poca interferencia con la biografía puede referirse, por ejemplo, a una exposición de arte, mientras que un fragmento que crea una interferencia máxima es una segunda biografía que cambia sistemáticamente algunos de los hechos que aparecen en la primera (como nombres, fechas, lugares, actividades, etc.). Bower descubrió que los sucesos específicos que permanecen igual en ambas biografías se facilitan en el recuerdo de la primera, mientras que aquellos que se varían (por ejemplo, la ocupación del padre) se olvidan, aun cuando el sujeto sea propenso a recordar mencionando algún detalle relacionado con el tipo general de los hechos. Es decir, el sujeto podría recordar algo acerca de la ocupación del padre, pero se equivocaría en los aspectos específicos. Esto sugiere, como hemos dicho, que mediante la interpolación apropiada podemos facilitar de modo selectivo el recuerdo de la "macroestructura" conceptual de un pasaje, mientras al mismo tiempo interfiere con la memoria de la "microestructura" específica del material. Otro experimento realizado por Thorndyke y Hayes-Roth (1979) muestra con suma claridad estos dos efectos: el aprendizaje de la macroestructura junto a la interferencia con los microdetalles del pasaje.

COMENTARIOS FINALES

Esta breve exposición acerca de la teoría de la interferencia basta para indicar sus características esenciales. Los principales cambios que ha sufrido pueden resumirse en la aceptación de las nociones del desaprendizaje y de la supresión del conjunto de respuesta, un nuevo énfasis en la interferencia proactiva, y la identificación de una potente fuente de efectos proactivos en aquellos hábitos lingüísticos previos que entran en conflicto con las asociaciones verbales temporales establecidas en un experimento de laboratorio. La investigación se dirige cada vez más a la comprensión de la interferencia y del olvido de oraciones significativas y conjuntos más amplios de textos. También se han producido modificaciones en las técnicas experimentales utilizadas. Por ejemplo, el procedimiento modificado de recuerdo de Barnes y Underwood que ya mencionamos se usa mucho en la actualidad debido a la información adicional que brinda acerca de lo que la persona recuerda. El reconocimiento de par se utiliza para evaluar el aprendizaje asociativo, mientras que el recuerdo libre se concibe a menudo como un índice de la pura "disponibilidad de respuesta". Éste es un campo activo de investigación y ninguna reseña puede hacerle justicia a la extensión de variables que se han estudiado en relación con el olvido. Para exposiciones más completas, véanse McGeoch e Irion (1952), J. F. Hall (1971), Postman (1971) y Spear (1978).

Los actuales estudios acerca del aprendizaje y el olvido humanos continúa en una fase sumamente analítica y ponen el acento en el análisis cada vez más minucioso de los detalles. Como sucede en otras especialidades durante las fases analíticas, se ha hecho a un lado la síntesis de los conocimientos dentro de una concepción más amplia de los fenómenos. Como resultado, las posibles aplicaciones de nuestros conocimientos científicos la resolución de problemas prácticos sólo se han explorado superficialmente y de una manera vacilante. Para mencionar sólo un gran problema aplicado: los educadores o quienes se dedican a la capacitación de personal sin duda desean conocer la mejor forma de enseñar un tema a

sus estudiantes y que éstos lo retengan durante largo tiempo. El trabajo de laboratorio relativo a la retención con las condiciones en las cuales se imparte el entrenamiento tiene una evidente trascendencia, pero muchas veces está tan alejado del tipo de tarea, el fondo y otras variables que integran a la situación aplicada, que se requiere de alguna ingeniosa extrapolación antes de que los principios puedan aplicarse. Los escritos de Gagné (1970) y Staats (1968), así como las compilaciones de artículos editados por Hilgard (1964*a*) y por DeCecco (1967) constituyen algunos de los intentos de extrapolación más razonables. El área de la psicología de la instrucción trata de mejorar las prácticas de enseñanza en las escuelas con la ayuda de los principios del aprendizaje, el análisis de tarea y el entrenamiento de habilidades.

Características de la tradición del aprendizaje verbal

Una vez revisadas las investigaciones acerca de temas selectos en la tradición del aprendizaje verbal, ¿qué podemos concluir en torno de las características y las actitudes orientadoras en el área?

Primero, la tradición funcionalista estaba comprometida con un ambientalismo firme, y suponía que las diferencias individuales surgieron en gran parte de las divergencias en las habilidades y hábitos adquiridos. Tenían una fuerte creencia en la causación histórica de la conducta actual de manera que la causa de las respuestas actuales de la persona han de buscarse en su entrenamiento pasado y en la forma en que éste se transfiere a la situación presente.

Segundo, la "mente" se considera como un nombre colectivo que abarca un conjunto de *disposiciones* para comportarse de formas peculiares en circunstancias particulares. El describir la mente de una persona como brillante o tonta, retentiva u olvidadiza, rápida o lenta, no significa referirse a alguna entidad interna que hace que los individuos actúen de cierta manera; más bien consiste en aludir a sus capacidades y tendencias para actuar así en la generalidad de los casos. Esta posición es prácticamente la misma que caracteriza a la del programa conductista.

Tercero, el teórico del aprendizaje verbal prefiere conceptos científicos que son mensurables intersubjetivamente. Así, el "carácter significativo" de una palabra se identifica con el número promedio de asociados que recuerda en treinta segundos, aunque esto pasa por alto la definiciones tradicionales del significado en términos de referencia, uso o propiedades definitorias. Los teóricos del aprendizaje verbal tienen un prejuicio contra los constructos mentalistas como las imágenes y el pensamiento no verbal. Hasta donde es posible, presuponen que los eventos perceptuales se categorizan, codifican y almacenan de acuerdo con las denominaciones verbales provocadas por ellos. También se oponen a los constructos vagos y heurísticos como organización, estructura, discernimiento y propiedades gestaltistas de los conjuntos de estímulo. Cuando es factible, traducen lo minucioso y lo místico en una terminología más simple de repertorios de hábitos o patrones de estímulo. Se cree que las discontinuidades en el aprendizaje ocultan las continuidades subyacentes en la adquisición del hábito.

Cuarto, como hemos señalado, la tradición del aprendizaje verbal ha estado comprometida de una manera firme y total con el asociacionismo, en un romance prolongado en su madurez con la teoría del *E-R* de Hull, que luego abandonó en detalle mas no en espíritu. Los teóricos del aprendizaje verbal intentaron explicar

prácticamente todos los fenómenos descubiertos en el laboratorio en términos de sistemas asociativos particulares establecidos entre los estímulos y las respuestas, y la operación de reglas simples de recuperación, como la similitud de indicio y la competencia de la respuesta. Los principios generales del asociacionismo se criticaron en el capítulo 1 y serán retomados en el capítulo 13.

Quinto, la tradición del aprendizaje verbal ha sido fomentada por un pequeño grupo de psicólogos, sus discípulos y los estudiantes de sus discípulos. Los primeros funcionalistas de relieve (después de Ebbinghaus) fueron Carr, Dewey y Woodworth; éstos incidieron sobre el pensamiento de McGeoch y a Irion, los cuales a su vez influyeron a Nelton, Bilodeau, Underwood, Cofer, Osgood y Postman, que a su vez dejaron su impronta en los lineamientos de Keppel, Schulz, Spear y Martin, entre otros. El fervor con que se iniciaron investigaciones sobre temas particulares ha pasado de una generación a la siguiente, y muchos discípulos de estos científicos han seguido brillantes trayectorias por derecho propio. La dedicación y la energía de este grupo de investigadores les ha hecho merecedores de la gratitud de innumerables colegas.

Modificaciones en el asociacionismo

Es justo destacar que en manos de los modernos teóricos del aprendizaje verbal el asociacionismo es diferente del que sustenta la antigua corriente británica, aunque haya evolucionado de esa tradición filosófica como respuesta a las críticas y a los resultados empíricos. En el capítulo 1, bajo el rubro de racionalismo se citaron varias objeciones, de manera que aquí revisaremos algunas de ellas. En primer lugar, que la teoría asociacionista clásica se explayaba muy poco en lo que toca a la organización perceptual de los elementos sensoriales, ahora es evidente que la organización y la "pertenencia" del material sensorial afecta considerablemente a lo que el sujeto aprende. Así, cuando se le instruye para que escuche una secuencia de pares de palabras, *A-B, C-D, E-F,* el sujeto segmenta la corriente en pares, y un elemento se asocia con el otro de su par, pero de ninguna manera con los que corresponden a pares precedentes o siguientes, a pesar de su contigüidad temporal objetiva. Los asociacionistas modernos aceptan tales resultados, pero además intentan demostrar que la segmentación o la operación misma de agrupamiento se considera teóricamente como una estrategia de atención o una respuesta aprendible de nivel superior, que mostrará transferencia negativa, y así sucesivamente.

Un segundo punto en contra del asociacionismo clásico es que no reconocía los numerosos *tipos* distintos de asociaciones que codifican diferentes tipos de relaciones entre dos ideas. El denominar a las asociaciones de acuerdo con su tipo permitiría búsquedas eficientes, con dirección y relación a la memoria, y haría posible la recuperación directa de respuestas para preguntas como ésta: "¿Qué concepto tiene una relación *R* con el concepto *X*?" (por ejemplo, "¿Cuál es la categoría supraordinada para *canario*?"). La recuperación de respuestas para tales preguntas en ocasiones es tan rápida que resulta difícil creer que los individuos examinen de algún modo largas listas de asociaciones en la memoria para tratar de encontrar un elemento en una lista de nombres supraordinados, que también se encuentre en la lista de asociados para su concepto de *canario*. La recuperación directa, guiada por la relación, parece más consonante con la recuperación rápida.

En relación con lo anterior surge otra crítica contra el asociacionismo clásico, que sostiene que la teoría clásica no logra explicar adecuadamente por qué la asociación recuperada depende tanto del contexto en el cual ocurre un estímulo. Así, una luz roja significa "alto" como señal de tráfico, pero significa "salir por aquí" en tanto señal de salida en caso de incendio. Este problema puede tratarse al presuponer que los indicios de recuperación siempre actúan dentro de un patrón complejo, que diferentes metas o ambientes conducen a distintos componentes de estímulo en la memoria de corto plazo (meta *A* o *B* o ...), y que un estímulo específico (*X*) excita diversas asociaciones en el patrón $A + X$ que en el patrón $B + X$.

Otro punto no previsto en el asociacionismo clásico es que muchas de las asociaciones observadas (como RML-SOL) de hecho no son directas sino mediadas a través de una cadena de asociaciones más elementales. Así, la contigüidad temporal de RML y SOL en la experiencia del aprendiz no da lugar a que establezca una asociación independiente; antes bien, inicia una búsqueda en la memoria de asociaciones familiares que le resuelvan el problema planteado: unificar arbitrariamente pares de unidades. Por supuesto, la noción de las cadenas de asociaciones mediadoras cae dentro del espíritu del asociacionismo moderno.

Un tercer problema con el asociacionismo clásico es que presupone que sólo las ideas simples entran en las asociaciones, y que éstas vinculan únicamente a las ideas simples, no a los bloques de ideas. Hull mantenía una restricción similar, según la cual en teoría sólo se permiten los vínculos "horizontales" (para una discusión acerca del tema, véase Wickelgren, 1979*b*). Esta estructura asociativa y otras dos alternativas pueden observarse en la figura 6.15 para cuatro ideas interasociadas *A, B, C, D*. El cuadro *a* muestra la hipótesis clásica, según la cual sólo se permiten conexiones directas de elemento a elemento. (En este diagrama los vínculos deben interpretarse como asociaciones de dos direcciones.) El cuadro *b* muestra una estructura adquirida al crear un bloque abstracto o nodo grupal *W*, con el cual cada uno de los elementos inferiores *A, B, C, D*, tiene vínculos de dos direcciones. Aquí, las ideas *A, B, C, D* no están relacionadas directamente, sino que se "comunican" entre sí sólo a través del bloque nodal *W*. El nodo *W* es abstracto en el sentido de que no representa nada a excepción de la co-ocurrencia de las cuatro ideas componentes como un patrón o grupo; dicho nodo también puede concebirse dentro de un sistema asociativo como una terminal interruptora para desviar la excitación que llega a *W* desde un indicio de recuperación, por ejemplo, el indicio *A*, a través de las diversas sendas hasta *B, C, D*, con lo cual activa esas ideas y las lleva a la conciencia. Esta terminología deja ver que un sistema asociativo es básicamente un conjunto de sendas de comunicación, y que los nodos se definen de acuerdo con cuáles sean los otros nodos (entradas) que los activan y los nodos (salidas) a los que transmiten activación.

Los experimentos de Roos y Bower (en prensa) y de Arnold (1976) apoyan las predicciones del modelo vertical del cuadro *b* más que el modelo horizontal del cuadro *a*. En el primer estudio, sujetos adultos estudiaron varios grupos de cuatro o cinco palabras ligeramente relacionadas, y luego se comprobaba su recuerdo de cada grupo al entrelazarlo con una o dos palabras. Las frecuencias de los diversos patrones de recuerdo al proporcionar uno y dos indicios se ajustaban cuantitativamente mucho mejor mediante el modelo vertical. Arnold (1976) llegó a una conclusión similar al examinar el recuerdo de uno y dos indicios en ternas de palabras es-

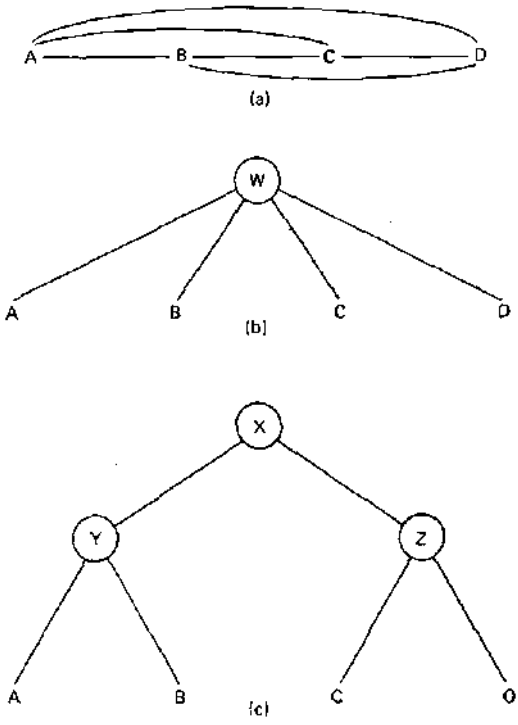


Figura 6.15. Ilustración de tres tipos de estructuras asociativas para interrelacionar cuatro reactivos o propiedades, designados como *A, B, C, D*. (*a*) Muestra sólo asociaciones horizontales. (*b*) Permite asociaciones verticales con el bloque nodal *W*. (*c*) Muestra asociaciones verticales que perfilan una jerarquía de dos grupos o bloques (*Y, Z*) que se agrupan en el bloque de nivel superior *X*.

tudiadas, así como el reconocimiento de pares y ternas. La evidencia sugiere que el modelo vertical es preferible al horizontal. Anderson y Bower (1973), Estes (1972) y Wickelgren (1979), entre otros, también lo han recomendado.

En el cuadro *c* de la figura 6.15 se advierte que los bloques nodales (*Y, Z*) se agrupan en un nodo de orden superior (*X*), lo cual le da a uno la capacidad de organizar jerárquicamente los elementos básicos en grupos. Es evidente que necesitamos una representación de conocimientos que permita cualquier segmentación y agrupamiento de elementos, y también una que nos permita representar el agrupamiento recursivo. Esto se requiere, por ejemplo, si la teoría ha de representar la memoria de la persona para series de grupos de elementos.

Tal representación se presupone en teorías como la de Lesgod y Bower (1970), la de Estes (1972), o en la explicación que Johnson proporciona (1970) de la memoria para listas seriales de bloque. Anderson y Bower (1973) también utilizaron una jerarquía de unidades de ideas segmentadas para representar oraciones complejas en la memoria. Así, por ejemplo, en una oración declarativa simple, la frase sustantiva ("el viejo") podría corresponder al nodo *Y* en la figura 6.5*c*, y la frase verbal ("acariciaba al perro") al nodo *Z;* entonces, el nodo *X* de nivel superior sería el código interno en la memoria que permite el acceso a la estructura conceptual establecida por el sujeto que escucha y comprende la declaración: "El viejo acariciaba al perro". Estos nodos de nivel superior como *X, Y, Z* pueden entrar por sí solos en otras asociaciones. Por ello la teoría asociativa ampliada pre-

vé el desarrollo de complejos conceptos arbitrarios codificados como configuraciones asociativas de elementos, grupos de elementos, y grupos de grupos. Estos formalismos de sistema fundamentan gran parte de los desarrollos en las teorías neoasociativas del conocimiento, la utilización de conceptos y el aprendizaje posicional (Anderson y Bower, 1973; Kintsch, 1974; Norman y Rumelhart, 1975). Los desarrollos citados se examinarán en el capítulo 13.

Críticas a la tradición del aprendizaje verbal

Las críticas dirigidas a la tradición del aprendizaje verbal han señalado varios errores. Primero, emplean los conceptos asociacionistas del almacenamiento de la memoria para comprender sus resultados, pero generalmente no logra especificar al "monitor ejecutivo" que utiliza esa base de memoria para responder preguntas o resolver problemas. Por ejemplo, los psicólogos del aprendizaje verbal han propuesto la idea de que los sujetos corrigen su recuerdo en un experimento de lista múltiple cuando tratan de recordar una lista específica; a medida que se recupera cada reactivo, se le verifica con la lista objetivo en cuestión y se le suprime si proviene de una *equivocada*. Pero en una teoría asociativa estricta, *¿qué* es lo que ejecuta esta función de corrección? ¿Cómo representamos el programa o la rutina que se ha instalado en la memoria de corto plazo para guiar esta estrategia de recuerdo de "generar posibilidades y luego comprobar"? ¿Cómo se adquieren estos programas? Normalmente, los psicólogos del aprendizaje verbal tradicional han pasado por alto tales interrogantes. Las teorías de simulación por computadora, como el modelo *ACT* de J. R. Anderson (1976), tratan explícitamente con estos procesos que usa la memoria asociativa.

Otro reproche común es que los estudios dentro de la tradición del aprendizaje verbal no tienen mucho que decir acerca del aprendizaje del lenguaje. Pero el aprendizaje verbal, desarrollado durante la "era del condicionamiento" de la psicología, siempre tuvo el propósito de estudiar el aprendizaje asociativo básico en arreglos simplificados, y nunca trató de llevar las tareas reales de la escuela directamente al laboratorio. Muchas tareas escolares claramente poseen grandes componentes de aprendizaje por repetición mecánica, y a ellas al parecer son aplicables los resultados de las analogías en el laboratorio, como cabría esperar (por ejemplo, la interferencia entre biografías similares).

Una tercera objeción de los críticos es que la investigación del aprendizaje verbal es "crasamente empírica", que genera un sinnúmero de datos detallados sin revelar principios o teorías sólidas y generales. A esa crítica el estudioso del aprendizaje verbal respondería que la ciencia consiste ante todo en el análisis y la descripción de cualquier fenómeno y de sus innumerables facetas, y que las "grandes teorías" son tan sólo "grandes ilusiones", a no ser que previamente nos aseguremos una base empírica firme para la teorización. En este sentido, antes de adelantar conjeturas acerca de la teoría, deberíamos tratar de explicar la mayor parte de las variables que podrían influir, de alguna manera, sobre algún fenómeno experimental.

Los científicos dedicados al aprendizaje verbal propusieron e investigaron un gran número de hipótesis teóricas, aunque éstas tienden a ser locales, ajustadas a un dominio restringido, y tienen condiciones fronterizas igualmente limitadas. Pero en términos de hipótesis claras, vivas y en buen estado, pueden sostener las

suyas junto a las de quienes trabajan en las teorías del aprendizaje animal. A medida que las teorías globales pierden su atractivo, y las hipótesis en miniatura se desarrollan cada vez más para tareas específicas del aprendizaje, la posición ecléctica del funcionalismo ofrece un aliciente cada vez mayor a los psicólogos experimentales contemporáneos.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Bilodeau, E. A., *Acquisition of skill,* 1966.
Hall, J. F., *Verbal learning and retention,* 1971.
Kausler, D. H., *Psychology of verbal learning and memory,* 1974.
Kling, J. W. y Riggs, L. A., *Experimental psychology,* 1971.
McGeoch, J. A. e Irion, A. L., *The psychology of human learning,* 1952.
Melton, A. W. (dir.), *Categories of human learning,* 1964.
Osgood, C. E., *Method and theory in experimental psychology,* 1953.
Robinson, E. S., *Association theory today,* 1932*a*.
Spear, N. E., *The processing of memories: Forgetting and retention,* 1978.
Underwood, B. J., *Experimental psychology,* 1966.
Woodworth, R. S., *Dynamics of behavior,* 1958.
Woodworth, R. S. y Schlosberg, H., *Experimental psychology,* 1954.

7

El condicionamiento operante de Skinner

En una serie de artículos iniciados en 1930, B. F. Skinner propuso una formulación de la conducta originada a partir de observaciones del comportamiento animal en un experimento que ideó: la actividad de presionar una palanca por parte de una rata colocada en una jaula especialmente diseñada, que después se llamó "caja de Skinner". El investigador creía que en esta situación podrían examinarse y revelarse muchos de los conceptos importantes del control de la conducta. El éxito de sus procedimientos y demostraciones analíticas ha cautivado a varias generaciones de "seguidores". Skinner aislaba algunos fenómenos sumamente repetibles en el condicionamiento (muchos de los que Pavlov y Thorndike ya habían identificado y estudiado), y los utilizaba como base para aquellos conceptos empleados en el análisis de formas más complejas de conducta. Es esta colección de conceptos, principios y distinciones, así como una filosofía particular de la ciencia y de la estrategia de investigación, lo que caracteriza al enfoque "skinneriano" de la psicología.

El sistema de Skinner constituía un declarado conductismo, por lo cual se le examina en esta sección del libro. Una de sus ideas básicas es que la conducta compleja (neurosis, conocimiento de sí mismo, pensamiento, resolución de problemas), cuando se analiza apropiadamente, puede interpretarse en términos de la compleja interacción de conceptos y principios elementales. Este supuesto es muy semejante al que motivó los esfuerzos de Clark Hull y de muchos otros teóricos del aprendizaje. Pero mientras Hull se interesaba en las variables intervinientes y en la teorización hipotético deductiva. Skinner rechaza los "constructos teóricos" por innecesarios. Por ejemplo, desecha una versión de estímulo-respuesta del conductismo y del asociacionismo, y más bien se dedica a los análisis informales (por ejemplo, de las prácticas culturales) o los análisis experimentales de varias conductas complejas, como la lectura.

Skinner es uno de los protagonistas más convincentes de la *metodología conductista* que la psicología haya visto jamás. Repudia las explicaciones mentalista o cog-

noscitivista de la conducta, o aquellas que atribuyen la causación de la conducta a fuerzas psíquicas internas de cualquier tipo. Skinner argumenta que sólo comprendemos una parte de la conducta cuando hemos aprendido a sintetizar (entrenar) esa conducta desde el principio, y a predecirla y controlarla. En su opinión, las explicaciones mentalistas son inútiles porque no nos dicen cómo manipular variables a fin de sintetizar o controlar la conducta. Además, resultan incompletas, y su aceptación sólo pospone la realización de un análisis funcional apropiado de la conducta. Un análisis de esta índole implica identificar y aislar las variables ambientales de las cuales la conducta es una función legítima.

Aunque el primer trabajo de laboratorio de Skinner se llevó a cabo con ratas que presionaban palancas para obtener bolitas de comida en una cámara de trabajo, la base experimental del análisis se ha ampliado gradualmente hasta incluir a otros animales, seres humanos de todas las edades, y situaciones y conductas que difieren cada vez más de su fundamento original (por ejemplo, máquinas de enseñanza y psicoterapia conductual). Skinner ha sostenido también una posición conductista peculiarmente precisa acerca del análisis de los términos psicológicos del sentido común como *el uno mismo, el autocontrol, el darse cuenta; pensamiento, resolución de problemas, composición, fuerza de voluntad*, y muchos otros conceptos psicodinámicos como *represión, racionalización* y demás mecanismos de defensa del yo. Además, propuso un análisis particular de la *conducta verbal* del que escucha así como del que habla, que fue motivo de cierta controversia. Ha llevado sus ideas un paso más allá en el análisis de las nociones *del libre albedrío, determinación interna* y *valores sociales*, y ha discutido la forma en que podríamos disponer las prácticas culturales al diseñarlas de tal modo que se construya una sociedad "mejor", de acuerdo con ciertos valores humanitarios. Por esta razón, y gracias a sus populares libros *Walden Dos* y *Más allá de la libertad y la dignidad*, es probable que sea más conocido por el gran público que cualquier otro psicólogo contemporáneo.

En un solo capítulo no es posible reseñar las numerosas contribuciones de Skinner durante su larga carrera de más de 45 años de actividades científicas. Pondremos el acento en la visión histórica, para destacar su primer conjunto de conceptos y principios. Más adelante se verá brevemente el análisis skinneriano de diversas habilidades complejas. En la obra inicial de Skinner, *La conducta de los organismos* (1938), aparecieron las ideas centrales que habría de aplicar sólo con ligeras variaciones a casos más complejos durante los siguientes cuarenta años. La primera parte de nuestra reseña se refiere fundamentalmente a esta obra, de gran significación histórica.

CONDUCTA RESPONDIENTE Y OPERANTE

La diferencia esencial entre el sistema de Skinner y la psicología tradicional del estímulo-respuesta radica en la distinción entre la conducta respondiente y la conducta operante. Desde Watson, la psicología del estímulo-respuesta había reforzado el aforismo de "ningún estímulo, ninguna respuesta", al presuponer la presencia de estímulos cuando ocurría una respuesta, aun cuando ninguno de ellos fuera identificable. Si el experimentador tenía medios para detectarlos, no se dudaba de que los estímulos estuvieran presentes para provocar tales respuestas. Skinner creyó que este método de hechos forzados era indeseable e innecesario, y propu-

so que se distinguieran dos clases de respuestas: las respuestas *provocadas* y las respuestas *emitidas*.

Aquellas respuestas provocadas por estímulos conocidos se clasifican como *respondientes*. La contracción de la pupila a la luz y la salivación al jugo de limón en la boca sirven como ejemplos de reflejos respondientes. Hay una segunda clase de respuestas que no necesitan estar correlacionadas con ningún estímulo conocido. Para diferenciarlas de las respondientes, estas respuestas *emitidas* se denominan *operantes*. Como la conducta operante no es provocada por estímulos reconocidos, su fuerza no puede medirse de acuerdo con las leyes usuales de los reflejos, que se estipulan como funciones de sus estímulos provocadores. La tasa de respuesta se usa como medición de la fuerza operante en una situación dada.

Una operante puede, como lo hace a menudo, adquirir una relación con la estimulación previa. En ese caso se transforma en una *operante discriminada*; el estímulo se convierte en una ocasión para la conducta operante, pero no es un estímulo provocador como en el caso de un verdadero reflejo. Una ilustración simple de una operante coordinada con un estímulo sería un experimento de tiempo de reacción, como comúnmente se realiza en el laboratorio psicológico. La correlación entre el estímulo y la respuesta puede cambiarse con facilidad, como cuando se le dice al sujeto que oprima la llave en lugar de levantar el dedo que apoya en ella. La mayor parte de la conducta humana es de naturaleza operante: las conductas de limpiar un piso, conducir un automóvil, o escribir una carta muestran pocas características respondientes.

Aunque Skinner es conductista, no es un psicólogo *E-R*. Su noción de la operante se refiere a la conducta que manifiestamente no es provocada por ningún estímulo, sino que es emitida. La idea *E-R* sugiere un organismo pasivo desde el cual un estímulo distinto dispara una conducta específica, y Skinner rechaza esa opinión así como sus alusiones mecanicistas para la conducta operante. Sin embargo, se dice que un estímulo discriminativo "establece la ocasión" para una operante, o que ejerce "control de estímulo" sobre una operante, y eso ubica a Skinner en la dirección de los téoricos *E-R*. Pero Skinner opina que el concepto de la asociación es innecesario. El estímulo y la respuesta pueden estar "asociados" (ocurrir juntos) en el mundo y traducirse a un estado de preparación para ejecutar la respuesta; sin embargo, en su opinión la idea de un vínculo interno entre las representaciones de la situación y la respuesta constituyen sólo una carga.

Dos tipos de condicionamiento

Se afirma que hay dos tipos de respuesta relacionados con los dos tipos de condicionamiento, y que el condicionamiento de la conducta respondiente es del "tipo *E*", porque el reforzamiento está correlacionado con los estímulos. El estímulo condicionado (por ejemplo, un sonido) se presenta junto con el estímulo incondicionado (por ejemplo, comida), y provoca así la respuesta (en este caso, la salivación). El evento reforzante que interesa a Skinner es la presentación del estímulo incondicionado, no la respuesta a él. Skinner asignó el nombre de "tipo *E*" al condicionamiento pavloviano o clásico, pero este término ha perdido actualidad.

El "tipo *R*", por su parte, es el condicionamiento instrumental u operante, que Skinner considera mucho más importante. La letra *R* se usa para dirigir la atención a la relevancia del término de la respuesta en la correlación con el reforzamiento.

El arreglo experimental que empleó originalmente era el de la presión de una palanca. Para un organismo hambriento, esta respuesta puede fortalecerse si va seguida de comida. No es el *estímulo* de la palanca sino la *respuesta* de oprimirla lo que se correlaciona con el reforzamiento. La respuesta condicionada no se asemeja a la respuesta al estímulo reforzante; su relación con el estímulo reforzante es que la respuesta hace que aparezca el reforzador. En el condicionamiento operante, el reforzamiento no puede producirse a no ser que aparezca la respuesta condicionada, el reforzamiento es *contingente* a la respuesta. Como dijimos en el capítulo 3, este arreglo terminó por llamarse condicionamiento instrumental a fin de distinguirlo de aquellos del condicionamiento clásico (Hilgard y Marquis, 1940, págs. 51 a 74).

Las leyes del condicionamiento operante son similares a las del condicionamiento clásico; ambas incluyen una ley del condicionamiento y una de la extinción. La ley de Skinner del condicionamiento operante puede compararse con la ley del efecto, de Thorndike: *si a la ocurrencia de una operante sigue la presentación de un estímulo reforzante, su fuerza se incrementa* (Skinner, 1938, pág. 21). Obsérvese que una situación reforzante se define por su estímulo; nada se dice acerca de los efectos secundarios satisfactorios o sobre la reducción de impulso. Skinner sugiere, además, (1938, pág. 112) que el condicionamiento del tipo *R* puede limitarse al comportamiento esquelético, y el tipo *E* a las respuestas autónomas.

Reforzadores primarios positivos y negativos

Un reforzador se define por sus efectos. Cualquier estímulo es un reforzador si incrementa la probabilidad de una respuesta. Los estímulos que actúan como reforzadores son de dos clases (Skinner, 1953, pág. 73):

1. El *reforzamiento positivo* ocurre cuando un estímulo presentado a continuación de una respuesta operante fortalece la probabilidad de esa respuesta. La comida, el agua, el contacto sexual, se clasifican como reforzadores positivos para individuos privados de ellos.
2. El *reforzamiento negativo* se produce cuando la eliminación de un estímulo aversivo después de una respuesta operante fortalece la probabilidad de esa respuesta. Un ruido alto, una luz muy brillante, el calor o el frío extremoso, la descarga eléctrica son ejemplos de *estímulos aversivos*. Obsérvese que el tipo de reforzamientos se clasifica teniendo en cuenta si la presentación o eliminación de un estímulo fortalece una operante anterior. Un estímulo aversivo es aquel que provoca que el organismo aprenda algo para escapar de él. Como se define aquí, el castigo *no* es reforzamiento negativo. Se trata más bien de un arreglo experimental en el cual la presentación de un estímulo aversivo es contingente a una respuesta designada. En una sección posterior examinaremos el castigo desde la perspectiva skinneriana.

Skinner además reconocía a los reforzadores condicionados basados en el pareamiento de estímulos neutrales con reforzadores primarios. El reforzamiento condicionado también se verá en una sección posterior.

A otros psicólogos los ha inquietado responder a una pregunta: ¿por qué es reforzante un reforzador?, pero Skinner no muestra gran interés en ella. Quiere saber por qué cambia la conducta, y descubre que los reforzadores tienen una importante intervención. De modo bastante provisional, acepta una explicación del

reforzamiento en términos de funciones evolutivas y adaptativas, pero no cree que esto sea de gran ayuda en el análisis funcional detallado de lo que en verdad ocurre (1953, págs. 81-84).

ESTUDIOS ACERCA DEL CONDICIONAMIENTO OPERANTE

Como hemos visto, para estudiar el condicionamiento operante Skinner diseñó un aparato especial: una caja a prueba de ruidos dentro de la cual una rata puede oprimir una palanca para obtener una bolita de comida. La palanca está conectada a un sistema de registro que trata una gráfica del número de presiones de palanca en relación con el tiempo que el animal permanece en la caja. En esta situación se obtienen resultados notablemente consistentes y "legítimos". En el experimento pueden efectuarse modificaciones, de modo que la comida no se entregue cada vez que se presiona la palanca. Las consecuencias de estas alteraciones y de introducir otros cambios en la situación se han explorado de modo sistemático. La "caja de pichones" es otra disposición experimental para obtener un registro de respuestas del picoteo de las palomas sobre una llave ligera de plástico montada en una pared que se refuerza al recibir granos de alimento.

La consecuencia de reforzar una operante es un aumento en su tasa o probabilidad de ocurrencia por unidad de tiempo. Como por lo común el animal permanece continuamente en presencia de la palanca o llave de respuesta, a esta circunstancia se le denomina *situación de respuesta libre* o de *operante libre*. Los ensayos discretos no se demarcan, y como la respuesta se produce en cualquier momento, la tasa de respuesta por unidad de tiempo es la medición observada. Dependiendo de los programas de reforzamiento y de muchos otros factores, esta tasa de respuesta puede variar en un amplio rango, y nos interesa saber cuál será la ejecución de estado estable que las contingencias de reforzamiento particular producen y mantienen. Más adelante retomaremos este tema.

Skinner opinaba que la adquisición de esta operante simple, ocurriría en "un ensayo" o instantáneamente, si se eliminaban los factores extraños y si el animal estuviera preparado de forma adecuada para "un ensayo". Por ejemplo, las experiencias anteriores en la caja podrían usarse para habituar comportamientos irrelevantes exploratorios o de miedo, y el "entrenamiento de comedero" inicial condicionaría al animal hambriento a acercarse al recipiente y comer al sonido del dispensador de alimento, que descarga una bolita alimenticia en el mismo. Si se han cuidado estos componentes conductuales antes de introducir la palanca y de conectarla con el alimentador, entonces el condicionamiento de presión de palanca es muy rápido, cuando no inmediato. Según Skinner (al igual que Guthrie, véase el capítulo 4), el condicionamiento de presionar la palanca generalmente parece gradual, ya que constituye una cadena de muchos comportamientos componentes, y las "curvas de aprendizaje" revelan más cerca de la "caja problema" y las condiciones de preparación previa de elementos de la cadena de respuesta, de lo que revelan acerca de las "leyes" básicas.

Así como el reforzamiento que ocurre para una operante la fortalece, se afirma que el no reforzamiento después de la respuesta la debilita, y una serie prolongada de respuestas no reforzadas da lugar a la gradual disminución de la tasa de respuesta mediante el proceso denominado de *extinción experimental*: el animal deja

de presionar porque esta acción ya no va seguida de reforzamiento. Al igual que otros investigadores, en un comienzo Skinner pensó (1938, pág. 26) que el número de respuestas emitidas durante la extinción constituía una medición de la fuerza operante; sin embargo, sus propios estudios del reforzamiento intermitente hicieron que abandonara la idea. En 1950 comprendió, tal vez antes que otros, que podemos entrenar diferencialmente a un organismo ya sea a "resistir" o a "desistir rápidamente" en extinción, lo cual depende de la manera en que se programen las recompensas y las no recompensas durante el entrenamiento.

DISCRIMINACIÓN DE ESTÍMULOS Y RESPUESTAS

Skinner también ha dirigido extensas investigaciones acerca de la discriminación del estímulo. En términos conductuales, se dice que un organismo discrimina entre dos o más estímulos cuando aprende a responder diferencialmente (en distintas formas o en diferentes tasas) a cada uno de los estímulos. Skinner se refiere a este fenómeno como *control de estímulo*, ya que la presentación o eliminación de un estímulo discriminativo dado controla la ocurrencia de un patrón particular de respuesta o de su tasa. Un segundo tipo de aprendizaje es la *diferenciación de la respuesta*, en la cual la forma de la respuesta (su topografía) o su intensidad, amplitud o latencia se alteran mediante el reforzamiento diferencial. Skinner presupone que las complejidades de la conducta pueden comprenderse de acuerdo con las discriminaciones de estímulo y las respuestas diferenciadas dispuestas en cadenas o patrones adecuados.

Discriminación de estímulos

Para ilustrar el punto de vista de Skinner, el experimento estándar de opresión de palanca sirve para describir los propósitos del condicionamiento discriminatorio. Supóngase que la opresión de la palanca suministra una bolita de comida en presencia de un estímulo positivo, como una luz, y no la entrega en ausencia de ese estímulo discriminativo. La rata aprende a responder sólo cuando ve la luz. Al igual que Spence y Hull, Skinner ofrece el análisis usual del aprendizaje por discriminación en términos de reforzamiento, extinción y generalización del estímulo. Pero observa que la luz no provoca la respuesta, en el sentido de que una ceniza en el ojo causa la irrupción de lágrimas, o el hecho de tocar una sartén caliente origina que retiremos la mano. La diferencia entre un estímulo discriminativo como *ocasión* para una respuesta, y la provocación real de una respuesta puede aclararse mediante un ejemplo. Tomo un lápiz que está sobre el escritorio pero sólo lo hago cuando el lápiz está allí y lo quiero; no lo tomo sólo *porque* se encuentra allí. Aunque el lápiz no provoca el que lo tome, tiene algo que ver con ello. Si hubiese oscuridad completa, tal vez lo buscaría, a tientas, ya que me faltarían estímulos discriminativos. El lápiz no provocá que yo lo busque ni con la luz encendida ni a oscuras. Es sólo la ocasión para tomarlo (Skinner, 1938, pág. 178).

Aprendizaje de discriminación sin errores

Según el punto de vista clásico, la discriminación se logra al extinguir las respuestas generalizadas a los estímulos no reforzados, $E-$. Por ejemplo, en la

teoría de Spence la frustración repetida mediante el no reforzamiento de la respuesta a *E*— causa que la inhibición se asocie con *E*—.

Terrace (1963*a*), un discípulo de Skinner, diseñó un procedimiento para enseñar una discriminación perfecta a una paloma, de tal modo que nunca responda a *E*— durante todo el experimento; dicho de otra forma, nunca comete un "error". Se usan diferentes luces de colores sobre la llave de picoteo, que sirven como el *E* + y el *E*—. El procedimiento implica: introducir *E*— mucho antes de que la respuesta a *E*+ esté bien condicionada, y que la introducción gradual de *E*— se inicie con duraciones muy breves y con intensidades muy débiles. Durante ensayos sucesivos, la intensidad y duración de los ensayos de estímulo *E*— se incrementan gradualmente hasta llegar a sus valores totales. El método depende en parte de ciertas particularidades de las palomas, como el hecho de que es poco probable que picoteen una llave oscura. Sin embargo, se han utilizado métodos similares con seres humanos.

Al usar este simple procedimiento, Terrace demostró que es posible lograr una discriminación perfecta sin la ocurrencia de una sola respuesta no reforzada al *E*—. En contraste, supongamos que se introduce el *E*— —como suele suceder— para la duración total, y la brillantez completa después de que la paloma tuvo diversas sesiones de exposición al *E*+ y quedó bien condicionada. En estas circunstancias, el animal puede emitir varios miles de respuestas al *E*— antes de aprender una conducta diferencial aceptable. Así, la diferencia producida por el procedimiento simple de Terrace es verdaderamente enorme si pensamos en términos de facilidad en el entrenamiento de una discriminación o también, por inferencia, en la cantidad de frustración emocional que el sujeto se ha ahorrado.

En un experimento relacionado, Terrace (1963*b*) demostró que una discriminación aprendida sin errores, por ejemplo, frente a claves de color rojo versus verde, podía transferirse a nuevos estímulos (una barra vertical blanca como positivo y una barra horizontal como negativo) mediante un método especial. Este método (véase la figura 7.1) consistía en: *a*) superponer primero la barra vertical sobre la clave roja positiva, y la barra horizontal sobre la clave verde negativa; y *b*) después de varias sesiones de tales condiciones de superposición, desvanecer gradualmente (debilitamiento) los colores rojo y verde de las claves, para finalizar sólo con la barra vertical o la horizontal sobre una clave oscura. Mediante este procedimiento, el control de estímulo se transfiere del rojo versus el verde a las barras vertical versus horizontal, y aquí, de nueva cuenta, no ocurren errores en el transcurso de la transferencia gradual. Es significativo el hecho de que Terrace fuera incapaz de entrenar una discriminación vertical versus una horizontal desde el principio, sin errores (al manipular la brillantez de *E*—). Esto sugiere que si ha de entrenarse una discriminación difícil, un método óptimo consiste en entrenar sin errores otra discriminación que de por sí sea sencilla para el sujeto (como los colores lo son, sin duda, para las palomas), y entonces superponer y desvanecer los estímulos más difíciles. Terrace señala la importancia de estos resultados para la afirmación de Skinner de que el arreglo óptimo de las secuencias de instrucción programada (en las máquinas de enseñanza) es aquella en la cual el estudiante nunca comete un error al responder preguntas durante el aprendizaje.

Hay varias secuelas llamativas de la ejecución de la discriminación sin errores, que Terrace ha recalcado al compararlas con lo que se obtiene por el procedimiento acostumbrado de errores aleatorios. Ante todo, la propia ejecución discrimina-

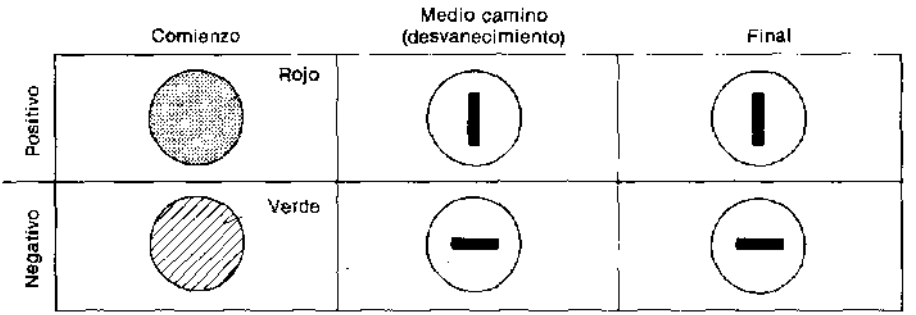


Figura 7.1. Ilustración de las llaves de estímulos para paloma usadas para trasladar el control de una discriminación roja (+) en contraposición a una verde (—) hacia una línea vertical (+) contra otra horizontal (—). El procedimiento se hace gradualmente, de modo que el animal nunca cometa un error.

tiva es muy superior. Los animales entrenados mediante el método sin errores raras veces responden al *E*—, mientras que los pájaros cuya rutina de entrenamiento está salpicada de errores continúan mostrando indefinidamente arranques esporádicos de respuestas a *E*—. Segundo, la observación revela que los pájaros propensos al error muestran una gran cantidad de comportamiento emocional en *E*— lo cual sugiere que quizá sea un estímulo aversivo para ellos, en apariencia debido a la frustración generada por la respuesta no reforzada. En comparación, los pájaros entrenados sin errores en el estudio de Terrace demostraban relativamente poco comportamiento emocional en *E*—. Tercero, si al animal se le inyecta una droga tranquilizante llamada cloropromazina, se "liberan" grandes cantidades de respuestas a *E*— en las aves con propensión al error, pero no en las del entrenamiento sin errores. Cabe suponer que el tranquilizante disipa parte de la emoción que ha inhibido las respuestas a *E*— en los animales entrenados con errores. Cuarto, los pájaros entrenados sin errores no muestran un *efecto de contraste conductual* (tasas más rápidas a *E*+ porque éste se alterna con *E*—), mientras que las aves propensas al error sí lo muestran; sin embargo, si a un pájaro entrenado sin error se le induce a que comience a cometer errores en *E*— (es decir, mediante la abrupta transferencia de colores a líneas que hemos mencionado), entonces comienza a mostrar contraste al incrementar su tasa de respuesta a *E*+. Quinto, un gradiente de generalización del estímulo obtenido después del entrenamiento de discriminación muestra una "*desviación de pico*" en los pájaros propensos al error, pero no en aquellos sin errores. La desviación de pico se refiere al hecho de que la tasa máxima de respuesta no se produce en *E*+ sino en un valor desplazado desde *E*+, en una dirección que se aleja de *E*—. En la figura 7.2 se muestra este efecto en el experimento de Terrace (1964). El continuo de estímulo es la longitud de onda de la luz (que corresponde a los cambios de color para el ojo humano) medida en milimicrones. El *E*+ estaba en 580 y el *E*— en 540 milimicrones. Obsérvese que la tasa pico de respuesta durante la prueba de generalización es de 580 (el *E*+) para los pájaros entrenados sin errores, pero cambia a 590 para aquellos entrenados con propensión al error.

¿Qué significa todo esto? ¿Cuál es la mejor interpretación? Una explicación sería la siguiente: la discriminación sin errores es posible usando el principio del cambio de asociación, de Thorndike, que en este caso es el mismo que el del condiciona-

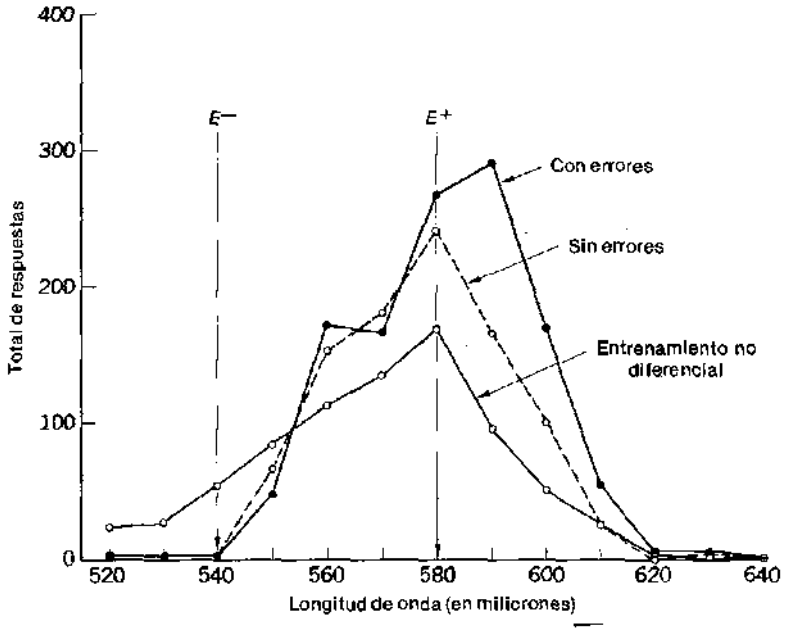


Figura 7.2. Gradientes de generalización obtenidos en tres diferentes condiciones que relacionan la tasa de respuesta con las variaciones en la longitud de onda (color) de una luz proyectada sobre la llave de picoteo. El gradiente inferior se obtuvo a continuación del condicionamiento simple en 580 milicrones sin un procedimiento de discriminación. Los otros dos gradientes seguían al entrenamiento en discriminación en 580 milicrones como E^+ y 540 como $E-$, un procedimiento implicaba errores al E^-, y el otro no. Una desviación de pico aparece en el primer gradiente porque la respuesta a 590 milicrones era mayor que 580, el E^+ del entrenamiento (tomada de Terrace, 1964).

miento, de Guthrie, mediante la simple contigüidad de la última respuesta dada antes de que termine un estímulo. Debido a las experiencias pasadas de extinción con el picoteo en un fondo oscuro homogéneo, al comienzo del experimento la paloma no picotea el cuadro oscurecido en la pared oscura. Como el color $E-$ se presentaba inicialmente débil y con duraciones breves, la probable respuesta a estas presentaciones $E-$ es la retirada o la "inmovilización", y tal comportamiento es lo que se condiciona a $E-$. Esta no respuesta se generaliza entonces a los colores $E-$ más brillantes. El contraste conductual y la desviación de pico son efectos que dependen de la conversión de $E-$ en un estímulo aversivo, lo que suele lograrse mediante la frustración generada por la respuesta no reforzada a $E-$. Como el procedimiento sin errores produce relativamente pocas respuestas no reforzadas, se provoca relativamente poca frustración o hay escasa aversión condicionada a $E-$; y por ello en este caso no ocurren el contraste y la desviación de pico. En concordancia con este razonamiento, Grusec (1965) descubrió que los pájaros entrenados sin error mostraban desviaciones de pico si recibían descargas eléctricas en asociación con $E-$, que así se convertía en estímulo aversivo.

No todos aceptan el estatus especial y las propiedades del aprendizaje por discriminación sin errores. Rilling (1977) argumenta que un *error* es una parte arbitrariamente definida de una cadena completa de respuestas (es decir, cerrar el interruptor), y que las partes iniciales de la cadena pueden ocurrir regularmente al $E-$ sin que se registren. Por lo tanto, sostiene que no deberíamos asignarle una importancia tal a los errores registrados. Además, el *aprendizaje sin errores* está definido de modo arbitrario (muchos pájaros entrenados con los "procedimientos sin errores" cometen algunos). En consecuencia, para Rilling no hay una razón que justifique la acentuada distinción cualitativa entre el aprendizaje propenso al error y el aprendizaje sin errores. Además, la investigación de Rilling y de sus colegas establece:

> El comportamiento de los sujetos con pocos errores no es fundamentalmente distinto del que muestran los sujetos con muchos errores, a excepción de la diferencia en número. [Muchos subproductos del aprendizaje por discriminación] se han obtenido en su totalidad independientemente de si la discriminación se adquiría con errores o sin ellos. Por lo tanto, una clasificación teórica basada en la distinción entre el aprendizaje con errores y el aprendizaje sin errores no resulta útil (Rilling, 1977, pág. 475).

Rilling y sus colegas descubrieron que los pájaros entrenados sin errores mostraban una aversión significativa al $E-$, en el sentido de que trabajarían para suspenderlo y reemplazarlo por una clave oscura entre los ensayos. Las aves entrenadas sin errores también atacarían a un "pájaro víctima" encerrado en la cámara de condicionamiento operante durante el $E-$, más que como lo harían durante un estímulo neutral antes del condicionamiento. Si al ataque se le considera como un signo de emoción ("colera"), entonces las palomas sin errores son un tanto emocionales durante $E-$, frustradas posiblemente sólo por la ausencia del $E+$ en un contexto donde este $E+$ ocurre repetidas veces. Asimismo, los investigadores frecuentemente han descubierto contraste conductual cuando el $E-$ era un oscurecimiento total de la cámara, donde no ocurrían respuestas al $E-$. Así se ha puesto en duda la singularidad de los efectos debidos a los procedimientos sin errores, de Terrace.

Ya sea que el entrenamiento por discriminación sin errores produzca o no cambios cualitativos en los fenómenos, la significación práctica del procedimiento aún se sostiene. Demuestra que el procedimiento convencional de extinción puede eludirse al establecer una discriminación, y que la ejecución así obtenida es mejor que las que suelen realizarse. El procedimiento de Terrace plantea un punto de vista que se refiere al carácter óptimo, y formula preguntas acerca de una mejor disposición de las condiciones del entrenamiento, que permita al sujeto formar algún criterio de buena ejecución. Aquí las posibles metas serían diseñar secuencias de entrenamiento para perfeccionar la habilidad de la ejecución lograda, la velocidad al introducir un cambio determinado en la ejecución, la producción de un cambio deseado con un mínimo de errores, o un mínimo de frustración, de dificultad, etcétera. Tal investigación arroja resultados de importancia para los educadores, los psicoterapeutas y otros especialistas interesados por la ingeniería conductual práctica.

Diferenciación de una respuesta: moldeamiento

La *diferenciación de respuesta* se refiere al reforzamiento de ciertas propiedades de una respuesta, como su velocidad, duración o vigor. Por ejemplo, Skinner (1938) entrenó a algunas ratas para que presionaran y mantuvieran oprimida una palanca durante largo tiempo a fin de obtener una recompensa y a otras las entrenó para que presionaran la palanca con una fuerza por encima de un criterio dado. De modo similar, veremos más adelante en el análisis de la ejecución en un programa *RDB*, es posible entrenar al sujeto a responder selectivamente a una tasa lenta o rápida. El principio es el del reforzamiento operante, pero se aplica al nivel de las variaciones intensas de la respuesta (lo que Logan denomina respuestas micromolares, que se examinaron en el capítulo 5). Por ejemplo, en la diferenciación de una presión vigorosa de palanca, primero reforzamos cualquier opresión con lo cual se proporciona una distribución de fuerzas variables. Entonces establecemos un criterio de fuerza baja y recompensamos sólo aquellas presiones que exceden a tal criterio. El efecto de esta restricción es extinguir las presiones más débiles y fortalecer las de mayor vigor, de modo que la distribución total de la fuerza cambia hacia valores más elevados. Entonces el criterio del experimentador puede incrementarse de nuevo, y otra vez, y así "moldear" gradualmente las presiones de palanca del animal hacia valores más altos. Por supuesto, también puede imponerse un límite tope, de manera que las fuerzas por encima del mismo no sean reforzadas; y las respuestas de diferentes fuerzas pueden condicionarse a diversos estímulos diferenciales (Notterman y Mintz, 1962). Es obvia la importancia de tales resultados para el aprendizaje de habilidades humanas complejas. Por ejemplo, nuestra comunidad social moldea el habla a una velocidad y altura particulares en situaciones determinadas (*susurrar* en los funerales, *gritar* en los partidos de beisbol) y castiga las desviaciones graves de esas normas.

Otro tipo de moldeamiento ocurre cuando una nueva respuesta cualitativa o una secuencia novedosa de componentes conductuales se ensambla en una ejecución unitaria. Aquí se usa la noción del *encadenamiento*, que desempeñó un papel importante en los análisis de Skinner.

Cadenas de respuestas

Skinner (1938, 1953) sostiene que muchos actos son, de hecho, una secuencia de movimientos en los que cada segmento proporciona estímulos de retroalimentación (externos e internos), que se vuelven discriminativos para el siguiente segmento de la respuesta. Así, el acto puede concebirse como una cadena de pequeñas unidades $E^D \rightarrow R$. Incluso la respuesta simple de presionar una palanca puede considerarse una cadena. En su discusión del encadenamiento, Keller y Schoenfeld (1950, págs. 197-208) citan como ejemplos ilustrativos los seis vínculos que aparecen en el cuadro 7.1. En esta cadena cada respuesta produce el estímulo discriminativo para la siguiente. Para fines analíticos, la cadena puede ser más o menos elaborada.

¿Opera la cadena como una unidad? La rata bien condicionada pasa las transiciones de modo tan uniforme que parece estar dando una sola respuesta, y no seis. Pero la independencia de las unidades puede comprobarse experimentalmente.

CUADRO 7.1. Enumeración de los componentes de estímulo-respuesta en la cadena de respuestas de presión de palanca y de comer, (tomado de Keller y Schoenfeld, 1950).

Número de la operante	Estímulo discriminativo	Respuesta de la rata
1	Localización de la palanca	La rata se acerca al frente de la caja
2	Palanca visual	Se alza sobre las patas traseras; coloca las patas delanteras sobre la palanca
3	Palanca Táctil	Presiona la palanca que activa al dispensador de comida
4	Ruido del aparato	Baja las patas delanteras al comedero
5	Bolita de Alimento visible	Toma la bolita con los dientes y las patas delanteras
6	Bolita de alimento en el hocico	Mastica la bolita

1. Si eliminamos sólo el estímulo para las unidades finales de la cadena (la bolita de comida), como se hace en una forma de extinción, los vínculos iniciales de la cadena se debilitan gradualmente, pero los últimos no se afectan. Es decir, la rata toma y come una bolita exactamente igual que antes.

2. Si eliminamos ahora los eslabones cuarto y quinto de la cadena (el ruido del aparato y la bolita), y llevamos a cabo la extinción, descubrimos otros detalles. La reintroducción del ruido después de la extinción refuerza de nuevo la opresión de la palanca. Por lo tanto, durante el condicionamiento, el estímulo del cuarto eslabón (el ruido del aparato) se ha convertido en un reforzador condicionado. Además, la extinción de los eslabones precedentes en la cadena no ha extinguido las propiedades reforzantes del cuarto eslabón.

Este tipo de estudio funcional y experimental aísla unidades de la cadena que preservan cierta independencia del todo; estas unidades son parte de aquélla, pero su carácter distintivo no es por completo arbitrario. Parecería posible registrar las respuestas separadas y no sólo la final. La unidad apropiada para el estudio experimental resulta tener, de hecho, una medición de arbitrariedad. Medir o no una respuesta de la cadena, o seis respuestas, o muchas más es una cuestión de conveniencia; evidentemente, el experimentador ejercita cierta selectividad.

Este análisis del encadenamiento sugiere no sólo las leyes para "descomponer" cadenas establecidas, sino también un medio de entrenar al organismo en nuevas cadenas, al vincular nuevas secuencias de componentes conductuales, de la misma forma en que podríamos ensartar cuentas de distintos colores para crear collares de diseños nuevos. La regla básica consiste en desarrollar la cadena de una unidad E^D-R a la vez, comenzando por el reforzamiento y trabajando hacia atrás. El "reforzamiento" para el aprendizaje de la siguiente respuesta en la cadena es la presentación del E^D para el resto de la misma. Si la forma exacta de respuesta no ocurre inicialmente en una tasa apreciable, se reforzará cualquier conducta que se *aproxime* a la deseada; entonces, cuando la variación ocurra antes de dar reforzamiento se requerirá de una forma incluso más aproximada a la deseada. A través de sucesivas aproximaciones el método de moldeamiento permite que la conducta finalmente aprendida sea muy diferente de la que se emitió en un principio.

> Los entrenadores de animales están muy versados en este método. Como un *tour de force* he entrenado a una rata para que ejecute una serie elaborada de respuestas inspiradas en modernos trabajos con monos antropoides. La conducta consiste en tirar de un arillo para obtener una bolita, alzarla con las patas delanteras, llavarla hasta un tubo que se proyecta a 5 centrímetros sobre el suelo y dejarla caer dentro del mismo. Cada paso de este proceso se logró mediante una serie de aproximaciones, ya que las respuestas componentes no se encontraban en el repertorio original de la rata (Skinner, 1938, págs. 339-340)[1]

Mediante el moldeamiento a través de aproximaciones sucesivas se hicieron varias demostraciones de todo tipo de habilidades novedosas y complejas que se les enseñan a diversos animales. Skinner cree que de esta forma se ha sintetizado la mayor parte de nuestras habilidades complejas.

PROGRAMAS DE REFORZAMIENTO

En la vida cotidiana el reforzamiento de la conducta operante no es regular y uniforme. El pescador no atrapa un pez en cada ocasión que arroja el anzuelo, y el agricultor no siempre levanta una buena cosecha después de la siembra; no obstante ninguno de los dos deja de pescar o de sembrar, Por esto, el problema del mantenimiento o del fortalecimiento de una respuesta mediante el *reforzamiento intermitente* es algo más que una mera curiosidad de laboratorio. Skinner ha explorado exhaustivamente dos clases principales de reforzamiento intermitente, denominados ahora *programas de intervalo* y *programas de razón*.

Los *programas de intervalo fijo* se arreglan con la ayuda de un reloj: el reforzamiento se proporciona a la primera respuesta que ocurra después de un intervalo designado (fijado), que se mide a partir del reforzamiento precedente o desde el inicio de un "estímulo de ensayo". Los intervalos típicos se extienden desde 30 segundos a 10 minutos, aproximadamente. Este arreglo, llamado "recondicionamiento periódico" o "reforzamiento periódico" (ambas formas ya en desuso), virtualmente controla el número de reforzamientos entregados por hora al animal. Los programas de intervalo fijo (*IF*) producen resultados legítimos y ordenados. Uno de los primeros hallazgos de Skinner (1938) fue que sus ratas tendían a emitir un número casi constante de respuestas por reforzamiento (en un estudio, alrededor de 18 a 20 presiones de palanca). Así, la tasa promedio de respuesta, expresada como respuestas por minuto, sería aproximadamente dos veces más alta cuando el animal trabaja en un *IF* de 2 minutos (abreviado *IF* 2′) que cuando lo hace en uno de 4 minutos. Un segundo resultado fue lo que se denominó *festón* del *IF*, que se ilustra en el cuadro superior izquierdo de la figura 7.3. El festón del *IF* se indica con una tasa cero de respuesta inmediatamente después de un *reforzamiento*, si-

[1]Para otras interpretaciones del aprendizaje animal, consúltense a Breland y Breland (1961) y a Skinner (1951). Es dudoso que la mejor manera de construir una cadena de respuesta *ABC* consista siempre en proceder desde el reforzamiento hacia atrás, agregando nuevos elementos al extremo frontal como al entrenar *C*, después *BC*, y finalmente *ABC*. En muchas circunstancias es igualmente apropiado construir una cadena hacia adelante, insertando un elemento nuevo entre la penúltima respuesta y el reforzamiento, como en la secuencia de entrenamiento *A*, entonces *AB*, entonces *ABC* para obtener reforzamiento.

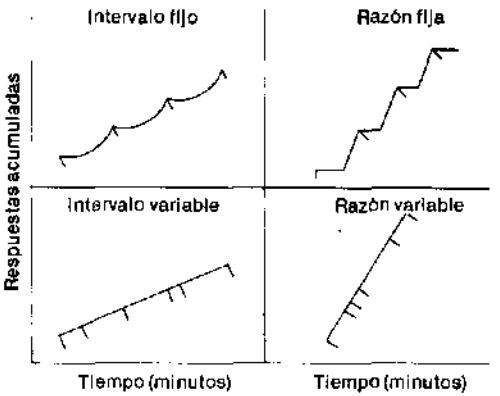


Figura 7.3. Ejemplo de registros de respuesta acumulada en cuatro programas estándar de reforzamiento. La marca hacia abajo indica la entrega de un reforzador.

gue entonces una aceleración gradual hasta una tasa elevada de respuesta próxima al momento en que un reforzamiento se vuelve disponible. El festón del *IF* se desarrolla de forma gradual con una exposición continuada a un *IF* dado, y constituye una clara indicación de la discriminación del tiempo. Es decir, en un *IF*, un reforzamiento no está disponible inmediatamente después de otro, pero a medida que transcurre el tiempo "subjetivo" desde el reforzamiento previo, la respuesta del animal tendrá cada vez más probabilidades de ser reforzada. Con el entrenamiento continuo, la discriminación temporal se hace más definida, sin embargo, hay limitaciones bastante claras de la exactitud con la que puede estimarse un intervalo temporal. Estos festones se eliminan mediante los *programas de intervalo variable* (*IV*), que se ilustran en el cuadro inferior izquierdo de la figura 7.3, en los cuales se utiliza aleatoriamente un rango de intervalos, desde uno muy breve hasta uno muy largo, en un orden variable. En el *IV* la ejecución promedio depende principalmente del intervalo promedio aritmético, que varía en proporción inversa. La pausa posreforzamiento tiende a eliminarse en el *IV*, en especial si se incluyen intervalos muy cortos en el conjunto. Con tales programas, la ejecución promedio es notablemente estable y uniforme.

En la figura 7.4 se presenta una gráfica de tal estabilidad. Debido a la estabilidad y a la posibilidad de reproducción de la ejecución *IV*, ésta suele usarse como una línea base para la evaluación de los efectos conductuales de diversas variables que pueden introducirse en la situación (nivel de impulso, castigo, drogas, etc.). Las respuestas entrenadas en programas *IV* también muestran una resistencia poco usual a la extinción; por ejemplo, no es extraño observar que las palomas responden más de 10 000 veces durante la extinción, a continuación del entrenamiento. En términos generales, la resistencia a la extinción depende de los intervalos medio y máximo.

La otra clase importante de programa de reforzamiento es la de *razón fija* (*RF*): en él el reforzamiento se proporciona después de un número predeterminado de respuestas, a continuación del reforzamiento precedente. El número predeterminado de respuestas está en el rango de 10 a 200, aunque pueden lograrse razones tan elevadas como 1 000 o más con las respuestas que requieren relativamente de poco esfuerzo. Por lo general, a un animal no se le coloca directamente en un

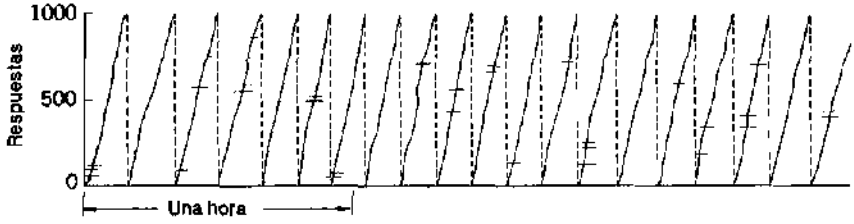


Figura 7.4. Respuestas bajo reforzamiento de intervalo variable. Las curvas corresponden a las respuestas de picoteo de una paloma reforzada a intervalos que variaban de 10 segundos a 21 minutos, pero que en promedio eran de 5 minutos. Cada una de las líneas inclinadas representa 1 000 respuestas, la pluma marcadora regresa al cero después de cada mil respuestas. El registro total contiene unas 20 000 respuestas producidas aproximadamente en 3 horas, con un promedio de 12 reforzamientos por hora. Cada rayita horizontal representa un reforzamiento (tomada de Skinner, 1950).

programa de razón alta, sino que avanza poco a poco desde los requisitos de razón más baja, para impedir la extinción temprana.

Las respuestas en los programas de razón tienden a ser muy rápidos (en el lenguaje de laboratorio se denominan "trenes"), ya que cuanto más rápido conteste el animal, con mayor prontitud consigue la recompensa (o más elevada será su tasa de reforzamiento por unidad de tiempo). Obsérvese la ilustración en el cuadro superior derecho de la figura 7.3. Al igual que en el festón de *IF*, la respuesta dentro de un segmento *RF* tiende a tener dos valores: una larga pausa posreforzamiento, seguida de un cambio abrupto a una tasa de respuesta muy alta, que se mantiene hasta que el requisito de razón se satisface y se obtiene el reforzamiento. La pausa posreforzamiento es más prolongada, con razones más grandes, y la afectan muchas variables (emoción, nivel de impulso, drogas, etc.), mientras que la tasa de respuesta terminal parece relativamente fija e insensible a tales variables. Skinner compara la pausa postreforzamiento con la "abulia", la incapacidad de gastar esfuerzo. Una analogía sería la del estudiante que termina una composición de examen trimestral, tal vez en un "tren" de velocidad a medida que se acerca la fecha de entrega, y le resulta difícil comenzar a trabajar en una nueva tarea. En la ejecución de razón fija, la retroalimentación producida por la respuesta, y que se acumula mediante el cómputo de la respuesta actual, se convierte en un predictor discriminativo de reforzamiento para el organismo. Varios experimentos (por ejemplo, Mechner, 1958) nos demuestran que los animales pueden usar su cómputo de respuestas en la palanca *A* como estímulo discriminativo para cambiar y presionar la palanca *B*, a fin de conseguir un reforzador que se hace disponible mediante la terminación del cómputo en *A*.

Como sucede con el intervalo fijo, la pausa posreforzamiento en *RF* se elimina al adoptar un programa de *razón variable*, en el cual la razón varía aleatoriamente de pequeña a grande. Como la probabilidad de reforzamiento para cualquier respuesta es aproximadamente constante con independencia del cómputo, resulta una tasa uniforme de respuesta. Obsérvese la ejecución esquematizada en el cuadro inferior derecho de la figura 7.3. La tasa es generalmente alta debido a que los "trenes" rápidos de respuestas tienden a "encontrar" el reforzamiento más

rápido, y por eso se refuerzan de modo preferencial. Por ejemplo, en tales programas una paloma puede responder con tanta rapidez como cinco picoteos por segundo, y mantener esta tasa durante horas.

Las posibles variaciones en los programas de reforzamiento son casi ilimitadas. La recompensa puede programarse de acuerdo con el paso del tiempo, el número de respuestas o alguna combinación de ambos; los programas pueden disponerse en secuencias con indicios asociados o sin ellos, etcétera. En su obra *Schedules of reinforcement* (1957), Ferster y Skinner investigaron los efectos a largo plazo de aproximadamente veinte de esos programas. Es difícil resumir el formidable catálogo de datos sistemáticos que los citados investigadores reunieron, aunque la ejecución asintótica que generalmente mantiene un programa dado se comprende con facilidad en términos de los conceptos familiares de discriminación del estímulo y del reforzamiento que fortalece a la *tasa* momentánea específica de respuesta (o tiempo interrespuesta) que prevalecía en el momento de entregar el reforzamiento.

Para ilustrar algunos casos de las ejecuciones inducidas por el programa, considérense dos programas. *RDB* (reforzamiento diferencial de tasas bajas de respuesta) y un programa "tándem", donde a un requerimiento de intervalo fijo sigue un requerimiento de razón fija para el reforzamiento (tándem *IF-RF*). Primero, en un programa *RDB*, por ejemplo de 10 segundos, una respuesta se reforzará sólo si han transcurrido al menos 10 segundos desde la última respuesta. Si la respuesta se produce demasiado pronto, el cronómetro se pone nuevamente en marcha y debe mediar otra espera de por lo menos 10 segundos antes de que una respuesta se recompense. Los programas *RDB* generan *conducta a tiempo*; el animal usualmente aprende a pasar por una variedad de rituales, que dan lugar a una respuesta alrededor del tiempo criterio. El análisis de la ejecución *RDB*, así como de otras ejecuciones programadas (Morse, 1966; Shimp, 1969) trata al tiempo entre respuestas sucesivas (tiempo entre respuestas o *TER*) como unidad de análisis, como lo hace Logan (1960) en su teoría micromolar. Es decir, se supone que la mayoría de los programas imponen un contrato o "función de términos", que relaciona las diferentes probabilidades de reforzamiento para los distintos *TER*. En un programa *RDB* de 10 segundos, todos los *TER* menores de 10 segundos tienen una probabilidad cero de ser reforzados, en tanto que los *TER* mayores de 10 segundos poseen una probabilidad de uno. Esta probabilidad de reforzamiento, junto con otros factores, afecta la "fuerza" de cada *TER*, y supuestamente el animal escoge (a continuación de cada respuesta) qué *TER* será el próximo que emitirá. Sin entrar en más detalles, tales teorías esperan que los animales ajusten su selección del *TER* al programa *RDB*, ya que solamente se reforzarán los *TER* que exceden al tiempo criterio.

Consideremos ahora la ejecución en un programa tándem *IF-RF*. Supóngase que el componente *IF* inicial es largo, por ejemplo de 6 minutos, después de lo cual la primera respuesta termina el componente *IF* y, sin ningún cambio de estímulo externo, comienza una razón fija; por ejemplo, una pequeña de 5 respuestas, a cuya terminación se produce el reforzamiento, y el programa vuelve al componente grande *IF*. Ahora bien, en un programa simple *IF* 6', una paloma hambrienta podría promediar 100 respuestas por intervalo de 6 minutos (se escoge una cifra hipotética para ejemplificar). Pero cuando el pequeño *RF* 5 se agrega como un requerimiento al final, como lo hace el tándem *IF* 6' *RF* 5, la tasa de res-

puesta no sube tan sólo a 105 por intervalo de 6 minutos, sino que se incrementa, casi tres veces, hasta aproximadamente 300 respuestas por intervalo de 6 minutos. ¿Cómo podemos entender un efecto tan grande sobre la conducta de lo que parece ser un cambio trivial en los requisitos para el reforzamiento? De nueva cuenta, debemos prestar suma atención a las diferencias entre el *IF* 6′ y los programas tándem *IF* 6′ *RF* 5 en términos de la tasa momentánea de respuesta que tiene probabilidades de prevalecer en el momento del reforzamiento. Un programa *IF* simple refuerza diferencialmente los *TER* largos, ya que cuanto más esperamos después de su respuesta previa, más probabilidades habrá de que el intervalo se interrumpa. El pequeño requerimiento de razón fijado de forma insegura en el final de los intervalos fijos altera las cosas: ahora el reforzamiento es más probable cuando ocurre un "tren" o una corrida de respuestas rápidas, ya que éstas cumplirán con el requerimiento *RF* 5. El resultado es que los "trenes" de 3 a 8 respuestas se fortalecen como una unidad. Así, en la porción *IF* 6′ del programa tándem, el pájaro todavía muestra un festón *IF* ("a tiempo"), a excepción de que ahora, cuando responde lo hace en "trenes" de picotazos. El resultado es, entonces, un gran aumento en la tasa global de respuesta cuando se cuenta de acuerdo con los picotazos individuales.

Éstos son algunos ejemplos de ejecuciones inducidas por el programa y se les puede analizar razonablemente en términos de reforzamiento de diferentes *TER*. Así como podemos observar la ejecución de una sola operante mantenida por un programa dado, también es posible examinar la *elección preferencial* entre dos programas, cada uno de ellos correlacionado con una llave distinta de respuesta. Mediante el uso de constructos de la fuerza de respuesta parecidos a los de Hull, Herrnstein (1970) ha demostrado la manera en que la elección de porcentaje entre dos programas concurrentes de intervalo variable (cada uno asociado con dos llaves diferentes) termina por igualar las tasas relativas de reforzamiento para el picoteo en las dos llaves.

Vale la pena anotar que la confiabilidad y la regularidad de la ejecución en los programas de largo plazo es sorprendente. La ejecución también es sumamente repetible; es decir, podemos cambiar temporalmente al animal a otros programas, pero cuando se le vuelve a colocar en el original, a la postre obtiene casi la misma ejecución estable ("asintótica") que antes tenía. Debido a la "recuperabilidad" de la ejecución estable inducida por un programa dado, el procedimiento experimental que favorecen los skinnerianos consiste en hacer pasar a cada uno de varios animales por todas las condiciones experimentales repetidas veces, en secuencia de bloques (Sidman, 1960). De este modo, por ejemplo, se podría diagramar una función completa para cada sujeto, donde se relacionará la variable independiente (es decir, el tamaño del requerimiento de razón fija) con una variable dependiente (la pausa promedio posreforzamiento en estado estable). El procedimiento es muy recomendable cuando tratamos más con estados estables que con fenómenos de adquisición ("transitorios"). Sidman (1960) proporciona los argumentos más convincentes para aplicar esta estrategia de investigación en todos los estudios conductuales, y no sólo en los relacionados con programas.

Otra técnica conductual muy difundida es lo que Ferster y Skinner (1957) denominan *programas múltiples*. Al organismo se le puede entrenar concurrentemente a responder de la manera apropiada a diversos programas distintos, cada uno de los cuales ocurra muchas veces durante una sesión experimental en alternación

aleatoria con los otros componentes de programa, y cada uno asociado con un estímulo discriminativo diferente, como luces de distintos colores proyectadas desde el fondo sobre la llave de picoteo. Skinner ha entrenado a una paloma hasta en nueve diversas ejecuciones (patrones de picoteo en las llaves) controladas sucesivamente durante la misma sesión por nueve estímulos distintos. Por ejemplo, en un programa múltiple de tres componentes, una paloma podía tener un *IF* 1′ cuando la llave era verde, un *IF* 2′ si era blanca, y un *IF* 4′ cuando era roja, y estos tres componentes en orden aleatorio durante cada 8 minutos. Como los animales tienden a comportarse discriminativamente y de modo apropiado a cada componente del programa, de esta forma podemos trazar una relación funcional para cada individuo; es decir, relacionar las respuestas por reforzamiento con la longitud del *IF*. El procedimiento tiene muchos aspectos recomendables. El problema con el método, que se reconoce con claridad, es que los resultados deben interpretarse con precaución cuando hay *interacciones* claras entre los diversos programas que están controlando sucesivamente a la respuesta. Interacción significa que la ejecución en el programa *A* depende del programa *B*, con el cual se alterna dentro de una sesión experimental. Aunque tales interacciones constituyen por sí mismas un tema interesante (en los fenómenos del contraste conductual), ponen en tela de juicio la interpretación de las relaciones funcionales observadas con el uso de programas múltiples.

Reforzamiento condicionado

El principio del reforzamiento condicionado es el siguiente:

> Un estímulo que originalmente no es reforzante... puede hacerse reforzante mediante la asociación repetida con otro que sí lo es (Keller y Schoenfeld, 1950, pág. 232).

Es decir, mediante el condicionamiento, un estímulo adquiere el poder de actuar como reforzador, lo cual a menudo se designa con expresiones *reforzamiento secundario* o *recompensa adquirida*. Considérese, por ejemplo, la adquisición del poder reforzante de la luz en el experimento siguiente: cuando una rata presiona una barra, se enciende una luz; después de un segundo, una bolita de comida cae en un comedero, y ésta refuerza el presionamiento de la palanca. La luz permanece encendida durante 2 segundos después de la aparición de la comida. Diversos grupos de animales se condicionan de este modo, con 10, 20, 40, 80 y 120 reforzamientos, respectivamente. Después del condicionamiento, la tasa de respuesta se extingue hasta un bajo nivel al hacer que el presionar la palanca no encienda la luz ni proporcione comida. Entonces las contingencias se cambian, de modo que el oprimir la palanca ahora enciende la luz durante un segundo, pero sin entregar alimento. En tales circunstancias las respuestas aparecen otra vez, lo cual demuestra que la luz adquirió propiedades reforzantes. El número de respuestas emitidas en un periodo de 45 minutos se incrementa con el número de pareamientos anteriores de la luz y la comida (Bersh, 1951).

Otros experimentos sugieren que la luz adquirirá propiedades reforzantes secundarias sólo si aparece *antes* del estímulo reforzante, y por esto es una parte de una cadena o un estímulo discriminativo para la respuesta consumatoria (Schoenfeld et al., 1950; Webb y Nolan, 1953).

El siguiente resumen de los puntos esenciales del reforzamiento condicionado pone de manifiesto su importancia sistemática en la conducta operante:

> 1. Un estímulo que ocasiona un reforzamiento o lo acompaña adquiere de allí en adelante valor reforzante propio, y se le puede llamar reforzamiento secundario, condicionado o derivado. Un reforzamiento secundario puede extinguirse cuando se aplica reiteradas veces a una respuesta para la cual no hay un reforzamiento primario último.
> 2. Un reforzamiento secundario es positivo si el reforzamiento con el cual se correlaciona es positivo, y negativo cuando el segundo también lo es.
> 3. Una vez establecido, un reforzamiento secundario es independiente y no específico; no sólo fortalecerá a la misma respuesta que producía al reforzamiento original, sino que también condicionará una respuesta nueva y no relacionada. Además, producirá esos efectos incluso en presencia de un motivo distinto.
> 4. Mediante la generalización, además del correlacionado con el reforzamiento, muchos estímulos adquieren valor reforzante, positivo o negativo (Keller y Schoenfeld, 1950, pág. 260).

Una consecuencia importante del desarrollo del reforzamiento secundario es la aparición de una clase de *reforzadores generalizados* (Skinner, 1953, págs. 77-81). Esta generalización ocurre debido a que algunos reforzadores secundarios tienden a acompañar a una variedad de reforzadores primarios. El dinero constituye una ilustración apropiada, ya que proporciona acceso a la comida, a la bebida, a la protección, a las diversiones, y se convierte así en un reforzador generalizado para una variedad de actividades. Las denominadas necesidades sociales (necesidad de atención, de afecto, de aprobación) conducen a los tipos de conducta persistente que se comprende mejor como consecuencia del reforzamiento intermitente, y los tipos de reforzamiento buscados son los generalizados implicados en las palabras *atención*, *afecto* y *aprobación*. La conducta lingüística, como llamar a los objetos por sus nombres correctos, tiende a ser reforzada por el reforzamiento generalizado de los sujetos que escuchan, quienes muestran de formas indirectas si entienden y aprueban, o no.

Según Skinner, los reforzadores generalizados a la postre son efectivos, aun cuando ya no los acompañen los reforzadores primarios sobre los que se basan (1953, pág. 81).

OTRAS INFLUENCIAS QUE AFECTAN A LA FUERZA OPERANTE

En su esfuerzo por ser descriptivo y positivista. Skinner ha intentado evitar la postulación de intermediarios no observados en sus experimentos, y en su lugar introduce un procedimiento que denomina *análisis funcional*. Éste se refiere a la validez de las relaciones observables y a la manera en que las mismas se modifican en condiciones específicas. Acabamos de reseñar una clase muy importante de eventos en el análisis funcional de la conducta: los reforzamientos y la forma en que su programación afecta a la fuerza operante. El impulso, la emoción y el castigo también son determinantes de la tasa de respuesta en los estudios de condicionamiento; en las siguientes secciones veremos más ampliamente cómo maneja Skinner estos tipos de eventos.

Impulso

Las horas de privación de comida son importantes para determinar la tasa de respuesta de un animal reforzado con alimento. La variable independiente que se traza es exactamente eso: las horas de privación. ¿Es necesario agregar algo más? ¿Es indispensable hablar de las necesidades fisiológicas o del hambre? Antes de abordar la respuesta a esas interrogantes, citemos algunos resultados experimentales típicos.

En un programa de intervalo fijo, ocho ratas aprendieron a presionar una palanca para obtener comida. Practicaban diariamente pero recibían la principal porción de sus raciones alimenticias en días alternados. La correlación entre las respuestas y las horas de privación se mostraban en tasas elevadas, en contraposición a bajas tasas en días sucesivos. Se crearon dos subgrupos y se igualaron de acuerdo con sus tasas de respuesta durante el condicionamiento. Entonces se les extinguió en días alternados: a un grupo cuando su hambre era alta, y al otro cuando era baja. El grupo de hambre elevada producía casi el doble de las respuestas del grupo bajo en periodos de días sucesivos, aunque las dos curvas de extinción mostraban trayectorias similares (Skinner, 1950, págs. 201-202).

¿Afecta la privación el efecto de fortalecimiento de cada reforzamiento, o sólo incide en la tasa de respuesta durante la extinción? En una prueba de estas relaciones, se entrenó a las ratas con reforzamiento después de varios periodos distintos de privación de alimento, desde media hasta 47 horas. Varios subgrupos de animales recibieron entrenamiento de 1, 10 y 30 reforzamientos, respectivamente. Entonces, la fuerza del condicionamiento se comprobaba mediante la resistencia a la extinción, en un nivel común de privación (23 horas). La resistencia a la extinción se correlacionaba con el número de reforzamientos previos, pero no con el nivel de privación durante el entrenamiento (Strassburger, 1950).

Estos estudios bastan para ilustrar los tipos de relaciones entre impulso y condicionamiento operante que se ofrecen a la investigación. En una descripción de los resultados por lo general dudamos entre describir a las ratas como "privadas de comida" o como "hambrientas". Las dos expresiones son operacionalmente equivalentes, aunque cuando asignamos los resultados al "hambre" en lugar de adjudicarlos a las "horas sin alimento", tendemos a implicar una teoría lo que nos remite de nuevo al problema del "impulso" como concepto.

Skinner es muy claro cuando afirma que "impulso" es sólo un conjunto de operaciones (como el retener la comida durante un cierto número de horas o reducir el peso de un organismo hasta un determinado porcentaje de su peso "normal") que tienen un efecto sobre la tasa de respuesta. Se interesa por la validez de estos efectos en varias circunstancias. Critica gran parte de los usos actuales en psicología del concepto "impulso" al argumentar lo siguiente (1953, págs. 144):

> Un impulso no es un estímulo.
> Un impulso no es un estado fisiológico.
> Un impulso no es un estado psíquico.
> Un impulso no es un simple estado de fuerza.

Con estas negativas aclara que no acepta a los estímulos de las contracciones estomacales como prototipo de los impulsos y tampoco a las necesidades fisiológicas, a los placeres o dolores, deseos o apetencias. Para los propósitos del estudio

sistemático de la conducta, la palabra impulso se emplea sólo para reconocer ciertas clases de operación que afectan a la conducta de modo distinto de como lo hace el reforzamiento. Skinner no cree que sea necesario inferir un intermediario (variable interviniente o constructo hipotético) para llevar a cabo el análisis funcional. Los principales argumentos contra este rechazo que Skinner hace del impulso se deben a N. E. Miller (1969), y la lógica de tales "variables intervinientes" ya se examinó en el capítulo 5. Miller señala la parsimonia de postular una variable interviniente como la sed o el hambre cuando debemos resumir un elevado número de relaciones de entradas y salidas, y vincular una cantidad de operaciones independientes inducidas por la sed (t) con un número de conductas relacionadas con la sed (b). En principio, hay $t \times b$ funciones de entrada y salida por determinar. La postulación de una variable interviniente de la sed puede reducir este número que requiere determinación a $t + b$ relaciones funcionales, lo cual demuestra la manera en que la sed (la variable interviniente está relacionada funcionalmente con las variables independientes t y con las variables dependientes b. Miller estableció medios para comprobar esta formulación, y se lamenta de que dispongamos de tan pocas pruebas del "carácter unitario" de la plétora de variables intervinientes que los psicólogos postulan.

Emoción

Así como los impulsos se clasifican impropiamente como estímulos, Skinner afirma que a menudo las emociones se consideran de modo erróneo como respuestas. Llorar al recibir un golpe en la espinilla o por haber perdido en algún juego suele estimarse como una respuesta emocional, pero no se dice lo mismo de llorar por tener una basurilla en el ojo. Se rechaza esta forma de tratar la emoción y se prefiere considerarla como una *relación* entre una situación y una respuesta, lo cual coincide en muchos sentidos con el impulso.

Un ejemplo de esta visión de la emoción se encuentra en el estudio de la *supresión condicionada* o la *respuesta emocional condicionada* (*REC*), un fenómeno que Estes y Skinner (1941) demostraron por primera vez. Se sabe que una descarga eléctrica dolorosa provoca una supresión o cesación de las conductas apetitivas como comer o beber o de las respuestas instrumentales reforzadas por tales consecuencias. Estes y Skinner descubrieron que un estímulo anteriormente neutral que se parea repetidas veces con la descarga, puede entonces ejercer este mismo efecto de supresión sobre cualquier conducta apetitiva en marcha. En un experimento típico se usa una rata hambrienta entrenada para presionar una palanca y obtener reforzamiento alimenticio en un programa de intervalo variable que genera una tasa muy estable de respuesta. Entonces se proporciona una serie de ensayos de condicionamiento pavloviano, durante los cuales se oye un sonido durante 5 minutos, que termina con la descarga eléctrica. Más tarde, después de que el animal ha regresado a una presión estable de palanca en el programa *IV*, el sonido se oye, por ejemplo, durante periodos de 5 minutos, en los cuales el animal a menudo se "congela", reduce su tasa de opresión, se agazapa y muestra signos de una respuesta emocional condicionada. Objetivamente, el sonido ha suprimido la opresión de palanca. Una vez que el evento de sonido-descarga ha concluido, la rata reanuda muy pronto la opresión de la palanca. Estos periodos de tono y de no-tono pueden alternarse repetidas veces durante la sesión experimental. A la postre el

animal oprime la palanca a una tasa más alta que cuando el sonido no se oye, y relativamente poco cuando el sonido sí se oye. El grado de supresión se informa generalmente en términos de una "supresión", como la disminución en la tasa de respuesta causada por el tono, dividida por la tasa de línea base del no-sonido. Este índice varía desde 0 hasta 1, a medida que la supresión controlada por el sonido de la tasa de respuesta varía desde nada hasta la supresión total.

La mayoría de los psicólogos interpretan el resultado como debido a la competencia *motivacional* entre la ansiedad condicionada y los motivos de apetito (Estes, 1969*b*; Stein, 1964). Además, el condicionamiento de la ansiedad por el pareamiento de sonido-descarga se concibe como un paradigma pavloviano o de condicionamiento clásico. Por consiguiente, la razón de supresión proporciona una técnica apropiada para el estudio del condicionamiento clásico, y se ha usado mucho con ese fin (Kamin, 1965; 1969*a*; Rescorla, 1969*b*). De hecho, para muchos propósitos, la razón de supresión puede considerarse como si se tratara de "gotas de saliva" en el condicionamiento de la salivación.

La supresión condicionada constituye sólo un ejemplo de la "emoción", y no es necesario aclarar que hay varios otros. Una reacción emocional muy estudiada (por ejemplo, Ulrichy Azrin, 1962) es la *agresión reflexiva*, o las peleas de animales provocadas por el dolor causado por una descarga eléctrica o un golpe físico (Azrin *et al.*, 1965), o incluso por la frustración resultante del no reforzamiento de una respuesta que antes recibía reforzamiento positivo (Azrin *et al.*, 1966). Al parecer ésta es una respuesta muy extendida, que se encuentra en muchas especies; la agresión no está dirigida discriminativamente, sino que apunta a cualquier objetivo asequible, incluyendo a "inocentes espectadores".

Castigo

En los procedimientos de castigo, un evento aversivo se hace contingente de una respuesta que típicamente tiene alguna fuente previa de fuerza. Skinner observaba que la disposición de la contingencias en el castigo es lo contrario del reforzamiento (aunque los *efectos* no son opuestos). Distinguía dos tipos de castigo: la presentación de un estímulo aversivo o desagradable, como una descarga eléctrica; y la eliminación de un reforzador positivo. La segunda forma del castigo es común en las modalidades de multas, detención o proscripción en las cuales, el sujeto pierde algo de valor o se le retira un privilegio.

Las opiniones de Skinner en torno al castigo han sido revisadas en el transcurso de los años. En algunos de sus estudios iniciales (Skiner, 1938, pág. 154) utilizaba un castigo leve (la palanca le daba un palmetazo a la pata de la rata cuando ésta la presionaba), y concluyó que el castigo era un medio un tanto ineficaz para producir algún cambio permanente en la conducta. Se afirmaba que el castigo tenía un efecto supresivo sobre la conducta mientras permanecía en aplicación, pero cuando se eliminaba, se "recuperaba" la respuesta anterior, que se emitía casi tanto como durante la extinción de una respuesta no castigada. Esta interpretación de que el castigo es relativamente ineficaz para alterar la conducta se ha mencionado mucho y se ha esgrimido en varios argumentos de carácter más liberal relacionados con aplicaciones prácticas de modificación de la conducta.

La prescripción consistía en emplear sólo el reforzamiento positivo, ya que los castigos eran ineficaces y sólo tenían nocivos efectos secundarios. Pero vista

retrospectivamente la interpretación es algo extraña. Con esta lógica, podríamos afirmar que el reforzamiento positivo es ineficaz, "sólo temporal sin efectos duraderos", porque la respuesta se extingue cuando se retira el reforzamiento. Otros estudios y análisis del castigo dirigidos por Azrin y Holz (1966) muestran lo eficaz que el mismo puede ser para suprimir la conducta apetitiva, cómo varía de manera válida con los parámetros del castigo y cómo se recupera la conducta después de que se elimina el castigo y continúa el reforzamiento. Azrin y Holz resumieron sus numerosas investigaciones en los siguientes términos:

> Se hará una breve síntesis de algunas de las circunstancias que se ha descubierto elevan al máximo su efectividad: 1. El estímulo de castigo deberá disponerse de tal modo que no sea posible ningún escape no autorizado, 2. El estímulo de castigo habrá de ser tan intenso como sea posible, 3. La frecuencia del castigo tiene que ser tan elevada como sea factible, 4. El estímulo de castigo deberá suministrarse inmediatamente después de la respuesta, 5. El estímulo de castigo no se incrementará gradualmente, sino que se introducirá a su intensidad máxima, 6. Deben evitarse los periodos largos de castigo, en especial en lo que se refiere a las intensidades bajas de castigo, ya que el efecto de recuperación puede ocurrir por allí. Cuando se usen intensidades suaves de castigo, es mejor emplearlas sólo durante un breve lapso, 7. Debe tenerse mucho cuidado de verificar que el suministro del estímulo de castigo no esté asociado diferencialmente con la entrega del reforzamiento. De otro modo, el estímulo de castigo puede adquirir propiedades reforzantes condicionadas, 8. La entrega del estímulo de castigo debe convertirse en una señal o estímulo discriminativo de que un periodo de extinción está en marcha, 9. El grado de motivación para emitir la respuesta castigada debe disminuirse, 10. La frecuencia del reforzamiento positivo para la respuesta castigada se reducirá de modo similar, 11. Deberá estar disponible una respuesta alternativa, y producirá el mismo reforzamiento o uno mayor que la respuesta castigada. Por ejemplo, cabe esperar que el castigo del comportamiento delictivo sea más efectivo si la conducta no delictiva que da lugar a las mismas ventajas, está disponible, 12. Si no hay ninguna respuesta alternativa disponible, el sujeto debe tener acceso a una situación diferente en la cual obtenga el mismo reforzamiento sin ser castigado, 13. Si no es posible suministrar el estímulo mismo de castigo después de una respuesta, todavía existe un método efectivo de castigo. Un estímulo condicionado puede estar asociado con el estímulo aversivo, y aquél puede proporcionarse a continuación de una respuesta a fin de lograr el castigo condicionado, 14. Una reducción del reforzamiento positivo puede utilizarse como castigo cuando por razones prácticas, legales o morales, no es posible usar el castigo físico. En tales situaciones, el castigo por eliminación del reforzamiento positivo puede lograrse al disponer un periodo de frecuencia reducida de reforzamiento (tiempo fuera), o al arreglar una disminución del reforzamiento condicionado (costo de respuesta). Ambos métodos requieren que el sujeto tenga un nivel elevado de reforzamiento para comenzar; de otra forma, ninguna eliminación del reforzamiento es posible. Si ha de emplearse el castigo no físico, es conveniente proporcionar al sujeto una historia sustancial de reforzamiento, a fin de darle la oportunidad para la retirada del reforzamiento como castigo por las respuestas indeseables (1966, págs. 426-427).

Como consecuencia de muchos estudios, los skinnerianos (Azrin y Holz, 1966; Dinsmoor, 1954, 1955) terminaron por interpretar los efectos del castigo en términos similares a los de Mowrer y Miller, que hemos visto en el capítulo 5. Se presupone que el estímulo aversivo de castigo convierte la retroalimentación propioceptiva de la respuesta castigada en un "estímulo aversivo condicionado", de modo que cuando la respuesta comience a ocurrir, la retroalimentación de los movimientos incipientes es aversiva y, por lo tanto, se interrumpe la respuesta. Este

punto de vista ha originado cierto desencanto (véase Herrnstein, 1969; Schoenfeld, 1970), pero no nos detendremos a analizar esos desarrollos.

TÉCNICA DE LABORATORIO

La fuente de principios sustantivos en un área de conocimiento científico puede convertirse en un método o técnica para otra. Así, el transistor interesa al físico por lo que implica acerca de la física del estado sólido; pero es una bendición tecnológica para quienes se dedican a construir audífonos o radios de bolsillo. De modo similar, el condicionamiento operante resulta muy útil como metodología confiable para el control de la conducta. Asociado con los métodos del condicionamiento operante, existe un conjunto de diseños experimentales que recalcan el análisis conductual de los sujetos individuales.

Diseños de investigación de un solo sujeto

El diseño de investigación tradicional destaca la comparación de un grupo de sujetos que recibe tratamiento experimental con un grupo control que no recibe ninguno. La variabilidad de un efecto de tratamiento a través de los sujetos es lo que motiva el usual interés por las estadísticas de muestreo y las pruebas de significación de una *hipótesis de nulidad*. El objetivo consiste en probar que, en promedio, los sujetos tratados muestran una ejecución distinta de los del grupo control. Skinner y sus seguidores le han restado importancia a las estadísticas de grupo y más bien abocan a controlar la conducta de organismos individuales a medida que pasan por ciclos en los diversos tratamientos experimentales. Los condicionadores operantes desarrollaron tres diferentes diseños de investigación que pueden utilizarse para estudiar la efectividad de los tratamientos con un solo sujeto: el diseño de reversión, líneas base múltiples y programas múltiples.

Diseño de reversión

Consiste en evaluar una condición de aprendizaje o reforzamiento al aplicarla durante un tiempo para observar cómo cambia la conducta contingente por encima de la tasa de línea base, y eliminar entonces la condición de reforzamiento para ver si la conducta retorna ("se revierte") a la línea base. El método se esquematiza en la parte superior de la figura 7.5, con el ejemplo de un niño problema en la escuela primaria, que raras veces hace los ejercicios de matemáticas en su cuaderno cuando se le ordena. Durante el registro inicial de línea base, el niño termina alrededor de dos problemas breves de adición en una sesión de matemáticas de 30 minutos. Así, se instituye un sistema de puntos, en el cual el niño recibe un punto por cada problema resuelto, y la oportunidad de convertir esos puntos en recompensas tangibles equivalentes (por ejemplo, caramelos) al final de cada lección. El programa de recompensa incrementa la tasa de solución de problemas durante varios días. Entonces, en la fase de reversión se eliminan el sistema de puntos y los reforzadores de apoyo, y no se sustituyen por ningún otro reforzador para cada problema de matemáticas. Esto da lugar a una rápida disminución en el número de problemas solucionados por día, para regresar casi a la línea base original.

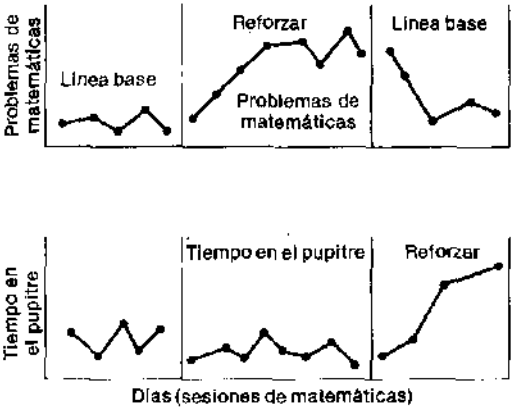


Figura 7.5. El cuadro superior describe las tres fases de un diseño de reversión, donde un sistema de reforzamiento incrementa la tasa de resolución de problemas de matemáticas de *un niño*. El cuadro inferior, en conjunción con el superior, ilustra la línea base múltiple, con las dos diferentes respuestas reforzadas en distintos puntos del experimento.

En este caso, por razones prácticas el maestro debería reinstalar el sistema de reforzamiento para el trabajo de matemáticas, a fin de retornar a una tasa alta. La lógica del diseño es que mediante la reversión podemos tener cierta seguridad de que nuestro tratamiento fue responsable (causal) del cambio conductual, en vez de que éste fuera ocasionado por factores extraños, como el paso del tiempo. El paradigma es poner en marcha el tratamiento, lograr la conducta; retirar el tratamiento, la conducta desaparece. El diseño de reversión no siempre es adecuado (por ejemplo, un médico clínico no revertiría un síntoma neurótico eliminado mediante algún tratamiento conductual), pero constituye una herramienta sencilla y poderosa cuando resulta apropiada y si la conducta del individuo es lo bastante confiable.

Línea base múltiple

Otra forma de descartar influencias extrañas al evaluar la efectividad de algún tratamiento de reforzamiento consiste en registrar varias conductas diferentes (*líneas base*) de un solo sujeto, e introducir las contingencias de reforzamiento una por una y por separado en distintos momentos para cada conducta de línea base. El procedimiento general se esquematiza al comparar los dos cuadros de la figura 7.5. Supóngase que durante la sesión de matemáticas este niño problema también pasa mucho tiempo fuera de su lugar, camina por el salón de clases, se sienta en los pupitres de sus compañeros, etcétera. Supóngase también que el maestro quiere que el niño trabaje en su propio escritorio y que no distraiga a los demás alumnos. Decide medir el tiempo que el niño permanece en su pupitre durante la lección de matemáticas de 30 minutos. Tales periodos se encuentran en un rango bajo durante las primeras dos fases del experimento, y siguen igual cuando el reforzamiento se instituye por terminar problemas de matemáticas. El hecho de que en la segunda fase la conducta reforzada (parte superior) se incremente mientras la otra conducta (parte inferior) no aumente, indica que el reforzamiento resulta efectivo y que su influencia es específica para la conducta que la produce. Significa también que las dos mediciones de respuesta son relativamente independientes, en el sentido de que una conducta cambia su tasa en tanto que la otra no muestra ningún efecto. En la tercera fase representada en la figura 7.5 (cuadro inferior) se

observa lo que sucede cuando el reforzamiento social (atención y elogio por parte del maestro) se hace contingente para que el niño se siente en su pupitre y trabaje. El permanecer sentado durante más tiempo, indica que el reforzador social es eficaz para esa conducta. Los diseños de línea base múltiple como éste pueden utilizarse con tantas conductas como el experimentador desee registrar y rastrear. Si la conducta a cambiar es indeseable, entonces resulta ventajoso el uso de un diseño de línea base múltiple, ya que permite hacer inferencias causales (acerca de los efectos del tratamiento), incluso sin la reversión del cambio conductual.

Programas múltiples

Como hemos dicho, un programa múltiple se refiere a las circunstancias en que ocurren varios estímulos distintos dentro de una sesión experimental, cada uno de ellos asociado con una diversa condición de reforzamiento. Por ejemplo, los programas de reforzamiento diferentes podrían estar vigentes cuando la llave en una caja de palomas se ilumina en orden aleatorio con luces rojas, amarillas o verdes, cada componente durante 5 minutos. Como el animal responde a cada componente de acuerdo con su programa, el arreglo permite que el experimentador trace una función paramétrica completa para cada sujeto. Así, durante una sesión (asintótica) el experimentador sería capaz de trazar una tasa de estado estable de respuesta a un estímulo como una función de, por ejemplo, la tasa de reforzamiento en ese estímulo, o su tasa relativa a la tasa de reforzamiento promedio general. Así, con un solo sujeto en una sesión puede obtenerse una función conductual completa.

Procedimientos de la observación de campo

Debido a su frecuente interés en la aplicación de los principios del aprendizaje a las metas prácticas en las situaciones de campo, los psicólogos skinnerianos han desarrollado un confiable conjunto de técnicas para la observación y el registro de conductas problemáticas por modificar. Los psicólogos a menudo tratan con niños y adultos con problemas de ajuste en situaciones laborales, interacciones familiares, salones de clases, guarderías infantiles, o en las salas de los hospitales para enfermos mentales. Estos profesionales tienen la necesidad de crear un método para medir discretamente la tasa de ocurrencia de cierta conducta relevante en esa situación y diseñar entonces un programa para modificar esa conducta hacia metas más deseables, sin desorganizar totalmente el ambiente. Estos procedimientos de evaluación de la conducta se verán en el capítulo 9, en ocasión de examinar las aplicaciones de las ideas de la modificación de la conducta. Sin lugar a dudas, ésta es una de las contribuciones más concretas y valiosas de Skinner y sus seguidores a la psicología aplicada.

Usos de la respuesta de línea base estable

La repetibilidad y estabilidad de los datos de la ejecución se cuentan entre las características más atractivas del enfoque de Skinner del análisis experimental. El analista conductual generalmente controla circunstancias en las que pueden observarse muchos miles de respuestas y donde las tasas promedio de respuesta se ha-

cen muy estables y susceptibles de reproducción. Asimismo, al sujeto se le puede cambiar repetidas veces múltiples condiciones de reforzamiento y usualmente recupera los mismos niveles de ejecución al retornar a la misma condición de reforzamiento. La regularidad y estabilidad de la conducta de estado estable de los organismos individuales atestigua el perfeccionamiento de los controles experimentales, la constancia de la motivación y el poder de control de las contingencias de reforzamiento. Por supuesto, esos datos regulares tan envidiables se recaban en estado estable, por lo común después de que el animal ha tenido muchas horas (o miles de ensayos) de entrenamiento para ajustarse a cada condición de reforzamiento. Por el contrario otros psicólogos se interesan en el *aprendizaje*, en el proceso que genera un cambio o transición desde una tasa de respuesta inicial a una terminal, y esta transición frecuentemente ocurre con rapidez. Además, quizá nunca sea exactamente repetible, ya que los hábitos del animal se transferirán para ayudarlo en caso de que se le haga aprender la misma tarea. Sin embargo, para muchas cuestiones prácticas el interés puede centrarse en la manera en que un tratamiento afecta la ejecución asintótica (o motivación), no al aprendizaje transitorio, motivo por el cual se usan mucho los métodos de operante libre.

Una aplicación que interesa al psicólogo experimental es la de la psicofísica animal. Mediante métodos operantes es posible producir curvas de sensibilidad visual para las palomas, que muestran el curso de adaptación a la oscuridad con toda la precisión de la experimentación con sujetos humanos entrenados (Blough, 1961). Puede investigarse una serie de fenómenos perceptuales con animales, incluyendo las ilusiones visuales, los efectos del nivel de adaptación, la constancia del tamaño, etc. (Blough, 1966).

Otra aplicación muy difundida es en el campo de las pruebas con drogas. Como las tasas de respuesta que se registran en la situación estándar de condicionamiento operante son muy sensibles a la influencia de tales sustancias, estos métodos son útiles para calibrar experimentos en farmacología. Así, por ejemplo, la mayor parte de las drogas y medicamentos nuevos que hoy en día recibimos ya han sido examinados mediante extensivas pruebas con animales (generalmente en tareas de condicionamiento operante), a fin de verificar efectos secundarios indeseables sobre la conducta. Las técnicas del control conductual también son muy populares entre los psicólogos fisiológicos, y por medio de ellas evalúan los efectos de reforzamiento o motivación de la estimulación eléctrica o química del cerebro, las alteraciones conductuales (por ejemplo, comer en exceso) causados por lesiones neurológicas (como lesiones hipotalámicas), etcétera.

Muchos científicos que comprueban teorías que se apartan considerablemente de las de Skinner reconocen la gran aplicabilidad de las técnicas asociadas con el control del estímulo y las contingencias de reforzamiento. Así gran parte del trabajo actual en el aprendizaje y la motivación animal aplica la técnica skinneriana. Un volumen editado por Honig (1966) muestra las numerosas aplicaciones del método en el estudio de diversos temas psicológicos y fisiológicos. Puede decirse que entre los estudiosos estadounidenses del comportamiento animal, la caja de Skinner ha desplazado al laberinto.

Instrucción programada

En 1954 Skinner se enfrascó en una serie de investigaciones e invenciones diseñadas para aumentar la eficiencia de la enseñanza de la artimética, la lectura, la

ortografía y otros temas escolares, mediante el uso de un dispositivo mecánico que hacía ciertas cosas mucho mejor que el maestro usual, mientras que le dejaba a éste las tareas en las que podía desempeñarse con mayor eficacia. Una primera forma del dispositivo presentaba numerosas combinaciones para la enseñanza de la adición. El niño marcaba su respuesta en el teclado de una especie de máquina de sumar; si la respuesta era correcta, el reforzamiento correspondiente se señalaba por el hecho de que la máquina pasaba al problema siguiente. Esto es funcionalmente lo mismo que sucede cuando a continuación de la respuesta del estudiante, el profesor la califica con un *correcto*. Skinner ya había señalado que ningún maestro puede ser un reforzador tan discriminativo y de tan rápida respuesta como la máquina, pues no le es posible estar con todos los niños de la clase a la vez, estimulando sus respuestas apropiadas y corrigiendo las erróneas. Además, probablemente el maestro no esté capacitado para establecer el orden y la tasa de presentación adecuada de los problemas, como se han determinado en los estudios empíricos del material de estudio.

Los dispositivos de Skinner y otros basados en ellos se calificaron muy pronto como *máquinas de enseñanza* o *dispositivos de autoinstrucción*, y los materiales que se convirtieron en la base para la instrucción se denominaron *programas*. Algunos comenzaron a aparecer como libros programados (por ejemplo, Holland y Skinner, 1961).

Un importante sumario de los artículos de Skinner aparecido en 1958 catalizó el interés acumulado, y la *instrucción programada* se convirtió en una gran empresa educativa y comercial que florece aún hoy en día. (El aprendizaje programado se verá en detalle en el capítulo 15). Los temas educativos esenciales para Skinner eran los siguientes:

1. Obtener una especificación clara, detallada y objetiva de lo que significa "conocer" el tema de estudio; para el autor, esto consiste en una lista detallada de conexiones de estímulo y respuesta formuladas en terminos de preguntas y respuestas, o temas y comentarios.
2. Escribir una serie de *cuadros* de estímulo (pregunta) — respuesta (contestación) que expongan el material en pasos graduados de dificultad creciente, y que con frecuencia comprueben el mismo dato desde muchos ángulos distintos.
3. Es necesario que el estudiante esté activo: por ejemplo, se requiere que elabore una respuesta para cada cuadro del programa.
4. Proporcionar retroalimentación inmediata para cada respuesta (contestación).
5. Tratar de disponer las preguntas de tal modo que la respuesta correcta tenga grandes probabilidades de ocurrir y de ser reforzada; así, se evitan los errores y el aprendizaje no va compañado de fracasos frustrantes o punitivos.
6. Permitir que cada estudiante avance en el programa de enseñanza a su propio ritmo.
7. Proporcionar diversos reforzadores de apoyo (elogio, méritos, fichas) para el trabajo diligente y efectivo.

Aunque Skinner creía que la razón fundamental de estas proposiciones derivaba de los principios del condicionamiento operante, sus interpretaciones teóricas fueron motivo de ciertas polémicas. Cualquiera que sea el veredicto en lo que respecta a la esencia de la instrucción programada, no hay duda de que el resurgi-

miento del interés desde la década de los cincuenta se debió a Skinner, y tampoco hay duda de que desarrolló sus métodos a partir de un esfuerzo por generalizar a la educación lo que había aprendido en el laboratorio a través del estudio del condicionamiento operante.

El entrenamiento del retrasado mental

Los psicólogos avezados en las técnicas skinnerianas también figuran a la vanguardia del trabajo en la educación de los retrasados mentales (leves y severos) y de las personas incapacitadas. El hecho de adjudicar los problemas de una persona retrasada a un "desequilibrio neurológico" no ayuda a remediar su situación. La orientación skinneriana se centra en deficiencias conductuales específicas, pregunta por las cadenas específicas de respuesta que han de ser entrenadas (por ejemplo, vestirse), en qué unidades menores es posible descomponerlas, y cómo pueden entrenarse por separado esas pequeñas partes de conducta.

Así, a un niño retrasado se le pueden enseñar los rudimentos de la computación al hacer que:

a) Preste atención al maestro y trabaje en la tarea.
b) Señale objetos simples que se muestran en una pantalla.
c) Paree dos conjuntos de objetos para verificar si tienen el mismo número.
d) Nombre los números con los dedos (hay rótulos con el número en cada dedo, de izquierda a derecha).
e) Paree los dedos con objetos en un conjunto a contar, que también se contará en voz alta.
f) Paree números sucesivos (proporcionados en bloques) con objetos a contar.
g) Contar en voz alta, y después en silencio, a medida que parea números con objetos.

El lector se sorprenderá de los numerosos pasos que pueden incluirse en un plan de entrenamiento, pero a menudo se requieren muchos para descomponer la habilidad que habrá de aprenderse, y es necesario apoyarse en sostenes parciales. Mediante esa programación de habilidades, a las personas incapacitadas se les entrena para que ejecuten tareas simples, e incluso complejas, que antes parecían imposibles de realizar (véanse las reseñas de Birnbrauer, 1976; y de Lovaas y Newsom, 1976). En el entrenamiento de niños retrasados o psicóticos preocupa mucho su escasa habilidad lingüística, que frecuentemente es nula. Por lo tanto, muchos programas educativos se emprenden exclusivamente para enseñarles al menos los rudimentos del lenguaje receptivo (escuchar) y productivo (hablar).

Conducta verbal

El lenguaje es lo que distingue con mayor claridad a la conducta humana de la de los demás mamíferos. El conocimiento acerca de la forma en que adquirimos el lenguaje y la manera en que lo usamos es esencial para entender el aprendizaje humano. Skinner ha manifestado gran interés por la conducta verbal. En 1936 grabó

un disco que contenía agrupaciones fortuitas de sonidos del habla, los cuales, por ser aleatorios, carecían de significado. El disco, llamado "sumador verbal", se utilizaba para estudiar las palabras que el sujeto que escuchaba "leía dentro" de los sonidos. Se trata de un tipo de técnica proyectiva, similar a las manchas de tinta usadas en el campo visual (Skinner, 1936). En pocos años Skinner informó de estudios de asociación de palabras, aliteración y otros tipos de patrones de sonido (Skinner, 1937*b*; Cook y Skinner, 1939). Sus conferencias acerca de William James, dictadas en la Universidad de Harvard en 1948, aparecieron en una versión revisada que se titula *Verbal behavior* (1957), texto en el cual enfoca a la conducta verbal como un problema empírico.

El punto central del análisis es que los sonidos del habla se emiten (y se refuerzan) como cualquier otro sector de la conducta. Algunas de las articulaciones del habla exigen algo de quien las escucha y son reforzadas cuando esta persona accede. La articulación de un niño "leche, por favor" se refuerza cuando el padre obedece y le proporciona la leche. Esta función (denominada de *mando*) aparece muy pronto en la conducta lingüística del niño. Una segunda función se refiere en gran parte a la asignación de nombre a los estímulos discriminativos (la función de *tacto*). En el "juego de palabra original", que el niño juega constantemente con sus padres y con otras personas en su comunidad verbal surge un repertorio de nombres: "¿qué es eso?"; "es un automóvil". "¿Es esto un automóvil?"; "no, es un camión", y así sucesivamente. Como los objetos y los sucesos son multifacéticos, la adquisición de tacto generalmente requiere de la discriminación, donde el mismo tacto se refuerza para la característica relevante, a pesar de la variación en las características irrelevantes. Así, el tacto *rojo* termina por ser controlado por el color de las manzanas rojas, los automóviles rojos, los vestidos rojos, etcétra. Esta es en verdad una forma elíptica de hablar. la expresión "rojo" está de hecho controlada por un complejo de estímulos, incluyendo el objeto (o nuestro "recuerdo" del mismo), y una demanda de nombrar su *color* en vez de aludir a su forma o sabor agradables, etcétera. La abstracción o generalización significa que un tacto se ha puesto bajo el control de una sola propiedad de una clase de objetos complejos. Así, el concepto de *objeto afilado* puede aprenderse mediante la experiencia con hojas de rasurar, cuchillos y objetos similares. Además, la adquisición de una nueva regla como "Los objetos afilados pueden cortarte; debes evitarlos", mediará cambios inmediatos en las respuestas a un rango de estímulos que provocan la misma denominación. Aquellas respuestas de evitación aparecerán frente a nuevos patrones de estímulo (por ejemplo, vidrios rotos, sables) que la comunidad califica de "filosos".

Un tercer concepto introducido por Skinner es el de la *conducta autoclítica* —su denominación para la conducta verbal—, que consiste en un comentario o descripción, que hacemos nosotros mismos, de otra conducta verbal (1957, pág. 315). Por lo común, la persona que habla se refiere en parte, a su propio papel cuando emite conducta autoclítica. "Yo estaba a punto de decir...", "yo no creo que...", "dudaría en considerarlo un embustero...", "Juan *no* lo hizo...", son ejemplos de conducta autoclítica. Así, las autoclíticas pueden comentar otras respuestas verbales a las que acompañan, especificar la fuerza de esa conducta, o identificar el efecto sobre la persona que habla acerca del hecho estipulado (como en "yo estaba encantado de ...", "felizmente, él..."), o negar la verdad de una aseveración.

El ordenamiento de palabras es otra gran clase de fenómenos autoclíticos. Tradicionalmente denominados reglas gramaticales, usan lo que Skinner llama contextos autoclíticos parcialmente condicionados (1957, pág. 336). A continuación del aprendizaje de tales contextos de posesión, como "el perro de la señorita", "el automóvil de la señorita", y "el automóvil del hombre", la primera aparición de perro con hombre puede tactuarse como "el perro del hombre", al tactuar los objetos y su relación utilizando el contexto posesivo. Se propone que marcos similares de posición de palabras son aplicables al ordenamiento de relaciones tactuadas de adjetivo-sustantivo y relaciones de actor-acción. Éstas son, por supuesto, las bases de la predicación, que es una función primaria del lenguaje. Braine (1963) y Staats (1968) desarrollan esta opinión de que la información acerca de la estructura sintáctica se refiere fundamentalmente a las propiedades gramaticales de *localizaciones* dentro de contextos de oraciones (por ejemplo, la primera posición en una oración aseverativa es a menudo un determinante, la segunda un sustantivo, etc.). Así, la relación sintáctica entre palabras proporcionada por un ordenamiento nuevo ("el gato de la señorita" versus "la señorita del gato") controla la interpretación correcta debido a la generalización contextual de la función de las palabras que llenan ciertas aberturas en el marco. Esto da lugar a cierto grado de productividad generativa en el sentido de que permite al niño entender nuevas combinaciones y ordenamientos de palabras. Braine (1963) informa de varios experimentos positivos con niños, y Staats (1968) señala otros. Premack (1969) y Gardner y Gardner (1971) han utilizado estos principios para construir un considerable repertorio lingüístico de signos manuales en los chimpancés, que operan como señales de comunicación con sus entrenadores.

Sin embargo, el libro de Skinner *Verbal behavior* no ha ejercido gran influencia en la mayor parte de los análisis del lenguaje humano. Esto puede obedecer a que no fue muy bien recibido por los lingüistas (Chomsky, 1959, le dirigió una crítica connotada e implacable). Debido en gran medida a los análisis lingüísticos de este último, los modernos estudios de la gramática y del lenguaje se han desarrollado mucho más allá de las sugerencias relativamente imprecisas de Skinner. Asimismo, la noción de la generalización contextual fue criticada por su incapacidad de principio para explicar gran parte de las formas de la productividad lingüística (Bever, Fodor, y Weksel, 1965*a*, 1965*b*). La mayoría de los psicólogos que estudiaban el lenguaje aceptaron estos argumentos, y por eso en la actualidad se investigan otros modelos de ejecución del aprendizaje de la sintaxis. Se han hecho varios intentos para resucitar el análisis de Skinner de la conducta verbal, como teoría de ejecución que compensara la experimentación seria (MacCorquodale, 1969; Segal, 1977; Winokur, 1976). La explicación que Skinner proporciona acerca de la sintaxis y su adquisición es indudablemente la parte más débil de su análisis, mientras que el análisis gramatical es el lado fuerte de la lingüística moderna.

Algunas funciones de las respuestas verbales

De acuerdo con la posición conductista, la conducta verbal consiste en respuestas bajo control de estímulo y con consecuencias de estímulo. Pero estas conductas pueden prestar diversos servicios al organismo. Muchos psicólogos *E-R* (Dollard y Miller, 1950; Skinner, 1953; Staats y Staats, 1963) se han interesado en establecer varias de esas funciones.

Veamos algunos de los papeles de las respuestas verbales en un análisis *E-R*. Las etiquetas y expresiones verbales pueden usarse como estímulos discriminativos para nuestra propia conducta y para la de otros (como cuando gritamos: "corran, fuego", o "deja eso"); se les puede utilizar como estímulos reforzantes para nuestra propia conducta y para la de otros ("correcto", o "equivocado"); y para proporcionar incentivo anticipatorio o estímulos motivadores (como cuando decimos "mañana me pagarán por este trabajo" u "hoy me pagarán por el trabajo que hice ayer"). Además, las secuencias de respuestas productoras de indicios que son paralelas a alguna secuencia de evento externo pueden ensayarse verbalmente para fortalecer la cadena, con lo cual "se recuerda" una secuencia de evento externo o una proposición verbal. Asimismo, las cadenas de respuestas productoras de indicios (palabras u oraciones) se seleccionan y se emplean de manera pertinente para resolver problemas.

Un típico análisis *E-R* de la resolución de problemas es el que ofrecen Staats y Staats (1963, pág. 204) al interpretar un experimento de Judson, Cofer y Gelfand (1966). Se dio a los sujetos el problema de las dos cuerdas, de Maier, para que lo resolvieran; se trata de una habitación vacía con dos cuerdas que penden varios centímetros del techo y se encuentran muy, separados. El trabajo del sujeto consiste en anudar ambas cuerdas, que están demasiado alejadas para que aquél sostenga una y alcance la otra. Sin embargo, la otra cuerda puede tomarse si se tensa y se le hace mover como un péndulo. Por consiguiente, la solución requiere que se anude cualquier objeto asequible en el extremo de una cuerda, y se le haga mover como un péndulo en dirección de la otra cuerda, lo cual permite que la persona tome ambas cuerdas y las anude.

En su experimento, Judson, Cofer y Gelfand demostraron que la solución de este problema se facilitaba si a los sujetos se les enseñaba primero una lista serial verbal, en la cual las palabras *cuerda-balanceo-péndulo* aparecieran en ese orden. En su reconstrucción de este experimento. Staats y Staats usaron el diagrama que aparece en la figura 7.6, e identificaron tres aspectos de la conducta general. Primero se encuentra el "tacto" (rótulo) discriminativo de la situación problemática en términos de un estímulo relevante (prestar atención a, y decir "cuerda"). En segundo lugar, está la corrida de la secuencia de respuesta verbal que se aprendió antes, *cuerda-balanceo-péndulo*, la cual se hace asequible a los sujetos experimentales mediante la tarea previa de aprendizaje verbal, mientras que es menos accesible para los sujetos de control. En tercer lugar, están las conductas instrumentales de hacer un péndulo, que se indican por el indicio implícito de decir *péndulo*.

La solución al problema puede fallar si se carece de cualquiera de estos componentes; es posible que la persona preste atención a características irrelevantes de la situación problemática, o tal vez observe la cuerda pero no piense que puede usarse como un péndulo; quizá recite la cadena verbal pero no sepa qué es un *péndulo* o desconozca cómo hacerlo. Estos componentes se identifican aquí de una forma un tanto burda; sin lugar a dudas, requieren de un análisis funcional mucho más profundo (por ejemplo, *¿por qué* la persona, después de decir *péndulo*, se detiene y construye uno en lugar de continuar con sus cadenas verbales asociativas?). Staats y Staats creen que este análisis perfeccionado puede llevarse a cabo, e ilustran el tema con diversos casos hipotéticos (véase también Staats, 1968). Sin embargo, desde el punto de vista de otros investigadores que trabajan en la resolución de problemas complejos (por ejemplo, Newell y Simon, 1972), es-

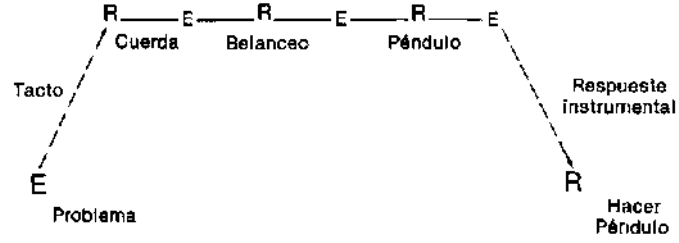


Figura 7.6. Representación esquemática de una secuencia de resolución de problemas. La situación problema es tactuada; entonces ocurre una cadena verbal, que conduce a un estímulo implícito que controla la ocurrencia de la respuesta correcta, la cual soluciona el problema (tomada de Staats y Staats, 1963).

te tipo de análisis es demasiado simplificado e ignora la gran cantidad de búsquedas infructuosas entre posibilidades irrelevantes, así como los medios para dirigir el proceso de búsqueda a lo largo de senderos ("cadenas asociativas") con probabilidades de llevar al éxito. Este tema se verá con mayor profundidad en el capítulo 12.

Autoatribución y conocimiento de sí mismo

Tal vez Skinner se ha preocupado más que cualquier otro conductista por la manera en que los individuos llegan a conocerse a sí mismos, cómo se hacen conscientes de sus sentimientos y de otros eventos privados que ocurren en su interior. Según Skinner, "el ser consciente de ciertos sentimientos" es un tipo especial de estado de preparación para verbalizar o actuar sobre un complejo de estímulos (internos y externos), que son discriminativos para ese sentimiento. Así, cuando digo "me duele una muela", califico un estímulo interno particular; cuando digo "siento rabia" repito un juicio anterior (por ejemplo, en relación con actos específicos) acerca de mí, hecho por mí mismo o por otros.

Al discutir el "juego original de palabras" mencionamos cómo es que el niño aprende tactos (rotulaciones verbales) para los objetos y eventos mediante el reforzamiento discriminativo proporcionado por una comunidad verbal. La misma comunidad puede entrenar a un niño para que describa su propia conducta; por ejemplo, se podría entrenar a un pequeño para que informara "me he orinado en los pantalones", "le pegué al gato", o "estoy comiendo mucho". El problema surge cuando la comunidad intenta enseñarle a rotular cuentos privados, estímulos internos o sentimientos. Los eventos privados afectan exclusivamente al que los experimenta; entonces ¿cómo sabe la comunidad cuándo señalar y nombrar al evento?

Al enseñar a un niño a describir el dolor, por ejemplo, un observador debe enseñarle el rótulo en el momento en que los estímulos críticos lo afecten. La comunidad verbal identifica estos momentos críticos con base en los estímulos observables que afectan al niño (por ejemplo, éste se golpea en la cabeza), o a partir de su conducta (llora y se frota la cabeza). Una descripción como "eso es doloroso" o "eso duele" podrá establecerse entonces en su repertorio si el observador dice "ay, eso es doloroso; sé que debe doler", al ver que el niño se golpea en la cabe-

za y llora; más adelante, el pequeño imitará y usará esa descripción para golpes y magulladuras similares. Una vez establecida, esta respuesta verbal se generalizará a una gran clase de eventos dolorosos que producen estímulos internos similares. Skinner identifica otras dos formas menores de aprender descripciones de eventos privados. Una, cuando he aprendido a describir mi conducta manifiesta (por ejemplo, mi propia habla), pero esa conducta entonces se vuelve cubierta; a continuación de una secuencia verbal cubierta puedo decir: "he estado pensando que...", o algo semejante. Otra manera de aprender descripciones de eventos privados es mediante las extensiones o analogías metafóricas, como cuando entendemos y aplicamos con rapidez expresiones como "mariposas en el estómago" para aludir al susto, "revolverse por dentro" para la cólera, y "pinchazos" o "burbujas" para un pie que se ha dormido. Pero éstos son métodos menores que cubren pocos casos; los principales medios para aprender términos autodescriptivos se dan cuando el padre infiere lo que sucede dentro del niño y lo rotula.

Estos recursos de la comunidad para enseñar al niño un repertorio autodescriptivo son relativamente pobres comparados con los que se emplean en el entrenamiento de las etiquetas discriminativas muy bien afinadas de los estímulos públicamente asequibles. Pero entonces el resultado a menudo es inadecuado. El individuo, así como la comunidad, generalmente tiene un conocimiento erróneo o inadecuado de sus estados internos. Por ejemplo, puede ser que una persona nunca aprenda a calificar los músculos de su cuello como "tensos" o las palmas de sus manos como "húmedas"; de modo similar, la comunidad nunca sabe cuándo informar confiadamente de un "dolor de cabeza" o de una "descompostura de estómago", cuando se usan como excusa con un valor instrumental obvio (como en la enfermedad simulada). Las identificaciones internas que no nos han enseñado son aquellas que somos incapaces de hacer y de las cuales somos "inconscientes". La investigación en la retroalimentación de mediciones fisiológicas como el electroencefalograma (*EEG* u "ondas cerebrales") y el electromiógrafo (*EMG* o "tensión muscular") tiene un gran potencial, ya que tales recursos hacen públicas algunas mediciones generales de lo que de otra forma serían eventos o estados exclusivamente privados; las respuestas que contienen a estos sistemas ahora pueden rotularse y controlarse de manera consciente mediante el reforzamiento diferencial regulado por la retroalimentación amplificada (Kamiya, 1969; reseñado en el capítulo 9).

Significativamente, en el entrenamiento original un niño aprende a rotular sus propios sentimientos o reacciones emocionales, en parte con base en la misma evidencia observable que la comunidad usa; es decir, en los estímulos externos que interfieren (el contexto situacional) y sus propias reacciones a ellos, o la duración o intensidad de su conducta. De hecho, cuando los eventos internos, los sentimientos o las actitudes son vagos, amorfos y poco claros, las autodescripciones de una persona pueden depender más de lo normal de estas circunstancias externas o de sus respuestas. Esta situación se ilustra en un clásico experimento de Schachter y Singer (1962), quienes lograron evocar sentimientos emocionales tan dispares como la euforia y la cólera en sujetos en el mismo estado fisiológico de excitación inducida por drogas, dependiendo de si se les colocaba con un aliado del investigador ("sujeto impostor") que mostraba euforia, o con uno que mostraba reacciones de cólera. Como los sujetos experimentaban inexplicables síntomas de

excitación, buscaban en su medio ambiente pistas que les ayudaran a interpretarla, y esa interpretación era la felicidad o la cólera correspondiente a si el otro sujeto parecía contento o enojado.

Esta línea de análisis forma la base de la *teoría de la autopercepción*, que en la actualidad goza de gran influencia entre los psicólogos sociales que estudian el cambio de las actitudes (Bem, 1967, 1972; Jones *et al.*, 1971). La piedra de toque de la teoría de Bem es que las actitudes de una persona corresponden a sus autopercepciones.

Las dos premisas centrales de la teoría de autopercepción son las siguientes:

> 1. los individuos llegan a "conocer" parcialmente sus propias actitudes, emociones y otros estados internos al inferirlos de las observaciones de su propia conducta abierta y/o de las circunstancias en las cuales aparece esta conducta.
> 2. según el grado en que los indicios internos sean débiles, ambiguos o imposibles de interpretar, el individuo se encuentra funcionalmente en la misma posición que un observador externo, un observador que necesariamente depende de los mismos indicios externos para inferir los estados internos del individuo (Bem, 1972, pág. 2).

Este tipo de teoría ha probado ser útil en la interpretación de los resultados de numerosos experimentos del cambio de las actitudes, dirigidos originalmente para apoyar la teoría de la disonancia cognoscitiva; por ejemplo, el que los sujetos que son inducidos a la representación de un papel y argumentan en contra de su opinión inicial acerca del mismo tema cambiaran, en consecuencia, su opinión verdadera de forma drástica en la dirección de la posición del papel que desempeñan. Para obtener la información pertinente a estas hipótesis, pueden consultarse las referencias citadas. Pero es interesante señalar que las hipótesis que en la actualidad sobresalen en la psicología social se derivan en parte del análisis conductista de Skinner de la experiencia privada.

Personalidad y psicoterapia

Las teorías psicodinámicas clásicas de la personalidad, como la de Freud, presuponen que la persona posee un conjunto de rasgos de la personalidad, motivos y conflictos básicos que son duraderos y persistentes en el transcurso del tiempo y a través de diferentes situaciones. La conducta, ya sea normal o desequilibrada, es supuestamente una expresión sintomática de esos rasgos y motivos profundos. Cuando los conflictos y la ansiedad internos se vuelven demasiado intensos para soportarlos, el aparato mental "falla" y expresa la turbulencia interna en términos de un síntoma irracional y neurótico.

Skinner (1963, y en otros textos) rechaza específicamente esta interpretación. Para él, los motivos, deseos o apetencias no son explicaciones de la conducta. Afirmar que un hombre pasa demasiado tiempo dedicado al aseo y arreglo personal es porque "tiene una necesidad o deseo compulsivo de limpieza" no explica nada. Tan sólo hace retroceder un paso a la pregunta: *¿por qué* lo tiene?, *¿qué* determina ese deseo? Skinner va más allá de esas inútiles "explicaciones de motivación" y propone que analicemos los sucesos observables, las condiciones, las variables de situación y la historia pasada que regulan la conducta en cuestión.

Para él la conducta ha de explicarse en términos del complejo de estímulo presente y de la historia de entrenamiento pasada de la persona, en lo que respecta a

situaciones similares. La historia pasada proporciona a la persona una gran reserva de información, habilidades y valores (analizables en términos objetivos). Las descripciones de los rasgos mentales de un individuo son relativamente inútiles, debido en primer lugar a que tienen una correlación muy pobre con la manera en que una persona se comporta en verdad a través de una diversidad de situaciones sociales (véase Mischel, 1968), y segundo, porque la descripción de rasgos no sugiere ninguna variable independiente que podamos manejar para controlar la conducta.

De acuerdo con el análisis de Skinner, un neurótico es alguien que ha aprendido a comportarse de formas que son reprobables desde el punto de vista personal, legal o social, y a las cuales se considera entonces desviadas. Como la conducta neurótica se aprende, se le puede desaprender o sustituir con una conducta mejor ajustada. La forma más simple de lograrlo consiste en disponer las contingencias de tal modo que las conductas indeseables dejen de recibir recompensas y las conductas deseables empiecen a recibirlas. A pesar de lo sencillo que parece, en la práctica esto suele ser difícil de realizar debido a frecuentes dificultades en la identificación de los reforzadores que sostienen a la conducta desviada, en la medición de la conducta problemática, y en la consecución de las contingencias que han de aplicarse consistentemente, etc. Quienes trabajan en el campo de la modificación de la conducta tienen el mérito de haber solucionado estos difíciles problemas en situaciones de campo. Los resultados terapéuticos generalmente son formidables y muy benéficos. En el capítulo 9 se verán diversas aplicaciones de las técnicas de modificación de la conducta operante. De cierta forma, éstas constituyen los logros prácticos más impresionantes del movimiento conductisa.

Sin embargo, a pesar de lo espectacular de las aplicaciones de las técnicas operantes, es un error suponer que su éxito "constituye una prueba" de que el enfoque de Skinner de los fénomenos psicológicos es correcto. Estas aplicaciones demuestran los beneficios que pueden obtenerse mediante el análisis conductual, el uso juicioso de las técnicas de reforzamiento y de control del estímulo; pero la ley empírica del efecto o los hechos de la discriminación del estímulo nunca se han discutido en la teoría del aprendizaje. Tales aplicaciones generalmente se diseñan para problemas individuales, en vez de ser analíticas y útiles para decidir entre diferentes interpretaciones teóricas.

APRECIACIÓN DEL SISTEMA DE SKINNER

La posición de Skinner acerca de los problemas típicos del aprendizaje

La existencia de libros de texto escritos desde el punto de vista skinneriano permite hacer un sumario de esta posición en relación con varios problemas.

1. *Capacidad.* El repertorio conductual de un organismo individual debe evaluarse con sumo cuidado y tenerse en cuenta a la hora de moldear cualquier conducta específica. Un déficit en la conducta de alguna persona a menudo se atribuye a una deficiencia en su entrenamiento o en su ambiente. Se parte de la idea de que la conducta es muy moldeable, y de que (dentro de ciertos límites) casi todas las personas pueden ser moldeadas, con el entrenamiento adecuado, hasta lograr cierta destreza en cualquier conducta. En lo que toca a las diferencias individuales, Skin-

ner está en favor de la evaluación directa de las conductas blanco, y en contra de las descripciones de los rasgos de la personalidad, como *agresivo, flojo* o *retrasado*. El nombrar a un rasgo no se refiere a ninguna unidad de conducta adecuada para el estudio mediante el análisis funcional que recomienda (1953, págs. 194 a 203). Así, Skinner rechazaría la mayor parte de las pruebas de personalidad, al afirmar que proporcionan una caracterización inútil de la persona. Las pruebas de inteligencia podrían ser provechosas para decisiones educativas, ya que muestrean directamente las habilidades de resolución de problemas que intentan medir, pero no nos dicen cómo *remediar* la falta de habilidades o deficiencias educativas específicas.

2. *Práctica.* En lo que se refiere al condicionamiento del tipo *E* (pavloviano), se acepta algo así como una ley simple del ejercicio (práctica en condiciones de contigüidad del estímulo y la respuesta). Sin embargo, el condicionamiento que se produce bajo el tipo *R* (operante), depende del reforzamiento repetido. El condicionamiento máximo puede aparecer en un solo ensayo para la operante de una sola unidad; sin embargo, esto es difícil de lograr experimentalmente. Por lo general, la acumulación de fuerza con el reforzamiento repetido depende de una población de estímulos discriminados y de una cadena de operantes relacionadas, semejante a la interpretación que hace Guthrie de la adquisición de la habilidad mediante la práctica.

3. *Motivación.* La recompensa o el reforzamiento son necesarios para incrementar la fuerza operante. El castigo tiene un rango diverso de efectos, aunque normalmente suprime la respuesta. El uso común de los términos motivacionales humanos como *interés, apatía, felicidad, depresión*, etc., se refiere por lo general a las consecuencias de contingencias de reforzamiento eficaces o ineficaces. Skinner suele considerar a los impulsos internos como constructos explicativos relativamente inútiles, similares a los rasgos de la personalidad. Reconoce los efectos de las variables de privación explícita sobre la fuerza de las operantes reforzadas por esa comodidad restringida, pero afirma que al hablar acerca de un "impulso" que interviene entre las operaciones de privación y los cambios en la fuerza de las respuestas operantes, no se agrega nada al análisis funcional.

4. *Comprensión.* La palabra *discernimiento* raras veces aparece en las obras de Skinner. Keller y Schoenfeld identifican el discernimiento con la descripción verbal de las contingencias de aprendizaje, que generalmente producen un cambio subsecuente de la conducta bajo el control de estímulo de esa descripción verbal. La resolución de problemas por lo regular implica el tacto (rotulación) apropiado de la situación problemática, después la activación de una regla verbal adecuada o una secuencia de respuesta que conduzca a un indicio de mediación para la conducta de solución (como en el análisis de Staats y Staats del problema de las dos cuerdas). La emergencia de la solución ha de explicarse con base en la similitud del problema actual con uno resuelto antes o en la *sencillez* del problema (F. S. Keller y Schoenfeld, 1950, pág. 60). La técnica de la resolución de problemas en esencia consiste en manipular variables ("indicaciones" o estímulos internos o externos) que conduzcan a la emisión de la respuesta. Mediante estos métodos es posible enseñar a la gente a "pensar" o a "ser creativa" (Skinner, 1953, págs. 252 a 256).

5. *Transferencia.* Skinner empleaba la palabra *inducción* para lo que suele denominarse generalización en la bibliografía acerca del condicionamiento. Tal inducción es la base de la transferencia. Al igual que otros investigadores, Skinner reco-

noce la generalización primaria y la "secundaria" o "mediada". El reforzamiento de una respuesta incrementa la probabilidad de esa respuesta u otras similares a todos los complejos de estímulo que contengan los mismos elementos. Se incluye la estimulación de retroalimentación de rótulos verbales; así, una respuesta manifiesta ocurrirá a un nuevo objeto si alguna de sus propiedades controla un rótulo verbal, que a su vez controla la respuesta abierta. Por lo tanto, al haber aprendido a disparar con un revólver a los soldados con uniforme verde en una zona particular de tiro, un hombre también disparará con rifle a cualquier soldado nuevo que vea vestido con uniforme verde en el mismo lugar. Esta interpretación general de la transferencia es, de hecho, muy similar a la de Thorndike.

DIFICULTADES DE LA POSICIÓN DE SKINNER

A medida que la psicología progresa, se espera que se descubran nuevos fenómenos que no se contemplaban, y que se propongan nuevos conceptos que planteen interrogantes acerca de posiciones históricas específicas. A lo largo del tiempo, esto ha sucedido con varias de las ideas iniciales de Skinner de manera que una evaluación equilibrada de sus lineamientos deberá tener en cuenta las dificultades que implica la perspectiva temporal.

Algunas dudas en torno de la distinción entre operante y respondiente

La distinción entre operante y respondiente propuesta por Skinner y otros autores habría de dominar la teoría del aprendizaje durante casi 30 años. Se le denominaba *teoría de dos factores* y proclamó sus derechos sobre un número de fenómenos con los cuales guardaba correspondencia. Las respuestas de las glándulas y de los órganos internos (*respondientes*) se distinguen (hipotéticamente) por los siguientes rasgos:

a) Son provocadas por estímulos innatos, incondicionados.
b) Están controladas por el sistema nervioso autónomo.
c) Generalmente son "involuntarias".
d) Se caracterizan por una retroalimentación mínima producida por la respuesta.
e) Pueden condicionarse clásicamente pero no de modo operante.

En severo contraste, las características de las respuestas de los músculos estriados y periféricos *(operantes)* son las siguientes:

a) Algunas veces se emiten sin estímulos identificables.
b) Son controladas por el sistema nervioso central.
c) Se controlan "voluntariamente"
d) Se distinguen por su retroalimentación propioceptiva distinta.
e) Pueden condicionarse de modo operante pero no de manera clásica.

Esta separación conceptual y su conjunto de correspondencia originaron análisis, críticas y nuevas formulaciones (Rescorla y Solomon, 1967; Staddon y Simmelhag, 1971; Terrace, 1973). Específicamente, ahora parece probable que algunas respuestas viscerales mediadas por el sistema nervioso autónomo pueden

modificarse con éxito mediante las técnicas de condicionamiento operante (N. E. Miller, 1969). Así, por ejemplo, un perro sediento puede aprender a salivar o a retener la salivación a fin de conseguir un poco de agua, o a una rata se le puede enseñar a contraer el intestino a una señal externa cuando a tales contracciones sigue una recompensa. Estos importantes resultados acerca del condicionamiento operante de respondientes supuestamente involuntarios se examinarán en el capítulo 9. La conclusión actual es que los datos indican que la distinción entre operante y respondiente puede no sobrevivir a su utilidad. Terrace, un skinneriano, sostiene convincentemente la necesidad de modificar la teoría de dos factores.

Examinemos otra evidencia que a menudo se cita para establecer la distinción entre operante y respondiente. En una época se creía que las *RC* pavlovianas se distinguían por ser similares a su respuesta incondicionada; ésta es la idea de *sustitución*, según la cual el *EC* termina por reemplazar al *EI* en la provocación de una respuesta común. De ser así, el condicionamiento operante diferiría del pavloviano, en el sentido de que la *RC* operante no necesita parecerse a la respuesta del estímulo reforzante. Pero la semejanza de la *RC* y de la *RI* no es una característica decisiva de las respuestas condicionadas operante-respondiente. Por ejemplo, a una rata sedienta se le puede entrenar para que chupe en un bebedero seco (respuesta operante) con la aparición contingente de una gota de agua ocasional, que sirve para recompensar la respuesta y provocar más chupeteos (reflejo respondiente). Como otro ejemplo contrario al criterio de semejanza, en diversas preparaciones de condicionamiento pavloviano, la reacción fisiológica inicial al estímulo incondicionado puede ser contrarrestada por una reacción compensatoria, y es esta última reacción la que llega a evocarse como una respuesta condicionada al *EC*. Siegal (1978) descubrió que aunque una inyección de morfina reduce la sensibilidad al dolor en las ratas, un *EC* pareado repetidas veces con la morfina aumenta la sensibilidad al dolor (otros indicadores fisiológicos muestran patrones opuestos similares para el *EC* y el *EI*).

Otras observación es que los procesos clásico e instrumental se superponen considerablemente. Un análisis profundo del condicionamiento clásico (por ejemplo, el paradigma del condicionamiento de la salivación) revela que varias respuestas esqueléticas ("operantes") se asocian con el estímulo condicionado, como la orientación hacia el comedero, los movimientos anticipatorios de mascar, el meter la cabeza en el comedero, etc., todas ellas además del flujo salival que Pavlov midió y destacó (Zener, 1937). De modo similar, en el condicionamiento instrumental está establecido con claridad que los componentes de la respuesta provocada por el reforzador se llegan a condicionar y ocurren como anticipación a éste. Así, cuando un perro empieza a presionar varias veces una palanca para conseguir comida, también comienza a salivar (Shapiro, 1961; D. R. Williams, 1965). De este modo, tanto la conducta operante como la respondiente parecen estar condicionadas en cualquier tipo de experimento.

La diferencia fundamental entre el condicionamiento instrumental y el clásico se reduce básicamente a la del *procedimiento experimental*, la forma en que los reforzamientos (léase "estímulos incondicionados") se programan. Pero éstos son procedimientos intermedios y casos de prueba no resueltos. Un buen ejemplo es que lo que se denomina condicionamiento *supersticioso*, un fenómeno del que Skinner fue el primero en informar (1948*b*) y en discutir en términos de condicionamiento operante. Supóngase que una paloma hambrienta está acostumbrada a comer de un recipiente

con granos dentro de una caja cerrada; el alimentador se opera periódicamente (por ejemplo, por tres segundos cada 30 segundos) durante varias sesiones experimentales prolongadas. A pesar de que el reforzamiento (presentación del comedero) no es contingente de ninguna conducta particular, la paloma adquiere a la larga alguna cadena de respuestas ritual y estereotipada que emite entre los reforzamientos; diferentes animales escogen distintas supersticiones. Esto se explica de la siguiente manera: cuando el reforzamiento se entrega por primera vez la paloma se comporta de alguna forma, de modo que esta "operante" se fortalece. Entonces es más probable que esta misma conducta, quizá con pequeñas modificaciones, esté en marcha cuando se reciba el siguiente reforzamiento. De ser así, se fortalece todavía más; si no, se fortalecerá alguna otra conducta. A la postre la paloma se ve "atrapada" en una secuencia operante particular, que ocurre y es reforzada con la misma frecuencia que la mantiene. Los comportamientos supersticiosos conspicuos de una paloma podrían incluir acciones como "voltear bruscamente hacia un lado, saltar con una pata y otra hacia atrás, doblar la cabeza y raspar, darse la vuelta, pavonearse y levantar la cabeza" (Skinner, 1953, pág. 85). También se han efectuado numerosas demostraciones del aprendizaje de "supersticiones" en los seres humanos expuestos a reforzamiento aleatorio y no contingente (Wright, 1960), de modo que existen pocas dudas acerca del efecto.

Para Skinner, el experimento de superstición significaba que cada vez que se le entrega un reforzamiento a un organismo, se fortalece cualquier conducta operante que esté en marcha en ese momento. El efecto de fortalecimiento se produce independientemente de que la operante dominante sea o no instrumental para causar el reforzador; desde el punto de vista del organismo, la contigüidad temporal entre la respuesta y el reforzamiento es el factor de importancia. La coincidencia temporal se interpreta como causalidad: es como si el organismo creyera que sus acciones supersticiosas producen al reforzador.

Staddon y Simmelhag (1971) repitieron el experimento de superstición con palomas y lograron resultados similares, aunque lo interpretaron de otra manera. Observaron que los comportamientos supersticiosos emitidos por las palomas durante el intervalo entre los reforzamientos se parecían a las reacciones específicas del tipo que muestran mientras comen o cuando anticipan la comida. Las reacciones consistían principalmente en picotear el recipiente vacío (donde se entregaban los granos), la pared o el piso. Inmediatamente después de un reforzamiento, que señalaba una demora fija antes del siguiente, cada paloma ejecutaría algún comportamiento variable; pero a medida que se acercaba el momento del reforzamiento, retornaba a su rutina de picotear cerca del comedero. Staddon y Simmelhag creían que en vez de fortalecer determinadas respuestas operantes en marcha, los reforzamientos de intervalo fijo daban lugar a la anticipación del momento de la comida, y que la conducta terminal sólo se asemejaba a la de comer. Sin embargo, no está claro cómo se aplica este análisis o cómo explica las supersticiones humanas como las danzas de la lluvia y cosas parecidas; en esos casos, la ocurrencia de la lluvia necesaria no produce el baile, sino únicamente la reflexión y la creencia de que la danza la ha ocasionado.

Curiosamente, Pavlov (1927) también estudió e informó de un arreglo de reforzamiento periódico similar con sus perros, con la excepción de que registró la salivación. Cada vez que transcurría un cierto número de minutos (por ejemplo, cinco minutos) se alimentaba al perro en el estrado experimental, y este ciclo se repetía

a menudo. Pavlov descubrió que a la larga el animal aprendía a salivar cerca del momento esperado para la entrega del alimento. Como Pavlov pensó que el mero paso del tiempo desde el último reforzamiento se convertía en un estímulo condicionado para evocar la salivación condicionada, calificó a este arreglo como *condicionamiento temporal*, una forma de condicionamiento clásico.

Pero como el programa de eventos en el experimento de superstición y en el condicionamiento temporal son idénticos, ¿por qué hemos de llamar a uno condicionamiento "clásico" y al otro "instrumental"?, ¿debido a los tipos de respuestas registradas en ambos experimentos? Pero hace poco se dijo que muchas de las llamadas respondientes (como la salivación) pueden condicionarse mediante el uso del reforzamiento operante; de modo similar, algunas respuestas esqueléticas (como el parpadeo y el reflejo patelar) pueden condicionarse de acuerdo con la rutina del condicionamiento clásico. Así, el sistema de respuesta no dicta necesariamente diferentes leyes de aprendizaje.

El condicionamiento clásico y el instrumental pueden incluso oponerse uno al otro al recompensar al sujeto por retener una respuesta ante una señal, pero en una situación en la cual el *EI* recompensante provoca la respuesta que ha de reprimirse. Un ejemplo de esta contingencia, diseñado por F. D. Sheffield (1965) y llamado entrenamiento de *omisión*, consiste en reforzar a un perro hambriento con comida sólo si *no* saliva frente a una señal. Shapiro y Herendeen (1975) lograron un condicionamiento operante exitoso con este procedimiento: sus perros aprendieron a "mantener la boca seca" a fin de conseguir alimento. Al concluir el entrenamiento, los perros retenían la salivación y eran alimentados en alrededor del 80% de los ensayos con el *EC*. Un investigador que se adhiriera a la teoría de dos factores podría argumentar que el 80% de ensayos reforzados resultaba insuficiente para sostener una *RC* clásica, o que la *RC* clásica que se desarrolla será débil y oscilará a través de los pequeños ciclos de adquisición y extinción al rastrear la ocurrencia y no ocurrencia del *EI* a lo largo de los ensayos. Pero Shapiro y Herendeen aplicaron controles que excluían tales explicaciones. Primero, los animales de control pareados recibieron la misma secuencia de ensayos de comida y no comida que sus compañeros experimentales, y de todos modos mostraron un elevado nivel de condicionamiento salival, de manera que el 80% del programa de reforzamiento fue lo bastante rico como para mantener una *RC* clásica muy buena cuando no se aplicaba la contingencia de respuesta negativa. Segundo, los análisis ensayo por ensayo revelaron que los animales entrenados con la contingencia de respuesta negativa eran cada vez más propensos a *no* salivar ante la señal, cuanto más larga hubiese sido la anterior corrida de ensayos en los cuales fueron reforzados por hacerlo. Esto no sólo es lo contrario del efecto secuencial esperado mediante la ley del condicionamiento clásico. Parecería, por tanto, que el condicionamiento clásico no es una consecuencia necesaria de los pareamientos *EC-EI* en el tiempo; tampoco es la "última respuesta" ejecutada al *EC* (salivación) la que se fortalece, que es lo que Guthrie habría esgrimido.

La perspectiva que estas consideraciones parecen sugerir (véase Terrace, 1973) constituye un retorno a la teoría de un factor del reforzamiento que Hull originalmente defendía. Es decir, el condicionamiento clásico implica el mismo principio de reforzamiento ("aprendizaje de recompensa") que el condicionamiento operante, a excepción de que la respuesta registrada y sus medios de provocación inicial difieren en los dos casos. Hay diversas formas de concebir que la comida, co-

mo recompensa, podría fortalecer la salivación anticipatoria en el condicionamiento pavloviano. Primero podríamos decir tan sólo (como afirmaba Hull) que el comer provoca —y simultáneamente refuerza ("recompensa")— la salivación. Segundo, cabría suponer que la *RC* anticipatoria es reforzada diferencialmente porque hace que el *EI* siguiente sea más recompensante (que si la *RC* no hubiera ocurrido). Así, según esta hipótesis, la salivación anticipatoria incrementa el gusto, el buen sabor y el valor recompensante de la comida que viene a continuación. Esta opinión, que ya había sido propuesta por Perkins (1955), tiene mucho en su favor, especialmente en aquellos casos donde el acto preparatorio reduce el carácter desagradable de un estímulo aversivo. Perkins también muestra la manera en que esta premisa acerca de las respuestas preparatorias apropiadas que incrementan los valores de la recompensa, puede explicar el aprendizaje de *respuestas de observación pura:* éstas son respuestas especiales que no tienen otra utilidad que proporcionar información que prepara el animal para los eventos reforzantes inminentes (G. H. Bower *et al.*, 1966). Una tercera idea del condicionamiento pavloviano es la del *aprendizaje de expectancia*, que no requiere reforzar una respuesta de salivación. Debido a los pareamientos *EC-EI*, el *EC* adquiere la facultad de hacer que el sujeto piense en el *EI* o lo espere; y en la mayor parte de los casos la expectativa de un *EI* causa una reacción, que a menudo se asemeja a la respuesta al *EI* mismo, aunque no necesariamente. Pero esto no explica los resultados de Shapiro y Herendeen (1975).

Cualquiera que sea la formulación correcta del condicionamiento pavloviano, es evidente que la estricta dicotomía de Skinner respecto a las clases de respuestas y a las leyes del condicionamiento respondiente y operante, parece errada. Su punto de vista inicial acerca de estos importantes temas ya no es sostenible. A continuación se examinarán otras complicaciones que surgen en torno de la posición de Skinner.

Preparación

Como hemos visto en el capítulo 3, hay cada vez más evidencia que refuta el postulado de la *equipotencialidad* al que Skinner y otros teóricos del aprendizaje se han adherido implícitamente (lo cual justifica el uso de respuestas tan arbitrarias como la de la rata que presiona una palanca). El postulado en cuestión presupone que cualquier respuesta que el organismo es capaz de dar puede vincularse con cualquier estímulo discriminable para cualquier estímulo reforzante; y el aprendizaje de la contingencia de tres términos sólo depende de las identidades independientes de los tres términos, y no de la relación de éstos en lo que toca a carácter apropiado o pertenencia natural. La evidencia revisada por Seligman (1970) proporciona ejemplos contrarios; un estímulo puede provocar respuestas innatas que compiten fuertemente con la que habrá de aprenderse; o una respuesta dada propia de la especie (por ejemplo, el aullido en un perro) puede ocurrir sólo ante estímulos específicos y no ser condicionable a otros estímulos; o un reforzador puede alistar un conjunto de actividades instintivas que compiten con la operante arbitraria que habrá de establecerse en la contingencia de tres términos. Por ejemplo, Breland y Breland (1960) informaron de muchos casos de conducta instintiva estrechamente vinculados con la comida, que comenzaban a inmiscuirse con antelación a la entrega de alimento, interferían con la respuesta operante

correcta y demoraban el reforzamiento. Seligman propone una clasificación de contingencias *E-R-E* en términos de si los individuos de una especie dada están *preparados* o *contrapreparados* para efectuar esas uniones. Un ejemplo de una conexión preparada es la relación entre una molestia intestinal y la náusea provocada por un nuevo sabor, mientras que el animal está contrapreparado para vincular la misma molestia con una luz centellante. Otro ejemplo es el "automoldeamiento" del picoteo en las palomas, tema que veremos a continuación.

Automoldeamiento

Cuando Skinner sometió a prueba por primera vez a sus palomas en la cámara de condicionamiento, escogió como respuesta, más o menos arbitrariamente, el picoteo del ave sobre una llave iluminada montada en una pared sobre el comedero al nivel de la cabeza. El reforzamiento se proporcionaba mediante un acceso de pocos segundos a un recipiente con semillas, en el cual la paloma picoteaba y comía. La elección del picoteo de la llave resultó ser afortunada y se obtuvo un rápido condicionamiento. Sin embargo, vista en retrospectiva, esa elección también ha complicado los análisis del condicionamiento operante.

La complicación surge a consecuencia de que las palomas están *sumamente preparadas* para picotear objetos luminosos distintivos cuando anticipan el reforzamiento alimenticio; el picoteo es un patrón de acción innato y específico de la especie, activado en las palomas por la búsqueda de comida. En un estudio clásico, P.L. Brown y Jenkins (1968) descubrieron que las palomas hambrientas podían ser entrenadas para que picotearan una llave iluminada de respuesta, cuando el experimentador iluminaba la llave durante unos segundos antes de que se entregara la comida. A fin de condicionar ese picoteo, no es necesario que el reforzamiento se haga contingente de picotear en la llave. Ese fenómeno, llamado *automoldeamiento* —ya que el animal se moldea a sí mismo para responder— es muy confiable, poderoso y se ha estudiado mucho desde entonces. Aparentemente, el picoteo automoldeado en la llave es un ejemplo de una *RC* pavloviana. La luz sobre la llave, que aparece justo antes de que a la paloma se le permita picotear las semillas, convierte a la llave iluminada en un *EC* para picotear en el alimento; a partir de entonces el repertorio innato de la paloma toma el control y hace que picotee un punto iluminado que le recuerda a la comida. El automoldeamiento avanza con mayor rapidez cuanto más se asemeje el punto de luz sobre la llave a un grano de comida. El condicionamiento de los picoteos mediante el procedimiento de automoldeamiento también respeta casi todas la leyes del condicionamiento pavloviano. Incluso, es posible obtener condicionamiento de segundo orden en la situación de automoldeamiento (Rashotte *et al.*, 1977). D.R. Williams y H. Williams (1969) no lograron entrenar a sus palomas para que se abstuvieran de picotear la llave iluminada a fin de obtener comida (el procedimiento de entrenamiento de omisión ya mencionado). Si la paloma se abstuviera de picotear la llave iluminada, se le alimentaría en pocos segundos; pero si la picoteaba, la luz se apagaba y en ese ensayo perdía el alimento. En la mayor parte de los ensayos del experimento de Williams y Williams, las palomas eran incapaces de dejar de picotear la llave. Esta circunstancia indica que el componente pavloviano del arreglo de automoldeamiento es más poderoso que el componente de reforzamiento operante.

El fenómeno del automoldeamiento originó que los investigadores estudiaran

más de cerca las reacciones específicas de la especie al reforzador, y la manera en que éstas se relacionan con la respuesta requerida para obtener reforzamiento en el experimento de condicionamiento operante. Observaron que la llamada respuesta operante a menudo tiene componentes que se asemejan mucho a la forma de la conducta respondiente provocada por el reforzador. Un ejemplo que menciona Moore (1973) es que el modo exacto en que las palomas golpean la llave difiere, dependiendo de si picotean para obtener una recompensa de alimento o de agua. El picoteo de la llave para alimento se parece a los arranques súbitos para capturar semillas; el picoteo para obtener agua se asemeja a los movimientos característicos de recoger agua con el pico. Ambos son efectos muy sutiles.

La existencia de componentes pavlovianos en la "operante" prototípica del picoteo de llave de la paloma introdujo complicaciones conceptuales que Skinner no había previsto en sus principios del condicionamiento operante. El automoldeamiento no constituye ni una refutación ni un estigma para el sistema de Skinner; más bien señala un complicado giro en lo que antes se consideraba simple: la naturaleza de la respuesta.

Debilitamiento paulatino del interés intrínseco

Una pregunta frecuente que padres y maestros plantean a los psicólogos es si el hecho de recompensar explícitamente una actividad en la que un niño (o adulto) debería interesarse por su propio bien (como la lectura), debilita el interés intrínseco por esa actividad. La pregunta es importante, ya que plantea la posibilidad de efectos secundarios indeseables de las recompensas operantes explícitas. Estos temores recibieron cierto apoyo por parte de un estudio de Lepper, Greene y Nisbett (1973) acerca del interés de los niños en edad preescolar por dibujar con marcadores, una nueva actividad que les parecía relativamente interesante y divertida. Algunos niños dibujaban con el conocimiento de que recibirían un juguete deseado si hacían bastantes dibujos para el experimentador, y todos recibían la recompensa. Los niños de control podían dibujar si así lo deseaban, pero no se mencionaba ningún premio, y tampoco se les otorgaba. Más adelante, en los periodos de juego en sus salones de clases regulares, se observaba que los niños recompensados pasaban menos tiempo que sus compañeros de control dedicados a dibujar con los marcadores y a esta actividad la clasificaban como menos interesante que otras. Lepper y sus colegas inicialmente sugirieron que una recompensa extrínseca "justifica en exceso" el dedicarse a una tarea interesante y, por tanto, reduce el interés intrínseco. Una interpretación posterior es que los niños recompensados terminaban por considerar a la actividad recompensada como algo que hacían "sólo por el premio", y por eso no la realizaban cuando éste no existía.

Aunque los resultados de Lepper se han repetido en diversos experimentos, Feingold y Mahoney (1975) y Reiss y Sushinsky (1975) no encontraron los efectos secundarios negativos de la recompensa en los niños que unían puntos en un libro ilustrado para trabajar de esa manera. Al parecer, una diferencia crítica es que el "interés" del niño se comprueba o no (sin recompensas externas) en la misma situación que la de entrenamiento recompensado. Los estudios de Feingold y Mahoney, y los de Reiss y Sushinsky emplearon situaciones muy similares para el entrenamiento y la comprobación, y no observaron una declinación posterior del interés en los sujetos recompensados, quizá porque aún creían que recibirían al-

gún premio (aunque sólo fuera elogios) por sus esfuerzos. Por otra parte, Lepper y sus colegas observaron a los niños en el salón de clases, donde no había ningún "experimentador" presente, y que era muy distinto de la situación de laboratorio donde se había dirigido la sesión recompensada. En una prueba directa de esta hipótesis de generalización, Lepper, Greene y Sagotsky (1978) descubrieron que los sujetos recompensados a los que se volvía a someter a prueba en el laboratorio y con la presencia del experimentador (ahora sin promesa de recompensa), no mostraban una reducción por debajo de sus controles en la tasa de dedicarse a una actividad anteriormente premiada, mientras que los niños recompensados sí mostraban el efecto negativo cuando se les observaba en la situación de juego en el salón de clases; allí se dedicaban a la actividad objetivo con menos frecuencia que los sujetos de control.

Lepper sugiere que un maestro o un padre no debería utilizar recompensas externas para promover una conducta deseada, a no ser que los premios claramente se necesiten para inducir el interés. Esto sugiere precaución al instalar economías de fichas o sistemas extrínsecos para cada tarea en una clase o grupo completo de personas, independientemente de si un individuo en particular requiere la recompensa para motivar su interés en la tarea. Sin embargo, este tema aún no se ha resuelto totalmente y es probable que se convierta en fuente de continuos debates y experimentación. Pero sí sugiere ciertas críticas severas en torno de una interpretación sencilla del fortalecimiento operante mediante las recompensas externas.

Distinción entre aprendizaje y ejecución

Skinner siempre ha considerado a los reforzadores en el sentido de que fortalecen directamente a las operantes, y aplica muy poco la distinción entre aprendizaje y ejecución, que ha sido central para otras teorías del aprendizaje. Este tema cobra nuevo interés cuando puede demostrarse que alguien ha aprendido algo bastante bien y sabe cómo realizarlo, pero no lo ejecuta por falta de reforzamiento. Por ejemplo, Bandura, Brusec y Menlove (1966) hicieron que sus niños observaran a otro que actuaba como modelo en una película, en la que ejecutaba una serie de nuevos actos agresivos, y entonces el modelo recibía castigos neutrales o recompensantes, de manos de un "maestro". Cuando al niño después se le permitía ejecutar la misma acción, la frecuencia de respuestas agresivas que imitaban a las del modelo variaban directamente con el reforzamiento del modelo que se mostraba en la película. Sin embargo, cuando se ofrecían incentivos en una segunda prueba para reproducir las conductas del modelo, las diferencias en imitación prácticamente desaparecían entre los sujetos expuestos a distintos modelos recompensados. En apariencia, los niños habían aprendido lo mismo observando la conducta del modelo; ejecutaban más o menos esa conducta, dependiendo de si esperaban ser reforzados por ella. Aunque Skinner puede efectuar esta distinción, por ejemplo, en términos de dos niveles de aprendizaje (uno acerca de las conductas y otro de control en lo que toca a las consecuencias de esa conducta), el hecho es que a menudo no lo hace, de modo que en sus exposiciones los conceptos de aprendizaje y de ejecución están un tanto entrelazados. Otros psicólogos concluyen que el reforzamiento afecta más a la ejecución (mediante la motivación de incentivo o "recompensa anticipatoria"), que al aprendizaje.

Aprendizaje por observación

Los conductistas como Skinner creen que la gente únicamente aprende respuestas; es decir, sólo aquellas conductas que han ejecutado de alguna forma manifiesta o encubierta. Los psicólogos cognoscitivistas sostienen que la información acerca de los eventos perceptuales se aprende mediante la observación, sin la verbalización o recitación implícita de palabras (u otras respuestas discriminativas) que se refieren a los eventos observados. ¿Cómo explican estas teorías que alguien observe a un modelo hacer algo, almacene esa información, y después la use para guiar su ejecución posterior? Los distintos enfoques de las teorías cognoscitivistas y conductistas se muestran en sus análisis acerca de la forma en que la información perceptual se "recuerda" durante un intervalo de retención, antes de que al organismo se le permita responder con base en esa información. Para considerar un ejemplo sencillo, en la "igualación a la muestra demorada" una paloma en una caja de Skinner ve primero un color de muestra rojo o verde en una llave sobre la cual debe picotear, entonces tiene una corta demora, seguida por la iluminación de dos llaves, una roja y la otra verde, y el reforzamiento se proporciona si picotea el color que se iguala al de muestra señalado antes en la prueba. Durante el intervalo de retención, ¿cómo "recuerda" la paloma qué color de muestra se presentaba? Una explicación skinneriana sería que cada color de muestra se convierte gradualmente en un estímulo discriminativo, que de inmediato hace que el animal despliegue dos diferentes cadenas de conductas rituales que "codifican y transmiten" la información discriminativa en el paso del tiempo, de modo que esté disponible para guiar la elección demorada (si la cadena 1 está en marcha, escoja la llave roja; si la cadena 2 está en marcha, elija la llave verde). Pero esta afirmación de cadenas mediadoras adventicias raras veces fue apoyada por la observación; con frecuencia el animal que discrimina tan sólo deja de hacer algo durante el intervalo de demora, o al menos se comporta de modo similar durante los dos tipos de intervalos demorados (D'Amato, 1973). Al parecer, el animal sólo "recuerda" el color de muestra como un evento central, en vez de recordarlo en su musculatura periférica. Así, la información de estímulo de recuerdo origina problemas al conductista, y lo mismo sucede con el aprendizaje observacional, un fenómeno que examinaremos en el capítulo 13.

Las críticas de Chomsky

Es probable que las críticas más efectivas a la posición sistemática de Skinner y a su extrapolación a los asuntos humanos sean las del lingüista Noam Chomsky, primero en su revisión crítica (Chomsky, 1959), de la obra de Skinner, *Verbal behavior*, y después en una revisión similar del libro *Beyond freedom and dignity* (Chomsky, 1971). El lingüista ataca a Skinner desde varios ángulos. En primer lugar sostiene que el conocimiento de un sinnúmero de relaciones de entrada y salida (o *E-R*) no proporciona ninguna explicación de la conducta en ningún sentido; nuestra tarea debería consistir en comprender la estructura interna, los estados y la organización del dispositivo (organismo) que produce este conjunto de relaciones de entrada y salida. Para Chomsky, el hecho de restringir la empresa teórica a los estímulos y respuestas observables equivale a imponer cadenas injustificadas al desarrollo de la ciencia, y condenarla a una "trivialidad monumental" (la descripción que hace Arthur Koestler del "conductismo"). "Al ob-

jetar *a priori* esta estrategia de investigación (que postula una teoría de la estructura interna), Skinner tan sólo condena su extraña variedad de 'ciencia conductual' a la ineptitud continua" (Chomsky, 1971, pág. 19). Un punto de controversia en este aspecto es si la conducta ha de ser el tema de estudio de la psicología, o si sólo se le debe tomar como evidencia para la operación del sistema cognoscitivo.

En segundo término, Chomsky adopta las líneas de argumentos de la psicología cognoscitivista contra la objetividad o validez de los conceptos de Skinner acerca del estímulo, respuesta, reforzamiento y fuerza de la respuesta. ¿Cualesquiera y todos los eventos sensoriales presentes en el medio ambiente son estímulos, o sólo aquellos a los que el sujeto atiende y frente a los cuales reacciona? ¿Qué hace que dos patrones de estímulo sean equivalentes o similares? ¿Cómo puede definirse, en términos objetivos, un "acto de estímulo puro mediador"? ¿Qué respuestas son equivalentes? ¿No se define mejor a la respuesta como una acción dirigida a un lugar? ¿Cómo distinguimos topográficamente diferentes respuestas que "significan" lo mismo (por ejemplo, nombres propios versus descripciones definitivas), y por eso son casos intercambiables de una clase operante, de respuestas topográficamente idénticas, que "significan" cosas por completo distintas dependiendo del contexto (por ejemplo, responder "sí" a "¿mataste a Jorge?" versus "¿eres inocente de haber matado a Jorge?"). De modo similar, en lo que respecta a los reforzamientos, la evidencia reciente con seres humanos (Dulany, 1968; Estes, 1969*a*) sugiere que los reforzamientos operan en gran parte como eventos informativos en lugar de hacerlo como eventos de fortalecimiento de respuesta, y que un evento dado (por ejemplo, una descarga eléctrica, un soplo de aire caliente) puede recibir valor de reforzamiento positivo o negativo según las instrucciones que se dan a la persona. Además, la investigación acerca de las conductas de comprobación de hipótesis en humanos (M. Levine, 1970) sugieren que los reforzadores sirven como información que confirma o refuta hipótesis completas, que son equivalentes a toda una batería de conexiones *E-R* específicas. Asimismo, como se verá en el capítulo 9, cuando se revise la teoría de los reforzadores, no parece haber una forma que no sea circular para identificar reforzadores que sean efectivos para todos los casos y para fortalecer cualquier respuesta. Así, que hay dificultades con la posición de Skinner, aun en este nivel elemental.

En tercer lugar, Chomsky critica los esfuerzos de Skinner por extrapolar sus conceptos a partir del dominio relativamente restringido de una "rata en una caja de Skinner", hasta los procesos y fenómenos de la vida mental y social humana. Sostiene que en el análisis de los términos del sentido común como *querer*, *intentar*, *gustar*, *planear* y *persuadir*, estos conceptos se traducen de modo muy inadecuado a las contingencias de tres términos sancionados por el sistema de Skinner. Chomsky afirma que cuando las extrapolaciones de este último se interpretan de forma literal (con los significados originales de los términos de laboratorio), los mismos son evidentemente falsos; y cuando se interpretan de la manera vaga y metafórica de Skinner, el análisis demuestra que son tan sólo un mal sustituto del uso en el sentido común.

Siendo Chomsky un lingüista, es particularmente astuto para demostrar la ausencia de una referencia clara de los términos supuestamente científicos de Skinner cuando se discute la conducta oral. Por ejemplo, Skinner alude a las terminaciones verbales (marcadores del tiempo) al afirmar que para el sujeto que habla el sufijo *-ed* del tiempo pasado (en el idioma inglés) está bajo el control de "esa

propiedad sutil de los estímulos a la que nos referimos como acción en el pasado" (Skinner, 1957, pág. 121), mientras que la *-s* en *the lady walks* (La señorita camina) está bajo el control de aquellas características específicas de la situación y su "actualidad", lo cual significa "tiempo presente". Como dice Chomsky (1959): "Ninguna caracterización de la noción del 'control de estímulo' que esté remotamente relacionada con el experimento de presionar una palanca (o que preserve la objetividad más débil) podrá hacerse para cubrir un conjunto de casos como éstos [Chomsky enumera siete u ocho] en los cuales, por ejemplo, el 'estímulo de control' no necesite siquiera interferir con el organismo respondiente". Chomsky lanza varias críticas a los ejemplos específicos de la conducta verbal analizada por Skinner.

En cuarto lugar, Chomsky argumenta que el enfoque conductista del análisis del lenguaje debe fracasar, puesto que propone analizar sólo las llamadas características superficiales de las expresiones orales, mientras que la mayor parte de las regularidades en el lenguaje se revelan únicamente cuando se extrae la "estructura profunda" gramatical mediante algún analizador complejo de sintaxis dentro de la persona. La estructura profunda de una oración es algo así como las proposiciones lógicas que afirma. La misma cadena superficial de palabras puede tener diferentes estructuras de fondo. Así, la frase "Lo trajimos en balde" (y muchas frases como ésta) es gramaticalmente ambigua, ya que tiene dos posibles estructuras profundas, dependiendo de que "en balde" se interprete como "en vano" (expresión adverbial) o bien como "en cubeta" (sustantivo). Otra expresión sería "De la Rosa", que podría interpretarse como la acción de "dar" (verbo) una rosa, como propiedad (preposición) o bien como un simple apellido compuesto. El análisis de la estructura profunda también es importante para revelar la similitud fundamental de un conjunto de conexiones superficiales, que de otro modo son muy distintas. Así, la oración en voz pasiva "El muchacho fue mordido por la serpiente" tiene una forma superficial diferente, pero la misma estructura profunda que la oración en voz activa "La serpiente mordió al muchacho". Según Chomsky (1957, 1965), las dos formas superficiales se derivan, mediante dos *transformaciones* distintas, de la misma estructura profunda o proposición lógica. De igual modo, la oración "A Héctor y a Marta les gusta asistir a funerales y también a entierros", se deriva mediante la sucesiva "transformación de supresión" de la proposión completa "A Héctor y a Marta les gusta asistir a los funerales y, además a Héctor y a Marta les gusta asistir a los entierros".

Chomsky argumenta que estas similitudes y regularidades entre las expresiones orales superficiales no pueden comprenderse sin que la persona que escucha o la que habla hayan adquirido tácitamente una teoría desarrollada de la gramática que les permita ejecutar estas traducciones. Chomsky y sus colegas (Bever, 1968; Bever *et al.*, 1968) han sustentado que las teorías del lenguaje que tratan sólo con las características observables ("superficiales") de la expresión oral no pueden proporcionar una explicación reveladora de nuestras habilidades lingüísticas (por ejemplo, para detectar ambigüedades, reconocer similitudes de formas fundamentales, generar embellecimientos recursivos de subproposiciones, etc.), sino que debemos postular más conceptos abstractos y asignar al sujeto que comprende el lenguaje una "teoría gramatical interna", que sea tácita y sumamente compleja.

Éste no es el lugar para discutir esos puntos en detalle. La idea central que

habrá de considerarse es la naturaleza profundamente desequilibradora de los argumentos de Chomsky contra la explicación conductista del lenguaje y, por ende contra la interpretación conductista de la vida mental. Chomsky fue en parte responsable del ascenso de la psicología cognoscitivista (y de la psicolingüística) a una posición de importancia. En un comentario posterior a su revisión de *Verbal behavior*, Chomsky afirma:

> Al releer esta revisión después de ocho años, me parece que cambiaría muy poco de su sustancia si volviera a escribirla. No conozco ningún trabajo empírico o teórico que ponga en duda estas conclusiones; y tampoco, que yo sepa, ha habido ningún intento de enfrentar las críticas planteadas en la revisión o de demostrar que son erróneas o mal fundadas. Traté de hacer esta revisión no específicamente como una crítica de las especulaciones de Skinner acerca del lenguaje, sino como una crítica más general de la especulación conductista (ahora preferiría decir "empirista") en cuanto a la naturaleza de los procesos mentales superiores... No veo ninguna forma de que las propuestas [de Skinner] puedan mejorar sustancialmente dentro del sistema general del conductismo o el neoconductismo, o, más ampliamente, de las ideas empiristas que han dominado gran parte de la lingüística, la psicología y la filosofía modernas. La conclusión que yo esperaba establecer en la revisión era que el punto de vista general es en gran parte una mitología, y que su gran aceptación no es el resultado del apoyo empírico, el razonamiento convincente o la ausencia de una alternativa plausible (1967, pág. 142).

Aunque MacCorquodale (1969, 1970) intentó más tarde responder a las críticas de Chomsky, las respuestas no fueron convincentes ni efectivas; además, hace mucho tiempo que la corriente en la psicolingüística cambió hacia un enfoque cognoscitivo-mecanicista, para teorizar acerca de la competencia y la ejecución lingüísticas. Hoy en día es una trivialidad afirmar que la psicolingüística experimental es una rama de la lingüística y de la psicología cognoscitiva, no una extensión de las teorías conductistas del aprendizaje (véase Clark y Clark, 1978, para una exposición representativa de la psicolingüística).

El choque con los puntos de vista tradicionales

Al enfoque de Skinner de "nuevo comienzo" de la psicología se le ha dificultado emplear los datos recabados por otros investigadores ajenos al campo del condicionamiento operante, y rechaza en principio los tipos de constructos teóricos a los que son propensos otros teóricos del aprendizaje. Skinner y sus seguidores no han sentido la responsabilidad de coordinar estrechamente su trabajo con el de otros científicos dedicados al estudio del aprendizaje (y por desgracia la indiferencia a menudo es mutua). Por ejemplo, en su obra más sistemática, *Science and human behavior* (1953), Skinner no hace ninguna cita bibliográfica ni de aquellos autores con cierta importancia dentro de la teoría del aprendizaje, sólo menciona a Thorndike, Pavlov, y Freud en virtud de su renombre. En sus obras raras veces se refiere al trabajo experimental de otros científicos, y ciertamente a ninguno realizado fuera de la metodología del condicionamiento operante.

Este aislamiento continúa en las páginas del *Journal of Experimental Analysis of Behavior (JEAB)*, que es en esencia el vocero del movimiento del condicionamiento operante. Como un índice de la bibliografía que se ha tenido en cuenta, el análisis de los artículos citados en la del *JEAB* muestra que alrededor de un 40% corresponde a trabajos publicados con anterioridad en el mismo *JEAB*, mientras

que una revista especializada comparable al *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, mostraba menos de un 20% de citas propias (Krantz, 1971). Además, las citas provenientes de los artículos del *JEAB* publicadas en otras revistas dedicadas a los análisis del condicionamiento y del aprendizaje, disminuyeron durante los años sometidos a encuestas. Esto tiende a crear dos "escuelas" o campos aislados: los condicionadores operantes contra el resto de los psicólogos del aprendizaje, que van por caminos separados e independientes.

¿A qué se debe este aislamiento y, en particular, el rechazo del resto de los psicólogos hacia el condicionamiento operante? Krantz (1971) ha señalado que los dos campos están separados por metodologías experimentales sumamente distintas. Los skinnerianos (Sidman, 1960) argumentan que el diseño experimental tradicional (en los estudios del aprendizaje) que usa datos ensayo por ensayo promediados en el transcurso de los ensayos y con diferentes sujetos, "destruye, confunde u omite los datos significativos de los cambios en la tasa de momento a momento en la conducta de un solo organismo" (Krantz, 1971, pág. 62). En el diseño experimental convencional, un solo sujeto ejecuta generalmente unos cuantos ensayos de aprendizaje en una sola condición; como vimos en una sección anterior, en el condicionamiento operante, un sujeto puede recibir miles de "ensayos" en cualquier condición experimental (para alcanzar la "conducta de estado estable", como dicen ellos), antes de cambiar a otro valor de una variable programada o a una condición experimental diferente donde recibirá de nuevo miles de ensayos. A un sujeto se le puede entonces ciclar sucesivamente a través de casi todos los valores de la variable independiente (por ejemplo, longitud media de tal variable, y su conducta sucesiva de estado estable "trazaría" la relación funcional como existe para él. Pero el diseño convencional utilizaría diferentes sujetos en los distintos valores: el llamado diseño "entre sujetos".

La discrepancia en los procedimientos es muy evidente en las estadísticas (Krantz, 1971) acerca del uso relativo de los diseños entre sujetos versus los diseños intrasujeto en el *JEAB* y en el *Journal of Comparative and Physiological Psychology (JCPP)*; en los años 1967 y 1969, sólo alrededor del 3% de los artículos del *JEAB* usaron un diseño entre sujetos; mientras que el 89% de los estudios del *JCPP* lo utilizaron. Por otra parte, sólo el 6% de los estudios *JCPP* emplearon exclusivamente un diseño intrasujeto, en tanto que alrededor del 90% de los artículos de la *JEAB* lo usaban. (Estos porcentajes no suman 100 debido a los diseños combinados.)

Sidman (1960, pág. 53 y sigts.) cree que estas dos estrategias de diseño son inadecuadas. La clave para usar el diseño intrasujeto es la *reversibilidad* de un fenómeno conductual, en particular la conducta de estado estable. Reversibilidad significa que una conducta particular de estado estable, bajo contingencias especificadas, puede recuperarse una y otra vez después de que al sujeto se le ha cambiado temporalmente a otras condiciones, y entonces regresa a las contingencias originales. Otros psicólogos pueden huir de los diseños intrasujeto debido a los efectos generales de "transferencia", al sospechar que la conducta de un sujeto en una condición depende de condiciones anteriores experimentadas y del orden de las mismas. La observación usual es que la ejecución en los parámetros programados, después se "confunde" por los efectos generales de transferencia, con influencias concomitantes desconocidas.

Sidman replica que tales efectos de transferencia son raros en los experimentos

de estado estable y que, si existen, constituyen importantes objetos de estudio. La irreversibilidad o transferencia de una a otra condición de aprendizaje no puede evadirse al correr grupos independientes en los valores separados de la variable independiente y trazarlos en una curva por vía del promedio del grupo. Como dice Sidman:

> ... La función así obtenida no representa un proceso conductual. El uso de grupos separados destruye la continuidad de causa y efecto que caracteriza a un proceso conductual irreversible.
>
> Si resulta imposible obtener una relación "no contaminada" en un solo sujeto (debido a las interacciones), puede ser que la relación "pura" sencillamente no existe. La solución a nuestro problema consiste en abandonar los intentos de descubrir esa relación pura, y dirigir nuestra investigación hacia el estudio de la conducta tal como existe en verdad.
>
> ... Cuando se encuentra el carácter irreversible, no hay ninguna curva individual que responda las preguntas que uno puede plantearle a la curva de grupo o viceversa. El estudiante no deberá creer que el tipo de experimento grupal proporcione de algún modo un sustituto más adecuadamente controlado o más generalizable para los datos individuales.
>
> Si mi criterio es certero, deberá conducir al estudiante a una nueva evaluación de gran parte de los datos supuestamente sistemáticos de la psicología experimental... Cuando se proceda así, es posible que el estudiante descubra que tiene que abandonar muchas de las generalizaciones populares de la psicología. También es probable que se enfrente a una elección, pues ambos tipos de datos representan, en un sentido real, diferentes temas de estudio (pág. 53).

Como se advierte, la división entre las dos metodologías depende del foco de interés; en particular, de si la conducta de transición (y transitoria) es de interés central, como cuando el animal *adquiere* una nueva habilidad o *extingue* un antiguo hábito; o si la conducta asintótica de estado estable es o no de interés fundamental. Las antiguas teorías del aprendizaje tendían a centrarse en la adquisición y en la tasa de ésta, mientras que los condicionadores operantes se preocupan más por la conducta de estado estable mantenida por contingencias dadas. Su metodología se asemeja en mucho a la del psicofísico, que somete a prueba repetidas veces a un sujeto. Diseños similares de miles de ensayos son ahora comunes en los estudios de la memoria humana (por ejemplo, Atkinson y Shiffrin, 1965) y del procesamiento de la información (Sternberg, 1969). Por lo tanto, no hay razón para la separación metodológica de estos campos.

La división principal es la que marca una preferencia teórica o, mejor dicho, una predilección por teorizar en un lado versus la falta de simpatía por los esfuerzos teóricos, del otro lado. El problema se reduce a decidir cuáles son las metas apropiadas de una psicología científica. Y aquí retornamos al cisma del empirismo y el racionalismo en la antigüedad (véase el capítulo 1). Hay una oposición fundamental entre los científicos que creen que el progreso se logra sólo mediante el examen riguroso de la conducta real resultante en la formulación de unas cuantas generalizaciones, y aquellos que afirman que las observaciones conductuales son interesantes mientras revelen leyes fundamentales de la mente, que sólo se muestran de forma parcial en la conducta. La psicología ¿será la ciencia de la mente a la ciencia de la conducta? ¿Es la física la ciencia de las cosas materiales o la ciencia de la lectura de mediciones? ¿Tiene la ciencia el propósito de comprender la forma en que funcionan las cosas o la manera de controlar su funcionamiento? ¿Es la

astronomía algo menos que una ciencia porque los astrónomos no pueden experimentar con los cuerpos celestes ni controlarlos? ¿Acaso los conductistas confunden el objeto de estudio con la evidencia disponible para obtener inferencias acerca de ese objeto de estudio? Skinner opta por la conducta como tema de estudio; los psicólogos cognoscitivistas que integran la oposición actual (por ejemplo, Neisser, 1967; Rumelhart, 1978) suponen que usamos la conducta como *evidencia* para la operación de los procesos cognoscitivos. Este enfrentamiento contemporáneo de opiniones ilustra lo fundamentales que son estas premisas esencialmente históricas y filosóficas.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Los libros siguientes comprenden las propias relaciones de Skinner sobre su trabajo:

Ferster, C. B. y Skinner, B. F., *Schedules of reinforcement*, 1957.
Holland, J. G. y Skinner, B. F., *The analysis of behavior: A program for self-instruction*, 1961.
Skinner, B. F., *The behavior of organisms*, 1938.
Skinner, B. F., *Science and human behavior*, 1953.
Skinner, B. F., *Verbal behavior*, 1957.
Skinner, B. F., *The technology of teaching*, 1968.
Skinner, B. F., *Contingencies of reinforcement*, 1969.
Skinner, B. F., *Beyond freedom and dignity*, 1971.
Skinner, B. F., *About behaviorism*, 1974.

Está disponible una recopilación de los artículos teóricos y experimentales, elegidos por el mismo Skinner como los más representativos de sus contribuciones, en:

Skinner, B. F., *Cumulative record*, 1972.

Una valoración retrospectiva acerca del trabajo de Skinner, junto con material autobiográfico:

Dews, P. B., *Festschrift for B. F. Skinner*, 1970.

Los dos volúmenes autobiográficos de Skinner son *Particulars of my life* (1976) y *The shaping of a behaviorist* (1979).

Es de gran importancia leer la novela *Walden two* de Skinner (1948*a*) junto con *Science and human behavior* (1953), a fin de comparar el sistema científico y su aplicación imaginaria en una utopía experimental. Skinner propone su *Beyond freedom and dignity* (1971) para la aplicación de la "tecnología de la conducta" de los enfermos de la sociedad; este libro tuvo una recepción muy controvertida entre los intelectuales y los críticos sociales. Las implicaciones éticas de los análisis de Skinner acerca del libre albedrío, la modificación de la conducta y el control social, son el tema del libro escrito por F. Carpenter, *The Skinner primer: Behind freedom and dignity* (1974).

Con respecto a las posiciones metodológicas de Skinner, consúltese el libro de M. Sidman, *Tactics of scientific research* (1960). Como ejemplo de las diferentes aplicaciones de la teoría de Skinner, una fuente útil es *Operant behavior: Areas of research and application* de W. K. Honig (dir.) (1966). Véanse también:

Honig, W. K. y Staddon, J. E. R. (dirs.), *Handbook of operant behavior*, 1977.
Verhave, T. (dir.), *The experimental analysis of behavior: Selected readings*, 1966.

8

Teoría del muestreo del estímulo, de Estes

La introducción del método experimental en el estudio del aprendizaje durante el siglo XIX estableció una tradición de métodos cuantitativos para el registro, el procesamiento y la descripción de los datos conductuales. Las tendencias de respuesta comúnmente se medían de acuerdo con su amplitud, latencia de respuesta o frecuencia relativa de ocurrencia. A mediados de la década de los cincuenta surgió una tendencia a enmarcar las hipótesis acerca del aprendizaje, que se basa en los detalles cuantitativos de los datos conductuales. Estos *modelos matemáticos* del aprendizaje intentan predecir los detalles numéricos exactos de los resultados experimentales. Los escritos y el trabajo teórico de Clark Hull imprimieron un gran impulso a esta tendencia. Hull abogaba en favor del desarrollo de teorías cuantitativas en el aprendizaje, su propio trabajo en este aspecto era en esencia programático y dio lugar a varias predicciones genuinamente cuantitativas a partir de datos numéricos. Sin embargo, el tipo de programa que Hull pedía apareció de forma significativa después de 1950, con el nombre de *teoría matemática del aprendizaje*. William K. Estes, cuyo trabajo reseñamos aquí, fue un líder en este campo. Sus primeros desarrollos aparecieron en la obra *Handbook of mathematical psychology* (Luce *et al.*, 1963, 1965), y en un libro de texto, *Introduction to mathematical learning theory* (Atkinson *et al.*, 1965).

Un punto central que debemos destacar desde el comienzo es que en realidad no existe tal teoría matemática del aprendizaje. Este término designa un tipo particular de enfoque de la construcción de la teoría en lugar de aludir a un conjunto aislado y específico de postulados que pudieran denominarse apropiadamente teoría. Los recursos de las matemáticas están a disposición de los teóricos de todas las orientaciones. Las fórmulas que intervienen son indiferentes al contenido de las ideas psicológicas que expresen, es decir, en términos matemáticos pueden analizarse y establecerse una diversidad de hipótesis sustantivas acerca del aprendizaje y de la conducta. Como campo, la teoría matemática del aprendizaje está ocupada por un vago conjunto de estudiosos con diferentes ideas, cuyo único

vínculo común es el uso de las matemáticas como vehículo para la enunciación precisa y la comprobación de sus hipótesis al compararlas con los datos.

En general, el trabajo en la teoría matemática del aprendizaje ha girado en torno de las situaciones experimentales explotadas por Hull, Skinner y la tradición funcionalista; es decir, el condicionamiento clásico e instrumental, el aprendizaje selectivo, y ha puesto un mayor acento en el aprendizaje humano en condiciones de laboratorio. Asimismo, gran parte del trabajo teórico se ha llevado a cabo básicamente en la vena del asociacionismo de estímulo y respuesta. Sin embargo, esta situación refleja principalmente los fundamentos y las predilecciones de quienes prefieren trabajar con el lenguaje matemático, ya que las hipótesis cognoscitivistas pueden representarse y lo han hecho de forma matemática.

En lugar de revisar la teoría matemática del aprendizaje en su totalidad, este capítulo se concentra en el trabajo de un hombre, William K. Estes, que ha sido líder en este campo desde 1950. Enunció una forma de teoría matemática del aprendizaje denominada *teoría del muestreo del estímulo*. Este trabajo continuo, el más extenso y coherente en su campo, sirve de ejemplo prototípico de una teoría matemática del aprendizaje, y por ello merece un tratamiento especial.

ANTECEDENTES DE LA TEORÍA DEL MUESTREO DEL ESTÍMULO

La teoría del muestreo del estímulo (*TME*) comenzó como una forma de asociacionismo del estímulo y la respuesta, cuando Estes intentó formalizar muchas de la ideas de Guthrie. La idea básica es que los organismos aprenden al vincular nuevas conductas adaptativas a situaciones de estímulo en las que anteriormente tenían una conducta en gran medida inapropiada. Las condiciones del reforzamiento definen lo que es adaptativo en una situación dada. Estes aceptaba la ley empírica del efecto, según la cual los reforzadores fortalecen y guían la conducta, aunque no creía que las recompensas operen al proporcionar "satisfacción" o "reducción del impulso" después de una respuesta correcta. En sus artículos iniciales, en la década de los cincuenta, Estes se inclinaba por una interpretación guthriana del reforzamiento; es decir, los reforzadores eran estímulos que de algún modo aseguraban que la respuesta correcta fuese la última en ocurrir ante los estímulos críticos en un ensayo determinado. Más adelante, Estes cambió a la creencia de que los organismos aprendían representaciones internas para eventos externos y secuencias de eventos, así como que entre estas representaciones de eventos se formaban asociaciones. El "evento" en cuestión puede ser un estímulo (*E*), una respuesta (*R*) o una consecuencia reforzante (*C*). De acuerdo con esta opinión, un organismo que experimente una secuencia *E-R-C* aprenderá asociaciones para todos los pares de elementos, *E-R*, *R-C* y *E-C*. Anteriormente, en ocasión de examinar las revisiones de Estes de la ley del efecto, ilustramos la manera en que interactúan estas asociaciones a fin de permitir al organismo seleccionar una respuesta adaptativa. En general, la conexión de estímulo y respuesta proporciona retroalimentación "buena" o "mala", que facilita o inhibe una conexión específica de estímulo y respuesta. Pero estamos alejándonos del tema. Para la mayor parte de los desarrollos matemáticos de la teoría del muestreo del estímulo, no hay diferencia en la interpretación que se haga de la ley empírica del efecto.

El punto de vista estadístico de la ejecución

La teoría del muestreo del estímulo trata explícitamente al aprendizaje y a la ejecución como procesos probabilísticos (o estocásticos). Un *proceso estocástico* es sencillamente una secuencia de eventos susceptibles de analizarse en términos de probabilidad. Como ejemplos familiares puede mencionarse la secuencia de actos de arrojar una moneda o de tirar un dado. En un experimento de aprendizaje (por ejemplo, una rata que aprende a girar a la izquierda en un laberinto en forma de *T*), la secuencia de sus respuestas izquierda o derecha durante sucesivos ensayos puede considerarse como un proceso probabilístico. Piénsese en ello como una secuencia de tirar monedas, con la excepción de que, debido al aprendizaje, la moneda se vuelve cada vez más propensa a caer en el lado "correcto". Nuestra rata en el laberinto *T* producirá, en el transcurso de los ensayos, una secuencia de respuestas correctas (*C*) y equivocadas (*E*), como *ECEECECCC* ... (todas las restantes son *C*). Tendríamos una secuencia así para cada uno de nuestros *N* sujetos en el experimento, y cada uno de ellos diferirá de todos los demás. Vista de esta forma microscópica, existe una variabilidad impresionante dentro de las respuestas de un animal de ensayo a ensayo, así como entre los propios animales. Si la conducta se determina causalmente, ¿cómo explicar toda esta variabilidad? El enfoque determinista sostiene que, en realidad, los animales se diferencian en su estructura genética y en sus historias previas, y que estos factores determinan las elecciones y la sensibilidad de cada uno de ellos al reforzamiento. El comportamiento variable que muestra un animal en los ensayos se explicaría al postular variación en la situación de estímulo externo, en la atención momentánea del animal a ciertos estímulos, a fluctuaciones en su motivación, a variaciones en su entrada de recuerdos relevantes, etcétera. El determinista argumenta que si conociéramos la totalidad de dichas causas en el momento en que el animal hace la elección, ésta parecería ser completamente determinada y, por ende, predecible.

Sin embargo, un enfoque alternativo presupone que como la conducta es determinada por muchísimas variables y causas que no pueden medirse, la mejor predicción de la conducta que podemos ofrecer en la práctica es una probabilística. En vez de decir "el sujeto girará a la izquierda en este ensayo", decimos "hay un 80% de probabilidades de que gire a la izquierda". Eso equivale a afirmar en el caso de arrojar una moneda que hay un 50% de probabilidades de que caiga en cualquiera de ambas caras. Así, podemos caracterizar nuestra predicción de lo que va a suceder para un sujeto al estipular, para cada ensayo, la probabilidad de que ocurra cada una de las diversas respuestas.

La principal variable dependiente de la teoría matemática del aprendizaje es la probabilidad de varias respuestas de un sujeto en cualquier punto del tiempo, dada su historia particular de aprendizaje. Para nuestro ejemplo del laberinto *T*, en teoría dejaríamos que p_1, p_2 y p_3... representen la probabilidad de que el sujeto dé una respuesta correcta en el ensayo 1, en el ensayo 2, en el ensayo 3, etcétera. El subíndice en p_n designa al número de ensayo, *n*. Sin embargo, a diferencia de una serie de lanzamientos de moneda, en un experimento de aprendizaje la secuencia de ensayo de probabilidades cambia; de hecho, la probabilidad de una respuesta correcta debería incrementarse en el curso de los ensayos hasta alrededor de 1.00. Los primeros cinco ensayos de un hipotético experimento de aprendizaje se describen en la tabla 8.1.

TABLA 8.1. Los primeros cinco ensayos de un hipotético experimento de aprendizaje. Las respuestas correctas o erróneas se han generado en una hilera para cada sujeto mediante la comparación de nuevos números aleatorios con la probabilidad teórica de una respuesta correcta durante los cinco ensayos.

Ensayos	1	2	3	4	5
Probabilidad teórica de C	(p_1) 0.50	(p_2) 0.60	(p_3) 0.65	(p_4) 0.70	(p_5) 0.75
Suj. 1	*E*	*C*	*C*	*E*	*E*
Suj. 2	*C*	*E*	*C*	*C*	*C*
Suj. 3	*E*	*E*	*C*	*C*	*C*
Suj. 4	*C*	*C*	*E*	*C*	*C*

Una teoría del aprendizaje como la del muestreo del estímulo describe los eventos efectivos que promueven el aprendizaje. Si una teoría es lo bastante explícita y simple en su aplicación a una situación dada de aprendizaje, nos permite desarrollar un modelo matemático para describir los cambios en la conducta del sujeto en el transcurso de los ensayos de aprendizaje. Un modelo estadístico del aprendizaje consiste en premisas acerca de la manera en que la probabilidad de que una respuesta correcta del sujeto cambie de ensayo a ensayo, como resultado de las consecuencias que experimenta en cada uno de ellos. Dada esta representación del aprendizaje y la ejecución como una secuencia por ensayo de probabilidades de respuesta, el teórico puede predecir cualquiera entre un gran número de estadísticos descriptivos de los datos del sujeto como sus errores totales, su ensayo del último error (antes de una carrera de ejecución sin error), etcétera. La cuestión de inferir predicciones para tales estadísticos a partir de un modelo estadístico, consiste únicamente en un trabajo matemático dentro del cálculo de probabilidades, que por sí solo carece de contenido o significado psicológicos.

La variabilidad en la ejecución entre diferentes sujetos puede tratarse de diversas formas. Una es presuponer que los sujetos realmente difieren en la tasa de aprendizaje y en las tendencias iniciales de respuesta, y por eso los aspectos del modelo matemático se estiman y se adecuan separadamente para cada individuo. Un enfoque mucho más conveniente consiste en presuponer que dentro de una situación experimental determinada, las verdaderas diferencias individuales son insignificantes, y que la variabilidad entre diversos sujetos es sólo la que cabría esperar, por lo general, en distintas muestras de una secuencia común de probabilidades. Como ilustración, examínese la tabla 8.1, donde se han generado cuatro diferentes secuencias ("sujetos" hipotéticos, uno en cada hilera). Esto se hizo con la ayuda de una tabla de números aleatorios y decisiones para cada sujeto y para cada ensayo, en el que el sujeto daba una respuesta correcta si el siguiente número aleatorio de dos dígitos era menor que el valor p en ese ensayo. Por ejemplo, en el ensayo 2 el valor de p_2 es 0.60: el primer número aleatorio encontrado para ese ensayo era 37, que es menor de 60, de modo que se pone una *C* para el sujeto 1 en el ensayo 2; en el segundo número aleatorio era 83, el tercero, 71, y el cuarto 53, que conducían a decisiones de respuestas *E*, *E* y *C* para los su-

jetos 2, 3, 4 en el ensayo 2. Las respuestas hipotéticas se determinaban de modo similar en los ensayos 3, 4, 5.

El examen de las secuencias de los cuatro sujetos *sugiere* grandes diferencias. Si fuéramos propensos a sacar conclusiones, diríamos que los sujetos 2 y 4 son aprendices rápidos, que el sujeto 1 es un aprendiz lento, que el 3 parece haber obtenido la conducta correcta repentinamente, después de un mal comienzo, etcétera. Pero éstas sólo son *ficciones* supersticiosas dentro de nosotros, los observadores, ya que en realidad sabemos que las respuestas de los cuatro sujetos se generaron a partir de las mismas probabilidades fundamentales. (Con más ensayos, la variabilidad entre sujetos parece incluso más extrema.) Así, la premisa de las probabilidades comunes de respuesta todavía genera mucha variabilidad entre las muestras ("sujetos"). Por consiguiente, no debería concluirse que aquí hay diferencias individuales reales, a no ser que existan divergencias muy notables. En la práctica, este hecho ha permitido al teórico del aprendizaje matemático combinar los datos de un grupo homogéneo de aprendices, al presuponer que tan sólo son distintas muestras de un proceso subyacente de probabilidad común; entonces el teórico intenta aplicar el modelo matemático para predecir aspectos de los datos combinados. Desde luego, el modelo podría ajustarse a los datos de cada sujeto por separado, pero eso significa mucho más trabajo y es considerablemente menos impresionante, ya que deben estimarse demasiados parámetros de modelo desconocidos.

Con estas consideraciones como información básica acerca del enfoque estocástico del aprendizaje, veremos la sustancia de la teoría del muestreo del estímulo.

PREMISAS FUNDAMENTALES DE LA TEORÍA DEL MUESTREO DEL ESTÍMULO

La representación de la situación de estímulo

Como hemos dicho, la *TME* es una formalización del enfoque de Guthrie del asociacionismo de estímulo y respuesta. La situación de estímulo se representa como una población de componentes o aspectos independientemente variables de la totalidad del ambiente, denominados *elementos de estímulo*. En cualquier momento de un ensayo experimental, sólo una muestra de elementos de la población total es activa o efectiva. Mientras menos variables sean las condiciones experimentales, menos variables serán las muestras de ensayo sucesivo de los elementos de estímulo.

Pueden identificarse dos fuentes de variación aleatoria en la estimulación: la primera surge de los cambios incidentales en el ambiente durante el experimento (ruidos extraños, fluctuaciones de temperatura, olores dispersos, etc.); y la segunda brota de los cambios en el sujeto, ya sea por una alteración en la orientación de sus receptores (lo que mira o escucha), de modificaciones en su postura o estímulos producidos por la respuesta, o de fluctuaciones en su sistema de transmisión sensorial. Cuando a los sujetos humanos se les presentan estímulos verbales, la variabilidad puede ocurrir debido a diferentes asociaciones o interpretaciones implícitas excitadas por el material en distintas ocasiones (Bower, 1972*d*). No existe ningún compromiso con alguna cantidad fija de tal variabilidad de estímulo; la teoría habrá

de estimarla. Así, en las situaciones simples de aprendizaje, en las cuales el experimentador aplica el mismo estímulo (por ejemplo, el tañer de una campana) al comienzo de cada ensayo, esto se representa sólo como una población potencial de los elementales de estímulo N.

En cada ensayo, sólo una muestra de los elementos N serán activos o efectivos. En la figura 8.1 se ilustra la extracción de una muestra de ensayo de elementos de estímulo. Si pensamos en los elementos de estímulo como N bolitas en una caja, son factibles varios esquemas de muestreo, pero en las discusiones teóricas se han empleado con mayor frecuencia dos esquemas simples. Uno presupone que cada elemento de estímulo tiene una probabilidad θ de entrar en la muestra, independientemente de cuántos elementos más se incluyen en ella. Según este esquema, el número de elementos en la muestra variará aleatoriamente de un ensayo al siguiente, y el tamaño promedio de la muestra consistirá en $N\theta$ elementos. El segundo esquema presupone que un número fijo de elementos se extrae aleatoriamente, sin reemplazos de los elementos N de la población. Si dejamos que s represente al tamaño fijo de la muestra, entonces cada elemento tiene una probabilidad general de s/N de aparecer en la misma. Los modelos especiales obtenidos cuando se presupone que $s = 1$ se denominan modelos de patrón. Se les ha investigado mucho, y serán, examinados más adelante.

Conexiones de respuesta y el estado del sistema

Ya hemos visto cómo se representa la situación de estímulo y la muestra del ensayo. Para hacer contacto con la ejecución, la teoría presupone que cada elemento de estímulo está condicionado (conectado) a una respuesta. Las alternativas de respuesta se designan con los subíndices A_1 y A_2. En un experimento de doble elección, por ejemplo, algunos elementos estarían conectados con la alternativa de respuesta A_1 y algunos con la otra opción, A_2; en una situación de operante libre, A_1 podría consistir en "presionar la palanca" y A_2 designaría cualquier conducta

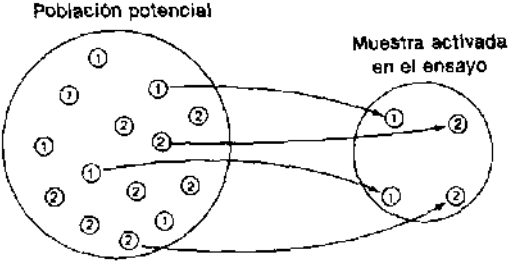


Figura 8.1. Ilustración del proceso de extracción de una muestra aleatoria de elementos de estímulo (círculos pequeños) para que sean activos en un ensayo dado. La población potencial contiene 14 elementos, y la muestra 4, de modo que θ es 4/14, o 0.29. El rótulo 1 o 2 en cada elemento indica si está asociado con la respuesta A_1 o con la A_2 al comienzo del ensayo. En la población, la proporción de elementos conectados con A_1 es de 6/14 o 0.43.

que no fuera ésa. Se supone que la conexión condicional entre un solo elemento de estímulo y una respuesta es unitaria y de fuerza máxima, sin variar en grado. Según este enfoque, podemos caracterizar las disposiciones del sujeto en cualquier momento de nuestra situación al enumerar los diversos elementos de estímulo, y la respuesta pertinente asociada en el momento con cada elemento. Esa lista es el *estado del sistema* teórico al caracterizar a un individuo en ese momento. En el transcurso del aprendizaje, los elementos cambiarán sus asociaciones para este sujeto; diríamos que el estado del sistema cambia de ensayo a ensayo, alternativamente.

Como las probabilidades de las diversas respuestas dependen del estado del sistema, tenemos que calcular ese estado a medida que avanzan los ensayos. ¿Podemos encontrar una forma útil de representar el estado del sistema, de modo que estos cálculos se simplifiquen? Indudablemente que sí, y la razón es que los esquemas de muestreo mencionados asignan a cada elemento una probabilidad *igual* de muestreo. Debido a esta premisa, no necesitamos saber *qué* elementos están asociados con qué respuestas a fin de predecir la probabilidad de la respuesta. Todo lo que en verdad necesitamos saber es *qué proporción* de los elementos de estímulo está asociada con cada respuesta. Por ejemplo, en un experimento de dos respuestas, dejaríamos que p designara la proporción de elementos asociados con la respuesta A_1, y $1 - p$ denotaría la proporción restante de elementos asociados con la respuesta A_2. En este caso, nuestra descripción del estado del sistema se reduce al número único, p. Y los cálculos de este solo número son considerablemente más fáciles de seguir que los cálculos de la enumeración cambiante de asociaciones para todos los elementos.

Reglas de ejecución y de reforzamiento

La ejecución en cada ensayo se determina por los elementos que se experimentan, o "se muestrean", en ese ensayo. Se presupone que la probabilidad de cualquier respuesta es igual a la proporción de elementos muestreados en ese ensayo, que están conectados con dicha respuesta. Si una muestra de tamaño 10 contiene 5 elementos conectados con A_1, 3 con A_2, y 2 con A_3, entonces las probabilidades son 0.5, 0.3 y 0.2, respectivamente, si la respuesta es A_1, A_2 o A_3. Si el número de elementos es amplio y, por lo mismo, resulta aplicable la ley estadística de los grandes números, la regla de ejecución tiene el efecto de establecer la probabilidad de que la respuesta A_1 sea igual a p, la proporción de los elementos conectados con A_1 en la población. Por lo general, se supone que éste es el caso.

Una vez que ha extraído una muestra de estímulo y que ha respondido, el sujeto recibe alguna consecuencia reforzante. Son estas consecuencias las que cambian las conexiones condicionales de los elementos muestreados en un ensayo, con lo cual alteran el estado del sistema. En teoría, si se han identificado r clases de respuestas, entonces se definen $r + 1$ eventos teóricos reforzantes, designados como $E_0, E_1, E_2, \ldots E_r$. Se supone que exactamente uno de estos eventos reforzantes ocurre en la terminación del ensayo. Los eventos $E_1, E_2, \ldots E_r$ se refieren al reforzamiento de las respuestas $A_1, A_2, \ldots, A_r$, respectivamente, mientras que E_0 señala que ninguna de las respuestas fue reforzada. Si un ensayo termina con el evento reforzante E_k, todos los elementos muestreados en ese ensayo se condicionan a la respuesta A_k, si es que ya no lo estaban. Por ejemplo, si un elemento

conectado con A_1, se muestrea en un ensayo cuando ocurre el reforzamiento E_2, este elemento cambia su conexión condicional de A_1 a A_2 de una manera de todo o nada. Por último, E_0 designa un evento nulo; la ocurrencia de E_0 significa que ninguna de las respuestas fue reforzada, de modo que no se produce ningún cambio en las conexiones condicionadas de los elementos muestreados.

Es necesario incluir algunas otras consideraciones acerca de estas premisas de condicionamiento. En primer lugar, estos axiomas describen cambios en las conexiones de los elementos de estímulo en el transcurso de los ensayos, y se considera que esto es el aprendizaje. Mediante tales reglas, los sucesivos ensayos de práctica dan lugar a la unión de la respuesta recompensada, o "correcta", con un número cada vez mayor de elementos de estímulo muestreados de la población, lo cual ocurre a costa de desunir las respuestas "erróneas" de estos mismos elementos. Veamos la descripción exacta del proceso. El condicionamiento de la respuesta A_1 se logra a expensas de remover las asociaciones de las respuestas alternativas, y no se necesitan postulados especiales acerca de la extinción. Ésta se lleva a cabo por interferencia, en el sentido de que la probabilidad de alguna respuesta de referencia A_2 declina, mientras se incrementa la probabilidad de una respuesta competidora A_1. Segundo, siguiendo a Guthrie observamos que la *TME* presupone un condicionamiento de todo o nada de los elementos muestreados a la respuesta reforzada. En tercer lugar, esta representación de eventos reforzantes es teóricamente neutral. Para aplicaciones particulares, deben establecerse premisas sustantivas acerca de las relaciones entre los eventos reforzantes hipotéticos y las consecuencias reales en los ensayos; por ejemplo, recompensas alimenticias para una rata por dar vuelta a la izquierda en un laberinto en forma de *T*; el estímulo incondicionado o su ausencia en el condicionamiento clásico; información acerca de la respuesta correcta en el aprendizaje verbal, etcétera.

Derivación de ecuaciones básicas del aprendizaje

Se recordará que el estado del sistema está dado por las fracciones de los elementos de estímulo condicionados a las diversas opciones de respuesta. Las premisas de las teorías nos permiten deducir la manera en que estas proporciones cambiarán de ensayo a ensayo, como consecuencia de los eventos reforzantes. Para simplificar, imaginemos que tratamos con un perro que aprende a salivar al sonido de un timbre; la salivación será, por tanto, nuestra respuesta A_1, y la no salivación nuestra respuesta A_2. La población de elementos potenciales de estímulo correspondientes al sonido del timbre (EC) se representa por analogía en la figura 8.2 como un recipiente lleno de bolitas blancas (A_2). En el ensayo 1, con el timbre, ocurre una muestra de cinco elementos de estímulo y ninguna salivación; entonces el EI alimenticio, que obliga a que se produzca la salivación (A_1) al final del ensayo, lo cual conecta los elementos muestreados con la salivación. En nuestro modelo analógico, pintamos de negro las cinco bolitas muestreadas de "timbre", para reflejar el cambio que sufren para conectarse a la salivación (A_1). Estas cinco bolitas (negras) condicionadas A_1 se regresan al recipiente y se mezclan con las blancas. En el segundo ensayo con el EC del timbre, se saca una nueva muestra aleatoria de cinco elementos de estímulo, que consiste (casualmente) en una bolita negra (A_1) y cuatro blancas (A_2). La regla de ejecución de la teoría diría que la probabilidad de una respuesta salival condicionada a la muestra EC (timbre) en este

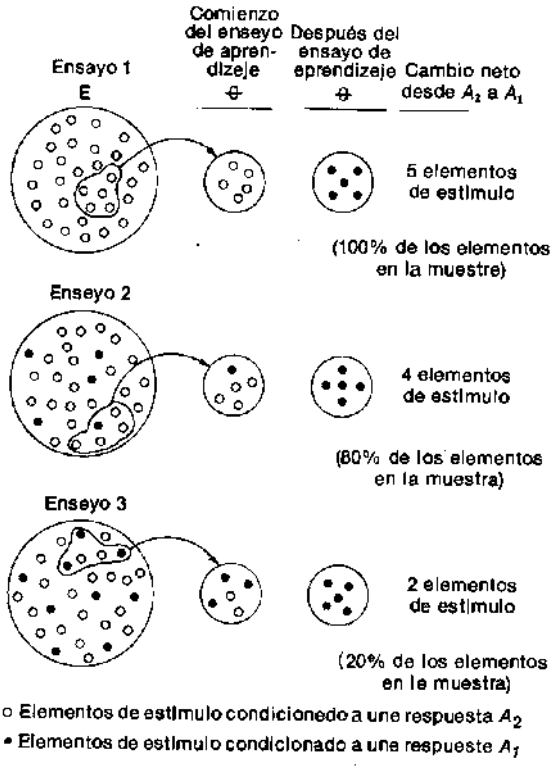


Figura 8.2. Modelo de Estes acerca de la forma en que los elementos de estímulo cambian del estado incondicionado al condicionado (tomada de Hergenhahn, 1976).

ensayo es de una entre cinco, o 0.20. El *EI* alimenticio se da al final del ensayo, lo cual origina la conexión de los elementos muestreados con la respuesta salival. El número de bolitas blancas que cambian a negras al final del ensayo 2 parece ser 4. La muestra de bolitas del ensayo 2 se devuelve al recipiente más grande, y las bolitas se mezclan nuevamente para preparar el ensayo 3. La muestra *EC* en este ensayo tiene por casualidad tres elementos A_1 y dos A_2, de modo que la probabilidad de una *RC* salival al timbre es de 3/5 o 0.60, y el *EI* al final del ensayo da lugar al condicionamiento (cambio) de sólo dos elementos (blancos) a la respuesta A_1.

Si observamos el número de elementos conectados a A_1 en la población total al comienzo de cada ensayo en la figura 8.2, vemos que es 0, 5 y 9 para los ensayos 1, 2 y 3, y será de 11 al comienzo del ensayo 4. Como hay 32 elementos en la población *EC*, esto significa que la proporción de elementos conectados a A_1 al comienzo de los cuatro ensayos es $p_1 = 0/32, = 0, p_2 = 5/32 = 0.16, p_3 = 9/32 = 0.28$, y $p_4 = 11/32 = 0.34$. Mientras el número total de elementos de estímulo conectados a A_1 se incrementa de ensayo a ensayo, la magnitud del aumento se vuelve cada vez menor en el transcurso de los ensayos. La curva negativamente acelerada es una curva del aprendizaje que aumenta de modo considerable durante los primeros ensayos de entrenamiento, y luego a pasos progresivamente más pequeños durante ensayos posteriores. La figura 8.3 ilustra varias de esas curvas del aprendizaje, que comienzan en $p_1 = 0.20$. La mayor parte de las curvas empíricas del aprendizaje poseen esta forma *negativamente acelerada*.

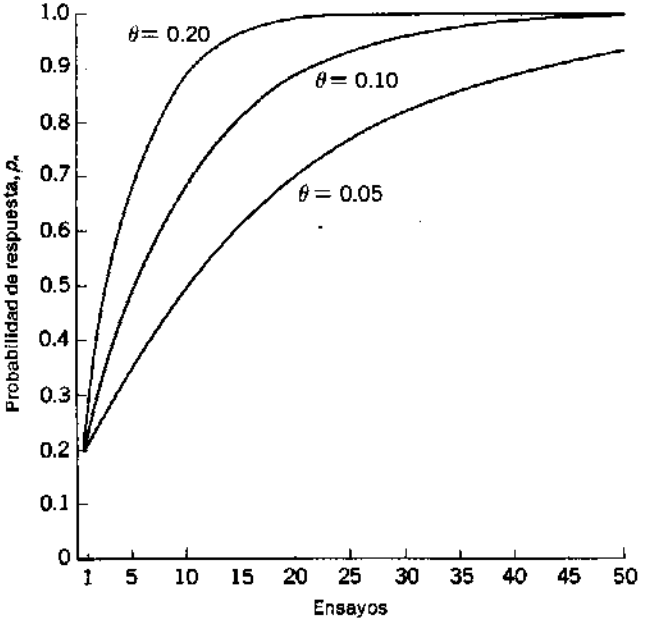


Figura 8.3. Gráficas de la función p_n descritas por la ecuación 2, donde $p_1 = 0.20$, y la tasa de aprendizaje θ tiene los valores de 0.05, 0.10 y 0.20 para las tres curvas.

Los procesos de muestreo y condicionamiento descritos en la figura 8.2 pueden formularse en términos matemáticos. Dejemos que p y $-p$ designen las proporciones de elementos conectados a las respuestas A_1 y A_2. Como éstas proporciones cambiarán en el transcurso de los ensayos, empleamos un subíndice para denotar el número del ensayo en cuestión. Así, p_n designa la proporción de elementos conectados a A_1 en el momento en que se evoca la respuesta en el ensayo n. A p_n también se le puede interpretar como: *a*) la probabilidad de que cualquier elemento aleatoriamente seleccionado en la población esté conectado a A_1; y *b*) la probabilidad de que la respuesta en el ensayo n sea A_1.

Supóngase que cada ensayo termina con un reforzamiento para la respuesta A_1; es decir, un reforzamiento E_1 finaliza el ensayo. Deseamos calcular p_{n+1}, la probabilidad de que un elemento esté condicionado a A_1 al comienzo del siguiente ensayo, $n + 1$. Al recordar que θ es la probabilidad de que un elemento de estímulo se muestree en cualquier ensayo dado, la ecuación del aprendizaje puede escribirse de la siguiente forma:

$$p_{n+1} = (1 - \theta)\, p_n + \theta. \tag{1}$$

Esta ecuación puede interpretarse término por término: con la probabilidad $1 - \theta$ el elemento no está muestreado, de modo que su probabilidad de estar conectado a A_1 permanece igual que antes; es decir, p_n. La otra opción es que con una probabilidad de θ el elemento se muestrea, y el evento reforzante E_1 que ocurre en ese ensayo condiciona el elemento a A_1, con seguridad.

Observemos algunos hechos matemáticos acerca de la ecuación 1. Primero, p_{n+1}

será *mayor* que —o igual a— p_n, de manera que un reforzamiento E_1 incrementa la probabilidad de una respuesta A_1. Segundo, p_{n+1} es una función lineal (línea recta) de p_n. De este hecho deriva el nombre de *modelo lineal*, que se refiere a un sistema de tales ecuaciones. Tercero, un reforzamiento E_1 hace aumentar a p hasta un límite (o asíntota) que a la postre tiende a la unidad. Es decir, cuando $p_n = 1$, la ecuación 1 será $p_{n+1} = 1$. Si se diera una serie consistente de sucesos E_1, correspondientes a repetidas aplicaciones de la ecuación 1, p se incrementaría desde algún valor inicial y se acercaría a una unidad asintótica. Así, la ecuación 1 implica que los reforzamientos consistentes E_1 a la larga conducirían a ocurrencias consistentes de las respuestas A_1. Si se desea predecir la curva del aprendizaje, sencillamente rastreamos el efecto, ensayo por ensayo, de la aplicación de la ecuación 1, al valor inicial p_1 a partir del cual comenzó el proceso en el ensayo 1. Para calcular p_n para una secuencia consistente de eventos E_1, aplicamos reiteradas veces la ecuación 1. Es decir, p_2 se calcula de p_1 mediante la ecuación 1. Entonces, p_3 se calcula a partir de p_2 usando de nuevo la ecuación 1, y así sucesivamente. El resultado es la siguiente expresión general:

$$p_n = 1 - (1 - p_1)(1 - \theta)^{n-1}. \tag{2}$$

Esta expresión conduce a p_n como una función negativamente acelerada del ensayo de práctica, n. El límite de p_n es 1, ya que la fracción $1 - \theta$ decrece hasta llegar a cero a medida que se eleva a potencias cada vez más altas. En la figura 8.3 pueden observarse algunas gráficas de esta función. Para estas curvas, $p_1 = 0.20$ y θ es 0.05, 0.10 y 0.20 para las tres curvas. La curva asciende con más rapidez para los valores más grandes que θ. Recuérdese que θ es la probabilidad de que un elemento de estímulos se muestree; cuando θ es baja, habrá mucha variabilidad de ensayo a ensayo en la composición de la muestra de estímulo; cuando θ es alta, siempre estará presente la mayor parte de los elementos, de modo que una muestra variará muy poco en relación con las otras. En la figura 8.3 puede verse cómo esta variabilidad del estímulo afecta a la tasa del aprendizaje. La influencia demorada de la mayor variabilidad del estímulo sobre el aprendizaje fue observada por primera vez por Pavlov (el fenómeno de la inhibición externa). Otros experimentos realizados por Wolfle (1936), E. J. Green (1956), y Burke, Estes y Hullyer (1954), proporcionan resultados que pueden interpretarse en términos de variaciones θ.

Eliminación de las respuestas de interferencia y extinción

La ecuación 1 describe el aumento en la probabilidad de una respuesta A_1 en un ensayo que es reforzado. Pero, ¿qué le sucede a la probabilidad de una respuesta A_2 como resultado de este ensayo? Evidentemente, la probabilidad de una respuesta A_2 decrece, ya que las probabilidades de las dos respuestas deben sumar uno. (Debido a la manera en que se han definido las respuestas, una y sólo una puede ocurrir en cada ensayo experimental.) Por ejemplo, si por torcer a la izquierda en un laberinto en forma de T un reforzamiento incrementa la probabilidad de que una rata dé vuelta a la izquierda (A_1), entonces debe reducir su probabilidad de girar a la derecha (A_2), ya que en cada ensayo sólo da una respuesta. La teoría

del muestreo del estímulo aplica el mismo análisis de "elegir una respuesta" que a las *RC* en las situaciones de condicionamiento pavloviano e instrumental, así como en situaciones explícitas de elección.

La ecuación 1 implica una segunda ecuación que describe el decremento de la probabilidad de una respuesta A_2 debida a un ensayo E_1 cuando la respuesta opuesta (A_1) es reforzada. De modo similar, la ecuación 2 implica otra que describe la probabilidad decreciente de una respuesta A_2 durante una serie de ensayos reforzados A_1; es decir:

$$\begin{aligned} p(A_2 \text{ en ensayo } n) &= 1 - p\ (A_1 \text{ en ensayo } n) \\ &= (1 - p_1)\ (1 - \theta)^{n-1} \end{aligned} \tag{3}$$

De acuerdo con la ecuación 3, la probabilidad de una respuesta A_2 comienza en $1 - p_1$ en el ensayo 1, y declina a cero a medida que continúa la práctica con el reforzamiento A_1. Esto sucede ya que $(1 - \theta)^{n-1}$ se hace más pequeña conforme n aumenta.

Si como observadores nos hemos concentrado y hemos registrado la conducta A_2 notaremos que el entrenamiento A_1 elimina las respuestas A_2 de la situación. Ésta es la idea de "interferencia" de Guthrie adoptada por Estes en la *TME:* la conexión de una respuesta con los elementos de estímulo de una situación ocurre sólo al desconectar todas las respuestas alternativas a esos elementos. Así, cuando decimos que estamos "condicionando" la respuesta A_1 a una situación en que antes no ocurría, también podríamos decir que "extinguimos", o eliminamos todas las demás respuestas que el organismo da a esa situación. Así, la ecuación 3 puede concebirse como una *curva de extinción* para la respuesta A_2, y en realidad las curvas empíricas de extinción (véase la figura 3.2) a menudo tienen la forma que se describe en la ecuación 2.

Recuérdese que para una situación de dos elecciones con respuestas A_1 y A_2, definimos E_1 como un reforzamiento para A_1, y E_2 como un reforzamiento para A_2. El efecto de un reforzamiento E_1 sobre la probabilidad de una respuesta A_1 se dio en la ecuación 1. Si reforzáramos A_2 en un ensayo dado, eso decrementaría la probabilidad de una respuesta A_1 mediante la siguiente fórmula:

$$p_{n+1} = (1 - \theta)\ p_n + \theta.0 = (1 - \theta)\ p_n. \tag{4}$$

La interpretación de muestreo del estímulo de la ecuación 4 es la siguiente: la probabilidad de que un elemento de estímulo se conecte con A_1 al comienzo del ensayo $n + 1$ es exactamente la probabilidad de que estuviera conectado a A_1 antes del ensayo n (p_n), por la probabilidad de que no estaba muestreado $(1 - \theta)$ y condicionado a A_2 en el ensayo n. Un evento reforzante E_2 hace disminuir a p_n tal como un evento reforzante E_1 hace decrecer a $1 - p_n$. Si fuera a ocurrir una serie de reforzadores E_2, entonces p_n se reduciría casi a cero..

Podemos agrupar nuestras ecuaciones críticas de la siguiente forma:

$$p_{n+1} = \begin{cases} (1 - \theta)\ p_n + \theta \text{ si } A_1 \text{ se refuerza} \\ \qquad\qquad \text{en el ensayo } n \\ \qquad\qquad \text{o} \\ (1 - \theta)\ p_n \text{ si } A_2 \text{ se refuerza} \\ \qquad\qquad \text{en el ensayo } n \end{cases}$$

Estas ecuaciones constituyen la médula del modelo lineal. Observamos que son ecuaciones diferentes, que expresan cómo una variable (p_n) cambia sus valores desde un punto discreto en el tiempo (ensayo n) hasta el siguiente punto en el tiempo (ensayo $n + 1$).

APLICACIÓN DE LA *TME* A TÓPICOS SELECTOS

Respuestas a compuestos de estímulo

Una pregunta usual es si podemos predecir las probabilidades de diversas respuestas a un compuesto de varios estímulos, al conocer la forma en que los elementos individuales del compuesto se conectan con las respuestas. Si un conjunto de elementos S_1 está conectado con la respuesta A_1, y otro conjunto S_2 está conectado con A_2, ¿cómo vamos a predecir la probabilidad de respuesta a un compuesto o patrón de prueba que consta de n_1 elementos de S_1 y n_2 elementos de S_2? La premisa de la *TME* es que las probabilidades de respuesta se determinan por las proporciones de elementos de estímulo en la muestra conectada con las diversas respuestas. En la situación de prueba antes descrita, la probabilidad de la respuesta A_1 se espera que sea $n_1/(n_1 + n_2)$, y de A_2, $n_2/(n_1 + n_2)$. Además, si hacemos que S_3 sea un tercer conjunto de elementos de estímulo con una mitad aleatoria de los elementos S_3 conectada con A_1, y la otra mitad de los elementos conectada con A_2. Si el compuesto de prueba consta de n_1 elementos de S_1, n_2 de S_2, y n_3 de S_3, entonces la proporción esperada de respuesta A_1, será:

$$p = \frac{n_1 + \frac{1}{2}n_3}{n + n_2 + n_3}$$

El término $1/2n_3$ en el numerador es la cantidad esperada de elementos n_3 conectados con A_1, y extraídos del conjunto de estímulo S_3.

Un experimento realizado por Schoeffler (1954) ofrece una prueba de estas predicciones. Los tres conjuntos de elementos de estímulo se determinaron como diferentes conjuntos de ocho lámparas pequeñas tipo joya, dispuestas en un arreglo de 24 lámparas frente al sujeto. Se les entrenó primero para que accionaran un interruptor en una dirección (A_1) cuando estaban presentes los elementos del conjunto S_1, y a moverlo en la dirección opuesta (A_2) cuando estuvieran presentes los elementos del conjunto S_2. Las lámparas S_3 nunca se presentaron durante éste entrenamiento preliminar, y la teoría presupone que estos elementos se conectan desde el comienzo (permanecen así) aleatoriamente, la mitad con A_1 y la otra mitad con A_2. Después de este entrenamiento preliminar, se sometió a prueba a los sujetos, en relación con sus respuestas, a diferentes combinaciones de los elementos (lámparas) S_1, S_2 y S_3. Durante las series de prueba se les indicó que respondieran como lo creyeran apropiado, y no se les proporcionó información de retroalimentación acerca de la respuesta "correcta".

En la tabla 8.2 se presentan las combinaciones de prueba usadas y los resultados obtenidos, así como las predicciones de las tres diferentes combinaciones de reglas. Para ilustrar la manera de interpretar la tabla 8.2, considérese el quinto

patrón de prueba (hilera 5) que consta de 8 lámparas del conjunto S_1, 4 lámparas elegidas aleatoriamente del conjunto S_2 y las 8 lámparas del conjunto S_3. Para esta combinación, la frecuencia relativa promedio de respuestas A_1 para el grupo de sujetos era de 0.62.

La columna de los valores pronosticados, denominada *regla del promedio*, emplea la fórmula derivada antes de la *TME*. Por ejemplo, para la prueba 6, que consta de 8, 2 y 8 elementos de S_1, S_2 y S_3 respectivamente, el valor pronosticado es:

$$p_5 = \frac{8 + 1/2 \cdot 8}{8 + 2 + 8} = \frac{12}{18} = 0.67.$$

Este valor pronosticado es idéntico al valor observado de 0.67. De hecho, con la excepción del segundo patrón de la prueba, las predicciones de la regla del promedio son uniformemente cercanas a los valores observados.

La regla de los *elementos neutrales*, una alternativa sugerida por el trabajo de LaBerge (1959), aplica la regla del promedio, pero presupone que los elementos S_3 son neutrales y no contribuyen a A_1, ni a A_2. Por ejemplo, en la prueba 6, la hipótesis de los elementos neutrales suprime los 8 elementos S_3 y pronostica $p = 8/(8 + 2) = 0.80$. En la tabla 8.2 puede observarse que en las pruebas 5 a la 8, en las que los dos conjuntos de predicciones difieren, la regla de los elementos neutrales es considerablemente, inferior a la regla del promedio.

La última hipótesis, llamada *regla de la mayoría* en la tabla 8.2, presupone que la respuesta está determinada por cualquier elemento condicionado que se encuentre en la mayor parte de la muestra. Tales datos desacreditan la regla, que en un principio parecía plausible.

Hay muchos otros conjuntos de datos de este tipo general, en los cuales la regla del promedio se comprueba mediante sus predicciones acerca de las proporciones de la respuesta a las nuevas combinaciones de estímulos, condicionados. Por lo general, la regla del promedio ha resistido estas pruebas y al parecer constituye una excelente premisa de trabajo para manejar esa clase de problemas.

TABLA 8.2. Proporciones de respuesta A_1, observadas y predichas, para cada uno de los nueve patrones de prueba (hileras). La composición de los patrones de prueba se indica por las entradas en las columnas bajo E_1, E_2, E_3. Véase el texto para la explicación de las predicciones (tomada de Schoeffler, 1954).

Patrón de prueba	Núm. de elementos de E_1	E_2	E_3	p (A_1) observados	Predichos por Regla del promedio	Elementos neutrales	Reglas de la mayoría
1	8	8	0	0.54	0.50	0.50	0.50
2	8	4	0	0.79	0.67	0.67	1.00
3	8	2	0	0.81	0.80	0.80	1.00
4	4	2	0	0.63	0.67	0.67	1.00
5	8	4	8	0.62	0.60	0.67	1.00
6	8	2	8	0.67	0.67	0.80	1.00
7	4	2	8	0.54	0.57	0.67	1.00
8	8	0	8	0.73	0.75	1.00	1.00
9	8	8	8	0.54	0.50	0.50	0.50

Se requiere de una explicación acerca de la forma en que la *TME* interpreta los resultados del compuesto de estímulo en los experimentos de condicionamiento simple donde se registra una sola respuesta, como la salivación o la presión de palanca. En tales experimentos, la combinación de prueba de $S_1 + S_2$ suele producir una *RC* mayor que cualquiera de los estímulos solos. Para manejar éste y otros resultados de los experimentos de condicionamiento, la *TME* presupone que cada estímulo condicionado siempre ocurre junto con un grupo aleatoriamente variable de estímulos de fondo que no están condicionados a la *RC*. Por lo tanto, el ensayo del compuesto *EC* tiene una proporción más elevada de elementos condicionados en la muestra, en relación con los elementos de fondo no condicionados ($n_1 + n_2/n_1 + n_2 + n_b$) que con los de un solo ensayo *EC* ($n_1/n_1 + n_b$). Así, se espera que la *RC* ocurra al compuesto más que al S_1 aislado. Por lo tanto, al postular indicios de fondo incondicionados en estas situaciones, esta "superaditividad" aparente es consistente con la regla del promedio, de Schoeffler.

Aprendizaje de probabilidad

Una porción considerable del trabajo experimental inicial en la *TME* se llevó a cabo en la situación del aprendizaje de probabilidad. En su arreglo más sencillo, la tarea del sujeto consiste en predecir en qué ensayo va a ocurrir uno de dos eventos. Después que ha dado su respuesta predictiva, se le muestra el evento real. Un ejemplo experimental sería el de un sujeto que predice si se encenderá una lámpara de la izquierda o de la derecha en cada ensayo; su predicción de izquierda (A_1) o de derecha (A_2) va seguida por el hecho de que el experimentador enciende la lámpara de la izquierda (E_1) o la de la derecha (E_2). La característica común de estos experimentos es que los eventos ocurren en una secuencia aleatoria, y por lo común no hay información asequible para ayudar al sujeto a predecir a la perfección qué evento ocurrirá. La denominación *aprendizaje de probabilidad* describe tal situación.

A_1 y A_2 designarán las dos respuestas predictivas del sujeto y E_1 y E_2 a los dos eventos, E_i significa que la respuesta A_1 era correcta en un ensayo dado. Cuando se informa el sujeto después de su predicción que E_1 era el evento correcto, suponemos que termina el ensayo al repetir A_1; así el evento E_1 (o E_2) determina lo que era reforzado, y es independiente de qué respuesta predictiva se dio. Nótese que *no* importa si la respuesta predictiva del sujeto se confirma (o "recompensa") por la consecuencia E correspondiente, sino que el condicionamiento sólo depende del evento E al final del ensayo, y no de su correspondencia con la respuesta predictiva del sujeto.

Supóngase que π denota la probabilidad de que el evento reforzante E_1 ocurra en el ensayo n, y $1 - \pi$ es la probabilidad de un E_2 en el ensayo n. Si ocurre un evento E_1, se supone que p_n aumenta; si ocurre un evento E_2, se supone que p_n disminuye. El cambio promedio en la probabilidad de respuesta A_1 se obtiene al sopesar el incremento en la ecuación 1 por π (la probabilidad de un E_1) y el decremento en la ecuación 4 por $1 - \pi$ (la probabilidad de un evento E_2). Esto produce lo siguiente:

$$\begin{aligned} p_{n+1} &= \pi\,[(1 - \theta)\,p_n + \theta] + (1 - \pi)\,[(1 - \theta)\,p_n] \\ &= (1 - \theta)\,p_n + \theta\pi \end{aligned} \tag{5}$$

En el transcurso de muchos ensayos la ecuación 5 conduce a la siguiente curva del aprendizaje:

$$p_n = \pi - (\pi - p_1)(1 - \theta)^{n-1} \tag{6}$$

Esta ecuación dice que a medida que avanza el entrenamiento, la probabilidad de que un sujeto prediga un E_1 termina por igualarse a π, la probabilidad objetiva de un evento E_1. Es decir, el término $(1 - \theta)^{n-1}$ baja a cero a medida que n se hace más grande, y hace que $p_n = \pi$. Un experimento típico podría tener ensayos de carreras repetidas entre dos caballos, Ned (A_1) y Jack (A_2), y el sujeto humano intenta predecir qué caballo ganará en cada carrera. Si Ned gana, por ejemplo, tres cuartas partes de las carreras contra Jack, entonces la ecuación 6 implica que los sujetos a la postre terminarán por pronosticar en tres cuartas partes de los ensayos (carreras) que Ned será el triunfador.

La igualación de las probabilidades de respuesta con probabilidades de evento reforzante no es una predicción obvia. Además, infringe el principio de economía según el cual las personas siempre deberían escoger aquella opción cuyo valor esperado sea superior, ya que ese principio dicta un 100% de elección de la parte que gana con mayor frecuencia. Pero la igualación de probabilidad sale de las premisas *TME* de que los sucesos reforzantes E_1 y E_2 tienen efectos simétricos para hacer aumentar a p_n y a $1 - p_n$.

Esta predicción de igualación se ha comprobado muchas veces y se la encuentra a menudo; además, las predicciones de la teoría son bastante exactas en lo que respecta a la forma de la curva del aprendizaje. Los experimentadores también han investigado el aprendizaje empleando diversos medios para la programación de los eventos reforzantes E_1 y E_2. Tan sólo para ilustrar la variación, la probabilidad de un evento E_1 puede ser constante (como en la ecuación 6), o puede variar en el transcurso de los ensayos, de acuerdo con la respuesta en el ensayo n, o según la respuesta o el evento reforzante que ocurría unos cuantos ensayos antes. No importa cómo se genera la secuencia E_1/E_2 la teoría predice —y nosotros observamos— la igualación de probabilidad de la proporción subsiguiente de respuestas A_1 del sujeto a la proporción subsiguiente de eventos reforzantes E_1.

Variantes del aprendizaje de probabilidad

Este resultado de igualación de la probabilidad se ha conseguido de diversas formas. Binder y Feldman (1960), por ejemplo, demostraron que el principio de la igualación predice las frecuencias de respuesta en la pruebas con componentes de estímulo simples, que en el entrenamiento previo han sido parte de los patrones de estímulo. Para ilustrar este punto, supongamos que *a*, *b* y *c* representan tres estímulos componentes. Ante el patrón *ab* entrenamos la respuesta A_1; ante el patrón *cb* entrenamos la respuesta A_2. Desbalanceamos las frecuencias de modo que el patrón *ab* ocurre, por ejemplo, cuatro veces más que el patrón *cb*. Binder y Feldman descubrieron que una prueba posterior sólo ante *b*, producía alrededor del 80% de respuestas A_1, y 20% de respuestas A_2. Este resultado puede interpretarse en *TME* al notar que cuando el elemento *b* ocurría (dentro de los patrones de entrenamiento), la respuesta A_1 se reforzaba cuatro de cinco veces.

Por lo tanto, la probabilidad de que b estuviera conectada con A_1 igualaría esta frecuencia relativa de 4/5 reforzamientos de E_1 a E_2.

Otra línea de trabajo investiga la igualación de probabilidad en las situaciones de interacción elemental que implican a dos sujetos al mismo tiempo. Ambos trabajan concurrentemente en tareas de aprendizaje de probabilidad en ensayos de fila apretada. En cada ensayo el sujeto da una de dos respuestas y recibe reforzamiento por una de ellas. El nuevo método es que las probabilidades de los eventos reforzantes en cada ensayo dependen de la respuesta de ambos sujetos en ese ensayo. Los programas de reforzamiento para los dos sujetos son interactivos en el sentido de que la probabilidad de un evento E_1 para el sujeto A depende de la respuesta del sujeto b, así como la del A. Para aplicar el modelo a tales situaciones se requiere de técnicas matemáticas especiales, ya que las conductas de A y de B cambian en el transcurso de los ensayos. Cuando se aplican a una variedad de dichas condiciones interactivas, las predicciones asintóticas se hacen muy semejantes a los datos obtenidos (Suppes y Atkinson, 1960). Como antes, la predicción es que ambos sujetos igualarán su frecuencia de respuesta A_1 con la frecuencia del evento E_1.

Se han investigado diversas generalizaciones del experimento del aprendizaje de probabilidad y de la teoría. En un procedimiento (Suppes *et al.*, 1964), la respuesta del sujeto y el evento reforzante varían durante un continuo completo en el cual hay, en principio, un número infinito de opciones de respuesta. En la tarea empleada, el sujeto trata de predecir dónde aparecerá un punto de luz en el borde de un gran círculo colocado frente a él. La generalización de Suppes del modelo lineal para esta situación parece explicar bastante bien las distribuciones de la respuesta media. En una segunda variación (Suppes y Donio, 1967) se eliminaron los ensayos de elección discreta. La situación está dispuesta de tal forma que el sujeto siempre se encuentra en el "estado de respuesta" A_1 o A_2. Por ejemplo, podría sostener un interruptor de palanca que en todo momento tendría que mantener oprimido al lado derecho o al izquierdo. El sujeto tiene libertad de cambiar sus estados de respuesta en cualquier momento. Los eventos reforzantes podrían ser, por ejemplo, lámparas a izquierda y derecha que centellean brevemente a intervalos aleatorios, donde se registra un punto si el sujeto tiene su interruptor de respuesta en el mismo lado en que destella la lámpara. En esta situación la principal variable dependiente es la proporción de tiempo que el sujeto se encuentra en el estado de respuesta A_1. La situación, que en muchos detalles se asemeja a una situación de operante libre, tiene variables independientes como la tasa de tiempo en la que se entregan reforzadores, y la proporción (π) de los reforzamientos que se dan en el lado A_1. La principal predicción que se ha confirmado es que la proporción de tiempo que el sujeto pasa en el estado A_1, convergirá asintóticamente a π, la proporción de reforzamientos A_1, y esta asíntota será independiente de la tasa de tiempo en la que se dan reforzadores E_1 o E_2.

Una tercera variación de la tarea usual de aprendizaje de probabilidad, estudiada por Neimark y Shuford (1959) y L. R. Beach y sus colaboradores (1970), requiere que los sujetos hagan estimaciones, ensayo por ensayo, de la probabilidad de que el evento E_1 vaya a ocurrir en el siguiente ensayo o haya tenido lugar durante la serie pasada de ensayos. De modo muy similar a las proporciones promedio de las respuestas predictivas de A_1, estas estimaciones de probabilidad comienzan casi por casualidad, y entonces convergen con la práctica continua a π, la verdadera

probabilidad del evento E_1. En otro trabajo, Reber y Millward (1968) descubrieron que a los sujetos se les podía llevar rápidamente a la igualación de evento en sus predicciones de A_1, al hacer que en vez de predecir rasgos individuales sólo *observaran* la rápida exposición de una serie de eventos E_1/E_2. Lo importante era la exposición simple a la serie de información probabilística más que a las "recompensas" y "castigos" para las respuestas predictivas manifiestas.

Estadísticas secuenciales

Nuestra discusión demuestra que el modelo predice la curva media del aprendizaje y el valor límite de las proporciones promedio de la respuesta, a medida que aumentan los ensayos. Parte del poder de los modelos del aprendizaje es que nos permiten predecir mucho más que aquellas curvas medias de respuesta. En principio, las predicciones pueden derivarse para cualquier característica de los datos que deseemos examinar.

La *estadística secuencial* proporciona una fuente primordial de información acerca del proceso del aprendizaje. Estos estadísticos calibran el grado en que la respuesta de un sujeto en el ensayo $n + 1$ es influida por sus respuestas y/o eventos reforzantes en uno o más ensayos anteriores. La historia inmediata de eventos de un sujeto en los ensayos n, $n - 1$, etc., tiene un poderoso efecto sobre su probabilidad de respuesta en el ensayo $n + 1$. Los estadísticos secuenciales nos permiten examinar dichos efectos. Por ejemplo, cabría esperar que la probabilidad de la respuesta A_1 aumentara en el ensayo que sigue a un evento E_1, y disminuyera después de un evento E_2.

La teoría del muestreo del estímulo puede predecir la mayor parte de las dependencias de un ensayo observadas en los datos. Las discrepancias entre las predicciones del modelo y las elecciones secuenciales de las personas aparecen cuando examinamos dependencias de respuesta que se acortan durante diversos ensayos. Por ejemplo, el modelo predice que durante una aplicación de eventos E_1, la probabilidad del sujeto de predecir E_1 debería incrementarse monotónicamente. Pero, por el contrario, en los ensayos inciales de un experimento, los resultados a menudo muestran el patrón opuesto, y el sujeto humano se vuelve cada vez más propenso a predecir E_2 mientras más haya durado la actual aplicación de los eventos E_1 (y viceversa para las aplicaciones E_2). Es como si el sujeto creyera que la aplicación E_1 hacía que un suceso E_2 fuera cada vez más propenso a ocurrir a fin de emparejar las proporciones de la serie. A esta singular creencia se le denomina *efecto negativo de recencia*, o "falacia del jugador", y se trata en verdad de una idea muy arraigada que la mayoría de nosotros tenemos acerca de los eventos del mundo real.

Un segundo conjunto de discrepancias surge del hecho de que los sujetos parecen estar comprobando hipótesis alrededor de la serie de eventos. Es decir, el sujeto típico tiene una fe implícita en la noción de que la serie de eventos E_1/E_2 que el experimentador le muestra posee un patrón sistemático aunque complejo; por lo tanto, construye, prueba y evalúa un conjunto de hipótesis acerca de las regularidades locales, ensayo por ensayo, en la serie de eventos. Ejemplos de tales hipótesis podrían ser la creencia de que los eventos están programados para una alternación doble (como en 221122112211), o que sólo se usan las explicaciones de una longitud de dos o cuatro eventos idénticos (como en 111122112222). En un

programa de reforzamiento en verdad aleatorio, estas creencias en la regularidad local prácticamente equivalen a supersticiones elaboradas aunque, a pesar de ello, son persistentes. En el capítulo 12 veremos un modelo de simulación por computadora desarrollado por Feldman (1961), diseñado para tratar con este enfoque de comprobación de hipótesis para la situación de aprendizaje de probabilidad.

¿Significan estas discrepancias que la *TME* explica de modo fundamentalmente incorrecto el aprendizaje de probabilidad, como ha argumentado N. H. Anderson (1964)? Algunos psicólogos así lo creen y han intentado desarrollar modelos de la forma en que la gente aprende secuencias sistemáticas (Myers, 1970; Vitz y Todd, 1967). Una teoría alternativa que propone Estes (1972*a*) consiste en identificar los elementos de estímulo con memorias o huellas de la secuencia pasada de consecuencias y respuestas justo antes del ensayo n, y suponer que estos *estímulos huella de secuencia* pueden condicionarse de la manera estándar a respuestas predictivas. Así, por ejemplo, en un serie en la cual se alternan los eventos el sujeto asociaría la huella de estímulo de un E_1 en el ensayo previo con la emisión de una respuesta A_2 actual, y la huella de un E_2 previo con una respuesta actual A_1. Este enfoque general ha probado ser fructífero para explicar muchas de las discrepancias entre el modelo *TME* estándar y los estadísticos secuenciales observados en los experimentos de aprendizaje de probabilidad.

Recuperación espontánea y olvido

Los fenómenos de la recuperación espontánea y del olvido se han reconocido desde hace mucho tiempo. Pavlov fue el primero en informar de hechos relacionados con la recuperación espontánea (véase la figura 3.2). A continuación de la extinción experimental de una respuesta condicionada (RC), la RC mostraba alguna recuperación si se alejaba al perro del aparato, y se le permitía descansar en su perrera durante unos momentos antes de volver a la situación experimental y ser sometido a prueba. La RC se había "recuperado espontáneamente", sin ningún recondicionamiento especial de parte del experimentador. Estudios posteriores demostraron que la cantidad de recuperación se incrementa con la longuitud del intervalo de descanso entre las sesiones. Pavlov y otros investigadores también han realizado experimentos en los cuales la RC se extinguía repetidamente en el transcurso de sesiones diarias consecutivas. Informaban que la cantidad de recuperación de la RC se hacía cada vez menor conforme avanzaban las sesiones de extinción; a la postre, la RC no se recupera en absoluto.

Los factores sobresalientes del olvido y la regresión espontánea son muy similares (Ebbinghaus, 1885). La magnitud de lo olvidado aumenta con el tiempo transcurrido desde el final de la práctica, y la cantidad del olvido, sesión a sesión, se hace progresivamente menor a medida que continúa la práctica diaria en una tarea. Estes (1955*a*) señalaba la estrecha relación de la recuperación espontánea y el olvido. Como se muestra a continuación las similitudes de sus leyes funcionales son evidentes.

Estes (1955*a*) propuso interpretar los cambios espontáneos en las probabilidades de la respuesta como debidos, al menos en parte, a los cambios aleatorios en el ambiente de estimulación de una sesión experimental a la siguiente. En nuestro examen de la teoría del muestreo del estímulo se presuponía que la población del estímulo era fija, y que las muestras aleatorias de esta población eran efectivas de

ensayo a ensayo. Estes propuso ampliar esta representación al presuponer que en cualquier momento dado sólo una porción de la población total de estímulos está disponible para la muestra, y que el resto no lo está en ese momento. Con el transcurso del tiempo, diferentes elementos de estímulo se hacen efectivos o disponibles para la muestra, mientras que los elementos previamente disponibles pueden volverse temporalmente inasequibles. El tipo de factores que Estes tal vez tenía en mente puede ilustrarse por las fluctuaciones cotidianas en la temperatura y la humedad de la sala experimental, los cambios en el ambiente interno del sujeto, sus disposiciones o actitudes corporales, la sensibilidad de varios receptores, etcétera. Tales fluctuaciones en estímulos sutiles están prácticamente fuera de control. La teoría no tiene por qué comprometerse respecto a la magnitud de tales cambios; dicha magnitud ha de estimarse mediante la inferencia a partir del cambio en la conducta.

Resulta evidente que si ocurren esos cambios aleatorios del estímulo, ellos ayudan a explicar los cambios espontáneos en las probabilidades de respuesta entre las sesiones experimentales de prueba. La regresión o el "olvido" debería producirse si los elementos disponibles condicionados a la respuesta se sustituyen durante un intervalo de descanso por elementos, antes no disponibles, que no han estado conectados con la respuesta. La recuperación espontánea tendrá lugar si aquellos elementos ante los cuales se ha extinguido la RC (al final de una sesión de extinción) se reemplazan por elementos previamente condicionados a la RC. En la figura 8.4 se ilustran estos dos esquemas, y se muestran los conjuntos de indicios "disponibles" y "no disponibles" al final de la sesión n y al comienzo de la sesión $n + 1$.

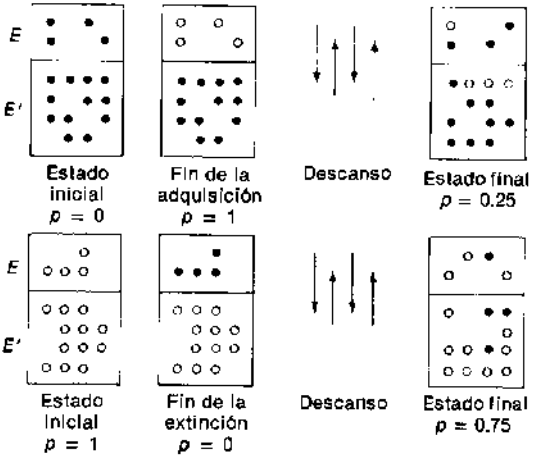


Figura 8.4. Ilustración hipotética de la fluctuación de estímulo que produce olvido (cuadro superior) o recuperación espontánea (cuadro inferior). Los conjuntos de elementos disponibles (E) y no disponibles (E') están divididos gráficamente entre las dos cajas. Los elementos de estímulo se representan con puntos. Los puntos blancos indican elementos condicionados a determinada referencia de una RC; los negros señalan elementos conectados a conductas incompatibles (Estes, 1955a).

En el cuadro superior se describe el caso que produce olvido. Al término de la sesión de adquisición, todos los elementos de estímulo disponible se han condicionado a la *RC* (puntos blancos), mientras que no lo han sido los elementos no disponibles.

Durante un intervalo de descanso, los elementos se intercambian progresivamente más entre los dos conjuntos, lo cual origina un estado final como el que se muestra en la parte superior derecha de la figura. Esto significa que si al animal se le volviera a someter a prueba en este intervalo, la probabilidad de una *RC* habría disminuido casi a un cuarto, un claro caso de olvido. La magnitud de olvido que ocurra depende de diversos factores, como el grado de condicionamiento previo de los elementos no disponibles durante esta última sesión de entrenamiento. En el cuadro superior de la figura 8.5 se presentan varias de esas curvas del olvido, que muestran menos olvido mientras más sesiones de entrenamiento ha tenido el sujeto antes del intervalo de retención.

En la parte inferior de la figura 8.5 se describe el caso contrario, la recuperación espontánea de una respuesta condicionada extinguida. Presupóngase que al final de diversas sesiones de adquisición todos los elementos de estímulo se han

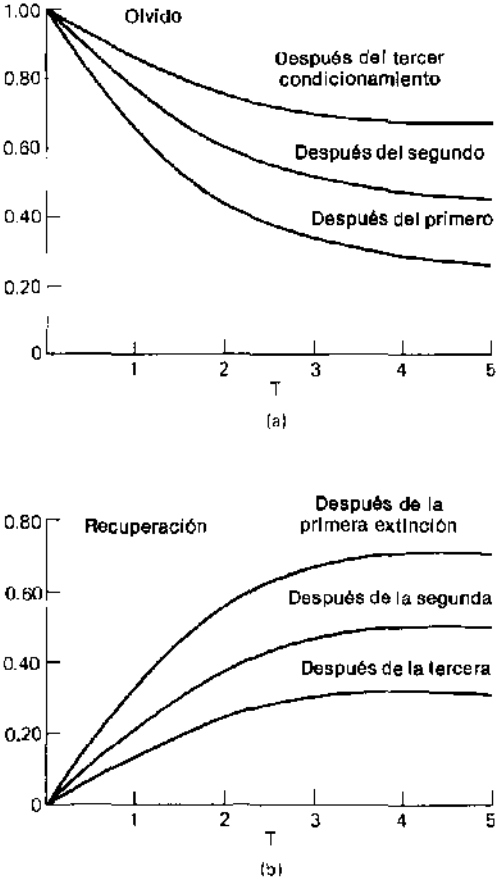


Figura 8.5. a) Curvas del olvido a continuación de 1, 2 o 3 sesiones de condicionamiento. La proporción de elementos condicionados en el conjunto disponible al final de la sesión es la unidad, mientras que el condicionamiento de los elementos no disponibles se incrementa con el entrenamiento. *b*) Recuperación espontánea a continuación de 1, 2 o 3 sesiones de extinción. La proporción de elementos condicionados en el conjunto disponible al final de la sesión es cero, en tanto que el nivel de condicionamiento dentro de elementos no disponibles disminuye con la extinción continua (tomada de Estes, 1955a).

muestreado y condicionado a la *RC* (puntos blancos). Una sesión de extinción hace que todos los elementos de estímulo disponibles pierdan sus conexiones con la *RC* (o que se conecten con una respuesta incompatible con la *RC*). Durante un intervalo de descanso, los elementos todavía condicionados, que antes no estaban disponibles, se vuelven disponibles cuando se da una nueva sesión de prueba. En este caso, la *RC* extinguida se recuperaría desde $p = 0$ al final de la extinción, hasta un valor de $p = 3/4 = 0{,}75$ en la prueba demorada de recuperación. El grado de recuperación depende del nivel de condicionamiento de los elementos no disponibles al término de la serie de adquisición. Las curvas inferiores de la figura 8.5 muestran curvas de recuperación espontánea.

Las curvas hipotéticas de la figura 8.5 son similares a las observadas en los experimentos. En el cuadro superior se demuestra que la teoría predice menos olvido cuanto mayor sea el número de sesiones distribuidas de reentrenamiento. De modo similar, en el cuadro inferior se muestra la predicción de menos recuperación con más sesiones distribuidas de extinción.

Así, se observa que la teoría de la fluctuación del cambio de estímulo explica las formas usuales de las curvas del olvido y la recuperación, y de sus cambios progresivos a medida que continúa el reentrenamiento o la extinción. Estes (1955*a*, 1955*b*) emplea la teoría para interpretar algunos otros hechos relacionados con el olvido y la práctica distribuida. Además, ha demostrado (1959*a*) la manera en que la teoría se aplica a los experimentos acerca del olvido que implican interferencia retroactiva y proactiva en términos del modelo, los estudios de interferencia no son muy diferentes del estudio de la recuperación espontánea de una *RC* que ha sido condicionada y después extinguida (es decir, elementos conectados a una respuesta que difiere de la aprendida primero). G. H. Bower (1967*b*) proporciona ilustraciones más explícitas acerca de la forma en que algunos resultados de estudios de interferencia pueden interpretarse en estos términos. La teoría de la fluctuación también se ha aplicado a experimentos relacionados con la memoria verbal de corto plazo (Estes, 1971; Bower, 1972*d*; L. R. Peterson, 1963), en los cuales reactivos verbales sencillos se olvidan durante breves intervalos de varios segundos, ocupados con actividades interpoladas de evitación de repetición. En este caso, se supone que el reactivo verbal está asociado con "estímulos contextuales de fondo", que se alteran progresivamente durante un intervalo de interpolación, antes de la prueba de retención para el reactivo sencillo (Falkenberg, 1972). Al parecer, los principales resultados en los estudios de la memoria de corto plazo pueden interpretarse en términos de esta teoría de la fluctuación. En resumen, si se consideran los numerosos y diversos tipos de fenómenos que explica el concepto de fluctuación aleatoria de estímulo ha sido una hipótesis muy fructífera.

Otras mediciones de respuesta

Como hemos visto, la única variable dependiente de la *TME* es la probabilidad de la respuesta. Pero los experimentadores a menudo describen la ejecución de sus sujetos en términos de otras mediciones, como la latencia (o velocidad) de la respuesta, la tasa o la amplitud de la respuesta. De modo muy similar o como lo hacía Hull con su constructo del potencial de reacción, la *TME* empieza por relacionar estas otras mediciones con su principal variable dependiente, la probabili-

dad de la respuesta. Sin embargo, en vez de postular tan sólo una relación particular entre la probabilidad de la respuesta y otras mediciones, en este caso la estrategia consiste en deducir esta relación mediante alguna hipótesis sobre la manera en que ocurren las respuestas. Con esto es posible separar las premisas acerca de las propiedades de la respuesta de las restantes premisas acerca del aprendizaje, y someterlas a prueba por separado.

Consideremos un modelo muy simple de la probabilidad para la latencia de la respuesta. Al comienzo de un ensayo, presentamos una señal, ponemos en marcha un reloj y registramos el tiempo transcurrido antes de que el sujeto ejecute algún acto designado. Para ser específicos, supongamos que el acto en cuestión consiste en hacer que una rata corra varios pasos por un pasadizo recto (al final del cual hay una recompensa alimenticia), e interrumpir un haz de luz fuera del compartimiento de partida. La medición de latencia es el tiempo que transcurre desde la apertura de la puerta inicial hasta que la rata interrumpa el haz de luz unos cuantos centímetros más allá de la caja inicial. Un modelo elemental de este proceso presupone que en cada pequeña unidad de tiempo (de h segundos de duración), el animal ejecuta el acto necesario o hace alguna otra cosa. Dejemos que p denote la probabilidad de que ejecute el acto en la siguiente pequeña unidad de tiempo, si no lo ha hecho. La latencia es entonces exactamente el número de unidades temporales de duración h que transcurren antes de que el acto se ejecute. Esto es similar a las veces que usted tiene que tirar una moneda antes de que salga "cara". Podemos demostrar que, en promedio, la respuesta se producirá en intervalos $1/p$, y por ello la latencia promedio será h/p.

Este modelo simple de respuesta nos conduce a una relación inversa entre la latencia promedio y la probabilidad de la respuesta; conforme aumenta la probabilidad, la latencia disminuye. En un experimento de aprendizaje donde esperamos que p_n cambie en el transcurso de los ensayos de acuerdo con la función del aprendizaje de la ecuación 2, la latencia promedio L_n declina a lo largo de los ensayos. En los dos cuadros de la derecha en la figura 8.6 se muestran dos curvas empíricas que se ajustaron mediante la función. La curva inferior derecha es la latencia inicial promedio durante los ensayos de un grupo de ratas que aprendían a correr por un pasadizo a fin de conseguir una recompensa alimenticia. La curva superior derecha es el tiempo promedio que las ratas mantenían oprimida una palanca en una caja de Skinner, cuando la recompensa dependía de presionar y después, de liberar la palanca.

En el cuadro superior izquierdo de la figura 8.6 se proporciona la tasa promedio de presión de palanca (en respuestas por minuto) del mismo grupo de ratas que trabajaban en una caja de Skinner de operante libre para conseguir recompensa. Para interpretar la situación de operante libre en términos del modelo de respuesta, supóngase que cada respuesta coloca en cero al reloj y que h/p es el tiempo *promedio* hasta la siguiente respuesta. Si el tiempo promedio entre las respuestas es h/p, entonces la tasa promedio de respuestas es el p/h recíproco. Dada la ecuación teórica para p_n como una función del número de reforzamientos n, la curva del panel superior izquierdo puede ajustarse a los datos.

Hemos visto así la manera en que una teoría de la probabilidad puede hacer contacto con otras mediciones de la ejecución aprendida. La amplitud de la respuesta, como la magnitud de una *RC* salival, no se ha considerado específicamente en la bibliografía relacionada con la *TME*, aunque es fácil diseñar un modelo que haga

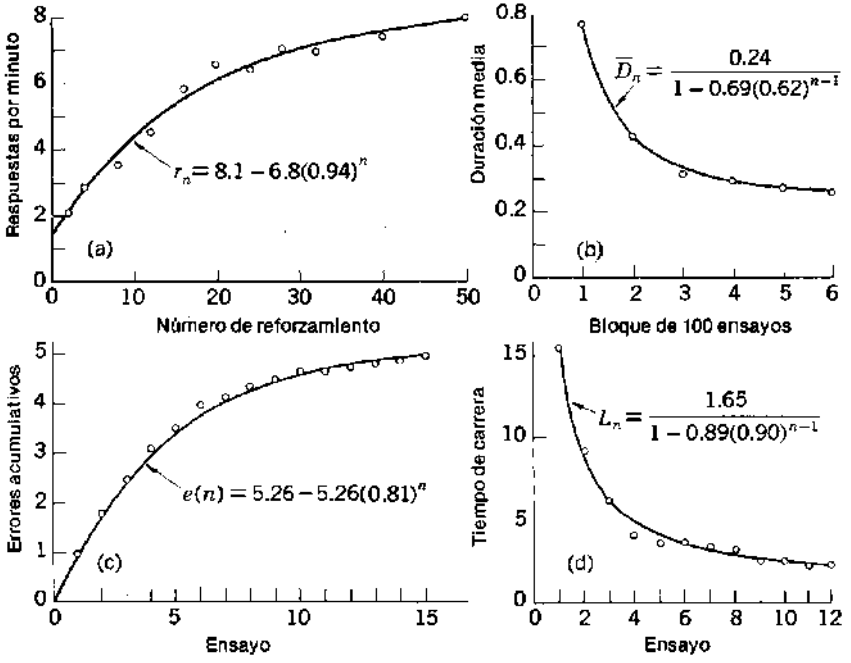


Figura 8.6. Cuatro tipos de funciones de adquisición simple derivadas de la teoría estadística del aprendizaje. Las curvas *A*, *B*, *C* y *D*, respectivamente, representan la tasa de presión de palanca en contraste con el número de reforzamientos, la duración media de presión de palanca por bloques de 100 ensayos, los errores acumulativos medios en contraste con los ensayos de aprendizaje del laberinto en forma de *T*, y el tiempo promedio de carrera en contraste con los ensayos del experimento en la rampa (Estes, 1959a).

que la amplitud sea proporcional a p_n. En este caso, las curvas del aprendizaje de la amplitud de la *RC* deben parecerse a la curva de la tasa de respuesta en el cuadro superior izquierdo de la figura 8.6. Por otro lado, Bower (1959, 1962*a*) ha desarrollado modelos de probabilidad para describir la conducta vicaria de ensayo y error (*VES*) de los sujetos antes de que hagan una elección. Tolman (véase el capítulo 11) ha destacado el papel de esta conducta para guiar la eventual elección.

Aunque los modelos simples de latencia o de tasa examinados anteriormente parecen apropiados para ajustar curvas medias de respuesta en la adquisición simple, es fácil de mostrar que en un nivel más detallado de prueba cuantitativa son inadecuados. Por ejemplo, el modelo elemental implica que cuando p_n alcanza la unidad, todas las respuestas se producen exactamente en el tiempo h, lo cual es absurdo. Además, el histograma de frecuencia relativa de los tiempos de respuesta observados, raras veces tiene la forma del modelo simple. Las discusiones de Bush y Mosteller (1955) y McGill (1963) muestran algunos de los problemas detallados que intervienen en la exacta predicción de las distribuciones de latencia. Muchos trabajos en la psicología matemática se centran en el problema de prede-

cir las distribuciones del tiempo de reacción a lo largo de un cierto número de condiciones experimentales.

En los ejemplos del aprendizaje verbal expuestos hasta el momento, la medida de retención ha sido el recuerdo de la respuesta, y la *TME* trata directamente este caso. Sin embargo, una medición alternativa de retención es la *memoria de reconocimiento:* a continuación de la exposición de una serie de reactivos verbales, como palabras o sílabas sin sentido, al sujeto se le muestra una larga lista de reactivos —algunos nuevos y otros antiguos—, y se le pide que señale los que reconozca por haber sido presentados en la lista de estudio. La memoria se demuestra por la habilidad del sujeto para discriminar entre los antiguos reactivos de estudio y los nuevos reactivos de distracción. Los estudiantes reconocerán que este método es similar a los exámenes falso-verdadero. Más adelante, en este mismo capítulo, veremos una forma de interpretar la memoria de reconocimiento para los reactivos sencillos dentro de la *TME*.

Generalización y discriminación del estímulo

No hay una explicación completa de la teoría del aprendizaje si no incluye, al menos, una breve mención de la forma en que maneja los temas de la generalización y discriminación del estímulo. Aunque la bibliografía acerca de la *TME* es muy extensa, aquí sólo consideraremos los principios generales del enfoque.

La *TME* concibe la generalización del estímulo de la manera en que lo hace Thorndike en su teoría de los elementos idénticos. Una respuesta asociada con la población de estímulo E_1 se generaliza a un estímulo de prueba E_2, en el grado en que la población E_2 comparta elementos comunes de estímulo con la población E_1. La situación para dos estímulos se ilustra de forma abstracta en términos de los diagramas de Venn, que aparecen en la figura 8.7, donde los puntos negros representan elementos de estímulo asociados con una *RC* particular, mientras que los puntos blancos representan elementos no conectados. Los conjuntos denominados E_1 y E_2 contienen un total de 20 y 16 elementos, respectivamente, y comparten un conjunto de 8 elementos comunes (en el subconjunto de intersección *I* de la figura 8.7). En la figura se muestra el estado del sistema a continuación del entrenamiento en E_1 que ha llevado la ejecución de la *RC* al 75%. Presuponer una combinación homogénea de los elementos entre todos los subconjuntos de E_1, significa que alrededor de $8(0.75) = 6$ elementos de la intersección *i* estarán asociados a la *RC*. Cuando entonces hacemos una prueba de la generalización al E_2, la probabilidad de la *RC* será la proporción de los elementos condicionados (puntos negros) en el conjunto completo E_2, que en este ejemplo sería $6/(8 + 8) = 0.375$. La proporción de las *RC* generalizadas depende del producto de dos factores: 1. el nivel de condicionamiento de la *RC* al estímulo de entrenamiento, que se denota como $p(E_1)$; y 2. La proporción de la población (prueba) E_2 de elementos de estímulo que comparte con E_1, que aquí se denota como *s* (*s* por similitud del E_2 al E_1). Para la ilustración anterior, $p(E_1) = 0.75$, $s = 0.50$, y así la probabilidad *RC* al estímulo generalizado es $p(E_2) = sp\ (E_1) = (0.75)\ (0.50) = 0.375$, como ya se ha ilustrado. Los coeficientes de similitud pueden variar desde cero (conjuntos sin elementos comunes) hasta la unidad (superposición completa). Pero estos coeficientes nunca se observan directamente, sino que deben estimarse a partir de la razón de las proporciones observadas $p(E_2)$ y $p(E_1)$, o por la razón de las tasas de

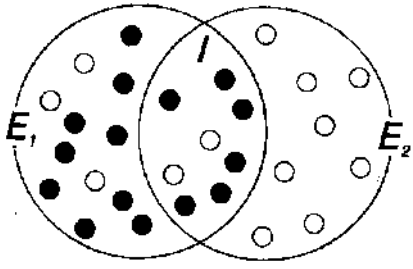


Figura 8.7. Ilustración de dos conjuntos de elementos de estímulo superpuestos. Los puntos negros representan elementos asociados con la misma referencia a la *RC*. El índice de generalización del estímulo lo da la proporción de elementos que un conjunto dado comparte con otro.

respuesta (véase la discusión anterior en la que se relacionan las tasas de operante libre con las probabilidades de la respuesta). Pero una vez que se estime el coeficiente $p\ (E_1)$, se le puede usar para predecir la respuesta generalizada para cualquier nivel de condicionamiento, $p(E_1)$, y basarse en cualquier tipo de respuesta condicionada.

Este mismo análisis de conjunto teórico del estímulo se utiliza incluso cuando la *TME* trata con estímulos simples de una dimensión, como la altura de un tono puro, la disposición espacial de un punto sobre una línea, o cualquiera de entre centenares de otras dimensiones cuantitativas, así como cualitativas (Atkinson y Estes, 1963; Carterette, 1961; LaBerge, 1961).

En el *aprendizaje de discriminación* simple, las presentaciones del E_1 y del E_2 ocurren en alternación aleatoria, por ejemplo, con la respuesta A_1 reforzada al E_1 y con A_1 no reforzada al E_2 o con alguna otra respuesta A_2 reforzada al E_2. Al presuponer las leyes usuales del condicionamiento y la extinción, el examen de la figura 8.7 sugiere que los elementos únicos o distintivos del E_1 y el E_2 se asociarán de inmediato a la A_1 y a la A_2, respectivamente. Pero surgen problemas en lo que respecta a los elementos comunes en el conjunto de intersección I. Estos elementos comunes que causan la generalización del estímulo también son responsables de las fallas para discriminar, y hacen que la respuesta a E_1 sea una combinación cargada de los elementos únicos condicionados de forma correcta y los elementos de intersección "confusamente condicionados". De acuerdo con ese modelo, a fin de obtener una ejecución perfecta la atención selectiva debe hacer que esos elementos comunes de confusión se vuelvan no funcionales (habituados o desadaptados).

Este enfoque, que trata con la atención selectiva a los indicios relevantes, se ejemplifica en los modelos propuestos por Lovejoy (1968), Restle (1955), Sutherland y Mackintosh (1971), y Zeaman y House (1963). La atención selectiva a los indicios relevantes también es el tema dominante en los modelos de comprobación de hipótesis del aprendizaje de discriminación, como los de M. Levine (1970), Restle (1962), y Trabasso y Bower (1968). Estos modelos se examinarán más adelante, en este mismo capítulo.

Motivación

Es necesario considerar la conceptualización de la motivación en la *TME*. En una declaración temprana e importante, Estes (1958) intentó manejar el efecto del nivel de impulso sobre la ejecución al presuponer que la privación (por ejemplo, la privación de agua) hace que se activen ciertas fuentes orgánicas de estimulación (como la boca seca o las punzadas en el estómago); además, se creía que el peso relativo de estos estímulos de impulso en el complejo total de estímulo se incrementaba con la duración de la privación. Pero al suponer que estos estímulos internos del impulso podrían asociarse con las respuestas instrumentales, Estes explicó muchos de los hechos bien conocidos que relacionan a la motivación con la ejecución. Asimismo, el enfoque de estímulo del impulso tiene una forma natural de tratar con los resultados acerca de la *discriminación del impulso*, en los cuales un animal aprende a responder discriminativamente dependiendo del tipo o la intensidad del nivel de impulso que experimenta en ese momento. Los ejemplos anteriores se refieren a impulsos internos como el hambre y la sed, que implican privación de alimento o de agua. Pero es evidente que la teoría se aplica igual, o mejor, a los "impulsos" de estimulación nociva inducidos externamente, como la descarga eléctrica, los ruidos fuertes, las luces brillantes, las temperaturas extremas, etcétera. Éstos son casos claros en los cuales la operación de inducción del impulso consiste en incrementar la intensidad de una fuente de estimulación, que estaría asociada con alguna respuesta instrumental. El enfoque de Estes interpretaba los impulsos internos a partir de la privación, de una manera análoga a nuestra interpretación intuitiva de tales impulsos externos.

Al responder a varias deficiencias en esta formulación inicial, Estes (1969*b*) propuso una segunda hipótesis acerca del papel de los impulsos internos en la ejecución, que ya examinamos en el capítulo 4. Se supone que la evocación de la respuesta depende *conjuntamente* de la entrada de estímulos discriminativos y de la entrada ("retroalimentación facilitatoria") desde un impulso positivo. En un comienzo, el mecanismo de impulso se activa sólo por una combinación de condiciones internas resultantes de la privación y un estímulo externo incondicionado (por ejemplo, el sabor de la comida). El sabor activa el mecanismo de impulso (véase el cuadro *a* de la figura 8.8), el cual genera elementos de retroalimentación que facilitan y mantienen la conducta consumatoria hasta que las condiciones de privación interna se hayan alterado materialmente. Se supone que la activación de este mecanismo de impulso puede condicionarse de la manera usual a los estímulos externos que preceden a la respuesta incondicionada (que activa de modo innato al mecanismo de impulso). Así, en el aprendizaje de respuestas instrumentales apetitivas, el estímulo discriminativo E^D que aparece en el cuadro *b* de la figura 8.8 se asocia no sólo con la respuesta reforzada (el eslabón 2 en la misma figura), sino también con la activación del mecanismo de impulso positivo (eslabón 1). Esto proporciona una entrada facilitatoria mediante el eslabón 3 (simbolizada como + + en el panel *b*), que se suma a la asociación de los elementos de estímulo con la respuesta instrumental, lo cual evoca la respuesta (eslabón 4). Debido a las contingencias de reforzamiento, esta respuesta produce el reforzador (por ejemplo, comida) que provoca la conducta consumatoria, la que a su vez activa nuevamente al mecanismo de impulso positivo (eslabón 5); además, esto condiciona la activación de impulso a los estímulos externos del ambiente reforzante (fortalece el

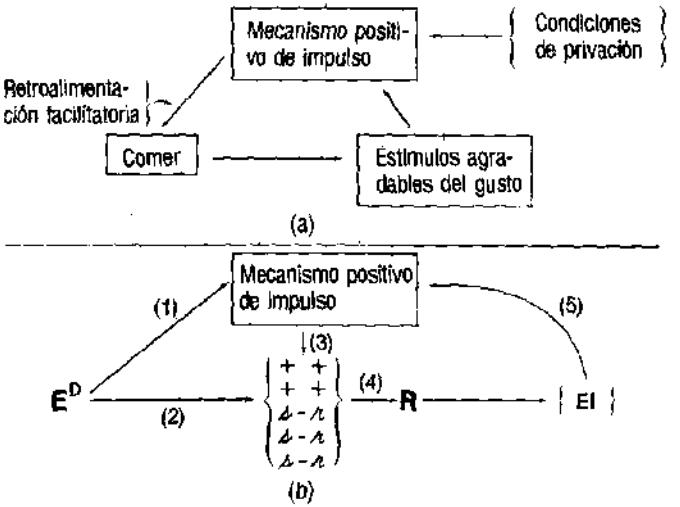


Figura 8.8. Ilustración de la retroalimentación facilitatoria de elementos amplificadores de impulso positivo. El cuadro *a* muestra la forma en que se combinan las condiciones de privación interna y los estímulos incondicionados del gusto para activar el mecanismo de impulso positivo, que proporciona retroalimentación para mantener el acto de comer. El cuadro *b* ilustra la situación en el condicionamiento instrumental después de que el estímulo discriminativo se ha asociado con las respuestas y con la activación del mecanismo positivo de impulso.

eslabón 1). Estes (1969*b*) plantea algunas premisas acerca de los estímulos nocivos y sus mecanismos de impulso negativo, y la manera en que determinan el aprendizaje de escape y de evitación. También presupone que los mecanismos de impulso positivos y negativos ejercen entre sí influencias mutuamente inhibidoras. De este modo, Estes explica el fenómeno de la ***supresión condicionada***, donde un estímulo que evoca temor (debido a su asociación pasada con el dolor) suprimirá la respuesta para recompensas apetitivas (véase el capítulo 7).

Como dijimos en el capítulo 4, esta teoría del impulso, su condicionamiento y su facilitación conjunta de las asociaciones *E-R* para generar la ejecución, es muy parecida a la teoría hulliana de la *motivación de incentivo*, en la cual se supone que la anticipación de la recompensa (mediante el r_g) a los estímulos discriminativos genera excitación que interviene para facilitar o energizar las respuestas instrumentales en marcha. Lo que hace la teoría de Estes (como lo propuso anteriormente la de Sheffield, 1954) es eliminar el estatus separado de los constructos de impulso (*D*) y motivación de incentivo (*K*) en la teoría de Hull. Asimismo, la premisa de la inhibición recíproca entre centros de impulso negativo y positivo lleva las cosas más adelante.

MODELOS DE ELEMENTO PEQUEÑO

Como hemos visto, las primeras versiones de la *TME* representan la situación experimental como un conjunto muy amplio de elementos de estímulo *N*, sólo una

muestra de los cuales afectaba al sujeto en cualquier ensayo. Con una población grande de elementos de estímulo, la premisa del condicionamiento de todo o nada de los elementos muestreados conduce al cambio gradual en la proporción de los elementos de la población conectados con la respuesta.

En un artículo clásico (1959*b*), Estes demostró que de la *TME* se derivan modelos de aprendizaje bastante distintos si presuponemos que el número de elementos de estímulo (que representan una situación) es pequeño; por ejemplo, uno o dos. En muchos experimentos estos *modelos de elemento pequeño* se ajustaban más estrechamente a los datos que el modelo de elemento grande que vimos antes. En su artículo, Estes propuso cambiar algunas premisas cruciales. Primero, presuponía que exactamente un elemento de estímulo aleatorio de los pocos asequibles se muestrea en un ensayo dado. Al elemento de estímulo muestreado se le concibe mejor como la configuración o patrón total de estimulación efectiva en un ensayo. Segundo, al comienzo del entrenamiento los patrones de estímulo probablemente se encuentren en un estado neutral, no condicionados a ninguna respuesta experimental. Si se muestrea tal patrón neutral, sólo dará lugar a suposiciones aleatorias entre las alternativas de respuesta. Tercero, se supone que el reforzamiento produce condicionamiento sólo en algunos ensayos y no en otros. Específicamente, se presupone que el evento reforzante en un ensayo dado causa: 1. un condicionamiento completo, de todo o nada, del patrón muestreado (un evento que tiene probabilidad *c*); o 2. El fracaso de cualquier condicionamiento en ese ensayo, de modo que un patrón neutral muestreado permanece neutral al final del ensayo (un evento que tiene una probabilidad $1 - c$). En los modelos de elemento pequeño, c desempeña casi el mismo papel que θ en los modelos de elemento grande.

Veamos las aplicaciones de esas premisas a un caso específico. De hecho, vayamos al extremo de suponer sólo *un* posible elemento de estímulo para observar lo que sucede. Para concretar, supóngase que una situación dada de condicionamiento pavloviano de parpadeo del ojo se representara mediante un patrón de estímulo simple que se muestrea en cada ensayo, y este patrón comienza en un estado neutral, no condicionado al parpadeo. Esto significa que la probabilidad inicial de una *RC* es aquí de cero. Durante los primeros ensayos de condicionamiento, el *EC* no produce respuestas condicionadas, pero la ocurrencia del soplido (el estímulo incondicionado) al final del ensayo puede dar lugar al condicionamiento de la *RC* al patrón de estímulo. Con probabilidad c el reforzamiento es efectivo para causar el condicionamiento en cualquier ensayo dado, mientras que con la probabilidad $1 - c$ no logra provocar ninguno. Para un solo sujeto, en algún ensayo el condicionamiento "ocurre"; es decir, el *EI* da lugar al condicionamiento del patrón de estímulo simple a la *RC*. Por lo tanto, en el ensayo inmediatamente siguiente esa probabilidad *RC* del sujeto salta a $p = 1.0$, ya que por suposición el patrón de estímulo sencillo para la situación siempre se muestrea, y ahora está condicionado. Entonces, la curva del aprendizaje para un solo sujeto se parecería a una de esas funciones de escalón que se presenta en la figura 8.9, al saltar desde $p = 0$ hasta $p = 1$ en un ensayo. Como el *EI* continúa ocurriendo después de la *RC*, supuestamente el sujeto permanecerá condicionado (en $p = 1.0$) y por esto continuará proporcionando las *RC*.

El modelo supone que el ensayo de condicionamiento efectivo para diferentes sujetos se da mediante un tiempo de espera aleatorio; con probabilidad c, el condi-

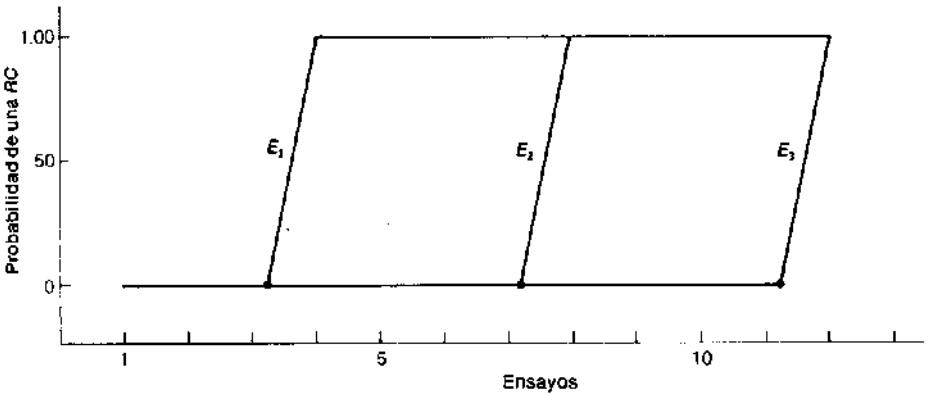


Figura 8.9. Ilustración de las curvas de aprendizaje de función escalonada para tres distintos sujetos que difieren en su ensayo de aprendizaje.

cionamiento se produce con el primer ensayo del *EI;* con probabilidad $(1 - c)c$, no ocurre en el primero sino en el segundo ensayo, y así sucesivamente. De nueva cuenta, el proceso es como lanzar una moneda hasta que aparezca la primera "cara", con la probabilidad de las caras igual a c. Tal proceso implica que la probabilidad acumulativa de que el condicionamiento haya ocurrido para el ensayo n se incrementa con los ensayos.

Supóngase que combinamos los datos de un elevado número de sujetos, y que también combinamos los datos por bloques de ensayos. Entonces la curva de aprendizaje *promedio de grupo* aparecería uniforme como la de la figura 8.10. Pero comprendemos que esta curva de aprendizaje promedio de grupo es engañosa, y que es un artefacto de combinar muchas funciones escalonadas individuales como las que aparecen en la figura 8.9. El contraste se muestra nítidamente en la figura 8.10, donde se compara la curva promedio de grupo con las individuales durante los ensayos previos a que se condicionaran con éxito. La razón por la cual el promedio de grupo se eleva de modo uniforme es que a medida que continúa el entrenamiento, más sujetos han sido condicionados progresivamente, y entonces contribuyen más con sus $p = 1$ que con sus $p = 0$ al promedio del grupo.

Un hecho notable es que la curva de aprendizaje promedio de grupo, pronosticada por el modelo de un elemento, es idéntica a la que predice el modelo lineal y el modelo de elemento grande de la *TME*. Los modelos difieren en el sentido de que el modelo lineal y el de elemento grande presuponen que cada sujeto individual tiene una curva de aprendizaje que se incrementa gradualmente, mientras que el modelo de un elemento dice que cada sujeto mostrará una función de escalón y que la curva uniforme surge sólo al promediar a los sujetos. La diferencia entre los modelos puede someterse a prueba mediante análisis apropiados de los datos. Si el modelo de un elemento es adecuado y el sujeto termina el entrenamiento dando siempre una respuesta condicionada (es decir, $p = 1$), no encontraríamos ninguna mejoría en su ejecución antes del ensayo de su último error (o fracaso para dar una *RC*). Esta falla para mejorar antes del último error se denomina *respuesta estacionaria;* se la espera porque el sujeto comienza en un estado no condicionado

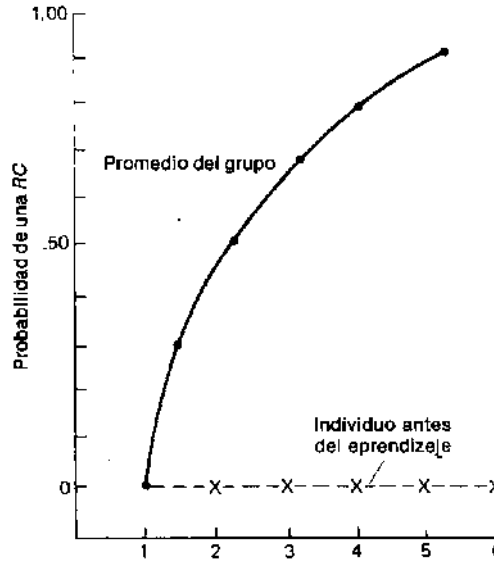


Figura 8.10. Ilustración de la curva de aprendizaje para individuos antes de su punto de condicionamiento efectivo (línea horizontal inferior), comparada con la proporción promedio del grupo de respuestas condicionadas que combina individuos que han aprendido la asociación, con aquellos que todavía no la han aprendido.

(neutral), y el hecho de que haya un error en algún ensayo posterior significa que cuando se encuentra en ese ensayo aún no ha abandonado ese estado incondicionado (de otro modo no cometería un error). Suppes y Ginsberg (1963), y Bower y Theios (1964) analizaron algunos experimentos de este modo, y en varios se demostró las funciones de escalón esperadas. En muchos aspectos, ésta es la prueba más poderosa para concluir que el modelo de un elemento se ajusta a un determinado conjunto de datos.

El ajuste del modelo de un elemento con los datos

El atractivo de los modelos de elemento pequeño es que son matemáticamente simples y, por lo tanto, permiten inferir un elevado número de predicciones para un solo conjunto de resultados experimentales. Las predicciones por lo general son sumamente exactas. Para ilustrar el rango de predicciones exitosas que son factibles, apliquemos el modelo de un elemento a un experimento no publicado de G. H. Bower acerca de una tarea elemental de aprendizaje de pares asociados. Treinta estudiantes universitarios aprendieron una lista de 20 pares, en los cuales el miembro de estímulo del par era una letra griega y la respuesta era el dígito 1 o 2. La respuesta 1 se asignaba a 10 de los 20 estímulos seleccionados al azar. La lista de 20 reactivos se recorría repetidas veces en orden aleatorio, usando el método de anticipación, hasta que cada sujeto hacía tres menciones consecutivas perfectas de la lista completa de asociados.

Para representar esta tarea en el modelo, consideraremos el miembro de estímulo de cada par como un solo patrón, que siempre se muestrea cuando el estímulo está presente. Se considera que el patrón se encuentra en uno de dos estados: o conectado a la respuesta correcta, o antes que eso, en un estado de con-

jetura en donde la probabilidad de una respuesta correcta es $p = 0.50$ (recuérdese que hay dos respuestas). En cada ensayo, con la probabilidad c que sigue a la respuesta correcta del sujeto, la información de retroalimentación es efectiva para condicionar la respuesta correcta al patrón de estímulo, si no es que ya está condicionada: con probabilidad $1 - c$ el reforzamiento no es efectivo y el estado del patrón de estímulo permanece como estaba al comienzo del ensayo. Los reactivos comienzan en estado de conjetura en el ensayo 1, y permanecen allí hasta que su reforzamiento sea efectivo; una vez que eso sucede se mantienen condicionados, de modo que el sujeto responderá correctamente de allí en adelante.

Este modelo se aplica a la secuencia ensayo por ensayo de respuestas correctas y errores que un sujeto da al caso de un estímulo en particular. Con 30 sujetos que aprenden 20 reactivos cada uno, hay 600 secuencias de datos reactivo-sujeto. En principio, la teoría podría aplicarse al estimar un valor de c para cada una de estas 600 secuencias. Sin embargo, a fin de reducir la labor de computación, se supondrá que todas las secuencias reflejan el mismo valor de c. Mediante esta premisa se descubre que una buena estimación de c es 0.20. Esto significa que, en promedio, se necesitan $1/c = 5.00$ reforzamientos para que se lleve a cabo el aprendizaje de un reactivo.

Los resultados observados y pronosticados se compararán mediante dos gráficas y una tabla de estadísticas. Primero, en la figura 8.11 se muestra la proporción media de respuestas correctas en sucesivos ensayos de práctica. El ensayo inicial es una mera conjetura, y la tasa de éxito comienza en el valor *a priori* de 0.5. La figura 8.12 es un histograma de la frecuencia relativa de los errores totales por secuencia reactivo-sujeto antes del aprendizaje. Demuestra, por ejemplo, que el 17.3% (104 casos) de la secuencia total de 600 tuvo cero errores; 25.0% (150 casos) exactamente un error; 18.2% (109 casos) dos errores, y así sucesivamente. A partir del aumento inicial entre cero y un error, la distribución predicha sigue una declinación exponencial para las proporciones de secuencias que tienen cada vez más errores. Las predicciones relativas a la distribución del ensayo de la primera respuesta correcta, y el ensayo del último error son similarmente cercanas a

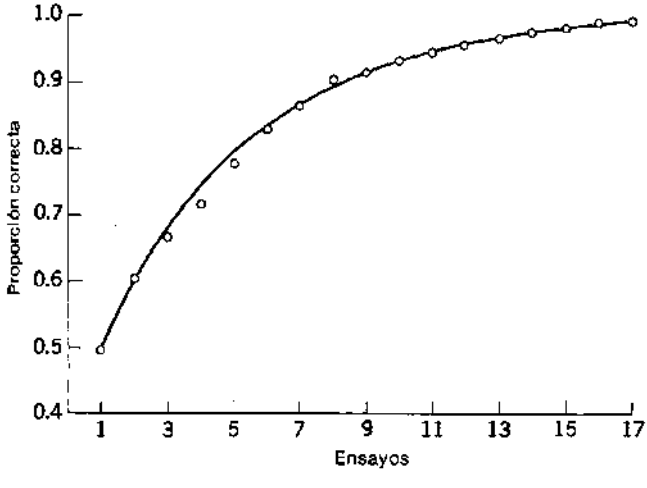


Figura 8.11. Proporciones medias observadas y predichas de respuestas correctas durante los ensayos. Predicciones inferidas del modelo de un elemento (datos de G. H. Bower, no publicados).

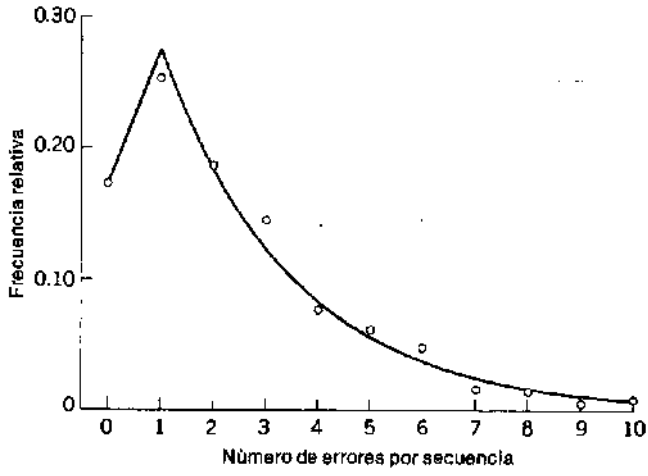


Figura 8.12. Distribución de probabilidad del número de errores por secuencia reactivo-sujeto antes del aprendizaje (datos de G. H. Bower, no publicados).

los datos. En la tabla 8.3 se presenta un resumen de varias predicciones del modelo. Las últimas 10 entradas se refieren a estadísticos secuenciales. Para explicar dos ejemplos, una corrida de exactamente dos errores se cuenta una vez, siempre que haya una secuencia de ensayo de la forma "... *CEEC*..." en un protocolo reactivo-sujeto. Un par de errores tres ensayos adelante (es decir, en los ensayos n y $n + 3$) se cuenta una vez, siempre que haya una secuencia de ensayo de la forma "...*EXXE*...", donde las *X* pueden ser respuestas correctas o errores.

TABLA 8.3. Valores medios de varios estadísticos para el experimento de pares asociados. Las desviaciones estándar se refieren al estadístico enumerado en la línea de arriba. Los estadísticos presentados son promedios por secuencias de reactivo-sujeto.

Estadístico	*Observadas*	*Predichas*
Errores totales	2.50	2.50
Desviación estándar	2.34	2.50
Ensayo de la primera correcta	1.92	1.84
Desviación estándar	1.20	1.12
Ensayo del último error	4.18	4.17
Desviación estándar	4.06	4.50
Probabilidad de error después de un error	0.42	0.40
Total de las series de errores	1.44	1.47
Series de un error	0.85	0.87
Series de dos errores	0.33	0.35
Series de tres errores	0.13	0.15
Series de cuatro errores	0.08	0.06
Número de pares de errores:		
un ensayo aparte	1.06	1.03
dos ensayos aparte	0.85	0.82
tres ensayos aparte	0.65	0.65
cuatro ensayos aparte	0.51	0.51

La deducción de las predicciones teóricas de tales estadísticos es sencilla pero tardada, y aquí no tendría un propósito útil (véanse Atkinson *et al.*, 1965; G. H. Bower, 1961*a*). Aunque podrían calcularse y predecirse una variedad de otros estadísticos de los datos, la muestra proporcionada basta para ilustrar la exactitud del modelo en este caso. La comparación de los valores observados y predichos revela que el modelo es muy preciso. De hecho, en este caso el ajuste de la teoría probablemente sea tan perfecto como todo psicólogo espera de los estudios del aprendizaje. Esto es aún más impresionante si se tiene en cuenta que sólo debía estimarse un parámetro, c, de los datos, antes de que se iniciaran las predicciones.

Como hemos visto, el estrecho grado de correspondencia entre los datos obtenidos y las predicciones de un modelo específico es muy valioso, pero a un modelo se le exige más generalidad en todos los experimentos. En varias publicaciones (Bower, 1961*a*, 1962*b*; L. Keller *et al.*, 1965; Kintsch, 1964; Suppes y Ginsberg, 1962) se han dado a conocer ajustes exactos similares del modelo de un elemento a datos de pares asociados. Además, los análisis de los tiempos de respuesta en diversos experimentos arrojan resultados acordes con este modelo; es decir: *a*) ninguna diferencia en las velocidades de respuestas correctas e incorrectas, y constancia relativa de éstas, a lo largo de los ensayos antes del último error en un reactivo; *b*) incrementos abruptos en la velocidad de la respuesta correcta después del ensayo del último error. Estos resultados son congruentes con la suposición de un estado conjetural antes de que se produzca el condicionamiento del último error en una secuencia reactivo-sujeto, durante el ensayo inmediatamente después de él.

En un trabajo relacionado, Restle (1962) y Bower y Trabasso (1964) utilizaron una versión ligeramente modificada del modelo para explicar una forma elemental del aprendizaje de identificación de conceptos en una tarea de discriminación. En ese trabajo, se suponía que el sujeto comprobaba varias hipótesis acerca de la solución del problema. El estado "conjetural" corresponde al sujeto que ensaya hipótesis irrelevantes (incorrectas), mientras el estado "condicionado" se da cuando el sujeto usa la hipótesis correcta para clasificar los estímulos. Esta área de investigación se cultivó extensamente con modelos matemáticos (Trabasso y Bower, 1968), y así apareció una generación de mejores modelos. Los artículos de Chumbley (1969), Falmagne (1970) y M. Levine (1970) utilizan la teoría básica de comprobación de hipótesis, pero suponen que el sujeto aprende gradualmente a rechazar hipótesis que se probaron y descartaron, aunque quizá olvide que una hipótesis dada fue rechazada algún tiempo atrás. La hipótesis correcta tiene cada vez más probabilidades de ser seleccionada debido a que las hipótesis erróneas se eliminan paulatinamente a medida que avanza el entrenamiento. Los desarrollos en los modelos de identificación de conceptos se han hecho muy compatibles con el enfoque del procesamiento de información de la cognición (véase Gregg y Simon, 1967), que se discutirá en el capítulo 12.

Los resultados que corroboran el modelo de un elemento en el aprendizaje de pares asociados tienen en común el hecho de que sólo intervienen dos respuestas alternativas. Resultados confirmatorios un tanto parecidos se encontraron en el caso de la memoria de reconocimiento, en la cual el sujeto dice si ha visto o no un estímulo particular (por ejemplo, una sílaba sin sentido) en las series presentadas antes (Bernbach, 1965; Kintsch y Morris, 1964; Olson, 1969). Se comprende, por

supuesto, que el aprendizaje de pares asociados puede ser un complicado enredo de procesos que implican discriminación del estímulo, aprendizaje de respuesta, mediadores asociativos, conjeturas estratégicas y cosas similares; según el grado en que éstas surjan en el experimento, se infringirá el modelo estricto de un elemento.

Etapas de los procesos de todo o nada

Restle (1964*a*) propuso un fructífero enfoque para el desarrollo de modelos aplicables a situaciones de aprendizaje más complejas. Postuló que las tareas complejas de aprendizaje podían analizarse en etapas de componentes (partes), y recomendó que cada etapa del aprendizaje se concibiera como un proceso de todo o nada. Como se advierte, el enfoque sigue la tendencia de la propuesta anterior de Guthrie. Las etapas del aprendizaje difieren de acuerdo con el contenido de la tarea específica que se aprende. Por ejemplo, en el aprendizaje de pares asociados una etapa podría consistir en el aprendizaje del término de la respuesta como una unidad; otra podría surgir de errores de confusión (generalización) entre diversos estímulos en la lista de pares que se aprenden.

Esta segunda etapa se superaría cuando la respuesta correcta se asociara con un aspecto discriminativo del estímulo.

Se han propuesto otros ejemplos de modelos de multiestado para tratar con la relación entre las asociaciones hacia atrás y hacia adelante en las asociaciones de pares, la relación entre el recuerdo y el reconocimiento de pares asociados, el aprendizaje de respuestas emocionales e instrumentales en el condicionamiento de evitación, el aprendizaje de una o ambas dimensiones de estímulo en la formación de concepto bidimensional, etcétera.

Como hemos señalado, en estas aplicaciones se concibe una tarea dada de aprendizaje en el sentido de que implica varias etapas, y que cada una de ellas constituye una unidad de aprendizaje que el sujeto supuestamente adquiere de una forma de todo o nada. Cuando se usa este proceso simple de todo o nada (un elemento) para describir cada estado, el modelo de multiproceso une diversos procesos de todo o nada. El proceso de todo o nada se utiliza como un bloque de construcción básico. La conjunción de varios procesos de todo o nada produce un modelo que, en sus propiedades generales, se asemeja a una noción del aprendizaje de "mejoramiento continuo". Sin embargo, en comparación con el modelo lineal continuo que ya examinamos, a los modelos de etapa por lo general se les favorece tanto en lo que se refiere a su precisión para ajustarse a los datos, como a la relativa facilidad con la que pueden extraerse deducciones teóricas de ellos.

Al parecer, esta estrategia de utilizar bloques de construcción de todo o nada fue exitosa y fructífera. Varios modelos de este tipo parecen operar de modo efectivo.

La cuestión de la validez siempre gira en torno de la fuerza y agudeza con las que una teoría identifica las diversas subpartes de la tarea con sus parámetros asociados, y de cuán convincentes sean los datos que apoyan la partición propuesta en subtareas. En algunos casos, al menos, los experimentos diseñados especialmente a los análisis de los datos proporcionan una poderosa evidencia en favor del análisis de la tarea propuesta por un modelo particular (G. H. Bower y Theios, 1964; Restle, 1964*a*; Trabasso y Bower, 1964).

DESARROLLOS RECIENTES

El campo de la teoría matemática del aprendizaje se ha desenvuelto a lo largo de muchas líneas, y se ha infiltrado en diversas ramas del trabajo teórico en la teoría del aprendizaje. Así, resulta prácticamente imposible sintetizar aquí estos grandes desarrollos. En gran parte, Estes se ha ido acercando a la psicología cognoscitivista y alejándose de sus comienzos *E-R* guthrianos, lo cual es evidente, por ejemplo, en sus recientes revisiones acerca de la manera en que operan las recompensas para guiar el aprendizaje. Su teoría se examinó en el capítulo 4, donde se dijo que los organismos forman asociaciones entre las representaciones internas de los eventos, como las asociaciones entre estímulo y recompensa. Según Estes, estas asociaciones inter-eventos no necesitan basarse en conexiones de estímulo y respuesta. Ya vimos que esta visión le permitió explicar resultados que creaban dificultades en torno de la opinión de que los reforzadores son satisfactores que sólo sirven para fortalecer conexiones *E-R*. Una extensión de las ideas de Estes acerca de la recompensa ha sido la de tratar más explícitamente con la toma de decisiones que los sujetos efectúan en situaciones de elección preferencial. Esto conduce a lo que se denomina modelo de exploración, que veremos a continuación.

El modelo de exploración de la toma de decisiones

Hasta el momento se ha descrito al sujeto como si sus respuestas fueran sólo una cuestión de conexiones entre el estímulo y la respuesta. En muchos casos, éste es un enfoque útil para el análisis de la conducta, sin embargo, existen otros casos en los cuales las circunstancias influyen para inducir al sujeto a hacer una elección más deliberada. Tales circunstancias se arreglan generalmente en los estudios de la toma de decisiones, y se les imita con facilidad en el laboratorio de aprendizaje en estudios de elección preferencial. En el experimento usual de elección preferencial, se le puede ofrecer repetidamente al sujeto una elección entre dos opciones A_1 y A_2 (o un conjunto de pares diferentes), cada una de ellas asociada con una consecuencia o conjunto de distintas consecuencias recompensantes. Las elecciones asintóticas del sujeto reflejan su "preferencia de ordenamiento" particular entre las dos o más recompensas que se comparan. Con N alternativas de respuesta-consecuencia, hay $N(N + 1)/2$ pares que pueden presentarse para elección, cada uno de los cuales varía en su orientación de izquierda o derecha. La teoría del muestreo del estímulo tiene ahora un problema: debe decidir cómo representar la situación de estímulo a la que el sujeto responde en cada ensayo. Una posibilidad consiste en suponer que cada uno de los diferentes arreglos $N(N + 1)$ de estímulos de elección es un patrón distinto, y que el sujeto adquiere $N(N + 1)$ hábitos diferentes para responder de izquierda o derecha, cada uno asociado con su arreglo distintivo. Pero esa representación no parece parsimoniosa, y sí un poco tonta. La opción preferida consiste en suponer que cada alternativa de estímulo representa un conjunto de estímulos con los cuales están conectadas las respuestas de "acercamiento". Entonces, la presentación de los estímulos j y k para la elección preferencial corresponde a la presentación de un compuesto analizable, $E_j + E_k$. El modelo de exploración intenta describir la forma en que el sujeto considera las posibilidades y se decide por una de ellas.

Como hemos visto, el enfoque de Estes trata las consecuencias recompensantes como estímulos informativos, cuyas representaciones pueden asociarse con estímulos o respuestas previas que están correlacionados temporalmente con estas magnitudes recompensadas. Por ejemplo, en una tarea de discriminación verbal donde la elección de una sílaba sin sentido A_1 va seguida por la recepción de cinco puntos, mientras que a la elección de la sílaba A_2 (con la cual se compara la A_1) sigue la recepción de 3 puntos, la teoría supone que la persona aprende las asociaciones entre respuestas y retribución A_1—5 y A_2—3. Este aprendizaje podría ser indicado por la habilidad de la persona para predecir o anticipar verbalmente los puntos o el valor de cada respuesta alternativa.

Dado este conocimiento de las retribuciones, se presume que el sujeto decide entre A_1 y A_2 en tres subetapas dentro de un solo ensayo de elección deliberada. Primero, explora rápidamente las respuestas disponibles A_1 y A_2, considera una y luego otra, y para cada respuesta genera una predicción de la consecuencia recompensante ("puntos") que obtendrá con la respuesta elegida en ese ensayo, después almacena temporalmente esta consecuencia predicha. Segundo, mediante el proceso de exploración, *compara* con rapidez el valor o la utilidad de las consecuencias así pronosticadas, y finalmente *escoge* aquella respuesta con el valor predicho más elevado. Este conjunto de premisas constituye el núcleo de lo que Estes (1962, 1976) denomina *modelo de exploración*. Así, en la elección donde se comparan A_1-5 puntos con A_2—3 puntos, a la postre el sujeto siempre escogerá el lado A_1, una vez que haya adquirido las asociaciones respuesta-recompensa. Los únicos casos en los que no se logra la preferencia perfecta son aquellos en los cuales la *discriminación* sensorial entre las consecuencias recompensantes es imperfecta (por ejemplo, es probable que una rata no pueda discriminar confiablemente entre 5.02 y 5.05 gramos de masa de harina), o aquel en el que las consecuencias mismas sean paquetes complejos de "mercancías" o conjuntos compuestos de muchos subcomponentes para los cuales fluctúan las evaluaciones. Desde luego, los seres humanos incrementan la discriminabilidad de diferentes cantidades de recompensa mediante la conducta de contar, que produce un estímulo muy discriminable (por ejemplo, la palabra "once" en contraposición a "doce" pesos).

Considérese el caso en el cual las consecuencias que siguen a cada elección son probabilísticas. Supongamos que la persona se enfrenta con la situación de elección que se ilustra en la figura 8.13. A la elección de la posibilidad A_1 sigue una ganancia de $w¢$ en una proporción aleatoria π_1 de los ensayos, mientras que va seguida por la pérdida de $x¢$ en la proporción restante $1 - \pi_1$ de los ensayos. De modo similar, la elección de A_2 gana $y¢$ con probabilidad π_2 y se pierde $z¢$ con probabilidad $1 - \pi_2$. Si el sujeto parte de la ignorancia total, cabe suponer que a través de reiteradas experiencias aprende gradualmente las consecuencias que pueden seguir a cada respuesta, y también aprende las probabilidades π_1 y π_2. En otras palabras, esta situación tiene en realidad dos tareas más pequeñas de "aprendizaje de probabilidad": aprender las diferentes probabilidades de consecuencia que siguen a las elecciones A_1, e independientemente aprender las que siguen a las elecciones A_2. Cabe suponer que a estos dos procesos componentes del aprendizaje se les describe de cierta forma como a los modelos de patrón de elemento pequeño que se examinaron antes.

Dado este previo aprendizaje, ¿cómo debería escoger el sujeto? El modelo de

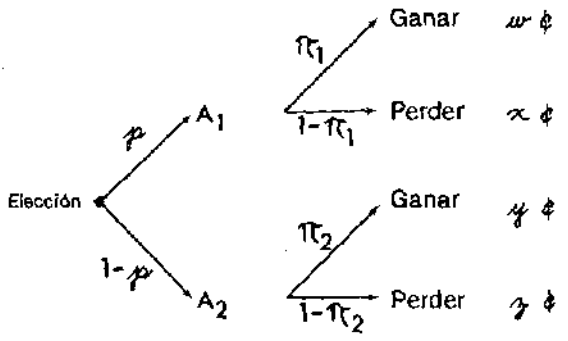


Figura 8.13. Ilustración de una situación de elección con retribuciones y multas probabilísticas.

exploración intenta predecir esta probabilidad asintótica de elección del mero conocimiento de las probabilidades objetivas π_1 y π_2, y las retribuciones w, x, y, z, todas las cuales están bajo el control del experimentador. Consideramos unos cuantos casos especiales de la forma en que opera el modelo de exploración. Primero, si a cualquier consecuencia que sigue a A_1 se le prefiere en lugar de cualquiera que siga a A_2, es obvio que A_1 constituye la elección dominante asintóticamente. Segundo, considérese el caso simétrico en el cual las ganancias y pérdidas para las dos opciones son iguales (es decir, $w=y$ y $x=z$), y sus probabilidades de retribución difieren. Asintóticamente, los eventos dentro de cada ensayo de elección ocurren así: el sujeto genera una predicción de ganancia o pérdida para A_1, y de modo similar para A_2. Esto produce los cuatro posibles pares de predicción que se muestran en el cuadro 8.1.

En la hilera de cada par de predicción también se escribe la probabilidad esperada de ese par (basada en la premisa de la igualación de probabilidad asintótica de los dos componentes), y la decisión indicada, dado ese par pronosticado de consecuencias para ese ensayo. La regla de decisión consiste en escoger al ganador único, si hay alguno; de ocurrir un empate, la persona deberá volver a explorar su memoria, hacer un nuevo par independiente de predicciones para las dos consecuencias, y continuar con ello hasta que genere un ganador único. Esto equivale a suponer que el sujeto sigue explorando hasta que a la postre cae en la hilera 2 o 3 del cuadro 8.1. Por lo tanto, la probabilidad asintótica esperada de que escoja A_1 será exactamente la probabilidad del par de predicción de la hilera 2 dividido por la suma de las probabilidades de la hilera 2 y 3:

CUADRO 8.1. Posibles pares de predicción para ganar w ¢, o perder x ¢, sus probabilidades conjuntas asintóticamente, y la decisión en los cuatro casos.

Hilera	Consecuencia predicha para este ensayo A_1	A_2	Probabilidad de este par de predicción		Decisión
1	Gana w	Gana w	π_1	π_2	(Reexploración)
2	Gana w	Pierde x	π_1	$(1-\pi_2)$	A_1
3	Pierde x	Gana w	$(1-\pi_1)$	π_2	A_2
4	Pierde x	Pierde x	$(1-\pi_1)$	$(1-\pi_2)$	(Reexploración)

$$P(A_1) = \frac{\pi_1(1-\pi_2)}{\pi_1(1-\pi_2) + \pi_2(1-\pi_1)}.$$

En la tabla 8.4 se muestran algunas predicciones comparadas con las proporciones observadas de las respuestas A_1 en experimentos de Atkinson (1962), Siegel (1961), y Friedman, Gelfand y Padilla (1964). En cada experimento, los sujetos recibieron de 200 a 400 ensayos en una tarea de aprendizaje de probabilidad de dos elecciones, con una retribución de 5¢ por cada predicción correcta y una multa de 5¢ (pérdida) por cada predicción equivocada (Friedman, Padilla y Gelfand sólo usaron "puntos"). Diferentes grupos en cada experimento correspondían a distintos valores de π_1 y π_2, como se muestra en la tabla 8.4. Las predicciones se obtienen *a priori* sencillamente al sustituir los valores de π_1 y π_2 en la ecuación 7. Obsérvese que las probabilidades asintóticas de respuesta en el experimento de Siegel (así como en los grupos 3 y 5 de Friedman, Padilla y Gelfand) excedían la igualación de probabilidad, que es un resultado frecuente cuando se usan retribuciones simétricas. El ajuste de las predicciones del modelo es muy bueno en todos los casos.

Los casos revisados sugieren la utilidad del modelo de exploración para predecir probabilidades asintóticas de elección en situaciones uniformes ("sin riesgo"), así como en programas probabilísticos con retribuciones y pérdidas simétricas. En otros experimentos que implicaban opciones múltiples, como el pareamiento de A_1 versus A_2 y A_3 versus A_4, pero presentadas con diferentes frecuencias. Estes (1976) descubrió que los sujetos también son sensibles a la frecuencia absoluta de ganar para cada opción en el curso de los ensayos, no a su frecuencia relativa de ganar por cada oportunidad. Estes logró ajustar un cierto número de resultados de elección al suponer que el sujeto exploraba principalmente su memoria de sucesos exitosos, de modo que las elecciones tendían hacia la opción de ganancia más frecuente.

En cualquier caso, es posible concluir que el modelo de exploración proporciona un enfoque viable de una teoría del proceso de la toma de decisiones. Se le ha utili-

TABLA 8.4. Probabilidades asintóticas de las respuestas A_1, observadas y predichas en 12 condiciones estudiadas por Atkinson (1962), Siegel (1961), y Friedman, Padilla y Gelfand (1964).

Experimento	*Grupo*	π_1	π_2	$P(A_1)$ *Observadas*	$P(A_1)$ *Predichas*
Atkinson	1	0.60	0.50	0.60	0.60
	2	0.70	0.50	0.69	0.70
	3	0.80	0.50	0.83	0.80
Siegel	1	0.75	0.25	0.93	0.90
	2	0.70	0.30	0.85	0.85
	3	0.65	0.35	0.75	0.77
Friedman, Padilla, y Gelfand	1	0.80	0.80	0.47	0.50
	2	0.80	0.50	0.81	0.80
	3	0.80	0.20	0.94	0.94
	4	0.50	0.50	0.48	0.50
	5	0.50	0.20	0.82	0.80
	6	0.20	0.20	0.47	0.50

zado ventajosamente en la predicción del comportamiento individual de los animales y de los seres humanos, en situaciones que van desde los pares asociados hasta el aprendizaje de probabilidad. También se ha aplicado con éxito a los juegos de dos personas, en los cuales las retribuciones dependen de la acción conjunta de ambos jugadores (Estes, 1962). Se ha demostrado que el modelo de exploración se deriva lógicamente de un modelo anterior de la conducta *VES* de un sujeto en un punto de elección (véanse Audley, 1960; G. H. Bower, 1959). En conjunto, las nociones básicas del citado modelo prueban ser sumamente simples, precisas y poderosas para ordenar un conjunto de datos acerca de la conducta de elección.

Memoria de reconocimiento y teoría estadística de la decisión

Bower (1972*d*) amplió la teoría del muestreo del estímulo para explicar los resultados en la memoria de reconocimiento de reactivos. En el experimento básico, al sujeto humano se le proporciona una serie de reactivos verbales para que los estudie (por ejemplo, *XQH*, *VQX*, *MHT*), y más tarde se somete a prueba su habilidad para discriminar de memoria si se mostraron o no ciertos reactivos. Así, al presentarle *XQH*, el sujeto diría: "sí, antiguo" y con *VQH*: "no, nuevo". Las mediciones de la memoria de reconocimiento son índices de exactitud discriminativa de la habilidad del sujeto para responder "antiguo" a los reactivos ya estudiados y "nuevo" a los distractores nuevos. Se sabe que en esos experimentos de memoria de reconocimiento ciertos factores mejoran la memoria: la cantidad de estudio de los reactivos, un corto intervalo de retención, palabras significativas como materiales, y la disimilitud de los distractores nuevos de los reactivos presentados con anterioridad. Hay otros factores que incrementan el prejuicio de respuesta del sujeto, su tendencia a acertar *sí* cuando tiene dudas acerca de un reactivo; estos factores incluyen el porcentaje de los reactivos antiguos en la serie de prueba, las recompensas para la identificación de los reactivos antiguos versus los nuevos, y los castigos por omitir los reactivos antiguos versus los nuevos. Un modelo útil de las decisiones del sujeto en la memoria de reconocimiento es la *teoría estadística de la decisión* —conocida también como *teoría de detección de señal*— (Green y Swets, 1966), pero desafortunadamente no tiene fundamento como teoría del aprendizaje.

Bower demostró la forma en que la teoría del muestreo del estímulo implicaría un modelo de la memoria de reconocimiento que era prácticamente como la teoría de detección de señal. Se supone primero que la presentación de un reactivo experimental como *VQX* da lugar a una muestra de elementos de estímulo interno que se asocian en ese momento con el contexto experimental (llámesele *rótulo de contexto*). Conforme transcurre el tiempo, cuando volvemos a presentar el mismo reactivo anterior (*VQX*), la nueva muestra de elementos de estímulo se superpone cada vez menos con la primera muestra que había estado asociada con el rótulo de contexto. De hecho, la superposición puede describirse mediante el modelo de fluctuación, de Estes, que vimos anteriormente. Para cualquier intervalo fijo de retención y condición de estudio, habrá alguna distribución de probabilidad del número de elementos en la muestra de prueba (a partir de un reactivo anterior) con una asociación al rótulo de contexto. Esa distribución se presenta en la parte derecha de la figura 8.14, para una muestra del tamaño 10 y superposición de 0.50 del primero y

segundo ejemplos de un reactivo anterior. La otra distribución, marcada como nueva en la figura 8.14, es la probabilidad promedio de que una muestra activada por un nuevo distractor (por ejemplo, *VQH*) tenga un cierto número de elementos asociados al contexto. Éstas son asociaciones de contexto con elementos de un patrón nuevo, adquiridas debido a que este distractor se superpone (comparte elementos) con varios patrones que se presentaron previamente.

Supóngase que un reactivo de prueba da lugar a exactamente tres elementos de estímulo con rótulos de contexto: ¿es un estímulo nuevo o antiguo? Al examinar la figura 8.14 se advierte que hay mayor probabilidad de que tal muestra provenga más de un reactivo nuevo que de uno antiguo, de modo que en este caso nos decidiríamos por un "distractor nuevo". Si suponemos, por otro lado, que el reactivo de prueba daba lugar a una muestra que contenía seis elementos con rótulos de contexto, entonces de la figura 8.14 se desprende que "antiguo" es la mejor respuesta.

Estos casos ejemplifican una regla de decisión, que dice: establezca un criterio C y decídase por "antiguo" cuando el número de elementos marcados con rótulos en la prueba supere a C, y en el caso contrario decídase por "nuevo". Con esta regla, la proporción de decisiones entre reactivos antiguos y nuevos es el área total de la distribución antigua por encima del punto de criterio: la proporción de decisiones antiguas y reactivos nuevos (denominada *positivos falsos*) es el área de la nueva distribución por encima del criterio. El criterio C es un factor de propensión de respuesta que el sujeto puede establecer para ajustar su estilo general de conjeturar: si establece C a un valor elevado, por ejemplo $C = 9$ en la figura 8.14, rechazará todos los reactivos nuevos, pero lo hará a costa de omitir (no reconocer) muchos reactivos antiguos; si establece C a un valor bajo, por ejemplo $C = 2$, dirá "antiguo" a la mayor parte de los reactivos antiguos, pero a expensas de calificar erróneamente de antiguos a muchos distractores nuevos.

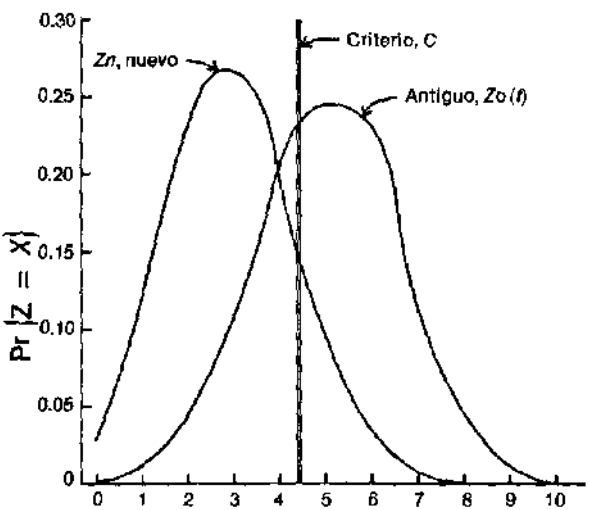


Figura 8.14. Distribuciones de probabilidad de elementos muestreados asociados a un rótulo de contexto de lista para reactivos antiguos y nuevos (tomada de Bower, 1972*d*).

Cada elección de un criterio C produce un cierto porcentaje de decisiones de "antiguo" a reactivos antiguos y, al mismo tiempo, a reactivos nuevos. Conforme variamos el criterio, ambas cantidades varían juntas y trazan una curva como la que aparece en la figura 8.15. Estas curvas representan la probabilidad de un juicio "antiguo" a un reactivo "antiguo" (aciertos) en comparación con la posibilidad de un juicio "antiguo" a un reactivo "nuevo" (positivos falsos). Las curvas aumentan uniformemente desde el origen hasta el punto (1, 1). A estas curvas se les denomina *características operantes de memoria*, y se les observa en los estudios de memoria de reconocimiento cuando las condiciones influyen en el criterio de respuesta que el sujeto establece en diferentes lugares. Un método simple para establecer este criterio consiste en variar (con el conocimiento del sujeto) la proporción entre reactivos antiguos y nuevos a lo largo de diversos bloques de prueba. Cuanto más grande sea el porcentaje entre reactivos de prueba antiguos y nuevos, más abajo deberá establecer su criterio el sujeto, de modo que acepte más reactivos de prueba dudosos como "antiguos" (ya que esto constituye una apuesta racional).

Tales variaciones en los procedimientos de comprobación producen porcentajes radicalmente distintos de reconocimientos "antiguos" (aciertos) y positivos falsos. Sin embargo, no es nuestra intención afirmar que tales procedimientos afectan a la memoria para reactivos antiguos, ni que inciden en la discriminación que el sujeto hace de los reactivos antiguos y los nuevos; sino que la teoría afirma que tales procedimientos de prueba sólo afectan el lugar en que el sujeto establece su criterio de decisión C. De esta forma, de todos los pares de puntos (o de aciertos versus positivos falsos) que caen a lo largo de una característica operante dada, se dice que muestran la misma discriminación de reactivos antiguos versus nuevos (o memoria), que sólo difiere en si el sujeto adopta un criterio alto o bajo. En estos términos, la cantidad de memoria que tenga un sujeto de reactivos "antiguo" depende de la distancia entre el promedio de la distribución antigua y la nueva, tal co-

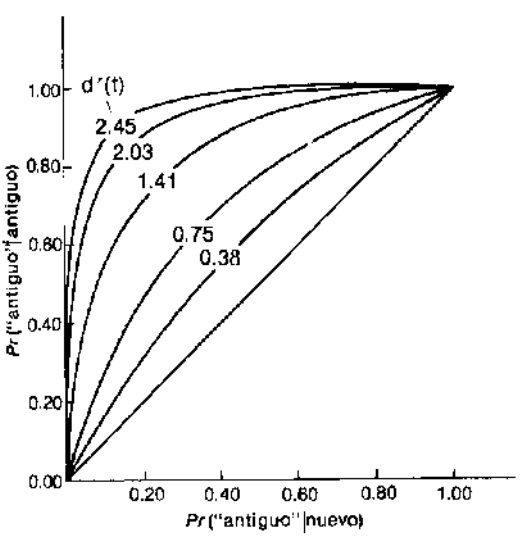


Figura 8.15. Características de operación de la memoria para diferentes valores de discriminación de memoria, medidas por d' en el intervalo de retención t (Bower, 1972*d*).

mo aparece en la figura 8.14. Una distancia promedio grande se daría en un intervalo de retención breve, después de un grado elevado de aprendizaje del reactivo, o cuando los nuevos distractores sean muy distintos y se superpongan muy poco a los antiguos. Una distancia promedio considerable entre las dos distribuciones también conduce a una tasa superior de aciertos y a una tasa más baja de positivo-falso, que se consideran como indicaciones estándar de una buena discriminación de memoria. En la figura 8.15 se muestra una familia de curvas calculada para el caso en que la distancia promedio según escala entre las distribuciones "nuevo" y "antiguo" disminuye (desde 2.46 hasta 0.38) a medida que aumenta el intervalo de retención.

La razón de examinar estas derivaciones es que la teoría estadística de la decisión al parecer constituye en la actualidad el análisis preferido de la memoria de reconocimiento. Cuenta con el apoyo de muchos estudios empíricos y ha ayudado a interrelacionar los índices de reconocimiento *sí-no*, las clasificaciones de familiaridad y las pruebas de elección múltiple de la memoria de reconocimiento (véase Bower, 1972*d*, para una revisión). Bower demostró la manera en que las ideas de la teoría de la decisión pueden fundirse dentro de la estructura de la teoría del muestreo del estímulo, y ampliar estas ideas para que expliquen los resultados sobre la discriminación de listas, y juicios acerca de la recencia temporal de los eventos experimentales. A fin de deducir la teoría estadística de la decisión, sólo debe modificarse el *axioma de respuesta* de la *TME*. En vez de establecer la probabilidad de una decisión "antigua" igual a la proporción de los elementos muestreados con los rótulos de contexto, la premisa se altera de modo que el número de elementos con rotulación en la muestra tenga que exceder de un criterio ajustable para producir una decisión "antigua". Es característico que se hayan logrado varias extensiones y aplicaciones interesantes de la *TME* al alterar ligeramente una u otra premisa de la teoría.

Teoría de las asociaciones jerárquicas, de Estes

La visión conductista del aprendizaje tiene una orientación de respuesta: el organismo aprende cómo responder en situaciones específicas de estímulo. Estes (1972*b*, 1973) últimamente se ha inclinado por un punto de vista orientado a la memoria. Propone que los organismos almacenan y recuperan memorias de secuencias de eventos (estímulos o respuestas), y que estas memorias pueden manifestarse de muchas maneras, no sólo mediante una respuesta condicionada específica. Estes postulaba una forma específica para representar información acerca de los eventos en la memoria del organismo: el uso de *elementos de control*. Un elemento de control es como una célula neural en la memoria que representa la conjunción de dos o más subunidades; un elemento de control representa un agrupamiento o un bloque de dos o más elementos de la memoria mediante el sistema de codificación perceptual (tales bloques se examinaron en el capítulo 6). Los elementos de control pueden formar asociaciones con otras unidades a fin de construir estructuras asociativas complejas. La idea de una jerarquía de bloques se ilustra con facilidad: las letras *t, o, d, a, y,* son unidades individuales con elementos correspondientes de control de memoria (que indican, por ejemplo, cómo reconocer y escribir cada letra); de modo similar, los grupos de letras *t o*, y *d a y*, forman unidades de control de memoria (para palabras); por último, el agrupamiento *today* tiene un

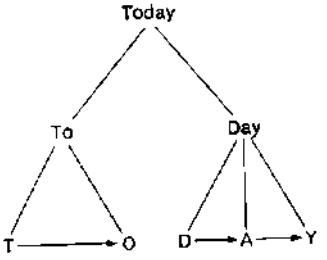


Figura 8.16. Ilustración de la estructura de un bloque de memoria que representa la memoria de una persona respecto al patrón de la palabra TODAY.

elemento correspondiente de control de memoria. El diagrama que se presenta en la figura 8.16 ilustra los diversos niveles de agrupamientos (elementos de control) en la jerarquía. Si pensamos en cada línea entre los elementos de la figura 8.16 como una asociación, tenemos gran parte de lo que Estes intentaba hacer con sus jerarquías asociativas. Desde que G.A. Miller (1956) introdujo la idea del bloque (*chunk*), las jerarquías asociativas como las de la figura 8.16 han sido motivo de discusión durante algún tiempo en la bibliografía acerca del aprendizaje serial humano (por ejemplo, Johnson, 1970). La característica novedosa del uso que hace Estes del concepto del bloque fue darle una interpretación asociativa explícita, y utilizarlo entonces para volver a formular y explicar algunos fenómenos básicos del condicionamiento (así como del aprendizaje serial humano).

En la figura 8.17 se ilustra la estructura asociativa que, según Estes, se establece en una situación simple de condicionamiento clásico, donde un *EC* se parea con un *EI* en un contexto experimental específico (por ejemplo, en una sala de laboratorio). El símbolo C_v señala el elemento de control que representa el estímulo incondicionado (*EI*) y a la respuesta incondicionada (*RI*) que se da a él; el elemento de control del nivel superior C_{sv} representa los eventos del *EC* que van seguidos de la *EI* en el contexto X_r, y (posiblemente) con la presencia de alguna fuente motivacional que facilita la activación. La idea fundamental es que los eslabones en esta estructura asociativa se pasan la excitación unos a otros, lo cual hace que las unidades reciban excitación para disparar. Así, cuando ocurre el *EC* en un contexto similar a *X*, las dos fuentes de excitación, junto con una fuente motivacional, se suman en la unidad C_{sv}, lo que da lugar a que la excitación se transmita hacia abajo por la senda asociativa hasta el elemento de control, C_v. La excitación del elemen-

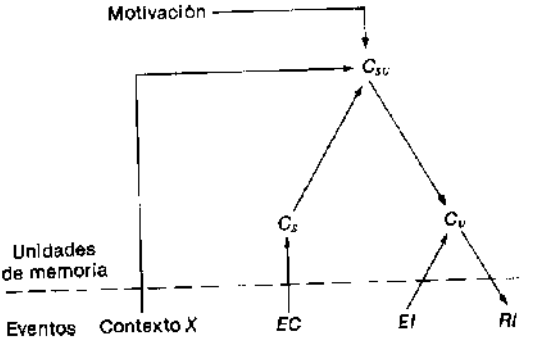


Figura 8.17. Ilustración de la teoría de Estes acerca de la manera en que el EC, el contexto experimental y una fuente motivacional se combinan en una configuración asociativa para excitar la unidad *EI-RI*, lo cual conduce a una *RC* anticipatoria.

to C_U basta para causar la ocurrencia de una fracción de la *RI* en anticipación al estímulo incondicionado. Si está ausente alguna de las fuentes de entrada del C_{SU}, entonces es posible que la activación no sea suficiente como para provocar la respuesta.

Si a la adquisición de *EC-EI* sigue una serie de extinción, la nueva secuencia de eventos es *EC*-no *EI* (denotada como $\overline{U}$), y por ello el organismo comienza a establecer esa estructura asociativa, al instaurar la conexión inhibidora que se muestra en la figura 8.18 entre $C_{\overline{U}}$ y C_U. Ésta se desarrolla debido a la ocurrencia de un nuevo evento (es decir, no *EI*) en un momento y lugar donde antes se esperaba uno diferente (el *EI*). Ahora bien, cuando el *EC* aunado al contexto activa el elemento de control de nivel superior y la excitación se difunde a C_U y $C_{\overline{U}}$ la segunda inhibe a la primera, y por eso sólo el $C_{\overline{U}}$ pasa excitación a sus subunidades, lo que origina a una conducta incompatible con las primeras *RI* y *RC*.

Estes (1973) aplicó esta teoría asociativa a algunos otros fenómenos del condicionamiento, como el condicionamiento de segundo orden y el precondicionamiento sensorial; pero la teoría aún no se somete a prueba en detalle, mediante la comparación con un conjunto de datos experimentales de condicionamiento clásico y operante. Estes la ha desarrollado fundamentalmente como un modelo para el aprendizaje de orden serial con los seres humanos. Pero un atractivo del modelo de asociación jerárquica es que intenta tratar los fenómenos de condicionamiento empleando conceptos del aprendizaje inferidos principalmente de la investigación acerca de la memoria en los seres humanos.

Como hemos dicho, Estes (1976*b*) postuló su teoría en gran parte para tratar con el aprendizaje serial. En el caso prototípico, al sujeto se le expone con rapidez a seis letras agrupadas (por ejemplo, *VT|XS|BZ*), se le distrae al contar por unos cuantos segundos, y posteriormente se le pide que recuerde las letras en orden serial. Ignorando la composición fonética de los nombres de las letras, podemos observar que en la figura 8.19 se describe una estructura de la memoria que el sujeto establece después de ver y pronunciar las letras para sí mismo. El nodo superior, o elemento de control, denominado *LISTA*, se divide entre los tres grupos, y cada grupo se divide en sus pares de letras. Estes presupone, además, que cada unidad de letra, cuando es estimulada, establece un persistente *circuito cerrado reverberante de activación*, de modo que el hipotético sujeto estaría repitiendo algo como "Vee, Vee, Vee", pero un poco más tarde pasaría a ciclos como "Tee, Tee, Tee". Para Estes, el circuito cerrado reverberante de activación es lo que otros han denominado memoria de corto plazo. Si los ciclos reverberatorios de las seis letras disparan en ritmo perfecto, el sistema de la memoria sólo experi-

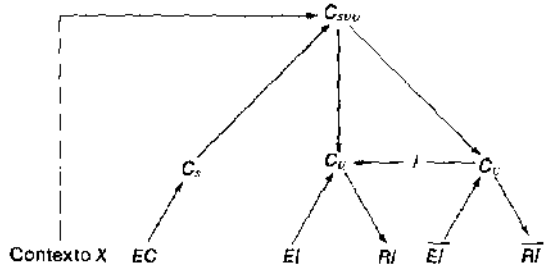


Figura 8.18. Estructura asociativa que, según Estes, se establece para reflejar la inhibición de una *RC* anterior como resultado de la extinción.

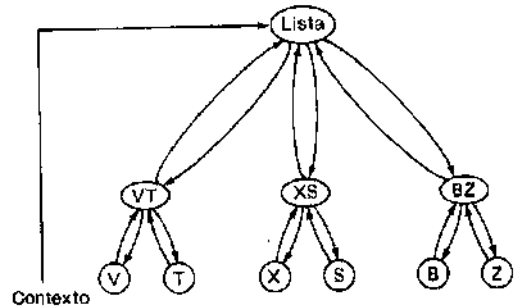


Figura 8.19. Estructura de la memoria que, según Estes, representa una lista serial de seis letras segregadas en tres grupos perceptuales.

menta ciclos repetidos de *VT XS BZ, VT XS BZ*, y así sucesivamente. Pero si se produjese cualquier perturbación aleatoria en el ritmo de los ciclos reverberatorios para las letras individuales, entonces dos o más letras pueden cambiar su orden temporal en este circuito de corto plazo. Los cambios de las letras en una posición son más probables que los cambios en dos o tres posiciones. A medida que transcurre el tiempo, aumenta la migración de la posición de una letra en la memoria. Debido al agrupamiento de las letras en tres segmentos con elementos de control, los elementos dentro de un grupo son más propensos a cambiar posiciones que aquellos que se encuentran a lo largo de un grupo. En vista de que Estes adoptó esta idea de circuito cerrado reverberatorio a fin de reflejar la memoria de corto plazo para la información de orden, la representación del orden serial en la memoria de largo plazo requiere de asociaciones entre los elementos en un nivel dado (véase *Today* en la figura 8.16).

Estas predicciones y muchas otras acerca de la memoria de orden serial se confirmaron en una serie de experimentos de Estes (1972*b*), y de Lee y Estes (1977). El modelo es fructífero, particularmente para predecir los gradientes de errores posicionales de confusión en el recuerdo ordenado. De acuerdo con esta teoría, un sujeto olvidará y *omitirá* una letra si sus subcaracterísticas fonéticas (que no se muestran debajo de las letras en la figura 8.19) se entremezclaran (por perturbaciones en el proceso de reverberación) con subcaracterísticas de una letra adyacente. Esa mezcla crearía confusiones fonéticas absurdas (irreconocibles), de modo que no se daría ninguna respuesta en esa posición al recordar las series. Así, la falla en el recuerdo de un reactivo provendría de mezclar el orden de las subcaracterísticas del mismo. Este modelo también explica el hecho de que los errores seriales son más probables con letras que fonéticamente se confunden. Por lo tanto, una hilera de letras con un sonido parecido, como *VTBDZC*, produce muchos más errores de orden que una hilera de letras con un sonido distinto, como *VXAGLI*.

Un punto en favor del modelo de Estes para el aprendizaje de orden es que ha sobrevivido a varias pruebas detalladas. Para nuestros propósitos, representa un modelo del aprendizaje humano que también se ha ampliado para tratar con el condicionamiento. El sentido de las jerarquías de elementos de control, de Estes, es muy parecido a las *ideas dobles* del asociacionismo británico y a los *nodos de memoria de orden superior* de la teoría propuesta por Anderson y Bower en su libro *Human associative memory* (1973). De hecho, Anderson y Bower postulan una *interpretación proposicional* específica para sus estructuras de asociación. Obtu-

vieron sus conclusiones mientras intentaban representar y explicar lo que la gente recordaba al haber leído conjuntos de afirmaciones factuales pero notaron que sus sistemas asociativos eran compatibles con los de la teoría jerárquica de Estes. Estos dos desarrollos hicieron que el asociacionismo entrara en estrecho contacto con temas centrales en la psicología cognoscitivista moderna.

Comentarios finales

En este capítulo sólo se han examinado unos cuantos lineamientos en la evolución de la teoría del muestreo de estímulo; se ha puesto el acento en sus inicios guthrianos y en su liberalización más reciente a manos de Estes. La teoría del muestreo del estímulo fue el enfoque dominante dentro de las teorías matemáticas del aprendizaje. Veremos ahora cómo se ha ampliado y difundido esta perspectiva, y después examinaremos algunos comentarios en torno a las últimas directrices en el pensamiento de Estes.

Rango de aplicabilidad de los modelos matemáticos del aprendizaje

A partir de un modesto comienzo en 1950, las teorías matemáticas del aprendizaje se han aplicado a una gama cada vez más amplia de experimentos. Las ideas específicas pueden variar de una aplicación a otra, pero subsiste un método común de construcción teórica. El rango de fenómenos conductuales investigados con estos métodos incluye las provincias tradicionales de la teoría del aprendizaje, más unos cuantos territorios recién descubiertos. Enumeraremos algunas situaciones o fenómenos para los cuales se han formulado y comprobado modelos matemáticos: condicionamiento clásico, condicionamiento operante, generalización del estímulo, generalización mediada, aprendizaje de discriminación; reforzamiento parcial y extinción, aprendizaje serial de rutina, aprendizaje de pares asociados, recuerdo verbal libre, memoria inmediata o de corto plazo, cambio de actitud, formación de impresión, identificación de concepto de tipo simple y complejo; aprendizaje de probabilidad, memoria de reconocimiento, detección de señal y reconocimiento en psicofísica; aprendizaje de imitación, condicionamiento de evitación, *VES* y latencia en situaciones de elección, tareas de búsqueda de memoria, compuestos de estímulo, reforzamiento correlacionado y distribuciones del tiempo interrespuesta; elecciones de comparaciones en pares, integración de información, investigaciones paramétricas del impulso, intensidad del *EC*, intervalo *EC-EI*, y variaciones en el reforzamiento en situaciones de condicionamiento; juegos de interacción de dos personas, tiempo de reacción, recuperación espontánea y olvido, experimentos de interferencia retroactiva, etcétera. Esta lista es representativa pero, desde luego, incompleta. La teorización cuantitativa prácticamente se ha infiltrado en cada dominio de la investigación del aprendizaje.

La profundidad de las diversas aplicaciones difiere considerablemente; algunas consisten tan sólo en un modelo para un único experimento, otras equivalen a una rama central de investigación continua. Ciertas aplicaciones son casi cuantitativas, y en ellas se muestra que las derivaciones de algunas suposiciones generales explican las principales tendencias cualitativas observadas. A menudo, un modelo matemático sólo conduce a una reelaboración de los datos derivados de alguna situación experimental clásica, o lleva a investigaciones de ligeras modificaciones de

las situaciones estándar. En sus mejores momentos, este nuevo examen de una situación familiar en términos de un modelo matemático puede descubrir nuevas regularidades en los datos, de las que nunca se había sospechado. Por ejemplo, los análisis de datos orientados por los modelos de aprendizaje de elemento pequeño demuestran la existencia de estabilizaciones de ejecución o funciones de escalón, en situaciones donde antes se pensaba que el aprendizaje equivalía a un mejoramiento continuo y gradual en la ejecución.

Los modelos matemáticos del aprendizaje se han aplicado para resolver cuestiones relacionadas con programas educativos (Atkinson y Paulson, 1972; Crothers, 1965; Restle, 1964*b*; Smallwood, 1962, 1971). Los tipos de preguntas investigadas incluyen: 1. cómo asignar mejor el tiempo de estudio a distintas materias independientes, a fin de elevar el máximo lo que el estudiante aprende en un tiempo fijado; 2. la tasa óptima para que un maestro presente materiales en un curso en el que la comprensión de la unidad n requiere que el estudiante haya aprendido las primeras unidades $n-1$; y 3. La mejor forma de dividir un grupo grande de estudiantes en pequeñas clases tutoriales, a fin de reducir al mínimo el costo total (en tiempo del maestro y del estudiante) de la enseñanza de materiales específicos. Cuando tales problemas se formulan con claridad (a menudo con condiciones que los simplifican), puede usarse un modelo del aprendizaje para calcular el valor de diferentes programas, y de allí decidir qué programas deben utilizar los maestro que se proponen elevar al máximo ciertos objetivos.

Los *modelos matemáticos* constituyen un método o técnica para la formulación de teorías sustantivas, y no constituyen una teoría por derecho propio. En términos generales, los modelos matemáticos han guiado a los psicólogos hacia análisis más intensivos de los datos del aprendizaje. Los modelos nos han mostrado la valiosa información que puede detenerse de los datos del aprendizaje al ejecutar análisis más perfeccionados. También han demostrado que la comprensión valiosa en ocasiones surge de comparaciones adecuadamente sensibles de diversas teorías bien formuladas sobre datos derivados de experimentos muy elementales.

Un saludable efecto secundario del trabajo con los modelos matemáticos es la revelación de que tales teorías *pueden* producir predicciones de los datos, con una exactitud que está a la par de las mejores teorías físicas. Los numerosos casos disponibles demuestran que en la teoría del aprendizaje la precisión numérica es posible en un limitado dominio. Tales demostraciones son importantes para ayudarnos a establecer parámetros realistas en lo que concierne a nuestras teorías.

Las ideas de la teoría del muestreo del estímulo todavía están vigentes, aunque no constituyan una fuerza dominante. Gran parte del trabajo inicial en la *TME* se realizó dentro del enfoque con orientación de respuesta del aprendizaje, que en la actualidad parece haber perdido popularidad si se la compara con una visión de cuento-memoria del aprendizaje. El propio Estes ha cambiado su orientación al respecto. El contraste se advierte, por ejemplo, en su tratamiento inicial del aprendizaje de probabilidad como condicionamiento de respuesta (Estes y Straughan, 1954), en contraposición a su enfoque posterior (Estes, 1976) del mismo como almacenamiento de frecuencias de evento y su ulterior recuperación y comparación ("exploración") para guiar las decisiones. De modo similar aunque el artículo inicial de Estes fue el que inspiró los modelos del aprendizaje de elemento pequeño dentro de la *TME* y la noción de etapas discretas de aprendizaje adquiridas en escalones de todo o nada, gran parte del posterior trabajo teórico ha usaddo diferentes

razones para justificar el modelo particular de multietapa bajo investigación. A menudo, estas teorías se formulan en términos de conceptos de procesamiento de información. Una posible razón de la pérdida de popularidad de los modelos probabilísticos del aprendizaje es que éstos demuestran sus poderes descriptivos fundamentalmente al ajustar datos de experimentos de multiensayo. Pero si nos interesamos más por los procesos internos que actúan como mediadores del efecto de tipos particulares de experiencias sobre la memoria, un experimento de la memoria de un solo ensayo, con frecuencia es la forma más eficiente de recabar datos pertinentes. Aquí los materiales experimentales (a menudo verbales) se codifican una vez bajo uno u otro arreglo, y más tarde se investiga al sujeto para la memoria de esos materiales. Estos experimentos de memoria de un solo ensayo no proporcionan el tipo de datos que ayudará a las teorías matemáticas del aprendizaje a mostrar sus mejores características.

Quizá lo notable sea la facilidad con que se traducen ideas de los términos abstractos inherentes a la teoría del muestreo del estímulo a otros idiomas teóricos, como los de la memoria o el procesamiento de la información. El propio Estes ha sido especialmente hábil para demostrar cuántas de sus ideas pueden moldearse en términos de conceptos de memoria sensorial, mediante los cuales se concibe que los sujetos almacenan y recuperan información acerca de eventos y sus características, y el aprendizaje se produce en varios niveles distintos. Por su parte, Bower (1972*d*) mostró la manera en que las nociones de la variabilidad de codificación pueden traducirse a la *TME*, y la forma en que la *TME* conduce con facilidad a la teoría estadística de la decisión, como un medio para explicar la memoria de reconocimiento de reactivo, juicios de recencia, etcétera. La disponibilidad de tales traducciones sugiere que las ideas básicas de la variabilidad del estímulo, de la fluctuación temporal de la estimulación y de las asociaciones de eventos son conceptos viables y necesarios para explicar ciertos fenómenos, independientemente de cualquier vocabulario teórico que se emplee para su formulación.

Aunque la teoría del muestreo del estímulo tiene en la actualidad relativamente pocos partidarios como teoría total sus ideas fundamentales se han asimilado en un tronco común de útiles constructos teóricos. Estes, sus colegas y seguidores continúan desarrollando un significativo trabajo, al aplicar estas ideas la interpretación de fenómenos de la percepción, del aprendizaje simple y complejo, y de la toma de decisiones. Es probable que la teoría del muestreo del etímulo constituya el intento más relevante y consistentemente racional de teoría cuantitativa global del aprendizaje que se ha formulado hasta la fecha. La creación, desarrollo y transformación constante de estas ideas han sido inspirados en gran parte por un hombre, William Estes, y sus colegas. La influencia que han ejercido sobre generación de psicólogos del aprendizaje es inmensa y constituye un vivo testimonio del ingenio del ser humano.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Los siguientes libros presentan una introducción elemental de los conceptos psicológicos básicos:

Grenno, J. G., *Elementary theoretical psychology*, 1968.
Restle, F., *Mathematical models in psychology: An introduction*, 1977.

Los libros de texto más avanzados acerca del aprendizaje son:

Atkinson, R. C., Bower, G. H. y Crothers, E. J., *Introduction to mathematical learning theory*, 1965.
Coombs, C. H. Dawes, R. M. y Tversky, A., *Mathematical psychology: An elementary introduction*, 1970.
Restle, F. y Greeno, J. G., *Introduction to mathematical psychology*, 1970.

Un texto que hace hincapié en las diversas clases de técnicas matemáticas de derivación, es:

Levine, G. y Burke, C. J. *Mathematical model techniques for learning theories*, 1972.

Se recomienda la serie de lecturas pertinentes para el desarrollo de la teoría de muestra del estímulo:

Neimark, E. D. y Estes, W. K. (dirs.), *Stimulus sampling theory*, 1967.

El compendio estándar de los artículos autorizados aparece en:

Luce, R. D., Bush, R. R. y Galanter, E. (dirs.), *Handbook of mathematical psychology*, vols. I, II y III, 1963 y 1965.

9

Desarrollos recientes en las teorías conductuales

La investigación del proceso de aprendizaje continúa a un ritmo acelerado y se ha expandido en varias direcciones. Varios miles de psicólogos y científicos en campos afines realizan trabajos que en términos generales pueden clasificarse como investigaciones del aprendizaje, en tanto es prácticamente imposible cubrir la gama completa de los fenómenos que se estudian, este capítulo sólo incluirá, a grandes rasgos, una muestra seleccionada de los desarrollos recientes. En algunos aspectos, la investigación en torno al aprendizaje se ha vuelto más aplicada, lo que trajo como consecuencia el desarrollo de técnicas conductuales relacionadas. Por ejemplo, algunos psicólogos se dedican a la aplicación de los principios del aprendizaje a la adquisición del lenguaje, a programas educativos para enseñar a los niños diversas habilidades intelectuales, a la modificación de pensamientos y conductas indeseables de los pacientes psiconeuróticos y de niños problema en situaciones escolares.

Otros profesionales se dedican al adiestramiento de habilidades complicadas del personal industrial o militar, a la administración conductual escolar y al entrenamiento de niños retrasados en habilidades sencillas.

Al final del capítulo revisaremos algunas de estas aplicaciones de las técnicas de modificación de la conducta en problemas del ajuste personal, habilidades académicas y motivaciones vinculadas con el trabajo. En el capítulo 15 se examinarán varios estudios acerca de la instrucción programada, un área importante de la tecnología conductual. La ingeniería conductual tiene objetivos prácticos inmediatos, y aunque no es irrelevante para la teoría, puede llevarse a cabo sin que en ella interfieran los temas teóricos no resueltos. La importancia de la investigación del aprendizaje reside en su desarrollo de técnicas de control de la conducta, en el cuadro general de referencia que proporciona, en los conceptos a emplear en el análisis y, por último, en el conocimiento que se obtiene de las investigaciones particulares.

La tendencia fundamental de la investigación no aplicada ("pura") en el aprendizaje ha sido alejarse de las extensas teorías de las décadas de 1930 y 1940, para aproximarse a los análisis experimentales y teóricos más profundos de los fenómenos sobresalientes del aprendizaje. En este sentido, se han realizado diversos estudios acerca de tareas y paradigmas experimentales particulares que utilizan algún tipo de habilidad del aprendizaje, con la consecuencia de que la planimetría empírica de muchos fenómenos es actualmente muy minuciosa. Múltiples desarrollos teóricos han surgido de la corrección de malas interpretaciones anteriores, y del creciente cuidado en lo que toca a exactitud, claridad y precisión de las explicaciones teóricas.

En este capítulo expondremos algunos de los lineamientos destacados de las investigaciones y teorías más recientes del aprendizaje, desde el punto de vista conductista. Como es sabido, la principal división conceptual dentro de la investigación del aprendizaje es la que se suscita entre los enfoques conductista y cognoscitivista.

El prototipo de investigación del primero es el estudio de animales inferiores que aprenden una respuesta simple en un arreglo experimental sencillo para obtener una recompensa biológica; el experimentador describe al sujeto modelo y a los resultados en términos de los conceptos de estímulo-respuesta-reforzamiento, que corresponden al conductismo moderno. El enfoque cognoscitivista, por su parte, centra sus investigaciones en alumnos universitarios del segundo año, que leen una narración para comprensión y después reconstruye la sustancia del relato mientras el experimentador describe al sujeto y a los resultados modelo en términos de conceptos cognoscitivos de procesamiento de información, sistemas semánticos, estrategias reconstructivas, etcétera. El lector comprenderá que dentro de las áreas conductista y cognoscitivista existe una gran variación en lo que concierne a temas de investigación y a sujetos de la misma. Por nuestra parte, revisaremos trabajos nuevos en la tradición conductista, aunque tendremos presentes a varios otros realizados con sujetos humanos. Después de que se hayan examinado las tradiciones históricas en los capítulos 10, 11 y 12, en el capítulo 13 se verán las investigaciones recientes en las teorías cognoscitivo-organizacionales. En este último analizaremos principalmente las nuevas tendencias en la investigación del aprendizaje humano. Cada día se hacen más esfuerzos por construir puentes entre las teorías de las áreas conductista y cognoscitivista (Anderson y Bower, 1973; Bandura, 1977*a*; Staats, 1964, 1975) y, de hecho, el trabajo más interesante del presente y del futuro parece tener esa directriz.

Las primeras tres cuartas partes de este capítulo tratan primordialmente el "condicionamiento animal" y exponen trabajos novedosos en el campo del condicionamiento operante de respuestas autónomas, examinan ideas acerca de la habituación y el precondicionamiento sensorial, y las concepciones cambiantes del reforzamiento y el no reforzamiento. Asimismo, se abordan varios aspectos relacionados con la selectividad de los estímulos y las respuestas en el aprendizaje. En la última parte del capítulo revisan algunas aplicaciones de los principios del condicionamiento conductual en psicoterapia, ajuste de la personalidad, y situaciones laborales.

El tratamiento de estos temas fundamentales debe ser necesariamente breve y selectivo, pero habrá de proporcionar una perspectiva acerca de los modernos desarrollos en la teoría del aprendizaje.

PROCESOS ELEMENTALES DEL CONDICIONAMIENTO

Control voluntario de respuestas involuntarias

Una de las distinciones más antiguas en la psicología filosófica es la que se establece entre las respuestas voluntarias y las involuntarias: las respuestas voluntarias son aquellas de las cuales disponemos y a las que controlamos conscientemente; las involuntarias ocurren de manera inconsciente, automática, sin que intervenga la intención. Los reflejos innatos: la respiración, los latidos del corazón, el parpadeo del ojo ante un soplido, el humedecimiento de la comida en la boca mediante la saliva, los procesos de digestión activados por el alimento en los intestinos, así como muchas otras respuestas, son involuntarios y se emiten sin intención. Resulta muy conveniente que tales procesos rutinarios se ejecuten automáticamente fuera del estado consciente. Su automaticidad, representa una gran ventaja, ya que así nuestra atención puede despreocuparse de la vigilancia de todos esos aspectos. La conducta volitiva, por otra parte, es consciente, intencional y deliberada: constituye una expresión de las intenciones de la persona, de modo que consume nuestra atención o capacidad de procesamiento.

Comprensiblemente, los psicólogos conductistas se han opuesto a asignarles voliciones e intenciones conscientes a sus sujetos animales: con ellos, la noción de control volitivo no podría identificarse con las descripciones verbales que un sujeto realiza de sus actos y motivos. En la psicología conductista la distinción entre voluntario e involuntario se ha traducido en una diferenciación entre dos "sistemas de respuesta" distintos, cada uno de los cuales supuestamente se aprende y se gobierna de acuerdo con dos diversos principios del aprendizaje. Es la distinción que Skinner explica claramente (véase el capítulo 7) entre la conducta operante y la respondiente, y las leyes del condicionamiento que les son inherentes. Las respuestas operantes implican a los grandes músculos esqueléticos que dependen del sistema nervioso central, y que se utilizan para operar instrumentalmente sobre el medio ambiente. En general, las respondientes son reflejos innatos que involucran a los músculos lisos de las glándulas o las vísceras, que se rigen por el sistema nervioso autónomo y a menudo intervienen para mantener la homeostasis o equilibrio de los procesos vitales internos. Skinner y otros investigadores pensaban que tales respondientes se aprendían *sólo* mediante la ley del condicionamiento clásico (pavloviano), al parear el estímulo neutral a ser condicionado con un estímulo adecuado para provocar el reflejo; las respuestas operantes, por otra parte, *sólo* se aprenderían a partir de la ley del condicionamiento operante (recompensa), al hacer que algún reforzamiento fuera contingente a la ocurrencia de la respuesta que ha de condicionarse. Aunque esta teoría de los dos factores se criticó en muchas ocasiones, el hecho es que durante unos treinta años mantuvo una posición preponderante en el ámbito de la teoría del aprendizaje.

La citada teoría de dos factores disponía de un medio para explicar la manera en que una persona adquiere control "voluntario" sobre una parte de la conducta respondiente, es decir, había una respuesta operante intermedia que de modo innato o a partir del condicionamiento pavloviano llega a controlar a la respondiente. Por ejemplo, una persona puede aprender a controlar su *RGP* (sudoración de las palmas de las manos) al poner en tensión los músculos de sus piernas y torso fren-

te a un indicio, o diciéndose a sí misma una palabra (por ejemplo, *descarga*) que con anterioridad ha pareado con una descarga eléctrica, con lo cual evoca un reflejo galvánico de la piel (*RGP*). Así, cuando le conviniese (por ejemplo, para fingir en una prueba de detector de mentiras), una persona podría aprender *de modo operante* a controlar su *RGP*.

Todos advirtieron que para contradecir la hipótesis de dos factores era necesario demostrar que las respondientes como los cambios en el ritmo cardiaco, los movimientos viscerales o las secreciones glandulares se aprenden de acuerdo con la ley del condicionamiento operante. Además, la demostración tenía que efectuarse de tal forma que una explicación en términos de un "mediador operante" no fuera admisible. Este último requisito coartaba a ciertos proyectos: ¿cómo descartar la conducta instrumental intermedia? La solución a este problema requería de la confluencia de varias tecnologías significativas, que se hicieron asequibles en la década de los sesenta.

Primero, puede usarse la droga curare (o d-tubocurarine) para dejar fuera de control a la musculatura esquelética. El curare bloquea la acción de la acetilcolina en las coyunturas neuromusculares de la musculatura estriada que con dosis adecuadas, pierde el tono, se vuelve fláccida e inmóvil al punto que los animales ni siquiera pueden respirar y se les debe administrar respiración artificial para mantenerlos con vida. Sabemos que los cazadores primitivos usaban el curare en flechas envenenadas, que mataban a sus presas al paralizarles el sistema respiratorio. Un ser humano al que se le suministra curare y respira está por completo consciente de lo que sucede a su alrededor; puede aprender, pensar y recordar soluciones a acertijos lingüísticos (Leuba *et al.*, 1968). Por supuesto, mientras se encuentra bajo los efectos de la droga no puede hablar ni moverse, pero está en condiciones de informar de esos eventos varias horas más tarde, cuando hayan desaparecido tales efectos.

Así, un posible sujeto para nuestro experimento sería un animal al que se le ha administrado curare. Pero surge un segundo problema: como dichos animales están totalmente inmóviles, ¿cómo se les recompensará cuando sus vísceras ejecuten el movimiento correcto? La solución técnica consiste en utilizar la estimulación eléctrica aplicada en centros de placer del cerebro (*EEC*) mediante electrodos implantados. De este modo, la preparación apropiada exigiría a un animal (por lo general una rata) que tiene electrodos implantados de forma permanente, con cualidad recompensante probada, que permanece inmovilizado con curare y se mantiene con vida por medio de respiración artificial. Debe tener, además, uno o más dispositivos electrónicos conectados para registrar alguna actividad respondiente, como respuestas cardiacas, vasomotoras, o viscerales. La preparación se muestra en la figura 9.1, y ha sido tomada de DiCara (1970). Éstas son las "preparaciones ideales" artificiales que en ocasiones se necesitan para responder a preguntas científicas.

Para fines de la década de los sesenta, Neal Miller y sus colaboradores en la Universidad Rockefeller (Miller, 1969) habían comenzado a estudiar este tipo de preparación. Intentaron condicionar de modo operante varias respuestas viscerales. Para ilustrar el procedimiento, considérese la manera en que intentaríamos condicionar un incremento en el ritmo cardiaco de un animal. En una rata, éste se traduce en alrededor de 400 latidos por minuto pero fluctúa considerablemente; el ritmo momentáneo se estima mediante un contador digital que registra el número

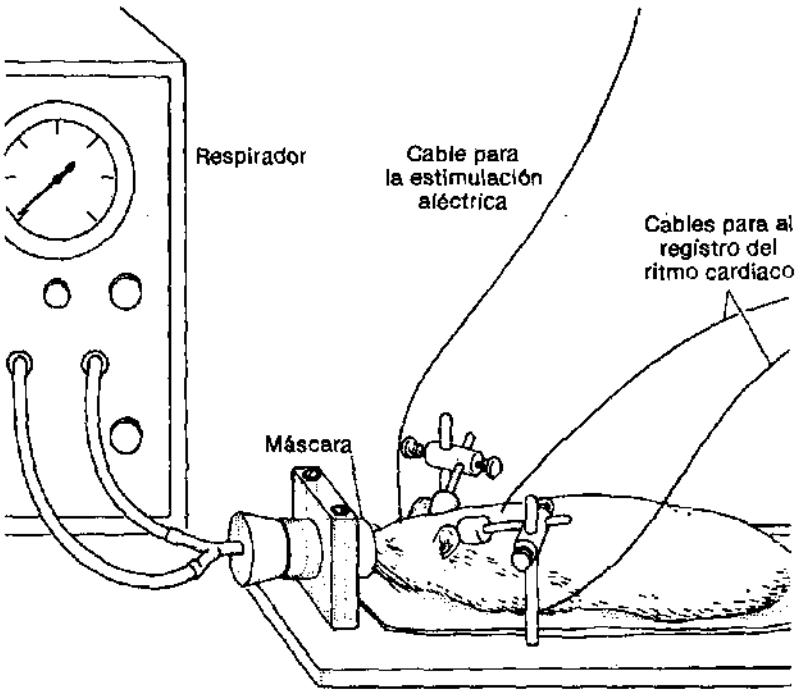


Figura 9.1. Ilustración de una rata tratada con curare a la que se le ha colocado una máscara de gas conectada con un respirador y con un electrodo en un centro de recompensa del cerebro (tomada de DiCara, 1970).

de latidos en intervalos sucesivos de 5 segundos. Supongamos que deseamos condicionar de modo operante a nuestro animal a fin de que aumente su ritmo cardiaco al oír cuando un sonido, y lo mantenga normal cuando no lo escuche. Para lograrlo, puede usarse el método de moldeamiento y diferenciación de la respuesta. Después de registrar el ritmo cardiaco de línea base al sonido, el condicionamiento comenzaría al activar dicho sonido durante 2 minutos, cada 4 minutos, y entregar un *EEC* recompensante al final de cada intervalo de observación de 5 segundos, en el transcurso del cual el ritmo momentáneo está por encima de una tasa criterio. El criterio para el reforzamiento es inicialmente bajo (por ejemplo, 1% más alto que el ritmo base), pero en el curso de los ensayos se eleva a situaciones más extremas conforme el animal aprende a incrementar su ritmo cardiaco durante el sonido, a fin de obtener la recompensa *EEC*.

Ése es el procedimiento general, y los resultados indican que se ha aplicado con éxito; es decir, los animales aprenden a cambiar las respuestas cardiovasculares y viscerales que son instrumentales para obtener recompensas. Las actuales investigaciones están logrando algunos otros fines. En primer lugar, muchas de ellas han tratado de establecer la generalidad de los resultados con varios sistemas de respuesta. La lista de respuestas viscerales que se han condicionado exitosamente en la preparación con el curare incluyen aumentos o decrementos en el ritmo

cardíaco, cambios en la tensión arterial, control del diámetro de los vasos sanguíneos (por ejemplo, los vasos en el rabo o en la oreja de una rata), contracciones del intestino grueso, secreción salival y tasa de formación de orina en los riñones. Esta lista no es exhaustiva y sin duda se ampliará con futuras investigaciones. Segundo, ha surgido interés en demostrar que tales operantes condicionadas siguen casi las mismas leyes que cualquier otra respuesta aprendida: muestran extinción, adquisición, retención, transferencia, generalización de estímulo y discriminación. En tercer lugar, gran parte de las investigaciones han intentado establecer que estos procedimientos producen verdadero aprendizaje asociativo *verdadero* y no sólo respuestas sensibilizadas, y que los cambios en el aprendizaje son sumamente específicos a la respuesta particular reforzada y no sólo un patrón *general* de excitación o relajamiento de todo el sistema autónomo. Lo primero se contestó al modificar la tasa de respuesta en direcciones opuestas, a dos estímulos discriminativos distintos. Así, a una rata se le podría condicionar para que *incrementara* el ritmo y la intensidad de sus contracciones intestinales por encima de lo normal al escuchar un sonido, pero que los disminuyera cuando se encendiera una luz. Al parecer, las respuestas opuestas a estímulos diferenciales

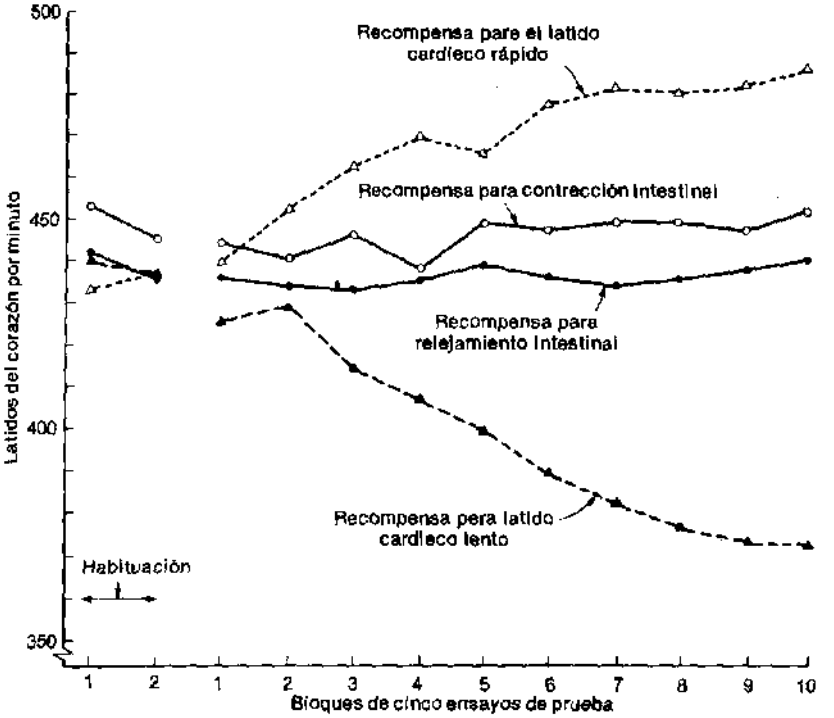


Figura 9.2. Recompensar aumentos o disminuciones en el ritmo cardiaco produce cambios en las respectivas direcciones, pero recompensar una respuesta diferente —las contracciones intestinales— no produce alteraciones en el ritmo cardiaco (tomada de N.E. Miller y A. Banuazizi, 1968).

descartan las explicaciones de los resultados basadas en la sensibilización general de una clase de respuestas debidas al *EEC* recompensante o a otros artificios no específicos. El segundo tema, la especificidad de los cambios del aprendizaje, se ha evaluado al monitorear varios sistemas distintos de respuesta visceral, como el ritmo cardiaco y la movilidad intestinal. La recompensa *EEC* se haría contingente a los cambios en una de estas respuestas, pero no a los cambios de la otra. Sin embargo, este otro sistema de respuestas se observaría para los cambios correlacionados. Un ejemplo de tales resultados se presenta en la figura 9.2; corresponden a un experimento realizado por N. E. Miller y Banuazizi (1968). La gráfica muestra el ritmo cardiaco trazado durante aproximadamente 500 ensayos de entrenamiento para dos grupos de animales, la mitad de ellos recompensados (durante el E^D, o tiempo en que estaba el estímulo) por acelerar su ritmo cardiaco, y la mitad recompensados por desacelerarlo. Durante el entrenamiento aparecen cambios apropiados en el ritmo cardiaco de ambos grupos. En la figura 9.2 también se ilustra que el hecho de recompensar una respuesta diferente —contracciones intestinales— no produce ningún efecto sobre la respuesta no reforzada, latido del corazón. Por lo tanto, los cambios en la respuesta son muy específicos al sistema del que la recompensa es contingente, y no reflejan una excitación generalizada "autónoma". DiCara y Miller (1968) ejecutaron una proeza en torno a esta cuestión de la especificidad cuando entrenaron ratas para que efectuaran, a partir de un indicio, una vasoconstricción relativamente mayor (blanqueamiento) en la piel de la oreja izquierda que en la de la derecha (o viceversa). Tales resultados muestran mucho más especificidad de las acciones del sistema nervioso simpático de lo que antes se consideraba posible.

Algunos problemas de la repetición

Estos resultados se obtuvieron en los laboratorios de Miller, en Yale, a fines de la década de los sesenta, y algunos de ellos se repitieron después (Fields, 1970; Hothersall y Brener, 1969). De allí en adelante, entre 1970 y 1975, el programa de investigación comenzó a enfrentar dificultades en la reproducción de los resultados básicos con la preparación del curare, en particular las alternaciones cardiovasculares (Miller y Dworkin, 1974). Las razones que provocaron tales inconvenientes aún no se han esclarecido. El problema es que las mediciones cardiovasculares cambian en respuesta a muchos otros sistemas fisiológicos, como el ritmo de la respiración, el grado de dióxido de carbono en la sangre, la distensión de la vejiga, la temperatura corporal, etcétera. En la preparación con curare es difícil controlar todos estos aspectos. Por ejemplo, en los primeros experimentos a las ratas se les hacía respirar con una máscara que bombea aire a sus pulmones. Pero los pequeños movimientos de la tráquea, el velo del paladar o las fosas nasales podían obstruir temporalmente el paso del aire, lo cual provocaba cambios en el dióxido de carbono en la sangre y las consiguientes variaciones en el ritmo cardiaco. En otros experimentos se ha asegurado la respiración constante con un tubo de aire insertado en la tráquea. En estos últimos estudios, efectuados en el laboratorio de Miller, el aprendizaje operante de las respuestas cardiacas mediante la preparación con curare fue un fenómeno ilusorio, que aparecía o no, de formas frustrantemente inexplicables. Sin embargo, la mayoría de los investigadores creen que el condicionamiento operante de las respuestas autónomas en el animal tratado con curare es probablemente un fenómeno real, pero variable.

La dificultad para producir resultados confiables con ratas a las que se les ha administrado curare no debe impedirnos ver el hecho de que repetidas veces se ha demostrado con éxito el condicionamiento operante de respuestas autónomas con animales y seres humanos que no se trataron con curare. Por ejemplo, en un experimento inicial de Shapiro y sus colaboradores (1964), el uso de la *RGP* palmar humana dio lugar a incrementos confiables de la sudoración en personas recompensadas por aumentos, y decrementos en otros individuos recompensados por ellos Shapiro y Surwit (1976) revisaron cientos de casos de condicionamiento autónomo exitoso de contigencias operantes. Tales resultados tienen una importancia clínica práctica. Por otra parte, los resultados de la preparación con curare revisten una significación teórica que permite excluir a los músculos esqueléticos como mediadores de los cambios autónomos.

Biorretroalimentación y aplicaciones clínicas

Paralelamente a estos estudios de laboratorio realizados con animales, se han hecho muchos esfuerzos tendientes a aplicar el condicionamiento operante con biorretroalimentación para aliviar problemas de pacientes médicos. Pero en la actualidad existen cientos de experimentos clínicos limitados de condicionamiento de biorretroalimentación con muchos síntomas distintos. Aunque con frecuencia se pregonan los éxitos obtenidos, el hecho es que no siempre se han controlado cuidadosamente a fin de verificar los poderosos efectos de los placebos. En este sentido, es de señalar que cuando se establecen los controles apropiados, los resultados a menudo son confusos. Los primeros intentos de Miller y sus colaboradores de enseñar a pacientes hipertensos a bajar su tensión arterial, sólo alcanzaron éxitos débiles y esporádicos, quizá debido a que los enfermos únicamente practicaban unos cuantos minutos, durante pocos días, cuando estaban conectados al aparato de biorretroalimentación en el laboratorio. Estudios posteriores sugieren que un síntoma persistente tal vez deba monitorearse y trabajarse en un régimen continuo y de tiempo completo, lo cual requiere de un aparato portátil que los pacientes puedan llevar consigo.

Algunos de los cambios terapéuticos más llamativos en lo que concierne a la tensión arterial se deben a Brucker (1977), y a N. E. Miller y Brucker (1978), quienes trataron una forma de hipotensión en parapléjicos o cuadripléjicos confinados a una silla de ruedas. En muchos de estos pacientes, la columna vertebral rota había desequilibrado sus mecanismos normales para el control de la tensión arterial en posición erecta; al estar de pie (por ejemplo, con muletas), su presión bajaba, sufrían mareos y se desmayaban. Para evitar el desmayo, se les confinó a una silla de ruedas inclinada, que mantiene las piernas en alto. Mediante monitoreo constante y biorretroalimentación de la tensión arterial, Brucker enseñó a varios pacientes a elevarla, de modo que pudieran adoptar la posición erecta sin desmayarse. La comodidad que ganaron fue muy significativa.

La biorretroalimentación también se ha utilizado para rehabilitar disfunciones musculares que pueden presentarse a raíz de una apoplejía o lesión espinal. Los pacientes casi no pueden usar sus manos, brazos, piernas o tobillos; y el movimiento pasivo de las extremidades realizado por un fisioterapeuta tiene un limitado valor. Pero pueden colocarse electrodos en los músculos parcialmente paralizados de

esas extremidades incapacitadas, y proceder al entrenamiento en biorretroalimentación (Basmajian *et al.*, 1975; Inglis *et al.*, 1976). Mediante varios "actos de voluntad" u órdenes, el paciente intenta mover sus extremidades, y el electromiógrafo (*EMG*) señala con un sonido el grado en que su músculo parcialmente paralizado está activándose. Puede ser que los primeros esfuerzos no produzcan movimientos visibles, pero los electrodos son capaces de detectar los potenciales musculares y amplificar esas señales para proporcionar al sujeto la biorretroalimentación que necesita en las etapas iniciales. Mediante el moldeamiento sucesivo, el paciente termina por generar potenciales eléctricos mayores en el músculo y después en un grupo de músculos relacionados; más tarde mueve ligeramente su extremidad, luego efectúa movimientos más amplios, y por último dirige y controla tales movimientos. En muchos pacientes la rehabilitación fue impresionante en el aspecto clínico, y supera con mucho la recuperación esperada en estos casos con los métodos tradicionales de fisioterapia.

Otras aplicaciones clínicas de la biorretroalimentación muscular son las siguientes:

1. Tratamiento de dolores de cabeza por tensión al retroalimentar con el *EMG*, ya sea desde los músculos frontales o desde los de la parte de atrás del cuello, y enseñando al paciente a relajarse (Budzynski *et al.*, 1973).
2. Tratamiento de la tortícolis espasmódica (donde los músculos de un lado del cuello sufren espasmos por periodos prolongados, e inmovilizan a la cabeza sobre ese hombro) retroalimentando al sujeto con fluctuaciones menores en el *EMG* de los músculos del cuello, y reforzando los músculos que se contraen a fin de que se relajen (Brudny *et al.*, 1974).
3. Tratamiento de la escoliosis, que consiste en una curvatura lateral severa en la parte baja de la columna vertebral (adquiere casi la forma de una *S*), dando al paciente retroalimentación continua acerca de la posición erecta mediante un monitor portátil y un sonido (Dworkin, 1979).

Los éxitos en estos casos y en muchos otros auguran que la biorretroalimentación tendrá un significativo papel en la medicina de rehabilitación. No obstante, las técnicas requieren de una comprobación y evaluación cuidadosas, y de control en situaciones prácticas (para una discusión acerca de los problemas de la evaluación clínica de la retroalimentación, véase Blanchard y Young, 1974).

Enfermedades psicosomáticas

Si las respuestas y movimientos autónomos de las vísceras pueden aprenderse en virtud de sus valores instrumentales, es posible que se comprendan los síntomas físicos de las enfermedades psicosomáticas (Miller y Dworkin, 1977). Los psiquiatras se refieren a tales beneficios llamándolos "ganancias secundarias" del síntoma psicosomático. Por ejemplo, si debido a una molestia estomacal, a un niño se le permite permanecer en casa en vez de ir a la escuela, y se le refuerza para que evite una situación escolar desagradable, puede aprender a tener trastornos estomacales "genuinos" cuando desee eludir otra circunstancia desagradable o de ansiedad. El mismo análisis podría aplicarse a las palpitaciones cardiacas psicosomáticas, desmayos, dolores de cabeza, etc.; como a las personas enfermas se les presta atención, el síntoma es recompensado mediante esa deferencia y por el hecho de escapar de tareas molestas.

Un eslabón perdido en esta explicación psicológica consiste en especificar por qué se elige un síntoma particular y no otro. Dworkin y sus colaboradores (1979) propusieron una hipótesis para explicar el aprendizaje natural de la hipertensión esencial. Si una persona que está en una situación desagradable o atemorizante incrementa su tensión arterial, esto estimulará el seno carótido, que inhibe el sistema de activación reticular del cerebro, lo cual a la postre disminuye lo desagradable de la situación. En suma, se refuerza una elevación de la tensión arterial por el hecho de que indirectamente da lugar a una reducción del carácter aversivo de una situación. (En circunstancias similares, otras personas aprenden a ingerir un barbitúrico o un tranquilizante, y la recompensa es el apaciguamiento de la formación reticular.) En apoyo de esta hipótesis, Dworkin y sus colaboradores (1979) descubrieron que el elevar artificialmente la tensión arterial de una rata hace que el animal sea menos sensible y muestre menos temor a una descarga eléctrica dolorosa; pero este efecto se elimina si los nervios de los receptores de presión en el seno carótido y en el arco de la aorta se extirpan por medios quirúrgicos. Por lo tanto, la elevación de la tensión arterial reduce el carácter aversivo sólo cuando ese cambio inhibe la formación reticular. Éste es el tipo de trabajo de detección necesario para que la teoría de los reforzadores naturales de síntomas psicosomáticos particulares se torne admisible.

Por supuesto, la identificación de una posible causa histórica de un síntoma no resuelve el problema terapéutico de hacer que el paciente abandone ese síntoma en favor de conductas más saludables, de manejo y de adaptación social. Ante esa tarea, los terapeutas de la conducta también disponen de un conjunto de métodos para reemplazar los hábitos inadaptados por otros adaptados.

Mecanismos homeostáticos

En vista de la naturaleza aprendible de las respuestas autónomas en la totalidad del cuerpo y de los órganos internos, cabría suponer que desempeñan una importante función adaptativa que ayuda a mantener la *homeostasis*, es decir, un estado interno estable y viable. El cuerpo posee muchos subsistemas fisiológicos que deben ajustarse a cambios mutuos; como la mayor parte de las funciones fisiológicas (por ejemplo, el metabolismo basal, la capacidad de la respiración, el funcionamiento del corazón y de los riñones) varían considerablemente en el transcurso de la existencia humana, la plasticidad o adaptabilidad de los diversos subsistemas es necesaria para mantener en equilibrio el sistema completo.

Se ha propuesto que el aprendizaje instrumental de las funciones autónomas tal vez incida en muchos de estos ajustes homeostáticos (DiCara, 1970; Miller y Dworkin, 1978).

La idea de que la conducta interviene en la homeostasis es muy familiar. Un homeostato requiere de un *circuito de control* por medio del cual la desviación del estado interno de su situación óptima causa alguna acción correctiva que reduce la discrepancia (véase la figura 9.3). Así un animal sediento bebe para restaurar el equilibrio del agua, una persona friolenta se pone ropas de lana para calentar su cuerpo, y un pez nada hacia aquella corriente que tiene la temperatura ideal y el contenido de oxígeno adecuado. Éstas son respuestas instrumentales que reducen directamente la discrepancia de lo óptimo, y por ello son reforzadas. El que estos reductores de impulso sean reforzadores biológicos tiene una significación obvia para la supervivencia del más apto en la evolución.

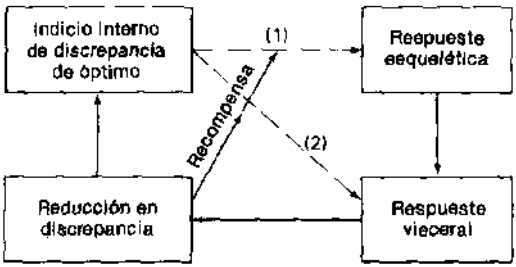


Figura 9.3. Diagrama del lazo de control en el control homeostático de una función fisiológica, como la regulación de la temperatura. Las conexiones aprendidas se indican con líneas punteadas (tomada de Miller y Dworkin, 1978).

Con la figura 9.3 se ilustra un circuito de control en el que una respuesta esquelética se refuerza y aprende porque restaura la homeostasis mediante su impacto sobre una respuesta visceral intermedia. Por ejemplo, algunos pacientes con taquicardia paroxística (el corazón de pronto late con demasiada rapidez) aprenden a controlar esta "discrepancia interna" al respirar a fondo (véase el eslabón 1 en la figura 9.3), lo cual estimula el reflejo inhibitorio del vago, para descomponer la taquicardia y restablecer el ritmo cardíaco normal. Así el alivio del temor alarmante a la taquicardia recompensa la actividad de respirar a fondo.

El aprendizaje directo de una respuesta glandular, visceral o cardiovascular para restaurar la homeostasis se muestra en el eslabón 2 de la figura 9.3, y éste debe ser el método dominante mediante el cual nuestros subsistemas fisiológicos se ajustan y se regulan unos a otros. Es admisible que ese aprendizaje visceral ocurra mediante la recompensa.

La noción del circuito homeostático sugiere una interesante perspectiva en torno de lo que hasta el momento hemos considerado como respuestas condicionadas *paradójicas*. Ya se han identificado seis de ellas, que se enumeran en el cuadro 9.1. En el saber popular del condicionamiento clásico, la respuesta provocada por el estímulo incondicionado supuestamente se transfiere al estímulo condicionado. Pero en estos casos paradójicos, la respuesta al *EC* es sólo *lo contrario* a la *RIC*

CUADRO 9.1. Ejemplos de respuestas paradójicas condicionadas. Cuando la sustancia química (columna izquierda) se inyecta como *EI* en una situación de condicionamiento, la reacción fisiológica inicial (columna media) es contrarrestada por una reacción compensatoria (columna derecha). Esta reacción compensatoria se asocia al *EC* y es provocada por él.

Agente (EI)	*Efecto fisiológico (RIC)*	*Respuesta aprendida (RC)*
glucosa	hiperglucemia	hipoglucemia
insulina	hipoglucemia	hiperglucemia
morfina	hipertermia	hipotermia
morfina	analgesia	hiperalgesia
atropina	inhibe la salivación	exceso de salivación
epinefrina	disminuye la secreción gástrica	aumenta la secreción gástrica

y, por lo tanto, no podría tratarse de la cuestión simple de sustituir el *EC* por el *EI* químico. Así, la *RIC* una inyección de insulina es una disminución del azúcar en la sangre (hipoglucemia) con la consiguiente debilidad, mientras que la respuesta condicionada provocada por una inyección de sustancia simulada en la primera situación de la insulina es un aumento del azúcar en la sangre. De modo similar, una inyección de morfina da lugar a temperaturas corporales elevadas e insensibilidad al dolor (analgesia), donde la eventual respuesta condicionada a una inyección falsa produce lo contrario: una disminución de la temperatura (el adicto "se estremece") y mayor sensibilidad al dolor (Siegel, 1978).

Estas reacciones condicionadas paradójicas parecen, en realidad, reacciones compensatorias o correctivas emprendidas para eliminar una discrepancia creada por la droga usada como *EI*. Por ejemplo, el efecto inmediato de inyectar insulina es disminuir los niveles de glucosa en la sangre; esto hace que el páncreas libere una enzima que destruye la insulina, de modo que el nivel de glucosa se eleve de nuevo a lo normal. Es probable que esta respuesta del páncreas sea la que se condiciona; consecuentemente, cuando se aplica una inyección de sustancia simulada el páncreas libera su enzima destructora de insulina, y reduce el nivel de ésta a menos de lo normal y, por consiguiente, la cantidad normal de glucosa no es metabolizada. El resultado es la hiperglucemia. Así, si consideramos al *EI* y sus efectos dentro del sistema homeostático total, las respuestas condicionadas paradójicas son respuestas normales correctivas o compensatorias en un circuito de retroalimentación que se ajusta al desequilibrio causado por el *EI*. Es interesante notar que, en estos experimentos, la naturaleza compensatoria de las respuestas condicionadas sugiere que la recompensa instrumental podría moldear el aprendizaje, donde la respuesta compensatoria está directamente vinculada al mecanismo que restaura la homeostasis.

Esta área, que relaciona los ajustes homeostáticos en los subsistemas biológicos con el aprendizaje recompensado, es fascinante y promete nuevos descubrimientos en torno del papel de la evolución en la preinstalación de conjuntos homoestáticos específicos para dichos subsistemas fisiológicos. Es posible que estos conjuntos estén menos preinstalados de lo que se creía, más bien parece que el cerebro posee capacidades generales para aprender cualquier conjunto homeostático que equilibre óptimamente a los diversos sistemas, de tal modo que una especie se ajuste con facilidad a su relación funcional con el medio ambiente. Sin embargo, con gran seguridad y hasta cierto grado, la evolución ha restringido estas capacidades. Las futuras investigaciones en estas direcciones producirán sustanciosos hallazgos.

Condicionamiento neuronal

Conjuntamente con estas demostraciones del condicionamiento operante de respuestas viscerales y cardiovasculares, han comenzado a aparecer informes del condicionamiento operante de respuestas neuronales en el cerebro, que se miden mediante macroelectrodos que registran poblaciones de células cerebrales, o por medio de microelectrodos que registran el disparo de unas cuantas neuronas. Olds (1965, 1969) fue uno de los primeros en informar de la alteración de la tasa espontánea de disparo de células simples en la corteza motora de las ratas, al suministrar estímulo eléctrico a los lugares del cerebro que sirven como recompensa

cuando la tasa de disparo de las neuronas corticales sube por encima de un criterio preseleccionado. En otras series, se recompensa una reducción de la tasa espontánea de disparo de la célula, lo cual produce los cambios apropiados. Se han usado procedimientos similares con varias mediciones de la capacidad de respuesta neuronal, incluyendo ondas "theta" registradas del hipocampo (Blask, 1972), espigas en el *EEG* de la corteza sensoriomotora (Wyrwicka y Sternman, 1968), la tasa de disparo de unidades simples en la corteza motora disociada de un grupo de músculos que normalmente controla (Fetz y Finocchio, 1971), y la amplitud de componentes selectos de la respuesta cortical evocada a un destello de luz (Fox y Rudell, 1970).

La significación de esos resultados todavía está en duda y, de nueva cuenta, se debe a algo similar el antiguo argumento de la mediación. La neurona de la cual se toma el registro tal vez no sea aquella que aprende, sino más bien: *a)* una que interviene en la realización de órdenes referentes para el sistema motor (es decir, gran parte del condicionamiento neuronal exitoso se ha llevado a cabo con unidades en la corteza *motora*); o *b)* una que recibe retroalimentación sensorial de un operante motor que está controlado por las contingencias usuales de reforzamiento. Así, un mono puede alterar un componente de su respuesta evocada a un destello de luz al desenfocar sus ojos, al dirigirlos hacia un rincón oscuro o al mirar de soslayo; por lo tanto, cuando refuerza al mono "por modificar su respuesta visual evocada", quizá el experimentador sólo esté reforzando "el mirar de soslayo" de una manera excesivamente indirecta. Nuevamente, el uso de preparaciones de curare puede ayudar a excluir algunos de estos argumentos de mediación pero el razonamiento contrario sólo mueve el lugar de control hacia adentro, y afirma que las órdenes eferentes se registran, refuerzan y aprenden.

En algún punto de tales discusiones es casi seguro que alguien observe que estos procedimientos equivalen casi a reforzar al animal tratado con curare por tener ciertos pensamientos, y es un lugar común aceptado que ciertos pensamientos (por ejemplo, ilusiones o fantasías) pueden incrementar su frecuencia debido a sus consecuencias placenteras. En Black (1972) se encuentra una discusión convincente y cuidadosa de estos temas metodológicos de interpretación y significación de la labor en el condicionamiento neuronal. Dicho autor concluye que este trabajo es importante para iluminar los procesos cerebrales y sus covariaciones con la conducta cerebral, y que la cuestión de la mediación no es tan decisiva como toda una generación de psicólogos nos ha hecho creer. Fue importante sólo en los primeros enfrentamientos entre los teóricos del reforzamiento de uno y de dos factores.

Biorretroalimentación y control de las ondas cerebrales

Quizá no sea una coincidencia que las respuestas involuntarias son aquellas que normalmente no vemos ni sentimos, mientras que las respuestas voluntarias de los grandes músculos esqueléticos están abiertas a nuestra constante inspección. Es probable que la ausencia de información continua sobre las respuestas internas sea lo que hace que éstas se encuentren más allá de nuestro control volitivo. Después de todo, ordinariamente aprendemos respuestas y aprendemos a guiar nuestra conducta al observar lo que hacemos, al contemplar sus consecuencias y

al realizar los ajustes apropiados. El conocimiento de la respuesta y sus consecuencias se lleva en lo que denominamos *estímulos de retroalimentación*, los cuales tienen una importancia excepcional en el aprendizaje de movimientos especializados. Por ejemplo, nuestra habla normal puede desequilibrarse seriamente si una demora, controlada con instrumentos electrónicos, de alrededor de medio segundo se interpone mediante audífonos entre nuestra pronunciación de una palabra y el escucharnos decirla. Comenzamos a tartamudear, a farfullar de una forma completamente desorganizada.

La tesis del movimiento de biorretroalimentación es que muchas conductas internas podrían hacerse más discriminables —y en consecuencia aprendibles o controlables— si su actividad se retroalimentara con amplificadores a la persona consciente. Una aplicación novedosa de esta hipótesis intenta la modificación de las ondas cerebrales. El trabajo inicial fue realizado por Kamiya (1962, 1969), quien presentaba a un sujeto humano un sonido como estímulo de retroalimentación, cuando su *EEG* del cuero cabelludo mostraba una cantidad de *actividad de onda alfa* por encima de un criterio de línea base. Alfa es una onda cerebral de alrededor de 8 a 10 ciclos por segundo, que en términos generales se correlaciona con el estado subjetivo de desinterés, indiferencia o contemplación interna. La no existencia de alfa o su bloqueo se origina cuando la persona cae en un sueño ligero (las ondas cerebrales se tornan incluso más lentas), o cuando está muy alerta y atenta a algún estímulo externo (las ondas se hacen más rápidas, más desincronizadas). Kamiya descubrió que después de algunos minutos, a varias horas de correlación de un estímulo de retroalimentación con presencia versus ausencia de actividad alfa, la mayoría de los sujetos aprende a discriminar la presencia versus ausencia de su propia alfa, sin el sonido externo. Además, si a los sujetos se les pedía que produjeran alfa (o no alfa), o se les recompensaba por hacerlo, podían producir alfa (o no alfa) a una taza por encima de la línea base normal. Asimismo hay evidencia de que mediante el uso de técnicas similares de retroalimentación los sujetos pueden aprender a discriminar y a controlar otros tipos de patrones *EEG*, como las ondas theta.

También se han realizado estudios del *EEG* y su control con profesionales experimentados de la meditación en las disciplinas zen o en el yoga (Katsamatsu y Hirai, 1966; Anand *et al.*, 1961). Durante ambas formas de meditación, si no se les distrae las personas muestran ondas alfa casi continuas (normalmente asociadas con un estado de vigilancia relajada). Si se presenta una señal sensorial externa, los monjes zen muestran un bloqueo casi invariante de alfa ("excitación") a la señal; lo notable es que este bloqueo o respuesta de excitación cortical no se habitúe con ensayos repetidos en dichos monjes, como sucede con los sujetos humanos ordinarios. Los yoguis, por otra parte, son casi insensibles eléctricamente a la estimulación sensorial, y continúan en el estado alfa. Se conoce una variedad de otros cambios fisiológicos durante la meditación trascendental, cambios que reflejan una desaceleración general de los procesos metabólicos (Ornstein, 1972). Las observaciones del *EEG* sugieren que una de las cosas que los monjes zen y los yoguis aprenden durante sus años de práctica de la meditación es a mantener el estado alfa. La segunda inferencia es que podemos apresurar el adiestramiento en meditación (donde el novicio intenta lograr un estado meditativo mal definido) al proporcionar retroalimentación *EEG* a fin de moldear la consecución más frecuente y el mejor mantenimiento del estado de onda alfa.

Promesas y dudas en torno al control de alfa

Las técnicas de retroalimentación *EEG* fueron aclamadas como una nueva y poderosa herramienta para ayudar a los individuos a ampliar la extensión de su conciencia, para aprender más acerca de los estados alterados de conciencia y la forma de producirlos. Éstos son temas de moda en el movimiento interesado en el potencial humano, cuyo entusiasmo se aprecia en un comentario de E. E. Green y colaboradores:

> Difícilmente puede exagerarse la importancia que para nuestra cultura tiene esta técnica, ahora en desarrollo, para incrementar el control voluntario de los estados internos... Sin forzar la imaginación, las implicaciones a largo plazo y los efectos de una población de individuos autorregulados sobre la sociedad podrían tener una incalculable significación (1970, págs. 1-2).

El objetivo de obtener mayor autocontrol de los procesos internos (estados cerebrales) parece loable, pero sin duda se requiere de cierto cuidado para evaluar y colocar en la debida perspectiva los resultados del control alfa. En un artículo de Plotkin (1979) se encuentra una profunda crítica de la bibliografía relacionada con la retroalimentación alfa y su interpretación.

En primer lugar, la evidencia de los datos sugiere que el control alfa puede ser algo más que el control inexplícito de los movimientos oculares o del enfoque del ojo. La mayor alfa que puede producirse ocurre cuando se está relajado y con los ojos cerrados en una habitación a oscuras. Si abrimos los ojos ante una luz mortecina, la actividad alfa se bloquea; así, la reducción de tal actividad es mayor con la inspección visual de la habitación o con una elevada tensión emocional. Gran parte de las primeras demostraciones del control alfa eran deficientes en diversos aspectos: 1. generalmente no controlaban ni medían los movimientos del ojo (ni siquiera si los ojos del sujeto estaban abiertos o cerrados); 2. por lo común no había control de la desviación ascendente en el nivel de línea base de la actividad alfa, a medida que el sujeto se relajaba durante su adaptación a la excitación inicial (y alfa baja), causada por estar conectado al aparato experimental; 3. los primeros experimentos demostraron una diferencia en la cantidad de actividad alfa en el transcurso de los periodos de instrucción de alfa-sí y alfa-no de la sesión experimental. Pero puede producirse una diferencia simple, no al incrementar alfa por encima de la línea base normal durante los periodos de alfa-sí, sino al reducir alfa por debajo de dicha línea (mediante la exploración visual) en los periodos de alfa-no... Podría objetarse, además, que las personas ya conocen varias tretas mentales que reducen o incrementan la actividad alfa, al menos hasta cierto grado. Para producir no-alfa, únicamente explore su espacio visual. Para incrementar alfa, tan sólo relájese, desenfoque sus ojos y mire fijamente a la distancia; imagínese que está mirando una pared vacía o que sus ojos están cubiertos con mitades de pelotas de ping-pong que producen luz difusa no configurada. Así, sólo mediante instrucciones, la mayoría de las personas son capaces de producir grandes diferencias en la cantidad de actividad alfa. Sin tales instrucciones, cabe suponer que el hecho de decirle a la persona que aprenda a "mantener el tono encendido" (que significa producir alfa, por ejemplo) es similar a darle un problema mal definido de ensayo y error: buscará por todas partes hasta que encuentre algún acto mental cuya ejecución encienda el tono y lo mantenga así. ¿Ha aprendido esta persona a "entrar en un diferente estado de conciencia"? ¿Ha aprendido a controlar su estado cerebral?

¿O solamente aprendió que lo que enciende el tono es el desenfocar sus ojos y mirar a una pared vacía?

La evidencia de esta conclusión menos halagadora proviene de un experimento bien controlado que realizaron Paskewitz y Orne (1973), quienes intentaron adiestrar a varios sujetos durante algunos días para que aumentaran su actividad alfa. En primer lugar, descubrieron que si se sometía a prueba a los sujetos en una habitación oscura y se les indicaba que mantuvieran los ojos abiertos, no podría producirse ningún aumento alfa por encima de la desviación de línea base. Si se les sometía a prueba en un cuarto iluminado, podían aprender a mostrar una diferencia en alfa entre los periodos de "encendido" versus "apagado". Sin embargo, la mayor actividad alfa obtenida de este modo era apenas la mitad de la que se registraba antes del entrenamiento, cuando a los sujetos sólo se les pedía que se relajaran y cerraran los ojos. Es decir, el adiestramiento nunca llegaba a producir que alfa ocurriera sencillamente con los ojos cerrados. En segundo término, la diferencia en alfa lograda por los sujetos entrenados en la luz desaparecía por completo cuando se les sometía a prueba en la oscuridad (con los ojos abiertos en ambas condiciones). Por tanto, parece ser que la oportunidad de explorar un campo visual es un requisito necesario para producir una diferencia alfa mediante tal adiestramiento. Y es un claro error catalogar esta práctica como entrenamiento para una conciencia más profunda de los propios estados cerebrales o diferentes niveles de conciencia. Esto último, lenguaje florido, sólo conduce al confuso absurdo lingüístico de que cualquier actividad se correlaciona con un estado cerebral único o con un estado alterado de conciencia. Pero seguramente se trata sólo de una nueva declaración peculiar de la hipótesis estándar de cerebro-conducta, que es de escaso interés.

Los variados éxitos de las técnicas de biorretroalimentación alfa son interpretados de distinta forma por los creyentes en sus poderes y por quienes dudan de ellos. Los primeros sostienen que el aprendizaje real del control alfa y sus beneficios sólo pueden manifestarse con una práctica diligente y extensa, y que los breves intentos en el laboratorio son inútiles. Aunque los escépticos no niegan que la *situación* de retroalimentación alfa puede producir una euforia meditativa agradablemente indiferente, afirman que el efecto tiene poco o nada que ver con las ondas cerebrales *per se*, y que más bien se vincula con las exigencias y expectativas sociales del sujeto para alterar informes verbales acerca de su estado subjetivo. El mismo "rumor del sujeto" puede producirse al proporcionar retroalimentación falsa o de sonido aleatorio independientemente de la actividad alfa de la persona, siempre que ésta crea que su alfa está controlando el sonido (Plotkin, 1976, 1979). Las expectativas sociales del sujeto tienen gran importancia en sus experiencias subjetivas. Por ejemplo, si el sonido fuera a retroalimentar realmente la información acerca de alfa, pero se llevara al sujeto a creer erróneamente que el sonido estaba midiendo algún aspecto fisiológico sin sentido y oscuro (por ejemplo, la razón de conversión oxígeno-dióxido de carbono), que él debería intentar controlar, entonces el rumor eufórico de la meditación no sería parte de la experiencia, independientemente de si la persona termina por controlar sus ondas alfa o no. La hipótesis de la exigencia social también dispone de una explicación rápida de por qué los mejores cambios subjetivos que observan los creyentes en sujetos que se entregan al aprendizaje a largo plazo del control alfa y a su estado alterado de "flotación" meditativa: cuanto más tiempo pase la persona crédula dedicada al

adiestramiento, mayores serán las exigencias sociales y las expectativas personales que experimentará del deseado rumor eufórico, y mayor será su incomodidad al informar de un fracaso. Una posición razonable es que las ondas alfa se correlacionan con la "inmovilidad imperturbable", pero la manera en que la persona interpreta y reacciona ante ese estado varía mucho con las exigencias sociales y las expectativas personales. Así, debería ser posible tomar a la inmovilidad en extremadamente aversiva, al sugerir al sujeto que éste es un signo de que está "perdiendo la cabeza".

En torno a los estudios que intentan reducir los ataques epilépticos mediante el control de retroalimentación de los ritmos *EEG* han surgido dificultades de interpretación similares. Sterman (1973) descubrió que sus pacientes epilépticos sufrían menos ataques después de varias semanas de adiestramiento en biorretroalimentación *EEG*, en el transcurso de las cuales se les recompensaba con ritmos *EEG* de 12-14 ciclos por segundo. Kaplan (1973) halló reducciones similares en tales crisis, al recompensar las ondas cerebrales dentro de un rango de 6-12 ciclos por segundo. Sin embargo, él no atribuía al éxito de la técnica a los ritmos *EEG* específicos, sino al aprendizaje del relajamiento muscular en todo el cuerpo. Se sabe que ese relajamiento se opone a los ataques epilépticos.

A pesar de los resultados debe notarse que estas investigaciones han sido significativas para alterar nuestras concepciones del autocontrol, de la conciencia, y de la naturaleza de los eventos privados. Quizá las reacciones internas, incluyendo emociones y otros estados afectivos, nos resulten normalmente difíciles de controlar porque por lo general no los observamos ni los discriminamos como tales; constituyen patrones de estímulos vagos e indiferenciados. Si intentáramos hacer discriminables a esas reacciones internas mediante la retroalimentación ("ampliar la conciencia interior"), esto debería incrementar la posibilidad de etiquetar y autocontrolar dichas emociones. Aunque tales procedimientos no alterarían de modo apreciable la relación entre la estimulación y el efecto fisiológico, podrían modificar la relación entre este último y la emoción asociada con él. En el caso extremo, podemos concebir un régimen estoico de entrenamiento, en el cual seamos capaces de decidir cognoscitivamente cómo reaccionaríamos frente a un evento emocionalmente perturbador.

Una hipótesis interesante es que controlamos sólo aquellas conductas que estamos en condiciones de discriminar (técnicamente, es posible discriminar una conducta si su ocurrencia sirve como E^D para conductas posteriores como la de etiquetar). En otras palabras, si no somos capaces de discriminar cuándo estamos efectuando algún "acto" y cuándo no, o si no podemos discriminar algún otro elemento que controla al primer acto, entonces no nos es posible aprender a controlar ese acto. Hay dos respuestas viscerales que tienen efectos discriminables inmediatos, la micción y la defecación, que la mayoría de los niños controlan de modo uniforme y exitoso mediante el reforzamiento social. Nuestra tesis, según la cual la discriminación implica control, podría plantearse incluso para respuestas esqueléticas. La intuición tras esta hipótesis puede apreciarse si se trata de enseñar a un niño pequeño a parpadear con un ojo, o si intentamos enseñarnos a nosotros mismos a mover la oreja izquierda (una treta que Neal Miller aprendió a fin de comprobar este punto): el mejor procedimiento consiste en pararse frente a un espejo y examinarse con cuidado, moldeando mediante la autorrecompensa cualquier pequeño movimiento en la dirección correcta.

Para regresar al tema principal, podemos preguntar finalmente si el meditador zen o el que mueve la oreja, el buen jugador de golf o el pintor, amplían su conciencia y alcanzan o no un estado superior de conciencia. Tal vez sea mejor hablar de cosas como la "conciencia" en términos de habilidades (perceptuales, motoras; habilidades para describir los propios estados internos, etc.) que a los individuos les enseñan las sociedades que emplean contingencias sumamente discriminativas. Pero éstas son cuestiones que implican una discusión más general de la que nos propusimos ofrecer en este libro.

CONCEPCIONES DE REFORZAMIENTO Y NO REFORZAMIENTO

La relatividad del reforzamiento

La ley del reforzamiento, o del efecto, es uno de los principios fundamentales de la teoría del aprendizaje. Como sabemos es una regla para moldear la conducta con el uso de recompensas (reforzadores). Entrenamos a una rata para que presione una palanca al proporcionarle un poco de comida cuando lo hace. Debido a la significación esencial del principio se ha intentado estipularlo de una manera general, aunque imprecisa. Una formulación comúnmente aceptada establece que una respuesta aprendible seguida de un evento reforzante (estímulo, estado de cosas) incrementará su fuerza o su probabilidad de ocurrencia. Los críticos de la ley del efecto sostienen que esta formulación no constituye una ley empírica, sino más bien una definición de un evento reforzante. Veamos. Si un reforzador se define como algo que fortalece una respuesta, por sustitución, el enunciado de la ley se convierte en éste: una respuesta aprendible seguida de algo que fortalece a una respuesta recibirá un incremento en ¡su fuerza! Como se advierte, se trata de un razonamiento tortuoso y hueco. Sin lugar a dudas, el principio debe ser algo más que la trivial tautología de que "una rosa es una rosa es una rosa".

La cuestión de si la ley tiene o no un contenido empírico fue considerada por Meehl (1950) en un artículo clave: "On the circularity of the law of effect". Meehl llegó a la conclusión de que la ley posee un contenido empírico, que se refiere a la *generalidad transituacional* de un reforzador. Si descubro que el rascarle la parte trasera de las orejas a un perro refuerza su conducta de levantar una pata para saludar, entonces la ley del efecto predice que el rascar la oreja también puede usarse para reforzar otros tipos de respuestas caninas: lamer la mano, menear la cola, hacer rodar una pelota, traer una vara, etcétera. La ley del efecto se utiliza a modo "de definición" en el descubrimiento inicial de que rascar la oreja es un reforzador; pero se emplea de manera predictiva y empírica cuando el rascar la oreja se somete a prueba como reforzador para respuestas posteriores. La nueva formulación que Meehl realizó de la ley del efecto afirma que todos los reforzadores son transituacionales. Una versión equivalente y más comprensible sería: un reforzador puede emplearse para incrementar la probabilidad de *cualquier* respuesta aprendible.

El análisis de Meehl eliminó el reproche referido a la circularidad, y los psicólogos continuaron con sus trabajos, satisfechos con esta formulación de la ley general del efecto. Una de las implicaciones del enunciado de Meehl o de Thorndike es lo que puede denominarse clasificación "absolutista" de los eventos como reforzantes o

no reforzantes. En otras palabras, dado un estado particular del sujeto (sus condiciones de privación o de entrenamiento pasado), a grandes rasgos podemos dividir los eventos de estímulo en dos listas: aquellos que actúan sobre él como reforzadores, y los que no operan así. Una lista de reforzadores comúnmente contiene elementos biológicos como comida, agua y contacto sexual para individuos privados de ellos, junto con reforzadores aprendidos (secundarios) como dinero, elogio, aprobación social, atención, dominación, la exclamación verbal "bien", y una variedad de elementos como la curiosidad o las actividades particulares que satisfacen la novedad. A partir de esta enumeración parcial, algunos psicólogos intentaron averiguar qué tienen en común todos estos elementos reforzantes, cuál es el ingrediente esencial que los convierte en reforzadores. Una idea plausible, por ejemplo, fue la conjetura de Hull de que todos los reforzadores primarios sirven para reducir impulsos o necesidades biológicas, y que los reforzadores secundarios como la alabanza derivan su valor de haber estado asociados con muchos casos de reducción del impulso, tal vez durante la temprana infancia. Esta suposición al igual que otras similares ha sido motivo de múltiples investigaciones y ha dado pie a que se discutan sus pro y sus contra. El estudiante interesado puede consultar a G. A. Kimble (1961), quien proporciona un útil resumen de las polémicas.

El principio de Premack

En este contexto, Premack (1959, 1965) ofreció una reevaluación del reforzamiento y de la ley del efecto que aumenta la generalidad de los conceptos. Como sucede con muchas concepciones brillantes, el argumento de Premack consiste en hacer notar una suposición implícita, contenida en formulaciones anteriores acerca de la ley del efecto. Esta premisa implícita es que la respuesta o las actividades que habrán de ser reforzadas son neutrales o carecen de valor intrínseco para el sujeto. Pero supongamos que adoptamos un punto de vista opuesto, según el cual el organismo se dedica a varias actividades (como comer, manipular, jugar, etc.) que varían en su valor intrínseco para él. Imaginemos además que por ciertos medios hemos logrado clasificar estas actividades en un rango que va desde la más apreciada hasta la poco preferida, en el orden de *A*, *B*, *C*, *D*, . . .

Dado este rango de actividades —y considerado en este sentido general—, ¿cuál es la manera adecuada de formular la ley del efecto? Premack sostiene que la única formulación razonable es la que vincula la relación de reforzamiento con este orden de preferencia una determinada actividad puede utilizarse para reforzar aquellas de menor valor, pero no las de valor superior. En nuestro ordenamiento $A>B>C>D$, podemos usar *B* para reforzar a *C* o *D*, pero *B* no refuerza a *A*. La aceptación de este punto de vista nos limita a un enfoque relativo del reforzamiento. Un evento o una actividad puede usarse para reforzar algunas respuestas, pero no otras. *C* puede reforzar a *D* pero no a *B*, aun cuando *B* es aprendible, como descubriríamos si hiciéramos a *A* contingente de *B*. Así, no todos los reforzadores son transituacionales; un determinado reforzador no puede usarse para fortalecer cualquier respuesta aprendible. Más bien, una actividad sólo reforzará aquellos de menor valor, y no las de valor superior.

Una interrogante fundamental es la siguiente: ¿esta revisión de la ley del efecto la hace por completo circular? Si se altera la idea transituacional de Meehl, ¿le queda algún contenido empírico a la ley del efecto? Podemos evitar la circularidad, pero ahora se requiere de dos observaciones (en vez de una) para hacer una pre-

dicción empírica. Si encontramos que la actividad R refuerza a A y que A refuerza a Z, entonces la ley predice que R reforzará a Z. Esa predicción tiene contenido empírico y posiblemente sería falsa, de donde se infiere que así podría ponerse a prueba la ley propuesta. Los lectores familiarizados con la lógica reconocerán este procedimiento como una prueba de la premisa de la *transitividad*, acerca de la relación de reforzamiento. Así la ley es comprobable aunque no encontráramos ninguna manera independiente de estimar el valor o la preferencia.

Un problema central radica en si es posible encontrar o no una forma independiente de evaluar la preferencia del sujeto para ordenar un conjunto de actividades. Con los sujetos humanos, una estimación verbal de lo que es agradable o atractivo probablemente serviría como índice válido, aunque surge una pequeña complicación del hecho de que en ocasiones la gente no se da cuenta (no es consciente) de los tipos de eventos que refuerzan su conducta. Pero supongamos que deseamos tener algún índice de aplicación amplio, que pudiera usarse con animales o con personas no verbales, con deficiencias mentales, etcétera. La búsqueda de un índice de tal generalidad constituye un verdadero desafío. En un comienzo Premack (1959) propuso que un índice válido de generalidad sería la tasa de respuesta (o probabilidad momentánea) en una situación de operante libre, en la cual el sujeto dispone libremente de un artículo o de una actividad. Éste es un índice plausible: cuanto más le agrade una actividad a una persona, con más frecuencia se dedicará a ella cuando esté disponible sin restricciones.

Para ilustrar con un ejemplo concreto, imaginemos que un niño que asiste a la guardería ha de evaluar los valores de cuatro actividades: jugar con un billar (B), ver una película de caricaturas (P), comer chocolates (D), y clavar en una tabla (C). La evaluación consistiría en medir con cuánta frecuencia (mediante la cuenta o por tiempo total empleado) se dedica el niño a cada actividad en una habitación de pruebas, en la cual las oportunidades de realizar cada actividad se introducen una por una y separadamente. Supóngase que las tasas independientes para un niño en particular dan el orden de $B > P > D > C$, desde la más elevada a la más baja. Así, predeciríamos que la ocasión de jugar con el billar puede usarse para reforzar o incrementar la tasa de las actividades P, D, o C; que P puede reforzar a D o a C, pero no a B; y que D puede reforzar a C, pero no a P ni a B. La situación contingente de prueba implicaría alguna actividad que pudiera practicarse con entera libertad; cuando ésta se lleva a cabo, la otra actividad queda disponible por un momento, pero después ya no. Por ejemplo, en la prueba $P > D$, los chocolates estarían totalmente asequibles en un lugar. Cuando se comiera uno, se pondría en funcionamiento un proyector cinematográfico en otra parte de la habitación, que mostraría, por ejemplo, un segmento de una película de dibujos animados con 30 segundos de duración. Se inferiría un efecto reforzante si la tasa de chocolates comidos se incrementa por encima de su tasa de línea base cuando se introduce esta contingencia. Premack (1959, 1963, 1965) ha presentado datos de niños, monos y ratas, que indican que las predicciones de este tipo son generalmente exactas.

En algunos casos, sabemos que el valor relativo de dos actividades o artículos puede alterarse si se introducen cambios en las condiciones pertinentes de privación. Así, puedo alterar la preferencia relativa del lector por comer en contraposición a dormir, al privarlo de comida o de sueño, respectivamente. Por lo tanto, deberíamos ser capaces de invertir la relación de reforzamiento entre dos actividades al alterar la motivación. Premack (1962) demostró este efecto en ratas

usando la ingestión de agua y la acción de correr en una rueda de actividad. La tasa de ingestión se modificaba por la privación de agua, y la actividad de correr al privar a la rata del acceso a una rueda, confinándola a una parte limitada de su vivienda. Si estaba privada de líquido y no de actividad, la ingestión de agua reforzaría la actividad de correr, pero no a la inversa. Cuando se le privaba de actividad y no de agua, el correr reforzaría el acto de beber, pero no a la inversa. De este modo, la relación de reforzamiento era reversible.

La teoría de Premack tiene las ventajas de ser operacional, generar nuevos experimentos y describir muchas actividades sociales usadas como reforzadores humanos. La aceptación de la opinión de Premack del diferencial de probabilidad del reforzamiento la hace poco aconsejable para buscar alguna propiedad esencial de los eventos reforzantes absolutos (por ejemplo, la reducción del impulso) sin considerar la actividad a reforzar.

Las dificultades con la teoría de Premack del diferencial de probabilidad del reforzamiento se hicieron paulatinamente evidentes. Se presentan resúmenes de las mismas en artículos de Timberlake y Allison (1974), y de Timberlake (1980), quienes proponen una teoría más general para manejar todos los resultados congruentes con la teoría de Premack, así como otros que la refutan. Timberlake (1980) la denomina teoría del *equilibrio* de la ejecución aprendida, mientras que Timberlake y Allison (1974) la llamaron teoría de *respuesta-privación* del reforzamiento.

Teoría del equilibrio

Regresemos al procedimiento de evaluación simple de dos actividades; por ejemplo, con una rata que escoge libremente entre correr en una rueda de actividad o beber de una botella de sacarina. Supongamos que W y S denotan la tasa de línea base de la ejecución de ambas actividades, expresadas en términos (por ejemplo) de duraciones promedio de las dos actividades, por una hora en la situación de elección. El experimentador puede instituir una contingencia, en este caso restringiendo el acceso a la botella de sacarina y haciéndola asequible sólo 15 segundos, después de que el animal ha corrido en la rueda durante 15 segundos. ¿Aprenderá la rata a incrementar su actividad de correr en la rueda para llegar a la botella de sacarina? La teoría de Premack implica que esta contingencia aumenta la tasa de la respuesta instrumental (W) sólo si S supera a W en la línea base de elección libre. Sin embargo, contrariamente a lo que afirma esta predicción, se sabe que los animales aprenden a incrementar W para tener acceso a una actividad contingente restringida S, aun cuando S muestre una tasa de línea base *inferior* que W (Timberlake, 1980). En otras palabras, los sujetos incrementan su tasa de hacer una cosa muy valiosa si ésta les permite hacer otra de valor bajo, próximo a su tasa deseable. Podemos pensar que el animal quiere correr en la rueda y beber sacarina en las tasas estables W y S, y cualquier contingencia que perturbe ese equilibrio hará que el animal ajuste su tasa de respuesta instrumental a fin de mover las nuevas tasas, W S , en la dirección de sus anteriores valores de línea base.

Los puntos generales de la teoría del equilibrio pueden graficarse como se ve en la figura 9.4, donde ambas tasas de respuesta se trazan sobre los dos ejes; para mantener en orden la terminología, la respuesta instrumental es cualquiera que

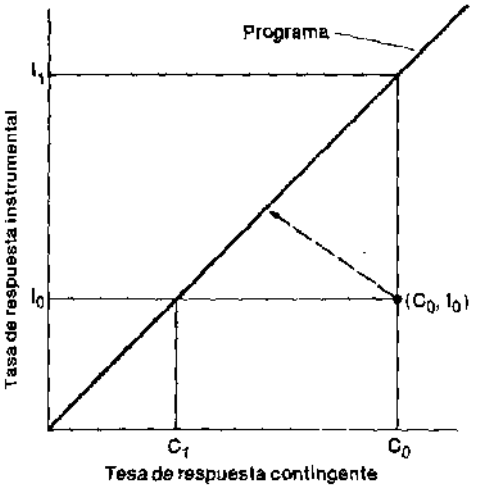


Figura 9.4. Ilustración de la distancia entre respuesta contingente e instrumental con un programa de contingencia 1 a 1. Las tasas de línea base de las dos respuestas se indican con el punto (*C*, *I*).

sea libremente asequible (como correr), y cuya ejecución dé lugar a un breve acceso a la respuesta contingente (como la de beber). La línea de 45 grados en la figura 9.4 describe el programa comúnmente usado de razón 1 a 1, en donde la unidad 1 de respuesta instrumental permite que el sujeto acceda a la unidad 1 de respuesta contingente. Los diferentes programas de razón conducirían a líneas de mayor o menor inclinación. Las tasas de línea base para las dos respuestas se trazan como un punto (I_0 C_0). Después de imponer el programa contingente 1 a 1, la tasa de línea base de la respuesta instrumental I_0, sólo producirá una tasa, C_1, de la conducta contingente, que es considerablemente menor que la tasa deseada, C_0. A fin de obtener la respuesta contingente en la tasa C_0 en el programa, el sujeto tendría que incrementar su tasa de respuesta instrumental hasta I_1, muy por encima de su tasa de línea base deseable, I_0. La teoría del equilibrio estipula que debe encontrarse algún compromiso, de modo que el sujeto ejecute un poco más la respuesta instrumental a fin de aumentar su recepción de la respuesta contingente por encima de C_1. La punta de la flecha indica una posible senda de equilibrio (todos esos puntos caen sobre la línea entre las intersecciones indicadas). Éste es el caso estándar, en el cual el animal aprende a ejecutar una respuesta menos deseada a una tasa superior, y es recompensado mediante el acceso a una actividad más deseada. La teoría también predice que cuanto mayor sea el déficit de C_0 creado por el programa, mayor será el cambio en la tasa de respuesta instrumental.

El programa contrario se muestra en el cuadro superior de la figura 9.5. Aquí el punto de línea base (punto) indica que en la situación de elección libre, la respuesta instrumental ocurre a una tasa superior que la respuesta contingente. Este programa prescribe que si el sujeto continúa ejecutando la respuesta instrumental a la tasa I_0, será *obligado* a realizar la actividad contingente a la tasa C_1, que está muy por encima de su tasa deseada de C_0. Esa contingencia forzada es en realidad una contingencia de *castigo* disimulada; de forma análoga, el castigo prototípico obliga al sujeto a someterse más a algún estado nocivo como la descarga eléctrica (actividad contingente) de lo que quiere. La teoría del equilibrio predice que la res-

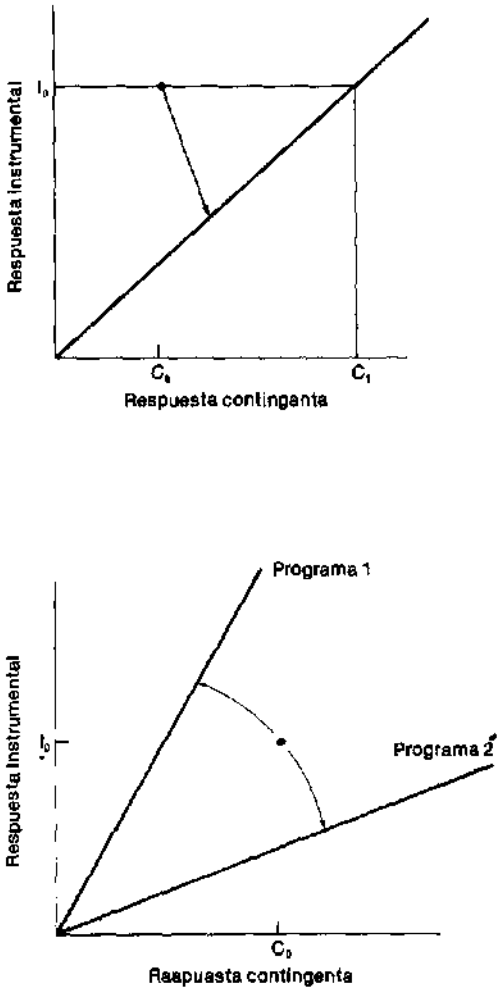


Figura 9.5. (Parte superior) Distancia de respuesta para un exceso de respuesta instrumental, análoga al castigo. (Parte inferior) Dirección contraria del cambio de la respuesta instrumental *al disminuir* el programa de razón.

puesta instrumental disminuye cuando se imponen tales contingencias. Así, por ejemplo, si una rata en una rueda de actividad accionada por un motor se ve obligada a correr más de lo que escogería cuando bebe agua con sacarina en su tasa de línea base, entonces el animal disminuirá su tasa de beber (véase la reseña de Allison, 1976). Esto es así a pesar del hecho de que para alguna otra respuesta o programa, el correr en la rueda podría ser reforzante para la rata.

Las dos predicciones anteriores no distinguen entre la teoría del equilibrio, de Timberlake-Allison, y la teoría de diferencial de probabilidad, de Premack. Sin embargo, se han identificado varios casos distintivos. Uno de ellos ya se ha mencionado: donde una respuesta contingente de baja probabilidad (por ejemplo, correr en la rueda) es restringida por el programa, y la única manera en que el animal puede tener acceso de línea base a ella es incrementando su tasa de ejecución de

una respuesta de probabilidad elevada por ejemplo, beber sacarina. En la teoría de Premack no se espera ningún aumento en la respuesta instrumental en tales arreglos, mientras que experimentos recientes muestran sustanciales incrementos, como lo predice la teoría del equilibrio. Una segunda predicción distintiva de la teoría del equilibrio es que deberíamos ser capaces de disminuir una respuesta de inferior probabilidad al hacer que una de probabilidad superior fuera contingente de aquélla mediante algún programa. El programa sólo necesita forzar al sujeto a ejecutar la conducta contingente de alta probabilidad a una tasa superior que la preferida. Ahora se sabe que este arreglo reduce la tasa de la respuesta instrumental.

Una demostración concluyente en favor de la teoría del equilibrio es la que aparece en el cuadro inferior de la figura 9.5. Éste muestra, para una y la misma línea base, que si la respuesta A refuerza a la respuesta B, o viceversa, puede invertirse tan sólo al cambiar la razón del programa de contingencia. En el programa 1, la tasa de respuesta instrumental de línea base, I_0, conducirá a un decremento de la respuesta contingente, de modo que la respuesta instrumental se incrementará de acuerdo con la predicción de equilibrio. Sin embargo, la razón del programa 2 es tal que la tasa de respuesta instrumental de línea base conducirá a un exceso forzado de respuesta a la actividad contingente; por lo tanto, la teoría del equilibrio predice que en tal programa la tasa de respuesta instrumental debe disminuir. La implicación es que si una actividad contingente dada refuerza o castiga una determinada actividad instrumental, la primera depende de su razón programada (tasa de intercambio). Al invertir la actividad que se considere instrumental y la contingente, el lector puede inferir la implicación antes enunciada; es decir, para dos respuestas A y B cualesquiera, el que A refuerce a B o que B refuerce a A depende de la razón de la contingencia. (La enunciación del castigo es exactamente lo contrario). Timberlake (1980) y Timberlake y Allison (1974) han reseñado varios experimentos que demuestran esa reversibilidad mediante cambios en el programa. Estos investigadores proporcionan una evidencia crucial para la teoría del equilibrio.

Otros problemas en la teoría del equilibrio

El análisis del equilibrio nos ha alejado mucho de la ley empírica del efecto con la que comenzamos. Hemos ampliado nuestros horizontes acerca de las relaciones del reforzamiento. Al hacer un análisis profundo se advierte que muchos procedimientos prácticos de reforzamiento usados en el hogar o en ambientes escolares operan con base en algo parecido al principio del equilibrio: el privar a un niño de la oportunidad de realizar alguna actividad —incluso una de valor medio, como dibujar—, se utiliza a menudo para motivarlo y recompensarlo contingentemente por algunas conductas de importancia educativa.

La teoría del equilibrio todavía debe resolver algunas dificultades. Una de ellas es el problema de la generalidad; otra es la validez de la tasa de respuesta como índice de preferencia. El problema de la generalidad surge cuando observamos que en casi todos los estudios del aprendizaje humano la operación reforzante es "la información acerca de qué es la respuesta correcta". Por medio de sus instrucciones motivadoras, el experimentador o el profesor han hecho que un evento correcto sea reforzante para el sujeto, de modo que no se requiere agregar nada

más para promover el aprendizaje. La efectividad de esta operación quizá dependa de una larga historia de adiestramiento cultural, en el cual el hecho de estar en lo correcto se ha asociado con el elogio y la aprobación de los padres. Por ejemplo, en el caso de *niños* en edad preescolar, las instrucciones y la información a veces no bastan; deben agregarse recompensas materiales (chucherías, estrellas doradas, caramelos) para que los pequeños se dediquen a trabajar en tareas de aprendizaje difíciles. En cualquier caso, no está clara la manera en que la teoría del equilibrio cubre, o puede cubrir tal reforzamiento por la sola información. Lo mismo puede decirse del aprendizaje vicario u observacional (véase capítulo 13).

El otro problema es la validez general del índice de preferencia de tasa de respuesta. Es difícil obtener *mediciones* comparables sobre tasas independientes de diferentes actividades; no basta con dejar que las tasas calculadas dependan de unidades arbitrarias que el sistema de registro imponga a la conducta. Concebidas en un sentido general, nuestras actividades o interacciones con objetos meta varían de múltiples formas: en duración de cada contacto, en tasa de interacción durante el mismo, en tiempo entre contactos, y no resulta nada claro cómo combinar estas características en un solo índice. Consideremos, por ejemplo, las dificultades de obtener mediciones comparables mediante las cuales se arregle en orden de rango cuatro actividades: leer un libro, parpadear, tocar el piano y dormir. En conexión con el índice de tasa surgen otros problemas (por ejemplo, se puede entrenar diferencialmente con el reforzamiento), y esta propuesta específica parece amenazada por incontables dificultades y limitaciones insalvables.

Un tercer problema menor es que la teoría del equilibrio postula una ausencia de interacciones entre diferentes actividades. Así, por ejemplo, sería incapaz de explicar un resultado que mostrara que la preferencia relativa entre dos opciones (por ejemplo, un helado de vainilla o uno de fresa) se invierte si se agrega un tercer elemento (por ejemplo, fresas). En algunos juicios humanos relativos a la preferencia se han encontrado tales efectos contextuales Tversky, 1977; Tversky y Sattath, 1979).

Las dificultades mencionadas son relativamente menores y no desmerecen el atractivo de la teoría del equilibrio. Al mirar en retrospectiva las primeras formulaciones de la ley del efecto debidas a Meehl y a Thorndike, es evidente que se han hecho algunos progresos en lo que toca a formular las relaciones de reforzamiento de manera más general y válida.

No recompensa y extinción

Junto a los desarrollos en la concepción contemporánea del reforzamiento y la ley del efecto, se han producido cambios en la interpretación del no reforzamiento y la extinción. Casi la totalidad de esta teoría proviene de los trabajos con la no recompensa y la extinción efectuados con animales, aunque se supone que ideas similares se aplican al menos a ciertos tipos de aprendizaje humano. Algunas interpretaciones iniciales de la no recompensa de una respuesta antes recompensada asignaban a *ésta* un papel esencialmente pasivo. Como veremos en el capítulo 11, Tolman suponía que la no recompensa sólo sirve para no confirmar y para debilitar una expectativa $E\text{-}R\text{-}E_g$. Thorndike le adjudicaba poca importancia sistemática y, en esencia la consideraba como un evento neutral. En la teoría de Hull (capítulo 5) se postula que los ensayos no recompensados permiten la acumulación

de factores inhibitorios que no son compensados por el aumento correspondiente en el potencial de reacción. Las ideas de Hull acerca de la extinción se trabajaron de modo fragmentario y nunca se adecuaron a la gran variedad de datos existentes.

Durante los últimos 20 años se han propuesto varias hipótesis acerca de la no recompensa y la extinción. La mayor parte de ellas trata de explicar la creciente resistencia a la extinción en los animales entrenados con un programa de recompensa parcial. Es decir, una rata recompensada, por ejemplo, sólo en el 30% de sus carreras por un pasadizo recto, persistirá más tiempo corriendo a la caja meta durante la extinción, que otro animal entrenado con ensayos 100% recompensados. Este hecho, complementado con diversos resultados adicionales, representa un reto constante para los teóricos. No es que las explicaciones no abunden; es la selección de las mismas con pruebas experimentales críticas lo que ha demostrado ser una tarea exigente, aunque informativa. En el capítulo 5 examinamos también la teoría de Amsel en torno a la frustración de la no recompensa, y la forma en que el reforzamiento parcial aumenta la resistencia a la extinción. En esta sección analizaremos la teoría de Capaldi del patrón *secuencial* de la no recompensa, y el modo en que explica los fenómenos de extinción.

La hipótesis secuencial

La teoría del efecto de extinción del reforzamiento parcial de Capaldi (1966, 1967), es una elaboración compleja y refinada de dos ideas anteriores:

1. La hipótesis de *discriminación* o *generalización*, que presupone que los sujetos persistirán en responder siempre que no puedan discriminar la serie de extinción de una carrera desafortunada de no reforzamientos incrustados dentro de la serie de entrenamiento.

2. La hipótesis de *efectos secundarios del estímulo* (V. F. Sheffield, 1949), que supone que los eventos de recompensa (R) y de no recompensa (N) en un ensayo establecen huellas distintivas de estímulo que persisten durante el intervalo interensayo, y son parte del complejo de estímulo en el momento en que ocurre la siguiente respuesta. La hipótesis de los efectos secundarios del estímulo supone que durante el entrenamiento de reforzamiento parcial, las huellas persistentes de estímulo de los ensayos no reforzados (denotados con E^N) se condicionan a la respuesta siguiente debido a las frecuentes transiciones NR (es decir, un ensayo reforzado a continuación de un ensayo no reforzado) y, por consiguiente, los estímulos E^N que surgen y prevalecen durante la extinción mantendrán la respuesta.

Capaldi elaboró estas ideas en varias direcciones. En primer término, supone que una carrera de k ensayos consecutivos no reforzados establece una huella distintiva de estímulo, denotada como E^{Nk}. Los estímulos $E^{Nk}(k = 1,2,3 \ldots)$ forman un continuo de estímulo a lo largo del cual habrá generalización de la fuerza del hábito, a partir de una serie de ensayos experimentados y condicionados durante el entrenamiento a otras series de ensayos experimentados en el transcurso de la extinción. Cuando una serie de kN-ensayos finaliza con un ensayo reforzado, se acumula un aumento en la fuerza del hábito (véase Hull, capítulo 5) entre el E^{Nk} y la respuesta instrumental, y la asíntota de ese hábito será más alta mientras mayor sea la cantidad de recompensa proporcionada en ese ensayo. En segundo

lugar, Capaldi supone que la extinción puede concebirse como la presentación de una secuencia de estímulos E^{N1}, E^{N2}, E^{N3}..., y es formalmente como comprobar la generalización del estímulo: un animal responde a E^{Nk} durante la extinción si E^{Nk} tiene suficiente fuerza del hábito establecida a lo largo del entrenamiento, o prestada mediante la generalización de las series de N vecinas que intervienen en dicho entrenamiento. En esta perspectiva, las variables significativas que caracterizan un programa de entrenamiento de reforzamiento parcial son los estímulos E^{Nk} particulares que ocurren durante el entrenamiento, y la frecuencia con la que se presentan y se refuerzan en el transcurso del entrenamiento. Estos factores determinarán el perfil del hábito asociado con el conjunto de estímulos E^{Nk} al comienzo de la extinción; ese perfil y su generalización de las tendencias de respuesta a otros E^{Nj} encontrados durante la extinción, determinan conjuntamente la resistencia a la extinción provocada por un programa dado de entrenamiento.

A fin de ilustrar estas nociones, examínese la secuencia de 8 ensayos que se presentan en el cuadro 9.2. Supóngase que esta secuencia se repite cuatro veces, para un total de 32 ensayos de adquisición; después del primer ciclo, puede concebirse que los ciclos ulteriores comienzan con un estímulo E^R en el ensayo 1 debido al acarreo desde R en el ensayo 8 del ciclo anterior. Las cuatro recompensas causan el condicionamiento de la respuesta instrumental a tres patrones: E^R (en los ensayos 1 y 6), E^{N1} (en el ensayo 8), y E^{N3} (en el 5). Después de cuatro ciclos con estas series, el animal debería tener siete reforzamientos en E^R (recuérdese que el ensayo 1 del primer ciclo no va antecedido de una R), y cuatro en E^{N1} y E^{N3}, respectivamente. El perfil de los tres hábitos y sus tendencias separadas de generalización a otros estímulos E^{NR} puede observarse en la figura 9.6. La fuerza del hábito por encima de E^R es superior al que está por encima de E^{N1} y E^{N3}, debido a que tiene más ensayos reforzados. Los estímulos E^{Nk} están espaciados logarítmicamente a lo largo del eje, y se supone que los gradientes de generalización del hábito son lineales en esa escala logarítmica. En esta ilustración, se advierte que el hábito generalizado sólo desde E^R fue demasiado débil para mantener la ejecución en $E^{N}50$ (en el quincuagésimo ensayo de extinción), pero la generalización del hábito establecido en E^{N3} lo haría. En general, la resistencia a la extinción producida por condiciones dadas de entrenamiento depende de la fuerza aunada al hábito, que se generaliza a la derecha de esta gráfica. Cuanto más grande sea la longitud N que pueda evocar a la respuesta instrumental, mayor será el número de ensayos de extinción en los cuales persista la respuesta.

Ésta es una perspectiva un tanto nueva acerca de los programas de reforzamiento; se ajusta muy bien a los actuales modelos de patrón secuencial del apren-

CUADRO 9.2. Ilustración del análisis de efectos secundarios del estímulo en una secuencia de 8 ensayos recompensados (*R*) y no recompensados (*N*).

	1	2	3	4	5	6	7	8
Evento de recompensa	R	N	N	N	R	R	N	R
Huella del estímulo del ensayo anterior	S^R	S^R	S^{N1}	S^{N2}	S^{N3}	S^R	S^R	S^{N1}
¿Condicionamiento en este ensayo?	+	−	−	−	+	+	−	+

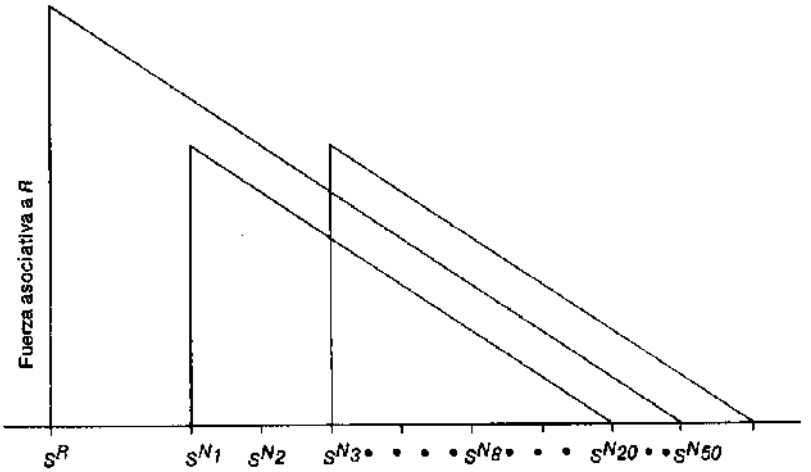


Figura 9.6. Diagrama del perfil del hábito para los tres patrones secuenciales reforzados que se ilustran en el cuadro 9.2, y la generalización de estos hábitos a otras longitudes de series de *N* ensayos.

dizaje de probabilidad, como los de Estes (1972*a*) y Myers (1970). Pero la utilidad obvia del enfoque es que puede explicar diversos resultados experimentales que comparan la resistencia a la extinción a continuación del entrenamiento en los cientos de variantes de los programas de reforzamiento parcial. En sus artículos (1965, 1967) Capaldi revisó la extensión de los resultados, y no es necesario repetirlos aquí. Sin embargo, podemos adelantar que con un pequeño número de ensayos de entrenamiento, la resistencia a la extinción es mayor con ocurrencias más frecuentes de longitudes-*N* cortas, y menos ocurrencias de longitudes-*N* largas (manteniendo constante el número de ensayos *N*), mientras que con muchos ensayos de entrenamiento la mayor persistencia ocurre para aquellos programas que tienen las longitudes-*N* más largas. Capaldi también ha ampliado la hipótesis para manejar los efectos de otros eventos en caja meta, como diversas duraciones de confinamiento en una caja meta no recompensada, distintas magnitudes de recompensa y diferentes demoras de recompensa. Su tratamiento explica el hecho de que los animales entrenados con una gran recompensa en cada ensayo mostrarían una extinción más rápida que los entrenados con recompensa pequeña, porque E_{grande} está más alejado del E^N en un gradiente de generalización que el $E_{\text{pequeño}}$. Por otra parte, en los programas aleatorios de recompensa-no recompensa existe una mayor persistencia en los animales que reciben la recompensa más grande, puesto que E^N está condicionado en mayor grado por la recompensa grande en las transiciones *NR*. Las transiciones son importantes, ya que los animales que reciben ciclos repetidos de ensayos de *PNG* (recompensa pequeña; después nada, a continuación una recompensa grande) prueban ser mucho más resistentes a la extinción que los que reciben la secuencia inversa *GNP* (Capaldi y Capaldi, 1970; Leonard, 1969).

Una novedosa técnica introducida por Capaldi (1966) es el *reforzamiento interen-*

sayo (*RIE*), mediante la cual se coloca al animal directamente dentro de la caja meta del pasadizo y se le recompensa. El evento *RIE* opera dentro de la teoría de Capaldi a fin de establecer a la huella de estímulo como el E^R para el ensayo siguiente de correr, independientemente de si el ensayo previo ha sido *N* o *R*. En otras palabras, el *RIE* es una forma de interponer un estímulo diferente justamente antes de un ensayo dado. Con el *RIE* se dirigieron varios experimentos ingeniosos. Considérese el programa de cinco ensayos *RNNNR* que se repite varias veces, y permítase que un evento *RIE* se interponga entre diferentes grupos de sujetos, ya sea después del primer, segundo o tercer evento *N* del ciclo. Un grupo control no recibe ningún *RIE*. La hipótesis secuencial predice que los controles serán más resistentes a la extinción, después sigue el grupo que recibe el *RIE* con posterioridad al primer ensayo *N*, luego los que lo reciben a continuación del segundo ensayo *N*, mientras que la menor persistencia la obtiene el grupo que recibe el *RIE* después del tercer ensayo *N*. Se predice este ordenamiento porque el *RIE* interrumpe la longitud-*N* que puede ser condicionada por el *R* en el ensayo 5 del ciclo. Los sujetos de control experimentan E^{N3} en el ensayo 5, y se asocian con la respuesta reforzada. Los sujetos que reciben *RIE* después del primer ensayo *N* tendrán entonces E^R en el ensayo 3, E^{N1} en el ensayo 4, E^{N2} en el ensayo 5 (véase la tabla 9.2). Los que reciben *RIE* después del tercer ensayo *N* tendrán E^R en el ensayo 5. Así, los grupos difieren en la longitud-*N* más larga que se condiciona a la respuesta, y su resistencia a la extinción aumenta cuanto mayor sea la longitud-*N* que ha sido condicionada.

Un punto en el cual la teoría de Capaldi se desvía de la hipótesis de los efectos secundarios, de V. E. Sheffield, se refiere al decaimiento temporal de la información acerca del evento reforzante del ensayo anterior. Sheffield supone que los eventos *R* o *N* establecen huellas de estímulo relativamente a corto plazo que decaen después de unos cuantos minutos. El problema con esa idea es que no explica los efectos del reforzamiento parcial obtenidos con ensayos muy espaciados; por ejemplo, un ensayo cada 24 horas. Por el contrario, Capaldi presupone, que una huella del evento *R* o *N* previo persiste indefinidamente hasta que el siguiente evento que ocurre en la caja meta lo modifica o reemplaza. Para él, los estímulos previos *R* o *N* están ahora disponibles en algo parecido a una *memoria* que se reactiva cuando se vuelve a colocar al animal en la situación de estímulo de laberinto. Así, una forma alternativa de discutir la teoría no consiste en decir que el E^N es un estímulo que persiste desde un ensayo *N* previo (por ejemplo, 24 horas antes), sino más bien que el E^N es un efecto estimulante causado por el sujeto que recuerda ahora el evento *N* del ensayo anterior. En algunos aspectos, esta interpretación de la memoria es más heurística que la interpretación de la huella de estímulo. En cualquier caso, lo que se necesita es algún mecanismo teórico ("conductor de información") que responda de modo instantáneo a la consecuencia recompensante más reciente, que codifique esa información de una manera discriminativa (es aquí donde el mecanismo r_a falla) y que retenga esa información en el transcurso del tiempo hasta el siguiente ensayo. Se requiere de esta retención temporal porque gran parte de los fenómenos usuales de reforzamiento parcial (Capaldi y Capaldi, 1970) ocurren ya sea que los ensayos de entrenamiento sean masivos (uno cada 15 segundos) o estén muy espaciados (un ensayo por día). Por supuesto, el constructo de una memoria para un evento (el sustrato de E^R o E^N) es un tanto extraño al espíritu de la teoría de la conducta *E-R*.

Capaldi (1967) aplica esta hipótesis para explicar una gran variedad de diferentes fenómenos de la programación, incluyendo el reaprendizaje y la extinción acelerados que ocurren con bloques múltiples de ensayos de adquisición y de extinción, los efectos de los patrones de programas y la discriminación de los mismos (por ejemplo, alternación doble); los efectos de las variaciones de magnitud y variaciones en la demora de la recompensa, efectos de contraste debidos a cambios en las magnitudes de las recompensas, efectos de distintos intervalos interensayo (concebidos como componentes del complejo de estímulo), etcétera. La teoría también se ha aplicado con éxito al aprendizaje humano de probabilidad y a la resistencia a la extinción en ese contexto; se desarrolló y comprobó un modelo matemático que vaciaba los principales constructos de la hipótesis dentro del marco de la teoría estadística del aprendizaje (Koteskey, 1972). El consenso de los investigadores indica que la teoría secuencial es la mejor de las que actualmente existen para predecir la resistencia a la extinción producida por la mayor parte de los programas de reforzamiento. Sorprendentemente, no utiliza ningún concepto de inhibición, frustración o respuestas competidoras; más bien las respuestas se detienen durante la extinción porque los estímulos E^{N_t} se alejan lo suficiente en un gradiente de generalización de aquellos condicionados a la respuesta en el transcurso del entrenamiento. Un problema teórico que subsiste es el de combinar a la hipótesis secuencial, de alguna manera creativa, con los conceptos de no recompensa frustrante y con la inhibición (éstos son efectos innegables), a fin de producir una teoría más general y completa del no reforzamiento y la extinción.

VARIABLES INFORMATIVAS EN EL CONDICIONAMIENTO

Una opinión que paulatinamente comienza a aceptarse es que para producir condicionamiento efectivo, incluso de la variedad pavloviana simple, se requiere más que la mera contigüidad temporal del estímulo condicionado (*EC*) y del estímulo incondicionado (*EI*). Pero se acumula evidencia de que a fin de que se condicione, el *EC* debe impartir información confiable acerca de la ocurrencia del *EI*; ha de ser un predictor útil del tiempo, lugar y calidad del *EI*. Además, aun si se predice un *EC* dado, quizá no se condicione al *EI* si su utilidad ya ha sido adquirida por otro estímulo redundante, que sea un mejor predictor o que haya tenido una historia más larga de exitosas predicciones del *EI*. Estas observaciones se refieren al condicionamiento de excitación a indicios que predicen al *EI*, pero también son aplicables al condicionamiento de la inhibición a los indicios que predicen la ausencia del *EI*, en una situación en la cual el *EI* ocurría de otra manera.

El fundamento de estas conclusiones aparece en una notable serie de artículos de Rescorla y Wagner (para reseñas, véanse Rescorla, 1972; Rescorla y Wagner, 1972; Wagner y Rescorla, 1972), en los cuales se estudia el condicionamiento clásico, usando generalmente la "supresión condicionada" o paradigma de la respuesta emocional condicionada (*REC*). También desarrollaron una teoría simple pero atractiva a fin de combinar la diversa gama de resultados que ellos y otros investigadores encontraron. La noción básica es que la efectividad de un reforzamiento para producir aprendizaje asociativo a un estímulo previo no depende del reforzamiento mismo, sino de la relación entre el reforzamiento y la consecuencia que el sujeto anticipa. Así, una y la misma ocurrencia del *EI* puede tener ningún o

un fuerte efecto de condicionamiento dependiendo de si el organismo lo esperaba o no. El principio que se aplica a la excitación debido al hecho de esperar un *EI* es extensivo a la inhibición causada por la omisión del *EI*. Y si el sujeto anticipa un *EI* en un ensayo dado en virtud del aprendizaje pasado respecto a un *EC*, entonces el efecto de reforzamiento del *EI* en ese ensayo se altera en lo que toca a otros estímulos presentados simultáneamente. La teoría puede enunciarse con mayor precisión en los siguientes términos:

> Considérese una situación en la cual un compuesto de estímulo, *AX*, va seguido de un reforzador dado, EI_1. Las ecuaciones que se presentan a continuación describen el cambio teórico en el condicionamiento a los estímulos componentes, *A* y *X*, como resultado de uno solo de esos ensayos. V_A representa la fuerza asociativa, o cantidad de condicionamiento a *A*, y supuestamente tiene una relación monotónica con mediciones dependientes como la probabilidad o la latencia de la respuesta.
>
> $$\Delta V_A = \alpha_A \beta_1 (\lambda_1 - V_{AX}) \quad (1a)$$
> $$\Delta V_X = \alpha_X \beta_1 (\lambda_1 - V_{AX}) \quad (1b)$$
>
> El parámetro λ_1 representa la asíntota del condicionamiento apoyado por el EI_1 aplicado; es *EI*—dependiente y tiene un subíndice que lo indica. La α y la β son parámetros de tasa de aprendizaje dependiente, respectivamente, de las cualidades del *EC* y del *EI* (Rescorla, 1972, pág. 11).

El estudio de estas ecuaciones permite observar varios puntos sobresalientes. El cambio en el condicionamiento de un indicio dado depende en gran parte de la diferencia entre la potencia del *EI* (λ) y la fuerza asociativa al *compuesto* de estímulo, denotado V_{AX}. Como una primera aproximación, se supone que $V_{AX} = V_A + V_X$; es decir, la fuerza del compuesto es sólo la suma de las fuerzas de sus componentes. Así, cuanto más pequeña sea la diferencia entre λ y V_{AX} (cuanto mejor se prediga el *EI*), menor será el cambio ΔV_A resultante de otro pareamiento de *AX* con el *EI*. La *Vs* en esta ecuación puede ser negativa, representando el caso de inhibición condicionado. Estas ecuaciones son similares a los operadores lineales empleados en la teoría del muestreo del estímulo (véase el capítulo 8) para describir cambios en el aprendizaje de ensayo a ensayo. Ahora se considerará la aplicación de este modelo a varios casos de interés experimental.

Bloqueo

Supóngase que el estímulo *A* sólo ya ha sido condicionado al *EI*, de modo que $V_A = \lambda$. Al presuponer que V_X comienza en fuerza cero, introducimos el compuesto de estímulo *AX* pareado con el mismo *EI*. Pero como $V_{AX} = V_A = \lambda$, la ecuación incremental (1*b*) para ΔV_X es igual a cero. La predicción es que no ocurrirá ningún condicionamiento al indicio *X*. Este resultado, sugerido originalmente por el trabajo de Pavlov acerca del oscurecimiento de un indicio por otro, ha sido muy investigado en fechas recientes (Kamin, 1969*b*). Se le denomina *efecto de bloqueo* porque la adquisición previa de la asociación *A-EI* bloquea el aprendizaje ulterior de la asociación *X-EI* en el compuesto *AX*. Las teorías de la atención selectiva reclamaron en su momento este efecto (Trabasso y Bower, 1968). Sin embargo, más bien parece deberse a lo "no sorprendente" de que el *EI* siga a *A* en el compuesto *AX*. Si la intensidad de la descarga usada como *EI* se incrementara entre el

entrenamiento *A* y el entrenamiento *AX*, prevalecería un valor más elevado de λ, de modo que en la ecuación (1*b*) se esperaría (y ahora se encontraría) la aparición de algún aprendizaje (V_X) al indicio *X* durante el entrenamiento *AX*. Este aprendizaje se evalúa cuando el indicio *X* se presenta por sí solo después del entrenamiento *AX*. Supóngase, por otra parte, que la intensidad *EI* disminuye cuando se presenta *AX*. Esto hace disminuir a λ en la ecuación (1*b*), de modo que ΔV_X será negativa por un momento, hasta que $V_A + V_X$ descienda al nuevo valor λ, lo cual significa que V_X será negativo o inhibitorio cuando se evalúe en combinación con algún estímulo excitatorio *B*. Rescorla (1972*a*) ha obtenido este resultado.

Entrenamiento concurrente de otros estímulos

Considérese de nuevo el caso donde ocurren ensayos compuestos *AX-EI*; alternando con ensayos *AX* hay otros en los que sólo ocurre *A*, y para diferentes sujetos sólo se parea *A* con el *EI*, o no se parea. El modelo predice que el grupo que recibe ensayos concurrentes *A-EI* mostrará mucho menor condicionamiento al indicio *X* que el otro grupo no pareado. ¿Por qué? Porque los ensayos *A-EI* causan a V_A y hacen, por lo tanto, que V_{AX} sea grande, y así, mediante la ecuación (1*b*), reducen el incremento ΔV_X, el condicionamiento del indicio *X*.

Extinción por reforzamientos continuos

Mediante la selección sensata de un programa de estímulo, podemos *extinguir* un hábito previo al indicio *A* al parear el compuesto *AX* con el *EI*. Supóngase que la intensidad de la descarga apoya a un λ de 1.0, y comenzamos a parear el indicio *A* con el *EI*, aplicando la ecuación (1*a*) hasta que, por ejemplo, el valor de V_A aumenta a 0.5. En este punto introducimos un bloqueo de ensayos simples de indicio *X-EI* suficientes para lograr $V_X = 1$. Ahora procedemos a dar unos cuantos ensayos compuestos *AX-EI* intercalados entre muchos ensayos *X-EI*. En los *AX-EI*, tendríamos $V_{AX} = V_A + V_X = 0.5 + 1.0 = 1.5$, de forma que la ecuación (1*a*) produce $\alpha\beta(-0.5)$; por lo tanto, ΔV_A será negativa. De modo que el pareamiento de *A* con un indicio más fuerte *X* o con ensayos *AX-EI* tiene el efecto de *debilitar* V_A, la fuerza asociativa del indicio *A*. Este tipo de predicción se ha confirmado varias veces en trabajos de Rescorla (1972*a*) y Kamin (comunicación personal, 1972). Comprueba la impropiedad total de la teoría simplista de que la contigüidad temporal de un *EC* y un *EI* es todo lo que se necesita para obtener un fuerte condicionamiento.

Correlaciones EC-EI

Los primeros experimentos de Rescorla (1968) demuestran que el condicionamiento de un *EC* (por ejemplo, un sonido) a una descarga, depende de la probabilidad del *EI* en la presencia del *EC* relativo a la probabilidad del *EI* en ausencia del *EC* (cuando la rata estaba sentada en la cámara experimental). Cuanto más alta sea la *correlación* entre el *EC* y la descarga, mejor será el condicionamiento. Para una probabilidad dada *EI* al *EC*, el condicionamiento discriminativo del *EC* se hacía más pobre al incrementar la probabilidad del *EI* en ausencia del *EC*. En el caso extremo nunca ocurrían descargas cuando el *EC* estaba encendido pero que sí sucedían a menudo en su ausencia el *EC* se convertía en un *inhibidor* condicionado del miedo; se transformaba en una señal para la seguridad más que para el peligro. Estos resultados, que aparentemente muestran el efecto de la correlación

EC, EI, son congruentes con las ecuaciones anteriores de condicionamiento. Identifíquese *A* con los estímulos de fondo de la caja de condicionamiento, y déjese que *X* denote el breve sonido intercalado en la situación, con lo cual conceptualmente se crea un compuesto *AX*. Cuanto mayor sea la tasa de descarga a *A* sola (en ausencia del sonido), mayor será V_A; en consecuencia, con argumentos similares a los anteriores, menos se condicionará el indicio *X* por medio del pareamiento del compuesto *AX* con una tasa particular de descarga. Además, si las descargas que ocurren en ausencia de *X* (el sonido) siempre van precedidas por un segundo indicio, *B* (un sonido de "clic"), entonces *B* en el compuesto *BA* recoge algo del condicionamiento, al reducirlo de *A* (el fondo solo), con el resultado de que el indicio *X* en el compuesto *XA* ahora puede adquirir alguna fuerza asociativa en sus pareamientos con el *EI*. Así, todos estos resultados se ajustan nítidamente.

Inhibición

Las ecuaciones (1*a*) y (1*b*) pueden describir la adquisición de propiedades inhibitorias si los *Vs* negativos se interpretan como inhibidores para la respuesta en cuestión. Si el estímulo *A* solo es condicionado a un *EI*, y entonces se extingue ($\lambda = 0$), V_A se incrementará, regresará a cero, pero no se tornará inhibidora. Pero supóngase que después de que *A* se condiciona, seleccionamos un indicio neutral *X* y presentamos el compuesto de estímulo *AX* sin reforzamiento. En esta circunstancia, tanto *A* como *X* pierden fuerza, hasta que la combinación $V_A + V_X$ sea igual a cero. Eso ocurriría cuando $V_A = -V_X$, donde ambas difieren de cero. Así, al comparar la consecuencia de la extinción para *AX* en contraposición a *A* sola, en el primer caso (pero no en el segundo), esperaríamos que el componente *A* retuviera alguna fuerza excitatoria ($V_A > 0$) cuando se compruebe solo, mientras que *X* se habrá convertido en un inhibidor condicionado. En ningún caso *A* se convertiría en un estímulo inhibidor. El poder inhibitorio condicionado de *X* se revelaría por su capacidad de disminuir la respuesta cuando se agregue a un estímulo excitatorio diferente (por ejemplo, *B*), en ensayos de prueba *BX*. Ambas predicciones, la excitación residual para *A* y la inhibición para *X* a continuación de la extinción a A_x se han confirmado experimentalmente (Wagner y Rescorla, 1972). Además, como lo predice la ecuación (1*b*), cuanto más grande sea la fuerza del condicionamiento de *A* en el entrenamiento original, mayor será la inhibición que adquiera *X* durante los ensayos no reforzados con A_x. Incidentalmente, el hecho de que *X* se torne inhibitorio durante los ensayos no reforzados a *AX* hace imposible una teoría que explique el bloqueo de *X* en ensayos reforzados a *AX*, como debido al hecho de que el animal no le "presta atención" al indicio redundante agregado, *X*. La teoría de la atención no puede ganar en ambos sentidos.

Bloqueo inhibitorio

Ya hemos discutido el bloqueo o alteración del condicionamiento excitatorio. También es posible hacer arreglos para bloquear el aprendizaje de propiedades inhibitorias mediante un indicio (Suiter y LoLordo, 1971). En una situación *REC* al indicio *A* se le hace primero un inhibidor condicionado en el sentido de que *A* ocurre sin la descarga en una situación de fondo donde las descargas con frecuencia aparecen de otra manera. Una vez que *A* se establece como una señal de seguridad, el indicio *X* se introduce en el compuesto *AX* pareado con la ausencia de descarga, en un fondo que de otra forma tiene descargas frecuentes. Sin embar-

go, pruebas posteriores revelan que el indicio X no adquiere propiedades inhibitorias en este procedimiento. Su aprendizaje ha sido bloqueado por la presencia del indicio inhibitorio redundante A, lo cual es congruente con la ecuación 1 si las Vs y la λ reciben un signo negativo (inhibitorio).

Intensificación de la generalización

La teoría tradicional del aprendizaje posee una antigua máxima que dice que la manera óptima de entrenar una conexión E-R es mediante el reforzamiento directo de esa respuesta a ese estímulo. Por tradición, el reforzamiento de la respuesta a un estímulo similar nunca debería producir niveles más grandes de ejecución para un estímulo meta, que el entrenamiento directo con el estímulo meta mismo. Al parecer debemos abandonar esta máxima del sentido común, ya que Rescorla (1976) ha encontrado ejemplos contrarios, claros y predecibles, casos en los cuales el entrenamiento a un estímulo *generalizado* intensifica más la ejecución a un estímulo meta, de lo que hace el reforzamiento para el mismo estímulo meta. Este paradójico resultado y las circunstancias que lo producen los predicen las ecuaciones (1*a*) y (1*b*).

Para comenzar la derivación, reconozcamos que una forma frecuente de concebir la similitud de dos estímulos es en términos de elementos de estímulo comunes o compartidos (véanse las representaciones de Thorndike o de Estes de la similitud en los capítulos 2 y 8). Así, podríamos representar un estímulo simple —por ejemplo, un sonido alto— como un compuesto de elementos de estímulo, denotado AX, y otro, como un sonido de tono bajo, como otro compuesto, BX. Aquí, X denota los elementos comunes, mientras que A y B denotan aquellos elementos únicos a los dos conjuntos de estímulo. Ahora imaginemos que al condicionar el sonido alto a un EI de descarga, las ecuaciones (1*a*) y (1*b*) se aplican a los componentes separados de A y X de ese estímulo. Con los reforzamientos repetidos de AX, V_A y V_X se incrementarán juntos, hasta que la suma de los mismos sea igual asintóticamente a λ. En este punto, V_A y V_X serán cada uno de alrededor de la mitad de λ.

Si continuáramos reforzando AX desde este punto, sus fuerzas no cambiarían de acuerdo con la ecuación (1*a*) y (1*b*). Pero supongamos que en vez de ello damos ensayos con el estímulo generalizado (el sonido bajo, denotado como BX) pareado con la descarga. Como B comienza a una fuerza baja, la combinación BX tiene una fuerza muy por debajo de λ; de modo que por la analogía de la ecuación (1*a*), V_X aumentaría, y por la ecuación (1*b*), V_X también se incrementaría durante un bloque de ensayos reforzados en BX. Este incremento en V_X debería manifestarse cuando sometiéramos al sujeto nuevamente a prueba en el estímulo original de entrenamiento, AX. En esa prueba, la fuerza compuesta V_{AX} ($= V_A + V_X$) será más alta que antes, más elevada incluso que si el sujeto acabara de tener un entrenamiento ampliado sólo en AX. En un experimento, Rescorla (1976) encontró exactamente este resultado, donde el entrenamiento en un estímulo generalizado (a continuación del aprendizaje inicial) producía mayor respuesta condicionada a un estímulo meta de lo que había producido el entrenamiento ampliado en el mismo estímulo meta.

Otra predicción es que el incremento en la respuesta a AX producido al interpolar reforzamientos BX es mayor cuanto más pequeña sea la contribución del componente X (V_X) a la ejecución original AX. Una forma de reducir V_X consiste en llevar a cabo un entrenamiento original usando ensayos de discriminación entre AX^+ y

BX—. Con las ecuaciones (1*a*) y (1*b*), ese entrenamiento de discriminación conduce a un valor elevado para V_A, uno cercano a cero para V_X, y un valor negativo (inhibitorio) para V_B. Si después de la discriminación damos un bloque de ensayos reforzados a *BX* (el estímulo negativo anterior), deben ocurrir grandes cambios en V_X y en V_B por la ecuación 1, ya que comenzaron el bloque a un nivel tan bajo. De nueva cuenta, este cambio considerable en V_X debería revelarse mediante las pruebas finales con el estímulo meta, *AX*. Rescorla (1976) confirmó exactamente esos resultados: el aumento en la respuesta *AX* inducido por los reforzamientos *BX* interpolados era mayor cuando *BX* ya se había usado como un estímulo negativo o no reforzado. El lector debe recordar que las notaciones *AX* y *BX* se emplean aquí teóricamente para representar lo que en el área experimental son tan sólo dos estímulos; es decir, un sonido de tono alto y otro de tono bajo. Pero de acuerdo con la teoría Rescorla-Wagner de la ecuación 1, la visión de los "elementos comunes" de la similitud predice estos paradójicos resultados.

En un trabajo muy relacionado, Blough (1975) propuso una estructura más general para combinar la teoría Rescorla-Wagner con la concepción de los elementos comunes de la generalización a lo largo de un continuo de estímulo. Blough sostenía que un continuo de estímulo de una dimensión (como la longitud de onda de la luz) podría representarse como una secuencia de conjuntos superpuestos de hipotéticos elementos de estímulo, con una distribución de probabilidad normal (en forma de campana) de elementos de muestreo cerca del centro del estímulo presentado (indicado por el punto del estímulo físico). Blough empleaba una forma generalizada de la ecuación 1 aplicada al condicionamiento de cada hipotético elemento de estímulo de cada conjunto de estímulo presentado. Aplicaba esta teoría para ajustar datos recabados en la respuesta discriminativa de estado estable que daban las palomas a luces de colores a lo largo de un continuo de longitud de onda. Sus datos mostraban generalización de la excitación y la inhibición, y contraste conductual (un efecto que hemos examinado en el capítulo 7). Este último se manifestaba en "topes" exagerados de mayor o menor respuesta cerca de un "borde" a lo largo del continuo de estímulo, en los cuales la tasa de reforzamiento cambiaba abruptamente desde un valor bajo a uno alto. Los resultados de Blough aparecen en la figura 9.7. Los picoteos a las longitudes de onda inferiores de 597 nm se reforzaban en un promedio de una vez cada doce ensayos, mientras que los picoteos en las longitudes de onda por encima de 597 nm se reforzaban en un promedio de uno de cada tres ensayos. Aunque en general las palomas de Blough ajustaban su respuesta a un estímulo de forma gradual dependiendo de su tasa de reforzamiento, un aspecto interesante de los datos presentados en la figura 9.7 es el tope y depresión en cualquier lado del borde entre las zonas de reforzamiento alto y bajo. Estos son efectos de contraste en la ejecución análogos a los de acrecentamiento de borde (denominadas bandas Mach) en la psicofísica sensorial (véase Ratliff, 1965) y se derivan, en este caso, de la generalización de Blough del modelo de Rescorla-Wagner. La teoría ajusta todos estos gradientes de generalización de modo cuantitativo. Es interesante observar que logra su originalidad teórica al combinar ideas de varias áreas distintas: la representación que hace la teoría del muestreo del estímulo de un continuo de estímulo, la teoría de las interacciones cercanas entre estímulos de la psicofísica sensorial, y la teoría Rescorla-Wagner del condicionamiento de los elementos dentro de compuestos. La teoría logra un ajuste muy impresionante para una variedad de resultados ordenados.

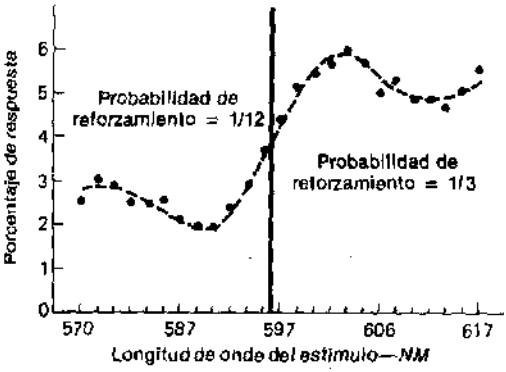


Figura 9.7. Tasas relativas de respuesta de tres palomas a llaves iluminadas que varían en longitud de onda. La línea vertical separa los estímulos de reforzamiento altos y bajos. Nótese la depresión y el pico a izquierda y derecha del borde (tomada de Blough, 1975).

Expectancia, sorpresa y condicionamiento

Las ecuaciones (1*a*) y (1*b*) proporcionan una descripción económica de muchos resultados importantes en el condicionamiento (véanse los artículos citados para otros resultados). Es evidente que la efectividad de un pareamiento reforzado depende de la fuerza de otros indicios presentados simultáneamente en el compuesto. Sin embargo, los científicos raras veces se satisfacen con las ecuaciones descriptivas; quieren calar más hondo a fin de comprender los procesos o mecanismos psicológicos que subyacen en los fenómenos que las ecuaciones describen. Se han formulado varias conjeturas teóricas acerca de los mecanismos que sustentan a la ecuación 1. En un artículo original, Kamin (1969*b*) presentó la base de una buena teoría. En relación con efecto del bloqueo que ya hemos descrito, Kamin postula que los animales aprenden mucho sólo acerca de sucesos inesperados, de aquellos que los sorprenden; si el sujeto puede predecir lo que va a ocurrir (como está en condiciones de hacerlo en la segunda fase del paradigma del bloqueo), entonces no se sorprenderá por el *EI*, y no aprende nada nuevo acerca de los predictores de éste. Según dicha hipótesis, el grado de expectativa del *EI* (o su falta de sorpresa) es la suma de sus predicciones a partir del agregado total de indicios que preceden al *EI* en un ensayo dado. El término $(\lambda - (V_A + V_X))$ en la ecuación 1 indica lo sorprendente del *EI* en un ensayo *AX* y, claramente, el aprendizaje aumenta con esta diferencia.

Para explicar estas cuestiones, Wagner (1978) recurrió a varias ideas de las actuales teorías de procesamiento de información de la memoria con el fin de proponer una teoría que racionalizara la noción de la sorpresa y la ecuación 1. Primero, en la teoría de Wagner la expectativa está coordinada con el *EC* que causa una representación ("idea") del *EI* a recuperar de la memoria de largo plazo del animal (*MLP*), y que se activa en la memoria de corto plazo (*MCP*). (Véanse las teorías acerca de la *MLP* y la *MCP* en el capítulo 13.) Wagner presupone que si la idea de un evento ya está activa en la *MCP* en el momento que éste ocurre, entonces no se produce ninguna repetición (recirculación) para el agregado de eventos *EC-EI* y, por lo tanto, no se lleva a cabo ningún aprendizaje o fortalecimiento nuevo para los eventos de este ensayo. Si, por otra parte, el *EC* no recupera la idea del *EI* y la hace entrar en la *MCP*, entonces la ocurrencia del *EI* es sorpren-

dente, y la idea-*EI* introducida en la *MCP* se repetirá con el *EC*, de modo que se forma una asociación *EC-EI*.

Aunque la teoría de Wagner es plausible en cuanto que el desajuste de la *MCP* determina la intensidad de la repetición (o consolidación), ha sido difícil comprobarlo de forma discriminativa, y sólo se ha acumulado evidencia indirecta. Terry y Wagner (1975) aparentemente han demostrado que un *EI* inesperado (descarga eléctrica) se mantiene durante más tiempo en la *MCP* que un *EI* esperado, lo cual sugiere mayor repetición en el primer caso. De modo similar, Wagner, Rudy y Whitlow (1973) encontraron que un evento pavloviano esperado interfiere menos con el nuevo aprendizaje de un episodio pavloviano temporalmente adyacente, que los eventos inesperados. Su experimento implicaba un episodio a ser aprendido (*A-EI*), seguido inmediatamente en cada ensayo por un evento esperado o por uno sorpresivo. El aprendizaje de la correlación *A-EI* requiere que este evento doble se repita y se mantenga durante un tiempo en la *MCP*. Pero si un evento sorprendente interviene pronto, exige atención y obtiene prioridad con el mecanismo de repetición; así, la consolidación del proceso crítico de aprendizaje *A-EI* en ese ensayo se terminará más rápido por un evento inesperado que por uno esperado posterior al ensayo. Estos son los resultados obtenidos, muy similares a los que se encontraron con eventos sorprendentes en la memoria humana. Sin embargo, es preferible una prueba más directa de las premisas de la repetición.

Como otra confirmación de la hipótesis de Wagner, Terry (1976) descubrió que el condicionamiento de un indicio *A* a un *EI* se demoraba mucho si, justo antes de *A*, se suministraba brevemente un *EI* anterior al ensayo (*EI-A-EI*). En teoría, esta circunstancia debería demorar al aprendizaje, porque el *EI* anterior al ensayo haría que el *EI* se representara en la *MCP* en el momento en que ocurriera el *EI* real, y por esto no habría ninguna repetición de *A-EI* en ese punto. Los experimentos de control extenso parecen excluir la distracción causada por el *EI* anterior al ensayo como explicación para la tasa disminuida de aprendizaje.

Habituación y memoria de corto plazo

Es probable que la mejor evidencia para la teoría de Wagner provenga de los experimentos acerca de la *habituación* de un reflejo a un estímulo incondicionado. Como vimos en el capítulo 1, la habituación se refiere a la pérdida gradual de la capacidad de respuesta a un *EI* que se repite asidua y regularmente. Si presuponemos que una presentación *EI* hace que una idea del *EI* se active en la *MCP* y que se mantenga por un tiempo (posiblemente al estar asociada con los indicios de fondo), entonces, según Wagner, una presentación posterior del *EI* evocaría una amplitud más débil de la respuesta incondicionada (*RI*), porque la idea del último *EI* quizá todavía esté activa en la *MCP*. Este es el modelo de Wagner de la habituación y se ajusta bastante bien a los datos. Explicaría por qué el *RI* disminuye más con las presentaciones *masivas* repetidas del *EI*, por qué hay recuperación parcial del *RI* en el transcurso del tiempo (la recuperación es parcial debido al condicionamiento de fondo del *RI*), por qué la interpolación de estímulos novedosos puede liberar una conexión habituada *EI-RI*, por qué la alternancia de los indicios de fondo (por ejemplo, la habitación de prueba) libera la habituación de un reflejo, y por qué el cambio de un *EI* que provoca una *RI* dada (cambiar polvo alimenticio por un ácido débil a fin de provocar la salivación) libera la habituación de la *RI*. La

teoría de Wagner también explica el fenómeno de la disminución condicionada de la *RI* (véase el capítulo 3, y Kimmel, 1966). Esto significa que a continuación de los pareamientos *EC-EI*, la *RI* al *EI* disminuirá cuando va precedida del *EC*, pero todavía será muy grande si el *EI* ocurre inesperadamente sin el *EC*. Esto se predice con la premisa de que siguiendo al condicionamiento, el *EC* hace que una idea del *EI* se active en la *MCP*, de modo que cuando el *EI* en verdad se presenta recibe menos reacción y procesamiento. Whitlow (1975), un investigador asociado a Wagner, publicó otras pruebas de la teoría *MCP* de la habituación. Congruente con resultados anteriores acerca de la habituación, Whitlow descubrió que cuando se hacían sonar pares de tonos, la *RI* (vasoconstricción) en el segundo tono era mayor cuando éste difería en el timbre respecto al primero. Pero el efecto de tono igual versus diferente disminuía con el paso del tiempo; también cuando una luz distractora y un estímulo vibrador se interpolaban en el intervalo entre los sonidos.

Esto sugiere que el efecto del tono igual versus diferente dependía de la memoria de corto plazo para el primer tono, y que se olvidaba al aparecer un distractor o un intervalo largo antes del segundo tono. Esto es lo esperado por la teoría de la habituación de Wagner.

Así concluimos nuestra breve reseña de la teoría de Wagner, cuya importancia reside en vincular varias áreas distintas: memoria de corto plazo, procesos de repetición, habituación, interferencia y consolidación, y condicionamiento diferencial de elementos dentro de un compuesto de estímulos de señalamiento. La variedad de fenómenos que abarca la teoría es atractiva. Sólo cabe esperar la rigurosa verificación de estas ideas.

DESAMPARO APRENDIDO

A lo largo de esta obra hemos trabajado con una premisa: el término "aprendizaje" se refiere a que el organismo adquiere conocimientos acerca de las regularidades de los eventos en su ambiente; que aprende que la presencia o la ausencia del evento *A* se correlaciona temporalmente con la presencia o ausencia del evento *B*. En el condicionamiento pavloviano, los eventos son presentaciones del *EC* y del *EI*, y la dirección de su correlación (positiva o negativa) se traduce en una expectativa excitatoria o inhibitoria. En el condicionamiento operante, los eventos son la ocurrencia de la respuesta instrumental y la presentación de un reforzador o castigo. El aprendizaje consiste en la planeación de estas contingencias de eventos dentro del cerebro del sujeto, como expectativas que modifican su ejecución.

Sin embargo, una serie de experimentos realizados por Seligman y Maier y sus colaboradores sugieren una presuposición esencial que el sujeto ha de tener a fin de que tenga lugar ese aprendizaje. La presuposición es que el sujeto debe creer que los eventos críticos están correlacionados, y que pueden aprenderse mediante la atención apropiada y el registro de los mismos en la memoria. Lo que Seligman y Maier han demostrado (Maier y Seligman, 1976) es la proposición inversa: cuando las consecuencias reforzantes son independientes de las respuestas de un organismo, éste aprende exactamente eso; es decir, que conseguirá las mismas consecuencias si responde o no, y por ello la respuesta es inútil. Este tipo de aprendizaje es metaconocimiento; es una creencia de segundo orden acerca de las

secuencias de respuesta-consecuencia; vale decir, que las consecuencias son independientes de las respuestas y, por lo tanto, no aprendibles.

Aunque la posibilidad de que los organismos puedan aprender que las consecuencias aparecen independientemente de las respuestas instrumentales parezca al lego una mera proposición del sentido común, resulta una forma novedosa de conocimiento en la teoría del aprendizaje. Además, este conocimiento opera de una manera peculiar. Una vez adquirida, la creencia en la no contingencia tiende a tener amplios e incluso devastadores efectos sobre el sujeto en futuras situaciones de aprendizaje. Los efectos son motivacionales, cognoscitivos y emocionales, como se verá a continuación.

Un experimento paradigmático fue el que dirigieron Seligman y Maier (1967); comprendía dos fases para diferentes grupos de perros. Durante la fase 1, se inmovilizaba al perro en una hamaca y se le aplicaban descargas eléctricas dolorosas e impredecibles. Algunos animales evitaban la descarga al ejecutar una respuesta de oprimir un panel; otros recibían la misma descarga que los primeros, pero no podían hacer nada para evitarlas o controlarlas. Durante el primer día, los sujetos en la situación de escape presumiblemente aprendían que la descarga era controlable mediante sus respuestas, mientras que los que permanecían en la situación de descarga inevitable aprendieron que sus respuestas no tenían influencia de ninguna clase.

Durante la fase 2, al día siguiente, cada perro recibía entrenamiento de escape-evitación de descarga en una caja con dos compartimientos, donde a la rápida respuesta a un sonido *EC* al saltar la barrera divisoria entre los compartimientos, siempre seguía la terminación del *EC* y la evitación de una inminente descarga. En esta situación, los sujetos que recibían descargas de las que podían escapar en la fase 1 aprendían prontamente a evitar el *EC*. De modo similar, los sujetos de control que no habían recibido descargas durante la fase 1 aprendían con rapidez a evitarlas. En contraste, los animales que habían recibido descargas inevitables en la fase 1 estaban prácticamente "desamparados" durante la fase 2; con frecuencia no saltaban al otro compartimiento cuando sentían la descarga; más bien permanecían inmóviles, la soportaban y gemían. No aprendieron a escapar ni a evitar la descarga. Estos animales estaban severamente debilitados, en apariencia incapaces de ayudarse a sí mismos a enfrentar la situación traumática. Como su incapacidad para actuar dependía de una historia de exposición a descargas no contingentes, de las que no podían escapar, el fenómeno se denominó desamparo aprendido (abreviado como *DA*).

Investigaciones posteriores demostraron que algo parecido al efecto del desamparo aprendido puede producirse en muchas especies, incluyendo a los seres humanos, y que ocurre para varias formas de reforzadores apetitivos así como para la estimulación aversiva. Es interesante notar que el *DA* aprendido en una situación con un reforzador se transfiere a una segunda situación con un reforzador distinto. Por ejemplo, Hiroto y Seligman (1975) descubrieron que después de haber sido expuestos a una larga serie de problemas de anagramas sin solución, en una segunda tarea los sujetos humanos fracasaban por completo al aprender movimientos simples de la mano para escapar y evitar un sonido nocivamente alto.

Maier y Seligman (1976) clasifican los efectos *DA* en tres categorías: motivacional, cognoscitivo y emocional. El déficit motivacional es el más evidente; los animales *DA* son muy lentos para *iniciar* cualquier respuesta activa con el fin de

conseguir recompensas, escapar o evitar el castigo o la frustración. Se muestran rígidamente apáticos; parece que se dan por vencidos y sólo esperan cualquier evento que su medio ambiente les depare.

Los sujetos humanos en el experimento *DA* de Thornton y Jacobs (1971) sentían que "no tenían control sobre las descargas, así que para qué intentar evitarlas".

El déficit cognoscitivo de *DA* es más sutil, pero aparece mediante los análisis apropiados.

La exposición a reforzadores o castigadores incontrolables crea dificultades para el aprendizaje incluso cuando las respuestas ulteriores tienen éxito; el animal o la persona *DA* es poco apta para percibir que acaba de controlar el evento punitivo en un ensayo exitoso. Este déficit era evidente en el trabajo inicial que mostraba fracaso en el aprendizaje de evitación de los perros *DA*. Si por casualidad uno de estos perros lograba escapar o evitar la descarga durante la segunda fase del experimento, a partir de esa experiencia exitosa no aprendía (como lo hacían los animales normales) que la respuesta eliminaba la descarga y podía controlarla. Sus experiencias *DA* anteriores, según las cuales cualquier forma de respuesta era inútil para eliminar las descargas, parecían dar lugar a una *interferencia proactiva* masiva con su aprendizaje actual de que la respuesta puede controlar las consecuencias. En otros experimentos, este déficit cognoscitivo también quedó de manifiesto en un cambio en la habilidad de los sujetos humanos después de tratamientos *DA* para estimar su grado de control de respuesta sobre si una luz roja centellearía o no en un ensayo.

Los déficits emocionales de los sujetos *DA* son clínicamente interesantes y se asemejan a aquellos que asociamos con el individuo desesperanzado, desanimado o completamente frustrado. Los perros *DA* parecen muy temerosos, introvertidos, pasivos, deprimidos y neuróticos. Los animales que recibían descargas de las que no podían escapar y que causan desamparo aprendido, también tienen severas reacciones fisiológicas de estrés. En trabajos recientes, se relaciona el desamparo aprendido con el fracaso de los métodos normales de un animal para *manejar* el estrés. Este tema reviste el suficiente interés como para que se lo examine brevemente.

El manejo del estrés

Los animales tienen una compleja variedad de reacciones internas al estrés. Pero lo devastador y debilitante que éste puede ser psicológicamente depende mucho de si el animal está en condiciones de prepararse a sí mismo para el estrés y si piensa que dispone de alguna forma de *manejarlo* cuando se presente. Se ha identificado la importancia de los mismos factores para determinar, la severidad de las reacciones humanas a las condiciones de estrés social o personal. Los experimentos de Weiss (1971*a*, 1971*b*) ilustran estos efectos con ratas que recibían frecuentes descargas eléctricas durante horas mientras estaban amarradas a una mesa. Si las descargas se producen a menudo y en momentos aleatorios e inesperados, la mayor parte de los animales desarrollan muy pronto úlceras estomacales graves. Si la aparición de las descargas se señala mediante un sonido, aparecen menos. Se dan menos úlceras no sólo cuando se presenta el aviso, sino cuando la rata también puede ejecutar una respuesta simple para evitar la descarga o escapar. Así las cosas, la disponibilidad de una respuesta de manejo parece ser un fac-

tor importante para reducir la magnitud del estrés psicológico causado por un estrés físico dado. Desde luego, precisamente esta clase de manejo es la que se ha desalentado en los animales que reciben el tratamiento de desamparo aprendido. Sin embargo, si la ejecución de la respuesta de manejo en sí implica conflicto (si a veces conduce a más descargas), la ulceración se presenta de nuevo (Weiss, 1971*b*). Weiss descubrió que los animales *DA* con estrés comían y bebían menos dentro y fuera de la situación de estrés, defecaban a menudo, perdían peso y se mostraban apáticos. El citado investigador también ha estudiado la fisiología de estas reacciones y ha descubierto que los animales con una respuesta de manejo disponible que alivia el estrés durante un periodo de descargas disminuyen los niveles de corticosterona en la corriente sanguínea y aumentan los niveles de norepinefrina (un transmisor bioquímico) en el cerebro, cosa que no hacen los animales de control sin una respuesta de manejo. En los seres humanos, las drogas que elevan la norepinefrina en la sinapsis están asociadas con la activación y con un estado de ánimo eufórico, mientras que la depresión mental se vincula con niveles bajos de norepinefrina, de modo muy parecido a los que muestra el animal desamparado durante el estrés.

Depresión clínica y desamparo aprendido

Al extrapolarlo a la situación psiquiátrica, Seligman (1975) ha considerado al desamparo aprendido como una analogía de la depresión clínica humana, e investigó sugestivos paralelismos entre pacientes neuróticos deprimidos y sujetos *DA* en el laboratorio. Así, por ejemplo, las personas deprimidas difieren de las no deprimidas en el juicio que tienen de su nivel de control de respuesta sobre los eventos. Recientemente, la teoría *DA* para los seres humanos se ha modificado mediante la adición de dos factores: 1. si al sujeto se le dice (o se le hace creer) que el éxito o fracaso de sus respuestas en una determinada tarea es cuestión de habilidad o de suerte; y 2. si el sujeto siente o no que lo que le sucede está en gran parte bajo su control ("interno") o bajo el control del ambiente ("externo"). Para la evidencia pertinente, véase el artículo de Abramson, Seligman y Teasdale (1978).

La investigación acerca del desamparo aprendido es interesante por su novedoso enfoque conceptual y por sus claras aplicaciones en la psicología clínica. Muchos psicólogos poseen teorías intuitivas o formales del desamparo y el desaliento en los seres humanos, que están estrechamente vinculadas con las ideas acerca de las habilidades de manejo, del entrenamiento de la cólera bajo estrés y de las formas de superar la depresión (Beck, 1976). Los terapeutas tienen un comprensible interés en la manera de curar a las personas del desamparo y en cómo impedir que se desanimen cuando su ambiente se vuelva brevemente no contingente. Estos temas se han estudiado (Seligman, 1975) en algunas de sus diversas facetas. En las "curaciones", por ejemplo, se hace que el paciente se dedique a alguna forma de práctica guiada abierta o de modelamiento participativo con la ejecución exitosa de la respuesta de manejo; la "inoculación preventiva" usa dosis saludables de entrenamiento contingente de respuesta controlable antes de y entre los turnos cada vez más largos de eventos aversivos no contingentes (o ineludibles).

La teoría del desamparo aprendido ha encontrado cierta resistencia entre los teóricos *E-R*, ya que éstos carecen de explicaciones simples acerca de la manera en que un animal adquiere conocimiento transituacional sobre las contingencias de

eventos. Así, la teoría *E-R* podría imaginar que un perro que recibe descargas ineludibles aprendería que las respuestas *A*, *B* y *C* que ha intentado no le permiten terminar enseguida con la descarga. Sin embargo, la teoría *E-R* no concibe ningún mecanismo que permita al perro concluir que *todas* las respuestas serán inefectivas, o que las descargas finalizan independientemente de cualquier respuesta. Además, la teoría *E-R* no imagina ningún mecanismo que transfiera esa actitud de desamparo a situaciones nuevas, de modo que obstaculice el aprendizaje con nuevas respuestas y reforzadores contingentes.

Las teorías contrarias al *DA* (Black, 1977; Levis, 1976) se basan en la noción del aprendizaje supersticioso de respuestas durante la fase de descarga ineludible del experimento de desamparo. Estas respuestas compiten o interfieren con el aprendizaje activo de la respuesta de escape o de evitación que el experimentador registra en la fase 2 de tales experimentos. (Este es un ejemplo de interferencia proactiva; véase el capítulo 6.) Así, por ejemplo, si por casualidad el animal está agazapado e inmóvil cuando la descarga ineludible termina en la fase 1, ese patrón de respuesta se reforzará y ocurrirá con más probabilidad durante la siguiente descarga; en ese momento, la inmovilización también estará presente cuando termine la descarga, y así el condicionamiento de la inmovilidad incompatible se acrecienta con rapidez. Si el agazaparse y el inmovilizarse se aprenden, entonces competirán con el acto de correr para escapar o evitar la descarga en la segunda fase, y así se observaría el efecto *DA*. Esta concepción predice que los animales que reciben el tratamiento *DA* se desempeñarán bien o mal en la segunda fase, dependiendo de la compatibilidad del agazapamiento y la inmovilización con la respuesta requerida para la recompensa en la segunda fase. Weiss y sus colaboradores informaron exactamente de estos resultados (1975); las descargas ineludibles previas *facilitan* el subsecuente aprendizaje de una respuesta mínima que requiere que una rata se agache y meta las narices en un agujero, pero interfieren con su aprendizaje subsecuente de un movimiento mayor y más complejo.

Aunque es plausible, la hipótesis de la respuesta motora no ha sido útil para explicar estos resultados. Maier y Seligman (1976) consideran ésta y otras posibles hipótesis, y argumentan su punto de vista para la teoría del desamparo aprendido. En realidad, esta es una teoría cognoscitivista, que se ocupa de las creencias que un animal tiene acerca de la controlabilidad de las consecuencias en una clase general de tareas. Como se trata de una teoría cognoscitivista, en sus postulados acerca del aprendizaje y la motivación la teoría del desamparo aprendido concuerda muy bien con otras tendencias cognoscitivistas.

MODIFICACIÓN DE LA CONDUCTA

En los últimos años, uno de los desarrollos más significativos dentro de la psicología es el avance en la aplicación de los métodos de modificación de la conducta a muchos problemas de ajuste social y personal. Algunos de estos métodos se mencionaron brevemente en los capítulos 3 y 7, en ocasión de examinar los métodos de la desensibilización sistemática y de administración de contingencia. Los métodos de modificación de la conducta se derivan de los principios del aprendizaje, y hasta la fecha se han aplicado a una gran variedad de problemas conductuales, desde las neurosis hasta los problemas de ajuste en el salón de clases, en el hogar

y en situaciones laborales. Veamos en primer término cómo un conductista concibe al desajuste como enfermedad mental o neurosis.

Según el conductismo, ¿qué es un neurótico? ¿Por qué clasificamos a una persona como anormal o mentalmente enferma? La teoría del aprendizaje (Bandura, 1969, 1971*a*; Mischel, 1971) sugiere que este juicio se basa en una comparación social de la conducta en cuestión con las normas del grupo social. El neurótico ha aprendido a comportarse de maneras que personal, legal o socialmente se desaprueban y se consideran desviadas. Por supuesto, el que una determinada conducta se juzgue desviada (si muestra o no evidencia de "locura") depende de las normas sociales del grupo que efectúa la comparación (por ejemplo, algunas formas de asesinato se aprueban durante las guerras).

La premisa del enfoque conductista es que las personas aprenden hábitos neuróticos aprenden a ser extrañas, incluso tristes. Según esta perspectiva, la función de la psicoterapia, consiste en eliminar o reemplazar la conducta desviada que causa la desdicha. Se dice que esa conducta está controlada por ciertos estímulos sociales y contingencias de reforzamiento. Para suprimir las conductas desviadas (o para sustituirlas con conductas aprobadas), el terapeuta debe encontrar los estímulos o reforzadores de control, y eliminarlos o modificarlos con el fin de extinguir las conductas desviadas o que las conductas aprobadas se fortalezcan en lugar de las primeras. El objetivo inmediato de la terapia debería ser cambiar directamente la conducta desviada.

Esta estrategia general se denomina *modificación de la conducta* o *terapia de la conducta*, y comienza a convertirse en un enfoque dominante de la conducta desequilibrada en la psicología clínica (Bergin y Garfield, 1971; Leitenberg, 1976). En la actualidad se emplea ventajosamente en el tratamiento de todo tipo de desequilibrios conductuales, en toda clase de poblaciones y situaciones institucionales. Algunos ejemplos de problemas tratados son la depresión, las fobias, las obsesiones, la drogadicción, el mutismo, el retraimiento, la hiperactividad, la autodestrucción, la ecolalia, la enuresis nocturna, los desórdenes en la alimentación; rabietas, *tartamudeo*, vómitos excesivos, insomnio, deficiencias sociales en niños autistas, hostilidad y habla extravagante. Y la lista es incompleta. De modo similar, los programas de tratamiento conductual se aplican en la psicoterapia individual y de grupo, en la administración de salas psiquiátricas, en prisiones, en hogares para delincuentes juveniles, en instituciones para niños retrasados mentales, para sordomudos y para niños mentalmente desequilibrados; en las guarderías infantiles, en las escuelas primarias, en el hogar, etcétera. El procedimiento es simple y consiste en disponer contingencias para dejar de recompensar la conducta indeseable y comenzar a reforzar las conductas deseables. Tan prosaico y trivial como suena, el hecho es que en situaciones específicas la identificación y el manejo de las variables relevantes puede ser una cuestión excesivamente sutil que requiere de cierta preparación técnica. Un problema frecuente es que los agentes socialmente importantes (las personas que rodean a un niño) no son conscientes de que están reforzando sutilmente la conducta desviada, por lo general con una "atención" solícita a la persona cuando ésta se comporta de manera desviada. Un niño autista puede golpearse la cabeza contra una pared repetidas veces. Cuando lo hace, la enfermera corre hacia él y lo abraza, en parte para impedir que se lastime. Pero si la conducta reforzante de la enfermera se programa nuevamente, de modo que ignore al niño cuando éste se golpee la cabeza, pero le preste atención y

lo abrace cuando no lo está haciendo, entonces la frecuencia de golpearse la cabeza se extingue a cero. En la bibliografía referida a la modificación de la conducta se citan numerosos ejemplos.

Características de los programas de modificación de la conducta

Las notas sobresalientes de la terapia de la conducta como modo de tratar desórdenes provienen de sus firmes raíces en las teorías conductistas del aprendizaje, más que del modelo intrapsíquico, psicodinámico, difundido por Freud y los psicoanalistas. La conducta desviada no ha de explicarse recurriendo a motivos profundos, conflictos y rasgos de la personalidad, sino por los hábitos que la persona adquiere a partir de sus experiencias sociales y su historia de reforzamientos. La meta de la terapia conductual se especifica en términos de la creación de un nuevo aprendizaje, ya sea al enseñar conductas prosociales que antes estaban ausentes o al reemplazar (o eliminar) las conductas antisociales o desviadas. Esto contrasta con las metas de la terapia psicodinámica, que consisten en ayudar al paciente a discernir acerca de sus conflictos inconscientes, a hacer que se sienta íntegro de nuevo y a estimular el desarrollo psíquico.

Los terapeutas conductuales tratan al desajuste o la neurosis como un desorden de la conducta que es aversivo para el paciente o para quienes lo rodean. Se interesan principalmente en las *conductas problemáticas específicas*, y no en una descripción abstracta de los rasgos de la persona. Por lo tanto, los terapeutas conductuales dedican largo tiempo a la evaluación objetiva de la conducta problemática antes de la terapia y durante su desarrollo. En muchos casos, el terapeuta quiere evaluar el problema conductual directamente en el ambiente social del paciente, en el lugar donde se suscita el problema. Con este propósito, los modificadores de la conducta han desarrollado una variedad de técnicas para observar y registrar las conductas problemáticas en situaciones de campo. A menudo tratan con personas en situaciones laborales o familiares actuales, o con estudiantes en una guardería infantil o en el salón de clases. Por eso han ideado formas de medir discretamente la tasa de alguna conducta meta en esa situación, y encontrar la manera de modificar esa conducta sin desequilibrar totalmente el ambiente. A grandes rasgos, los pasos de un programa de modificación de la conducta son los siguientes:

1. Especificar la conducta problemática tan objetivamente como sea posible, prestando especial atención a las situaciones en las que la conducta problema se presenta con frecuencia y a aquellas en las que se da raras veces.
2. Encontrar una manera de medir la tasa de frecuencia de una conducta problemática (lo cual depende de la naturaleza de la misma).
3. Con la ayuda del paciente y de personas que le son significativas, decidir las metas u objetivos del programa de modificación de la conducta, especificados en términos conductuales.
4. Diseñar un plan de intervención para alterar las conductas metas, incrementar aquellas que son deseables y disminuir las indeseables; esto generalmente se lleva a cabo mediante un contrato con el paciente, en el cual se describen las conductas deseadas y las contingencias de reforzamiento en términos que la persona pueda entender y con los que esté de acuerdo.

5. Después de que el plan de intervención se ponga en marcha, continuar registrando la conducta problema y mantener el monitoreo de la ejecución y el progreso del plan; si no se logra cambiar la conducta problema, es necesario modificar el plan o variar alguno de sus parámetros (por ejemplo, los valores de la recompensa); seguir experimentando hasta que aparezca la conducta deseada.
6. Una vez que la conducta problema ha cambiado para cumplir con la meta inicial, comenzar a eliminar por fases el plan de intervención, y construir la conducta de tal modo que pueda mantenerse indefinidamente mediante las contingencias en el ambiente natural y social del paciente.
7. Después de la eliminación por fases, vigilar durante meses o años, las recaídas en la conducta problemática del paciente, y, de ser necesario, proporcionar tratamientos rectificadores.

En cualquier caso determinado puede emplearse sólo un subconjunto de estos pasos, pero en principio deberían utilizarse todos. Para cada etapa del proceso se dispone de una batería de técnicas y de consejos tendientes a ayudar al practicante de la modificación de la conducta. Especificar objetivamente la conducta problema a menudo constituye un gran obstáculo, porque los legos no están acostumbrados a esta forma de caracterizar las conductas de una persona. Por ejemplo, los padres o los maestros acuden a consultar a un terapeuta de la conducta para quejarse de que un niño es agresivo o de que no coopera; de que es lento o no presta atención, y le pedirán que "lo normalice". Pero esos rótulos describen inferencias de rasgos, y no conductas, de modo que el conductista necesita que el padre, el maestro, el paciente y él mismo especifiquen el problema en términos de frecuencias de *conductas-en-situaciones* (que conducen a *inferencias* acerca de la agresividad o la falta de cooperación). Entonces, cada una de estas conductas-en-situaciones puede observarse, registrarse, y tal vez convertirse en una meta para el cambio en el programa de intervención.

Los problemas de medir y registrar la tasa de alguna conducta meta se han discutido mucho; la variedad de las circunstancias de campo a menudo crea dificultades cuya resolución requiere de cierto ingenio. Las mediciones más comunes son: el tiempo previo a la aparición de una conducta meta; su frecuencia por unidad de tiempo o por oportunidad para dedicarse a ella; su frecuencia a lo largo de un intervalo de registro especificado; la frecuencia de las muestras temporales durante las cuales ocurre: o alguna consecuencia derivada de la conducta (por ejemplo, los "aumentos de peso" se derivan de piezas de alimentos con calorías). Existen técnicas (Kazdin, 1975) para los registros de muestreo temporal de conductas múltiples de muchos sujetos (por ejemplo, varios niños en un salón de clases), y para verificar la confiabilidad de las puntuaciones. En cualquier programa de modificación de la conducta es necesario emplear alguna de estas técnicas de medición conductual; las técnicas mismas constituyen uno de los productos tangibles de la tecnología conductual.

El *plan de intervención* es aquel punto del programa en el cual los principios específicos del aprendizaje se aplican para configurar las conductas deseadas o extinguir (o reemplazar) las indeseables. La técnica más común es el reforzamiento operante: disponer contingencias para dejar de recompensar las conductas indeseables y comenzar a recompensar las deseables. El cambio puede ser muy simple, como el enseñar a un maestro a mostrar aprobación (sonreír, asentir con la cabe-

za, dar palmadas en los hombros) hacia sus estudiantes cuando le prestan atención, y a no hacerlo en caso contrario. El sistema de recompensas puede ser muy elaborado; el profesor podría distribuir fichas (fichas de póquer, puntos) de diferente valor para conductas deseables, y las fichas serían intercambiables por varios reforzadores de apoyo, como juguetes, tiempo libre para jugar o caramelos.

Las recompensas se ajustan específicamente a cada candidato. Así, una mujer puede recompensarse a sí misma con alguna actividad placentera (leer su libro favorito, bucear, bañarse en una tina de agua caliente) sólo si ese día ha fumado menos cigarrillos que un número meta. Para seleccionar recompensas, las personas dedicadas a modificar la conducta utilizan normalmente el principio de Premack. Dichas recompensas se hacen contingentes de la ocurrencia de la respuesta deseada, y por eso se dice que tales programas implican *administración de contingencia*.

Los terapeutas de la modificación de la conducta muy pronto descubrieron que el mejor administrador de contingencia es el propio paciente, si es que desea cooperar en su programa de cambio conductual. Así, se alistará y entrenará al interesado acerca de la manera de monitorear y registrar su propia conducta meta (por ejemplo, número de alucinaciones por día, cantidad de calorías consumidas), a volcarlas en una gráfica y a recompensarse o castigarse a sí mismo si ha cumplido o no con la meta fijada para ese día. Los pacientes generalmente intervienen en el diseño del contrato referido al cambio de la conducta, y estipulan lo que deben hacer para obtener recompensas específicas. También participan en las decisiones acerca del cambio de las contingencias. Este entrenamiento en automonitoreo, autorregulación y autorrecompensa es terapéutico y benéfico en tanto tiene influencia continua mucho tiempo después de que el interesado abandona al terapeuta conductual.

Más adelante (capítulo 13), se analizarán las premisas teóricas que apoyan estos procesos autorreguladores.

Técnicas familiares de modificación de la conducta

A continuación examinaremos brevemente algunos métodos de modificación de la conducta, que se ilustran con varios ejemplos. Cada uno de ellos se ha aplicado ampliamente a situaciones clínicas o de asesoramiento.

Moldeamiento

La conducta meta se va entrenando gradualmente al agregar más eslabones a la cadena o partes de la tarea. Un ejemplo sería entrenar a un niño retrasado para que se vista solo cada vez mejor, al ponerse los pantalones y abotonarse la camisa, calzarse los zapatos, atarse los cordones, etcétera. El moldeamiento también implica aumentar gradualmente el criterio para la recompensa, a medida que la conducta meta avanza. Así, se puede exigir a un niño que estudie *cada vez* más a fin de ganar más tiempo para ver la televisión: un levantador de pesas debe levantar progresivamente más peso en el transcurso de las semanas; un fumador ha de fumar cada vez menos cigarrillos durante cierto número de días para ganar su recompensa.

Extinción

Deben eliminarse todas las recompensas que podrían mantener alguna conducta inadaptada, con lo cual disminuye la tasa de esa conducta. Por ejemplo, las rabietas de un niño disminuyen si sus padres lo aíslan y lo ignoran cuando hace una; a un niño problema en un salón de clases se le puede ignorar por completo mientras se porta mal. La extinción también se utiliza para reducir el temor o la ansiedad; así, una persona con fobia a las arañas inofensivas o a las serpientes puede exponerse gradualmente a fotografías y situaciones reales que impliquen al objeto temido, y que, aunque se vean cada vez más amenazadoras, permitan demostrar que son inofensivas. Esta gradual comprobación en la realidad se denomina método de *tolerancia*, y su razón fundamental se examinó en los capítulos 3 y 4. El procedimiento puede llevarse a cabo en la imaginación del paciente, sin apoyos externos.

Reforzamiento de respuestas incompatibles

Esta técnica elimina una respuesta inadaptada al combinar el no reforzamiento para esa respuesta con el reforzamiento para una respuesta alternativa y prosocial que explícitamente compite con la inadaptada. Así, el juego agresivo entre los niños puede disminuirse si la maestra de la guardería recompensa ostensiblemente (mediante atención y aprobación) sólo el juego pacífico y amigable. A una persona que se come las uñas se le puede entrenar a que apriete los puños y se cruce de brazos cuando piense en comerse las uñas. Una persona fóbica puede ser entrenada, mediante el relajamiento muscular profundo, a permanecer tranquila cuando se expone a una interacción progresivamente amenazante con el objeto o la actividad temida. Esta técnica, denominada *desensibilización*, se basa en un principio de contracondicionamiento (veánse los capítulos 3 y 4), que afirma que el relajamiento es incompatible con la ansiedad.

Modelado

Es posible que el interesado no sepa cómo ejecutar la respuesta deseada. En tales casos, puede aprender al observar un modelo competente que establece un ejemplo y ejecuta de manera correcta la respuesta meta. El interesado intenta entonces imitar la conducta del modelo, o igualarla. Tal imitación por observación constituye una forma básica de aprendizaje, que examinaremos en el capítulo 13. Así, un hombre tímido y poco agresivo puede observar directamente a una persona que se afirma a sí misma cuando la provocan con un insulto; el hombre inseguro podría entonces intentar imitar el drástico tono de voz, el lenguaje corporal y otros aspectos visibles de la actitud de la mujer agresiva que observó.

Un niño asustado por un perro podría perder su temor al observar a un amigo que juega con el animal. La conducta modelo puede practicarse abiertamente o en privado (en la imaginación del aprendiz). En la práctica abierta, el aprendiz intenta repetir y practicar una parte o la totalidad de la conducta deseada en una situación segura (como en el consultorio del terapeuta o en el hogar, frente a un espejo). En la práctica privada, trata de verse a sí mismo en detalle mientras ejecuta la conducta deseada en la situación meta de interés (como la de imponer respeto frente a un colega altanero de la oficina). A menudo se visualizan recompensas encubiertas (de éxito) que siguen a la nueva respuesta deseada. El objetivo de ese ensayo conductual es promover la transferencia de la nueva conducta a la situación de la vida real.

Castigo

Una respuesta indeseable puede inhibirse al hacer que el castigo sea contingente a ella. Así, al aplicar un sistema de fichas, la mala conducta específica se penaliza con pérdidas de fichas o de puntos. En una guardería infantil, la agresión perturbadora se reprueba aislando al niño por un tiempo en una "habitación de enfriamiento" aburrida. Un alcohólico que desea abstenerse de la bebida puede ingerir antibuse, una droga que le hace sentir náuseas si bebe. Un fumador que desea dejar el hábito puede ser obligado a fumar muchos cigarrillos con rapidez en un armario cerrado durante 10 a 15 minutos, hasta que se sienta enfermo con tanto humo y nicotina. Una persona obesa que intenta perder peso podría castigarse privándose de un bocadillo por la noche, cuando se haya excedido de una ingestión meta de calorías durante el día. La contingencia de castigo en tales casos puede reintegrarse en la imaginación en el momento del castigo; la persona se dice a sí misma: "ahora me estoy privando de esto porque comí demasiado al mediodía". El castigo cubierto e imaginado se utiliza a menudo para complementar otras técnicas y para suprimir la conducta indeseada. Los terapeutas de la conducta son ambivalentes acerca del uso del castigo en situaciones clínicas: algunos creen que es muy efectivo en la eliminación de la conducta; otros piensan que es ineficaz y que en formas internas tiene efectos secundarios indeseables (por ejemplo, el paciente experimenta resentimiento y aversión por los agentes del cambio). Todos coinciden en que el uso ocasional del castigo en casos que pongan en peligro la vida ha recibido severas críticas en los medios de comunicación, que han empañado la imagen que el gran público tiene de las técnicas de modificación de la conducta. Por lo tanto, muchos especialistas evitan usar castigos fuertes en sus programas por razones de relaciones públicas: los medios de comunicación los han *castigado* por utilizarlos.

Control de estímulo

La conducta instigada por indicios puede controlarse al controlar a aquéllos. Así, a un fumador cuyo hábito está encadenado a la costumbre de beber café se le puede pedir (cuando intente dejar de fumar) que se abstenga del café. A la persona abrumada de estrés se le puede enviar de vacaciones; al adicto a la heroína se le puede remitir a un centro de desintoxicación o pedirle que eluda el contacto con sus amigos drogadictos. En cada caso, la persona evita indicios ambientales que fomentan la conducta problema. Además, es posible que al paciente se le tenga que enseñar a discriminar las situaciones apropiadas para una conducta de las que no lo son, lo cual es una forma de control de estímulo. Así, un supervisor quizá deba aprender a criticar a sus subordinados sólo en privado y no en público; una persona tímida, qué indicios en el semblante de otra persona sugieren que está interesada en vez de desinteresada en hablar; un delincuente juvenil acaso tenga que aprender a discriminar que las peleas son malas en la escuela pero aceptadas en el cuadrilátero de boxeo, y que las expresiones gráficas son bienvenidas en el papel pero no en las paredes de los edificios. Existen métodos estándar para el entrenamiento de la discriminación; por ejemplo, recalcar y modelar situaciones adecuadas para la respuesta, y contrastarlas con las situaciones inapropiadas, así como entregar recompensas y no recompensas de modo discriminativo para la conducta apropiada.

En términos generales, las técnicas de modificación de la conducta que hemos indicado resultan muy familiares. El ingenio de los especialistas de la conducta ha

consistido en adaptar y aplicar estos principios a las complejidades de los casos reales. En ocasiones, cuando un problema emocional se presenta por primera vez, el sentido común no parece tener una solución para el mismo. Quizá debido a la tendencia del lego a generalizar demasiado los rasgos de la personalidad del paciente problema, el caso se presente como un cuadro global, confuso, pesimista y contraproducente. La habilidad de quien está capacitado para la conducta reside en atravesar esas capas de impresiones erróneas, conclusiones negativas y frustraciones, y volver a definir el problema en términos de conducta inapropiada, al cual se le pueden aplicar programas positivos. El efecto de estas acciones afirmativas, que atacan por sorpresa una situación de mucho tiempo de frustración interpersonal y desamparo, tiene un gran valor terapéutico: la esperanza renovada de un cambio real galvaniza al paciente y a las personas que lo rodean, y lo ayudan a tomar medidas positivas para mejorar la situación. El frecuente resultado de un programa de modificación conductual no consiste sólo en que el cliente se supere, sino que también mejoren sus relaciones con aquellos que lo rodean (padres, maestros, compañeros).

Alcance y evaluación de las prácticas de modificación de la conducta

Los procedimientos de modificación de la conducta se han infiltrado y ejercen su influjo en prácticamente todos los aspectos de la salud mental comunitaria, desde los cursos de automejoramiento o ajuste personal para individuos normales hasta terapia intensiva y radical con psicóticos graves o personas patológicamente desequilibradas. Uno de los autores de este libro —el que aparece en primer término— suele dar clases en un seminario en el cual los estudiantes universitarios aprenden y aplican las técnicas de modificación de la conducta para cambiar su propio comportamiento o el de algún amigo. Ciertas conductas son de sumo interés para los universitarios: mejorar los hábitos de estudio, la concentración, las habilidades sociales; blasfemar, beber o fumar menos, ahorrar dinero, perder peso, hacer más ejercicio, disminuir la ansiedad que traen consigo los exámenes, vencer el miedo a la oscuridad, eliminar el temor a las inyecciones, dejar de comerse las uñas y suprimir los tics nerviosos, reducir la depresión y la soledad, etcétera. Los problemas parecen nimios pero tienen una gran importancia personal. Los cursos de modificación de la conducta son muy comunes en las universidades, y las técnicas se han difundido considerablemente. De modo similar, esos cursos a menudo se imparten para el personal de las clínicas psiquiátricas, hospitales, centros de orientación vocacional, reformatorios, prisiones, e instituciones para retrasados mentales y personas aquejadas de desequilibrios emocionales. Además, muchos psicólogos clínicos y psiquiatras están entrenados en el uso de las técnicas de modificación de la conducta, así como en procedimientos psicodinámicos más tradicionales. Los procedimientos de modificación de la conducta se han aplicado a todos los problemas psiquiátricos, y las investigaciones en las que se comparan métodos diferentes aparecen en revistas como *Behavior Therapy, Behavior Research and Therapy* y *Journal of Applied Behavior Analysis*.

¿Es efectiva la terapia de la conducta? La cuestión global se divide en múltiples preguntas: con qué otras terapias debería compararse; cuáles tendrían que aplicarse y qué padecimientos psiquiátricos; cómo y cuándo debería evaluarse el me-

joramiento, etcétera. Las complejidades de estos temas se analizan en un volumen de Kazdin y Wilson (1978), quienes señalan por qué la evaluación global resulta difícil (por ejemplo, la expresión "terapia de la conducta" no designa un tipo uniforme de tratamiento). Sin embargo, con las calificaciones y los límites debidos, se puede llegar a la conclusión de que la terapia de la conducta es muy eficaz en el mejoramiento de la salud mental de los pacientes, tanto en su propio terreno como en comparación con terapias no conductuales. Las características distintivas de la terapia conductual son las siguientes:

1. Traducción del problema a términos conductuales y establecimiento de objetivos conductuales para el tratamiento.
2. Se pone el acento en el aprendizaje de conducta nueva para mejorar el problema presente en vez de intentar descubrir las causas pasadas del comportamiento actual.
3. Énfasis en la intervención explícita en la vida del paciente, instigándolo a que altere su ambiente social, disponga nuevas contingencias de reforzamiento; menor importancia a la ingestión de medicamentos, a la aplicación de tratamientos de choque o a las operaciones en el cerebro.
4. Se concentra en la evaluación, cambio y monitoreo de las conductas que constituyen el problema; la máxima es: "el síntoma es el problema, curemos el síntoma".
5. Aplicación de cualquier técnica terapéutica que parezca adecuada, modificando aquellas que no son efectivas en un caso dado (el terapeuta es responsable de ayudar al paciente).
6. Empleo de profesionales auxiliares o no profesionales del sistema de apoyo social del paciente para que lo ayuden en su programa de cambio; la meta consiste en cambiar la conducta problema en el ambiente real donde ocurre, no en el consultorio del terapeuta.

Estas características contrastan con la concepción que el lego tiene acerca de los tratamientos para las enfermedades mentales; la terapia conductual está muy alejada del psicoanálisis. En el escenario común del psicoanálisis el paciente se dedica a la asociación libre tendido en el diván del psicoanalista, tratando de descubrir conflictos reprimidos e inconscientes, y discernir las raíces de los traumas remotos en su vida. Los psicoanalistas esperan que tales discernimientos curen al paciente de cualquier síntoma conductual que padezca. Los terapeutas de la conducta se enfrentan al enfoque psicodinámico y lo discuten prácticamente en todos sus aspectos: en la teoría de la enfermedad mental, en sus métodos de evaluación (tarjetas de Rorschach versus inventarios de la situación-conducta), y en el contenido y los métodos de la psicoterapia. La tendencia y la evidencia actuales parecen inclinarse claramente por una terapia conductual liberalizada (cognoscitiva). El estatus cada vez más alto de la terapia conductual en contraposición a la terapia psicodinámica tradicional ciertamente ha constituido una de las principales revoluciones en la psicología, que la teoría conductista del aprendizaje ha fomentado y apoyado. Los movimientos más recientes pugnan por una síntesis de los enfoques conductual, cognoscitivo y psicodinámico de la neurosis y de la terapia (Goldfried, y Davison, 1976; Wachtel, 1977). Sin lugar a dudas, esta es la directriz que guiará a los futuros trabajos.

OBSERVACIONES FINALES

Es prácticamente imposible intentar la elaboración de una síntesis que abarque todos los temas examinados en este capítulo, junto con los pronósticos en torno al futuro. No sabemos cómo hacerlo, y dudamos que pueda lograrse de una manera intelectualmente honesta y, sin embargo, satisfactoria. La tendencia analítica de la psicología experimental moderna ha tenido demasiado éxito al descomponer el estudio del aprendizaje en diversos subcampos y especialidades. Éstas se ocupan de sus problemas particulares con dedicación y penetración, pero lo hacen casi independientemente unas de otras. Las modificaciones conductuales producidas por la experiencia (aprendizaje) constituyen un gran tema de estudio, en el cual cabe esperar la especialización, que incluso puede ser necesaria para que los investigadores descubran la infinidad de hechos con los que se construye una ciencia compleja. Desafortunadamente, aún está lejano el día en que pueda hablarse de generalidad completa en psicología.

Los temas de este capítulo representan sólo algunas de las numerosas tendencias en la investigación contemporánea dentro de las teorías conductista-asociacionistas. Uno de los desarrollos interesantes al que le hemos dedicado cierto espacio es el de las aplicaciones prácticas de los principios del aprendizaje a los problemas clínicos humanos, como el uso de la biorretroalimentación en la medicina conductual, o la terapia de la conducta en el tratamiento de las psiconeurosis. Aunque estas son aplicaciones de ingeniería de principios básicos, las situaciones clínicas de prueba han demostrado ser interesantes por derecho propio, y también son muy valiosas al retroalimentar información correctiva para las teorías básicas y la experimentación. Una segunda tendencia, en parte pronosticada en este capítulo, es un fuerte movimiento de las teorías del condicionamiento hacia una rama cognoscitivista, de estímulo-estímulo, del asociacionismo, para alejarse de la teoría de estímulo-respuesta. Esta tendencia, que se sugiere en los capítulos iniciales mediante fenómenos como el precondicionamiento sensorial, la memoria de corto plazo en los animales, el automoldeamiento (o rastreo de signo), y la teoría Rescorla-Wagner de la asociación, se describirá más profundamente en los siguientes capítulos acerca de las teorías cognoscitivistas del aprendizaje. En los últimos años, los psicólogos que trabajan en el aprendizaje se han sentido más atraídos por la teoría cognoscitivista que por la de *E-R*.

El examen de los subtítulos de este capítulo (control voluntario, reforzamiento, la ley del efecto, la extinción, las leyes del condicionamiento pavloviano, la habituación) a primera vista puede sugerir que los psicólogos han estado ocupándose de los mismos antiguos problemas casi desde que su profesión fue reconocida. Un crítico interpretaría esta circunstancia de forma negativa, en el sentido de que no se ha progresado en la solución de estos problemas, ya que todavía persisten. La observación puede ser correcta, pero la interpretación no lo es. Cada uno de los términos que empleamos tiene un alcance considerable y es meramente un subtítulo conveniente que resulta útil para clasificar y ordenar el volumen de conocimientos de investigación, leyes, teorías e hipótesis a pequeña escala que se han reunido acerca de una clase particular de fenómenos conductuales, que presumiblemente revelan procesos o capacidades fundamentales de algún organismo. A medida que se afinan nuestras técnicas para el manejo y el control de la conducta, adquirimos los medios para generar patrones conductuales genuinamente novedo-

sos, algunos nunca antes encontrados exactamente de esta forma. Mientras se desarrolla el trabajo, la extensión o el alcance de un término antiguo se amplía para cubrir nuevos fenómenos.

En un sentido fundamental, los problemas globales de una ciencia particular raras veces cambian, y la noción de que pueden resolverse resulta inaplicable e ingenua. Para citar un ejemplo, "el comprender la naturaleza de la materia" era un problema que Aristóteles planteó a la física, y en la actualidad todavía constituye un problema central para la física moderna. Pero miles y miles de pequeñas submetas se han planteado y han muerto, se han hecho progresos, y éstos a su vez han generado y continuarán generando otras submetas, preguntas y búsquedas de respuestas. La ciencia es una empresa continua, sin final, ya que cada buena respuesta habrá de plantear interrogantes más profundas. Lo que es válido en las ciencias físicas se aplica también al estudio de la memoria, la motivación, el olvido o cualquiera de los problemas clásicos de la psicología.

El juego de la ciencia es infinitamente más complicado que el ajedrez, aunque comparte los mismos elementos de habilidad, planeación estratégica y atractivo. Un problema general origina muchos subproblemas, cada uno de los cuales a su vez da lugar a otros, que se dispersan con rapidez para formar un enorme árbol de pequeños problemas, donde *ninguno* en verdad se termina. Hay pocos criterios para evaluar el valor o la importancia de obtener una respuesta parcial a un subproblema dado, ya que la meta de la empresa total nunca está claramente definida. En el mejor de los casos, el objetivo se concibe en términos de "comprender" el problema o satisfacer nuestra curiosidad. Muchas ramas del árbol se exploran vigorosamente durante un tiempo y luego se abandonan por falta de satisfacciones para el investigador, ya sea porque los resultados se comprendieron muy poco o demasiado bien (hasta que aparezcan nuevas dudas).

¿Cómo puede evaluarse el progreso en ese árbol de investigación que cambia continuamente? El único criterio que puede aventurarse es la profundidad lógica de la búsqueda: el número de subproblemas que se han definido e investigado con mayor claridad, o tal vez reemplazado o pasado por alto a fin de investigar problemas más "fundamentales", etcétera. Mediante tales criterios, se obtuvo un grado considerable de progreso en la investigación del aprendizaje. Estamos abrumados de problemas que no sabemos cómo resolver, y su número parece multiplicarse diariamente.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Los siguientes libros de texto y las colecciones editadas proporcionan resúmenes detallados de distintas tendencias de la teoría de la conducta:

Black, A. H. y Prokasy, W. F. (dirs.), *Clasiccal conditioning II. Current Theory and research*, 1972.
Bower, G. H., (dir.), *The psychology of learning and motivation*, volúmenes anuales.
Catania, A. C., *Learning*, 1979.
Estes, W. K., (dir.), *Handbook of learning and cognitive processes*, vols. 1-5, 1975-1978.
Honig, W. K. y Staddon, J. E. R., (dirs.), *Handbook of operant behavior*, 1977.

Leitenberg, H. (dir.), *Handbook of behavior modification and behavior therapy*, 1976.
Logan, F. A. y Farraro, D. P., *Systematic analyses of behavior*, 1978.
Mackintosh, N. J., *The psychology of animal learning*, 1974.
O'Leary, K. D. y Wilson, G. T., *Behavior therapy: Application and outcome*, 1975.
Rachlin, H., *Behavior and learning*, 1976.

Segunda parte

Teorías cognoscitivo-organizacionales

10

Teoría de la Gestalt

Durante el primer cuarto de siglo, en los Estados Unidos las polémicas en el seno de la psicología académica se llevaban a cabo principalmente en el contexto de la psicología asociacionista. El estructuralismo, el funcionalismo y el conductismo pertenecían a esta familia de la asociación. Constituyen ejemplos de la operación de una metodología *empirista* de la ciencia, donde la acumulación de hechos supuestamente conduce a una adecuada concepción de la naturaleza. Esta complacencia fue perturbada por la nueva doctrina de la Gestalt, que influyó en las primeras teorías estadounidenses del aprendizaje con la publicación de las obras de Wolfgang Köhler: *The mentality of apes* (1925), y de Kurt Koffka: *The growth of the mind* (1924). La teoría de la Gestalt había comenzado a desarrollarse en Alemania desde que la anunciara Max Wertheimer en 1912, pero estos libros y las visitas de Köhler y Koffka a los Estados Unidos cuando se publicaron, originaron que los psicólogos estadounidenses se interesaran vivamente en este enfoque. La teoría de la Gestalt es uno de los pocos ejemplos de una construcción *racionalista* en psicología. Los gestaltistas empiezan con ciertas ideas bastante abstractas acerca de la naturaleza de la percepción y del pensamiento, y la estructura de la experiencia psicológica; pasan entonces a *interpretar* las observaciones familiares en términos de estos nuevos conceptos, y disponen *demostraciones* sorprendentes de la operación de las supuestas fuerzas organizacionales a las cuales se refiere su teoría.

Debemos recordar que los psicólogos de la Gestalt se interesaban fundamentalmente en la percepción y en los procesos de resolución de problemas. Al aprendizaje se le consideraba como un fenómeno secundario y derivado, sin ninguna atracción especial; lo que se aprende es producto de las leyes de la organización perceptual, y está determinado por ellas; lo que se ejecuta depende de la manera en que la mente, utilizando sus procesos actuales de resolución de problemas, analiza la estructura de la situación presente y hace uso de las huellas de experiencias pasadas. Es fácil ver por qué, con esta orientación, los gestaltistas se abocaron a realizar experimentos acerca de la percepción, pero relativamente pocos trabajos

relacionados con el aprendizaje *per se*. A pesar de ello, examinaremos los estudios que han efectuado alrededor del aprendizaje.

Las fuertes tendencias del condicionamiento y del aprendizaje animal de la psicología estadounidense inicial obligaron a los gestaltistas a emprender sus discusiones y controversias dentro del campo del aprendizaje animal, y en torno a los problemas inherentes a su interpretación, que acaparaban la imaginación de los psicólogos de aquella época. Por lo tanto, a partir de esta primera importación a los Estados Unidos, la psicología de la Gestalt tuvo que defenderse en un territorio científico extraño.

Por ejemplo, los libros de Koffka y de Köhler han tenido una importante repercusión en la teoría estadounidense del aprendizaje, debido a su crítica detallada del aprendizaje efectuado por el método de ensayo y error, como Thorndike lo concebía, una estocada directa al corazón de la teoría en boga por aquella época. El vigoroso ataque a Thorndike (y al conductismo) se sustentaba en los experimentos bien conocidos de Köhler con monos, que se describen detalladamente en su libro. La obra de Köhler puso en primer plano la noción del aprendizaje por discernimiento como una opción al método de ensayo y error. Demostró la forma en que los monos podían obtener recompensas sin necesidad de pasar por el laborioso proceso de eliminar las respuestas erróneas y registrar las correctas, como se requería en las teorías de Thorndike y se mostraba en sus curvas del aprendizaje con gatos. Los monos podían usar varas y cajas como herramientas, y también desviarse de la meta de la actividad a fin de proveerse de los medios para lograr un propósito.

Los experimentos de Köhler acerca del discernimiento

Los experimentos de Köhler con monos se realizaron desde 1913 a 1917 en la isla de Tenerife, frente a las costas occidentales de África. Su libro acerca de estos experimentos se publicó en inglés en 1925 (Köhler, 1917) y alcanzó una popularidad inmediata. Los psicólogos estadounidenses se interesaron en dos series de experimentos relacionados con los problemas de discernimiento de que Köhler informaba: los problemas con cajas y los problemas con varas.

En la situación de una sola caja, por ejemplo, se ataba un plátano como señuelo al techo de la jaula del chimpancé. El señuelo está fuera del alcance del mono, pero éste puede tomarlo subiéndose a una caja y saltando desde ella. Se trata de un problema difícil para el simio, y sólo Sultán (el mono más inteligente de Köhler) logró resolverlo sin recibir ninguna ayuda, mientras que otros seis animales pudieron hacerlo después de recibir ayuda, ya sea al poner la caja debajo del alimento o luego de observar a otros monos usar la caja. El problema no se solucionó con la mera imitación directa. El efecto de observar a otros animales que utilizaban la caja fue lograr que el observador la empleara como trampolín, pero en ocasiones sin hacer esfuerzo alguno para acercarla al señuelo. Cuando el problema se dominaba, el chimpancé solo en una jaula con la caja y el plátano se alejaba de la meta para buscar la caja y colocarla en la posición adecuada. Según Köhler, esta característica de "desviación" de la conducta de discernimiento es una de las más importantes.

El problema de apilar cajas, que consiste en colocar dos de ellas, una sobre la otra, a fin de alcanzar el plátano, es mucho más difícil. Requiere de la inclusión de

la segunda caja en el patrón de solución, y un dominio del problema de construir una estructura estable con dos cajas. Aunque por lo común en las apreciaciones secundarias de los trabajos de Köhler se destaca la inteligencia que mostraban los monos, él mismo se encuentra en apuros cuando debe explicar el grado de aparente estupidez de los animales. Por ejemplo, en el experimento de apilar cajas creía que los monos habían mostrado discernimiento en la relación de "una caja encima de la otra", pero no en la naturaleza de una estructura estable de dos cajas. Esa estabilidad física, tal como se adquirió en estructuras posteriores, fue en esencia una cuestión del método de ensayo y error.

Los problemas con las varas requieren del uso de una o más herramientas para obtener la comida que se encuentra fuera del alcance del animal, al otro lado de las rejas de la jaula. El inicio del discernimiento ocurre a medida que la vara entra en juego, en algunas ocasiones sin éxito, como cuando el mono la arroja hacia el plátano y la pierde. Una vez que la ha usado con provecho, el simio la busca y la utiliza con celeridad. El experimento más ilustrativo fue un problema dominado por Sultán, en el que finalmente insertó una vara en otra, como una caña de pescar acoplada, a fin de alcanzar un plátano que no podía alcanzar con una sola vara. El proceso fue lento, y la primera colocación de las dos varas juntas pareció ser más o menos accidental; sin embargo, una vez que Sultán observó ambas varas en esta relación, logró "captar la idea" y repetir varias veces la inserción de una dentro de la otra, hasta alcanzar el plátano distante.

La interpretación que Köhler proponía de esa ejecución era que sus chimpancés estaban realizando intentos inteligentes en la resolución de problemas; que cuando el simio se enfrentaba con una dificultad podía repasar las condiciones relevantes, tal vez pensar en el probable éxito de un acto dado, y entonces comprobarlo como una posible solución al problema. Köhler se interesaba principalmente por la manera en que sus monos podían de repente "ver" el valor instrumental de una herramienta (la vara como una extensión del brazo), como medio para alcanzar el objetivo. Debido a estas interpretaciones perceptuales de las experiencias "Eureka", se les denominó experimentos de *discernimiento* mientras la repetición del acto exitoso a raíz del discernimiento se llamó *aprendizaje por discernimiento*.

Aunque los ataques de Köhler y de Koffka estaban básicamente dirigidos a Thorndike, tuvieron lugar en una época en que la psicología estadounidense estaba apresada por un conductismo seguro pero algo estéril. A esta distancia histórica es difícil determinar por qué una noción tan familiar y con tanto sentido común como el discernimiento en el aprendizaje o resolución inteligente de problemas, fue capaz de crear tal conmoción. Pero en esa época, el conductismo watsoniano había ganado apoyo para un punto de vista bien elaborado del aprendizaje, según el cual el organismo era manejado por los empujones y tirones del ambiente, y reaccionaba de formas esencialmente estúpidas. La doctrina conductista se inclinaba a no atribuir procesos mentales superiores a los animales o al ser humano, a no ser que se viera obligada a hacerlo como último recurso. Por lo tanto, el retorno a una opinión más equilibrada, representada por los experimentos de discernimiento, dio renovadas esperanzas a los maestros y a todos aquellos que veían que el pensamiento y la comprensión recobraban su respetabilidad. El discernimiento no constituía un descubrimiento, sino que significaba el regreso a una concepción que el lego nunca había abandonado. Nadie influido por doctrinas particulares podría haber negado jamás la realidad del discernimiento, pero es curioso que a Köhler le

haya tocado restaurarlo como tal en la psicología estadounidense. En algunos aspectos, era el momento propicio para un cambio, y los experimentos de Köhler pusieron de relieve la liberación de las negaciones por parte del pensamiento de Thorndike y de Watson.

No es sorprendente que la recepción más entusiasta a las nuevas teorías del aprendizaje haya provenido de los educadores.[1] Ya se había producido un distanciamiento entre Thorndike y el grupo más avanzado dentro de la educación, que bajo el liderazgo de Dewey ahondaba mucho más que Thorndike en lo que toca a la capacidad del individuo para plantear y resolver sus propios problemas. El niño aprende al comprender la estructura de un problema, no mediante la repetición incansable de una fórmula incomprensible. La nueva doctrina del discernimiento se puso verdaderamente a la altura de su lema de liberación de la inteligencia para la actividad creativa.

La visible oposición entre Köhler y Thorndike se refería al discernimiento y al método de ensayo y error; es decir, al aprendizaje inteligente en contraste con la búsqueda a ciegas. Pero la oposición entre la psicología de la Gestalt y la psicología de la asociación es mucho más profunda. A fin de comprenderla, es necesario examinar a fondo las concepciones del primer enfoque.

Hay un gran número de variantes entre el movimiento de la Gestalt y aquellos otros fuertemente influidos por las concepciones de la misma. Köhler y Koffka fueron los más próximos a Wertheimer, el fundador oficial de la escuela, de manera que este capítulo está dedicado al análisis del tratamiento que ambos investigadores dan aprendizaje. Lewin, aunque originario de Berlín y definitivamente dentro de la línea, comenzó nuevos trabajos. Estos cuatro hombres, de origen alemán, terminaron por establecerse en los Estados Unidos, donde murieron. Todos ellos fueron líderes de lo que históricamente se conoce como la psicología de la Gestalt.

El tratamiento más sistemático y completo de los problemas del aprendizaje desde el punto de vista de la Gestalt se encuentra en la obra de Koffka: *Principles of gestalt psychology* (1935). El texto se escribió después de un periodo de aclimatación en Estados Unidos, y por eso se ajusta un poco mejor que las obras anteriores a los intereses de los psicólogos estadounidenses. La mayor parte de las referencias directas se refieren a esta fuente.

PRIORIDAD DE LA PERCEPCIÓN EN LA TEORÍA DE LA GESTALT

La psicología de la Gestalt se inició y obtuvo sus mayores éxitos en el campo de la percepción. Sus demostraciones del papel del fondo y la organización sobre los procesos percibidos fenomenológicamente son tan convincentes que sólo un opositor más que obstinado desvirtuaría sus logros. El ataque central a la teoría de la asociación se enfocó sobre la *teoría del haz de sensación* la cual sostiene que una percepción se compone de un haz de elementos de tipo sensorial, vinculados entre sí por la asociación.

[1] El traductor de Koffka (1924) fue un psicólogo educador, R. M. Ogden.

Cuando los psicólogos de la Gestalt se abocaron a los problemas del aprendizaje, el equipo utilizado para estudiarlo fue el que les había resultado útil en el campo de la percepción, y los argumentos que antes habían esgrimido en contra de la sensación se volvieron en contra del reflejo. Los psicólogos gestaltistas se han interesado moderadamente por el aprendizaje, a pesar de la atención que merecieron los experimentos de Köhler con simios. Esto no significa que sus pocos trabajos carezcan de importancia, sino que se ha considerado que los problemas del aprendizaje son secundarios si se los compara con los de la percepción. Es posible que en Estados Unidos ocurra lo contrario, y al habernos preocupado por el aprendizaje hayamos descuidado la relación entre los dos campos.

El punto de partida del tratamiento Gestalt del aprendizaje es la premisa de que las leyes de la organización en la percepción son aplicables al aprendizaje y a la memoria. Lo que se almacena en la memoria son huellas de cuentos perceptuales, y como las leyes organizacionales rigen la estructura de las percepciones, también determinan la estructura de la información que se establece en la memoria. En el caso del aprendizaje por ensayo y error, en el cual el aprendiz se enfrenta a algún problema (por ejemplo, escapar de la caja problema), la teoría de la Gestalt asigna una gran importancia a la forma en que el sujeto estructura o "ve" la situación problemática, y aún sobresaliente en la acción correcta dentro de esa estructura. Así, la facilidad o dificultad del problema es en gran parte una cuestión de percepción. En este sentido, a los monos de Köhler se les presentaban problemas perceptuales; si literalmente "veían" la situación de modo correcto, tenían discernimiento.

Las leyes de la organización perceptual

A continuación describiremos algunas de las leyes de la organización perceptual como fueron propuestas en su forma inicial por Wertheimer en un artículo clásico (1923, traducido y publicado en inglés en 1938). El investigador describe ciertas variables de estímulo que rigen el modo en que agrupamos determinados estímulos y, por lo tanto, la forma en que estructuramos o interpretamos de cierta manera un campo visual. Wertheimer menciona un cierto número de factores subsidiarios, pero aquí sólo veremos los factores de figura-fondo, proximidad, similitud, dirección común y simplicidad. Los gestaltistas se han esforzado por formular una ley más general que estipule las características comunes de estas leyes subsidiarias del agrupamiento. Esta formulación se denominó ley de la *Prägnanz* (que no se traduce como "preñez" sino como "compacto y significante"), la cual establece que la organización psicológica (léanse "agrupamientos perceptuales") tiende a las "buenas gestalts" o "buenas figuras", como lo determinan las leyes subsidiarias, y que esta organización tiene las propiedades de regularidad, simplicidad, estabilidad en el transcurso del tiempo, etcétera. Aunque Köhler y Koffka trataron de explicar la operación de esta ley de *Prägnanz* en términos de distribuciones dinámicas de campos de energía en el cerebro, las generaciones subsiguientes consideraron que tales explicaciones son relativamente cortas (Madden, 1962), y no se comentarán en este lugar. Sin embargo, intentaremos ilustrar cómo se ha usado o cómo puede aplicarse cada ley perceptual en un experimento de aprendizaje.

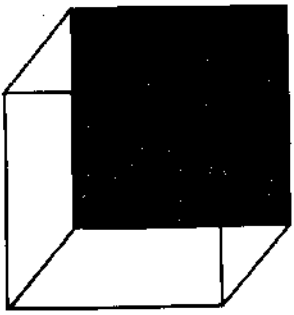


Figura 10.1. El cubo de Necker, una ilusión diseñada en 1832 por el naturalista suizo L. A. Necker. Obsérvese que la superficie sombreada puede aparecer como la superficie frontal o posterior de un cubo transparente.

1. Relaciones de figura-fondo

La distinción más primitiva del sistema perceptual humano es la que se efectúa entre la figura y el fondo. Así, las palabras de esta página son figuras contra el fondo del espacio en blanco que los rodea. La figura es aquello en lo que se enfoca la atención: resalta y es más notable o sobresaliente que el fondo. Generalmente, una figura visual se define por los contornos o discontinuidades de una brillantez o color diferentes respecto al fondo. En algunos casos, lo que son la figura y el fondo en una escena dada resulta ambiguo, y el sujeto que percibe puede organizarlos de cierta manera, y entonces cambiar y verlos de otra. El cubo de Necker que se presenta en la figura 10.1, es un ejemplo familiar de una figura ambigua; en él la cara frontal se convierte en la del fondo cuando el sujeto que observa la reorganiza espontáneamente. Otra figura reversible es la que aparece en la figura 10.2, que puede verse como las siluetas de dos caras o como una copa de vino.

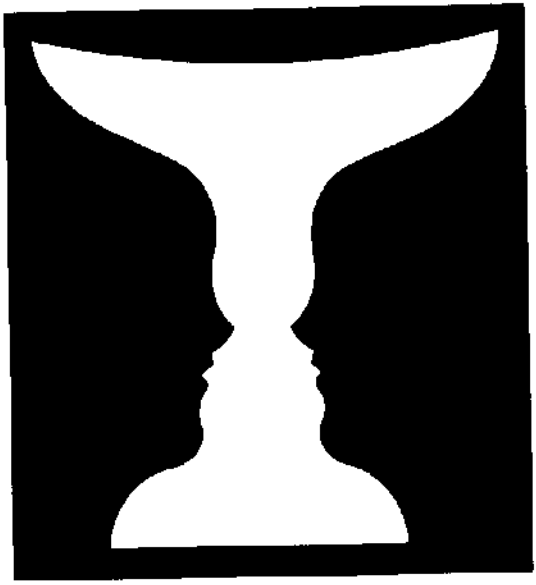


Figura 10.2. Figura y fondo reversibles. Obsérvese que tanto la parte clara (la copa) como la oscura (los dos perfiles) pueden percibirse como una figura contra un fondo.

Para los estudios del aprendizaje la importancia de la figura-fondo reside en que la gente aprende básicamente acerca de la figura en la que concentra la atención, y no acerca del fondo. Las instrucciones que se les dan a los sujetos humanos a menudo influyen en lo que se convierte en una figura importante. Si se les dice que aprendan pares de palabras presentadas en diferentes tarjetas de colores, los sujetos por lo general aprenden relativamente poco acerca del color, ya que no le han prestado atención y no se lo han repetido como "perteneciente" al par de palabras en cada tarjeta. De modo similar, si un sujeto organiza un cuadro ambiguo —por ejemplo, el de la figura 10.2— como una copa de vino, no lo reconocerá si en un ensayo de prueba posterior lo organiza como siluetas de caras. En otras palabras: su recuerdo de esa experiencia inicial no es la del cuadro "en bruto y no analizado", sino el de una interpretación figurativa de una copa de vino. Este fracaso de la memoria de reconocimiento con interpretación perceptual alterada de un estímulo se demostró en los cuadros de Rubin (1921), y de Wiseman y Neisser (1971), y para sonidos naturalistas ambiguos por G. H. Bower y Holyoak (1973). Lo importante es que los objetos *interpretados perceptualmente* —y no los estímulos en bruto— son los que se aprenden, y por eso es crítica la similitud de los procesos perceptuales a lo largo del aprendizaje y durante la retención.

2. *La ley de la proximidad*

Los elementos de un campo tienden a agruparse de acuerdo con su cercanía o proximidad. Cuanto más cerca se encuentren dos elementos, mayores probabilidades tienen de agruparse. En la figura 10.3 se muestran varias ilustraciones realizadas con puntos. En (*a*), los grupos se perciben en conjuntos de tres, como *abc/def/ghi*, en vez de otro agrupamiento como *ab/cde/fgh*. En (*b*), agrupamos los elementos como tres hileras de tres puntos en vez de tres columnas de puntos. En (*c*), agregamos los puntos en grupos *a/bcd/efghi/jklmnop* con base en sus proximidades relativas.

Esto ilustra el factor de la cercanía con estímulos visuales distribuidos en el espacio. Pero también podemos definir la proximidad con estímulos auditivos discretos distribuidos en el tiempo. Al tocar un tambor, se notarán grupos auditivos que emergen como resultado de la alternancia de intervalos temporales breves y largos ("proximidades") entre los golpes. Estos conjuntos elaborados en jerarquías

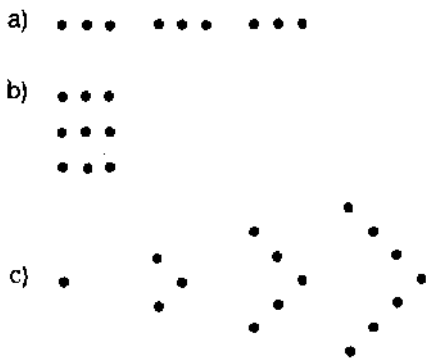


Figura 10.3. Ilustraciones de la proximidad como factor de agrupamiento.

complejas de agrupamientos dentro de agrupamientos constituyen la base del ritmo musical.

Las ilustraciones con puntos y golpes en el tambor demuestran la ley con estímulos relativamente neutrales o carentes de significado. Pero este factor de la proximidad está en uso constante cuando nos comunicamos mediante la lectura, la escritura o el habla. *Escuchamos* ("organizamos") el lenguaje como una serie de palabras distintivas con pausas entre palabras y oraciones, aun cuando un espectograma muestre una corriente casi continua de sonido (que *es* la forma en que oímos un idioma extranjero desconocido). En la lectura se usan espacios entre las palabras a fin de se-gre-gar-las-pa-la-bras-en-u-ni-da-des, y la misma se complica cuando se rompe esta segregación. Las hileras de palabras o siglas familiares tal vez ni siquiera se reconozcan si se le presentan al sujeto con rapidez, agrupadas en unidades nuevas. En las investigaciones acerca de la memoria dirigidas por G. H. Bower y Winzenz (1969), y por Bower y Springston (1970) hay ejemplos del uso de este factor de agrupamiento. Estos últimos experimentadores hicieron que sus sujetos (estudiantes universitarios) recordaran inmediatamente un número de serie de 12 letras que se les leían de acuerdo con una estructura particular de pausas. Con guiones que indican pausas temporales, una serie típica para recuerdo podría ser *IC-BMF-BIJ-FKCO*. Un aspecto importante es que los grupos definidos por la pausa tienden a comportarse en el recuerdo como unidades de todo o nada; es decir, la persona tiende a recordar todo el bloque o nada de él. Esto significa, por ejemplo, que la *J* en el tercer bloque está mucho más vinculada (o asociada) a la *B* y a la *I*, que a la *F* que la sigue en orden. Bower y Springston (1970) demostraron también que el recuerdo de una serie de letras era mucho mejor si las pausas se segregaban en siglas familiares. Así, la serie anterior se recordaba mejor si se presentaba según la estructura de pausas *ICBM-FBI-JFK-CO*, en la cual los grupos definidos por la pausa ("perceptual") corresponden a siglas familiares que la persona ya conoce.

Ya hemos encontrado antes a esta ley del agrupamiento disfrazada bajo el principio de la pertenencia, de Thorndike. Dos eventos se asociarían sólo si se corresponden, y uno de los determinantes de esta pertenencia de *A* con *B* es que los dos ocurren próximos en el tiempo o en el espacio.

Por ejemplo, supóngase que a un estudiante se le dice que aprenda el siguiente material:

CUF-NUX
PEL-JER
DEQ-PEM
SOQ-RIL

En pruebas posteriores se descubrirá que el estudiante trató al material como constituído por pares, repitiendo y asociando *CUP* con *NUX*, y *PEL* con *JER*, etcétera. Sin embargo, no ha formado asociaciones desde *NUX* hasta *PEL*, o desde *NUX* hasta *JER*, a pesar de que todos estos elementos están espacialmente próximos. No se ve que los pares posteriores correspondan. Esto ilustra el hecho de que el procedimiento de aprendizaje de pares asociados se aprovecha más de la ley de la proximidad para definir los grupos que se aprenderán, y para hacerlos resaltar unos de otros.

3. La ley de la similitud

La ley de la similitud estipula que los reactivos similares en lo que respecta a alguna característica (forma, color, textura, etc.) tenderán a agruparse, siempre que factores de proximidad no anulen este efecto. En la figura 10.4 se proporcionan varias ilustraciones de este factor. El cuadro (*a*) se organiza en ternas sucesivas de puntos blancos y negros, mientras el (*b*) se percibe como columnas sucesivas de puntos blancos y negros alternados. Estos factores de similitud pueden ponerse en oposición o en complementación para los agrupamientos sugeridos por las proximidades de los elementos. El cuadro (*c*) muestra la oposición de los dos factores, en la cual gana claramente la proximidad espacial; éstos se ven como pares segregados espacialmente con puntos blancos y negros, que se alternan en orden izquierda-derecha. El cuadro (*d*) muestra la "adición" de los dos factores, que sugieren los mismos agrupamientos.

Un factor similar opera en la percepción de grupos auditivos; por ejemplo, de sonidos que difieren en timbre. Así, dos sonidos (*C* y *F*) que se tocan en pares se oyen como *CC/FF/CC/FF*, en vez de oírse *C/CF/FC*. Tal factor también contribuye a la percepción del ritmo musical.

Cuando leemos o hablamos, utilizamos constantemente al citado factor. Por ejemplo, en una fiesta podemos escoger, escuchar a una persona que habla contra un fondo ruidoso, debido a la similitud de la calidad de la voz del que habla, de un momento al siguiente. Nuestro seguimiento de un mensaje verbal se torna cada vez más difícil si la calidad de la voz se altera constantemente (al empalmar en una cinta magnetofónica una voz diferente para cada palabra del mensaje). Se obtiene un resultado similar al leer ToDaSlAsLeTrAsJuNtAs (todas las letras juntas), donde todas las letras dentro de una palabra suelen tener casi el mismo tamaño y color, lo que facilita el agrupamiento.

En un experimento de aprendizaje dirigido por G. H. Bower (1972*a*) se ilustra la potencia de este factor de similitud para promover bloques de grupos de letras en el recuerdo. A estudiantes universitarios se les mostraban tarjetas relámpago en cada una de las cuales estaban impresas doce letras con el mismo espaciamiento, que comprendían cuatro siglas familiares. Las letras variaban en tamaño; en algunas tarjetas los agrupamientos pequeños y grandes correspondían a la serie de siglas; en otras, no correspondían. Un ejemplo de una serie correspondiente es *YMCAusaIBMgi*, mientras que una serie no correspondiente de las mismas letras sería *YMcauSAIbmgi*. Cada serie se mostraba durante unos cuantos segundos antes de que al sujeto se le pidiera que la recordara. Como cabía esperar, cuando las

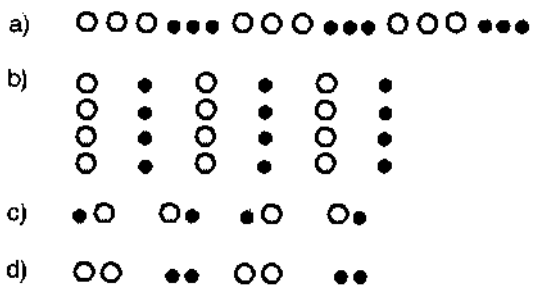


Figura 10.4. Ilustración del agrupamiento por similitud (en este caso, de brillantez y de tamaño).

sucesivas letras de una sigla se presentaban en el mismo tamaño, tendían a verse como un grupo y a reconocerse y recordarse como el grupo familiar que eran. Sin embargo, en los casos no correspondientes, los sujetos se inclinaban a adoptar los agrupamientos (por similitud de tamaño) en bloques no familiares, y por eso su recuerdo era más pobre. Así, por ejemplo, en la ilustración anterior la persona propende a recordar las letras *SAI* como una unidad de todo o nada (aunque mal), en vez de superar los agrupamientos perceptuales para recordar *USA/IBM* como unidades. Tan sólo al variar los *colores* de las letras sucesivas de la tarjeta, se produjo un efecto similar sobre el recuerdo. Las primeras cuatro tarjetas podían ser rojas, las siguientes tres amarillas, las tres siguientes cafés, y las dos últimas azules. Si las siglas de diferentes longitudes también se dispusieran en este orden, primero la sigla de longitud 4, después dos de longitud 3, y por último la sigla de longitud 2, entonces las letras de una sigla dada serían del mismo color, lo cual ayuda a su uso y fomenta su recuerdo. Pero si el orden de las longitudes de siglas entra en conflicto con los colores, el reconocimiento de las abreviaturas familiares es peor, y el recuerdo de las series mostradas brevemente, peor todavía.

4. La ley de la dirección común

Un conjunto de puntos tiende a agruparse si algunos parecen continuar o completar una serie válida o extrapolar una curva simple. Este principio se ilustra mejor con algunos ejemplos como los que se presentan en la figura 10.5. Consideremos el cuadro (*a*): mediante una medición de la proximidad física, los puntos que comprenden las líneas *A* y *B* están más cercanos que los de las líneas *A* y *C*; sin embargo, nuestro ojo tiende a asignar *A* y *C* al mismo grupo es decir, como partes de la línea simple *AC*, de manera que *B* sería sólo un apéndice que parte de esta línea. No obstante, al acercar la línea *A* a la *C*, como en la figura derecha del cuadro (*a*), la organización se altera de tal modo que *A* y *B* van juntas para integrar una unidad de línea, mientras que *C* se convierte en el apéndice. En este último caso, *B* es una *extrapolación* de la curva (línea, regla) iniciada en la parte *A*.

El cuadro (*b*) es tan sólo un conjunto de puntos dispuestos en una línea sesgada por "interpretación direccional" de los puntos. Pero las visiones alternativas son lógicamente posibles; por ejemplo, la segunda hilera de puntos podría haberse organizado como tres conjuntos de pares de puntos en una hilera. Pero no están así: la dirección común y simple de los puntos dicta la organización sesgada.

En los cuadros (*c*) y (*d*), el principio de la buena continuación se ilustra de un modo un tanto distinto. El cuadro (*c*) se ve (organizado por nuestro sistema perceptual) como una curva ondulada (*AD*) cortada por una línea (*BC*); pero lógicamente podríamos haberla visto como la onda-más-la-línea *AC* vinculada a la línea-más-onda *BD*. De la misma forma, el cuadro (*d*) está organizado como una serie de dientes cuadrados intersectados por una línea ondulada continua, mientras que lógicamente se le podría haber visto como una mitad superior *C, D, G, H, K, L*, trazada encima de la mitad inferior *A, B, E, F, I, J, M*. El factor de la dirección común o "destino común" determina las descripciones naturales anteriores de estos trazos.

El cuadro (*e*) ilustra un punto similar al del cuadro (*a*); es decir, que nuestro ojo parea el segmento de línea *A* con *C* porque uno es continuación o extrapolación regular y uniforme del otro, mientras que el segmento *B* o B^1 altera la dirección de la curva, colocando una "enroscadura" o discontinuidad en la curva.

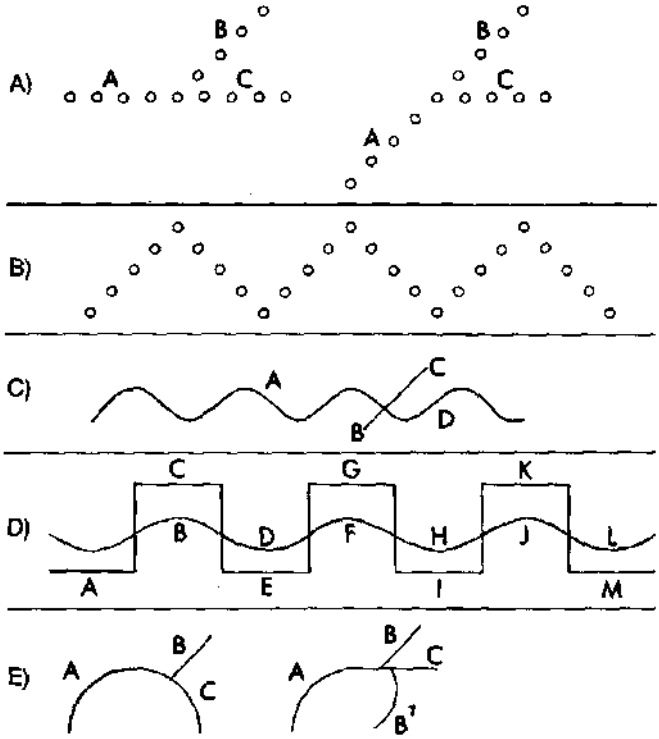


Figura 10.5. Ilustraciones de la dirección común o la buena continuación.

Es relativamente fácil demostrar los efectos del aprendizaje debidos al factor de la buena continuación. Kaswan (1957) realizó una demostración elemental cuando sometió a prueba la facilidad con la que sus sujetos asociaban pares de figuras geométricas, *A* con *B*, donde el segmento *B* era o no una buena continuación del segmento *A*. Después de ver muchos diferentes pares *A*-*B*, se sometía al sujeto a prueba mediante la presentación de la parte *A* de cada par, y se le pedía que recordara (con un dibujo) la parte *B*. Al mirar, por ejemplo, el cuadro (*c*) de la figura 10.5, al sujeto se le mostraría el segmento *A* y tendría que recordar la parte que estaba pareada con él, ya se tratara de *D* (si ésta había ejemplificado buena continuación) o de *C* (en caso contrario). Como era de esperar, Kaswan encontró que los pares que ejemplifican el principio de la buena continuación se aprendían y se recordaban mucho mejor que los que no lo ejemplificaban.

Esta demostración plantea incidentalmente el problema de si las respuestas, en los casos de continuación y no continuación, transportan la misma cantidad de información, dando el estímulo como un indicio de recuerdo. Si se tiene en cuenta la extrapolación del indicio, no hay más que unas cuantas buenas continuaciones, quizá sólo una, como respuesta a un segmento de indicio, pero hay literalmente una infinita variedad de no continuaciones posibles. Es probable que la característica más importante sea que, para los pares de buena continuación, el estímulo restringe las posibles respuestas a una o a un pequeño número de ellas.

El principio de la buena continuación puede mostrarse con materiales alfabéticos o numéricos, donde haya alguna posibilidad de inducir una *regla* para la extrapolación de una serie de reactivos. Este tipo de extrapolación interviene en los problemas de terminación de letra como los que suelen encontrarse en las pruebas de inteligencia. Se dan unas cuantas letras en una serie, generadas por alguna regla periódica al pasar por ciclos del alfabeto (hacia adelante o hacia atrás) y la persona ha de inferir cuál es la regla y aplicarla para generar el elemento siguiente. Así, la serie *abcbcdcdede* tiene un periodo de tres, y forma ciclos por el alfabeto hacia adelante; por lo tanto, la serie se completa con la letra *f*. Con las series matemáticas ocurren problemas similares de inducir una regla de generación; así, la serie 1, 3, 7, 13, 21 se reconoce como la serie $n^2 + n + 1$, y tiene a 31 como el sucesor siguiente.

Los experimentos de Restle y Brown (1970) también ilustran la buena continuación en el contexto del aprendizaje. Se trata de experimentos acerca del aprendizaje de patrones seriales, en los cuales los sujetos aprenden a predecir secuencias periódicas recurrentes de dígitos, como 3454543. Se demuestra que los sujetos descomponen conceptualmente las secuencias en "cadenas" (como 345) y "trenes" (como 454), y aprenden el patrón como una jerarquía organizada de esas partes o subsecuencias. Una serie de números, como en la escala musical, se define por la continuación de una serie de elementos en una dirección dada.

5. *La ley de la simplicidad*

Esta ley establece que si todo permanece constante, la persona ve el campo perceptual como si estuviera organizado en figuras simples y regulares. Es decir, habrá una tendencia hacia las buenas Gestalt de simetría, regularidad y uniformidad. De nueva cuenta, esta noción es más fácil de ilustrar que de describir con palabras; en la figura 10.6 se muestran algunos casos. Por ejemplo, nuestro ojo tiende a dividir la figura del cuadro (*a*) en una elipse (*AC*) que se superpone a un cuadrado (*BD*), aunque otra descomposición lógicamente posible es *AB* (una elipse con un bloque faltante) que linda con *DBC* (un cuadrado con un arco interior). De modo similar, en el cuadro (*b*) la figura de la izquierda semeja dos carámbanos superpuestos, mientras que la figura de la derecha parece un rombo inscrito dentro de un carámbano largo; pero la segunda puede descomponerse lógica, pero no psicológicamente, en los mismos dos carámbanos superpuestos orientados de modo diferente. En el cuadro (*c*), las presiones hacia la simplicidad nos persuaden a estructurar el diseño como "un círculo enfrente de un triángulo", e inferir el triángulo oculto en vez de describir a la figura como "tres pequeñas puntas a las horas de 4, 8, y 12 de un círculo".

En estos casos, y en cientos del mismo tipo, la simplicidad figurativa es un principio dominante que dicta la manera en que la figura se "analiza gramaticalmente" o se descompone en sus elementos constituyentes. Las figuras siempre son ambiguas en el sentido de que tienen múltiples descomposiciones lógicas; también son ambiguas en cuanto a que los arreglos bidimensionales pueden ser la proyección de una gran variedad de objetos tridimensionales y sus relaciones. Pero el principio Gestalt de la simplicidad (o buena Gestalt) ayuda mucho a prescribir qué descomposición o interpretación de la figura ambigua dominará.

Otra demostración de la ley de la simplicidad se presenta en el experimento del punto ciego que se ilustra en el cuadro (*d*) de la figura 10.6. Todas las personas

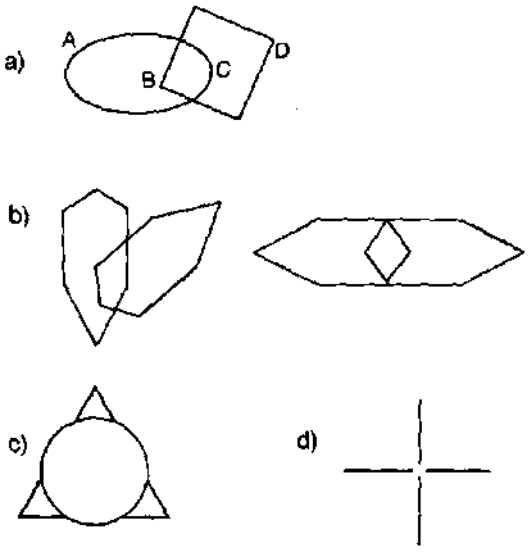


Figura 10.6. Algunas ilustraciones de la sencillez figurativa como factor en la organización perceptual.

tienen un punto ciego en cada ojo; es aquel punto de la retina del cual emana el tracto óptico. Un estímulo de punto proyectado exactamente en ese lugar no se ve; es un punto ciego. Con este marco de referencia puede explicarse la observación central. Supongamos que hemos descubierto que cuando una persona fija la vista en un punto dado a un lado de la figura en el cuadro (*d*), su punto ciego se localiza en el espacio precisamente en la intersección de las cuatro líneas de la figura. Si la figura del cuadro (*d*) se presenta ahora a la persona de tal modo que el centro de la misma se localice en el punto ciego del sujeto, éste "llenará el hueco" y verá las líneas en visión periférica como una cruz completa. Otras figuras con vacíos producen percepciones similares de figuras cerradas y completas. La persona llena el hueco con la extrapolación redundante y predecible de la descripción más simple de la figura. A esto se le conoce como fenómeno del *cierre*. El principio es que las áreas cerradas o las figuras completas son más estables que las áreas no cerradas o las figuras incompletas.

Estos principios de la organización perceptual pueden aprovecharse en el arte del *camuflaje* (Wertheimer, 1923), donde una figura significante particular se oculta al extender y complementar sus líneas, de modo que la atención se distrae completamente de la forma original. De esta manera se hace muy improbable el análisis gramatical particular del patrón. Un ejemplo simple de esa transformación de la letra *F* se muestra en los cuadros (*a*), (*b*) y (*c*) de la figura 10.7. La *F* está totalmente oculta o "incrustada" en la figura de reloj de arena (*c*), a la derecha. Por otra parte, si las líneas se suman pero no tocan los extremos ni continúan las líneas de la *F*, como en el cuadro (*d*), la *F* permanece como una unidad distintiva.

La naturaleza holista de la percepción

Los psicólogos de la Gestalt recalcan que la percepción de la forma emerge de las relaciones entre sus partes, y en tal proceso las partes podrían perder sus pro-

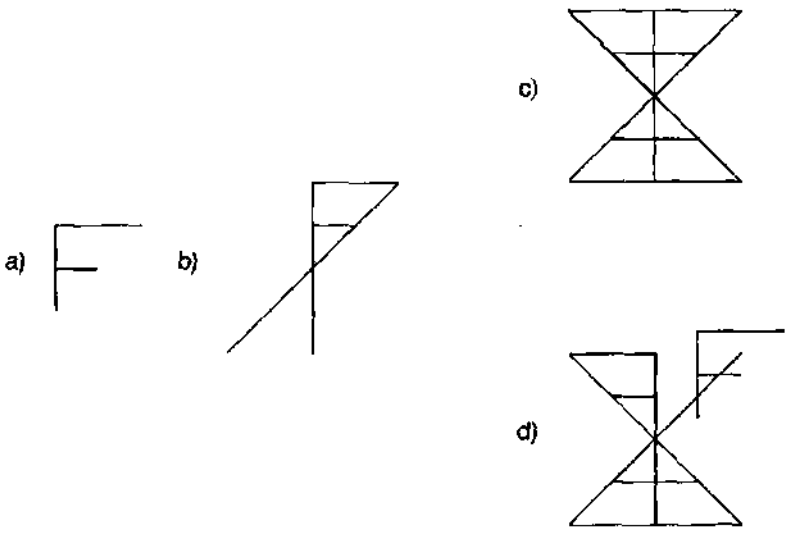


Figura 10.7. Ejemplo de las etapas sucesivas en el camuflaje de una forma, la letra *F*.

piedades anteriores y adoptar nuevas, determinadas por la forma del patrón completo. El camuflaje de la *F* en la figura 10.7*c* es un ejemplo sencillo; las líneas de la *F* simplemente se asimilan dentro de otra forma y aparecen como bandas de la figura del reloj de arena. Otro ejemplo es el de los tonos que integran una melodía musical. Tocados aisladamente, cada uno de ellos tiene una cierta altura y volumen subjetivos, pero en el contexto de una melodía estos elementos dependen de la relación con sus vecinos. La misma nota sonará muy distinta cuando se toque en dos melodías diferentes. De modo similar, una determinada melodía es una forma auditiva definida por las relaciones (razones) entre tonos sucesivos, no por los tonos absolutos, ya que la misma melodía puede transportarse a otra clave, y tocarse casi en cualquier clave u octava musical y con cualquier instrumento. Se dice que las formas perceptuales "emergen" de arreglos particulares de elementos, y que tienen propiedades no predecibles sólo a partir de las propiedades de los elementos. Un ejemplo de una propiedad física emergente sería la naturaleza líquida del agua compuesta de gases de hidrógeno y oxígeno; una propiedad psicológica emergente es el movimiento aparente (o el *fenómeno phi*) creado al mostrar rápidamente una serie discreta de fotos fijas superpuestas (de movimientos continuos) como se hace en el cine.

Tales ejemplos ilustran la idea de que los atributos de las partes, en tanto pueden ser definidos, dependen de sus relaciones con el sistema, considerado como un todo, en el cual funcionan. Esta visión holista de la percepción ha sido en gran parte aceptada por las modernas teorías perceptuales, donde se le conoce como *procesamiento determinado por el contexto o superior-inferior*. La cuestión es que los aspectos del patrón completo pueden conjeturarse antes de que sean identificadas partes específicas. En la figura 10.8 se muestra un ejemplo. Las características faciales (nariz, orejas, labios) reconocibles en el contexto del rostro no se identificarían como tales fuera de dicho contexto. Las modernas teorías

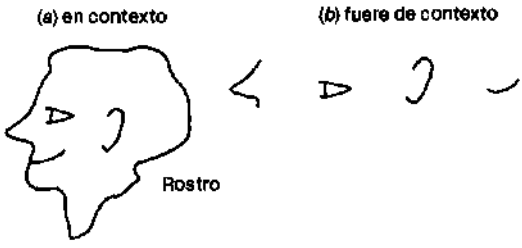


Figura 10.8. Ilustración de la identificabilidad de dibujos lineales como características faciales en contexto o fuera de contexto (tomada de Palmer, 1975).

de la percepción de la forma usan la información del patrón completo para constreñir la interpretación de las partes.

A fin de lograr que la discusión sea relevante para el aprendizaje, la determinación de las propiedades de las partes mediante las características holistas se arregla con facilidad en los experimentos acerca de la memoria humana. Se sabe que la dificultad de recordar una lista de palabras para el recuerdo libre depende de las relaciones entre las palabras. De este modo, si una regla simple describe un conjunto de palabras, el recuerdo de ese conjunto se incrementa considerablemente. Un ejemplo de tal regla sería que todas las palabras en la lista rimaran con *frog* (rana). Esa es una *regla de recuperación* que el aprendiz conocedor puede utilizar para generar en el momento del recuerdo los puntos de la lista o los reactivos que han de aprenderse. Así, un reactivo como *smog* (humo con niebla) se ha hecho fácil de recordar (comparado con su dificultad en una lista aleatoria) debido a una propiedad holista de la lista; es decir, su presencia en una lista de palabras que riman con *frog*. Para ejemplos más sutiles de propiedades holistas que facilitan el aprendizaje de recuerdo, véanse los artículos de G. A. Miller (1958), y Whitman y Garner (1962).

LOS PROBLEMAS ESPECIALES DEL APRENDIZAJE

El punto de vista general de la psicología de la Gestalt se expresa en la declaración de que las leyes de la organización se aplican por igual a la percepción y al aprendizaje. Sin embargo, hay problemas especiales dentro del aprendizaje acerca de los cuales los gestaltistas elaboraron especialmente sus ideas. Se sentían más cómodos al abordar el tema de la memoria humana que al discutir los experimentos de condicionamiento animal, y por ello la mayor parte de los ejemplos siguientes tratan de la memoria humana. Una primera complicación consiste en cómo representar una memoria; es decir, cómo conceptualizar la manera en que las experiencias pasadas persisten en el presente. Ésta es la preocupación de la teoría de la huella, que veremos a continuación.

La teoría de la huella

La concepción Gestalt de un recuerdo no es muy diferente de la de Aristóteles, según la cual la percepción se graba en una huella correspondiente en la memoria. Los gestaltistas sostienen que los procesos neurales activos durante la percepción

pueden perdurar de forma amortiguada como una huella. Así, la información se almacena sustancialmente de la misma manera, mediante los mismos procesos neurales que en la percepción original. Köhler lo describe en los siguientes términos:

> Los eventos neurales tienden a modificar ligeramente el estado del tejido en el que ocurren. Tales cambios se asemejan a los procesos por medio de los cuales se han producido, tanto en su patrón como en lo que respecta a otras propiedades (1938, pág. 236).

El recuerdo implica la reactivación de una huella dada de la memoria; de hecho, es una restauración de los mismos procesos perceptuales que correspondían a la percepción original. La huella sigue existiendo en el sistema nervioso como un proceso activo pero posee una intensidad demasiado baja como para entrar en la conciencia. En el recuerdo un indicio selecciona y amplifica la intensidad de una huella particular para elevarla sobre el umbral de la conciencia.

Los gestaltistas consideran al fenómeno empírico de la asociación, o *coherencia* de los elementos *A* y *B* en la memoria, como un producto secundario de que *A* y *B* se fusionen en una sola unidad, una percepción unitaria. Los elementos *A* y *B* no permanecen como hechos independientes, separados y neutrales conectados por un eslabón indiferente, como un tramo de cuerda entre dos objetos distintos. Más bien, *A* y *B* se organizan o se fusionan en un solo objeto, una unidad, un bloque. Las leyes de la organización ayudan a prescribir cómo se configurarán estas unidades y con cuánta facilidad se les puede formar. Las antiguas leyes de la asociación delineadas por los filósofos (contigüidad, similitud, contraste, causa y efecto, etc.) se consideraban como correspondientes a las leyes Gestalt que rigen la formación de unidades organizadas; es decir, proximidad, similitud, buena continuación, y cierre.

Solomon Asch (1969; Asch *et al.*, 1960) ha desarrollado varias demostraciones convincentes en torno al papel que desempeñan las relaciones perceptuales para fomentar la coherencia de dos reactivos en la memoria. Ha recabado evidencia acerca de las relaciones de figura-fondo, constitutivas visuales de la parte y el todo. En el experimento de figura-fondo, se expone a la persona a un conjunto de diez formas sin sentido pareadas con diez colores. Hay varias condiciones correspondientes a diferentes relaciones entre el color y la forma con la que aquél se parea. En el cuadro superior de la figura 10.9 se ilustran cuatro de esas condiciones. El marco representa la tarjeta relámpago en la cual se muestra la forma. En el caso (*a*), el color (*C*) se percibe como perteneciente a la superficie de la figura contra un fondo blanco (*W*), mientras que el cuadro (*b*) muestra la figura como blanca contra un fondo de color. En el caso (*c*), el color se ve como perteneciente al contorno delineado de la forma sin sentido, mientras que en (*d*) la tarjeta completa está coloreada y la forma se delinea en negro (*B*). Después de la exposición a esas diez figuras, se somete a cada sujeto a una prueba de memoria; un duplicado de cada contorno, trazado en negro sobre un fondo blanco, debe igualarse con uno de los diez fragmentos cuyos colores son idénticos a los usados en la serie de exposiciones. Veamos los resultados. Cuando el color se presenta como perteneciente a la figura (ya sea su superficie o su color de contorno como en los cuadros (*a*) y (*c*), la igualación en la prueba de memoria es casi dos veces mejor que si el color pertenece al fondo y no a la figura, como en los cuadros (*b*) y (*d*). De este modo, Asch estableció que la coherencia de un atributo y un objeto en la memoria era

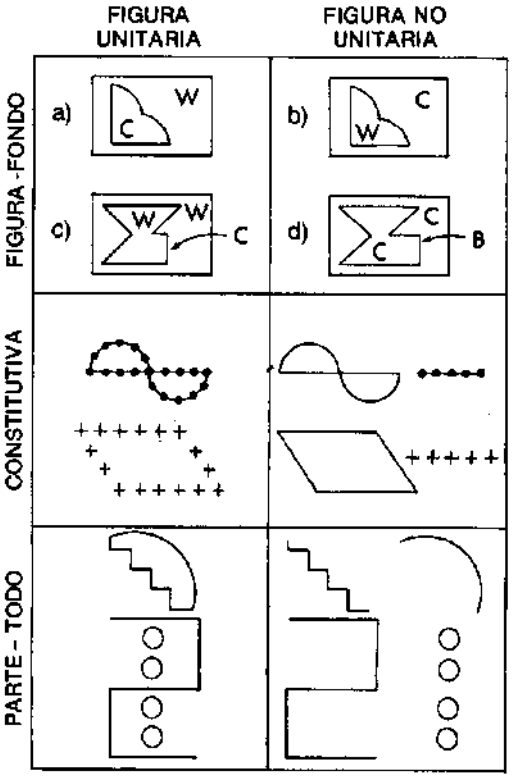


Figura 10.9. Ejemplos de relaciones unitarias y no unitarias entre reactivos perceptuales (adaptada de Asch, 1969).

controlada por su coherencia en la percepción. Estos resultados se repitieron y ampliaron en un experimento de Arnold y Bower (1972).

Otra relación, que se ilustra en los cuadros medios de la figura 10.9, es la relación *constitutiva*, en la cual una forma dada está compuesta o constituida por otro conjunto de formas más pequeñas. Por ejemplo, en la figura 10.9 se muestra un tipo de ocho figuras constituidas por puntos negros, y un rombo constituido por signos positivos. Los signos "más" y los puntos son los *modos* en que se expresan las formas más grandes. Como en el experimento anterior, un sujeto sería expuesto a un conjunto de formas sin sentido expresadas con modos particulares, y más tarde se le sometería a una prueba de memoria para evaluar la coherencia en la memoria de la forma con su modo. La condición de control implicaba la presentación no unitaria de las mismas dos formas: la forma (por ejemplo, el rombo) se presentaría a la izquierda, en su contorno, con una línea de signos "más" (el modo) a la derecha de la tarjeta de estudio. Los dos grupos se comparan en una prueba de igualación en la que cada forma delineada y más grande debe igualarse con su forma pareada más pequeña (el modo). De nueva cuenta, los sujetos opuestos a las figuras unitarias, en las que las dos formas estaban relacionadas como "forma *X* compuesta del modo *Y*", mostraron casi el doble de coherencia en la memoria de los pares de formas que los sujetos de control, expuestos a los pares no unitarios.

Se producía un efecto similar mediante la relación de la parte con el todo, de la cual hay dos ilustraciones en la parte inferior de la figura 10.9. Como se observa, un cuadro unitario se dividiría en dos subpartes, separadas horizontalmente para integrar los pares de control no unitarios. Los sujetos que habían estudiado los cuadros unitarios casi siempre recordaban con exactitud las subpartes juntas, mientras que los sujetos de control eran propensos a recordar sólo una subparte o a parear mal las subpartes cuando recordaban varias. Entonces, la unidad perceptual de las subpartes nuevamente contribuye a la unidad de esas subpartes en la memoria.

El punto importante a destacar es que la ley simple de la asociación por contigüidad resulta inadecuada para manejar estas ilustraciones. Asch y sus predecesores han recalcado la *relación* entre dos elementos o características como un medio de aglutinarlas en una unidad o bloque. La contigüidad espacial o temporal (*A* antes que *B*, o *A* detrás de *B*) no basta por sí sola para representar una relación particularmente convincente o sobresaliente; más bien es una condición necesaria para que se manifiesten otras relaciones más útiles. Este énfasis es contrario al elementalismo de algunas formas de asociacionismo, que consideraban a las relaciones no como hechos principales sino como hechos que podían descomponerse en otros no relacionales, que ocurren en contigüidad.

Los anteriores ejemplos usan estímulos visuales geométricos para ilustrar los efectos de la unificación en la memoria. Sin embargo, pueden demostrarse tipos similares de efectos con materiales verbales o lingüísticos. Por ejemplo (Asch, 1969), dos sílabas sin sentido se asocian con más rapidez si se pronuncian juntas, combinadas y fundidas como una palabra de dos sílabas (*JATPIR* o *FUBNOL*), en vez de tratarse y pronunciarse separadamente en pares cíclicos (*JAT-PIR*). Como un segundo ejemplo, una lista de clichés de tres palabras (feliz año nuevo, huevos con jamón, estirar la pata) se recordarán mejor (y coherentemente) si se les muestra como el conjunto de clichés familiares que son, que si todas las palabras se mezclan y se presentan en grupos desconocidos de tres. El cliché es un bloque unitario para propósitos de memoria; se recuerda de una manera de todo o nada. Como un ejemplo final de la unificación, muchos dispositivos mnémicos para mejorar la propia memoria requieren que el aprendiz asocie dos reactivos al imaginarlos en algún tipo de relación única, generalmente una interacción vívida. Por ejemplo, para recordar una lista de actividades en las cuales voy a comprar leche después de adquirir un par de zapatos, puedo asociar zapatos con leche al imaginar mis zapatos llenos de leche y al verme a mí mismo bebiendo de ellos. Estas extrañas elaboraciones mejoran notoriamente nuestra memoria (Bower, 1970*a*; Paivio, 1971). Los gestaltistas afirmarían que la mejoran porque sirven para relacionar y organizar los dos reactivos (zapatos y leche) en una sola unidad conceptual o imaginativa, y la asociación es un producto secundario de la relación. Sin algunas de esas hipótesis, es difícil entender por qué el hecho de agregar material complementario a un complejo de elementos que han de asociarse habrá de facilitar la formación de asociaciones entre los elementos críticos, más que competir con ella.

Olvido

Después de la exposición a los materiales de aprendizaje y con posterioridad a que la percepción haya establecido una huella unitaria en la memoria, ¿cómo se

produce el olvido? Los psicólogos de la Gestalt señalan dos aspectos o causas separadas del olvido, una de las cuales se refiere a las dificultades de la recuperación de la huella en el momento de la prueba, mientras la otra indica el decaimiento y desintegración de la huella en virtud de su contacto con huellas de interferencia. A continuación examinaremos cada uno de estos problemas.

El olvido como fracaso de la recuperación

Höffding (1891) fue quien señaló un problema particular que las teorías de la asociación habían pasado por alto: la manera en que la percepción de un estímulo actual puede recuperar selectivamente experiencias pasadas de significación específica para ese estímulo. Entre la gran cantidad de recuerdos que llevamos con nosotros, ¿cómo hace contacto la situación presente con ese recuerdo específico apropiado para la ocasión? Supóngase que los objetos de estímulo *A* y *B* se asocian, lo cual quiere decir que algunos procesos neuronales *a* y *b* se han fusionado (en la teoría de la Gestalt) en una unidad interdependiente *ab*. Debido a los cambios en el ambiente psicológico dominante, la segunda presentación del estímulo *A* es un evento diferente del anterior, que da lugar a un proceso perceptual un tanto distinto, *a'*. La cuestión es cómo se las arregla *a'* para recuperar selectivamente la huella *ab* entre miles de opciones; este hipotético vacío entre la presentación de *A* y la recuperación de la huella *ab* se denomina *paso de Höffding*, ya que este investigador fue el primero en estudiar el problema.

Es importante reconocer que se trata de un problema para los asociacionistas clásicos. Éstos prestaban una atención explícita a la asociación, pero relativamente poca al reconocimiento de estímulo. Höffding señalaba que el reconocimiento de estímulo, recuperar *a* de *a'*, parecería ser psicológicamente anterior a la activación de una asociación de *a* con *b*. La evocación asociativa seguramente fallará a no ser que el indicio se reconozca como algo acerca de lo cual se ha aprendido alguna cosa.

Höffding sugirió que *a'* hacía contacto con *a* en la huella de memoria *ab* con base en la *similitud;* como *a'* era más similar a *a* que a las huellas de otros estímulos, la huella *ab* se recuperaría en lugar de alguna otra. Los psicólogos de la Gestalt recogieron esta idea y argumentaron además que (por ejemplo, Koffka, 1935) su versión de la ley de la similitud era lo que explicaba la manera en que *a* y *a'* se agrupaban en el momento de la recuperación.

Un problema básico con este enfoque de la similitud de la recuperación es que resulta esencialmente vago y nada revelador. Los estímulos y las situaciones tienen múltiples descripciones, de modo que entre cualquier tríada de situaciones *A, B, C* puede haber una infinidad de similitudes y diferencias; en algunas dimensiones de la descripción, *A* está más cerca de *B;* en otras, *A* está más próxima a *C*. El problema se convierte entonces en el de sopesar los diversos componentes de la similitud a fin de lograr predicciones que no sean ambiguas. Sin la evaluación independiente de las "distancias psicológicas", las explicaciones de los fenómenos en términos de la similitud del indicio y de la huella tienden a ser *post hoc* en vez de predicciones.

Algunas ilustraciones de los indicios de recuperación de efectividad diferencial se muestran en la figura 10.10, en cuatro ejemplos distintos de entradas a ser aprendidas. Para cada patrón de entrada se presentan dos indicios diferentes. En cada caso, el miembro superior de ambos es el indicio de recuperación más efectivo para el recuerdo (recuperación) del patrón de entrada original. Los primeros

dos cuadros, con patrones geométricos (*a*) y (*b*), muestran que el mejor indicio de recuperación no es necesariamente aquel que físicamente se superpone más con el patrón de entrada; por ejemplo, el indicio (*c*) se superpone más con la entrada (*a*) que el indicio (*b*). Más bien, la diferencia es que en (*b*) y (*e*) el indicio es una subparte relativamente *articulada* del patrón de entrada; en otras palabras, el buen indicio correspondería a una parte distintamente articulada pero integral en la descripción (representación en la memoria) del patrón original. Por otro lado, los indicios de recuperación más pobres (*c*) y (*f*) comprenden sólo fragmentos no informativos que no se habrían distinguido ni articulado en la descripción inicial, o "codificación", de los patrones de entrada en la memoria. De hecho, los patrones como (*c*) pueden organizarse en nuevos patrones (por ejemplo, en un par de barras verticales), cuyas descripciones están completamente en varianza con la descripcion del patrón de entrada. Así, una noción simple de similitud para la recuperación requiere de una especificación considerablemente mayor de la representación de la entrada y el sondeo como eventos de estímulo interpretados. G. H. Bower y Glass (1976) demostraron que las subpartes "buenas" de las figuras sin sentido eran casi cinco veces más poderosas que las subpartes "malas", como indicios de recuperación para instigar la memoria de una lista de figuras que el sujeto ha estudiado anteriormente.

El tercer cuadro ilustra el punto con la memoria verbal. A un sujeto se le puede

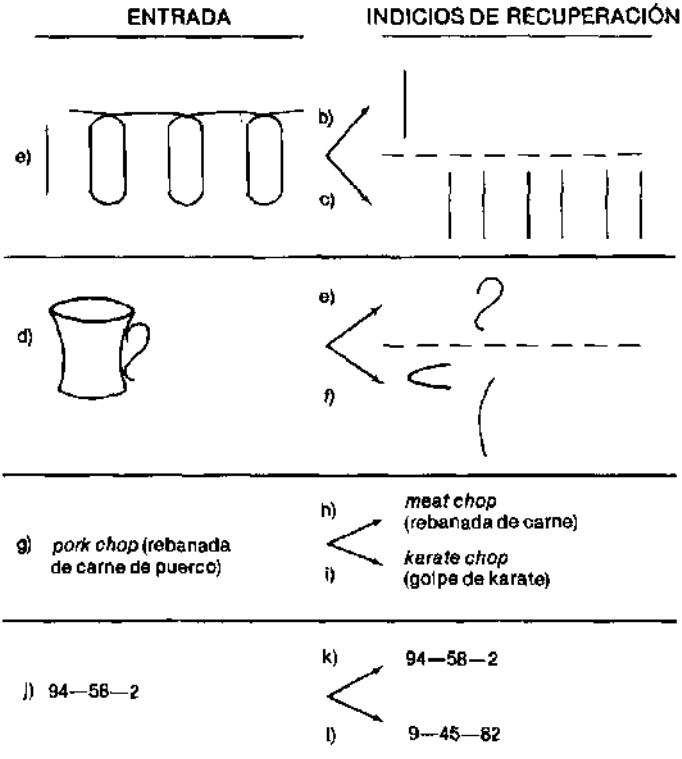


Figura 10.10. Ilustraciones de indicios de recuperación "buenos" y "malos" para entradas de formas geométricas, frases verbales y series de dígitos agrupados.

mostrar una serie de frases, con la palabra a recordar en letras mayúsculas (*CHOP*), mientras que el otro vocablo del contexto (*pork*) se explica como un posible auxiliar para recordar la palabra en mayúsculas. Más tarde, la persona recibe una prueba de reconocimiento para las palabras que han de recordarse (vocablos con mayúsculas). Una nueva palabra de contexto colocada junto al vocablo que debe recordarse predispone su interpretación *semántica* (significado) para que sea la misma o diferente del significado de entrada. Aunque se instruye al sujeto para que concentre su decisión acerca de si ha visto antes o no en la lista experimental la palabra que ha de recordarse (por ejemplo, *CHOP*), el vocablo de contexto tiene un fuerte efecto de control sobre la memoria de reconocimiento del sujeto (Light y Carter-Sobell, 1970). Específicamente, la palabra *CHOP* estudiada en el contexto *pork CHOP* no se reconoce en absoluto cuando se somete a prueba en el contexto *karate CHOP*. La palabra *CHOP* se codifica o interpreta de distinta forma en los dos contextos. En este caso, la similitud importante para la decisión de reconocimiento es la semejanza del significado más que la identidad de la combinación física de letras *CHOP*. Tulving y Thomson (1971) encuentran efectos similares aun cuando el vocablo que ha de recordarse no parece tener múltiples significados obvios; es como si diferentes palabras contextuales recalcaran selectivamente distintas características semánticas del vocablo que ha de recordarse. Thomson y Tulving (1970) también demuestran que esta codificación en el momento de la entrada altera drásticamente la habilidad de ciertas otras palabras para instigar el recuerdo de los vocablos a recordar. Por ejemplo, en el caso (*g*) de la figura 10.10, después del estudio de una lista de tales pares, si se somete a prueba a la persona con el indicio "comida" o "algo para comer", rápidamente se recuerda *CHOP;* pero un indicio como "un golpe impresionante" (relacionado con "*karate CHOP*") no provoca el recuerdo de *CHOP*. Así, la interpretación de *CHOP* en el momento de la entrada determina qué estímulos sirven o no como indicios efectivos de recuperación para la memoria de ese suceso. Éste se refiere a un fenómeno que se conoce como *especificidad de codificación*, que examinaremos detalladamente en el capítulo 13.

En el cuarto cuadro de la figura 10.10 se ilustra la manera en que el agrupamiento de una serie indiferente de dígitos es parte de su descripción característica o representación en la memoria. Si una serie como 94582 se agrupa en el momento de la entrada (mediante pausas temporales) en una estructura 2-2-1, esa hilera de dígitos implícitos se reconocerá mucho mejor en una prueba posterior de memoria de reconocimiento, que si las series de prueba se agrupan precisamente de la misma forma que las series de entrada (Bower y Winzens, 1969). La persona no codifica y almacena la serie de entrada como una hilera de dígitos; más bien se trata de una secuencia de bloques o grupos, y estos bloques no vuelven a presentarse cuando la serie de prueba tiene una estructura de grupo alterada.

Estos últimos son algunos ejemplos del papel de la recuperación en la memoria; ilustran la forma en que el paso de Höffding puede resbalar y fallar. Aunque los psicólogos de la Gestalt no estudiaron específicamente este problema, sí señalaron su significación y el papel del reconocimiento de estímulo en el recuerdo asociativo. Estos problemas se habían descuidado en las anteriores teorías asociacionistas de estímulo-respuesta; desde entonces los investigadores le han prestado cada vez mayor atención, como puede observarse en la referencias recientes citadas en este capítulo.

El olvido como desintegración de la huella

Los gestaltistas también aplicaron sus ideas acerca de la percepción a la desintegración o modificación de las huellas de la memoria. Las mismas leyes dinámicas de la organización que supuestamente imponen una estructura sobre los elementos de un campo perceptual, también tenderían a transformar huellas incoherentes y mal organizadas en el transcurso del tiempo, en huellas que muestran mejor organización. Por lo tanto, hay fuerzas autónomas que actúan sobre las huellas de la memoria para transformar lentamente su contenido de una forma que se asemeje más a una buena Gestalt: una estructura simple, bien organizada y estable. Si la transformación de la huella fuera demasiado extrema, toda la semejanza con una huella inicial desaparecería, de modo que un indicio de recuperación no podría hacer contacto con una huella así alterada; en términos operacionales, se diría que la persona ha olvidado el suceso original. Por otra parte, si la transformación autónoma no fuera demasiado extrema, el recuerdo o reproducción de la huella debería revelar distorsiones sistemáticas y progresivas en la dirección de una mejor organización.

Esta hipótesis fue propuesta e investigada primeramente por Wulf (1922), psicólogo Gestalt. Mostró a sus sujetos un conjunto de formas geométricas que de algún modo eran incompletas o irregulares; en términos de Wulf, de cierta manera se desviaban de una "figura mejor" obvia, que era más simple, regular y simétrica. Wulf hizo que sus sujetos reprodujeran (dibujaran) el conjunto memorizado de figuras en intervalos semanales sucesivos, e intentaran puntuar sus dibujos en cuanto a las distorsiones progresivas y sistemáticas. Afirmaba haber encontrado evidencia para las alteraciones progresivas de la reproducción (es decir, huellas de la memoria) en la dirección de las buenas figuras Gestalt.

Debido a la naturaleza sorprendente de tal resultado y a la inquietud que despertaron los gestaltistas, durante los años siguientes proliferaron los experimentos diseñados para estudiar ese problema. También se hicieron esfuerzos por extender los resultados básicos de formas geométricas al recuerdo de historias temáticas (Bartlett, 1932) y a la difusión de rumores dentro de un grupo social (Allport y Postman, 1947). En los últimos experimentos que usaban el diseño de Wulf, se descubrió una serie interminable de complicaciones y problemas en la ejecución e interpretación de tales experimentos: complicaciones para identificar la reproducción de un sujeto con su memoria, debidas a reproducciones múltiples (al hacer su enésima reproducción de una figura, el sujeto intenta recordar su reproducción anterior); complicaciones debidas a la codificación verbal (etiquetación) de las figuras de entrada en términos de objetos familiares ("se parece a *un corbatín*"), y así sucesivamente. Riley (1963) realizó una esmerada revisión de las investigaciones en torno al problema, así como una crítica metodológica de muchos experimentos. Este investigador concluye que gran parte de la evidencia empírica acerca del tema está terminantemente *en contra* de la posición Gestalt. Sin lugar a dudas, hay distorsiones en la memoria para formas geométricas (historias o rumores), pero éstas al parecer son predecibles, no tanto por las tendencias hacia las buenas figuras Gestalt sino más bien por: *a*) asimilación de la memoria de una figura de entrada a un estereotipo cultural común (efecto explicable en términos de interferencia asociativa); *b*) fusión y confusión de dos o más figuras en la lista que se memoriza, de modo que al juntar los fragmentos de varias figuras ocurren las reproducciones híbridas; o *c*) por la asimilación de la forma de entrada a la que co-

rresponde a una clasificación común (por ejemplo, "corbatín") usada en el momento de la entrada, que codifica las distorsiones de la reproducción de la forma de un modo relativamente constante durante intervalos variables de retención. El resultado es que el análisis Gestalt de Wulf acerca de tales cambios en la memoria se ha reemplazado por un análisis asociativo más perfeccionado y firmemente apoyado de los fenómenos.

Otra concepción del olvido expresada por los psicólogos Gestalt (Köhler, 1929, 1941) es que una huella puede distorsionarse mediante sus interacciones con una gran cantidad de huellas relacionadas similares a ella. La idea es que una huella *A* sería más distorsionada por las huellas *B, C, D,...* cuanto más similares fueran los procesos perceptuales que subyazcan a *A* y a las otras huellas. Esta interpretación era su forma básica de explicar por qué la interferencia asociativa en los experimentos del olvido se relacionaba con la similitud entre el material de interferencia y el material a recordar. Los experimentos de Von Restorff (1933) y de Köhler y Von Restorff (1935) demostraron este efecto de la similitud sobre la memoria para un solo reactivo dentro de una lista. Von Restorff comprobó que parte de la dificultad de aprender una lista de sílabas sin sentido (como pares asociados) proviene de la homogeneidad de la misma; las sílabas no son distinguibles y se confunden unas con otras. Sin embargo, si se hace que un reactivo resalte perceptualmente al presentarse en letras rojas o en un tipo de imprenta diferente, o está hecho con distintos materiales (dígitos en vez de sílabas), entonces ese reactivo único se recuerda mejor que los otros.

Pueden usarse diversas formas para distinguir un reactivo del resto de una lista homogénea a ser aprendida, y todas producen alguna mejoría en la memoria para el reactivo distinto. A esto se le ha llamado *efecto de Von Restorff*, en honor de su descubridor.

¿Cómo se explica el efecto de Von Restorff? Köhler y esta investigadora concebían el reactivo único en el sentido de que resaltaba de todos los reactivos homogéneos, como una figura contra un fondo. Al ser así distinguido, la huella impresa para el reactivo único estaría aislada de las huellas de los reactivos restantes y, por lo tanto, no se distorsionaría por las interacciones con esas huellas. Las explicaciones del efecto de Von Restorff realizadas por los asociacionistas de estímulo-respuesta siguen líneas similares, al emplear conceptos de generalización del estímulo e interferencia asociativa. En otras palabras: como el estímulo del par aislado es único se confunde menos con otros estímulos de la lista, reduciendo los errores generalizados al par único. Como factor adicional, se ha descubierto que los reactivos únicos tienen una ventaja en la memoria, ya que generalmente se les presta atención y se les repite mejor que a los reactivos homogéneos de control (Rundus, 1971).

Asimismo, en las pruebas de recuerdo libre la característica distintiva del reactivo único (por ejemplo, letras rojas) puede servir como indicio original de recuperación para la palabra, mientras que la característica física de los reactivos homogéneos de fondo (letras negras) está conectada con respuestas múltiples de interferencia.

Independientemente de la forma en que los teóricos asociacionistas analicen el efecto de Von Restorff, los experimentos originales fueron motivados por la verificación de algunas ideas Gestalt acerca del olvido.

Memorización mecánica versus comprensión

Uno de los principios básicos de Wertheimer y de otros psicólogos de la Gestalt es que la memorización mecánica (el aprendizaje de materiales sin sentido mediante la repetición), constituye una forma ineficiente del aprendizaje, raras veces usada en situaciones de la vida real. Afirmaban que en la vida cotidiana las personas aprendían la mayor parte de las cosas al entender o comprender el significado de algún suceso, o al captar el principio que sustenta a una secuencia de episodios. La memorización mecánica es una estrategia ineficiente, que se adopta en pocos casos como último recurso (por ejemplo, en el aprendizaje de una lista de sílabas sin sentido que presenta el psicólogo), cuando el significado y los factores naturales de organización están ausentes.

La investigación de Katona (1940), publicada en su libro *Organizing and memorizing*, proporcionó varias ilustraciones de las diferentes propiedades que caracterizan a las tareas aprendidas por repetición, y a aquellas aprendidas mediante la comprensión de un principio o regla. Los experimentos de Katona estaban diseñados de tal modo que era posible someter el mismo material a la memoria con comprensión o sin ella, y entonces efectuar una prueba de la retención posterior o de la transferencia a una tarea nueva y similar.

Para ilustrar esos principios, se podría pedir a los sujetos que estudiaran y aprendieran la serie de números 816449362516941, o la serie de letras *REKAEPSDUOL*. La mitad de los sujetos aprendía las series por repetición; a los otros se les darían varias pistas acerca de un principio o regla que sustenta la generación de las series (pensar en números al cuadrado o en palabras escritas al revés). Aquellos sujetos que "deducían" la regla para generar la serie (que "entendían su significado", para emplear los términos de Katona) eran capaces de reproducirlas mejor que sus compañeros de memorización mecánica, tanto en una prueba de retención inmediata como en una demorada. Además, una vez que un estudiante había captado el principio generador de la serie, era capaz de transferir su conjunto de solución de problema a nuevas tareas que implicaban problemas parecidos. Así, al haber "solucionado" los problemas antes ilustrados, el sujeto podía aprender con rapidez (exhibir "transferencia positiva" a) una nueva serie como 256225196169144 o *YRTSIMEHCOIB*. Katona utilizó varias tareas de resolución de problemas y procedimientos de aprendizaje, para ilustrar los puntos que relaciona el aprendizaje-con-comprensión con un aprendizaje más rápido, mayor retención y una transferencia superior del aprendizaje a tareas similares.

Los resultados básicos en el tipo de experimentos de Katona son irrefutables. Pero persiste un problema: cómo caracterizar científicamente a los resultados. En retrospectiva, parece que el sujeto que dispone de la regla (ya sea porque la descubrió o porque se le explicó) tiene una descripción o representación mucho más simple de las series a memorizar. Es decir, la serie se caracteriza esencialmente por ser una transformación o reordenación simple de algo que ya es familiar y bien conocido (por ejemplo, "deletrear *LOUDSPEAKER* al revés"). Por lo tanto, al usar el material conocido, el número total de *nuevas* cosas (asociaciones) por aprender es mucho más pequeño que si el problema se ataca al nivel de la memorización mecánica. Por la misma razón, una serie aprendida mediante una regla se retendrá mejor semanas más tarde porque tiene menos elementos y relaciones por recordar, y éstos están mejor organizados que en el caso de la memoria me-

cánica. Lo que varía en ambos casos es la descripción interna de la serie de estímulos que han de aprenderse: una es sucinta, compacta, significativa; la otra es larga, torpe, sin sentido. Aunque Katona no hubiera estado de acuerdo con esta caracterización del problema, los experimentos sirven para ilustrar el interés de la Gestalt por la forma en que la organización real del campo perceptual hace contacto con los recuerdos anteriores.

A lo largo de los años han aparecido más demostraciones de que el hacer que la persona aprenda (o "vea") una regla o principio para generar el material, da lugar a un aprendizaje mucho más rápido que si se trata a dicho material como una colección de reactivos independientes y no relacionados. Para una revisión de algunos de estos trabajos, véase G. H. Bower (1970*b*, 1972*c*). Nunca se ha puesto en duda el hecho básico de que la comprensión fomenta el aprendizaje y la retención. Se dudaba de la interpretación de la comprensión (¿qué denota eso para un conductista?), y de si la relación de la comprensión con el aprendizaje tiene la importancia revolucionaria que se le atribuyó alguna vez. Por desgracia, los gestaltistas y los psicólogos *E-R* se enfrascaron en disputas acerca de las prácticas educativas (recuérdese que Thorndike, un teórico de la educación, propuso ejercicios de "grabar en la memoria"), y en apariencia estaban en desacuerdo sobre si apoyar la enseñanza por ejercicios repetidos o por comprensión. Aunque el problema subsiste un tanto hoy en día en las escuelas de educación, los psicólogos han solucionado la controversia al obtener una representación cada vez mejor de lo que se aprende en diferentes casos, de modo que pueden evitarse las prescripciones conflictivas. En las tareas que tienen principios sustentadores, el maestro obviamente enseña la respresentación más simple del problema y las reglas para generar la solución; pero si hay varias tareas con principios y procedimientos diferentes, entonces se requiere de algún ejercicio repetitivo para aprender esas descripciones de nivel superior.

Solución de problemas y discernimiento

Ahora se examinará brevemente el trabajo de los gestaltistas acerca del pensamiento productivo, la solución de problemas y el discernimiento. Se recordará que los experimentos de Köhler con simios suscitaron controversias porque éste suponía que cuando el mono se enfrentaba a una dificultad trataría implícitamente de "pensar a fondo" la solución del problema "en su cabeza" antes de responder abiertamente. El discernimiento podría caracterizarse como una actividad implícita de solución acertada de problemas. Basado en su análisis de la evidencia fotográfica de la conducta de los monos relacionada con solución de problemas, Siguiendo a Köhler, Yerkes (1927), planteó los siguientes tipos de criterios conductuales del discernimiento:

> En nuestros actos ejecutados con discernimiento o comprensión de las relaciones de los medios con los fines, estamos familiarizados con ciertas características de importancia, cuando no son diferenciales. A continuación se ofrece una lista parcial de los rasgos de esa conducta. La presentamos con la idea de que el estudio comparativo de la conducta y el discernimiento, en distintos organismos, podría revelar características comunes:
>
> 1. El reconocimiento, la inspección o el examen persistente de la situación problemática; 2. el titubeo, pausa, actitud de atención concentrada; 3. el ensayo del modo de respuesta más o menos adecuada. 4. en el caso de que el modo inicial de respuesta sea inade-

cuado, el ensayo de alguna otra forma de respuesta, cuando la transición de un método a otro es clara y a menudo repentina; 5. la atención persistente o reiterada al objetivo o meta y a la motivación respectiva; 6. la aparición del punto crítico en el cual el organismo ejecuta el acto adaptativo requerido repentina, directa y definitivamente; 7. la rápida repetición de la respuesta adaptativa, después de que se ha dado una vez. 8. la notable habilidad para descubrir y atender el aspecto y la relación esenciales de la situación problemática y para descuidar, relativamente, las variaciones en las no esenciales (Yerkes, 1927, pág. 156).

Los análisis subsiguientes de la solución de problemas en los primates y otros mamíferos demostraron que se trataba de un conjunto bastante complejo de hábitos pasados unidos a varias estrategias aprendidas para ensayar hipótesis. Por ejemplo, un mono experimentado tiene más probabilidades de arribar a una solución de discernimiento a un problema, que un simio no experimentado. La experiencia con el uso de varas como herramientas, o de cajas como escaleras para trepar permite a un chimpancé resolver problemas futuros utilizando estas habilidades componentes (Birch, 1945). La diferencia entre las teorías de la asociación y de la Gestalt reside en que las primeras sostienen que la experiencia pasada necesaria garantiza de algún modo la solución. Aunque los teóricos Gestalt estarían de acuerdo con que la experiencia facilita la solución, se oponen a las explicaciones en términos del uso de no discernimiento de la experiencia previa sin tener en cuenta la organización. Se requiere algo más que la cantidad necesaria de información; así, el hecho de conocer las palabras suficientes no nos capacita para escribir un poema. Dicho de otro modo, la experiencia por sí sola no soluciona el problema.

Un segundo hecho que rápidamente se hizo manifiesto en investigaciones subsecuentes es que algunos arreglos experimentales son más favorables que otros para fomentar las soluciones de discernimiento. Ambas hipótesis inherentes en el organismo y en la estructuración perceptual del medio ambiente, contribuyen a la organización. El discernimiento es más probable cuando la situación problemática está dispuesta de tal forma que todos los aspectos necesarios están abiertos a la observación. Además, las soluciones aparecen con mayor rapidez si todas las partes que deben intervenir en la relación se presentan simultáneamente en la percepción; por ejemplo, a un mono le resulta más difícil aprender a usar una vara que esté colocada en la jaula al otro lado de la comida, que aprender a utilizar una que se encuentre cerca del alimento (Jackson, 1942).

Un desarrollo significativo de la investigación del discernimiento fue el de Harlow (1949) acerca de la *disposición de aprendizaje* en los monos. En un estudio previo, entrenó a monos en un gran número de problemas de discriminación de objeto, cada uno de los cuales sólo implicaba seis ensayos, donde la elección de un objeto dado de un par se recompensaba con una pasa de uva. Cada problema abarcaba un par distinto de objetos comunes como una taza, un caja, un peine, un zapato. En el curso de las sesiones de alrededor de 350 problemas, Harlow observó que los monos se convertían en aprendices mucho más rápidos. Sus resultados se muestran en la figura 10.11, que presenta el porcentaje de respuestas correctas dentro de los seis ensayos, mientras los animales aprendían otro par de objetos antes de cambiar a un nuevo par. Las discriminaciones iniciales (desde el problema 1 hasta el 8) exhiben mejoramiento gradual dentro de los seis ensayos en un problema; además, al acumular experiencia, los monos se volvían muy adeptos a resolver problemas posteriores. En el último bloque de problemas que se traza en

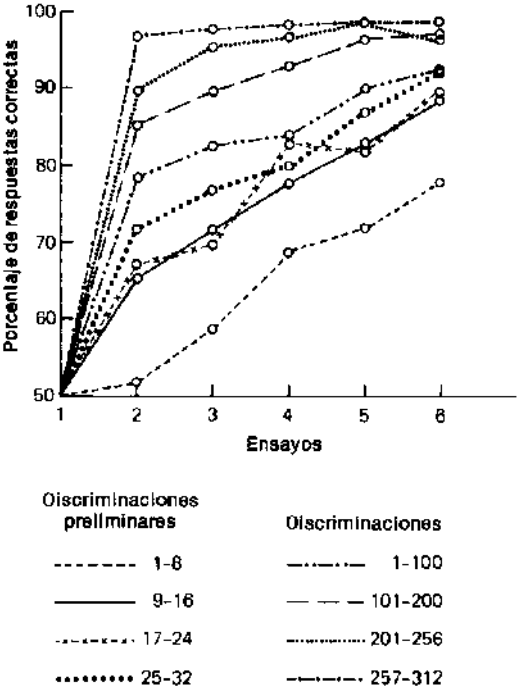


Figura 10.11. Mejoramiento gradual en la habilidad de un mono para resolver problemas de discriminación tal como lo descubrió Harlow. Aunque la ejecución es relativamente pobre en los primeros, los problemas subsecuentes solían resolverse en un solo ensayo (tomada de Harlow, 1949).

la figura 10.11, los animales muestran virtualmente aprendizaje de un ensayo, con la elección del objeto recompensado que salta a aproximadamente 97% a raíz del primer ensayo. Se ha informado de resultados similares de disposición de aprendizaje en todas las especies, con diversas reglas para reforzar las elecciones.

La importancia de los experimentos de aprendizaje de Harlow reside en su demostración de que "... los animales pueden aprender discernimiento gradualmente" (Harlow, 1949, pág. 56). Así, no es necesario que exista una oposición fundamental entre las teorías que recalcan el aprendizaje gradual y las que destacan el aprendizaje de discernimiento. Harlow proponía que mediante la práctica los animales paulatinamente aprenden a eliminar hipótesis extrañas que conducen a errores. Así, un mono podría aprender a no prestar atención a la posición de izquierda y derecha del objeto recompensado, a no escoger un objeto que no fuera reforzado, etcétera. El animal poco a poco adquiriría la estrategia: "Si el objeto escogido es recompensado, elegirlo la próxima vez; si el objeto escogido no se recompensa, cambiar al otro la próxima vez". El predominio de esta estrategia sobre las hipótesis erróneas explicaría el aprendizaje intraproblema tan rápido que muestran los monos entrenados. Sin embargo, la habilidad de aprendizaje rápido es específica de una regla; es decir, que un objeto particular de un par siempre es recompensado. Si la regla del reforzamiento se modifica de manera considerable (por ejemplo, se refuerzan las respuestas a posiciones alternativas independientemente de las ubicaciones de los objetos), entonces los monos entrenados al objeto muestran de nuevo un aprendizaje muy lento. Levine (1965, 1969) desarrolló una

teoría específica de comprobación de hipótesis que explica la mayor parte de esos resultados de disposición de aprendizaje. Sin embargo, en perspectiva histórica, el trabajo acerca de las disposiciones del aprendizaje y la visión de comprobación de hipótesis del aprendizaje de discriminación constituyeron un desarrollo temático de las concepciones iniciales de la Gestalt acerca de la solución de problemas por discernimiento.

Pensamiento productivo

Durante muchos años Wertheimer dictó conferencias acerca de los procesos del pensamiento, pero sólo publicó unos cuantos artículos fragmentarios a lo largo de su vida. Sin embargo, poco antes de morir terminó el manuscrito de un pequeño libro, que fue editado por sus amigos y apareció con el título de *Productive thinking* (1945, 1959). En esta obra resume, con su estilo característico, algunos estudios experimentales, mediante el penetrante análisis cualitativo de las situaciones simples que sirven para ilustrar las diferencias entre su propio enfoque y otros con los cuales disentía.

Las dos alternativas fundamentales que compiten para la adopción del enfoque gestaltista del pensamiento y la solución de problemas son, por una parte, la lógica formal y, por otra, la teoría de la asociación. Supuestamente estas dos opciones son demasiado limitadas para abarcar lo que en verdad ocurre cuando un individuo que se enfrenta a un problema encuentra una solución razonable.

Se establece una distinción entre una solución ciega, en la cual el aprendiz aplica una fórmula, y otra razonable, en la que el sujeto comprende lo que hace en relación con la estructura esencial de tal situación. Con frecuencia, la solución ciega es una desafortunada aplicación de la fórmula a una situación que no se ha considerado inadecuada. Se citan experimentos, por ejemplo, en los que a niños en edad escolar se les enseña a encontrar el área de un paralelogramo, bajando líneas perpendiculares a la base desde las dos esquinas superiores, para convertir así a la figura en un rectángulo, cuya área es fácil de calcular. Sin embargo, los niños que habían repetido a la perfección los ejemplos, se confundieron cuando se les mostró un paralelogramo colocado en una posición distinta, de modo que los pasos "correctos" del procedimiento llevaron a resultados erróneos: los niños habían aprendido la solución de acuerdo con un procedimiento ciego. En contraste, se informó de la solución encontrada por una niña de cinco y medio años de edad:

> Una vez presentado el problema del paralelogramo, después de que se le había demostrado a grandes rasgos cómo obtener el área del rectángulo, la niña dijo: "Desde luego que no sé cómo se hace *esto*". Y tras un momento de silencio, indicó: "esto *no* está *bien aquí*", señalando el extremo izquierdo de la figura; "y esto otro *tampoco* está *bien aquí*", *indicando* el *extremo* derecho (*fig.* 10.12). "Esto molesta aquí y acá", dijo titubeando, "podría quedar bien aquí... pero..." Y súbitamente exclamó: "¿podrían darme unas tijeras? Lo que está mal allí es exactamente lo que se necesita aquí. Encaja". Tomó las tijeras, cortó verticalmente y puso el extremo izquierdo en el lado derecho (fig. 10.13) (Wertheimer, 1945, pág. 48).

Otro niño, al que se le dio un paralelogramo largo cortado en un pedazo de papel, desde el comienzo señaló que toda la parte media era correcta, a excepción de

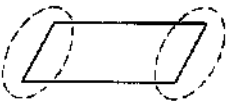


Figura 10.12. Partes problemáticas en el intento del niño para aplicar la teoría del rectángulo al paralelogramo (tomada de Wertheimer, 1959).

los extremos. De repente tomó el papel y formó un anillo. Vio entonces que estaba en lo cierto, pues podía cortarlo verticalmente en cualquier parte y convertirlo en un rectángulo.

En casos como éstos, las soluciones aparecen de forma ordenada, de acuerdo con la verdadera "estructura" de la situación. Éste es el enfoque estructural que destaca Wertheimer. Los niños captan con facilidad tales soluciones "estructurales" a no ser que se les enseñe mal, en una atmósfera de ejercicios repetitivos ciegos. Con formas como las que aparecen a la izquierda y a la derecha en la figura 10.14, los niños están en condiciones de separar con facilidad las que pueden resolverse de las que no. Es fútil argumentar —dice Wertheimer— que esta discriminación se realiza con base en la familiaridad, como al parecer creen los asociacionistas. Los niños hacen las distinciones porque conocen la naturaleza esencial de la solución. Los aspectos estructurales y los requerimientos de la situación misma establecen dimensiones y esfuerzos que llevan a un adelanto; es decir, a la solución del problema.

Las implicaciones del punto de vista de Wertheimer en la enseñanza son muy claras. Siempre es preferible proceder de modo que se favorezca el descubrimiento de la naturaleza esencial de la situación problemática, de los vacíos que necesiten llenarse, de manera que, aun a costa de la elegancia o de la brevedad, la prueba sea "orgánica" en lugar de "mecánica" (Duncker, 1945).

APRECIACIÓN DE LA TEORÍA GESTALT DEL APRENDIZAJE

La teoría Gestalt y los problemas usuales del aprendizaje

Los psicólogos Gestalt perciben un énfasis un tanto distorsionador en los tratamientos convencionales del aprendizaje, de modo que las dificultades que generalmente se recalcan no constituyen la selección más natural de los problemas. En este sentido, la posición Gestalt acerca del aprendizaje puede resumirse de la manera siguiente:

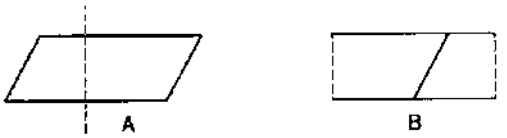


Figura 10.13. Solución del niño al problema del paralelogramo con el uso de tijeras (tomada de Wertheimer, 1959).

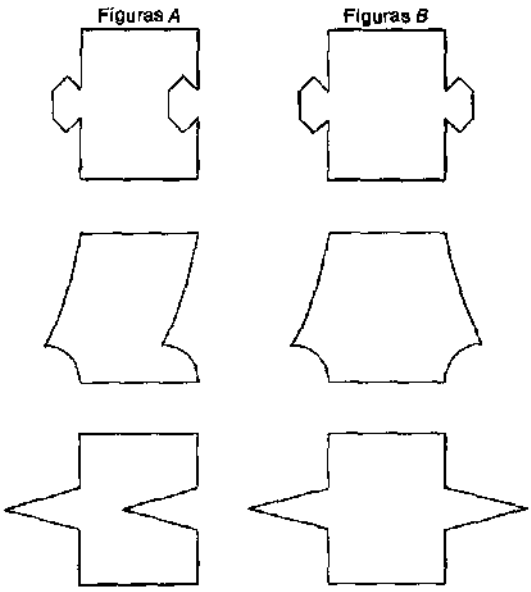


Figura 10.14. Aplicabilidad de la solución al problema del paralelogramo en nuevas figuras. Es posible cambiar las figuras *A* de modo que puedan formar rectángulos. No se puede hacer lo mismo con las figuras *B*. Se dice que la capacidad de los educandos para resolver las figuras *A* y rechazar las *B* depende de alguna cosa distinta de familiaridad con las figuras (tomada de Wertheimer, 1959).

1. *Práctica.* Supuestamente nuestros recuerdos son huellas de percepciones; la asociación es un producto secundario de la organización perceptual. Las leyes de los agrupamientos perceptuales también determinan la coherencia de los elementos en la memoria. La repetición de una experiencia se acumula sobre las experiencias anteriores sólo si el segundo evento se reconoce como una recurrencia del anterior. Las exposiciones sucesivas a una situación de aprendizaje proporcionan al aprendiz oportunidades reiteradas para que observe nuevas relaciones que sostengan la reestructuración de la tarea.

2. *Motivación.* Los psicólogos de la Gestalt aceptaron la ley empírica del efecto, acerca del papel de las recompensas y de los castigos, pero diferían de Thorndike en la interpretación de la misma. Creían que los efectos secundarios no actuaban "de modo automático e inconsciente" para fortalecer los actos previos. Más bien, el efecto tenía que percibirse como *perteneciente* al acto previo, una posición que Thorndike también destacaba. La motivación consistía en colocar al organismo en una situación problemática; las recompensas y los castigos actuaban para confirmar o desconfirmar las soluciones propuestas a los problemas.

3. *Comprensión.* Los autores gestaltistas ponen el acento en la percepción de las relaciones, en la conciencia de las relaciones entre las partes y el todo, de los medios con las consecuencias. Los problemas deben resolverse de manera razonable, estructural y orgánica, en lugar de hacerlo de forma mecánica y tonta, o por repetición de hábitos anteriores. Por eso, el aprendizaje por discernimiento es más usual en las tareas de aprendizaje presentadas apropiadamente que en el método de ensayo y error.

4. *Transferencia.* El concepto gestaltista más parecido al de la transferencia es la *transposición.* Un patrón de relación dinámica descubierto o comprendido en una

situación es aplicable a otra. Hay algo en común entre el aprendizaje anterior y la situación en la cual se encuentra la transferencia, pero lo que existe en común no son elementos divididos idénticos sino patrones comunes, configuraciones o relaciones. Una de las ventajas del aprendizaje por comprensión comparado con el de repetición es que el entendimiento puede trasponerse a más amplias variedades de situaciones, y conduce con menor frecuencia a aplicaciones erróneas del aprendizaje antiguo.

5. *Olvido.* El olvido se relaciona con el curso de los cambios en la huella. Las huellas pueden desaparecer por el gradual decaimiento (una posibilidad difícil de probar o de refutar), por la destrucción debida a que formen parte de un campo caótico y mal estructurado, o por asimilación a los procesos o huellas nuevos. La última posibilidad es familiar como una forma de inhibición retroactiva. En un momento dado, las huellas que continúan existiendo pueden no estar disponibles a causa del fracaso momentáneo en el paso de Höffding.

Además de tal olvido, se cuentan los cambios dinámicos que ocurren en el recuerdo, de modo que lo que se produce no es el aprendizaje anterior en el que faltan algunas partes, sino una huella distorsionada en la dirección de una buena Gestalt.

Aspectos generales de la teoría Gestalt

Al discutir la teoría de la Gestalt sólo como teoría del aprendizaje se han pasado por alto algunas de sus características más generales, en especial su orientación filosófica y su relación con la biología. La objeción a la teoría asociacionista del aprendizaje es parte del énfasis holístico dentro de la teoría general, y es coherente con la oposición Gestalt a las explicaciones atomicistas acordes a las conexiones entre las partes. La objeción a las sensaciones como elementos de la percepción (la hipótesis del haz) está comprendida en la objeción a las conexiones de estímulo-respuesta como elementos de los hábitos.

El punto de vista *fenomenológico*, establecido muchas veces por los psicólogos gestaltistas como contrario a la posición *positivista* dominante, no es fácil de caracterizar satisfactoriamente. La observación fenomenológica es más subjetiva que el conductismo y menos analítica que la introspección que Titchener proponía. La clase de observación recomendada es naturalista y apreciativa más que analítica. Por ejemplo, las explicaciones posteriores de Köhler acerca del discernimiento dependían de tal descripción fenomenológica de los eventos.

La interpretación de la psicología Gestatl como *teoría de campo* se basa en gran parte en la evidencia presentada por Köhler en su *Physische Gestalten* (1920), que muestra la relación entre las leyes Gestalt de la organización y los principios bien establecidos en la física y en la biología.

Como hemos dicho, los psicólogos Gestalt se interesaban principalmente en los procesos de la percepción y en los cognoscitivos (solución de problemas). Por consiguiente, su enfoque del aprendizaje y de la memoria ponía el acento en una combinación de estos factores en las situaciones de aprendizaje; la forma en que la memoria reflejaba la organización perceptual y la manera en que las habilidades de resolución de problemas intervenían en la comprensión de una tarea de aprendizaje, en la reconstrucción de un recuerdo vago o en la transferencia de un principio

del aprendizaje a una nueva situación. Estos énfasis constituyeron antídotos y retos apropiados para el asociacionismo *E-R* que dominaba en Estados Unidos.

La psicología de la Gestalt en la actualidad

La inquietud que provocó la introducción de la psicología de la Gestalt en Estados Unidos a fines de la década de los veinte y comienzos de los treinta amainó considerablemente en la década de los cincuenta. Pero todavía hay muchos elementos válidos en lo que enseñaron los psicólogos clásicos de la Gestalt. Sus escritos tienen diversas características: una parte experimental o demostrativa en la que se presenta uno u otro fenómeno psicológico; después, una parte de polémica casi filosófica en la cual se discute hasta el agotamiento el elementalismo antiguo de los análisis de Titchener (o de Watson) y, por último, se expone alguna teoría de campo relativamente incomprensible de los fenómenos. En la psicología sensorial los gestaltistas hacían valer fácilmente sus puntos de vista; sus datos se explicaban y se aceptaban en términos menos pomposos, y su enfoque del área progresaba. Así, en el dominio de la percepción sensorial, los fenómenos demostrados de la psicología Gestalt ingresaron a la corriente principal. En el área del aprendizaje, a raíz de los experimentos de Katona en 1940, se realizaron relativamente pocos trabajos experimentales desde el punto de vista de la Gestalt. Ninguno de los gestaltistas se dedicó al estudio del condicionamiento y del aprendizaje animal, que eran las ramas de investigación que acaparaban el interés de los teóricos del aprendizaje durante el periodo comprendido entre 1930 y 1960.

En la década de 1960 se produjo un resurgimiento del interés en el enfoque Gestalt del aprendizaje humano. Una de estas líneas de investigación, la de Asch y sus colaboradores, ya comentada, se refiere a la forma en que la organización perceptual influye en la coherencia de los elementos en la memoria. Estas demostraciones, junto con el trabajo de Bower y sus asociados, mantuvieron en primer plano la idea de que la asociación es la relación de elementos, y que la contigüidad es tan sólo una condición previa dentro de la cual operan otras relaciones. Otra idea que ha probado su utilidad en los análisis del aprendizaje humano es la noción de la unificación, o formación de "bloques" de elementos discretos en una unidad integrada.

A fines de la década de los sesenta el punto de vista organizacional del aprendizaje humano ganó varios importantes defensores (Bower, 1970c; Mandler, 1967, 1968; Tulving, 1968). Este punto se revisará más profundamente en el capítulo 13. La concepción organizacional de la memoria se asemeja mucho a ciertas premisas de la psicología Gestalt, en particular a las que explorara Katona. Gran parte de las investigaciones en esta área del aprendizaje verbal se realizaron sobre el *recuerdo libre*, un arreglo experimental en el cual se expone al sujeto a un conjunto amplio de reactivos (por ejemplo, sustantivos comunes), y se le pide que recuerde tantos como pueda, en cualquier orden. A primera vista, no es claro cómo una teoría de estímulo-respuesta-asociación puede comenzar a analizar la ejecución en la tarea de recuerdo libre (para ilustrar la manera de hacerlo, véase un modelo de J. R. Anderson, 1972). No obstante, los teóricos organizacionales (por ejemplo, Mandler, 1968) suponen que el sujeto en recuerdo libre trata de relacionar los reactivos individuales en unidades o bloques subjetivos, que sirven como grupos

efectivos que se aglutinan en el recuerdo. Este se encuentra limitado por el número constante de bloques y el número de reactivos que pueden ocurrir en un bloque (aunque una unidad de memoria puede contener otros bloques para permitir el incrustamiento de bloques dentro de bloques; Mandler, 1967). Los bloques adoptados para listas de palabras generalmente son categorías semánticas. De hecho, Tulving (1962) encuentra correlaciones muy elevadas entre la cantidad recordada y las mediciones de organización subjetiva en el protocolo de recuerdo. Los procedimientos que intentan facilitar la organización estable de los reactivos de la lista—o interferir con ella— producen incrementos o decrementos correspondientes en la cantidad evocada (Bower, Lesgold, y Tieman, 1969). En el caso de que el número de unidades subjetivas resulte mayor que el óptimo, supuestamente la persona categoriza de nuevo sus bloques en un número menor de categorías de clase superior, que está dentro del límite de la memoria (Mandler, 1968). Entonces, se supone que en la evocación la persona tiene acceso inmediato a las categorías superiores o bloques, que desempaca dentro de sus unidades subordinadas durante el acto de evocar. Como Bower, Clark, Winzens y Lesgold (1969) han demostrado, ésta es una eficiente estrategia de recuerdo cuando el material la permite. Las investigaciones ulteriores acerca del tema se compilaron en un volumen de reseñas, *Organization of memory*, editado por Tulving y Donaldson (1972).

Las ideas de la teoría de la Gestalt todavía viven en la teoría del aprendizaje. Junto con el énfasis en los factores perceptuales de la memoria y los factores organizacionales en el recuerdo libre, J. R. Anderson y Bower (1972*b*) han contrastado una Gestalt con un análisis "elementalista" acerca de la forma en que una persona puede aprender y recordar oraciones significativas. La cuestión es si el recuerdo de una proposición puede descomponerse en un número de relaciones asociativas cuasiindependientes, o si la proposición completa organiza todos sus elementos en un solo bloque que se recuerda de un modo de todo o nada. Sin embargo, la evidencia es conflictiva y no apoya con claridad ni las ideas de asociaciones múltiples ni las del bloque unitario (véase la revisión en J. R. Anderson, 1976).

En general, la psicología de la Gestalt tuvo en efecto estimulante y saludable sobre el estudio del aprendizaje y la memoria. Sus ideas acerca del aprendizaje humano terminaron por ser apreciadas y aprovechadas a comienzos de la década de los setenta. De modo similar, los estudios Gestalt acerca del pensamiento y la solución de problemas, en particular los trabajos de Duncker (1945) y de Wertheimer (1945, 1959) fueron estimados otra vez por científicos como Allen Newell y Herbert Simon (1972), quienes trabajaron en la simulación de solución de problemas mediante computadora. Así, la influencia de un pequeño grupo de psicólogos gestaltistas alemanes ha perdurado más allá de su muerte. En realidad, estos psicólogos constituyeron los antecedentes intelectuales de gran parte de lo que se conoce hoy en día como psicología cognoscitivista, que en la actualidad es un punto de vista dominante en la psicología experimental de los Estados Unidos.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Éstos son los libros de los "tres grandes" de la psicología de la Gestalt:

Koffka, K., *Growth of the mind*, 1924.
Koffka, K., *Principles of Gestalt psychology*, 1935.

Köhler, W., *The mentality of apes*, 1925.
Köhler, W., *Gestalt psychology*, 1939 y 1947.
Köhler, W., *Dynamics in psychology*, 1940.
Wertheimer, M., *Productive thinking*, 1945 y 1959.

Para una exposición favorable aunque crítica de la psicología de la Gestalt, véase:

Prentice, W.C.H., "The systematic psychology of wolfgang Köhler", en S. Koch (dir.), *Psychology: A study of a science*, vol. I, 1959, págs. 427-455.

Una buena serie de lecturas, incluyendo varios artículos clásicos traducidos del alemán:

Henle, M., *Documents of Gestalt psychology*, 1961.

11

El aprendizaje de signos, de Tolman

La teoría de Edward C. Tolman (1886-1959) se denominó conductismo propositivo en su principal trabajo sistemático, *Purposive behavior in animals and men* (1932). Más tarde, el propio autor y otros investigadores le llamaron teoría de signo Gestalt o de la expectancia. Estos últimos términos ponen de relieve su naturaleza cognoscitiva, que en ciertos aspectos la distingue de las teorías de estímulo-respuesta de Thorndike, Guthrie, Skinner y Hull. La designación *aprendizaje de signos* constituye un nombre satisfactorio y breve.

Tolman era conductista, pero de un tipo completamente distinto del de Watson, Pavlov o Guthrie. Estaba interesado en saber cómo la teoría de la conducta hacía contacto con nociones tales como *conocimiento, pensamiento, planeación, interferencia, propósito* e *intención*. Era una especie de conductista lego, que a menudo describía el comportamiento de un animal en términos de sus motivos, pizcas (*bits*) de conocimiento (cogniciones), expectativas, intenciones y propósitos, de una forma muy parecida a como un lego inteligente describiría la conducta de otra persona. El principal aporte de Tolman fue su oposición a ciertas premisas restrictivas —que en parte contrarrestó—, adoptadas por sus antecesores y contemporáneos estrictamente conductistas. No era un sistemático, sino un observador muy agudo del comportamiento animal, y un crítico de la teoría del reforzamiento *E-R* que predominaba en su época. La medida de su éxito se percibe en la manera en que las teorías de sus oponentes (en especial la de Hull; véase el capítulo 5) se vieron obligadas a reconocer y a tratar los fenómenos y las distinciones conceptuales que Tolman proponía.

A pesar de algunos cambios en el vocabulario, durante su carrera Tolman se mantuvo firme en sus posiciones fundamentales. Creía que la conducta debería analizarse en el nivel de las acciones, no de los movimientos; que estaba dirigida a una meta y que era dócil y variaba de acuerdo con las circunstancias ambientales en la búsqueda de una meta dada. Veamos más de cerca estos principios.

LA CONDUCTA COMO ACCIONES DIRIGIDAS A UNA META

Tolman argumentaba que la conducta se describe mejor en términos de acciones con un propósito y una meta. Decimos que alguien compra un disco, bebe un refresco, marca un número telefónico, etc., y no nos molestamos en mencionar los movimientos que tales acciones implican. La consecución de una meta o estado final —y no la secuencia de crispamientos musculares espasmódicos que conducen a la meta— debe convertirse en la unidad de análisis del psicólogo. En efecto, éste es el nivel de descripción conductual del vocabulario común que el lego aplica a las acciones.

La *docilidad* de la conducta significa sólo que ésta es adaptable a las cambiantes circunstancias, y que el modo de conseguir algún fin varía según los medios disponibles. Si usted no puede ir al mercado, en su automóvil, puede tomar un autobús, pedirle a alguien que lo lleve, ir en bicicleta o caminar. La conducta escogida no es una respuesta refleja a la meta, sino que varía adaptativamente de acuerdo con las limitaciones de la situación. Esto significa en particular que un organismo puede emplear su conocimiento de las sendas en el espacio, de las herramientas y de los obstáculos para integrar una solución totalmente nueva e imaginativa que permita llegar a una meta obstruida.

Como hemos dicho, la conducta parece dirigirse a una meta, como acercarse o alejarse de algo. La conducta actual está guiada por lo que el sujeto cree que será su consecuencia o resultado. El gato trata de salir de la caja, el carpintero golpea un clavo y la actriz intenta provocar una reacción emocional en sus espectadores.

La cuestión de si la conducta debe describirse en términos de propósitos o en términos de movimientos, en la teoría del aprendizaje se denomina problema *molar* (gran escala), en contraposición al *molecular* (pequeña escala). Al igual que muchos fenómenos complejos (por ejemplo, los arco iris, los juegos de futbol), la conducta de un organismo puede describirse en varios niveles distintos (como sucede con una situación de estímulo correspondiente). Por ejemplo, una oración pronunciada por un actor en una obra de teatro puede describirse en términos de movimientos de la lengua, la cavidad bucal, el diafragma y las cuerdas vocales; o en términos de la secuencia de fonemas pronunciados, de las palabras dichas, de los significados o ideas comunicadas; de la destreza prosódica en la expresión o de la función de la línea en el desarrollo que el dramaturgo realiza en torno a un personaje o a la trama, etcétera. Un conjunto similar de capas superpuestas caracteriza a los posibles análisis de lo que "hace" un oyente en la audiencia. No tiene sentido preguntar: "pero, ¿cuál de estas diversas hace *en realidad*?"; evidentemente, en cierto sentido las está haciendo todas. Más bien, el problema es qué nivel de análisis resulta más provechoso para responder preguntas de interés particular. Tolman se inclinó claramente por el uso de descripciones molares de la conducta, y hacía referencia a sus supuestos *propósitos*. Lo que a otros psicólogos comparativos les resultaba perturbador en este programa era que parecía antropomórfico (que proyectaba rasgos humanos en los animales inferiores) y no parsimonioso (los propósitos inmanentes en la conducta debían *derivarse* de principios más simples del condicionamiento, en vez de tomarse como postulados básicos desde el comienzo). También se asemejaba a las explicaciones teleológicas y vitalistas entonces en boga en la biología, algunas de las cuales eran evidentes falacias y habían sido

desacreditadas por completo, al punto que los biólogos de esa época automáticamente sospechaban de ellas. Debido a estos significados adicionales, la *rama* de Tolman del conductismo propositivo tuvo una recepción crítica de parte de los otros conductistas de su tiempo.

Tolman proponía una visión de los seres humanos y de los animales que ponía el acento en la reflexión deliberada del organismo acerca de los problemas, sus representaciones internas del ambiente, la forma en que estas representaciones podían usarse para resolver problemas, etcétera. Estos procesos cognoscitivos son familiares en las intuiciones de nuestra vida mental. Por eso a los estudiantes les sorprende descubrir que Tolman buscaba evidencia de tales procesos cognoscitivos en las ratas, los sujetos de casi todos sus experimentos, en lugar de tratar de encontrarla en los seres humanos, con los cuales las explicaciones cognoscitivas del aprendizaje vienen a la mente con tanta facilidad. Pero la tendencia significativa desde la década de 1930 hasta la de 1950 fue estudiar el aprendizaje de los animales inferiores, ya que el campo estaba dominado por los conductistas, que se manifestaban en contra de hacer atribuciones mentalistas a los animales que investigaban. Tal vez Tolman creía que debía enfrentarse a sus adversarios ideológicos en el propio terreno de éstos, y que si los procesos cognoscitivos podían demostrarse en los animales inferiores, el argumento en favor de la aplicabilidad de esta teoría a los seres humanos ganaría por abandono.

Las obras escritas de Tolman abarcan unos 30 años; son discursivas y anecdóticas, y abundan en ideas y observaciones interesantes. En el transcurso de los años, sus constructos teóricos cambiaron de forma y contenido de modo que no es fácil resumir su teoría sistemática. Aquí se presentarán las principales ideas de los años más maduros de la teorización de Tolman.

LOS CONSTRUCTOS TEÓRICOS DEL APRENDIZAJE, DE TOLMAN

Expectancias y mapas cognoscitivos

La idea básica de Tolman es que los organismos adquieren conocimientos acerca de su medio ambiente, de dónde están localizadas en él las metas importantes, y de la forma de ir de un lugar a otro. La unidad de conocimiento es la relación entre dos o más eventos de estímulo (como en el condicionamiento pavloviano), o entre un estímulo, una respuesta a él, y otro estímulo que sigue a la respuesta. Estas segundas unidades de tres términos surgen en el aprendizaje instrumental y cada una de ellas se denomina *expectancia*. Estas expectancias de tres términos, que se escriben dentro de un paréntesis (E_1-R_1-E_2), se refieren al aprendizaje que hace el organismo de que en la situación E_1, dar la respuesta R_1 irá seguido muy pronto del estímulo E_2. La mejor manera de recordar el proceso consiste en pensar en alguna oración como ésta "Cuando el *botón del timbre* (E_1) se *aprieta* (R_1), espero oír el *zumbido del timbre* de la puerta (E_2)". Esta unidad asociativa de tres términos, antes de que se haga algo con el timbre, es la expectancia. Si tocar el timbre de la puerta se convierte en una meta (Tolman diría que el E_2 se convierte en una *valencia positiva*), se activa la expectancia. *Oprimo* el botón sólo si quiero que suene el timbre de la puerta y es posible que tenga la expectancia como una pizca (*bit*) de conocimiento aun sin hacer nada con el timbre.

En la teoría de Tolman, la premisa básica del aprendizaje es que el conocimiento se adquiere como simple resultado de la exposición y la atención del animal a los eventos ambientales. No es necesaria ninguna recompensa; tan sólo la contigüidad de los eventos experimentados. Tolman suponía que una expectancia (E_1-R_1-E_2) se fortalece cada vez que los eventos objetivos E_1, R_1, y E_2 se presentan en secuencia; de modo similar, se debilita cuando E_1 y R_1 ocurren pero no van seguidos de E_2. Este último debilitamiento, o pérdida de una expectancia específica, es la versión de Tolman del proceso de extinción. Durante la extinción, el animal que corre por el laberinto aprende a no aguardar una recompensa después de R_1, sino más bien a esperar una caja meta vacía. Para muchos propósitos, la expectancia en la teoría de Tolman puede tratarse de una forma muy parecida a como tratamos el hábito E-R en la teoría de Hull. Por ejemplo, la expectancia es el constructo utilizado para explicar los efectos del entrenamiento, la generalización del estímulo, la transferencia, la competencia de respuesta, etcétera. Un aspecto interesante es que una secuencia de expectancias puede ser *integrada* en una unidad mayor. Por ejemplo, en un laberinto T de dos unidades, una rata aprendía primero que en el primer punto de elección, una vuelta a la derecha conduce a los estímulos del segundo punto de elección, para los cuales una vuelta a la izquierda lleva a la comida. Con la repetición, el animal sintetiza esta cadena de expectancias, todas las cuales se activan al comienzo del laberinto. Así, espera recibir comida cuando toma la senda correcta.

Tolman creía también en un proceso del pensamiento que denomina *inferencia*. La idea es ésta: si un animal ya tiene una expectancia (E_1-R_1-E_2), y le enseñamos otra conexión de eventos E_2-E^*, el animal *inferirá* una nueva expectancia (E_1-R_1-E^*). La inferencia era el proceso mediante el cual los nuevos eventos recompensantes en una caja meta (pares E_2-E^*) podían regresar para afectar cualquier selección subsecuente de respuesta.

Si a un animal se le permite explorar un territorio, adquirirá un elevado número de pizcas (*bits*) de E_1-E_2 y conexiones E_1-R_1-E_2. Tolman creía que el conocimiento que un animal tiene acerca de un ambiente llega a organizarse en una especie de *mapa cognoscitivo* de esa área, en vez de una simple enumeración no conectada de pares locales de estímulo y respuesta. Caracterizaba esta organización del conocimiento de la siguiente forma:

> [El cerebro] se parece mucho más a una sala de control de mapas, que es como una antigua central telefónica. Los estímulos a los que se permite entrar no están conectados simplemente por interruptores, uno a uno, con las respuestas en marcha, sino que los impulsos entrantes por lo común se modifican y elaboran en la sala de control central en un mapa provisional y de tipo cognoscitivo del ambiente. Y es este mapa tentativo que indica rutas y sendas y relaciones ambientales, el que finalmente determina qué respuestas —si hay alguna— liberará a la postre el animal (1948, pág. 192).

Tolman creía que los animales más complejos podían usar su conocimiento de la disposición espacial de los objetos y de las sendas para encontrar su camino hacia una meta deseada, de una forma muy parecida a como el lector utilizaría el mapa de una ciudad a fin de orientarse en ella. Si todo permanece constante, se prefiere la senda más corta que lleva a una meta. La idea de los mapas cognoscitivos es interesante y ha originado diversas investigaciones, que examinaremos en este mismo capítulo.

Aprendizaje versus ejecución

En el sistema de Tolman las expectancias son pizcas (*bits*) de conocimiento que el organismo aprende. Pero *nunca* ejecutamos todas las acciones de las que somos capaces. De hecho, una pizca (*bit*) dada de conocimiento usualmente permanece dormida en la memoria hasta que se necesita para lograr una meta deseada. Tolman fue uno de los primeros psicólogos que marcó una clara distinción entre el aprendizaje y la ejecución. Es posible que sepamos cómo hacer algo, pero no ejecutamos ese acto hasta que no estemos apropiadamente motivados. Una persona puede aprender dónde hay una farmacia cerca de su nuevo departamento, pero no usar ese conocimiento hasta que necesite una medicina.

Para Tolman, una expectancia (E_1-R_1-E_2) se convierte en acción cuando la meta de esa expectancia (E_2) adquiere una valencia fuerte y positiva. Por ejemplo, si un animal sediento experimenta que moverse por un laberinto le permite llegar a una caja meta donde hay agua, la valencia de la caja meta es mayor mientras más frecuentemente el animal beba allí, y cuanto más sediento se encuentre en ese momento. Si el animal estuviera momentáneamente saciado, la caja meta con agua no tendría valencia para él. Esta noción de la valencia se asemeja mucho al complejo motivacional impulso X incentivo usado en las teorías de Hull y de Spence. De modo similar, la manera en que la valencia convierte una expectancia en una "tendencia de reacción", para Tolman es semejante a la forma en que la motivación convierte al hábito en la fuerza de respuesta (${}_sE_R$) en la teoría de Hull. Tolman relacionaría la "tendencia de reacción" con los índices usuales de ejecución de la latencia de la respuesta, y el predominio de elección en competencia con otros cursos de acción. En estas cuestiones, no difería mucho de Hull.

Tolman también postula un principio de reforzamiento secundario. Así, si E_2 es un estímulo con valencia, y si un E^* se parea con E_2, se supone que E^* adquiere valencia o valor. Además, en la secuencia E_1-R_1-E_2, que da lugar a una expectancia correspondiente, si E_2 adquiriera una valencia muy alta, el estímulo anterior, E_1, también adquiriría valencia. Esto equivale a reconocer el hecho de que los estímulos que conducen a eventos valiosos también se convierten en submetas valoradas. Así, si insertar una ficha de póquer (E_1) en una máquina tragamonedas produce una uva (E_2 con valencia), para un chimpancé, el animal muy pronto valorará las fichas de póquer y aprenderá nuevos comportamientos para obtenerlas. Creemos pertinente hacer algunas consideraciones acerca de estas premisas básicas de la teoría de Tolman. Primero, hemos parafraseado un intento de MacCorquodale y Meehl (1953) por precisar lo que Tolman escribía con su estilo discursivo e informal. Segundo, algunas de las conjeturas del sistema, tal como se han descrito, son poco más que traducciones directas de fenómenos empíricos al vocabulario de la teoría de Tolman (por ejemplo, generalización del estímulo y reforzamiento secundario). Tales traducciones no deben interpretarse en el sentido de que Tolman "descubrió" estos principios psicológicos, ya que se conocían mucho tiempo antes de que iniciara sus escritos sistemáticos. (La misma observación es aplicable a muchos de los postulados teóricos de Clark Hull, que se examinaron en el capítulo 5.) Tercero, la enumeración de los diversos principios no hace justicia a la gran cantidad de experimentos y evidencia psicológica que los sustentan; en la siguiente sección intentaremos bosquejar todos estos aspectos. Cuarto, la enumeración no menciona muchas de las sugerencias informales y más programáticas disemi-

nadas en todas las obras de Tolman, que proporcionan un valioso estímulo para la investigación en áreas particulares. De nueva cuenta, en la siguiente sección sólo examinaremos brevemente algunas de estas hipótesis auxiliares.

EVIDENCIA RELEVANTE DE LAS CONCEPCIONES DE TOLMAN

Asociaciones sensorio-sensoriales

Una diferencia importante entre los teóricos de estímulo-respuesta y los cognoscitivistas se encuentra en las unidades que pueden asociarse: los teóricos *E-R* creían que todo el aprendizaje (al menos todo aquel que podía relevarse) era descifrable como la vinculación de respuestas con estímulos, mientras que los teóricos cognoscitivistas como Tolman argumentaban en favor de las asociaciones directas entre los elementos sensoriales, unidades *E-E* en la memoria. Los casos de prueba en apariencia simples; por ejemplo, el aprendizaje de las asociaciones de estímulo palabra-palabra por parte de seres humanos, se descartaron como irrelevantes, en la creencia de que las personas responderían implícitamente a (o nombrarían) los estímulos, de modo que éstos se asociarían indirectamente mediante las respuestas. Por tales razones, se creía que la cuestión del condicionamiento sensorial se decidiría con mayor seguridad en experimentos con animales inferiores. Así se idearon los experimentos de *precondicionamiento sensorial*, que se describen a continuación.

Precondicionamiento sensorial

En el precondicionamiento sensorial, dos estímulos neutrales, E_1 y E_2, se parean juntos durante múltiples ensayos, y entonces uno de ellos, E_2, se parea con un *EI* biológicamente significativo hasta que E_2 evoca una respuesta condicionada (véase la figura 11.1). En la fase crítica final, se somete a prueba el estímulo E_1 para su asociación con la *RC*. Si *EI* evoca ahora la *RC* hasta cierto grado (en comparación con los sujetos de control, para quienes los estímulos no estaban pareados en la fase 1 o en la 2), se supone que el precondicionamiento sensorial se ha producido. La explicación es que E_1 se asocia con E_2, entonces E_2 se asocia con el *EI*, y cuando E_1 finalmente se comprueba, E_1 recobra una representación de E_2, la cual recupera la idea del *EI*, que da lugar a la ocurrencia de la RC.

Brogden (1939) realizó un experimento inicial de precondicionamiento sensorial con buenos resultados. Sus perros se expusieron a 200 pares simultáneos de luz y zumbido; después, recibían condicionamiento de flexión de una extremidad, con

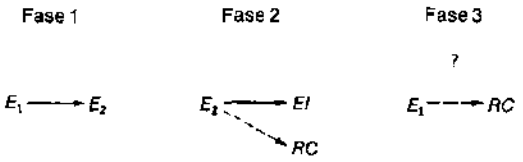


Figura 11.1. Tres fases en un experimento de precondicionamiento sensorial. La tercera es la fase de prueba, en la cual se verifica si E_1 evoca a la *RC*.

uno de estos indicios pareados con una descarga eléctrica aplicada a una pata. Las pruebas con los otros estímulos produjeron significativamente más respuestas de los perros experimentales que de los animales de control. Sin embargo, en el experimento de Brogden y en otros realizados en aquella época, el efecto del precondicionamiento sensorial fue muy pequeño y de corta duración. En consecuencia, los teóricos *E-R* ignoraron fácilmente el efecto de precondicionamiento sensorial.

En experimentos subsecuentes se descubrió que los procedimientos de Brogden no eran los óptimos. En particular, se produce un mejor precondicionamiento sensorial si el E_1 precede al E_2 por unos cuantos segundos, y si el número de pares E_1-E_2 es relativamente pequeño antes de que se establezca la habituación. Con tales parámetros en la técnica de la supresión condicionada, en investigaciones recientes (Prewitt, 1967; Rizley y Rescorla, 1972) se han encontrado efectos muy confiables de precondicionamiento sensorial. El efecto puede producirse si E_1 y E_2 se encuentran en la misma o en diferentes modalidades. Así, no hay duda de que en los animales las asociaciones entre estímulos neutrales y no motivacionales pueden formarse en ausencia de respuestas obvias a los dos estímulos. De este modo, se refutó una importante predicción de la teoría *E-R*.

Memoria de corto plazo en los animales

Otra línea de evidencia que sugiere el condicionamiento sensorial proviene de la habilidad de los animales para recordar un estímulo durante intervalos breves de retención. Esta habilidad de memoria de corto plazo se ha investigado más en los últimos tiempos. Una técnica inicial era la de *reacción demorada*, en la cual un animal observa al experimentador que coloca una recompensa en una ubicación distintiva (que varía en cada ensayo); después de un intervalo, se libera al animal, y el experimentador observa si escoge de inmediato la ubicación correcta. Si la prueba tiene éxito, se supone que el animal retuvo alguna representación del evento durante el intervalo de retención. Sin embargo, el procedimiento de reacción demorada últimamente, ha caído en desuso en tanto no asegura que el animal atienda cuidadosamente al "cebo" de ubicación de la recompensa, ni descarta con facilidad la posibilidad de que él mismo recuerde dicha ubicación al mantener simplemente una "postura de señalamiento", como lo hace un perro de presa al señalar a un pájaro en el campo.

Por tales razones, el procedimiento preferido es la *igualación demorada a la muestra*, cuyos pasos dentro de cada ensayo se ilustran en la figura 11.2. En la parte frontal de la jaula de una paloma o de un mono se montan tres cuadros sobre los cuales se proyectan desde atrás formas de estímulo. Mediante el entrenamiento gradual, se prepara al animal para que responda (picotee o empuje) cualquier cuadro iluminado con una forma. Entonces se le enseña a picotear en el cuadro de muestra central (cuando está iluminado), a fin de iniciar la presentación de los cuadros de elección al lado. Se recompensan las respuestas al cuadro de elección cuya forma se iguale a la de muestra en este ensayo, mientras que los errores a la forma equivocada no se refuerzan, mediante el retorno a la situación entre-ensayos. El estímulo de muestra (triángulo o cuadrado en la figura 11.2) se alterna aleatoriamente en el transcurso de los ensayos, lo cual se hace también con la ubicación

del cuadro de elección correcta. Así, el animal debe recordar en verdad el estímulo de muestra en un ensayo dado, y escoger al compañero que concuerde. El entrenamiento inicial en la igualación se hace sin ninguna demora y sólo con dos estímulos, pero a medida que se adquiere la habilidad pueden introducirse más estímulos y aumentar las demoras.

En la figura 11.3 se muestran algunos datos típicos de memoria de corto plazo en un experimento con palomas que dirigió Roberts (1972). En diferentes bloques de ensayo, las palomas tenían que picotear el cuadro de muestra 1, 5 o 15 veces antes de que la muestra se retirara con lo cual se iniciaba una demora de 0, 1, 3 o 6 segundos previa a la elección. Evidentemente, los animales olvidan durante el breve intervalo. Asimismo, sus niveles iniciales de ejecución mejoran con más repeticiones del estímulo de muestra, pero esto no afecta las tasas de olvido, como puede observarse por la declinación paralela en las curvas.

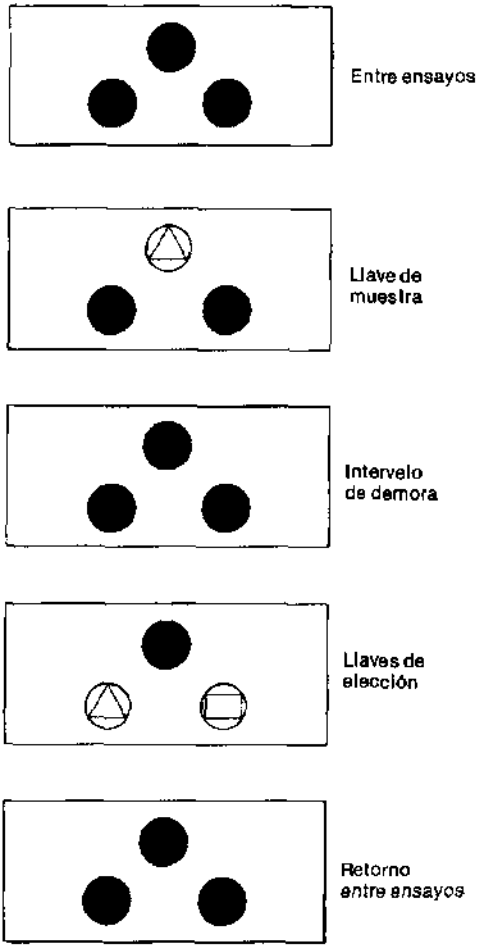


Figura 11.2. Secuencia de estímulos en tres llaves de respuesta dentro de cada ensayo de un experimento de igualación demorada a la muestra. Los eventos ocurren en un ciclo de arriba hacia abajo.

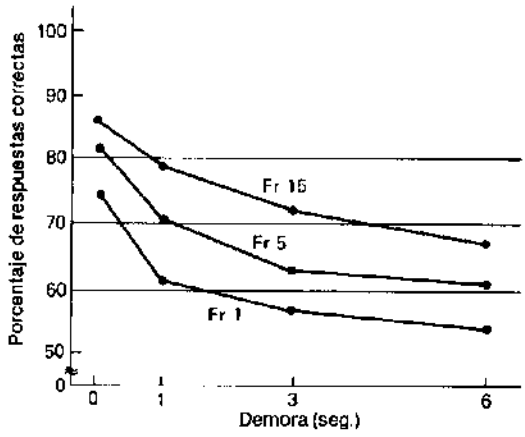


Figura 11.3. Porcentaje correcto de igualaciones a la muestra en demoras de 0 a 6 segundos, en palomas que picoteaban la llave de muestra 1, 5 o 15 veces antes del intervalo de retención (tomada de Roberts, 1972).

A efectos de comparar la función de olvido *MCP* de las palomas, en la figura 11.4 se muestra una función *MCP* similar para seres humanos obtenida por Hellyer (1962). Estos sujetos leían un trigrama sin sentido (como *CJM*) presentado 1, 2, 4 u 8 veces en rápida sucesión antes de que contaran hacia atrás desde 3 a 27 segundos, y entonces intentaran recordar. Con el número de repeticiones, la memoria verbal mejoraba de una manera muy parecida a como lo hacía la memoria de las palomas para el estímulo de muestra con el número de veces que lo picoteaban antes de que se eliminara en un ensayo. La correspondencia de los conjuntos de curvas es notable.

La cuestión teórica es cómo retiene el animal una representación del estímulo de muestra durante el intervalo de demora para instigar su elección posterior del estímulo de igualación. Hay dos explicaciones *E-R* posibles. La primera afirma que el animal aprende un conjunto de cadenas de comportamientos "adjuntivos" (por ejemplo, ir al costado derecho o izquierdo de la jaula durante el intervalo de demora), cada una de las cuales es activada por un estímulo específico, de muestra y que tales cadenas transportan el recuerdo del estímulo de muestra durante el in-

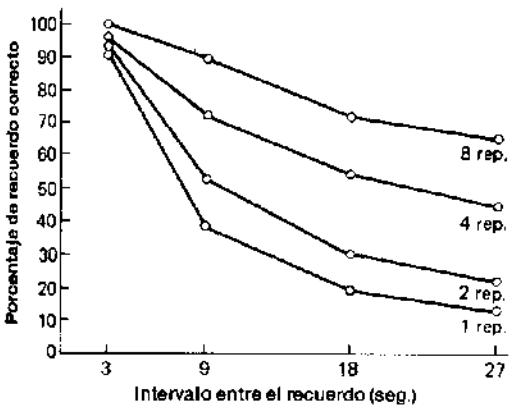


Figura 11.4. Porcentaje de recuerdos correctos como una función de la duración del intervalo de retención llenado con una cuenta regresiva. Las curvas difieren de acuerdo con el número de presentaciones consecutivas del reactivo blanco antes de que comience el intervalo de retención (tomada de Hellyer, 1962).

tervalo de retención. Esta concepción explica por qué la igualación demorada es una habilidad que se adquiere con lentitud y requiere de mucha práctica. Pero no logra explicar nada más. Por ejemplo, los monos pueden aprender a hacer igualación demorada con 25 o más estímulos diferentes, y no es admisible conjeturar tantas cadenas de respuesta convenientemente dispuestas. Asimismo, se desempeñarán de forma adecuada en los ensayos de prueba con nuevos estímulos de muestra. Además, las búsquedas de las cadenas mediadoras de respuesta (D'Amato, 1973) no han dado resultados. En su mayor parte, los animales parecen recordar sin "exteriorizar" ese recuerdo en su musculatura periférica durante todo el intervalo de retención.

Una explicación *E-R* alternativa postula que el picotear el estímulo de muestra establece y fortalece una tendencia *E-R* temporal (por ejemplo, "picotear triángulo", en la figura 11.2), que está disponible y se activa en la prueba de elección. Como en el transcurso de los ensayos los hábitos de "picotear triángulo" y "picotear cuadrado" se reforzarían aproximadamente con la misma frecuencia, el fortalecimiento del hábito de muestra correcto dentro de un ensayo dado tendría que vencer cualquier desventaja (por ejemplo, un hábito incorrecto más poderoso) creada por los pasados ensayos. Por lo tanto, la necesidad de más picoteos al cuadro de muestra —como lo hizo Roberts en su experimento— debe fortalecer el hábito para la respuesta correcta en ese ensayo de elección (lo cual es el resultado real que aparece en la figura 11.3).

Un problema crítico con esta segunda explicación *E-R* es que los animales también aprenden fácilmente tareas de igualación condicional y de igualación transmodal casi tan bien como la tarea de igualación simple que se describe en la figura 11.2. En estas tareas, un estímulo de muestra informa al animal de que algún segundo estímulo asociado es correcto en ese ensayo de elección. Así, una luz de muestra roja podría señalar que el triángulo será reforzado en ese ensayo, mientras que una luz de muestra verde indica que el cuadrado será reforzado en ese ensayo de elección o un sonido alto o bajo podría señalar que el triángulo o el cuadrado se reforzarán en ese ensayo de elección. D'Amato y Worsham (1972) descubrieron que la ejecución de los monos era tan exacta en la igualación condicional como en la igualación demorada estándar a la muestra.

Estos resultados no pueden explicarse en términos de condicionar una respuesta de acercamiento al estímulo de muestra dentro de un ensayo dado; se explican de modo más simple en términos de asociaciones sensoriales. Dentro de cada ensayo, el animal debe establecer una asociación temporal, "muestra actual → triángulo", y activar este recuerdo para guiar su elección. Si se trata de una tarea de igualación condicional, la elección depende de nuevas reglas de equivalencia adquiridas y almacenadas en la memoria permanente; es decir, reglas de forma. "Si la muestra actual → roja, entonces escoger triángulo". Con este análisis la tarea puede ser difícil, porque en el momento de la prueba el sujeto tiene interferencia asociativa entre diferentes recuerdos "muestra actual → X". Básicamente, debe discriminar la muestra más reciente de las anteriores. Como la discriminación en el transcurso del tiempo sigue la ley de Weber, con una diferencia dada que es menos discriminable cuanto más largo sea el intervalo base, los errores causados por confusiones entre la muestra de este ensayo y las muestras de los ensayos anteriores, se incrementarán con intervalos de retención intraensayo más prolongados. Por supuesto, esto es la función estándar de olvido en la igualación demora-

da. Asimismo, las confusiones de las muestras de este ensayo y de los anteriores aumentan cuanto más próximos en el tiempo se encuentren los ensayos sucesivos. Por lo tanto, esta teoría de la discriminación de etiquetas temporales sobre asociaciones sensoriales parece proporcionar una explicación clara de muchos hechos relevantes en la igualación demorada a la muestra (para detalles, véase D'Amato, 1973). Al parecer muchos otros resultados acerca de la memoria de corto plazo en animales se explican de modo similar. Sin embargo, desde nuestra perspectiva actual, estas asociaciones sensoriales infringen la teoría *E-R*.

El aprendizaje de meta como opción al aprendizaje de respuesta

Las teorías de estímulo-respuesta implican que el organismo, incitado a lo largo de un camino por estímulos internos y externos, aprende la secuencia de movimientos correctos que puede provocarse en condiciones apropiadas de impulso y estimulación ambiental. De acuerdo con la teoría tradicional *E-R*, en el momento de la selección de la respuesta el organismo no tiene ninguna representación de la meta; todo lo que "sabe", según una interpretación estrictamente watsoniana, es que ciertas respuestas disponen de fuerzas particulares en determinadas situaciones. Las condiciones de reforzamiento no están representadas en el conocimiento que el sujeto posee acerca de la situación; más bien se reflejan en las fuerzas relativas de conexiones *E-R* particulares.

La posibilidad que Tolman propone es que los organismos aprenden metas ("recompensas") de modo que llegan a conocer qué estímulos seguirán a combinaciones *E-R* particulares. Así, la formulación *E-R-E* de Tolman atribuye al sujeto una representación interna de la meta o del siguiente estímulo en la secuencia. Durante el aprendizaje de una secuencia de respuesta, como la de recorrer un laberinto complicado, el aprendiz sigue signos que conducen a la meta, aprende el camino trazando un cierto tipo de mapa; en otras palabras, no aprende movimientos sino rutas para llegar al objetivo. Muchas situaciones de aprendizaje no permiten distinguir claramente entre estas dos posibilidades. Si existe una sola senda a cuyo término hay comida, y el organismo corre hacia ella más rápidamente en cada oportunidad, no hay manera de saber si las respuestas se graban en su memoria por el reforzamiento, o si lo guía su valencia de meta cada vez más fuerte y su expectación de alimento.

Como el aprendizaje de estímulo-respuesta y el de expectancia anticipan muy a menudo la misma consecuencia conductual, es necesario diseñar experimentos especiales en los cuales sea posible favorecer más a una teoría que a la otra. Tres situaciones proporcionan fuerte apoyo a la opción de la expectancia. Se trata de experimentos acerca de la expectancia de recompensa, el aprendizaje de lugar y el aprendizaje latente.

Expectancia de recompensa

Una de las primeras y más sorprendentes observaciones acerca de la expectancia de recompensa fue la de Tinklepaugh (1928). En su experimento colocaba comida debajo de uno de dos recipientes mientras un mono observaba, pero no podía tener acceso inmediato a los recipientes y al alimento. Unos cuantos segundos después, se le permitía al animal elegir entre los recipientes y éste invariablemente demos-

traba su memoria al hacer la elección correcta. Ésta es la situación estándar de respuesta demorada. La conducta de interés ocurría después de que se había ocultado un plátano debajo de uno de los recipientes, cuando el experimentador, que estaba fuera del campo de visión del simio, lo cambiaba por una hoja de lechuga (un alimento menos apreciado). Al dar vuelta el recipiente correcto y encontrar la hoja de lechuga en vez de la fruta apetecida, los monos mostrarían "sorpresa" y frustración, rechazarían la lechuga y se dedicarían a un comportamiento definitivo de búsqueda, como si trataran de encontrar el plátano ansiado. En un experimento con ratas en laberinto, Elliott (1928) encontró un tipo de comportamiento muy similar cuando la comida de una caja meta, que consistía en una masa de salvado, se cambiaba por semillas de girasol. Posteriormente se realizaron experimentos más sistemáticos con chimpancés (Cowles y Nissen, 1937). Hay pocas dudas de que los animales tienen algún tipo de expectación por objetos meta específicos. En esas circunstancias, otros objetos meta producen signos de desequilibrio de la conducta, lo cual significa que la teoría del aprendizaje de signos es apropiada. Sin embargo, esto no quiere decir que otras teorías no traten de deducir la conducta a partir de otros principios. Como se dijo en el capítulo 5, la teoría de Hull intentaba representar la expectancia de recompensa en términos de la respuesta meta anticipatoria fraccionaria (r_G). El experimento dirigido por Trapold (1972), que hemos examinado en el capítulo 5 es sólo un ejemplo reciente de los efectos debidos a la anticipación de diferentes recompensas. Además, Amsel (1958, 1962), un neohulliano, plantea su hipótesis acerca de la *frustración* al considerarla como resultado de la discrepancia entre una recompensa esperada y una obtenida, de modo que los hullianos más recientes básicamente aceptaron la noción de Tolman de que en el momento de responder, el organismo tiene alguna representación de la recompensa esperada.

Aprendizaje de lugar

Los experimentos acerca del aprendizaje de lugar se diseñaron para demostrar que en el laberinto el aprendiz no se mueve desde el comienzo hacia la meta de acuerdo con una secuencia fija de movimientos musculares o de cambio, como la prediría la idea de que las respuestas deben definirse de acuerdo con la musculatura exacta que interviene. Tolman creía más bien que el animal es capaz de mostrar un comportamiento que varía apropiadamente, según las orientaciones alteradas de sí mismo o del laberinto en relación con el medio ambiente; es como si el animal supiera dónde se encuentra la meta. Por ejemplo, un mono recompensado por escoger un triángulo negro en lugar de un cuadrado blanco cuando éstos se presentan alternativamente a la izquierda o a la derecha en una hilera horizontal, continuará eligiendo el triángulo negro si los objetos se presentan en una disposición vertical, uno encima del otro. El organismo ha aprendido a "acercarse al triángulo negro" en vez de "escoger correctamente la configuración de blanco a la izquierda, negro a la derecha".

Varios subtipos de experimentos revelan ese aprendizaje de lugar o de meta. El primer subtipo de aprendizaje de lugar deja intacta la forma del curso, pero interfiere con las secuencias de movimiento desde el punto de partida hasta la meta. En un experimento, las ratas que habían aprendido a recorrer un laberinto eran lesionadas en el cerebelo; aunque incapaces de moverse, a no ser con movimientos pequeños y circulares, lograban encontrar su camino sin cometer errores (Lashley y

Ball, 1929). En este caso, es claro que no pudieron haber repetido secuencias de hábitos kinestésicos aprendidos con anterioridad. En otro estudio, las ratas fueron capaces de demostrar lo que habían aprendido, al recorrer la senda correcta después de haber sido entrenadas a cruzar el laberinto nadando (MacFarlane, 1930). Más adelante se demostró que las ratas que en muchas ocasiones habían sido arrastradas en una pequeña balsa por un laberinto lleno de agua, y que observaban repetidas veces la secuencia correcta de vueltas en puntos de elección señalados para llegar a una meta recompensada con alimento, después eran capaces de recorrer el laberinto casi sin errores cuando se les daba la oportunidad de ejecutar su respuesta. Aparentemente, habían aprendido la secuencia correcta de signos o indicios que conducían a la caja meta recompensante. Todo esto se lograba sin movimientos manifiestos de correr.

El segundo subtipo de experimento de aprendizaje de lugar establece un hábito de movimiento en comparación con un hábito espacial, y determina cuál de los dos se aprende más fácilmente. Tolman y sus colaboradores (Tolman *et al.*, 1946, 1947) dispusieron un laberinto elevado en forma de cruz, como se muestra en la figura 11.5. El grupo de aprendizaje de respuesta se iniciaba en alternancia aleatoria a partir de E_1 o de E_2, y siempre encontraba comida al dar vuelta a la derecha; es decir, el alimento se localizaba en F_1 cuando el punto de partida era E_1, y en F_2 cuando el punto de partida era E_2. Por el contrario, el grupo de aprendizaje de lugar siempre iba al mismo sitio para obtener alimento. Esto significa que si para correr a F_1 se requería de una vuelta a la derecha cuando se comenzara a partir de E_1, se necesitaría una vuelta a la izquierda cuando se empezara de E_2. En este experimento, el grupo de aprendizaje de lugar era el más exitoso. Las 8 ratas de este grupo aprendieron en 8 ensayos, mientras que ninguna de las del grupo de

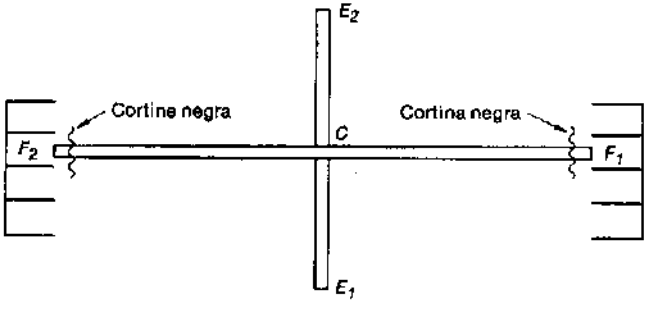


Figura 11.5. Laberinto usado para probar la facilidad relativa de aprender una respuesta que trae consigo una recompensa, o bien el lugar donde se encuentra tal recompensa. Al comenzar de modo irregular en E_1 y E_2, pero al encontrar recompensa siempre en la misma caja de comida, un grupo de ratas se vuelve hacia la derecha, después hacia la izquierda, para hallar comida siempre en el mismo lugar. Éstas son las que están aprendiendo el lugar. Al comenzar ya sea en E_1 o en E_2, pero siempre encontrando comida como resultado de dar vuelta en la misma dirección (izquierda o derecha), se enseña a otro grupo a emitir la misma respuesta, pero a encontrar la comida en diferentes lugares, según el punto en donde comiencen. El aprendizaje de lugar, en las condiciones del experimento, es más fácil que el aprendizaje de respuesta (tomada de Tolman *et al.*, 1946).

aprendizaje de respuesta aprendió con tanta rapidez, y 5 de ellas no alcanzaron el criterio en 72 ensayos. En estas circunstancias (un laberinto elevado con muchos indicios extra) se demostró con claridad que el aprendizaje de lugar es más simple que el de respuesta.

Sin embargo, otros experimentos arrojaron resultados conflictivos (por ejemplo, Blodgett y McCutchan, 1947, 1948), y se descubrió que el aprendizaje de respuesta a veces es más rápido, otras más lento, y en ocasiones igual al aprendizaje de lugar, dependiendo de la presencia y distintividad de los indicios extralaberínticos relativos a los indicios de posición izquierda-derecha. Restle (1957) ofrece una posible solución para esos contradictorios informes al sugerir que los sujetos pueden aprender a responder en lo que respecta a cualquier tipo de indicio (de lugar o de respuesta), y que las tasas relativas de aprendizaje dependen de la prominencia o del carácter distintivo relativo de los dos tipos de indicios en la situación total del laberinto. Por ejemplo, podemos reducir el carácter distintivo de los indicios de lugar (por ejemplo, al hacer que los brazos del laberinto formen una V con ángulos progresivamente menores de 180 grados). Estos arreglos tienen el efecto deseado al desacelerar la adquisición en los sujetos que deben aprender en lo que concierne al indicio manipulado. Restle hizo progresar el análisis mediante un modelo matemático del aprendizaje de discriminación, que permitía la evaluación cuantitativa de la "prominencia" o el "carácter distintivo" de los indicios de lugar y/o de respuesta. Así, se confirmó la predicción de que cuando los sujetos aprendían un problema en el cual el lugar y las respuesta siempre se correlacionan y son redundantes (por ejemplo, en la figura 11.5, el sujeto siempre comienza a partir de E_1 y siempre encuentra comida en F_1), sus tasas de aprendizaje serán la suma de las tasas de aprendizaje de los sujetos que sólo aprenden por lugar y de los que aprenden únicamente por respuesta. Es decir, las tasas de aprendizaje son más altas para los problemas con indicios relevantes redundantes. Además, Restle descubrió que en una prueba conflictiva que se aplicaba después del aprendizaje "lugar + respuesta", cuando las dos modalidades de respuesta se colocan en oposición, el porcentaje de los animales que escogen la opción de lugar en los ensayos de prueba es predecible a partir de las estimaciones anteriores de las primacías relativas de los indicios de lugar y de respuesta donde el indicio sobresaliente recibía las elecciones predominantes. En suma, el análisis de Restle parecía haber resuelto satisfactoriamente la controversia entre el lugar y la respuesta, y demostró los aspectos en los cuales ésta era errónea o, al menos, que se basaba en un análisis demasiado simple de lo que se aprende o puede aprenderse.

El tercer subtipo de experimento de aprendizaje de lugar implica el uso de sendas alternativas cuando una senda practicada está bloqueada. Una forma primitiva del experimento de senda bloqueada es la de Tolman y Honzik (1930*a*), que supuestamente demuestra la expectación inferencial, o discernimiento, en las ratas. Las principales características del arreglo son las siguientes. Hay tres sendas (1, 2 y 3), en ese orden de longuitud, desde la más corta hasta la más larga y, por lo tanto, en ese orden eventual de preferencia (figura 11.6). En el entrenamiento preliminar, cuando la senda 1 estaba bloqueada en A, se establecía una preferencia entre las sendas 2 y 3 para la más corta de ambas. Sólo cuando la senda 2 también estaba bloqueada, las ratas corrían por la senda 3. En el entrenamiento preliminar se estableció una familiaridad con todas las sendas y una preferencia por éstas en el orden de 1, 2, 3. Una característica importante del diseño del laberinto, crucial

para la prueba, era que las sendas 1 y 2 tenían un segmento común que llevaba a la meta. Anteriormente, el obstáculo en la senda 1 se había colocado en el punto *A*, antes de este alargamiento de la senda común; entonces, después de encontrarse con el obstáculo y regresar, la rata corría por la senda 2. En el ensayo crítico de prueba, el obstáculo se colocaba más arriba, a lo largo de la senda 1, de modo que caía en la senda común, en el punto *B*. La cuestión era si la rata, al regresar, escogería la segunda opción, la senda 2, y quedaría frustrada o "inferiría" que tal senda también estaba bloqueada. Lo que las ratas hacían principalmente era evitar la senda 2, y tomar la que por lo común preferían menos, la senda larga 3, la única abierta, en razón del obstáculo en el punto *B*. De este modo, surge nueva evidencia para la hipótesis de que la rata actúa de acuerdo con un "mapa" de la situación, y no según el hábito ciego, o con la ejecución automática en el orden jerárquico de hábitos provocados por los estímulos del punto de elección.

Otros investigadores criticaron el experimento de Tolman y Honzik, y demostraron que los resultados, aunque podían repetirse, se desequilibraban con facilidad mediante la manipulación de las variables experimentales como la anchura o el bloqueo de los pasadizos, que en teoría no deben afectar a la "habilidad de razonamiento" del animal; para detalles véanse Evans (1936), Harsh (1937), Keller y Hill (1936), y Kuo (1937). Se informó de una repetición exitosa en un laberinto de Caldwell y Jones (1954), y en una ingeniosa variación que introdujeron Deutsch y Clarkson (1959), cuyos resultados verificaron lo anterior. Los posteriores experimentos con primates superiores han demostrado repetidas veces esas inferencias de discernimiento (Menzel, 1978).

Aprendizaje latente

Además de los experimentos acerca de la expectancia de recompensa y el aprendizaje del espacio, hay una tercera variedad que trata fundamentalmente

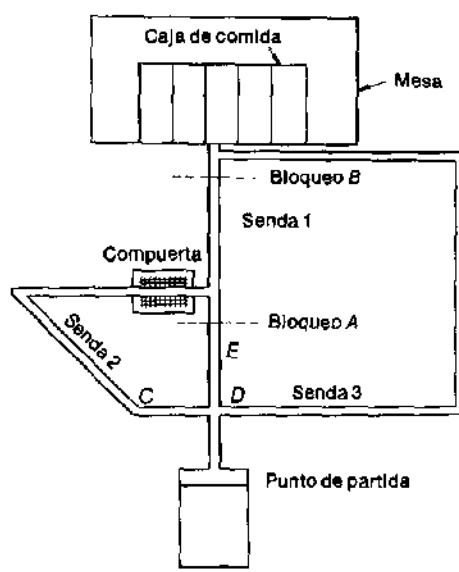


Figura 11.6. Laberinto usado para probar el discernimiento de las ratas. Las sendas llegan a establecerse en una jerarquía de acuerdo con la longitud; se prefirió la senda 1 a la 2, y la 2 a la 3. Si la senda 1 se cerraba mediante el bloqueo *A*, las ratas corrían por la senda 2. Si la senda 1 se cerraba mediante el bloqueo *B*, las ratas corrían por la senda 3, en el caso de que "discernieran" que la barrera obstruía tanto la senda 2 como la 1 [tomada de Tolman y Honzik, 1930a].

el aprendizaje de signos: los experimentos acerca del aprendizaje latente. Éstos demuestran que un animal puede aprender sencillamente al explorar un laberinto, sin recompensas alimenticias, de modo que cuando más tarde se introduce la recompensa, la ejecución es mejor que la de las ratas sin esta exposición, y a veces es tan buena como la de los animales que previamente han tenido múltiples ensayos recompensados. El "aprendizaje latente" consiste en el conocimiento del laberinto, que no se revela en la elección de la senda más corta desde la entrada a la salida sino hasta que la rata está motivada para escoger. Los experimentos, que se iniciaron con los de Blodgett (1929), criticaban la hipótesis de que el reforzamiento era necesario para que tuviese lugar algún aprendizaje asociativo. Thorndike, Pavlov y Hull han apoyado esta difundida hipótesis.

Con base en el trabajo iniciado por Blodgett (1929), Tolman y Honzik (1930*b*) estudiaron el efecto de la introducción de la recompensa en un experimento con laberinto para ratas, después de que éstas lo habían recorrido durante 10 ensayos sin comida. El grupo de control, que se alimentaba diariamente en el laberinto, redujo sus puntuaciones de error y de tiempo con mayor rapidez que el grupo no alimentado. Pero cuando se le daba comida al segundo grupo, su ejecución era tan buena como la del grupo siempre recompensado. Así, parecía que el grupo no alimentado se había beneficiado tanto con sus ensayos previos como el grupo alimentado. Como este aprovechamiento no se manifiesta en la ejecución anterior, se dice que el aprendizaje que ocurre es latente. En la figura 11.7 pueden observarse los resultados de la eliminación del error. Había tres grupos: dos de control, uno recompensado durante todo el tiempo, el otro no recompensado, y el grupo experimental no recompensado hasta el undécimo ensayo. En el duodécimo día, el grupo experimental, que se había alimentado sólo una vez en el laberinto, cometía tan pocos errores como el grupo que los días anteriores había recibido alimento en él.

Este experimento, merece algunos comentarios. El laberinto usado era del tipo *T* múltiple de 14 unidades (Stone y Nyswander, 1927), con puertas entre cada unidad para evitar la retirada. Incluso sin comida al final, la rata todavía avanzaba por el laberinto (la puerta de error estaba cerrada); según una teoría de la última respuesta, como la de Guthrie, las condiciones de aprendizaje eran ideales. La rata no tenía ninguna oportunidad de desaprender lo que había hecho a último momento en cada segmento, que era, por supuesto, atravesar la puerta correcta para pasar a la siguiente. Los resultados constituyen una crítica a la teoría de Guthrie no porque la rata muestre aprendizaje latente, sino porque no revela el *suficiente* aprendizaje cuando no hay comida al final del laberinto. La explicación de Guthrie no basta, ya que las ratas alimentadas aprendían mucho mejor que las no alimentadas en los primeros ensayos.

En su forma antigua, las teorías del reforzamiento tampoco podían explicar el aprendizaje latente. En las teorías de la ley del efecto, la premisa era que el reforzamiento trabaja directamente sobre la fuerza de la respuesta, de modo que todo lo que se aprende debe revelarse en la ejecución. Pero al parecer, los casos del aprendizaje latente desmentían este supuesto; como Tolman había previsto, algún aprendizaje (es decir, el conocimiento del laberinto) podría producirse y estar disponible sin que *se usara*, hasta que las condiciones motivacionales o de recompensa lo hicieran conveniente.

En su defensa contra los experimentos del aprendizaje latente, los teóricos del reforzamiento por lo común se aprovecharon de la disminución de errores durante

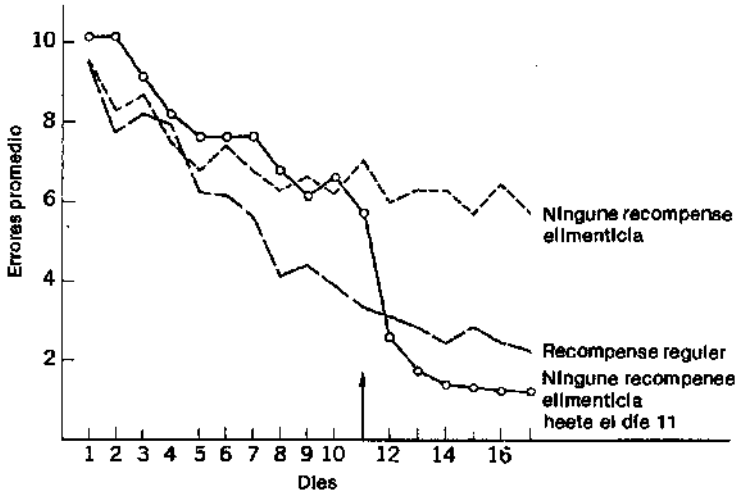


Figura 11.7. Evidencia del aprendizaje latente en el laberinto. Sin recompensa de comida hay alguna reducción en los errores, pero no tan grande como cuando existe la recompensa. A pesar de las puntuaciones de error más elevadas que se produjeron antes de que se presentara la comida, el grupo recompensado sólo a partir del undécimo ensayo comienza a comportarse tan bien como el grupo que había sido recompensado con regularidad. Se concluye que tuvo lugar algún aprendizaje, durante los diez primeros ensayos, el cual no se mostró en la ejecución sino hasta ser activado por el incentivo de la comida (tomada de Tolman y Honzik, 1930*b*).

los ensayos no recompensados en los experimentos de aprendizaje latente (obsérvense en la figura 11.7 las curvas declinantes de error para los 10 primeros días). Este decremento se tomó como prueba de la presencia de *algún* reforzamiento antes de la introducción de la recompensa. Por ejemplo, como una elección errónea en el laberinto daba lugar a que la rata se golpeara el hocico contra una puerta cerrada, tal vez las respuestas correctas se volvían relativamente más fuertes por la sencilla razón de que los errores recibían un leve castigo. Pero en realidad, tales argumentos sólo podrían explicar ese copioso avance en virtud del reforzamiento; cualquier avance que previamente estuviera oculto y que se manifestara al introducir la recompensa permanecía sin explicación. No obstante, como vimos en el capítulo 5, en la última teoría de Hull la fuerza del hábito ($_sH_R$) se adquiere independientemente de la magnitud del reforzamiento, de manera que esta dificultad ha desaparecido. Con valores mínimos de magnitud de incentivo, K, la fuerza del hábito es "latente", y sólo se revela en el potencial de reacción cuando se crea la motivación de incentivo al introducir la recompensa alimenticia. Entre los ejemplos de incentivos mínimos que pueden estar presentes sin recompensa alimenticia, por ejemplo, se cuenta la exploración, el retorno a la jaula hogar, etcétera. Pero este cambio en la teoría de Hull se realizó en parte para manejar los resultados del aprendizaje latente.

La explicación de Tolman es que la situación no recompensada es eficaz para el aprendizaje de las relaciones espaciales del laberinto. Cada unidad tenía un extre-

mo cerrado y otro con una puerta. En cada caso, lo último que se hacía era a travesar la puerta. Lo reciente (que se acepta como favorable al desarrollo de la expectancia) fortalecería el conocimiento de que la puerta constituía el camino de un segmento hacia el siguiente; en condiciones no recompensadas, la rata no tenía razón para demostrar lo que "sabía". La sustitución del alimento al final del laberinto, un objeto meta sumamente deseado, llevaba al animal a emplear su mapa cognoscitivo, a dar las vueltas que conducían de una unidad a la siguiente. De allí la reducción repentina en los errores. Aunque durante algún tiempo el aprendizaje latente fue motivo de discusión, y muchos de los resultados con ratas en laberintos eran inconsistentes, el resultado neto es que el aprendizaje latente constituía un fenómeno real. Puede demostrarse fácilmente con los primates superiores, como veremos más adelante (Menzel, 1978).

Alteración directa de la valencia meta

Tolman creía que los animales podían combinar varias pizcas (*bits*) de conocimiento para inferir lo que deberían hacer en una situación de elección. Al conocer el camino hacia una ubicación distintiva en el laberinto y aprender entonces que allí hay comida, en la entrada del laberinto el animal *infiere* que si se dirige a ella encontrará alimento. Los experimentos de aprendizaje latente antes examinados son pertinentes para este proceso de inferencia, como sucede con los experimentos en los cuales, después del aprendizaje, el incentivo al final del laberinto se cambia radicalmente.

Se han realizado varias pruebas de este tipo. Un experimento clásico es el de Tolman y Gleitman (1949) quienes primero familiarizaron a las ratas con un laberinto en forma de *T* que tenía recompensas alimenticias en las dos cajas meta distintivas, lo cual hacía que el atractivo de los dos brazos del laberinto fuera el mismo. Entonces, un día determinado, los animales fueron colocados directamente en una de las cajas meta y se les aplicaron descargas eléctricas dolorosas. En las pruebas cruciales de elección libre que siguieron, los animales escogían predominantemente el brazo del laberinto que conducía a la otra caja meta, y evitaban el que llevaba a la caja de descarga. Como los indicios diferenciales para la caja meta no eran perceptibles desde el punto de elección del laberinto (estaban ocultos por cortinas), el animal, al escoger, debe haber "recordado" que uno de los brazos del laberinto llevaban al lugar donde había recibido una descarga, y por eso evitaba esa senda y elegía la otra.

Un segundo tipo de experimento es el que se denomina *extinción latente*. El primero de ellos lo dirigieron Seward y Levy (1949), y la bibliografía acerca del tema fue reseñada por Moltz (1957). En estos experimentos primero se entrenaba a los animales en una respuesta instrumental simple; por ejemplo, presionar una palanca a fin de poner en marcha un mecanismo que suministraba comida o correr por un pasadizo para recibir alimento en la caja meta. Después de que la ejecución está bien establecida, se expone directamente al sujeto a la situación meta sin recompensa; la palanca podría sacarse de la jaula y el experimentador operaría el mecanismo distribuidor de comida varias veces sin entregar alimento alguno, o se podría colocar al animal directamente en la caja meta del pasadizo en repetidas ocasiones y sin comida. Tales experiencias inevitablemente originan la extinción de la última parte de la cadena conductual establecida con anterioridad: el animal deja de

acudir al comedero cuando el surtidor hace ruido. Pero las observaciones críticas tienen lugar cuando se vuelve a ubicar al animal en la primera parte del pasadizo, o cuando la palanca de respuesta se reinstala en la jaula. Invariablemente, la respuesta inicial ya se ha debilitado muchísimo, y con frecuencia no se produce. La rata en la caja de partida ya no está tan dispuesta a correr hacia la caja meta, puesto que "infiere" que en ella no encontrará comida; o en el tipo de experimento con la palanca, el animal no está muy dispuesto a presionarla para poner en marcha el mecanismo surtidor, pues infiere que el sonido del mecanismo ya no está asociado con el alimento (el objeto que originalmente tenía valencia).

Éstos son resultados del sentido común; su característica peculiar es que impliquen que la fuerza de una secuencia instrumental puede alterarse sin que *esa respuesta* ocurra y reciba las condiciones alteradas de reforzamiento. La rata no presionaba la palanca, hacía que el surtidor se pusiera en marcha y no recibía comida. Sólo estaba roto el último eslabón de la cadena; sin embargo, la influencia de ese evento se transmitía a los miembros anteriores de la secuencia conductual. Estos resultados representan una dificultad para la teoría *E-R* del reforzamiento, la cual supone que las fuerzas del hábito de las respuestas sólo pueden alterarse cuando ocurren y son entonces explícitamente castigadas o no recompensadas. Al parecer, los resultados indican dos premisas: que al comienzo de una secuencia conductual, los organismos disponen de alguna representación de la meta que esperan conseguir al final de la secuencia de respuesta; y que esa expectación de meta puede ser alterada mediante la experiencia directa con la situación meta, sin la ejecución de la secuencia de respuesta previa que conduce a ella. Éstas son exactamente las premisas de la teoría de Tolman. Resultados como éstos fueron los que que obligaron a Hull y a Spence a confiar más en la r_G, la respuesta meta anticipatoria, como representación teórica de la expectancia de meta del organismo.

El reforzamiento y la confirmación de la expectancia

Tolman se oponía a la ley del efecto; creía que el aprendizaje acerca de la correlación entre sucesos se producía como resultado de experimentarlos juntos, y que las recompensas o los castigos coincidentes no eran necesarios. Admitió que la motivación y la recompensa podrían tener un efecto indirecto sobre lo que se aprende, en virtud de que en parte determinan qué estímulos atraen la atención del sujeto o son destacados. Así, una rata hambrienta es propensa a atender los estímulos cercanos al lugar donde se le alimenta, y por ello aprende más acerca de esa ubicación que de cualquier otra donde no se le alimente.

Este énfasis o función informativa de la recompensa también es evidente en estudios del aprendizaje verbal humano (por ejemplo, Atkinson y Wickens, 1971). Los sujetos ensayan de modo preferencial los reactivos verbales que se les ha dicho que vale la pena recordar, y esto aumenta su memoria a expensas de los reactivos menos valiosos. En tales casos, la "recompensa" actúa como una señal informativa y ayuda al sujeto a seleccionar eventos particulares a los que atenderá, y a los cuales repetirá y aprenderá.

Si se presenta una expectativa dada, y la meta o la consecuencia es la esperada, se dice que la expectancia se confirma y por eso se ha incrementado hacia el 100%; si se presenta una consecuencia inesperada, la expectativa original no se

confirma y, por ende, disminuye. Tolman y Brunswik (1935) argumentaban que tales reglas permiten al organismo aprender acerca de las probabilidades de los eventos en su medio ambiente. Brunswik (1939) dirigió una primera versión del experimento del aprendizaje de probabilidad con ratas en un laberinto *T* (véase el capítulo 8), e informó que los sujetos a la larga aprendían a igualar sus elecciones de porcentaje hacia un lado con los reforzamientos de porcentaje que se daban allí.

En la época en que Tolman elaboraba sus teorías, se desarrollaba el trabajo inicial con el reforzamiento probabilístico o parcial (Skinner, 1938; Humphreys, 1939). En ese trabajo se descubrió que un sujeto reforzado en el 50% de sus respuestas, por ejemplo, seguía respondiendo durante más tiempo en el transcurso de la extinción que otro sujeto reforzado en el 100% de sus respuestas. Este efecto de extinción de reforzamiento parcial dio lugar a un persistente dilema para la teoría del reforzamiento, *E-R* pues, ¿cómo podía ser que una respuesta reforzada sólo parte del tiempo llegara a ser más fuerte y más resistente a la extinción que una respuesta reforzada durante todo el curso del entrenamiento? Con el correr de los años se han propuesto e investigado varias ingeniosas soluciones al problema, algunas de las cuales se examinan en este libro. Pero una de las hipótesis prominentes sugeridas por Humphreys, Tolman y otros es la *hipótesis de discriminación*, insinuada por los experimentos iniciales de aprendizaje de probabilidad. La hipótesis establece, en pocas palabras, que las expectancias y la conducta cambian a una tasa más rápida cuanto mayor sea la discriminabilidad del cambio de las condiciones entre el entrenamiento y las series de prueba. Esta hipótesis alcanzó su enunciación y elaboración más perfeccionada en la teorización de Capaldi (1967) que examinamos en el capítulo 9. La hipótesis de discriminación armonizaba mucho con el pensamiento de Tolman, y el efecto de extinción de reforzamiento parcial (o sus variantes) nunca fue para él una molesta espina como lo era para sus contemporáneos, los teóricos del reforzamiento *E-R*.

Las expectancias provisionales como hipótesis

En la concepción de Tolman, antes de resolver un problema de aprendizaje, el sujeto ensaya activamente varias hipótesis acerca de la naturaleza de las relaciones (*E-R-E**) que existen en el medio ambiente del problema. Una conjetura acerca de la solución correcta a un problema de discriminación podría considerarse como una expectancia provisional. Cuando la situación todavía no está estructurada y las relaciones de la senda hacia la meta todavía no se conocen, la conducta aún sería "sistemática", basada en estas hipótesis o conjeturas provisionales.

La evidencia inicial para este punto de vista la proporcionó Krechevsky (1932*a*, 1932*b*; 1933*a*, 1933*b*), colega de Tolman. Krechevsky descubrió que antes del aprendizaje de un laberinto de cuatro unidades (como indicios de luz en contraposición a otros de oscuridad, más los indicios de posición izquierda o derecha en cada punto de elección), las ratas adoptaban modos sistemáticos de respuesta que "ensayarían" durante un tiempo, para cambiar entonces a un patrón sistemático diferente. Por ejemplo, un animal podría comenzar al ensayar consistentemente una hipótesis de "dar vuelta a la izquierda", seguirla durante unos diez ensayos, y cambiar durante cierto tiempo a una modalidad de "alternar posiciones en unidades sucesivas del laberinto", para llegar por último a una hipótesis: "ir hacia el

lado oscuro", que era la correcta. Krechevsky denominó *hipótesis* a estas modalidades sistemáticas de posibles soluciones, y las contrastó con "el método de ensayo y error ciego y aleatorio", que por lo general se consideraba como la predicción de la posición de Thorndike para el aprendizaje por el método de ensayo y error. Krechevsky demostró convincentemente que las puntuaciones promedio de tiempo o error de grupos de individuos tienden a encubrir la naturaleza sistemática de la manera en que cada uno de ellos ataca el problema. Se suponía que en vez de grabar gradualmente en la memoria la respuesta correcta, el efecto del reforzamiento era confirmar la hipótesis correcta, mientras que en los reforzamientos se usaba como una señal informativa para abandonar una hipótesis provisional pero incorrecta. La solución correcta se encontraría de súbito, cuando el animal abandonara una hipótesis basada en un indicio irrelevante, y seleccionara entonces la correcta, sustentada en ese indicio. La solución al problema era repentina y aparentemente de "discernimiento", de una manera muy parecida a la que habían pronosticado los teóricos Gestalt. Estos experimentos y las ideas asociadas a ellos constituyeron los primeros disparos en una controversia duradera y fructífera acerca de la continuidad y la discontinuidad en el aprendizaje de discriminación de los animales, y los experimentos de la hipótesis presentaron la evidencia inicial para el postulado de la discontinuidad.

La enunciación más clara de una teoría de la hipótesis se debe a Restle (1962) y a Levine (1965, 1969, 1970), y la evidencia más contundente es la que este último (Levine, 1970) ha recabado al investigar a seres humanos adultos que aprendían problemas simples de identificación de concepto. En la figura 11.8 se presenta un conjunto típico de los estímulos en uno de los experimentos de Levine. Aquí los patrones de estímulo varían en cuatro dimensiones binarias: forma (*X* o *T*), tamaño (grande o pequeño), color (blanco o negro) y posición (izquierda o derecha). Cada tarjeta contiene un patrón junto a su complemento total; por ejemplo, una *X* grande y negra a la izquierda versus una *T* blanca y pequeña a la derecha. El experimentador elige decir *correcto* cuando el sujeto selecciona el patrón que tiene una propiedad particular; por ejemplo, aquellos en forma de *T*. La tarea del sujeto consiste en aprender a seleccionar el patrón correcto, cuando se muestra cada par.

La teoría de la hipótesis presupone que un problema de aprendizaje como éste puede representarse al afirmar que al comienzo del entrenamiento el sujeto contempla un pequeño conjunto de posibles hipótesis (*Hs*) acerca de la solución (por ejemplo, una *H* sería "escoger el patrón izquierdo"). El sujeto probablemente seleccione una *H* y responda a la tarjeta de acuerdo con esa *H;* si su respuesta es correcta o si no se le da retroalimentación acerca de lo acertado de su elección, continúa usando la misma *H* en el ensayo siguiente. Si su respuesta se califica como *equivocada*, entonces se supone que saca una *H* distinta de un grupo de hipótesis. Esta estrategia de "ganar-permanecer/perder-cambiar" para la selección de *H* garantizará la eventual solución si la *H* correcta está disponible en el repertorio del sujeto, ya que todas las hipótesis incorrectas a la postre conducen a errores y se les descarta, mientras que sólo la hipótesis correcta lleva a respuestas consistentemente correctas.

Levine evalúa la conducta de hipótesis en los seres humanos con el uso de bloques de prueba de ensayos no retroalimentados (el experimentador permanece callado), intercalados entre ensayos retroalimentados cuando a la persona se le dice *correcto* o *equivocado* por su respuesta. Se cree que los ensayos no retro-

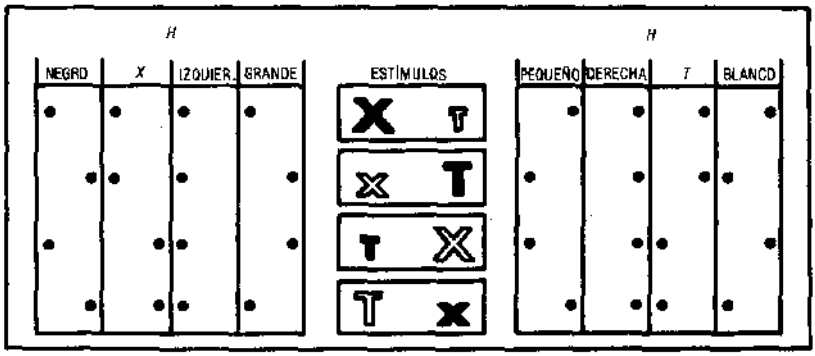


Figura 11.8. Ocho patrones de elecciones (los puntos en las columnas a izquierda o derecha) que corresponden a cada una de las ocho hipótesis (H) cuando los cuatro pares de estímulos se presentan consecutivamente sin retroalimentación (tomada de Levine, 1970).

alimentados no originan cambios en la H del sujeto, y que sólo preservan el *status quo* para otro ensayo. La disposición de ensayos con retroalimentación (F_i) y ensayos no retroalimentados (en los cuales se evalúa H_i) se muestra en la figura 11.9. La F_1 designa el ensayo inicial de retroalimentación, H_1 la hipótesis inicial que se evalúa, F_2 el segundo ensayo de retroalimentación, H_2 la hipótesis evaluada a continuación de F_2, y así sucesivamente. Las tarjetas en el bloque de prueba están dispuestas de tal forma que cada una de las ocho hipótesis simples y distintas puede identificarse originalmente mediante el patrón de elecciones a las tarjetas de prueba. Por ejemplo, en la figura 11.8, con la secuencia de cuatro tarjetas de prueba, la secuencia de elecciones "izquierda, izquierda, derecha, derecha" indica que la persona comprueba o mantiene una hipótesis de "escoger X" durante ese bloque de prueba. Otras ocho de las secuencias posibles de respuesta $2^4 = 16$ (que no se muestran en la figura 11.8) no corresponderían a ninguna de las hipótesis simples de un atributo, y Levine las designaría como *Hs* más complejas o como conducta aleatoria. Es importante observar que esta técnica permite al experimentador examinar la conducta de hipótesis del sujeto (si hay alguna) durante el curso de adquisición del concepto, a relacionar la hipótesis real con sus hipótesis previas y la retroalimentación recibida más reciente.

En tales condiciones, la conducta de los adultos se ajusta casi exactamente a los postulados de la teoría H. Primero, la mayor parte de los bloques de prueba (más del 95%) revela el uso de *Hs* sistemáticas y simples, con lapsos ocasionales que probablemente sean el resultado de errores "dispersos", como los denomina Levine. Segundo, los sujetos muestran una fuerte tendencia a seguir la estrategia de "ganar-permanecer/perder-cambiar" para la selección de H a continuación de un ensayo de retroalimentación. Es decir, si a una respuesta se le denomina correcta en un ensayo de retroalimentación, la siguiente hipótesis muy probablemente será la misma que la del ensayo anterior.

Tercero, la H correcta a la larga se selecciona y se mantiene generalmente "de golpe", y uno puede observar que nunca se le había usado antes del ensayo en que se seleccionó. Éstos son resultados que en 1932 Krechevsky afirmaba haber

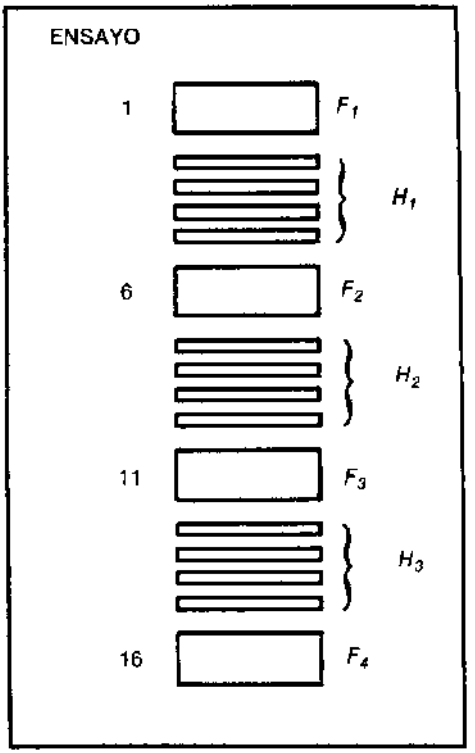


Figura 11.9. Esquema de un problema de 16 ensayos que muestra los ensayos de retroalimentación (F_i) en los cuales el experimentador dice *correcto* o *equivocado*, y los ensayos en blanco de los cuales se infieren las hipótesis (la H_i) (tomada de Levine, 1970).

encontrado con las ratas que aprendían sus retornos en el laberinto. Podemos disentir de los arreglos restrictivos de los experimentos de Levine o presentar algunos datos opuestos de animales inferiores acerca de la posición de continuidad pero es indudable que el enfoque de comprobación de hipótesis propuesto por Krechevsky y Tolman ha obtenido un gran apoyo experimental y tiene muchos seguidores teóricos (véase Trabasso y Bower, 1968). La teoría aún se cita en la bibliografía con mucha frecuencia.

Conducta vicaria de ensayo y error

Otro conjunto de observaciones citadas por Tolman y que concuerdan con su enfoque aluden al denominado comportamiento vicario de ensayo y error *VEE* que muestran los animales en un punto de elección. Esta conducta, estudiada por Muenzinger (1938) y Tolman (1939), entre otros, consiste en la vacilación, la duda y la comparación de estímulos alternativos que presenta un animal en un punto de elección, antes de que "se declare en favor" de una o de otra opción. Tolman creyó que esta exploración y comparación activas de estímulos discriminativos apoyaban la concepción de que el animal considera cada estímulo de elección por turnos, que genera expectativas y las confronta antes de elegir.

Más tarde, G.H. Bower (1959, 1962*b*) y Spence (1960*b*) proporcionaron descripciones matemáticas de la conducta del punto de elección en términos de una caminata aleatoria, en la cual el organismo se orienta a cada uno de los estímulos discriminativos por turno, y se acerca o no a ellos con probabilidades mensurables. Bower demostró la manera en que ese modelo se ajusta a la estructura probabilística del comportamiento *VEE* de las ratas durante el aprendizaje de discriminación simple.

Algún tiempo después, Mowrer (1960) y Estes (1962, 1969*a*) desarrollaron la idea de un mecanismo de "exploración de respuesta", o de "exploración de estímulo-respuesta", para explicar la selección de respuestas recompensadas y la inhibición de aquellas castigadas. La idea era que en una situación de condicionamiento instrumental, el organismo explora internamente a través de un repertorio limitado de respuestas (ya sea de un manera incipiente o por completo central). Si la consecuencia anticipada para una respuesta es negativa (por ejemplo, está asociada con el castigo y el miedo), esa respuesta se inhibe. Si la consecuencia anticipada para una respuesta explorada es una respuesta positiva alta, entonces se proporciona retroalimentación facilitativa positiva para "alentar" esa respuesta incipiente hasta su terminación. Estas ideas se examinaron en ocasión de analizar la teoría de Estes acerca de la recompensa (capítulo 2 y 8), y la teoría Sheffield-Estes de la motivación de incentivo (capítulo 4). Pero es evidente que las nociones de exploración de estímulo, predicción de recompensas y comparación de consecuencias anticipadas, entre otras, son ideas que Tolman hubiera considerado muy congruentes con su explicación "cognoscitiva" de los componentes de la toma de decisiones.

Ideas sistemáticas relacionadas

A medida que cambian los climas intelectuales, las ideas que se expresaron de una forma tienden a presentarse de otras, y tal vez no sean reconocibles. Como se ha destacado a lo largo de este capítulo, Tolman se anticipó a muchos de los desarrollos significativos posteriores en la teoría del aprendizaje. Así, los *procesos de decisión* se han vuelto muy interesantes en la psicología contemporánea, debido a la teoría de los juegos propuesta por von Neumann y Morgenstern (1944). Como ésta fue adaptada por psicólogos (Edwards, 1954, 1962), se ha despertado un creciente interés por la *probabilidad subjetiva* y la *utilidad subjetiva*, términos muy similares en significado a las nociones acerca del valor de la expectancia y la valencia del objeto de Tolman. La importancia de las probabilidades y del riesgo se pone de manifiesto en un artículo de Tolman y Brunswik (1935), en el que se armonizaron sus distintos puntos de vista. Esto no quiere decir que las ideas implícitas en la teoría de la decisión provengan de Tolman y de Brunswik. Más bien significa que si las ideas relacionadas aparecen con formas nuevas, con procedimientos experimentales y matemáticos apropiados, no tiene sentido buscar ideas anteriores, excepto para señalar que tenían una cierta validez. En un libro que intenta proporcionar una teoría para la psicología clínica, Rotter (1954) desarrolló una acerca de la expectancia-reforzamiento, con múltiples puntos de contacto con las concepciones de Tolman. Su fórmula básica para el *potencial conductual* convierte a éste en una función de la *expectancia* del reforzamiento y el *valor de reforzamiento*, del reforzamiento esperado. La expectancia de reforzamiento es parecida a los

medios-fin-disposición de Tolman, y el valor del reforzamiento corresponde aproximadamente a la valencia.

El *modelo estructural* que propone Deutsch (1960), utilizado para explicar una gran variedad de experimentos, representa una forma de pensamiento acerca de los problemas psicológicos consonante con las ideas de Tolman. Aunque Deutsch propone un modelo tipo "máquina" en el cual ésta, que tiene almacenamiento de memoria y mecanismo de retroalimentación, puede mostrar conducta por discernimiento del mismo orden que el de las ratas de los experimentos de Tolman (Deutsch, 1954). De hecho, uno de los experimentos más ingeniosos es una repetición, con algunos cambios, del trabajo de Tolman y Honzik (1930*a*), del que informaron Deutsch y Clarkson (1959).

Lawrence y Festinger (1962) presentaron experimentos con una interpretación tipo Tolman (aun cuando no se diseñaron particularmente en relación con su teoría), para probar las predicciones basadas en el concepto de Festinger de la disonancia cognoscitiva (Festinger, 1957). Éste es un tipo de teoría motivacional derivada de los experimentos de Lewin acerca del nivel de aspiración, a la que Festinger había adherido anteriormente (1942). Dicha interpretación, parecida a la de Tolman, puede concebirse debido a la inferencia de procesos cognoscitivos en las ratas.

En sus experimentos, Lawrence y Festinger descubrieron que los animales a los que se ha inducido a ejecutar una respuesta que requiere de mucho esfuerzo, en condiciones de recompensa insuficientes (pequeñas, infrecuentes o demoradas en relación con el gran esfuerzo de la respuesta) revelan mayor resistencia a la extinción de esa respuesta que sus compañeros ampliamente recompensados. La interpretación es que la ocurrencia de una recompensa insuficiente a continuación de una ejecución difícil induce a un estado momentáneo de disonancia cognoscitiva, que resulta desagradable al animal. Un método para reducir esa disonancia consiste en buscar atractivos intrínsecos en la actividad o en la misma situación meta insuficiente, los cuales justificarán las acciones emprendidas. Así, un hombre que tiene que recorrer una gran distancia para conseguir un trabajo desagradable y mal pagado puede comenzar a justificar su permanencia en el empleo porque "le gusta el trabajo", "obtiene una gran experiencia", o "la comunidad es un lugar muy bonito para vivir". En una serie de ingeniosos experimentos, Lawrence y Festinger (1962) demostraron la viabilidad de este análisis de la disonancia cognoscitiva en lo que influía a las ratas para que continuaran ejecutando una respuesta poco recompensada durante una serie de extinción. Festinger (1961) resume la teoría con estas palabras: "terminamos por amar aquellas cosas por las cuales hemos sufrido". Los resultados de Lawrence y Festinger son problemáticos para cualquier teoría que intente explicar una resistencia de la respuesta a la extinción en términos de alguna medición de la fuerza de la respuesta, que se incremente cuanto más favorable sea la condición de la recompensa que domine en el transcurso de la adquisición. No obstante, durante muchos años constituyó la teoría predominante, y contó con la adhesión de Thorndike, Hull y sus seguidores.

La teoría de Logan del condicionamiento clásico

Como un índice de la tendencia actual hacia las formulaciones cognoscitivistas, debe mencionarse que Frank Logan, un destacado teórico hulliano, ha propuesto una nueva teoría del condicionamiento clásico y del aprendizaje de incentivo cen-

trada en un principio de contigüidad sensorio-sensorial de la asociación (Logan, 1977, 1979). Reconoce explícitamente que ésta era la tesis fundamental de Tolman acerca del condicionamiento. En la concepción de Logan, la asociación cognoscitiva del *EC* con el *EI* se lleva a cabo en un ensayo, y comienza a decaer con el transcurso del tiempo. Los ensayos sucesivos de pares *EC-EI* establecen huellas múltiples, que en ciertos sentidos son únicas, pero que también son similares a lo largo de un gradiente de generalización. La presentación posterior del *EC* puede provocar uno de estos recuerdos mediante la generalización, en cuyo caso puede activarse una representación del *EI* (como una expectancia). Por lo tanto, en palabras de Logan, "el aprendizaje es la memoria acumulativa". Una vez recuperado, el que un recuerdo particular *EC-EI* provoque una respuesta condicionada, depende, en esta teoría, de diversos factores motivacionales: la intensidad dinámica del *EC* (análoga a la *V* en el sistema de Hull), el dinamismo de la intensidad anticipada del *EI*, y la disposición dominante ("nivel del impulso") para dar la respuesta en cuestión (al *EI*). Con otras premisas, Logan (1977) demuestra matemáticamente la manera en que esta teoría explica los resultados estándar en el condicionamiento clásico, los efectos de la intensidad *EC*, la intensidad *EI*, el nivel del impulso en el condicionamiento apetitivo, la discriminación temporal, y otras cuestiones menores.

Logan maneja la extinción que sigue a la adquisición al presuponer dos procesos: primero, que hay un decremento en la expectancia de que el *EI ocurrirá* a continuación del *EC*; y segundo, si el *EI* no se presenta cuando se le esperaba, hay un incremento en la expectancia de que el *EI no ocurrirá* después del *EC*. En la teoría de Logan, esta segunda expectancia es el equivalente de la inhibición. Una regla que estipula cómo se comprometen estas tendencias permite a Logan tratar con la extinción y con la ejecución estable bajo el reforzamiento parcial.

Al discutir la extinción y el reforzamiento parcial, Logan recurre a ideas como las de Capaldi (véase el capítulo 9). La adquisición de la respuesta condicionada tiene lugar cuando el *EC* se presenta en el contexto del estímulo, a continuación de los ensayos recompensados. En contraste, los ensayos de extinción ocurren en el contexto de ensayos previos no recompensados, y esto es una fuente de decremento de generalización para la recuperación de los recuerdos *EC-EI* (expectancias).

Por lo tanto, la extinción se produce con rapidez después del entrenamiento de reforzamiento continuo, pero no después del parcial.

A esta teoría Logan la denomina híbrida, y reconoce la combinación de ideas de varias fuentes: Tolman, Spence, Capaldi, Estes, Rescorla y Wagner. Al parecer, la combinación tiene un poder impresionante, y la teoría describe muchos fenómenos del condicionamiento clásico. Además, Logan cree que el condicionamiento clásico sustenta la motivación de incentivo para las respuestas instrumentales; específicamente, los estímulos de retroalimentación de la respuesta correcta se condicionan de modo clásico al reforzador y, por lo tanto, conducen a una expectancia del mismo (Logan, 1979). Además, el aprendizaje instrumental todavía requiere de la premisa de que las asociaciones de estímulo-respuesta se adquieren y se usan para guiar la respuesta operante. En muchos aspectos, la teoría de Logan es muy parecida a la de Estes (1969), al suponer que ambas asociaciones *E-E* y *E-R* son necesarias para apoyar la respuesta instrumental. Éste es otro ejemplo de convergencia en la teorización contemporánea.

MEMORIA ESPACIAL Y MAPAS COGNOSCITIVOS

Tolman empleó el atractivo término *mapa cognoscitivo* para caracterizar el conocimiento que tenían sus ratas de la disposición espacial de sus laberintos. Por desgracia, el investigador y sus discípulos no desarrollaron una gran teoría acerca de los mapas cognoscitivos. Comprobaron la predicción de que cuando se bloquea una senda que lleva a la meta, el animal tomaba la siguiente alternativa asequible o la desviación más corta para salvar la barrera, predicción que obtuvo un apoyo general. Los recientes experimentos con ratas (Olton, 1979), chimpancés (Menzel, 1973, 1978), y seres humanos (Gould y White, 1974, Moar, 1979, 1980) comenzaron a explorar sistemáticamente la forma en que el organismo aprende y utiliza información acerca de la ubicación de objetos en el espacio circundante. Aquí reseñaremos parte del trabajo acerca de la memoria espacial en las ratas, de que informa Olton, y después se verá el estudio de Menzel relativo a los chimpancés.

La teoría del reforzamiento se basa en la premisa de que la recompensa a una respuesta se graba en la memoria, y que convierte a la estereotipia (fijeza conductual) en una eventualidad probable. Sin embargo, la estereotipia conductual no es siempre la forma más adaptativa de ajustarse a un ambiente dado. Olton señala que las ratas son similares a muchas otras especies en sus estrategias naturales para encontrar comida dispersa en el terreno. Una vez que la rata la encuentra y la consume, busca alimento en otra parte y no vuelve a ese lugar durante algún tiempo. Quizá esta estrategia se ha desarrollado durante muchas generaciones, a medida que las especies se adaptan a un ambiente específico, pero implica que las ratas muestran una gran *variabilidad* de comportamiento al explorar un espacio en el cual se ha colocado comida.

Durante muchos años los investigadores intentaron enseñar hábitos de respuesta estereotipada a las ratas que aprenden a encontrar comida en un laberinto, y quedaron sorprendidos por el nivel elevado de "alternancia espontánea" y exploración exhaustiva que los animales demuestran antes de hacer lo que el experimentador quiere que hagan. Los animales se dedican a explorar y a aprender la disposición espacial de los brazos del laberinto; al comienzo no parecen dispuestos a creer que encontrarán alimento en el mismo lugar. Incluso si no hubiese comida, de todas maneras las ratas aprenden a explorar un laberinto complejo de modo sistemático, a recorrer las diversas sendas en cada ensayo, y raras veces regresan a una que ya han visitado en ese ensayo (Uster, 1976; Uster *et al.*, 1976) Por supuesto, para llevar a cabo esas eficientes exploraciones, la rata debe haber aprendido la disposición del laberinto y recordar sus exploraciones en los ensayos anteriores.

Olton y Samuelson (1976) ofrecieron una brillante demostración de este tipo de memoria espacial de corto plazo en un experimento con ratas, usando el laberinto elevado de brazos radiales que se muestra en la figura 11.10. Una bolita de alimento está oculta al final de cada brazo del laberinto, y se permite a la rata que lo explore hasta que encuentre las ocho bolitas. La ejecución óptima sería visitar una sola vez cada brazo, sin repetición. Las ratas aprendieron rápidamente a desempeñarse en esta tarea, para escoger a la postre un promedio de 7.9 diferentes brazos en las 8 primeras elecciones. Evidentemente, los animales pueden recordar dónde han estado dentro de cada ciclo de ensayos, y evitan esos lugares. Olton y Samuelson (1976) demostraron que las ratas no logran este alto nivel de ejecución

con el uso de indicios intralaberínticos (por el olor de la comida o por ensayos previos con los olores) ni por movimientos sistemáticos (por ejemplo, siempre dar vuelta a la izquierda al salir de uno de los brazos del laberinto). Por el contrario, las ratas dependen de indicios visuales extralaberínticos, que pueden ver desde los brazos elevados, y sólo verifican en la memoria aquellos lugares que han visitado en un ensayo dado. Olton (1979) revisó pruebas posteriores que demuestran una memoria de corto plazo todavía más espectacular para las ubicaciones espaciales que las ratas visitaban. Es evidente que tales ejecuciones son exactamente lo contrario de la estereotipia de respuesta que suele recalcarse en los experimentos del aprendizaje; pero las visitas repetidas al mismo lugar no se refuerzan en este laberinto de brazos radiales.

Otros experimentos de Olton demuestran que después de familiarizarse con un complicado laberinto en el que se proporcionaban recompensas en una ubicación, la rata irá a ese lugar con menos errores mediante un atajo, cuando se la someta a prueba al colocarla en nuevos puntos de partida. Así, el animal demuestra ser capaz de orientarse en un campo desde una perspectiva nueva, y encontrar su camino hasta la meta. La ejecución es muy similar a la de los seres humanos cuando usan su conocimiento del mapa de una nueva ciudad para llegar a un destino conocido desde un nuevo punto de partida. Observan la dirección hacia hitos familiares, se aproximan a ellos, se orientan en la dirección de los signos para acercarse más a la meta, y continúan combinando fragmentos de rutas conocidas, en forma de bloques, hasta que logran llegar a su destino. Un modelo teórico completo no ha logrado explicar aún esas ejecuciones, aunque algunos investigadores de la inteligencia artificial (por ejemplo, D.V. McDermott y B.J. Kuipers) han comenzado a estudiar el problema de cómo se integra la información de ruta local en una estructura parecida a un mapa. La adquisición, la representación y el uso de la información espacial en la ejecución promete ser un área de investigación avanzada y de ideas interesantes. A modo de ilustración, seguidamente examinaremos la investigación de Menzel acerca del aprendizaje de mapa de área en los chimpancés.

Mapas cognoscitivos en los primates

Es una lástima que Tolman y sus seguidores escogieran a la rata como sujeto para demostrar el aprendizaje de orden superior y el razonamiento inferencial, ya

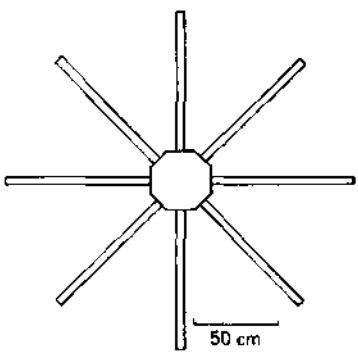


Figura 11.10. Laberinto elevado de brazos radiales. Una recompensa de comida se oculta al final de cada brazo y el animal corre hasta que la encuentra (tomada de Olton, 1979).

que las habilidades de este animal parecen muy limitadas. Si hubieran trabajado con monos o chimpancés en su ambiente natural, habrían descubierto rápidamente centenares de ejemplos de inteligencia en el uso de herramientas, en la aplicación de conocimiento espacial, en la negociación mediante relaciones sociales con adversarios más fuertes, etcétera. Varios psicólogos y etólogos han observado durante muchos años colonias de chimpancés en su ambiente natural o en un gran campo experimental, y han reunido un importante conjunto de agudas observaciones acerca de los comportamientos inteligentes y sociales de estos animales (van Lawick-Goodall, 1971; Menzel, 1973, 1974, 1978). A continuación se describen algunas de las observaciones de Menzel en un grupo de chimpancés, a medida que éstos se familiarizaban con un nuevo campo experimental que podían explorar sólo durante algunas horas al día.

Inicialmente los chimpancés temen aventurarse en un terreno desconocido, de modo que al comienzo el grupo permanecía cerca de la construcción por la que entraban al campo. Poco a poco, el grupo exploraba más el territorio y se familiarizaba con él. Los machos de mayor edad exploraban el nuevo territorio con más rapidez que las hembras o los machos jóvenes. Los animales se movían en grupo y permanecían próximos a los árboles, a otras estructuras elevadas o cerca de los lugares donde pudieran ocultarse. Después de familiarizar a los chimpancés con el campo, Menzel introducía cada día algún nuevo juguete (como un oso de felpa o una muñeca) en distintos lugares. Unos minutos después de que habían sido liberados en el campo, los chimpancés descubrirían el juguete, se dirigirían a él en línea recta, lo examinarían y se pondrían a jugar con él. La detección de un objeto nuevo implica una familiaridad total con los antiguos objetos del campo.

Menzel daba entonces a los chimpancés una versión de la búsqueda del huevo de Pascua, a la cual denominó "problema del agente viajero". Un experimentador llevaba a un chimpancé mientras un segundo experimentador le mostraba al simio dónde ocultaba 18 piezas de una fruta apetecida. En la figura 11.11 se ilustra un mapa, para cuatro diferentes chimpancés, de las ubicaciones de los 18 lugares donde se encontraba la fruta en un ensayo dado; los números dentro del círculo indican el orden en el que se le mostraban al animal estos sitios ocultos. Después de este ensayo de observación, se liberaba al animal en la entrada del campo. El hecho notable es que éste corría directamente a los lugares donde se ocultaba la fruta, se la comía, corría al siguiente lugar, y así sucesivamente. Las sendas de los cuatro animales en el mejor ensayo de cada uno se muestran al seguir las flechas a partir de *s* (comienzo) en la figura 11.11. Los chimpancés recordaban la mayor parte de los lugares ocultos (de 15 a 18); y las observaciones de control probaron que no lograban hacerlo mediante el olfato o al mirar casualmente la comida mientras corrían por el campo. Además, usaban una ruta muy eficiente para encontrar la comida, y establecían algo parecido a una senda de menor distancia. El orden en que visitaban los sitios donde se escondía la comida estaba determinado por su proximidad en el espacio, no por el orden temporal en que se mostraban al chimpancé esos lugares. La senda es semejante a la del agente viajero que debe visitar clientes en 18 ciudades distintas, y quiere recorrer la menor distancia posible. Por supuesto, el vendedor lo hace un poco mejor porque dispone de un mapa real para orientarse, en el cual puede marcar todos los lugares que debe visitar (un dispositivo de memoria externa). Pero los chimpancés sólo tienen sus mapas mentales (cognoscitivos) y deben recordar los lugares que se les mostró una sola vez. Asi-

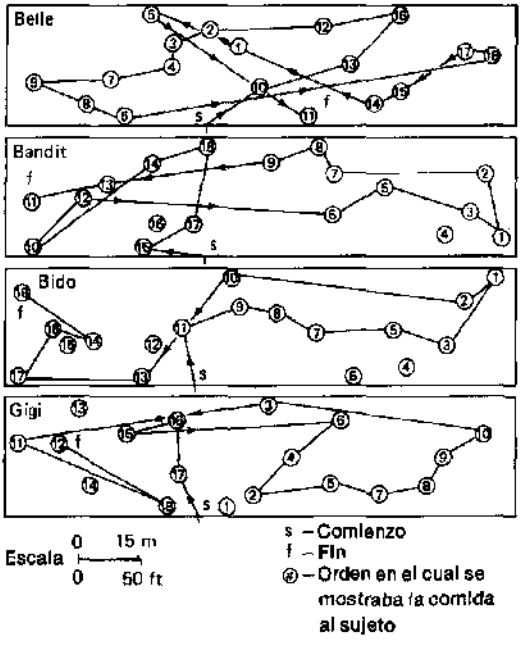


Figura 11.11. Mapas que muestran las ejecuciones de cuatro chimpancés en una búsqueda del tipo del "huevo de pascua". Los números dentro de los círculos indican el orden en el cual los simios fueron expuestos a la comida que se escondía. La senda con flechas desde el comienzo (*s*) indica el orden en que visitaron los lugares con alimento. Los círculos a los que no toca la línea no se visitaron (tomada de Menzel, 1973).

mismo, los chimpancés tenían ensayos múltiples durante varios días con diferentes lugares donde se ocultaba la fruta; sin duda, los patrones anteriores interferían ligeramente con el recuerdo del patrón actual de las ubicaciones de la comida.

Parecía que los chimpancés elegían señales para recordar los lugares de ocultamiento: cuando se mostraba el sitio donde se escondía la comida, el chimpancé buscaba algún objeto prominente en la cercanías (por ejemplo, un árbol, un puente) y un indicio local específico (un cactus color marrón), como si asociara la comida con estas señales. Éstas guiaban entonces la búsqueda posterior. Los errores cometidos se debían a la confusión de las señales locales (por ejemplo, buscar detrás de un poste adyacente), de una forma muy parecida a como los seres humanos cometerían pequeños errores. En otras pruebas, Menzel demostró que, si todo lo demás permanecía constante, el chimpancé acudiría primero a la comida que se encontraba más cerca, a la más apetecida, y a aquel lado del coto donde había más alimento.

En un experimento posterior acerca de la observación remota, se inmovilizaba a los chimpancés a la entrada del recinto, desde donde miraban a un experimentador que caminaba por el coto y ocultaba varias piezas de comida, señalando cada lugar al mostrar ostensiblemente el alimento antes de esconderlo. Incluso en esta situación de observación remota, los chimpancés se desempeñaban notablemente bien cuando echaban a correr rumbo a la comida, en el momento en que se les liberaba.

En un trabajo final, el experimentador señalaba al chimpancé la ubicación de una sola pieza de comida en el coto, o caminaba unos cuantos pasos en su dirección, mientras el animal lo miraba. Esta señal social servía para orientarlo; cuando se lo liberaba después de varios segundos, echaría a correr en la dirección que indicaba

el experimentador, y casi siempre encontraba la comida. En otro experimento, el investigador escondía en el coto una pila de comida grande y otra pequeña en cada ensayo (fuera de la vista del chimpancé); entonces le mostraba la localización de la pila grande, a la cual señalaba con la mano, caminando además 15 pasos en su dirección. También indicaba la ubicación de la porción pequeña al señalarla con la mano y caminar sólo 5 pasos hacia ella. Después de unos cuantos ensayos para aprender el significado de las dos señales, cuando se liberaba al animal éste buscaba de inmediato en la dirección que apuntaba a la pila grande de comida; después de encontrarla, el chimpancé iba hacia el lugar indicado para la pila pequeña. Se diseñaron otros proyectos para someter a prueba a los chimpancés con indicios más simbólicos, como películas o fotografías, de la dirección de la comida desde la entrada al recinto.

Tales experimentos revelaron que los chimpancés educados tienen una memoria notable y son capaces de planear sendas que conducen a la meta. Sin embargo, estos resultados dependen de que los animales estén completamente familiarizados con una localidad específica, de una forma muy parecida a como aprenderían en su hábitat natural. Siempre mostraban mucha curiosidad por explorar cualquier objeto nuevo introducido en un terreno familiar. (Esta circunstancia frustró el intento de Menzel de estudiar la habilidad de los chimpancés para maniobrar alrededor de obstáculos nuevos y llegar a la comida; los animales se interesaban tanto por explorar ese obstáculo que no se preocupaban por el alimento.) En su búsqueda de comida y en sus interacciones sociales cotidianas, los animales revelaron que podían planear, emplear herramientas, utilizar señales de comunicación social y salvar los obstáculos. Por ejemplo, si un chimpancé sabe dónde se oculta una banana pero hay otro animal dominante entre él y el alimento, idea una forma para rodear al animal más fuerte —tal vez alejarla mediante un engaño— y conseguir el plátano. La planeación inteligente de las acciones y las interacciones es notable y sorprendente. A Tolman le hubiera gustado observar a tales criaturas.

Menzel cree que los chimpancés elaboran algo semejante a un mapa cognoscitivo a medida que se familiarizan con el coto, y localizan todas las señales grandes y los indicios locales cercanos relacionados unos con otros. Entonces asocian al alimento con señales específicas para las ubicaciones en este mapa, y calculan cómo llegar a esos lugares. Subsiste una pregunta interesante que se refiere a la manera en que se integran las diversas exposiciones locales con diferentes partes del espacio. Investigaciones posteriores se han centrado en la habilidad humana para construir un *mapa cognoscitivo* a partir de una limitada exposición a una ciudad o edificio nuevos (Gould y White, 1974). Sin embargo, en una perspectiva histórica, las observaciones acerca del uso y el aprendizaje de mapas en los primates constituyen la evidencia más importante para la teoría del mapa cognoscitivo, de Tolman.

COMENTARIOS FINALES EN TORNO DE LA INFLUENCIA DE TOLMAN

Mientras algunos experimentos recientes han demostrado su origen directo en la teoría de Tolman, otros desarrollos contemporáneos pueden deberse a éste y a su influencia. Es evidente que Tolman planteó a las teorías de estímulo-respuesta muchos de los persistentes problemas con los que ha tratado; por ejemplo, la dis-

tinción entre aprendizaje y ejecución, aprendizaje latente, anticipación de metas y motivación de incentivo, conducta de comprobación de hipótesis, el perfeccionamiento de la caracterización de "lo que se aprende", etcétera. La teorización del estímulo-respuesta se desarrolló y maduró mucho más allá de Watson, Thorndike y Pavlov debido a los grandes retos planteados por los teóricos cognoscitivistas, que a menudo fueron los primeros en indicar algún área nueva de problemas acerca del aprendizaje. Esto fue por completo saludable, y en nuestra época ha llevado a una especie de coalición entre las diferentes teorías del aprendizaje, en una síntesis cuya índole no fue siquiera imaginada por sus protagonistas originales. El hecho de que las teorías cognoscitivistas del aprendizaje animal han ganado popularidad se manifiesta en un volumen reciente titulado *Cognitive processes in animal learning* (Hulse *et al.*, 1978).

Cabría preguntarse qué tipo de contribuciones científicas tiene probabilidades de sobrevivir. Un sistema global, a no ser que sea muy hábil para agrupar un cierto número de hechos empíricos correctamente estipulados (la ley de Newton, la teoría de la relatividad, de Einstein), tiene menos posibilidades de perdurar que una sola relación bien establecida (el principio de Arquímides, la ley de Ohm, la ley de Weber-Fechner). El sistema de Tolman no era lo bastante riguroso como para perdurar y, aunque no hay ninguna "ley de Tolman" que le confiera inmortalidad a su creador, es probable que el experimento del aprendizaje latente sea tan singularmente suyo como las sílabas sin sentido lo fueron de Ebbinghaus. Algunas de estas contribuciones menos importantes, a medida que ingresaron en la corriente de la ciencia, pueden ser suficientes para que sus autores ganen una merecida posición en la historia del quehacer científico.

Sin embargo, se espera algo más, ya que para que se muestre en toda su plenitud el avance de la ciencia (en este caso, la psicología), prevalece la necesidad de relaciones objetivas firmes, a partir de las cuales construir en el futuro las teorías, u originar el nacimiento de nuevos paradigmas que le dan una apariencia renovada, como lo señala Kuhn (1962). Vista en retrospectiva, es probable que la contribución de Tolman haya sido de este segundo tipo, y que haya proporcionado un nuevo semblante al conductismo al insistir en que permaneciera abierto a los problemas creados por los procesos cognoscitivos, la solución de problemas y la ideación inventiva. El tipo de programa que Tolman concebía comienza a fructificar en la psicología cognoscitivista moderna.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El único libro especializado en el sistema Tolman es:
Tolman, E. C., *Purposive behavior in animals and men*, 1932.

Afortunadamente, sus breves escritos están reunidos en el libro:
Tolman, E. C., *Collected papers in psychology*, 1951.

Se publicó un prefacio y un resumen final de su teoría en:
Tolman, E. C., "Principles of purposive behavior", en S. Koch (dir.), *Psychology: A study of a science*, vol. 2, 1959.

Se encuentra disponible un librito interesante acerca de la motivación, el cual fue retitulado debido a la Segunda Guerra Mundial:
Tolman, E. C., *Drives toward war*, 1942.

Para una revisión completa de la teoría de Tolman, con algunas sugerencias respecto a la sistematización, véase:
MacCorquodale, K. y Meehl, P. E., "Edward C. Tolman", en W. K. Estes *et al.*, (dirs.), *Modern learning theory*, 1954, págs. 177-266.

12

Teorías del procesamiento de información de la conducta

Una técnica reciente de teorización psicológica implica la formulación de teorías en forma de *programas* que se utilizan en computadoras de alta velocidad. El objetivo es lograr que dicho programa de computadora lleve a cabo una serie de acciones que en ciertos rasgos esenciales se parecen a —o simulan— las acciones cognoscitivistas o conductuales de un sujeto real que ejecuta una determinada tarea. En este capítulo se examina y se espera esclarecer esta breve enunciación introductoria; así, revisaremos principalmente algunas de las teorías y los modelos que se han formulado de esta manera.

Los antecedentes históricos de la técnica teórica a que nos referimos son diversos, y muchos de los modos de pensamiento se tomaron de la ingeniería. Tal vez una forma apropiada de comenzar sea aludiendo al antiguo arte de la *robotología*. Desde hace mucho tiempo, el ser humano se ha sentido fascinado por las similitudes entre el "comportamiento" de las máquinas y la conducta de los organismos vivos. Allí se encuentran todas las analogías, implícitas en nuestras habituales descripciones de lo que hacen las máquinas. La robotología consiste en el diseño de máquinas que imitan la conducta de los organismos vivos. Después de un comienzo lento, los recientes avances son tan espectaculares que le han conferido una gran importancia a esta empresa. Ahora se reconoce ampliamente que pueden diseñarse máquinas para ejecutar muchas tareas que antes sólo realizaban los seres humanos. De hecho, la máquina puede a veces superar al hombre. El efecto de esta proeza de ingeniería es evidente en la preocupación actual por la automatización y la posible sustitución del trabajador humano en el futuro.

Durante la década de 1950 algunos científicos conductistas comenzaron a construir robots que supuestamente encarnaban diferentes principios de la conducta. Entre esos modelos se cuenta el *homeostato*, de W. R. Ashby (1952), que busca y mantiene una homeostasis favorable de su "medio interno"; la *machina speculatrix*, de Walter (1953), que imita las acciones de un animal que explora su medio ambiente en busca de comida o de refugio; las máquinas de aprendizaje, de Walter

(1953) y Deutsch (1954), que imitan el aprendizaje de las ratas en un laberinto; la máquina de Hoffman (1962), que muestra la mayor parte de los fenómenos del condicionamiento clásico, y otras que mencionaremos más adelante.

Cabe preguntarse si a estos robots se les debe considerar en serio. ¿Cuál es su estatus lógico? ¿Han de estimarse como explicaciones serias de la conducta o sólo como curiosidades divertidas pero inútiles? El consenso es que una máquina que simula con exactitud ciertos aspectos inherentes a la conducta de un organismo sin duda constituye una genuina explicación de esa conducta. La idea es que los principios abstractos comprendidos en el diseño de la máquina (sus componentes funcionales y la organización de éstos) podrían en verdad ser los mismos que describen el diseño y el funcionamiento del organismo vivo. Al diseñar y construir una máquina para simular ciertas conductas, de hecho resolvemos la estructura física de una teoría acerca de la forma en que el organismo produce la conducta. Lograr que la máquina funcione realmente y simule alguna conducta de interés es una manera de demostrar que la teoría tiene consistencia interna, y que ha especificado un conjunto suficiente de mecanismos. Hacer que el robot ejecute una u otra tarea equivale lógicamente a construir teoremas acerca de la conducta a partir de la teoría que es modelada por la ejecución física. Por otra parte, se afirma que comprendemos totalmente una porción de conducta cuando sabemos cómo construir una máquina que se comporte de ese modo.

La diferenciación que efectuamos entre una teoría abstracta y su modelo mecánico particular es similar a la distinción lógica entre un sistema de axiomas y las varias realizaciones de éste. La teoría o el sistema de axiomas tiene prioridad lógica; las realizaciones físicas particulares son secundarias. En este sentido, no es psicológicamente pertinente qué material se emplee para construir los robots, ya sean ruedas dentadas, relevadores, tubos aspiradores, transistores, procesos electroquímicos, o neuronas reales (si el neurofisiólogo se preocupa por el material real). Todas las realizaciones apropiadas de la teoría llevarán consigo algunas *conductas isomórficas;* es decir, mostrarán un paralelismo o correspondencia punto por punto en la senda conductual que trazan a través del tiempo. Si dos sistemas muestran este tipo de paralelismo funcional, esa correspondencia punto por punto de características críticas, se dirá que un sistema es una *simulación* del otro. Si la correspondencia es lo bastante amplia, tendremos razones para creer que los dos sistemas son diferentes realizaciones de la misma teoría. En la práctica científica, esto significa que una teoría acerca de la conducta podría probarse mediante la construcción de una máquina diseñada de acuerdo con ella, y observar después si esta máquina simula la conducta de interés.

Pero al llegar a este punto de la argumentación podemos comenzar a examinar el material, lo cual se logra sólo al atender a las características esenciales —en oposición a las que no lo sean— del sistema a simular. Evidentemente, esto se determina por las metas que se hayan establecido. Por ejemplo, supongamos que nuestro objetivo es simular la conducta de una rata en el aprendizaje de un laberinto. No importa que nuestro robot se parezca o no a una rata, o se mueva sobre ruedas en lugar de desplazarse por medio de patas o, por lo que a eso concierne, que sólo nos informe (mediante algún recurso) de lo que haría si dispusiera de patas para moverse. Todo lo que una explicación psicológica requiere es que nuestro robot esté equipado con: *a)* un sistema seudosensorial a través del cual reciba información de los estímulos de su ambiente, quizá con elementos sensibles acce-

CONCEPTOS Y MODELOS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Cada nuevo enfoque teórico suele crear su propio lenguaje descriptivo —su jerga— y así ha sucedido con el de simulación por computadora. La terminología es la del "procesamiento de información", y se deriva de la forma en que los científicos de la computación generalmente describen lo que hacen las máquinas. Los estímulos, datos, instrucciones (el nombre genérico es "información"), constituyen la *entrada (input) —son introducidos (read in)—* en la computadora; después de ciertos procedimientos, el aparato produce *(outputs reads out)* algún resultado final particular, usualmente impreso o mediante una figura en un tubo de rayos catódicos. Entre la entrada y la salida *(input, output)*, la computadora ejecuta una serie de operaciones ordenadas sobre los datos de entrada. Éstas pueden consistir en la alteración o transformación de la masa de datos, en calcular algo relacionado con ellos, compararlos con alguna otra cosa, usar el resultado para buscar un dato previamente almacenado, evaluar lo que se encuentra en etapas intermedias, tomar decisiones acerca de ello, etcétera. Cada una de estas manipulaciones tal vez requiera de una breve serie de instrucciones en el programa de la computadora, que se denomina *subrutina*. Es conveniente referirse a las subrutinas en términos de las funciones que ejecutan con la información que se les suministra. Y a partir de esto, es fácil comenzar a referirse a la subrutina como la representación de un *mecanismo de procesamiento de información*. Así, las teorías de simulación conductual por computadora por lo general pueden describirse en el sentido de que postulan la existencia, dentro del organismo, de un conjunto de mecanismos de procesamiento de la información, cada uno de los cuales ejecuta cierta función elemental, y se presume que estos procesos están organizados y ordenados en secuencias de algún modo particular.

Es conveniente describir la mayor parte de las investigaciones en el área del procesamiento de información (*PI*) como un esfuerzo concertado hacia la síntesis experimental de conductas humanas complejas. Algunas clases típicas de conductas que se simulan incluyen el razonamiento de un campeón de ajedrez al seleccionar su siguiente movimiento durante una partida, la generación de hipótesis de un sujeto que resuelve una tarea de formación de conceptos, la selección de acciones y otros valores en los que un corredor de bolsa puede invertir sabiamente el capital de sus clientes, etcétera. Los modelos intentan retratar y comprender la conducta humana en lo que toca a sus máximas capacidades racionales. Por lo tanto, en concepción y en objetivos, los modelos *PI* están muy alejados del enfoque tradicional de estímulo-respuesta, con su énfasis en análisis progresivamente finos de porciones conductuales más simples y reducidas. En contra de esta tradición analítica, las teorías *PI* han tratado de sintetizar las conductas complejas y construir modelos cuyas capacidades igualen a las del ser humano.

Para sintetizar una porción compleja de la conducta (por ejemplo, comprobar un teorema en lógica simbólica), el teórico tiene que especificar muchos procesos, así como la compleja organización de todos ellos. Además, deben puntualizarse muchas reglas de decisión condicional que estipulen de un modo u otro cómo se desplazará el modelo durante su búsqueda, lo cual depende del resultado de los cálculos previos. ¿De qué manera recabaremos información acerca de las capacidades de ejecución de un sistema tan complejo? Como hemos visto, sería muy difí-

cil seguir su operación paso por paso usando papel y lápiz. Pero para abreviar el procedimiento, al sistema se le programa como una secuencia de instrucciones que la computadora llevará a cabo. Al hacer correr el programa en la computadora y al lograr que ésta imprima sus acciones, aprendemos acerca de sus capacidades. Ante todo, aprendemos si el sistema se ha especificado de una manera lo bastante completa como para que funcione; tal vez deban especificarse más partes o eliminar algunas contradicciones internas. Segundo, observamos si la conducta sintética que imprime muestra las características particulares que deseamos duplicar. Tercero a partir de diferentes corridas podemos determinar cómo cambia la conducta de todo el programa cuando modificamos partes seleccionadas del mismo.

Las computadoras se programan escribiendo una secuencia de instrucciones, por lo común extensa, que deben ejecutarse ya sea con alguna información de entrada o con base en la que está almacenada en los bancos de memoria de la máquina. La secuencia total de instrucciones se denomina *programa*. Éstos deben escribirse en un formato preciso, empleando algún lenguaje estandarizado que la computadora pueda "comprender". Los lenguajes *FORTRAN* y *ALGOL* se utilizan comúnmente en los programas que realizan cálculos numéricos ordinarios. En la figura 12.1 se observa el diagrama de flujo de un programa simple. Como datos tenemos los pesos de 12 personas; el programa ha de calcular su peso promedio. Hacemos que $x(I) = 1, 2, \ldots 12$ represente los doce números. Éstos se perforan en las tarjetas *IBM* y se le dan a la computadora. En el programa, *SUM* es nuestra denominación para una célula de memoria que usamos como un espacio de trabajo temporal. La secuencia de instrucciones se describe en la figura 12.1. El componente principal es el "circuito cerrado", que agrega $x(I)$ a *SUM* e incrementa I en 1. Este circuito cerrado se ejecuta 12 veces, y el programa pasa a las operaciones de división e impresión.

Una simulación simple

Aunque este ejemplo ilustra cálculos numéricos, una ligera variante del programa que tiene contenido psicológico emplearía un circuito cerrado para buscar una lista memorizada de elementos, para verificar si contiene un reactivo crítico. Sternberg (1969) y otros han estudiado ampliamente esta tarea, que indica cómo se realiza la búsqueda en la memoria de corto plazo. El programa operativo para simular la ejecución en esta "tarea de Sternberg" se ilustra en la figura 12.2, donde la hemos dividido en pequeños pasos. El ensayo típico comienza al cargar la memoria de corto plazo con una pequeña lista de dígitos o letras, que en la figura 12.2 se denotan como $x(1)$, $x(2), \ldots x(N)$. Por el momento, piénsese en $x(1)$, $x(2), \ldots x(N)$ como N diferentes células de almacenamiento en la memoria que mantienen los reactivos de la lista, por ejemplo, las letras Q, W, F, G. Entonces damos la letra de sondeo (por ejemplo, T), y el sujeto ha de decidir tan rápido como le sea posible si el sondeo forma parte del conjunto de memoria. Como nos interesamos por el tiempo que al sujeto le insume tomar su decisión, en nuestro modelo usamos un reloj interno denominado RT, y lo ponemos en marcha a partir del momento en que se presenta el sondeo. El programa operativo recupera un elemento del conjunto de la memoria (una operación que lleva el tiempo r), compara este elemento con el sondeo (comparación que lleva el tiempo c), responde *sí* si

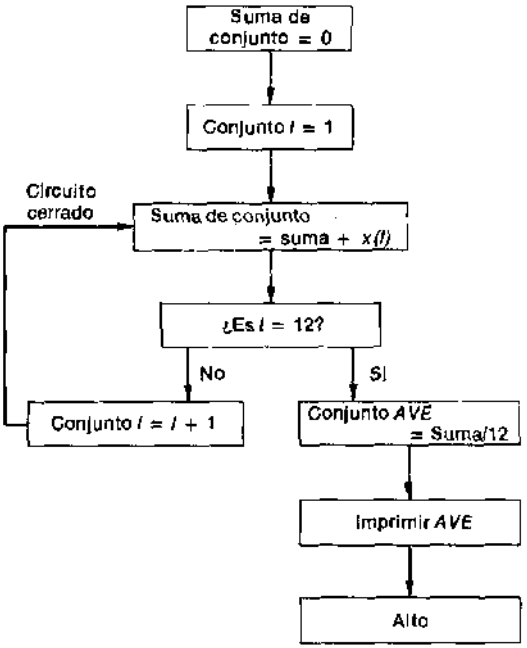


Figura 12.1. Diagrama de flujo que describe los pasos para calcular el promedio de 12 números designados x(1), x(2)..., x(12). Para calcular la suma de esos números se usa un circuito cerrado, empezando con x(1). En cada paso a través del circuito, el índice *I* se aumenta en +1; después de que el x(12) se agrega a la suma, el programa sale del circuito cerrado, calcula el valor promedio y lo imprime.

se iguala al sondeo, pero continúa con la exploración del elemento siguiente de la lista si el *x(I)* actual no se equipara. La pregunta "¿es $I = N$?" se usa para decidir si se ha explorado la lista completa de la memoria. En caso negativo, el índice se actualiza y se pasa al siguiente elemento de la lista; si se la ha explorado toda sin encontrar un elemento que se iguale a la sonda, el programa termina por imprimir una respuesta *no*.

Este diagrama de flujo ilustra las operaciones paso por paso en la realización de la tarea, y le atribuye cargas temporales a las diversas operaciones (lo cual explica la frecuente instrucción para poner el nuevo *RT* igual al antiguo *RT* más alguna constante). Este programa ejemplifica lo que se denomina una ***búsqueda serial de autoterminación***. Es *serial* en el sentido de que los elementos de la lista se recuperan y se comparan con el sondeo en serie, uno por uno, en vez de hacerlo simultáneamente (en paralelo, o todos a la vez). Es de *autoterminación* porque el proceso se detiene (sale del circuito de exploración) tan pronto como obtiene un compañero para el estímulo del sondeo, en lugar de explorar de forma *exhaustiva* hasta el final de la lista, independientemente de si antes se consiguió una igualación. Si suponemos una distribución aleatoria (uniforme) de localizaciones positivas de sondeos dentro de la lista, la *localización promedio* se encontraría en $(N + 1)/2$ en una lista de longitud N. Con una búsqueda de autoterminación, esta $(N + 1)/2$ será entonces el número promedio de operaciones de traer y comparar llevadas a cabo en ensayos probatorios positivos. Las ecuaciones implicadas para los tiempos promedio de reacción con sondeo positivo (*sí*) y sondeo negativo (*no*) serían las siguientes:

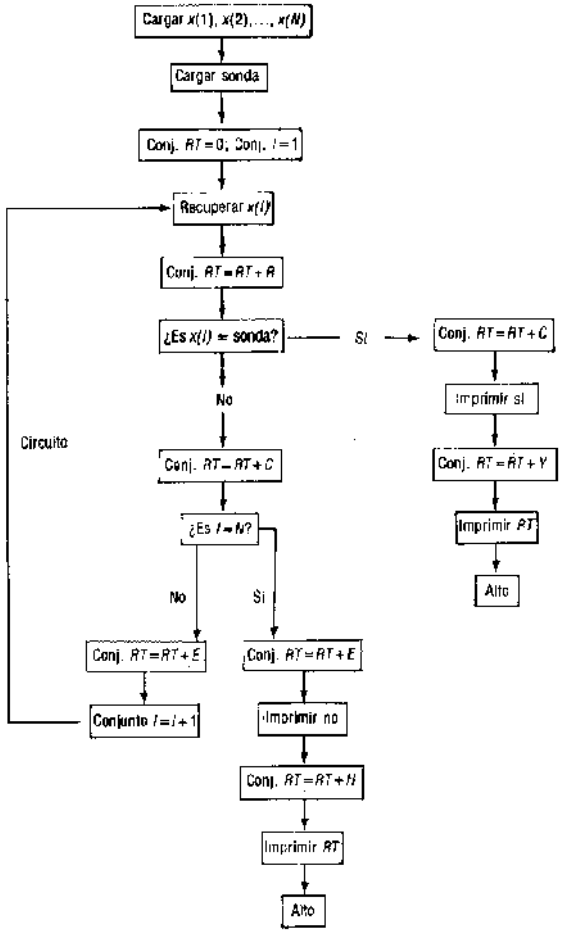


Figura 12.2. Diagrama de flujo que describe un modelo de simulación para predecir los tiempos de reacción en la tarea de "búsqueda de memoria", de Sternberg. El sujeto ha de decidir si un reactivo de sondeo dado es o no miembro de un conjunto prescrito de reactivos en la memoria, designados como x(1), x(2),..., x(*N*).

$$RT(sí) = (r + c)\frac{(N+1)}{2} + e\frac{N}{2} + y$$

$$= \frac{(r + c + e)}{2}N + y + \frac{r + c}{2}$$

y

$$RT(no) = (r + c + e)N + h. \qquad (1)$$

En cada caso, se espera que los tiempos de reacción se incrementen como una línea recta (o proporcionalmente) a medida que aumenta la longitud *N* de la lista. Con el modelo programado en la figura 12.2 se espera que la inclinación de la línea *no* (el coeficiente que multiplica *N*) sea exactamente el doble que la inclinación de la línea *sí*.

Estas son predicciones muy definitivas del modelo de proceso de la figura 12.2. Aunque sirven para ilustrar el enfoque, las predicciones particulares acerca de las inclinaciones no siempre son correctas. Más bien, los datos reales (véase Sternberg, 1969) a menudo muestran inclinaciones *iguales* para las líneas de *sí* y *no*. Esto podría producirse mediante un modelo que explore exhaustivamente la totalidad de los reactivos del conjunto de memoria antes de dar la respuesta. Para ello sería necesario modificar el programa que se ilustra en el diagrama de la figura 12.2, de modo que recuerde cualquier igualación encontrada en su exploración, pero que de todas formas concluya la exploración de la lista antes de responder *sí*. Sternberg propone esencialmente este modelo para sus datos; muchos experimentos se han concentrado en esta tarea de búsqueda de memoria y en estos tipos de modelo.

Subrutinas y jerarquías de tarea

Ahora bien, a partir de las enunciaciones iniciales, al programa completo de la figura 12.2, se le podría denominar *SCANLIST* y tratarlo entonces como una *subrutina* unitaria para incrustarlo dentro de cualquier programa más grande que requiera de esa función. Además, $x(1)$ también podrían ser los nombres de listas completas de símbolos, en vez de elementos aislados; entonces, una instrucción como "para $I = 1$ a K *SCANLIST* x (I)", resultaría esencialmente en K llamadas sucesivas para la subrutina de la figura 12.2, verificando las diferentes listas para un sondeo especificado. El punto importante consiste en ver que *SCANLIST* se ha convertido en una rutina automática que puede emplearse repetidas veces como proceso componente para resolver otros problemas. Este proceso completo —hacer que un programa sea un componente incrustado dentro de un programa más amplio que incluso puede estar incrustado dentro de otro mayor— es de naturaleza *jerárquica*. Al observar las cosas "desde arriba", a fin de elaborar el programa ("trabajo") A, hacemos entrar a la subrutina B; pero B puede hacer entrar a la subrutina C, etc., hasta que se encuentren instrucciones simples. Una vez que C "termina su asignación de trabajo", regresa sus resultados a B, que entonces podrá hacer algunas operaciones (por ejemplo, comparar resultados de varias subrutinas) antes de pasarle sus resultados a A, que es el programa ejecutivo de nivel superior que controla o supervisa toda la jerarquía. Este programa jerárquico es parecido a la forma de control y asignación laboral dentro de una empresa o una organización gubernamental.

En la figura 12.3 se muestra un esquema de jerarquía de tres niveles en un programa de solución de problemas o de asignación laboral. Por ejemplo, supóngase que el lector quiere asistir a un concierto o a otro evento público (meta A). Para hacerlo, tiene que comprar boletos (submeta B) y llegar a la sala de conciertos a la hora señalada (submeta C). Para adquirir los boletos debe extender un cheque y escribir una carta (submeta D), y mandarlos por correo a la oficina de boletos (submeta E). Cuando tenga los boletos, debe llegar a la sala de conciertos a la hora adecuada. Se viste y se prepara para salir de su casa a la hora indicada (submeta F), camina o conduce su automóvil hasta la sala de conciertos (submeta G), entra y ocupa su butaca a tiempo (submeta H). Al terminar la submeta H, el lector habrá cumplido simultáneamente la siguiente submeta superior C (llegar a la sala de conciertos a tiempo), y se ha colocado en posición de satisfacer la meta supe-

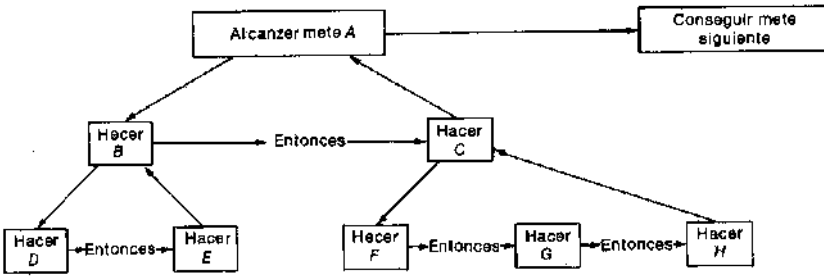


Figura 12.3. Representación esquemática de un programa jerárquico de tres niveles, en el que la consecución de metas particulares depende del logro de un grupo de submetas, lo cual significa llevar a cabo un conjunto de actividades componentes. Las flechas indican la dirección en la que la información y el control pasan por el sistema.

rior *A* (escuchar el concierto). Una vez que eso ha concluido, la meta siguiente se carga en el procesador para ser realizada; por ejemplo, encontrar una cafetería para tomar un refrigerio después del concierto.

Los diagramas como el de la figura 12.3 tienen un natural atractivo para los psicólogos interesados en analizar la conducta en sus componentes y en su organización. Las submetas y las actividades pueden descomponerse en detalles tan diminutos como el científico desee, pero la "localización" de un componente dado puede verse en términos de dónde encaja y cómo funciona en la organización total de la ejecución. La interpretación de las flechas en la figura 12.3 y la dirección de las mismas es importante, puesto que indican la dirección del flujo de *control* del procesador central de las diversas actividades. En términos generales, las flechas imitan al cerebro que cambia su "atención" y su esfuerzo de procesamiento para la actividad ubicada en la punta de la flecha. Este análisis jerárquico de las tareas psicológicas se deriva directamente de los conceptos de programas jerárquicos de computadora, y fue introducido en la psicología por Simon, Newell y otros científicos que trabajaban en la simulación por computadora. Una descripción accesible de estas ideas y una exposición de su utilidad para la teoría psicológica se encuentra en *Plans and the structure of behavior*, de G. A. Miller, Galanter y Pribram (1960).

Volviendo al programa *SCANLIST* de la figura 12.2 para la tarea de Sternberg, debe notarse que la computadora se emplea como un dispositivo de manipulación de símbolos y como un calculador numérico. Por ejemplo, busca y compara dos símbolos para una igualación, y también suma incrementos al contador del tiempo de reacción. De hecho, dentro de la bibliografía *PI*, las computadoras se conciben fundamentalmente como dispositivos de manipulación de símbolos de propósito general. Como reflejo de este punto de vista se han desarrollado varios lenguajes de procesamiento de lista que sirven de convenientes vehículos a la formulación y expresión de ideas *PI* en los programas de computadora. Entre los diversos lenguajes asequibles de procesamiento en lista, el *LISP* es el más utilizado en el trabajo *PI* actual.

Para ilustrar uno de estos lenguajes, los objetos básicos del *LISP* son átomos (símbolos), y "*S-expressions*", que son listas entre paréntesis de símbolos o nom-

bres de listas de símbolos. Las operaciones que el *LISP* ejecuta incluyen: agregar o quitar una palabra de una lista particular, volver a mezclar varias de ellas, combinar dos listas en una, nombrar una lista, examinar las palabras de una lista para encontrar las que sean iguales, describir las propiedades de una lista y vincularlas con la primera, borrar o copiar una lista, etcétera. Estos procesos básicos supuestamente forman un lenguaje natural para los programas *PI*. En sí, estas operaciones a pequeña escala no parecen adjudicar ninguna inteligencia a la maquinaria básica que las ejecuta. Sin embargo, cuando se vierten decenas de miles de tales operaciones en un programa organizado, las características netas de ejecución cambian cualitativamente y se transforman en conducta en verdad "inteligente", a menudo de una variedad que el diseñador del programa no había previsto.

PROGRAMAS DE APRENDIZAJE SIMPLE

La mayoría de los programas *PI* abordan las simulaciones de los problemas-solución complejos por medio de los humanos adultos, pero no tratan, en ninguna forma sistemática, con las simulaciones de las situaciones de condicionamiento. Esto se debe, en parte, a que el mayor interés de los autores radica en creer que la simulación del condicionamiento simple no destaca lo suficiente las ventajas de la teoría de la simulación. No obstante, consideraremos brevemente algunos ejemplos de los modelos de simulación de computadora del condicionamiento simple.

Condicionamiento pavloviano

Elaboremos un modelo de simulación simple de condicionamiento pavloviano, a fin de ilustrar algunos puntos. Primero, almacenemos una lista de reflejos innatos, en la memoria de la computadora, especificando cómo los estímulos incondicionados (*EI*) producen una respuesta particular incondicionada (*RI*). Cuando uno de éstos se use en un experimento pavloviano, adjuntaremos al reflejo un número entre 0 y 1. Para un *EI* de alimento, este número aumentará según el estado de privación del alimento (hambre) del animal y la cantidad del alimento dado como estímulo incondicionado (*EI*).

Segundo, representemos otro estímulo (neutral) como los símbolos alfabéticos *A, B, C,...*, de modo que durante el tiempo y los múltiples ensayos en un experimento de condicionamiento, la secuencia de símbolos pueda ser *A, C, EI-RI, B, D, C, EI-RI, E, F, C, EI-RI, B, X, C, EI-RI*. Requeriremos de un dispositivo mecánico, a fin de revisar tales secuencias e inferir cuál estímulo predice con seguridad el evento *EI-RI*. Desde luego, éste es el problema prototípico de inducción para detectar regularidades o relaciones entre eventos en una sucesión de entrada. En la secuencia ilustrada, *C* está señalada para preceder en forma regular la ocurrencia de *EI-RI*, de tal manera que probablemente corresponda al estímulo condicionado (*EC*) que el experimentador disponga para preceder al *EI*. Los restantes estímulos fluctúan de modo no confiable entre los ensayos con el *EC* y el *EI*. Pero ¿cómo infirió usted que *C* regularmente precede al *EI*? ¿Mediante qué regla o mecanismo? Recuérdese que el organismo experimenta los sucesos uno por uno, dispuestos en el transcurso del tiempo, y no tiene un registro visual como hemos descrito aquí.

Una regla simple consiste en hacer que el organismo inspeccione cada símbolo de entrada y tabule cuáles lo precedían y lo seguían inmediatamente en la secuen-

cia. Tal tabulación revelaría que el símbolo *C* va seguido regularmente del *EI-RI* y, de forma similar, que el *EI-RI* va precedido con regularidad por el símbolo *C*.

También necesitamos una regla simple para la ejecución, que es ésta: conforme ocurre cada símbolo de estímulo, buscamos en la memoria la tabulación de sus sucesores; si ha precedido regularmente al mismo suceso *EI-RI*, entonces la computadora imprime que *RI* es una "respuesta anticipatoria" a ese símbolo; en caso contrario, no imprime nada. La *RI* anticipatoria sería análoga a la respuesta condicionada en el modelo de simulación.

Para inducir curvas realistas del aprendizaje, necesitaríamos una medición continua de la "fuerza" de la asociación condicionada desde el *EC* neutral hasta la *RI*. Una posible regla del aprendizaje sería: para cada ensayo, incremente la fuerza de la conexión *EC-EI* por una fracción de la diferencia existente entre la fuerza actual de la conexión y la fuerza del *EI-RI* que se mide. Mediante la elección apropiada de la fracción de incremento, podrían generarse las curvas estándar del condicionamiento y la extinción de Pavlov.

Aunque ese sistema de aprendizaje artificial simularía el condicionamiento pavloviano en circunstancias estándar, el objetivo de la teoría es proponer un sistema que pronostique resultados obtenidos en múltiples situaciones de condicionamiento. En este aspecto, el modelo de aprendizaje descrito revela con rapidez sus desventajas. Por ejemplo, como está enunciado, no aprenderá si el *EC* predictivo ocurre dos o más intervalos temporales (o símbolos) antes del *EI*. No tiene en cuenta la intensidad del *EC*, ni la discriminabilidad del *EC* respecto a los estímulos de fondo en la situación. Tampoco explica que el condicionamiento de EC_1 avance con más lentitud si sus ensayos se alternan con aquellos de un EC_2 que está asociándose con el mismo *EI*. Cada uno de esos resultados no predichos sugiere la necesidad de una revisión del modelo original; se espera que tales revisiones disminuyan a medida que se consideren y expliquen más resultados. De fracasar, se descartaría el modelo original para comenzar desde el principio. No revisaremos nuestro modelo patrón, ya que ha cumplido con su propósito.

Aprendizaje de ensayo y error

Es fácil construir un modelo de simulación simple para el aprendizaje de ensayo y error. Se concibe que, para una situación dada de estímulo, el organismo tiene un repertorio de respuestas, denominadas R_1, R_2,... R_n. Muchas veces resulta conveniente definir una de estas clases de respuesta por exclusión; es decir, R_n es "cualquier otra cosa" que no sean las respuestas de interés central. Cada respuesta R_i para un estímulo ha almacenado en su interior una fuerza, V_i, que determina la probabilidad de su elección en ese ensayo, según la siguiente fórmula:

$$p_i = V_i/(V_1 + V_2 + \cdots + V_n). \tag{2}$$

En cada ensayo se selecciona una respuesta mediante el uso de una tabla de números aleatorios, de modo que la respuesta R_i se seleccionará con probabilidad p_i en ese ensayo. Si se presenta una respuesta y es reforzada, su fuerza se incrementa al multiplicarla por un factor de recompensa β_1, que es mayor que uno y depende del valor del reforzador. Si una respuesta ocurre y no es reforzada, su fuerza disminuye al multiplicarla por un factor de no recompensa β_2, que es menor que uno, pero mayor que cero. (Éstas son las premisas del modelo del aprendizaje de fuerza de respuesta, de Luce, 1959.)

Si a tal sistema se le dan ensayos múltiples con R_1 reforzada y las otras respuestas no reforzadas, muy pronto se entrenará a sí mismo para elegir invariablemente R_1. Al haber demostrado que el modelo puede aprender en algunas circunstancias estándar, pasaríamos a comprobarlo variando el experimento a fin de verificar premisas críticas. Por ejemplo, ¿cómo manejaría el reforzamiento parcial, el aprendizaje de probabilidad o la elección entre diferentes cantidades de recompensa? El buscar las respuestas a estas preguntas es lo que constituye el juego explicativo.

Elementos de un sistema de aprendizaje

Aun estos sistemas simples de aprendizaje poseen varias partes distintivas, que se describen en la figura 12.4. El modelo de sujeto opera en algún *ambiente de tarea*, como un laberinto. Tal ambiente de tarea tiene ciertos objetos y define ciertas acciones y contingencias de reforzamiento. Sus aspectos relevantes suelen representarse en la memoria del sujeto. El *selector de casos* es cualquier procedimiento que haga que diferentes casos o ensayos de la tarea se le presenten repetidas veces al sujeto. En el experimento típico de laboratorio esto está bajo el control del investigador, y a menudo es trivial; por ejemplo, el experimentador presenta aleatoriamente los patrones de estímulo para clasificar. En algunas circunstancias, el propio aprendiz puede seleccionar los casos de una manera sofisticada a fin de elevar al máximo su rapidez de aprendizaje. El *elemento de ejecución* que aparece en la figura 12.4 es responsable de producir alguna respuesta del sistema a cada nuevo estímulo o caso. El *crítico* analiza la respuesta del elemento de ejecución en comparación con algún estándar de logro: evalúa la suficiencia de la ejecución, puede localizar la causa de los errores y está en posibilidad de recomendar rectificaciones para mejorar las ejecuciones siguientes. El *elemento de aprendizaje* traduce las recomendaciones del crítico en cambios específicos en los parámetros o reglas usados por el elemento de ejecución. La información de la tarea y el aprendizaje del sujeto se suelen representar de alguna manera en la *memoria de operación*, y el aprendizaje consiste en alterar el conocimiento que tiene el sujeto acerca de la ejecución requerida en el ambiente de tarea. La memoria de operación es el medio por el cual los diversos elementos comunican sus resultados unos a otros, y contiene el conocimiento pasado y el conocimiento nuevo que emerge.

Estos componentes se identifican con facilidad en nuestro modelo elemental de aprendizaje por ensayo y error. El ambiente de tarea podría ser el laberinto T; las elecciones, izquierda y derecha; y la regla, que las izquierdas se recompensan. El selector de caso sencillamente coloca al sujeto en la misma situación de elección

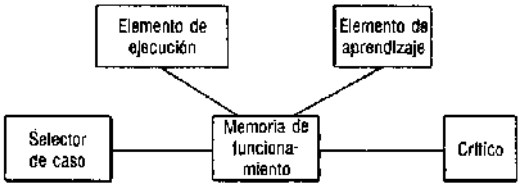


Figura 12.4. Los cuatro componentes de un sistema de aprendizaje que se adapta a un ambiente de tarea (adaptada de Buchanan, Mitchell, Smith y Johnson, 1978).

en cada ensayo, aquí representada en términos de entrada de un símbolo simple. El elemento de ejecución selecciona una respuesta izquierda o derecha mediante la conversión de las fuerzas relativas de las respuestas en probabilidades, y las escoge al generar un número aleatorio. El crítico observa si la respuesta fue o no recompensada, y recomienda incrementar su fuerza si fue recompensada, y disminuirla si no lo fue. El elemento de aprendizaje computa los cambios en la fuerza de acuerdo con el consejo. Diferentes sistemas de aprendizaje manejan estas funciones de distintas formas, algunas de las cuales se dan tan automáticamente que casi no son dignas de mención. Los elementos proporcionan una estructura conveniente para organizar y comparar diferentes sistemas de aprendizaje, sin importar cuán complejo sea el ambiente de tarea en el que operan.

Desarrollos iniciales

Los años comprendidos entre 1955 y 1960 marcan el comienzo de los modernos modelos del procesamiento de información. Al inicio de este periodo, Newell, Shaw y Simon (1958) Newell y Simon (1956) empezaron su trabajo sobre el "teórico lógico", un programa para simular la manera en que un estudiante comprueba teoremas en la lógica simbólica. Al mismo tiempo, un grupo de científicos del Massachusetts Institute of Technology trabajaba sobre el reconocimiento automático de patrones. En el Carnegie Mellon-MIT-Stanford University se trabajó conjuntamente y se intercambiaron ideas y técnicas durante este periodo de formación.

Desde aquella época ha existido una rápida proliferación de programas sobre modelos que ejecutan gran variedad de tareas inteligentes. Minsky proporciona una primera reseña (1961*a*), y también hay una colección de artículos fundamentales editados por Feigenbaum y Feldman (1963). Este capítulo es necesariamente una revisión limitada de lo que sucede en este campo de rápida expansión. Seleccionamos para su discusión algunos de los trabajos sobre modelos para el reconocimiento de patrón (aprendizaje perceptual), solución de problemas y aprendizaje. Cada uno de los sistemas que examinaremos es un conjunto muy amplio y complejo de instrucciones detalladas en un programa de funcionamiento. Esto significa que una breve descripción sólo puede tocar los puntos sobresalientes de lo que hace un modelo particular y explicar, en términos generales, cómo logra su objetivo.

Una clasificación conveniente —aunque a menudo indefinido— de los modelos *PI* los divide en aquellos que tratan con la *simulación psicológica* y los que tratan con la *inteligencia artificial*. La distinción apunta principalmente a la intención expresada por el teórico: si su objetivo es que el modelo copie paso por paso los procesos que cree que una persona realiza para ejecutar una tarea, se dedica a la simulación de la conducta humana; si su propósito es diseñar un programa eficiente que ejecute alguna tarea compleja, independientemente de cómo lo haría una persona, entonces se abocará a una investigación de inteligencia artificial. Una computadora ligada a un radar que calcula la trayectoria de un proyectil que se aproxima y dispara un contraproyectil para detonar al primero, es un ejemplo de máquina con inteligencia artificial. Lo que aquí se requiere es que la máquina supera la ejecución del ser humano, no que simule con exactitud la conducta. Esta distinción entre las dos áreas de investigación no siempre está bien delimitada, y los princi-

pios que se aplican en la construcción de un autómata eficiente por lo común son dignos de estudio, aunque sólo sea para ver dónde y cómo se queda corto el ser humano. Asimismo, los principios incorporados a un programa artificialmente inteligente para solucionar problemas en muchas ocasiones se derivan de la observación e introspección de cómo los resuelve el hombre. Él es, con mucho, el solucionador de problemas más versátil que existe sobre la Tierra, de modo que un modelo humano es casi siempre un buen punto a partir del cual comenzar a diseñar un autómata artificialmente inteligente. El problema de la simulación se ilustra de forma conveniente al considerar el reconocimiento de patrón.

RECONOCIMIENTO DE PATRÓN

Una pregunta central es cómo construir un modelo o programar una máquina que muestre algunas de las capacidades humanas para clasificar y discriminar el flujo de energías ambientales que bombardean los sentidos. Una de las habilidades básicas es la clasificación de unidades aisladas de entrada. Clasificar consiste en separar una serie de cosas en clases, o lo que se denomina *bins*. Cada *bin* tiene un nombre, y todas las cosas clasificadas dentro de un determinado *bin* reciben ese nombre. El *bin* es una clase de "equivalencia"; las cosas incluidas en él deben poseer una o más características en común, que constituyen los criterios para la equivalencia, aunque al mismo tiempo puedan diferir en un cierto número de aspectos sin importancia para la presente clasificación. Por ejemplo, al identificar letras impresas y escritas del alfabeto, un niño en la escuela primaria aprende a dar un nombre, "*A*", a todos los objetos de la figura 12.5. Después del aprendizaje perceptual, la etiqueta de identificación es *invariante* en una diversidad de transformaciones en tamaño, forma, orientación y alteración por indicios extraños en el estímulo externo. El problema consiste en lograr que una máquina haga el mismo trabajo de clasificar estas entradas con tanta eficiencia como lo haría un niño competente y cuidadoso.

En un sentido trivial, el problema del reconocimiento de patrón se resuelve si los objetos de estímulo se reduce a un formato constante y estandarizado antes de que se le den a la máquina. Por ejemplo, las máquinas comerciales usualmente "leen" caracteres alfanuméricos (las letras del alfabeto y los números del 0 al 9) mediante el proceso de exploración que realiza una fotocelda. El explorador lee un carácter comparando la entrada estandarizada con uno de cierto número de *plantillas* o prototipos de caracteres que están almacenados. La entrada se identifica con la plantilla que mejor la iguale. Pero la entrada a tales dispositivos debe impri-

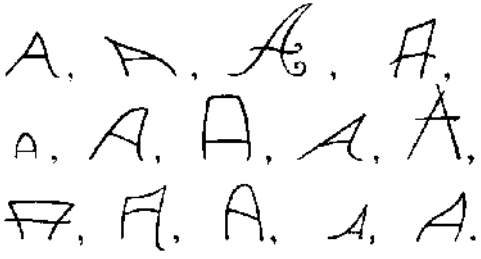


Figura 12.5. Muestra de variaciones en letra manuscrita de *A* mayúscula. El problema consiste en programar una máquina que descarte las variaciones no pertinentes, e identifique en todos esos patrones a la letra *A*.

mirse con un tipo cuya orientación, tamaño y ubicación permanezcan fijos. Estas máquinas sensibles son prácticas en los bancos (lectura de cheques, número de cuentas, etc.), en empresas comerciales y en las oficinas de correos (para clasificar la correspondencia). Sin embargo, casi no poseen significación como soluciones para el problema de la invariancia que se ha mencionado.

Un primer paso para solucionar el problema de la invariancia consiste en escribir un programa que realice algún tipo de limpieza y preprocesamiento de la entrada de estímulo, antes de alimentar el mecanismo de decisión del reconocedor de patrón. Un procesamiento tan burdo puede suavizar las irregularidades locales, llenar pequeños vacíos, hacer a un lado rasgos excesivos, centrar al estímulo en el lugar en que se va a recibir la muestra, cambiarlo a una orientación y tamaño estandarizados, etcétera. Después del preprocesamiento, podríamos aplicar el método de la igualación de plantillas para determinar si el sistema es capaz de identificar correctamente la totalidad de los estímulos. En la figura 12.6 se muestra este método y se ilustra una de sus principales desventajas. La dificultad es que incluso después del preprocesamiento, una muestra de entrada todavía puede igualar mejor a una planilla equivocada que a la correcta. En la figura 12.6*b*, por ejemplo, la plantilla *A* produce incorrectamente una mejor igualación a la muestra *R* de entrada que las otras dos muestras *A*.

Un enfoque alternativo es complementar el preprocesamiento con una variedad de otros procedimientos extractores de información, que podrían denominarse *contadores de características*, por ejemplo, una *A* mayúscula por lo común tiene dos líneas casi verticales, y una línea casi siempre horizontal; generalmente es cóncava en la parte inferior, etcétera. Esas características aunadas identifican a *A* más que a cualquier otro elemento. La lista de características proporciona un perfil estandarizado de una entrada, y a partir de él pueden tomarse decisiones. El número y la naturaleza de esas características usualmente son estipulados con antelación por el constructor del modelo. De cualquier manera, es importante notar que aca-

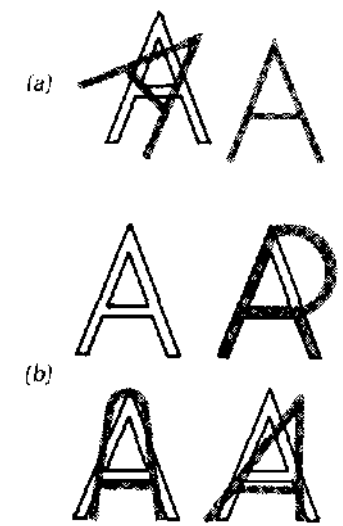


Figura 12.6. *(a)* La equivalencia de la letra desconocida (negra) con la plantilla (gris) no ocurrirá si aquélla es distinta en tamaño, orientación o posición. El programa debe empezar por ajustar la muestra al tamaño estándar y orientación, como se muestra hacia la derecha. *(b)* La equivalencia incorrecta puede tener lugar cuando la muestra (negra) se ha convertido a tamaño y orientación estándares. Aquí, la letra de muestra *R* se iguala con la plantilla de *A* más estrechamente que las demás muestras de *A* (tomada de Selfridge y Neisser, 1960).

bamos de bajar de nivel en los problemas con las plantillas, ya que ahora presuponemos plantillas para características.

Dado un perfil de características del estímulo, pueden emplearse dos esquemas generales decidir cómo clasificarlo: un *procesador serial* y un *procesador paralelo*. Para ilustrar el procesador serial, emplearemos un ejemplo de Selfridge y Neisser (1960):

> ...un programa para distinguir las letras *A*, *H*, *V* y *Y* (véase fig. 12.7) podría decidir entre ellas con base en la presencia o ausencia de tres características: una concavidad en la parte superior, una barra cruzada y una línea vertical. El proceso de secuencia preguntaría primero: "¿hay una concavidad arriba?" Si no la hay, la letra es la *A*; si la hay, entonces: "¿hay una barra cruzada?" Si la hay, la letra es la *H;* si no la hay, entonces: "¿hay una línea vertical?" Si la hay, la letra es la *Y;* si no, es *V* (pág. 245).

Un procesador serial de este tipo (denominado *árbol de clasificación*) es muy eficiente si la decisión en cada nodo (pregunta) del árbol resulta casi seguramente

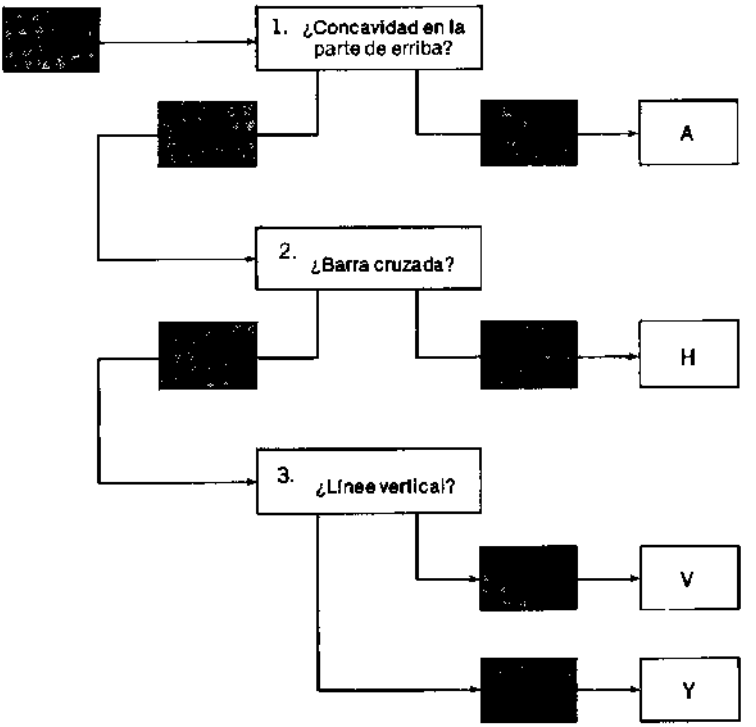


Figura 12.7. Programa de procesamiento secuencial para distinguir cuatro letras: *A*, *H*, *V*, e *Y*. Emplea tres rasgos de prueba: presencia o ausencia de concavidad en la parte de arriba, una barra cruzada y una línea vertical. Las pruebas se aplican en orden, y cada resultado determina el paso siguiente (tomada de Selfridge y Neisser, 1960).

correcta.[1] Pero considérese su comportamiento cuando los datos de entrada son ruidosos (imprecisos), y cada identificador de características es poco confiable e incierto en su salida. Si una característica se identifica incorrectamente, el estímulo será derivado de modo incorrecto a lo largo del árbol de clasificación, y las características subsecuentes que sean identificadas de forma correcta tal vez no basten para compensar la mala identificación de las primeras. Este procesador serial depende mucho de lo correcto de la identificación en cada característica aislada: cualquier característica lo compromete demasiado con una decisión particular. Probablemente, un mejor proceso de decisión sería el que combine toda la información de características de manera simultánea; la combinación de muchos componentes no confiables puede producir un sistema total cuya confiabilidad exceda en mucho a la de cualquiera de sus partes constituyentes. La mayoría de los procesadores en paralelo hacen exactamente esto, mientras que un procesador serial debe estar equipado con pruebas redundantes de multiplicación para lograr un resultado similar.

En el procesamiento paralelo todas las preguntas se formulan al mismo tiempo, y la totalidad de las respuestas puede presentarse de modo simultáneo a la persona que tome la decisión (véase la figura 12.8). Diferentes combinaciones identifican a las distintas letras. Podría pensarse que las diversas características son inspeccionadas por pequeños demonios, todos los cuales gritan las respuestas en concierto a otro demonio, que toma la decisión. De este concierto se deriva el nombre de *pandemonium* aplicado al procesamiento en paralelo (Selfridge y Neisser, 1960). Un procesador de esta naturaleza depende mucho menos de la confiabilidad de los detectores separados de características. La combinación de muchos componentes poco confiables puede dar una ejecución global confiable. Además, un aspecto importante del procesador en paralelo es que las características que contribuyen a un patrón particular son sopesadas diferencialmente, con "amplificadores" que determinan cuán alto deben gritar los demonios de las características. Ese sopesamiento diferencial de las características de acuerdo con su importancia no puede hacerse con el procesador serial. Por ejemplo, usando el procesador paralelo, el peso de la característica "concavidad arriba" del patrón *A* podría ajustarse para que su ausencia fuera tres veces más importante que la ausencia de la característica de "línea vertical". Estos pesos se ajustan con la experiencia de modo parecido al método de ensayo y error, hasta que se logra una combinación de máxima efectividad, de las características sopesadas. Las características que únicamente sugieren la respuesta correcta se aumentan en peso, mientras que las que sugieren errores o respuestas aleatorias se disminuyen en peso. Un esquema alternativo se basa en la acumulación de un gran registro de patrones pasados; el peso asignado a una característica dada, al calcular su contribución, por ejemplo, a la hipótesis del patrón *A*, es la probabilidad de que, en casos pasados, la respuesta correcta fuera *A* cuando aparecía esa característica. Se toma la suma de las probabilidades de las características que contribuyen a cada patrón, y se escoge como identificación de la entrada el nombre del patrón que tiene la suma mayor.

[1]Una inspección cuidadosa demuestra que Selfridge y Neisser proporcionan una ilustración que no emplea las características de la manera más eficaz. Un árbol eficiente pregunta en primer término por la presencia de una barra cruzada, que produce los pares (*H*, *A*) y (*V*, *Y*), y después por la de una línea vertical, que discrimina los elementos dentro de cada par. Del árbol que aparece en la figura 12.7 se diría que contiene una característica ***redundante***.

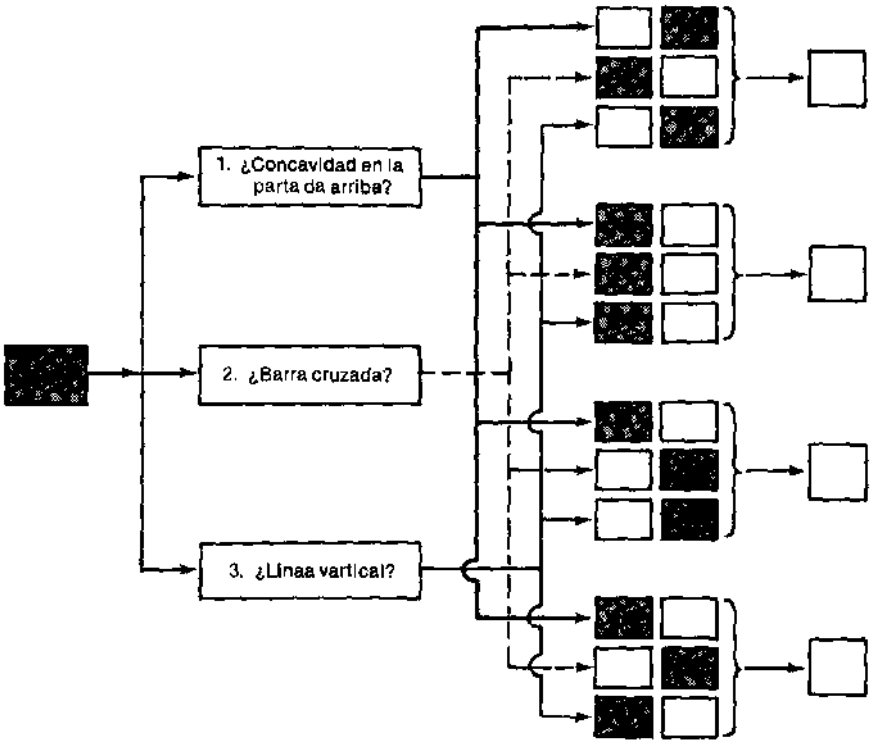


Figura 12.8. El programa de procesamiento en paralelo utiliza la misma prueba de rasgos que el programa secuencial de la figura 12.7, pero aplica todas las pruebas simultáneamente y toma decisiones con base en los resultados combinados. La entrada es una muestra de las letras (tomada de Selfridge y Neisser, 1960).

Desde mediados de la década de los cincuenta se han construido centenares de programas de reconocimiento de patrón en diversos dominios de estímulo para patrones discriminativos. Las tareas incluyen la discriminación de muchas variedades de objetos visuales aislados, como cartas manuscritas, rostros, bocetos de objetos comunes y transparencias histológicas de tejidos cancerosos y no cancerosos. Los modelos se desempeñan con diversos grados de eficacia, lo cual depende de la dificultad del conjunto de patrones a ser discriminados y de asequibilidad de características de estímulo que sirvan para distinguirlos. Muchos programas (por ejemplo, Uhr y Vossler, 1963) incluso desarrollan sus propias características críticas de los estímulos. Al generar nuevas características y evaluar su poder discriminativo, los modelos demuestran una forma de *aprendizaje perceptual;* llegan a notar aspectos discriminativos de los estímulos que inclusive el diseñador del sistema ha pasado por alto. También se han ideado modelos para tratar con el reconocimiento de palabras orales; por ejemplo, los números cero al nueve pronunciados por diferentes personas. En este segundo caso, la entrada del programa es una representación digitalizada del espectograma del habla, que momento a

momento da una resolución de un sonido oral complejo en forma de amplitudes de varios componentes de frecuencia.

La mayor parte de las investigaciones acerca del reconocimiento de patrón se han dedicado a resolver la tarea de criterio de discriminación de los patrones, y no de simular la manera en que un organismo ejecuta la tarea. Ilustraremos dos teorías del aprendizaje de patrón. El hecho de que los diseñadores comprobaran estas teorías al compararlas con datos provenientes de experimentos psicológicos atestigua su interés por la validez psicológica.

El perceptor y memorizador elemental (*PYME*)

El perceptor y memorizador elemental (*PYME*) es un modelo de reconocimiento de patrón elaborado por E. A. Feigenbaum y H. A. Simon, cuyo objetivo era desarrollar un modelo que simulara la conducta humana en una variedad de tareas de discriminación que implican aprendizaje asociativo. Entre estas tareas se incluían el aprendizaje de pares asociados, aprendizaje de reconocimiento, aprendizaje serial de rutina, tareas de memoria inmediata o de corto plazo, aprendizaje de la lectura de un texto, de nombrar objetos o cuadros, de formar conceptos, etcétera. En principio, los estímulos podrían suministrarse directamente a la máquina de forma visual o auditiva. Sin embargo, la versión actual del *PYME* no tiene procesador perceptual, de modo que el programador debe analizar los estímulos en características distintivas, perforar esta información en tarjetas *IBM;* sólo entonces el *PYME* será capaz de tratar con los "estímulos".

Debido a la amplitud de sus metas, el *PYME* es complicado y voluminoso. El modelo básico (Feigenbaum, 1959) ha sido objeto de muchas pruebas y modificaciones. La versión que expondremos a continuación se describe en un artículo de Simon y Feigenbaum (1964). Consideraremos su aplicación al aprendizaje de pares asociados. Supóngase específicamente que el modelo está aprendiendo una lista de pares de sílabas sin sentido (*REH-GIJ, RUZ-FOT*, etc.). Una parte del programa simula la tarea experimental; es decir, imita un tambor de memoria que se mueve a ritmo fijo y que primero expone un miembro de estímulo, después los miembros de estímulo y respuesta juntos, y repite cíclicamente todos los pares de la lista. La tarea del modelo consiste en prever (imprimir) la respuesta correcta cuando se muestra el estímulo.

El *PYME* aprende construyendo un árbol de clasificación o red de discriminación que permite la diferenciación entre los estímulos y las respuestas. El árbol de clasificación es un sistema de procesamiento serial muy parecido al que aparece en la figura 12.7. En los nodos terminales de este árbol están almacenadas las "imágenes" compuestas, que son representaciones más o menos complejas de los pares *E-R*. En términos generales, ni las características usadas para clasificar ni la información almacenada en la imagen son completas; es decir, no se almacena más información que la mínima indispensable para la tarea del momento.

Se postulan dos procesos de aprendizaje, construcción de imágenes (familiarización) y aprendizaje discriminativo (crecimiento de árbol). Cuando un estímulo E a la vista se clasifica en un nodo terminal, se le compara con la imagen del estímulo E', que allí reside (por experiencia anterior). Si no hay ninguna imagen anterior, se copia una parte de E como la imagen presente en ese nodo. Si ya hay allí una imagen, se lleva a cabo una comprobación entre E y E': si se detectan diferencias en

los detalles, se cambia o se aumenta *E'* para que se iguale a *E*. Así, es la imagen *E'* del crecimiento de *E*. Si se detecta una diferencia positiva (no sólo una divergencia en los detalles) entre *E* y *E'*, se inicia el proceso de aprendizaje discriminativo y se construyen dos nuevas ramas que parten del nodo anterior terminal, como *E* y *E'*, que son, por separado, las imágenes de las nuevas terminales. A modo de ilustración, supongamos que podemos alcanzar un nodo terminal coetáneo mediante pruebas de la primera letra *R*, y que la imagen coetánea en este nodo es *R-H*. A continuación, se clasifica *RUZ* en ese nodo. Al comparar *RUZ* con la imagen *R-H*, el programa nota una diferencia de detalle en la segunda posición (no serial) y una diferencia positiva (*Z* contra *H*) en la tercera posición. Aquí se impone una prueba de la tercera letra que se encuentra en este nodo, como puede observarse en la figura 12.9. Con este nuevo nodo agregado al árbol, ya no se clasifican los estímulos *REH* y *RUZ* en el mismo nodo, y de esta manera se evitan las confusiones entre ellos.

Aunque la clasificación (reconocimiento) se lleva a cabo sobre el miembro de estímulo del par, tanto las sílabas de estímulo como las de respuesta se representan como una imagen compuesta *E'-R'* en el nodo terminal. La imagen de respuesta, *R'*, se recupera cuando el *E* se clasifica y entra en contacto con la imagen del estímulo *E'*. La imagen de la respuesta *R'* contiene información que permite al programa localizar otro nodo terminal *R''* en la red, y *R''*, después del aprendizaje, contendrá las imágenes de las tres letras de las sílabas de respuesta (*G, I, J*), y la información necesaria para producirlas (imprimirlas). Es entonces cuando la presentación del estímulo *REH* provoca que la máquina imprima *GIJ* y que, por lo tanto, aprenda.

Una virtud de este sistema es que trata a los términos nominales de estímulo y respuesta de forma comparable; es decir, como imágenes que deben construirse sobre el árbol de clasificación. Y el par *E-R* por asociarse tampoco requiere de una representación especial, en la medida en que simplemente es una imagen compuesta y construida con dos imágenes simples. Además de los procesos de reco-

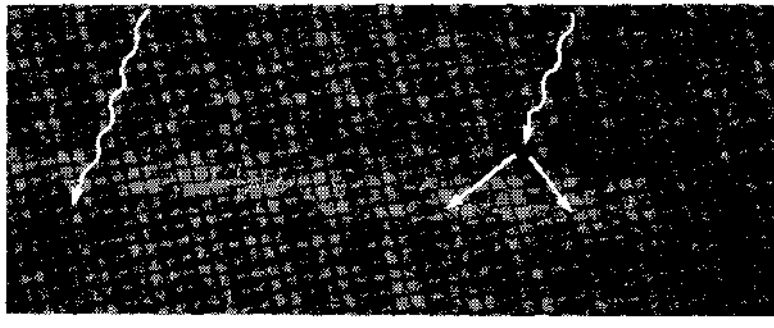


Figura 12.9. Ejemplo de la forma en que se elaborará un nodo terminal primario de la red de discriminación *PYME*, para diferenciar un estímulo previamente confuso. (*a*) Con las pruebas de la primera letra en *R*, se llega al nodo terminal que sustenta la imagen *R-H*. (*b*) Después, cuando *RUZ* se clasifica en este nodo, provocando un error de confusión, se agrega una nueva prueba basada en la tercera letra y los dos nodos inferiores se ramifican a partir de esta terminal.

nocimiento y aprendizaje mencionados, el *PYME* tiene una rutina ejecutiva de alto nivel que supervisa y "dirige la función". Parte de su labor consiste en mantener a los procesos centrales en contacto con el medio ambiente (por ejemplo, "dejar de procesar el último reactivo; responder al nuevo estímulo que acaba de presentarse en la ventana del tambor"); programar dónde y cuándo distribuirá el esfuerzo y el tiempo de procesamiento a su disposición, ya que la construcción de imágenes y el crecimiento de la red insumen tiempo a ese procesamiento. Utiliza retroalimentación acerca de su ejecución actual en un par *E-R* para decidir, en términos generales, cuál es el problema y qué parte de la estructura de conocimiento necesita pulirse más. Estos macroprocesos ejecutivos son responsables de algunas de las predicciones más interesantes del *PYME;* por ejemplo, curvas de posición serial en el aprendizaje serial de rutina (Feigenbaum y Simon, 1962) y la explicación del efecto, sobre el aprendizaje serial, de la segmentación de la serie en grupos de diversos tamaños (Gregg, 1972). Hay muchos más detalles en relación con el *PYME,* pero en este bosquejo nos limitaremos a describir los procesos básicos que utiliza.

Simon y Feigenbaum (1964) sometieron al modelo en cuestión a una diversidad de experimentos de aprendizaje simulado y los compararon con la salida de ensayo por ensayo que dan los seres humanos. Muestra varias similitudes con los datos. Como los seres humanos, el *PYME* necesita más tiempo para aprender una lista en la cual los reactivos de estímulo sean muy similares (muchas letras comunes). Muestra transferencia positiva o negativa en el aprendizaje de una segunda lista, conforme a las relaciones de estímulo-respuesta de las dos listas, del mismo modo que los datos humanos dependen de estas relaciones (véanse las revisiones de los trabajos acerca de la transferencia y la retención en el capítulo 6). Presenta también los efectos benéficos de la previa familiarización con los términos de estímulo y respuesta antes de que éstos se empleen en una tarea de aprendizaje de pares asociados. El modelo comete errores por confusión del estímulo e interferencia retroactiva, en un grado que depende de la similitud de los reactivos de estímulo de la lista original aprendida y la interpolada. La simulación de los datos en ocasiones es muy exacta en un sentido cuantitativo relativo; es decir, la proporción de ensayos para aprender en la condición *A* respecto a los necesarios en la condición *B* es la misma en el modelo y en los seres humanos. En un artículo previo, Feigenbaum y Simon (1961) señalaron que el *PYME* mostraba una interesante forma de mediación (asociaciones encadenadas) que se puso de manifiesto en el entrenamiento de lectura. En la fase 1, el *PYME* aprendió a asociar las propiedades acústicamente codificadas de la palabra *kahr* con la ilustración codificada visualmente de un automóvil (*car*). En la fase 2, aprendió a asociar la palabra visual *car* con el patrón acústico *rahr*. Cuando se le probó posteriormente con la palabra visual *car* y se le pidió que señalara una ilustración, seleccionó la del automóvil. Éste es un ejemplo simple de transferencia mediada, y pertenece al tipo elemental que predijo la mayoría de los análisis de estímulo-respuesta.

Hintzman (1968) ha presentado una serie de modelos (llamados *SAL* por estímulo y aprendiz de asociación) basados en el desarrollo adaptativo de una red de discriminación. El modelo inicial (*SAL-1*), que simula el aprendizaje de pares asociados, comienza esencialmente con las mismas premisas que el *PYME,* a excepción de que el crecimiento neto ("aprendizaje de nuevos discriminadores") se considera un proceso probabilístico. A fin de ajustar los resultados experimenta-

les, Hintzman introdujo en el *SAL* otras tres premisas. Primero, se supone que incluso después de la maestría perfecta de un reactivo el programa puede aún aprender otros descriptores sobre él (es decir, el crecimiento de la red podría ocurrir tanto en ensayos de respuesta correcta como en ensayos de error). Esto permite a la teoría manejar una variedad de efectos como los del sobreaprendizaje, para reducir la interferencia retroactiva. Segundo, supuestamente la respuesta "almacenada" en el nodo terminal, para la cual se clasificaba un estímulo, podría ser una *lista* o grupo inferior (*push-down*) de respuestas que han sido reforzadas a patrones de estímulo clasificados para esa terminal. La regla para colocar nuevas respuestas en este grupo inferior (*push-down*) puede ilustrarse en lo que respecta al nodo terminal denotado *R-H* en la figura 12.9. Este nodo se logró sólo mediante pruebas sobre la primera letra, *R*. Supóngase que la respuesta *A1* está vinculada con esta terminal de estímulo. Un par posterior *RUZ-A2* se clasificará a esta misma terminal y ocurrirá un error (*A1*). Pero supongamos que en esta ocasión no se aprende un nuevo discriminador; entonces el modelo *SAL-III* de Hintzman almacenaría la nueva respuesta *A2* en la parte superior de un grupo inferior (*push-down*) vinculado al nodo terminal *R-H* (con el antiguo error *A1* colocado en la segunda ranura del grupo). Esta premisa de una jerarquía de respuesta ordenada temporalmente en terminales de estímulo "confundidas" tiene algunas implicaciones saludables que concuerdan con detalles de los experimentos de aprendizaje verbal (por ejemplo, el reconocimiento de par sufre una interferencia menor que el recuerdo de pares asociados). Una tercera premisa de *SAL-III* es que, en el transcurso del tiempo, las respuestas que residen en posiciones inferiores en un grupo inferior (*push-down*) "surgirán espontáneamente", y al hacerlo "expulsan" a las respuestas más recientes y provocan que éstas se olviden. Esta premisa, afín a la noción de la recuperación espontánea de las asociaciones desaprendidas (véase el capítulo 6), permite al *SAL* explicar diversos hechos importantes acerca de los cambios temporales en la interferencia proactiva y retroactiva durante un intervalo de retención.

El trabajo de Hintzman es ejemplar, en la medida en que usa relativamente pocas premisas, delimita con cuidado la extensión de fenómenos por explicar, y avanza sistemáticamente para explorar las consecuencias del modelo simulado en relación con un gran número de diferentes resultados experimentales. La consecuencia es tal vez uno de los ejemplos más impresionantes que poseemos de un modelo de simulación ajustado a una gran cantidad de resultados experimentales en el aprendizaje. Indudablemente, los modelos *PYME* y *SAL* no son teorías perfectas ni completas, y se les ha criticado mucho (J. R. Anderson y Bower, 1973, capítulo 4); sin embargo, constituyen el tipo de modelos de los que un psicólogo teórico quisiera disponer para tratar de comprender la naturaleza del aprendizaje.

Aprendices de conceptos

Desde hace muchos años los psicólogos se han abocado a investigar el aprendizaje de conceptos, y muchos de los trabajos iniciales se ubican dentro del marco de referencia de las tareas experimentales analizadas primeramente por Hovland (1952). Los objetos o patrones de estímulo se caracterizan de acuerdo con una lista de atributos, cada uno de los cuales posee un número determinado de valores. Por ejemplo, los patrones geométricos pueden diferir en los atributos de ta-

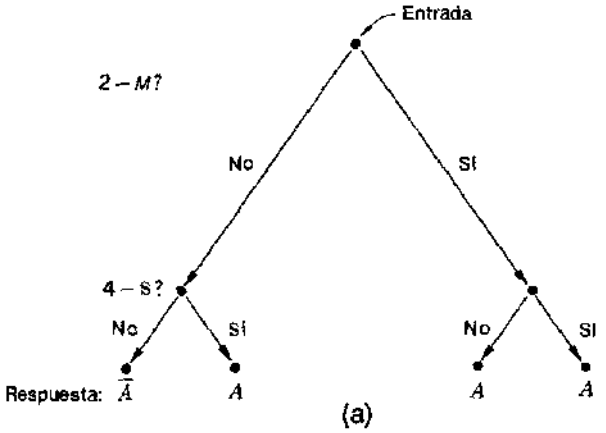
maño, color, forma y orientación, entre otros. Si existen n atributos, cada uno de los cuales posee un valor de v, potencialmente hay entonces v^n patrones de todos. Un concepto puede definirse como una división de ese conjunto en dos partes, en la que los patrones de una de ellas pertenecerían a la clase A, y los demás a la clase complementaria $\bar{A}$.

Para ilustrar este punto, consideremos que el universo de patrones consiste en cadenas de cuatro letras; en cada posición de letra ("atributo") puede aparecer cualesquiera de tres letras ("valores"). Si los valores del atributo son (*X, Z, T*), (*P, M, K*), (*J, W, R*), y (*B, T, S*), entonces *XPJB* y *ZPRT* son elementos de tal universo, mientras que *XZTP* y *XPTW* no lo son. Para mayor comodidad, en adelante emplearemos abreviaturas como 3*J* para indicar la letra *J* en la posición 3. En el esquema inicial de Hovland, los conceptos se definen especificando un valor de atributo (por ejemplo, 2*K*) o varios valores de atributo por medio de conjunciones lógicas entre ellos. En un problema *conjuntivo* (por ejemplo, 1*X* y 2*P*), los patrones que contienen tanto a 1*X* como a 2*P* pertenecen a la clase *A;* de otra manera, pertenecen a la clase $\bar{A}$. En otras palabras, 1*X* (como 2*P*) es necesaria por separado, pero no como condición suficiente para la clase *A*. Además de las citadas, se dispone de distintas variedades de conjunciones lógicas: disyunción exclusiva (2*M* o 4*S*, pero no ambas), implicación (4*S* o no 2*M*, o ambas), y bicondicional (1*X* y 2*P*, o no 1*X* y no 2*P*).

Siguiendo las nociones iniciales de Hunt y Hovland (1961), E. B. Hunt (1962), y Hunt, Marin y Stone (1966), desarrollaron un modelo de procesamiento de información que aprende o resuelve dichos problemas de conceptos. Aunque el modelo recurre a varias estrategias que los seres humanos también utilizan (por ejemplo, manifestar una disposición por las soluciones conjuntivas), contiene características que éstos no muestran (una memoria perfecta para muchos patrones previos, racionalidad absoluta, cotejo sin errores y validación de una hipótesis).

El programa procede, a grandes rasgos, de la siguiente forma: a medida que se dan a la máquina casos sucesivos de la clase A y $\bar{A}$, éstos se almacenan en dos listas separadas de la memoria. El modelo aprende un concepto haciendo crecer un árbol de clasificación (procesador serial); este árbol y las etiquetas del concepto, A y $\bar{A}$, almacenados en sus nodos terminales, bastan entonces para clasificar todos los casos posteriores. Por ejemplo, un árbol para la disyunción inclusiva (2*M* o 4*S*, o ambos) es el que aparece en la figura 12.10*a*, y para la disyunción exclusiva (2*M* ó 4*S*, pero no ambas), el de la figura 12.10*b*. Los nodos del árbol formulan preguntas relativas a un valor del atributo; y según la "respuesta" del patrón de entrada, se le envía por la rama izquierda o derecha hacia un nodo inferior.

El aprendiz de conceptos de Hunt es un algoritmo que posee una estrategia hilista, que busca características comunes en los objetos que se clasifican de modo parecido. Dadas las listas coetáneas de los patrones A y $\bar{A}$, busca una o más características siempre presentes en una lista pero no en la otra. Si se encuentran esas características, se les convierte en el primer nodo del árbol de clasificación y se soluciona el problema. Esto basta únicamente si el concepto es la afirmación o la negación de cualquiera de los elementos (por ejemplo, 2*M*) o una conjunción de elementos. Si no se encuentra tal característica, entonces se compone un primer nodo de la característica que ocurra con más frecuencia en los casos positivos. Este nodo produce dos nuevos pares de sublistas; es decir, listas de casos positivos y negativos que poseen o no la primera característica. Al tratar a cada par de



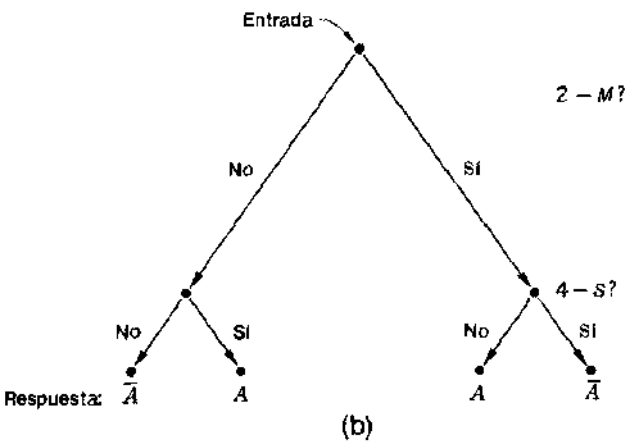


Figura 12.10. Ejemplos de árboles de clasificación binaria, de eficiencia óptima, que se emplean para clasificar estímulos. (*a*) El concepto *A* es "2*M* o 4*S*, ambos". El primer nodo pregunta si el patrón de entrada tiene una *M* en la segunda posición; el segundo pregunta si tiene una *S* en la cuarta. (*b*) El concepto *A* es "2*M* o 4*S*, pero no ambos".

las sublistas como problema separado, el programa recurre de nuevo a la estrategia holista (recurre al comienzo) en cada subproblema, y a partir de allí construye un segundo y tercer nodos del árbol de clasificación. El lector puede verificar que esas dos recurrencias bastan para resolver cualquier concepto de dos elementos; por ejemplo, las disyunciones que aparecen en la figura 12.10. La recurrencia continúa —o el árbol de decisiones crece— hasta que se han clasificado correctamente todos los patrones de la memoria.

En el programa de Hunt, las rutinas de crecimiento del árbol terminarán, de una u otra forma, por llegar a una solución consistente en clasificar de modo correcto todos los miembros de su lista A y $\overline{A}$. El árbol de decisiones que hace crecer no ofrece ninguna garantía de ser el más simple en sentido lógico; pero, de hecho, resultó así en la mayor parte de los ensayos simulados del programa. Hunt, Marin y Stone (1966) han informado de varios experimentos acerca del comportamiento

del modelo. El principal testimonio para considerarlo como candidato inicial para la simulación de cómo la gente resuelve problemas conceptuales, es que el orden de clasificación de la dificultad en la solución de conceptos de diferentes tipos lógicos resultó aproximadamente el mismo que en el programa de que se sirve la mayoría de las personas. A lo sumo, se trata de una restricción débil, y no de una prueba exigente a la cual someter un modelo razonable. La dificultad en la adquisición de un determinado concepto se correlaciona a grandes rasgos con la longitud del enunciado lógico que se necesita para definirlo. Por ejemplo, "2*M*" es más fácil que "2*M* y 4*S*", el siguiente en grado de dificultad; "2*M* o 4*S*, o ambos" es el que sigue, y "2*M* y 4*S*, o no 2*M* y no 4*S*" es el más difícil. Un resultado bastante más convincente sería el que las clasificaciones de los patrones que hace el sujeto, ensayo por ensayo (mientras aprende), fueran predichas mejor por el modelo que por las respuestas de otro sujeto que aborda el mismo problema.

Las deficiencias del modelo, considerado como simulador, son su gran memoria, su racionalidad, y su confianza en una estrategia holista. Los seres humanos poseen memorias que tienden al error; no siempre son racionales, siguen estrategias de búsqueda flexibles que se modifican con facilidad, en virtud de instrucciones o de una reducida práctica con problemas de determinado *tipo* (Haygood y Bourne, 1965). G. F. Williams (1971) ha propuesto un modelo más realista que incorpora consideraciones de memoria de corto plazo; su modelo supone dos almacenes de memoria: un separador de corto plazo para valores de estímulo a los cuales ha atendido recientemente, y una memoria de largo plazo que mantiene evaluaciones de dimensiones de estímulo que el sujeto ha comprobado y rechazado como carentes de importancia. La información en estos dos almacenes presumiblemente interactúa; las primeras decisiones acerca de lo que no es importante ayudan a determinar la hipótesis actual, que sirve para enfocar la atención y, por lo tanto, determina qué nuevos atributos de estímulo entrarán en el separador de corto plazo; la información del separador, a su vez, se emplea para desarrollar una nueva hipótesis de operación cuando se demuestra que la actual es errónea. Las dimensiones de estímulo que han sido comprobadas y que han resultado irrelevantes tienen sus "fuerzas" en la memoria de largo plazo reducidas casi a cero, de lo cual se recuperan gradualmente (es decir, su irrelevancia se olvida). Williams programó estos procesos de enfoque y ajuste de acuerdo con las ideas anteriores de Hunt acerca de la forma en que el sujeto selecciona una nueva hipótesis después de un error. El modelo proporciona un número de predicciones potentes de ensayo a ensayo, con respecto a cómo se altera la hipótesis del individuo según la naturaleza de la desigualdad entre su hipótesis actual y el patrón que clasificó incorrectamente. Williams demostró la credibilidad aparente de su modelo en dos experimentos, por medio de individuos experimentados, quienes sabían que la hipótesis correcta incluía una conjunción de dos características (otras reglas del concepto se pueden manejar al modificar el algoritmo para la elaboración de hipótesis nuevas). En algunos aspectos, el modelo de Williams es el más realista a pesar de haber sido producido para la clase de los conceptos lógicos y simples, los cuales fueron estudiados por los psicólogos dentro de esta tradición.

Sin embargo, la deficiencia fundamental de estos modelos proviene de su restricción a únicamente los conceptos de tipo Hovland; es decir, el formato de las descripciones atributo-valor en donde los conceptos se definen mediante operaciones lógicas en parejas de atributo-valor (*sin ser* x, b *v* c, d *o* e). Tales espacios

de descripción no son lo suficientemente ricos como para representar un gran número de los conceptos que la gente aprende y usa. Por ejemplo, las nociones métricas y correlativas, tales como "*x es superior a y*", "*x es más largo que y*," no pueden representarse en estos términos, ni tampoco muchos de nuestros conceptos que se definen mediante las relaciones entre sus partes. Por ejemplo, el concepto de la letra *E* requiere de una enunciación de sus partes (tres líneas horizontales pequeñas y una vertical más grande) con cierta relación entre sí (líneas horizontales, una encima de otra y paralelas, con sus extremos izquierdos haciendo contacto con la línea vertical, etcétera). Se proporcionan espacios de descripción más detallados en programas posteriores, tales como el de Winston (1970), en el cual se describen las escenas visuales y los objetos en términos de propiedades y relaciones entre sus partes.

El problema de la segmentación y el aprendizaje perceptual

Muchos de los programas se desarrollan para identificar caracteres simples y aislados presentados uno por uno. Pero esto es irreal en la mayor parte de las circunstancias. Por ejemplo, la escritura cursiva a mano fluye de modo continuo, y un gran problema para analizarla (para las secretarias, para quienes califican exámenes, y también para las computadoras) es encontrar una *segmentación* correcta; es decir, determinar en donde están las fronteras que delimitan dónde termina un carácter y comienza otro. Ésta parece una tarea trivial, ya que se trata de una habilidad que tenemos muy aprendida; pero la dificultad surge cuando hay que descifrar una escritura desconocida y casi ilegible. El mismo problema se presenta en el reconocimiento del habla, donde sólo un oyente experimentado puede escuchar las pausas entre segmentos de palabras o entre oraciones. Sin embargo, un registro acústico del habla fluida sólo revela una corriente razonablemente continua de sonido. El enigma es cómo los mecanismos analizadores del habla pueden arreglárselas para segmentar esta corriente casi continua de fonemas, palabras y frases. El problema de la segmentación es muy grave para los programas de reconocimiento de caracteres, ya que sin una rutina de segmentación nunca serán capaces de analizar un patrón complejo en sus componentes. Una máquina que sabe cómo clasificar letras aisladas del alfabeto, en ausencia de un programa de segmentación trataría, a cada palabra de dos o tres letras sencillamente como un patrón nuevo que ha de aprenderse como una unidad completa. Un programa de segmentación dividiría la palabra en letras, describiría y reconocería estos objetos individuales, así como las relaciones que tienen entre sí en la palabra de entrada. Con tales capacidades, el sistema podría percibir (describir) una infinita variedad de escenas, todas ellas nuevas en uno u otro detalle, empleando un vocabulario relativamente pequeño más unas cuantas relaciones (tantas como miles de palabras impresas sean generadas a partir de 26 letras más un "derecho de" relación espacial).

Uno de los primeros programas que trataron con el problema de la segmentación de una forma efectiva fue el *MAUDE* (Gold, 1959), al descifrar automáticamente el código Morse. El código se basa por completo en la discriminación de las duraciones temporales de los periodos de señal y los de silencio. En principio, una raya debe ser tres veces más larga que un punto; los espacios de si-

lencio entre las rayas o puntos dentro de una letra han de ser tan largos como un punto; los espacios silenciosos entre las letras, tres veces más largos; y los espacios entre las palabras, siete veces más largos que un punto. En la práctica, los sujetos humanos que envían mensajes cifrados varían en la producción de esas duraciones, y esta variabilidad es la fuente de confusión. Al descifrar, el trabajo más difícil consiste en separar los espacios entre las letras del espacio dentro de las letras. El *MAUDE* utiliza información contextual para decidir esto. Como no hay ningún carácter Morse mayor de cinco puntos o rayas, se supone que el mayor de seis espacios consecutivos es un espacio entre letras, y que el más corto es un espacio dentro de una letra. Los otros cuatro espacios de los seis se clasifican con arreglo a si están arriba o por debajo de una duración de umbral (continuamente ajustable al remitente particular). Si los espacios tentativos no permiten un código de letras en Morse, el espacio más largo se reclasifica como un espacio entre letras. Se usan procesos parecidos para diferenciar los puntos de las rayas. En su ejecución, la tasa de error del *MAUDE* es sólo un poco mayor que la de receptores de código bien entrenados.

El *MAUDE* trata con el problema de la segmentación sólo por un dominio limitado de entrada. Desde un punto de vista psicológico, son más significativos los programas de Guzmán (1968) y de Winston (1970), que analizan y describen escenas visuales compuestas de bloques sólidos en varias relaciones. En la figura 12.11 se ilustra el tipo de escenas de bloque que analiza el programa *SEE* de Guzmán. Consisten en una variedad de líneas, ángulos, superficies y objetos (cubos, ladrillos, cuñas), dispuestos en varias relaciones superpuestas. El programa intenta aislar los objetos e identificar las superficies que se corresponden. El lector debe apreciar lo difícil que es este trabajo para escenas como las de la figura 12.11. Incluso si presuponemos que el programa identifica objetos simples como cuñas, bloques y pirámides, las escenas desordenadas presentan otros tres problemas: primero, cualquier objeto puede aparecer en cualquier orientación y perspectiva, de modo que proyecta una imagen bidimensional nueva para el sujeto que lo ve; segundo, los objetos se cubren parcialmente unos a otros, y por eso deben identificarse aun cuando sus características regulares estén ocultas por otros objetos; tercero, esa oclusión significa que el programa debe decidir qué características concuerdan con qué objetos.

El programa *SEE* de Guzmán procede al identificar primero varios tipos de *vértices* entre las superficies, y cada tipo sugiere una clase particular de nexo de las superficies en uno o más objetos. En la figura 12.12 se muestran nueve de los vértices comunes junto con sus nombres. La *flecha* proporciona evidencia de que las dos regiones limitadas por los ángulos pequeños son lados adyacentes de un objeto. La *horquilla* sugiere que los tres pares de lados son adyacentes en cada uno de los tres bordes, como la esquina de un cubo.

Como ejemplo de la manera en que se usan estos vértices para caracterizar un objeto, véase el cubo sólido de la figura 12.13*a*. Los vértices críticos se han identificado con líneas más oscuras. La esquina más cercana a nosotros es un vértice de *horquilla*, con tres vértices de *flecha* hacia abajo, y a derecha e izquierda de la *horquilla*. Las tres esquinas restantes son vértices *L*. La *horquilla* y las *flechas* proporcionan la información necesaria para segmentar esta figura. Al observar estos vértices y la manera en que se relacionan, el programa *SEE* conecta superficies particulares y decide cuál representa diferentes lados del mismo objeto; estas co-

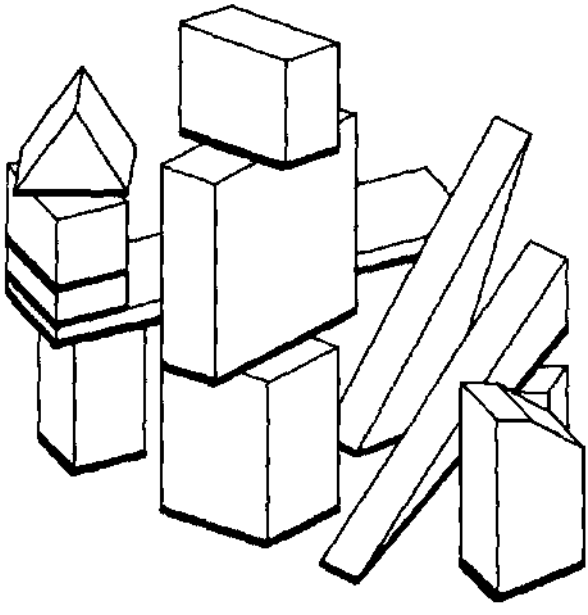


Figura 12.11. Ilustración de una escena de bloques desordenados analizada por el programa *SEE*, de Guzmán (tomada de Winston, 1970).

nexiones tentativas se indican mediante las flechas curvadas en la figura 12.13*a*. El programa decide que la figura es un cubo al sumar las sucesivas restricciones sugeridas por cada vértice y sus interconexiones. Para considerar un segundo ejemplo, los vértices *T* y *T igualada* son importantes para sugerir que una figura oculta a la otra, que está detrás. Esto se advierte en la figura 12.13*b*, donde se muestra tal escena con los vértices *T* importantes resaltados. Mediante un conjunto de heurísticas de "buena continuación", el programa *SEE* identifica las *T* izquierda y derecha, y así integra la superficie *A* con la *B*, y la *C* con la *D*, y las identifica como superficies de un ladrillo acostado que está tapado por otro en posición horizontal.

Estas breves descripciones no pueden hacer justicia a la extensión de heurísticas que el *SEE* emplea para segmentar e identificar objetos en una escena tan desordenada como la que aparece en la figura 12.11. Aunque el *SEE* aísla superficies y objetos, no proporciona una *descripción* muy certera de la escena en términos de relaciones entre objetos identificados. Un programa de Winston (1970) hace exactamente lo mismo, al imponer ciertas premisas inteligentes sobre el mundo visual (por ejemplo, que los cubos están sobre una mesa o encima de otros cubos en vez de flotar en el aire). Winston toma la salida del *SEE* como entrada para su programa, que reconoce entonces relaciones geométricas entre objetos (como *encima, enfrente de, está apoyado por, linda con*), así como las propiedades de objetos aislados. El programa de Winston efectúa tipos particulares de descripciones estructurales de una escena, las representa en términos de un formalismo particular, y trata de identificar configuraciones mediante conceptos y escenas con los cuales está familiarizado. Los conceptos se representan dentro de la memoria como redes relacionales etiquetadas; éstas sirven como los "prototipos de clase"

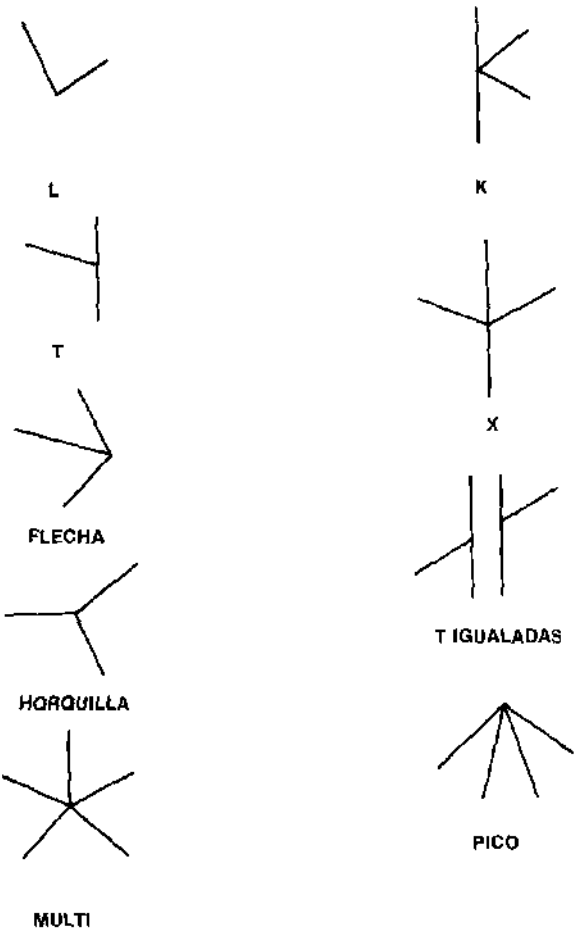


Figura 12.12. Ilustración de nueve vértices comunes usados por el programa de Guzmán en la segmentación de escenas de bloques (tomada de Winston, 1970).

en la memoria para conceptos tales como *ángulo, vértice de flecha, articulación-T, rectángulo, triángulo, cuña, ladrillo, casa, tienda* y *arco.* En la figura 12.14 se ilustra un fragmento de la representación de conceptos de nivel intermedio, como *cuña* y *arco.* La descripción estructural de una cuña estipula que ésta comprende (para el ojo del sujeto que la contempla) tres superficies, dos de las cuales son un tipo de rectángulo, mientras que la tercera debe ser un triángulo. Por supuesto, esta segunda característica, distingue una cuña de un ladrillo. Así, cuando se le muestra una cuña, el programa de nivel inferior identifica primero líneas, bordes, ángulos y superficies, y luego las superficies rectangulares y triangulares, para construir gradualmente una descripción de la escena. Cuando ésta se compara en la memoria con el conjunto de objetos conocidos (descripciones de concepto), la mejor igualación se produce para el concepto *cuña.* El mismo proceso se aplica al concepto *arco* que se ilustra en la figura 12.14*b*.

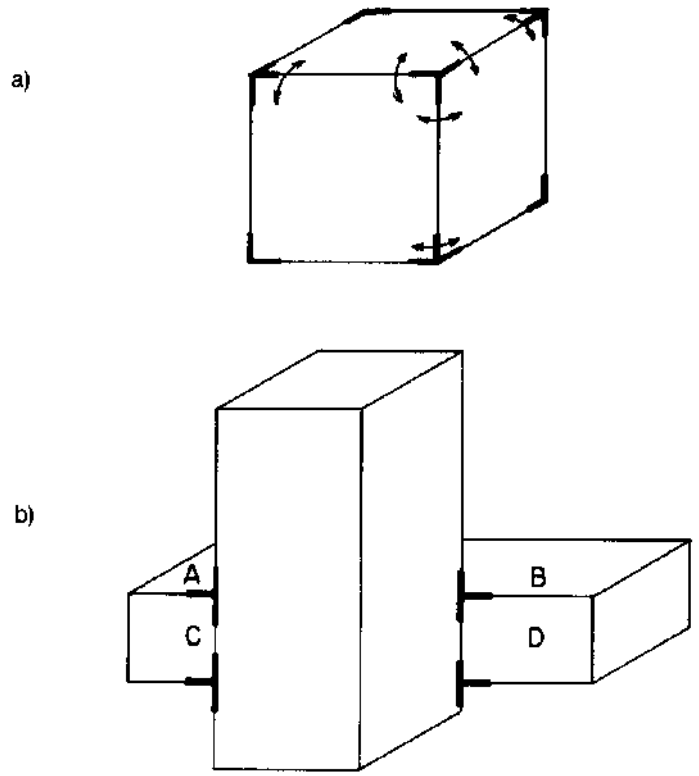


Figura 12.13. Ejemplos de vértices críticos (oscuros) que intervienen en la identificación de un cubo *(a)*, y otro que oculta a un segundo bloque *(b)* (adaptada de Guzmán, 1968).

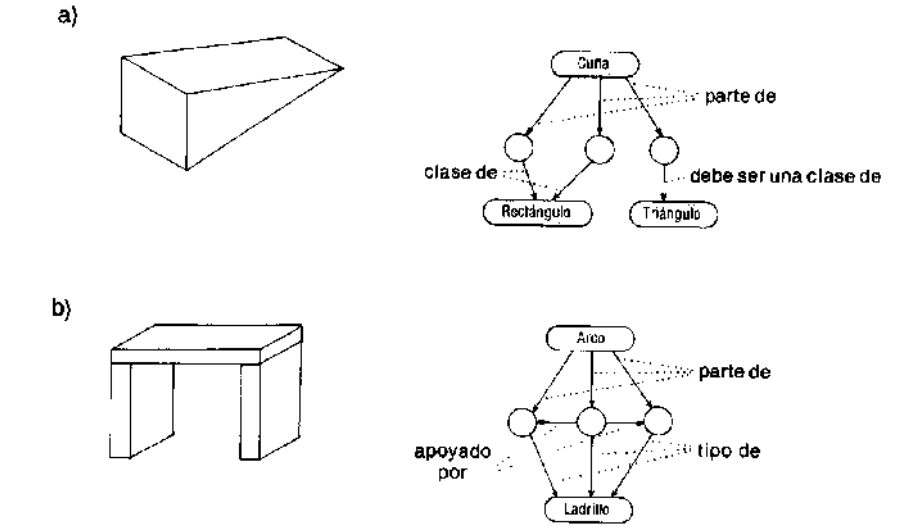


Figura 12.14. Estructuras de gráfica relacional que caracterizan al concepto de una cuña y un arco (adaptada de Winston, 1970).

Aprendizaje de conceptos de orden superior a partir de ejemplos

En el programa de Winston, los conceptos de orden superior se construyen a partir de relaciones entre conceptos de orden inferior. Por ejemplo, una *pila* o *torre* es un conjunto de rectángulos alineados y que se apoyan unos en otros; una *tienda*, dos cuñas que lindan de una manera particular; una *mesa*, un ladrillo apoyado sobre otros ladrillos en posición vertical o cuñas ("patas") en cuatro esquinas, etcétera.

Winston se interesaba por el problema de enseñarle a la máquina conceptos geométricos complejos como *arco, mesa, casa y arcada*, entre otros. Desarrolló un programa que aprendería mediante la exposición a una serie de ejemplos y no-ejemplos del concepto que enseñaba. Un ejemplo positivo inicial conduce a una supuesta descripción; por ejemplo, el concepto de casa (véase la figura 12.15). Al contemplar la escena que aparece en la figura, el programa de Winston describiría una casa como una cuña apoyada en un ladrillo. En los tres cuadros siguientes de la figura 12.15 se muestra una serie de patrones de entrenamiento que contienen lo que el citado autor denomina yerros por poco; es decir, configuraciones que se asemejan a una casa pero difieren de ésta en uno u otro aspecto. Cuando a la máquina se le dice que la configuración en el cuadro (*b*) "no es una casa", describe la diferencia entre los cuadros (*a*) y (*b*), selecciona alguna diferencia específica como crítica, y vincula a su concepto revisado de "casa" que la cuña *debe estar* (enfática-

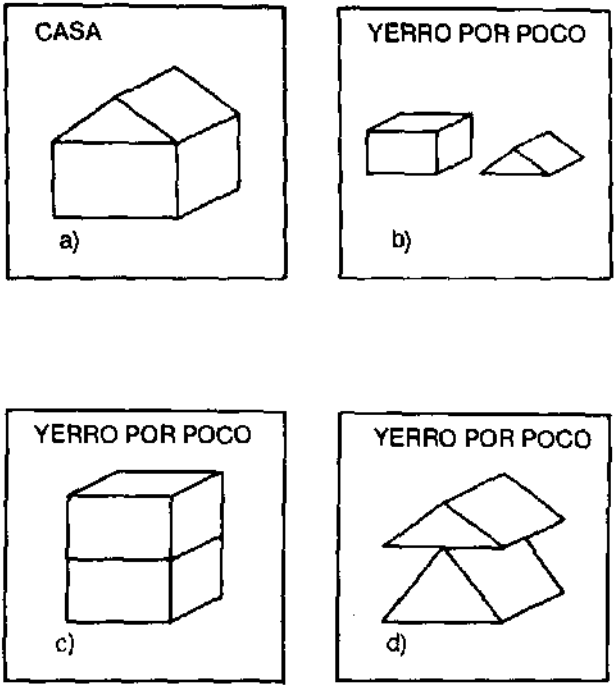


Figura 12.15. Ejemplo del concepto de una casa y tres instancias negativas de "yerros por poco" (tomada de Winston, 1970).

mente) apoyada sobre el ladrillo. De modo similar, el cuadro (*c*) informa a la máquina que el objeto superior *debe ser* una cuña y no un ladrillo, y el cuadro (*d*) le informa que el objeto inferior *debe ser* un ladrillo y no una cuña. Estos marcadores enfáticos ("debe ser") se unen a la descripción final del concepto (figura 12.16), y deben satisfacerse para que la máquina clasifique como casa a cualquier patrón nuevo.

El programa de Winston trae a colación varios puntos interesantes. En primer lugar, la manera en que el aprendiz de conceptos asigna prioridad a diferencias dadas (entre su hipótesis presente y un caso que la infringe). En realidad, generalmente hay muchas diferencias; como experimentados aprendices de conceptos hemos tendido a aprender estrategias generales acerca de lo que es probable que sea importante en vez de las diferencias no pertinentes, y a usar las diferencias de prioridad elevada para modificar nuestras hipótesis de concepto anteriores. Una segunda cuestión que sugiere el enfoque de Winston es el problema de las secuencias óptimas de enseñanza: puesto que podemos especificar la forma final de la descripción de un concepto, deberíamos ser capaces de disponer la presentación de una serie de yerros por poco, que orienten eficientemente al aprendiz hacia el concepto correcto. Los psicólogos infantiles preocupados por la forma en que el niño desarrolla ciertos conceptos piagetianos (de la conservación de la masa, el volumen, tamaño, causalidad, tiempo) se han interesado mucho por esta cuestión de las secuencias óptimas de entrenamiento.

El aprendizaje elemental de concepto conduce a la complejidad y a una eventual destreza. De la misma manera en que lo haría un niño, el aprendiz de concepto de Winston se vuelve más experto para formar partes sustanciales de algo y describir escenas del mundo de los cubos. Un resultado de esta destreza es que las escenas nuevas y complejas provocan una descripción relativamente compacta, realizada por el modelo. Por ejemplo, considérese la escena que aparece en la figura 12.17, compuesta por una tienda a la izquierda de una casa, ambas colocadas encima de un arco. En esta escena hay por lo menos siete objetos simples (ladrillos y cuñas), y allí se exhiben muchas relaciones interobjeto. Antes de que el sistema aprenda

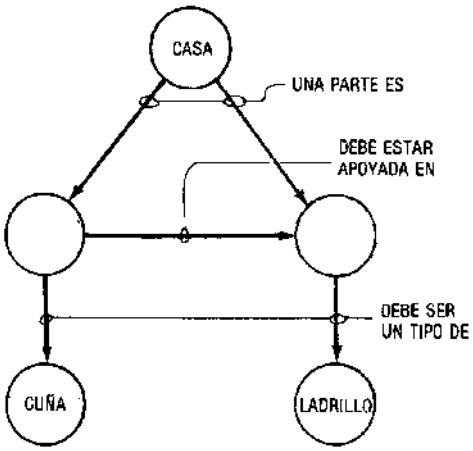


Figura 12.16. Descripción del concepto de una casa en términos de relaciones etiquetadas entre nodos de conceptos primitivos. A grandes rasgos, esto dice que una casa tiene dos partes, una debe ser un tipo de cuña y otra un tipo de ladrillo; la cuña debe estar apoyada en el ladrillo (tomada de Winston, 1970).

los conceptos de nivel intermedio (de *tienda, casa, arco*), la totalidad de estas partes y sus innumerables relaciones tendrían que aparecer en la descripción de la escena. Sin embargo, *después* de que el sistema ha aprendido estos conceptos, se les puede utilizar como unidades para simplificar la descripción global hasta algo que se aproxime a nuestra proposición verbal "una tienda a la izquierda de una casa, y ambas colocadas sobre un arco". Ciertamente, después de que el sistema sea expuesto a la escena, ésta (o más bien, su descripción) se almacenaría en la memoria como cualquier otro concepto, y tal vez se le daría un nombre interno (por ejemplo, "la creación arquitectónica de Bill"). Una re-presentación posterior de la escena conduciría entonces a la memoria de reconocimiento; es decir, el sistema reconocería que ha visto antes esa escena. Por esta razón, la memoria de reconocimiento de individuos o escenas individuales (o lugares) en esencia no difiere del hecho de clasificar un patrón en una categoría particular.

El programa de Winston representa uno de los trabajos más avanzados y psicológicamente interesantes que se hayan realizado en el análisis de escena. Trata con un ambiente básicamente estático de cubos de juego. Las heurísticas de los programas de Winston y de Guzmán se usan en los proyectos "mano-ojo" en Stanford y *MIT*, y en el "robot" del Stanford Research Institute, proyectos éstos que examinaremos en una sección posterior. El progreso continúa en lo que concierne a los problemas del análisis mecánico de escenas naturalistas, como fotografías de salas desordenadas, jardines, bosques, laderas, etcétera. Se han desarrollado programas avanzados de reconocimiento de patrón para extraer y usar información óptica como la perspectiva lineal, los gradientes de textura y las sombras, para dar descripciones útiles de escenas visuales complejas. Hanson y Riseman (1978) han publicado un conjunto de artículos acerca de estos temas.

Percepción del habla

Otra fructífera línea de investigación se refiere al reconocimiento del habla. La meta consiste en hacer que una computadora "escuche" a casi cualquier persona que hable y diga casi cualquier cosa e imprima (por ejemplo, en inglés) una conjetura razonable de su expresión. Como hemos dicho, el habla fluye de modo uniforme con fonemas sucesivos que se combinan unos con otros, de modo que el problema de la segmentación es muy difícil. Para complicar aún más las cosas, la

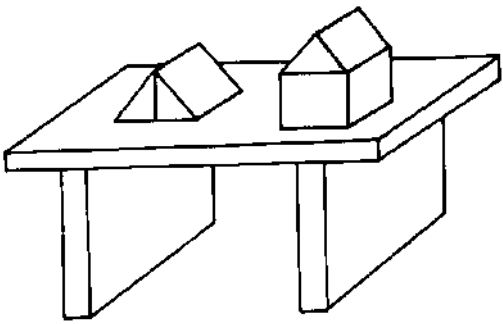


Figura 12.17. Ejemplo de una escena compleja compuesta de conceptos familiares de nivel intermedio (partes) en relaciones especificables. Tales escenas recuerdan una descripción jerárquica del programa de Winston (tomada de Anderson y Bower, 1973).

combinación de fonemas sucesivos es tan amplia que el sonido de un determinado fonema varía de acuerdo con los que se pronuncian inmediatamente antes o después de él. (Una analogía sería que las vocales *a, e, i, o, u* se imprimieran de modo ligeramente distinto, según las consonantes impresas antes y después de ellas.) La única manera de tratar con todos estos problemas es mediante un fuerte uso del *contexto* y de las expectativas acerca de lo que debería decirse en una expresión, en lugares dados. Un impresionante sistema de reconocimiento del habla es el *Hearsay II* (Reddy *et al.*, 1973), que analiza las expresiones de una persona que habla, a medida que ésta anuncia sus movimientos en un juego de ajedrez. En el *Hearsay II* se combinan diversas fuentes de información: el análisis del espectograma del habla para destacar características fonéticas principales, la combinación de grupos de características en palabras probables, y fuertes expectativas de las clases de palabras por escuchar en un punto determinado de una expresión. Estas expectativas se producen por el conocimiento que el programa tiene del ajedrez y de la gramática (por ejemplo, después de "*peón*" o "*reina*" esperar un adjetivo como "blanco" o "negro"). Su conocimiento del ajedrez permite al programa anticipar el nombre de un movimiento específico y, por lo tanto, efectúan su notificación, en vez de hacer algún otro movimiento. El éxito de los programas de reconocimiento del habla depende en gran medida de lo bien que puedan prever lo que está a punto de decirse. Así, en el grado en que las expectativas reducen el número de palabras alternativas que puedan escucharse en cualquier punto dado de la expresión, la cantidad de información de estímulo necesaria para identificar correctamente la palabra puede reducirse de la manera correspondiente. Aunque hasta la fecha la ejecución del *Hearsay II* en el reconocimiento del habla ha sido muy notable, nos percatamos de lo enorme que es la tarea futura de extender el modelo para comprender conversaciones en muchas áreas de contenido, y para tratar con observaciones inesperadas.

Quizá más que ningún otro programa, el *Hearsay II* destaca la idea de combinar los análisis de datos sensoriales con expectativas determinadas por el contexto. Un programa que funcione hacia arriba, usando la entrada sensorial para sugerir hipótesis de patrón, se denomina *procesador de abajo-arriba*, mientras que aquel que trabaja hacia abajo, utilizando poderosas expectativas (hipótesis) para guiar la búsqueda de evidencia en la disposición sensorial, se llama *procesador de arriba-abajo*. La mayor parte de los programas logrados emplean procesos de abajo-arriba y de arriba-abajo combinados, para sintetizar una hipótesis final acerca del patrón por reconocer. El *Hearsay II*, por ejemplo, combina información de cuatro o cinco diferentes fuentes: su conocimiento del juego de ajedrez y de los nombres de las piezas, de la gramática y de las secuencias fonéticas, así como de las características acústicas y las relaciones de éstas con los fonemas. Esta compleja síntesis de fuentes de información es necesaria para tratar con tareas complejas. El reconocimiento del habla es un buen ejemplo de la gran diferencia existente entre la "sencillez" intuitiva de una habilidad psicológica y la reconstrucción científica de esa habilidad. Muchas habilidades cognoscitivas parecen simples debido a que han sido sobreaprendidas y practicadas durante muchos años; por lo mismo, se han vuelto "automáticas" y se ejecutan fuera del estado consciente. Con frecuencia son esas mismas habilidades rutinarias y automáticas las que resultan difíciles de reconstruir en un modelo teórico.

Nuestra revisión de los programas que tratan con el reconocimiento de patrón

es breve pero ilustra las principales tendencias. En el lenguaje, el trabajo acerca del reconocimiento del carácter individual se ha sustituido por el del reconocimiento del habla continua; en lo que toca a la visión, la tendencia se dirige al análisis de escenas más complejas, que se calcula en términos de derivaciones de descripciones estructurales de las partes y de sus interrelaciones en la escena. La descripción estructural debe ser breve (para el almacenamiento en una memoria finita), selectiva en lo concerniente a características relevantes, pero también lo bastante rica como para apoyar todos los tipos de solución de problema y razonamiento visual (por ejemplo, resolver problemas de analogía geométrica). En la investigación actual el énfasis se pone en los problemas difíciles de segmentación, identificación de relaciones y construcción de descripciones jerárquicas, aunque la identificación de objetos particulares sigue siendo un componente estándar de todos los programas de análisis de escena.

Estos ejemplos del reconocimiento de patrón nos han introducido a otros problemas; por ejemplo, ¿es el programa *Hearsay II* o el de Winston una simulación o una pieza de inteligencia artificial? El hecho de que un programa resuelva algunos de los problemas a que se enfrenta el cerebro humano no significa que sea una simulación exacta del mismo, puesto que se requiere de otros criterios de ajuste a los datos reales. La "realidad psicológica" de varios de esos programas no se ha sometido a pruebas verdaderamente rigurosos. Lo que los psicólogos en realidad necesitan es alguna metodología para comprobar de modo experimental muchas de las ingeniosas hipótesis y de las heurísticas sugeridas por los programas como los que acabamos de reseñar.

Aprendizaje de patrón secuencial

Los patrones visuales tienen su información simultáneamente distribuida en el espacio. Ahora consideraremos los patrones que están extendidos en el tiempo, en una serie temporal. Se examinarán dos programas: uno que trabaja con el aprendizaje de probabilidad y otro con la tarea de extrapolación de series en pruebas de *CI*. Ambos tratan de modelar el intento del sujeto para llegar a una hipótesis acerca de las secuencias de eventos.

Aprendizaje de probabilidad

Feldman (1961, 1962) ha propuesto un modelo inicial para simular la conducta de sujetos en el experimento binario conocido como *aprendizaje de probabilidad*. En esos experimentos, que se describieron en el capítulo 8, el sujeto intenta predecir miembros sucesivos en una secuencia de eventos binarios (por ejemplo, *C* o *P*) que se le muestran uno a la vez. Las secuencias se construyen aleatoriamente (por ejemplo, 70% de eventos *C* y 30% de eventos *P*), aunque los sujetos a menudo creen que la secuencia es ordenada y tratan de descubrir su patrón. La explicación tradicional de la conducta en esta situación es la que ofrecen los modelos estocásticos del aprendizaje, los cuales suponen que la probabilidad que tiene el sujeto de predecir *C* aumenta o disminuye ensayo por ensayo, según ocurra el evento *C* o el *P*. De nuestra revisión en el capítulo 8 se recordará que a estos modelos se les dificulta explicar los patrones secuenciales en las respuestas del sujeto.

El modelo de Feldman supone que en esta situación el sujeto pretende descubrir patrones locales (o probar hipótesis de secuencias) para explicar la secuencia del evento y extrapolar (predecir) el siguiente miembro de la serie. Para obtener información inherente a estas nociones, Feldman hace que sus sujetos "piensen en voz alta" y enuncien sus razones ensayo por ensayo respecto a la predicción que han realizado. El protocolo de un sujeto consiste entonces en la secuencia de sus predicciones, y en las razones que proporcionó acerca de cada una de ellas. El modelo de Feldman intenta explicar la secuencia de razones, teniendo en cuenta que el sujeto casi siempre hizo una predicción consecuente con la razón que dio. El modelo se ajusta específicamente a la simulación de un sujeto particular, y los detalles del programa varían de un sujeto a otro.

El programa opera al probar las diferentes hipótesis encaminadas a explicar la secuencia del evento. El ciclo de ensayo a ensayo del modelo es así: se utiliza la hipótesis coetánea para predecir el suceso siguiente; se formula una hipótesis de predicción y se usa para predecir el evento siguiente; el evento inmediato ocurre, y el ciclo se repite.

Cada hipótesis consta de dos componentes: una hipótesis relativa al patrón del evento y un componente de conjetura para lo contrario. La hipótesis del patrón del evento se selecciona con base en una lista de hipótesis de patrones tales como la "progresión de las *C*", "la alternancia de 2*C* y 2*P*" y así sucesivamente. El investigador se encarga de colocar los patrones en esta lista, después de examinar los tipos que el sujeto dijo haber utilizado. El componente de la conjetura contraria puede ser "encendido" o "apagado"; si la hipótesis del patrón es una progresión de las *C* y este componente se apaga, el modelo predice *C*; si el componente de conjetura opuesta está encendido, el modelo predice *P*, lo contrario del patrón.

Se aplican varias reglas en las cuales la retroalimentación de la secuencia del evento se utiliza para seleccionar, alterar o mantener la hipótesis del momento. Si predice con error, es probable que se le sustituya temporalmente. En este caso, se usan los eventos de los últimos 3 o 4 ensayos para seleccionar los candidatos plausibles de la lista de hipótesis del patrón. Si varios candidatos son plausibles, el programa elige la hipótesis del patrón utilizada más a menudo en el pasado. Las circunstancias en las cuales se produce la modificación componente de la conjetura contraria son muy complicadas y no pueden resumirse con facilidad.

Feldman (1962) ha publicado el resultado de ajustar el modelo a la conducta de un sujeto. Su procedimiento consistía en revisar continuamente el modelo hasta que logró un buen ajuste. El autor resume el proceso de la siguiente forma:

> Dar fin al modelo fue una tarea prolongada que implicó el procedimiento reiterativo de proponer un análisis detallado, probarlo en comparación con los datos, modificarlo, y así una y otra vez. En el transcurso de este procedimiento, se modificó o sustituyó casi cada parte del modelo originalmente planeado (pág. 342).

Una característica original de la evaluación del modelo de Feldman fue su uso de la *predicción condicional*. Si la predicción del modelo de la hipótesis del sujeto en el ensayo *n* era incorrecta, se le regresaba a la pista correcta reemplazando su hipótesis "predicha" por la hipótesis real del sujeto. Se pensaba que el modelo dependía mucho de la vía, en el sentido de que si está "apagado" en el ensayo *n* y no se le coloca de nuevo en el camino correcto se apartará progresivamente de los datos.

Estos dos puntos metodológicos, los modelos ajustados a individuos y las predicciones contingentes, son algo original en el trabajo de Feldman. Baste decir que con el empleo de estas técnicas, Feldman demostró que su modelo podía predecir el protocolo de un sujeto con un alto grado de exactitud.

Extrapolación de series

El programa de Simon y Kotovsky (1963) trata de resolver un problema secuencial de aprendizaje de patrón con el que estamos familiarizados debido a varias pruebas de *CI*. Dicho programa intenta inferir la regla que genera letras sucesivas en una serie corta. En la prueba de completar series de letras (Letter Series Completion Test) de Thurstone, se muestra al sujeto una serie de letras y se le pide que proporcione la siguiente letra correcta de la serie. Ejemplos son *cadaeafa, atbataatbat* y *wxaxubuzczadab*. Estas series varían en dificultad y son lo suficientemente complicadas como para que ante ellas falle una apreciable proporción de estudiantes universitarios. El programa de simulación de Simon-Kotovsky supone que el sujeto resuelve tales problemas al desarrollar una "descripción del patrón" de la secuencia, que usa después para generar el siguiente miembro de la serie. Se cree que el sujeto modelo posee cierto equipo cognoscitivo con el cual comienza, y éste consiste en el alfabeto hacia adelante, el alfabeto hacia atrás, el concepto del "sucesor siguiente" en una lista particular, y la capacidad para detectar y producir ciclos a través de una lista (por ejemplo, en las instancias más simples el ciclo repetitivo de toda la lista (*b, a*) produce la serie *bababa*...).

Se usa un formato estándar para enunciar las descripciones del patrón, y la principal tarea del programa es encontrar una descripción adecuada de dicho patrón. Primero identifica periodicidades en la secuencia, al observar las relaciones que se repiten a intervalos regulares. Por ejemplo, *axbxcx* tiene un periodo 2 y se basa en la "siguiente" relación alfabética hacia adelante a partir de *a*, y con la letra *x* que se repite al final de cada ciclo de dos; *qxapxboxc* tiene un periodo 3, en el cual el primer elemento de cada tríada utiliza el alfabeto hacia atrás comenzando en *q*, y la tercera letra de cada tríada usa el alfabeto hacia adelante a partir de *a*. La relación que se repite en el periodo 3 es el "siguiente sucesor" del elemento correspondiente en la tríada anterior. Si esta periodicidad simple no puede encontrarse, el programa busca una relación que se interrumpa a intervalos regulares; por ejemplo, en *aaabbbcccdd*, la relación "misma letra" se interrumpe en periodos de 3. Una vez que se ha encontrado una periodicidad básica, el programa efectúa un análisis posterior para descubrir los detalles del patrón, detectando las relaciones, o sea el siguiente o el mismo sucesor que se mantiene entre elementos dentro de un periodo, o entre elementos correspondientes en periodos consecutivos (como en *qxa*..., en el ejemplo anterior).

Si se encuentra esa regla generadora, se utiliza para la extrapolación del siguiente elemento. Diversas variantes del modelo que difieren en poder (es decir, en la riqueza de relaciones que puede detectar y usar) se postularon y compararon con la ejecución de estudiantes de niveles bachillerato y licenciatura que resolvían los mismos problemas. Una variante débil del modelo se desempeñó menos adecuadamente que el sujeto más deficiente, en tanto que una variante poderosa funcionó tan bien como el mejor individuo. Se dio un acuerdo considerable entre los individuos como grupo y el programa al clasificar los problemas en grado de dificultad. La dificultad del problema pareció correlacionarse con la carga de la me-

moria inmediata en el individuo y el modelo. A fin de solucionar los problemas difíciles, el individuo tenía que acordarse de su localización en dos listas separadas (por ejemplo, el alfabeto hacia adelante y en dirección contraria), mientras que para todos los problemas fáciles únicamente necesitó acordarse de su localización en una sola lista.

Simon (1972) demostró cómo su representación gradual del patrón era compatible con otras propuestas, las cuales tratan de relacionar la complejidad estructural de un patrón en serie con la capacidad de la persona para recordar y reproducir una secuencia breve o aprender una secuencia que se repite periódicamente (Glanzer y Clark, 1962; Restle, 1970), así como para juzgar, evaluar o clasificar la complejidad psicológica de las diversas secuencias (Vitz y Todd, 1969). La medida básica de la complejidad de la secuencia es la extensión del código interno requerido para describir el patrón gradual en alguna representación apropiada. Simon afirma que varias propuestas teóricas concuerdan con el aprendizaje del patrón gradual, suponiendo que los individuos aprenden secuencias válidas al inducir descripciones del patrón, que usan las relaciones del "mismo" y el "sucesor" (en alfabetos numéricos o de letras familiares) entre símbolos, interacción de subpatrones y estructuras de frases jerárquicas. Éstas no son más complejas que lo que se requiere para entender las relaciones entre las palabras dentro de una oración.

PROGRAMAS DE PROBLEMA-SOLUCIÓN

La mayor parte del trabajo teórico en los modelos *PI* se ha orientado a la elaboración de programas con los cuales se analicen y resuelvan los problemas intelectuales difíciles de carácter específico. La meta de la investigación orientada psicológicamente ha sido conseguir que la computadora solucione problemas difíciles de modo similar a los seres humanos. Desde la perspectiva del aprendizaje, la solución de problemas es importante, ya que revela la transferencia de las habilidades de la persona para percibir o representar la situación problemática, para examinar alternativas y recuperar de la memoria las reglas y procedimientos que tuvieron éxito con problemas semejantes. También es interesante el cambio en las estrategias de que dispone una persona para atacar un problema complejo a medida que lo resuelve repetidas veces.

La investigación en la solución de problemas (Bourne *et al.*, 1979; Duncker, 1945) ha identificado tres áreas de importancia: la primera se refiere a la manera en que la persona ve, interpreta o representa la enunciación de un problema ante sí misma y termina por comprender de qué se trata; la segunda alude a los procedimientos empleados al buscar una solución, una vez que la persona cree que comprende el problema; y la tercera se refiere a la forma en que compara una solución generada con el criterio de solución, y decide si se produce un pareamiento suficiente de modo que el trabajo pueda detenerse. Los modelos iniciales de simulación han hecho a un lado el primer —y en algunos aspectos más difícil— punto; es decir, cómo interpreta el problema el sujeto. Más bien, se han concentrado en el segundo punto. El problema se le da al programa de una forma bien estructurada, y el programador asegura que el modelo lo interprete correctamente antes de comenzar a trabajar en él. Otros investigadores han empezado a tratar también con los temas más borrosos de la interpretación y representación del problema, y han construido algunos programas especiales para ellos (Simon y Hayes, 1976). Los

programas de análisis del lenguaje, vinculados a los llamados sistemas de contestación de preguntas, intentan interpretar de modo correcto las enunciaciones (preguntas). Estos sistemas son especialmente poderosos cuando tienen un dominio semántico bien definido dentro del cual se estipulan los problemas; por ejemplo, una ilustración esquemática de una escena o un diagrama de circuito eléctrico (véase Coles, 1968; y Winograd, 1972). La representación del espacio problemático tiene una importancia crucial, ya que se sabe que un problema dado puede ser difícil o fácil según la forma en que se represente internamente. Aunque existen valiosas discusiones alrededor del tema (Amarel, 1968; Nilsson, 1971), no se han diseñado procedimientos o reglas generales para confeccionar la buena representación de un problema, a fin de que su solución se torne transparente.

Es justo decir que el programa teórico lógico de Newell, Shaw y Simon (1958) dispuso el patrón básico para muchos de los programas de solución de problemas que aparecieron en los años siguientes. El teórico lógico (*TL*) se diseñó para encontrar pruebas de teoremas enunciados en el cálculo proposicional de la lógica simbólica. Tales problemas tienen un formato estándar. Se proporciona algo "dado", *A*, se conjetura un teorema o enunciación final, *B*, y el problema para el probador del teorema consiste en tratar de transformar lo dado en la enunciación final. Esto debe hacerse usando los axiomas del sistema y las reglas permitidas de transformación del lenguaje (sustitución, reemplazo, encadenamiento y desligamiento). Como cualquier estudiante de lógica puede atestiguar, probar un teorema a menudo es una tarea difícil y retadora, en la que los fracasos son comunes. Como los axiomas y las reglas de transformación pueden aplicarse a lo supuesto con una gran variedad de permutaciones de secuencias, el problema consiste en elegir una vía que conduzca al teorema dado.

En este punto puede introducirse una útil distinción entre los *algoritmos* y los métodos *heurísticos* en la búsqueda de una respuesta. Un algoritmo es un procedimiento o conjunto de reglas a seguir, los cuales garantizan que conducirán a la solución de una determinada clase de problema: es como una receta perfecta e infalible. Existen muchos algoritmos en las matemáticas; por ejemplo, reglas para resolver un conjunto de ecuaciones lineales, para invertir una matriz, para hacer una división larga, etcétera. Pero hay muchos problemas para los cuales no se conoce ningún algoritmo, y se requiere de una estrategia eficiente para orientar la búsqueda de solución. Ejemplo de esto es probar teoremas en matemáticas o en el cálculo proposicional.[2] Pero emprender una búsqueda ciega o incluso sistemática a través de todas las secuencias lógicas propias que pueden generarse mediante las reglas del juego, y cotejar una secuencia que pruebe el teorema, insumiría muchísimo tiempo y sería terriblemente ineficiente. Uno podría generar consecuencias lógicas de lo dado, durante años, sin llegar a encontrar jamás una secuencia que probase el teorema.

Obviamente, lo que se necesita es algún medio que permita dirigir la búsqueda hacia una meta particular, que detecte cuándo nos estamos acercando, y qué

[2]Para los teoremas en el *cálculo proposicional* (Wang, 1960, 1965) y en el cálculo del predicado de primer orden (J. A. Robinson, 1970) se han desarrollado procedimientos de comprobación algorítmica basados en los "principios de resolución". Sin embargo, estos algoritmos mecánicos son técnicas exhaustivas que parecen estar muy alejadas de los métodos heurísticos usados por un estudiante para probar un teorema.

debemos hacer para aproximarnos más a la respuesta. En el programa teórico lógico, Newell, Shaw y Simon utilizaron algunas *heurísticas* para dirigir y ayudar al proceso de búsqueda. Las heurísticas son reglas empíricas que nos dicen cómo buscar de maneras fructíferas o eficientes. Cuando tienen éxito, reducen considerablemente la búsqueda, aunque no hay garantía de que lo logren. En el *TL*, la heurística principal era "funcionar hacia atrás" a partir del teorema a comprobar. Se busca una o más proposiciones A' que implican al teorema B a través de una simple transformación de A'. Entonces se establece el subproblema de deducir uno de estos enunciados A' a partir del supuesto A mediante una transformación simple. Si no se puede hacer directamente, se trabaja hacia atrás, partiendo de A' y hacia otra proposición A'' que implique a A'; y luego se intenta extraer a A'' del supuesto A. Al desplazarse en sentido inverso en cada paso pueden generarse numerosos subproblemas; éstos se almacenan en una lista en la cual se debe trabajar. Entonces son editados por rutinas especiales que suprimen aquellos que no parecen susceptibles de probarse, y se concede prioridad a los que parezcan fáciles de probar y que en un sentido especial sean "similares" a lo dado. El *TL* trabaja en orden sobre los subproblemas, en busca de una prueba. Si un subproblema no produce una prueba en un tiempo límite, pasa a intentarlo con el siguiente. Si se queda sin subproblemas con los cuales trabajar, y no puede generar más, entonces cede y fracasa en su intento de resolver el problema. En el programa *TL* hay muchos otros procesos, cuyos puntos primordiales se explican con abundancia de detalles en los artículos citados.

En un experimento con el *TL* se le dieron, en el orden en que aparecieron, los primeros 52 teoremas de los *Principia Mathematica* (una obra maestra de la lógica simbólica escrita por Whitehall y Russell, 1925). Si el *TL* probaba un teorema, se almacenaba en su memoria para su posible uso posterior. Con este orden de presentación, probó 38 (73%) de los 52 teoremas. Aproximadamente la mitad fueron resueltos, y cada uno de ellos en un tiempo menor a un minuto de computación en la pequeña máquina. La resolución de la mayor parte de los teoremas restantes insumió de 1 a 5 minutos. El tiempo requerido para probar un teorema aumentó con rapidez con el número de pasos necesarios para la prueba. Otros experimentos mostraron que la capacidad del *TL* para probar un teorema dado dependía del orden en que los teoremas incluidos en el programa proporcionaran resultados críticos intermedios para demostrar algunos de los teoremas más difíciles.

Al discutir la ejecución del *TL* tal como se estudió en varios experimentos, Newell, Shaw y Simon (1958) indican numerosas características "humanas" del comportamiento de resolución de problemas del modelo. En síntesis, afirmaron:

> Hemos revisado los principales testimonios de que el *TL* resuelve problemas de un modo muy similar al que muestran los seres humanos cuando tratan con los mismos casos. Primero, y quizá lo más importante: es capaz de encontrar pruebas para teoremas y, por lo tanto, incorpora un sistema de procesos que resulta suficiente para un mecanismo solucionador de problemas. Segundo, su capacidad para resolver un problema particular depende de la secuencia en que se le presenten los problemas, de la misma manera como la conducta de un sujeto humano depende de una secuencia similar. Tercero, su conducta exhibe disposiciones preparatorias y direccionales. Cuarto, muestra discernimiento en el sentido del ensayo y error vicarios, que conducen a la solución "repentina" de problemas, y en el sentido de que emplea la heurística para mantener dentro de límites razonables la cantidad total de ensayo y error. Quinto, utiliza conceptos simples para clasificar las ex-

presiones con que trata. Sexto, su programa muestra una compleja jerarquía organizada de problemas y subproblemas (pág. 162).

Desde un principio quedó claro que el advenimiento del *TL* (más específicamente, de la metodología, objetivos y estrategias comprendidas en el programa del *TL*) anunciaba una nueva época de conceptualización y teorización de los procesos mentales complejos, como el pensamiento y la solución de problemas, entre otros. Con raras excepciones (por ejemplo, Duncker, 1945; DeGroot, 1946; Bruner, Goodnow y Austin, 1956) las anteriores discusiones psicológicas acerca del pensamiento y la solución de problemas se habían caracterizado por su vaguedad y por un reconocimiento abrumador de lo incompleto e insuficiente de cualquier hipótesis particular, mecanismo o teoría que explicara la riqueza de los fenómenos. El comportamiento del programa *TL* constituyó un gran paso en la dirección apropiada: estaba especificado con precisión y de forma completa, y la suficiencia de sus mecanismos era determinable. Dio lugar a una nueva tecnología de construcción de teorías para el estudio de la conducta humana compleja, un campo que, como debe recordarse, raras veces fue tocado por los conductistas.

Desde la época del teórico lógico se han desarrollado muchos otros modelos de simulación para numerosas tareas de razonamiento formal: solución de problemas de cálculo, construcción de pruebas en geometría, comprensión de problemas orales de álgebra, descubrimiento de interesantes teoremas en la teoría del número. La mayor parte de ellos no se han probado para verificar si simulan directamente la manera en que los seres humanos solucionan problemas en esas áreas. Otra línea de investigación acerca de los programas de razonamiento se concentra en aquellos que llevan a cabo juegos retadores, un tema que veremos a continuación.

Jugadores

La programación de una computadora para juegos de salón —como las damas o el ajedrez— contra un oponente comparte muchas de las características que se encuentran en los programas que prueban teoremas. La disposición de las piezas en el tablero en cualquier momento, constituye los supuestos, y el objetivo es transformarlos en una posición final victoriosa mediante una secuencia de movimientos permitidos por las reglas del juego. Tales movimientos desempeñan el mismo papel que las reglas de inferencia en la construcción de argumentos lógicos. Desde luego, el programa juega en contra de un adversario que debe considerarse al menos tan racional como él.

La unidad básica del análisis es el movimiento individual. El programa, que tiene una representación interna del tablero y de la posición de todas las piezas, prevé varios movimientos (mi movimiento, los posibles movimientos del adversario, mi siguiente movimiento, los contramovimientos siguientes del oponente, etc.). Al alcance de sus previsiones se le denomina *profundidad* de la búsqueda. El *árbol de búsqueda* de las posibilidades puede hacerse muy prolongado si se tienen en cuenta múltiples alternativas en cada movimiento. Los programas deben deshacerse de muchas de las opciones examinadas en cada movimiento, a costa de la profundidad de la búsqueda a lo largo de ramas particulares del árbol. En general, los programas que buscan profundidad entre unas cuantas alternativas prometedoras son los que dan lugar a mejores resultados. Se utilizan varias heurísticas para deci-

dir qué opciones, uno o dos movimientos adelante, garantizan una búsqueda más profunda.

Una vez que se ha construido un árbol de búsqueda de alternativas en un movimiento dado, el programa debe evaluar las diversas ramas para descubrir su valor y decidir su movimiento. Las consecuencias últimas de jugar una partida completa, de "ganar, perder o retirarse", son por lo común demasiado remotas y muy indeterminadas para que ayuden en la evaluación de un movimiento particular. Por eso es necesaria alguna *función de evaluación* que sea sensible a las submetas en relación con un movimiento individual y local. Los expertos en el juego casi siempre nos proporcionan algunos criterios para evaluaciones locales en tipos particulares de juego, como los que se refieren al control del tablero, ventaja de piezas, proporción de cambio de piezas-rey, control de la hilera del fondo, etcétera. En el programa de juego de damas de Samuel (1959), la posición de una ficha se evalúa al computar un promedio sopesado de los valores de varias de esas características locales. Cada hipotética posición generada en el árbol de búsqueda se evalúa de esa manera.

Al tomar una decisión, la máquina selecciona aquel movimiento que posee el valor más elevado, que se ha calculado mediante un *procedimiento hacia atrás minimax*. En la figura 12.18 se muestra un árbol de búsqueda muy simple que implica sólo dos movimientos en cada nivel (la computadora puede considerar de 10 a 20 movimientos en cada nivel), y una búsqueda que únicamente profundiza en tres niveles (mi movimiento, su contramovimiento, mi próximo movimiento). Cada nodo del árbol representa un estado hipotético del juego. En el nivel más profundo, a las 8 posiciones anticipadas se les asignan puntos mediante una función de evaluación, donde las puntuaciones altas indican buenas posiciones para

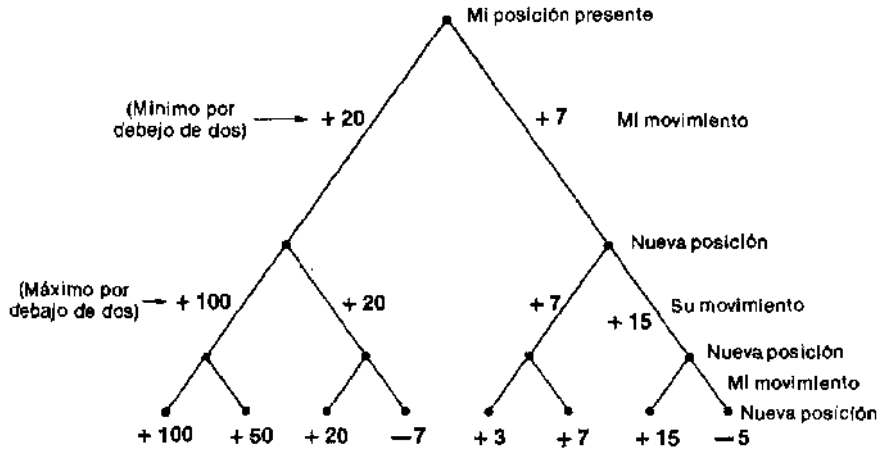


Figura 12.18. Árbol de búsqueda de profundidad con niveles de tres movimientos, en el cual sólo se consideran dos de los movimientos de cada nivel. Las posiciones al nivel de la mayor profundidad buscada se anotan evaluando la función. La anotación de un nodo al nivel 2 es la máxima de todas las posibles en sus dos ramas más bajas; la del nivel 1 es la mínima de la anotación en sus dos ramas más bajas.

uno mismo. Como yo escogería el movimiento de máxima puntuación en mi segundo movimiento, el valor asignado al nodo de arriba es el mayor de las dos puntuaciones inferiores. En cuanto al movimiento de mi adversario, suponemos que trataría de mantener mi ganancia al mínimo, de modo que su elección haría que se diera el valor mínimo al nodo de arriba. Al volver a mi posición presente, la rama + 20 sin duda me resulta un mejor movimiento que la rama +7, de modo que ésa sería mi elección.

Este tipo de árbol de búsqueda y el análisis de apoyo minimax se ejecutan en cada movimiento del juego. El programa de Samuel para el juego de damas incluye una diversidad de características adicionales a fin de mejorar el juego. Varias de ellas son rutinas de aprendizaje; una rutina proporciona retroalimentación jugada a jugada y corrección de los pesos asignados a las distintas submetas en la función de evaluación; la otra comprende una memoria de repetición (sobre cinta magnética) para todas las posiciones del tablero que se encuentren, buscadas y evaluadas previamente. Esta memoria móvil ayuda a reducir el árbol de búsqueda a cada paso, a sólo aquellas ramas que deban explorarse con mayor profundidad.

Samuel realizó muchas exploraciones con este programa, ensayando diferentes heurísticas y rutinas de aprendizaje de automejoramiento. Se entrenó a la máquina haciéndola jugar a las damas con adversarios humanos, y contra partidas de campeonato publicadas en libros dedicados al juego de damas. El programa mejoró notablemente su ejecución, al punto de que por lo general derrotaba a su rival humano. En 1962 se arregló una partida entre un campeón de damas ya retirado, Robert W. Nealey, y el programa. La máquina ganó con facilidad. Al terminar la partida, Nealey comentó:

> Nuestro juego ... tuvo sus bemoles. Hasta el movimiento 31, todo se había publicado, excepto en donde yo evadí "el libro" varias veces, en un vano esfuerzo por desincronizar a la computadora. En el perdedor 32-27, y de allí en adelante, todo el juego es original nuestro, hasta donde pude apreciar. Para mí es muy interesante señalar que la computadora debió hacer varios movimientos de verdadero campeón a fin de ganar, y que tuve varias oportunidades de retirarme. Ésa es la razón por la que me sostuve. Por lo tanto, la máquina jugó un final perfecto sin dar un mal paso. En lo que concierne al final del juego, nunca tuve un competidor tal entre los seres humanos desde 1954, cuando perdí mi última partida (Feigenbaum y Feldman, 1963, pág. 104).

Desde esa época, Samuel (1967) ha revisado el esquema para la evaluación de las posiciones y las rutinas de aprendizaje concomitantes. La función de polinomio lineal del trabajo anterior se abandonó en favor de un complejo proceso de evaluación no lineal, que implica refinamientos jerárquicos de evaluaciones bastas de muchos subpatrones significantes o agregados de "características" de determinadas posiciones del tablero. La nueva función de evaluación de posición conduce a una considerable mejoría en el juego de damas del programa.

El programa de Samuel se desempeña bien porque busca los posibles movimientos de una forma exhaustiva y profunda, y tiene una manera experimentada de evaluar los resultados anticipados. También se han construido programas que juegan aceptablemente al ajedrez bajo lineamientos similares (Greenblatt *et al.*, 1967). Aunque estos programas juegan razonablemente, los estudios detallados de jugadores expertos en juegos de salón sugieren que éstos invierten mucho menos tiempo en el examen de una gran variedad de opciones, y que reconocen con

facilidad porciones de la configuración del tablero que parecen prometedoras. Pasan entonces mucho tiempo analizando posibles secuencias de movimientos dentro de estas porciones significativas. La investigación de Chase y Simon (1973) con jugadores de ajedrez, y la de J. S. Reitman (1976) con maestros del juego japonés del Go han descubierto que los expertos son mucho mejores que los novatos para *percibir* configuraciones significativas de las piezas en el tablero (como la de "su alfil está atacando a mi reina"). Estos investigadores sugieren que mediante la experiencia en miles de juegos, los maestros han construido en su memoria un gran almacen de patrones significativos de ajedrez (o de Go) que actúan como bloques: grandes unidades para percibir y pensar acerca del juego y su desarrollo desde un punto de vista dado; también pueden recordar qué bloques (partes de la configuración del tablero) han prometido desarrollos fructíferos en el pasado. La percepción del maestro de ajedrez de un tablero se ha comparado con la forma en que un lector experimentado reconoce las palabras como bloques de letras en hileras. Para simular la percepción del jugador de ajedrez, Simon y Barenfeld (1969) elaboraron un programa de computadora que explora con sus ojos (hipotéticos) las piezas dispuestas en un tablero de ajedrez, para notar configuraciones significativas de las mismas, pasar un tiempo mirando los patrones importantes (como lo hacen los jugadores humanos), y entonces representarse a sí misma la situación real del tablero en términos de bloques de patrones significativos. De modo similar, W. Reitman y Wilcox (1978) han puesto en marcha un sistema de reconocimiento de patrón y de inferencia que juega al Go con un rango respetable de aficionado. La importancia de estos últimos estudios estriba en mostrar que el impulso inicial de usar el poder de la computadora para buscar exhaustivamente los movimientos del juego, era un enfoque desafortunado; más bien, la destreza parece residir en la habilidad del maestro para percibir o reconocer cientos de patrones familiares, y para agregar bloques de un nivel a otro superior, a fin de activar una estrategia dada, buscando movimientos desde la posición real del tablero. El maestro de ajedrez y el maestro de Go representan órdenes elevados de aprendizaje perceptual dentro de un dominio restringido.

El solucionador general de problemas

Uno de los más ambiciosos programas de investigación acerca de la solución mecánica de problemas es el *solucionador general de problemas* (*SGP*), de Newell, Shaw y Simon (1959); Newell y Simon (1961). El *SGP* es un proyecto continuo: desde su concepción en 1957, el programa ha existido en siete diferentes versiones de operación, cada una de las cuales estaba diseñada para manejar un conjunto ligeramente distinto de dificultades. Las versiones útiles aparecen en los libros de Ernst y Newell (1969), y Newell y Simon (1972). El *SGP* intentaba ser un conjúnto central de procesos que pudieran trabajar con —y resolver— una variedad de problemas que implicaban diferentes materias de estudio, como las de probar teoremas en lógica, comprobar identidades trigonométricas y resolver acertijos de palabras. Al disponer su operación sobre cualquier problema particular, ha de proporcionarse un "ambiente de la tarea", a fin de especificar a la máquina los objetos a que se va a enfrentar y las reglas de transformación (movimientos) del juego en particular.

Las premisas y la meta deben estipularse en términos comparables, de modo

que el *SGP* pase a transformar las premisas (o puntos de partida) en la meta. Usa *análisis de medios y fines* genera subproblemas con los cuales trabajar, y construye un árbol de subproblemas. Hay rutinas generales para comparar dos expresiones y detectar diferencias entre ellas. Si se detectan diferencias, el *SGP* busca entonces alguna transformación que las reduzca. En la figura 12.19 se proporciona un sumario de tres metas (o submetas) y los métodos asociados que el *SGP* utiliza para trabajar en ellos. Las metas a menudo aparecen de modo repetitivo dentro de un circuito. Comenzando con la meta de transformar el objeto *A* (premisa) en el objeto *B* (conclusión), el programa puede encontrar una o más diferencias. De ser así, establece como meta reducir la diferencia más importante. De aquí se pasa al

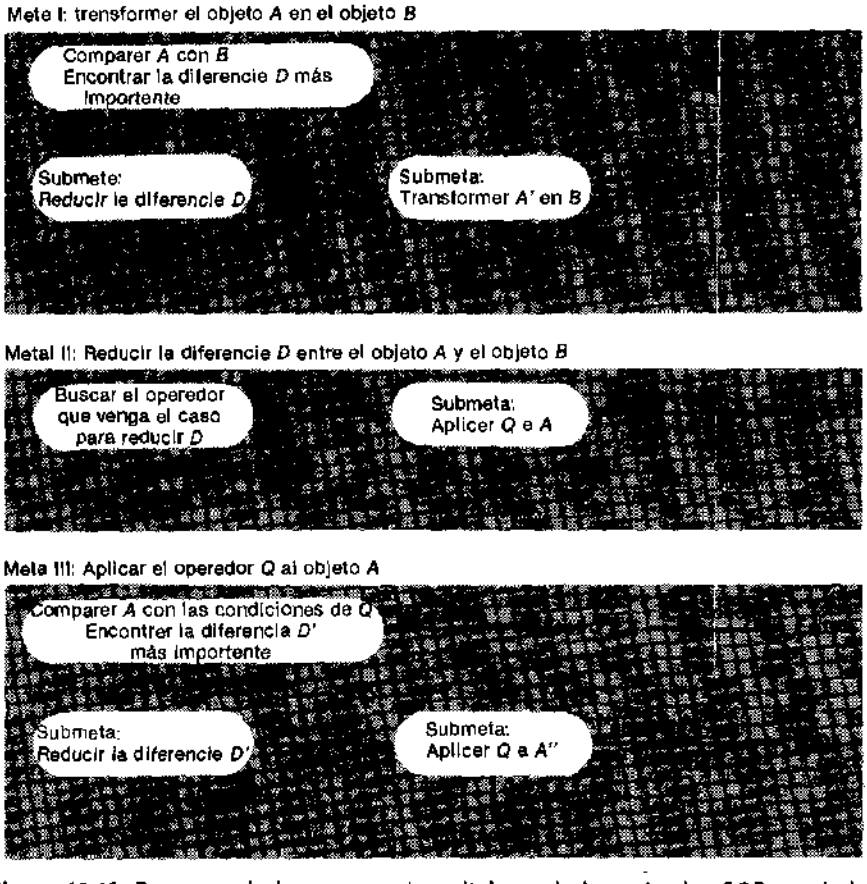


Figura 12.19. Resumen de las metas primordiales y de los métodos *SGP* asociados que se emplean para lograrlas. La meta de transformar el objeto *A* en el objeto *B* conduce a la submeta de reducir una o más diferencias entre ellos. Para reducir una diferencia dada, se encuentra un operador pertinente. La siguiente submeta consiste en aplicar el operador a *A*. Si no es posible hacerlo, la siguiente submeta es determinar en qué difiere *A* de las cosas a las que puede aplicarse el operador. En este punto, la secuencia se repite a distinto nivel (tomada de B.F. Green, jr., 1963).

objetivo de hallar un operador (transformación permisible) que pueda aplicarse a las premisas. Si no puede aplicarse, entonces ve si *A* puede transformarse en algo a lo cual pueda aplicarse el primer operador. Parte del ambiente de la tarea suministrado al *SGP* junto con el problema es una tabla de diferencia de operadores que proporciona las transformaciones, permisibles y propias del caso, para reducir formas particulares de diferencias.

Como la persecución de cada meta conduce con frecuencia a la proliferación de submetas dentro de las submetas, el programa *SGP* tiene una rutina ejecutiva que supervisa la generación de nuevas submetas, las evalúa con criterios múltiples y luego las descarta o decide en qué orden debe trabajar con ellas.

El *SGP* implica considerablemente más procesos y heurísticas de lo que esta breve descripción puede abarcar. Por supuesto, prueba teoremas. Tal vez de mayor interés para los psicólogos sea el intento de Newell y Simon (1972) de ajustar protocolos de "pensamiento en voz alta", obtenidos de sujetos que se enfrentan a problemas de lógica y los resuelven por primera vez, sin otra ayuda que un adiestramiento mínimo en las reglas del juego. Al sujeto se le pide que piense en voz alta, que diga lo que está buscando o considerando en cada paso de su camino mientras prueba un teorema. De modo similar, se imprimen los funcionamientos internos (razonamientos) de la computadora mientras procede paso a paso a resolver el problema. Al analizar diversos protocolos, los autores señalan un número de similitudes en lo que el programa y el sujeto hacen en varios puntos, a lo largo de la construcción de la prueba. Newell y Simon concluyen que el comportamiento del programa paso a paso es una simulación bastante exacta de algunas de las características significativas de la salida verbal del sujeto y la secuencia de selección de reglas.

Sin embargo, es obvio que el solucionador general de problemas está todavía muy lejos de lograr las capacidades generales de los seres humanos adultos. Necesita que se le describa la meta exactamente en los mismos términos de un problema. A partir de esta descripción, intenta transformar el supuesto en la meta. Desde luego, esto constituye una restricción de la clase de problemas que puede intentar resolver. Por ejemplo, las tareas de determinación de series de letras tienen metas que no pueden describirse de esta manera, y es evidente que el *SGP* no podrá manejar estos u otros problemas similares. En suma, el *SGP* no opera con problemas mal definidos, en los cuales la meta no está correctamente especificada (por ejemplo, escribir una historia de suspenso).

Proyectos de robots

Quizá para los psicólogos sean de gran interés los *proyectos de robots* integrados que se han desarrollado en Stanford, *MIT*, y el Stanford Research Institute (SRI) durante la última década. Al parecer, el robot SRI es el más ambicioso de todos ellos (Fikes y Nilsson, 1971). Consiste en una carreta movida por un motor, con:

1. una cámara de televisión para captar una imagen visual de su ambiente, un telémetro para triangular la distancia a cualquier punto del robot, y una "punta buscadora" que actúa como un sensor táctil; todos estos dispositivos transmiten información aferente o sensorial a:

2. una computadora que mantiene una variedad de programas para analizar la información aferente, planear las secuencias de acción que producirán ciertos efectos sobre su ambiente real, y
3. un conjunto de motores que pueden darle vuelta al carro, moverlo hacia adelante o hacia atrás, y un conjunto de amortiguadores que pueden usarse para empujar cajas y otros objetos sobre un piso plano.

El ambiente real proporciona un rico campo para el aprendizaje y es una fuente de problemas que pueden plantearse al robot para que los solucione, así como un fantástico número de problemas de ingeniería que los diseñadores deben resolver. Consideremos uno para ilustrar la naturaleza del sistema.

En la figura 12.20 se muestra el esquema de un ambiente de cinco habitaciones interconectadas con el robot en la habitación 1, con tres cajas y un interruptor de luz. Un primer problema consiste en representar en la memoria del robot la información concerniente a la disposición espacial de su ambiente. Parte de ella es información relativamente permanente; por ejemplo, en dónde están las puertas y qué habitaciones se comunican con cuáles otras. En esta información permanente se incluyen también ciertas leyes físicas acerca del ambiente (que un objeto colocado en un lugar no está en otro lugar) y reglas de movimiento (el robot no puede pasar por encima de una caja sin moverla, o no puede entrar a una habitación cruzando las paredes de ladrillos, etc.). Parte de la información en la memoria es transitoria, como la ubicación presente del robot y de las cajas. Esta información se adquiere mediante la cámara de televisión, cuyas imágenes son examinadas por programas de análisis de escena algo complicados (Tenenbaum y Barrow, 1976).

Se dice que el resultado de este análisis transitorio, junto con los datos estables acerca del ambiente, comprenden el modelo actual del robot acerca de su mundo, que se denomina M_0 (por modelo inicial). En aras de la conveniencia, estos hechos

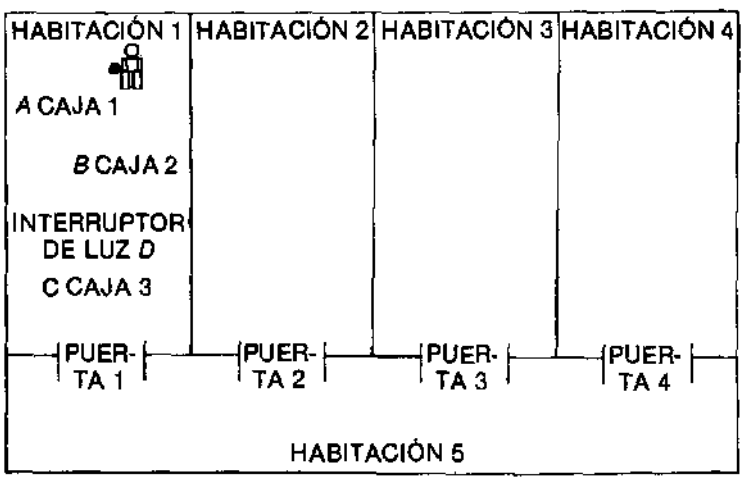


Figura 12.20. Plan de la habitación para el robot *SRI* (tomada de Fikes y Nilsson, 1971).

se representan en términos de enunciados en el cálculo predicado de lógica. Así, por ejemplo, el modelo inicial (véase la figura 12.20) incluiría las siguientes enunciaciones acerca de las ubicaciones de los objetos:

$$M_0: \left\{ \begin{array}{l} ATR\ (e) \\ AT\ (\text{caja } 1, A) \\ AT\ (\text{caja } 2, B) \\ AT\ (\text{caja } 3, C) \end{array} \right\}$$

Estas enunciaciones significan que el robot se encuentra en el punto *e*, la caja 1 se localiza en el punto *A*, y así sucesivamente. Supóngase que se da ahora al robot el problema de recoger las tres cajas. La meta se traduce en una enunciación en el cálculo predicado, para encontrar una ubicación *x* tal que, las tres cajas se encuentren en *x*. Un programa de solución de problema llamado *STRIPS* es el componente que en realidad planea la secuencia de operadores (pasos u "órdenes motoras") que el robot debe ejecutar para lograr el objetivo. El *STRIPS* opera de modo parecido al *SGP*, usando principalmente las heurísticas de medios y fines (para reducir diferencias), a excepción de que posee mayor capacidad deductiva que éste. Comenzando a partir de su modelo actual del mundo, M_0, el *STRIPS* busca una secuencia de operadores que produzcan un modelo nuevo dentro del cual la enunciación de la meta sea verdadera. Para el robot, los operadores corresponden a *rutinas de acción*, cuya ejecución hace que él emprenda ciertas acciones. Algunas de las rutinas asequibles al *SRI* son las siguientes (considérense las constantes de la ubicación como vectores bidimensionales):

a) Ir $a_1(m)$: el robot va a la ubicación coordinada *m*;
b) Ir a_2 *(m)*: el robot va *a continuación* al reactivo *m*;
c) Empujar a (*m*, *n*): el robot empuja el objeto *m* junto al reactivo *n*;
d) Encender la luz (*m*): el robot acciona el interruptor de luz *m*;
e) Trepar sobre la caja (*m*); el robot se sube a la caja *m*;
f) Bajar de la caja (*m*): el robot se baja de la caja *m*;
g) Pasar por la puerta (*d*, *m*, *n*): el robot pasa por la puerta *d* de la habitación *m* a la habitación *n*.

Cada uno de estos operadores tiene un conjunto de *precondiciones* que deben ser verdaderas en lo que respecta al modelo del mundo antes de que puedan aplicarse. Por ejemplo, las condiciones previas de *bajarse de la caja (m)* son que *m* sea una caja y que el robot se encuentre encima de *m*. Asimismo, la ejecución de una acción hace que el modelo del mundo cambie; estas variaciones se manejan mediante una lista de *suma* y una lista de *supresión* que corresponden a cada acción. La lista de suma proporciona los hechos nuevos que se hacen realidad por el efecto de la acción sobre el mundo, mientras que la lista de supresión da los hechos anteriormente verdaderos que se han cancelado por el efecto de la acción. Dos ejemplos simples de estas listas para operadores son los siguientes:

1. *Empujar (k, m, n):* el robot empuja el objeto *k* del lugar *m* al lugar *n*

   condición previa: *AT (k, m):* el objeto *k* está en el lugar *m*
   ATR (m): robot en el lugar *m*

lista de suma:	*AT (k, n):* objeto *k* en lugar *n* *ATR (n):* robot en lugar *n*
lista de supresión:	*AT (k, m):* objeto *k* en lugar *m* *ATR (m):* robot en lugar *m*

2. *Ir a (m, n):* el robot va del lugar *m* al lugar *n*

condición previa:	*ATR (m):* robot en el lugar *m*
lista de suma:	*ATR (n):* robot en el lugar *n*
lista de supresión:	*ATR (m):* robot en el lugar *m*

El *STRIPS* emplea un probador de teorema para intentar demostrar que la meta se deriva del modelo inicial del mundo, M_0. Si no puede hacerlo de una vez, al igual que el *SGP* extrae de la prueba incompleta la diferencia entre M_0 y la meta, y busca un operador pertinente que reduzca esta diferencia. Si encuentra uno, se establece una submeta para probar que las condiciones previas de ese operador (lo que debe ser verdadero para que se aplique) se cumplen en el modelo actual del mundo. De ser así, se aplica el operador, las listas de suma y supresión de ese operador actualizan el modelo (para M_1), y el siguiente paso es verificar si M_1 satisface la meta. Si no, el programa toma la diferencia y aplica de nuevo la misma rutina, una y otra vez de manera repetitiva. Si el modelo actual del mundo no satisface la condición previa de un operador deseado, se establece una submeta para encontrar un operador aplicable que implica un modelo que satisfará las condiciones previas. Por supuesto, éste es el mismo tipo de subproblema que el problema global, e ilustra la jerarquía de metas, submetas y modelos que pueden ser generados por el proceso de búsqueda. El *STRIPS* evalúa continuaciones o líneas particulares de búsqueda, al tener en cuenta factores tales como el número de submetas que quedan por resolver, la complejidad de las diferencias entre los tipos de predicados de estas submetas; finalmente, selecciona aquella línea de búsqueda que posee la mejor evaluación.

Para regresar al problema inicial, se ha instruido al robot para que empuje las tres cajas (o se le ha dado otra meta que requiere de ésta como submeta). Podría determinar primero el empujar la caja 1 del lugar *A* al lugar *B*, cerca de la caja 2. Pero una condición previa para un operador de *Empujar* (caja 1, *A*, *B*) es que el robot se encuentre en el lugar *A*, de modo que debe usarse un operador *Ir* A_2 (caja 1) para satisfacer esta condición previa. Al haberse colocado detrás de la caja 1 y empujarla a la caja 2, el robot entonces aplica una secuencia de operador similar para empujar la caja 3 a la caja 2, con lo cual logra su meta. Aunque esta descripción es muy breve, la cantidad de búsqueda de gráfica de problema que efectúa el robot (computadora) para lograr su objetivo es bastante amplia. Pero debe recordarse que en su ejecución inicial de tales tareas el robot es muy semejante a un niño no educado.

Una vez que ha realizado varias veces esa y otras tareas similares, habrá aprendido una subrutina bastante general para recoger diversos objetos. La subrutina, un tanto parecida a una humana, se generalizaría a particulares tales como cuántos objetos han de recogerse, qué son los objetos y dónde están ubicados en relación con la posición inicial del robot. Fikes, Hart y Nilsson (1972) han investigado cómo ge-

neralizar o abstraer *secuencias* exitosas de *acción* lejos de particulares irrelevantes, mientras se capturan las variables importantes en cada caso. Por ejemplo, si un objeto está fijo, como el interruptor de luz en la figura 12.20, la pila de los objetos debe recogerse alrededor del objeto inmóvil.

El robot *SRI* se ha probado en una gran diversidad de áreas, los programas se han revisado en tareas más difíciles, y así sucesivamente en continuos ciclos de perfeccionamiento. El robot resuelve un cierto número de problemas; por ejemplo, y para enumerar algunos referidos a los arreglos de la figura 12.20: puede ir a una ubicación fijada en la otra habitación; puede apartar cualquier caja que bloquee el paso en una puerta; puede dirigirse a una habitación determinada y empujar una caja desde allí hasta otra habitación; accionar el interruptor de la luz al mover la caja más alta y colocarla debajo de aquél, subirse a ella, etcétera. Está en posibilidad de ejecutar una sorprendente variedad de acciones efectivas, y sus capacidades están en expansión. Se ha realizado una película interesante e instructiva acerca del proyecto *SRI*, que ilustra la variedad de problemas que el robot soluciona, y proporciona una explicación de las rutinas de análisis de escena y de la planeación que lleva a cabo el programa *STRIPS*. Este proyecto y los proyectos "mano-ojo" en *MIT* y en la Universidad Stanford se han mostrado muy activos al proponer problemas sustantivos y al lograr reveladores resultados en el campo de la inteligencia artificial.

Estos proyectos de robots son interesantes para los especialistas del aprendizaje porque atacan la totalidad de los problemas de la psicología en una empresa integrada: el robot debe aprender a ver, a clasificar objetos, a moverse y a girar; aprender secuencias de movimientos, aprender un mapa cognoscitivo de su ambiente, planear y ejecutar acciones eficientes dirigidas a una meta, y aprender a generalizar un grupo de secuencias de acción que tienen un objetivo común. Todo esto se desarrolla en un ambiente casi real. Una teoría fructífera del aprendizaje debe ayudar en la síntesis de ese robot de propósitos generales.

Planeadores inteligentes

Como solucionadores de problemas, el *STRIPS* y el *SGP* son toscos; para resolver un problema deben investigar un plan dado en sus *detalles más minuciosos*. Por ejemplo, si se le pide que decida si usted puede ir a ver una película esta noche, el *STRIPS* tendría que preocuparse por si usted es capaz de meter la mano en el bolsillo para sacar el dinero o si sus ojos operan de la manera apropiada. Antes de enfrascarse en los tediosos detalles de un intento específico de solución, ninguno de esos dos programas produce una estrategia global del problema. Si hay muchas acciones aplicables (operadores), cada una con múltiples condiciones previas, la búsqueda se obstruye muy pronto. Lo que se necesita es un dispositivo que permita planear una solución a niveles más generales de abstracción, ignorando todos los detalles estándar, y atendiendo sólo a las condiciones previas esenciales. Un programa de Sacerdoti (1974) llamado *ABSTRIPS* (por *STRIPS* abstracto) construye los planes de acción del robot exactamente de esta forma. Las condiciones previas de un operador de acción pueden ordenarse por rango en términos de su probabilidad de ser un problema; así, en nuestro ejemplo del cine, tener dinero para comprar el boleto se consideraría más problemático que el ser uno ca-

paz de sacarlo del bolsillo. El plan inicial del *ABSTRIPS* se formula exactamente para ocuparse de las condiciones previas más críticas para las acciones necesarias. Si tiene éxito en esto, utiliza dicho plan inicial como una estructura sobre la cual arma los subplanes diseñados para lograr aquellas condiciones previas (de las acciones en niveles de importancia sucesivamente inferiores). Ésta parece una simulación más real de la tendencia humana de planear a un nivel general, antes de preocuparse por los detalles.

El *ABSTRIPS* funciona muy bien con problemas para los cuales las submetas se logran independientemente, sin interacción, de modo que el problema global se soluciona agregando las contribuciones parciales. Desafortunadamente, muchos problemas reales no son aditivos en el sentido de que una submeta repercuta sobre una condición previa para otra submeta, o la impida. Un ejemplo se da cuando usted tiene dinero para adquirir una entrada para el cine, pero no el suficiente como para comprar un boleto de autobús y otro para el cine. Otro ejemplo se muestra en la figura 12.21: el estado inicial de las tres cajas es que la caja *C* se apila sobre la caja *A* y la *B* está sola. El estado meta a lograr es una pila con *A* en la cúspide, después *B* y por último *C* en la parte inferior. Las submetas estándar para un programa podrían ser colocar la caja *B* sobre la *C*, y *A* sobre *B*. Pero si el programa opera en cualquiera de estas submetas primeramente y por separado, la manera más directa de lograr alguna de las submetas evita la posibilidad de alcanzar la otra submeta sin un apoyo. (Por ejemplo, la submeta *B* sobre *C* podría lograrse directamente desde el estado inicial, pero eso deja a *A* en el lugar equivocado.) Sacerdoti (1975) ha programado un solucionador más perfeccionado que resuelve problemas no lineales atendiendo a las interacciones entre las submetas y solucionando conflictos entre metas. Por ejemplo, el programa observa si una acción da lugar a un estado que impida la ocurrencia de otra acción necesaria. Si sus submetas son pintar el cielo raso y la escalera, observará que pintar primero la escalera la dejará inútil para poder pintar el cielo raso, de modo que el programa ordena a las submetas que traten con esto. Con muchas de tales elaboraciones, el programa de Sacerdoti logró solucionar un rango de retadores problemas no lineales. Fahlman (1974) también ha diseñado un planeador inteligente para resolver problemas no lineales en las construcciones geométricas. Aunque estos programas parecen sumamente valiosos para las pruebas psicológicas, en la actualidad no hay comparaciones minuciosas de las predicciones de estas teorías planeadas con detalle observados de la conducta humana de solución de problemas. Un principio de tales comparaciones se encuentra en el trabajo de *B*. Hayes-Roth y F. Hayes-Roth (1979) acerca de la manera en que los seres humanos planean un día

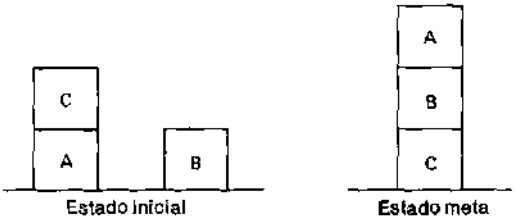


Figura 12.21. El problema consiste en transformar el estado inicial en el estado meta en tres movimientos sin deshacer ninguna acción. El problema tiene submetas no lineales.

de trabajos esporádicos y diligencias antes de ir a la ciudad. Cabe esperar que las observaciones de la planeación cotidiana se conviertan en un área de mayor interés para el estudio psicológico.

ESPECIALISTAS EN EL CONOCIMIENTO

Los esfuerzos anteriores (*SGP*, *STRIPS* y *ABSTRIPS*) exploran razonamientos poderosos o métodos de solución de problemas, pero éstos son muy generales. Así, Newell y Simon creen que el *análisis de medios y fines* tiene la generalidad suficiente como para surgir en múltiples dominios, ya sea al probar teoremas lógicos, al encontrar un camino para llegar a casa, o al resolver rompecabezas o acertijos. Una tendencia contraria que se ha popularizado en el campo de la inteligencia artificial, se ciñe al punto de vista de que la solución de problemas raras veces es una habilidad general, que un solucionador experto se desempeña con eficiencia en su especialidad porque posee un gran caudal de conocimientos acerca de problemas específicos en ese dominio, en lugar de disponer de un método de razonamiento considerablemente eficaz. Esta visión se sugirió en los estudios de Chase y Simon (1973) acerca de las habilidades de reconocimiento de patrón de los maestros de ajedrez. Desde esta perspectiva, la manera de simular la solución de problemas consiste en escoger un problema aplicado (como un diagnóstico médico), obtener de un especialista los conocimientos pertinentes que posee, escribirlos en el programa como un conjunto de reglas para clasificar casos específicos, y dejar que el programa intente clasificar algunos. A continuación se analizan los errores del programa, se agregan algunas reglas o patrones, se especializan otros, y se vuelve a recorrer el ciclo a través de las fases de probar y después evaluar. A la postre, con la ayuda de varios especialistas, la experiencia con los casos de prueba, y el ingenio teórico para mejorar y sintetizar múltiples fuentes de evidencia, uno debe desarrollar un solucionador de problemas bastante eficiente en un dominio específico.

Exactamente esta estrategia es la que han seguido E. A. Feigenbaum y sus colaboradores en el Proyecto de programación heurística (Heuristic Programming Project) de la Universidad Stanford (Feigenbaum, 1978). Con la ayuda de expertos, estos científicos de la computación desarrollaron y revisaron programas que resuelven problemas difíciles, en un número de dominios específicos. Un programa (*PUFF*) efectúa diagnósticos de pacientes con posibles desórdenes pulmonares. La entrada al programa consiste en una serie de exámenes médicos y mediciones que incluyen, por ejemplo, la tasa y el volumen de la corriente de aire cuando el paciente respira por un tubo. Asimismo, se tienen en cuenta datos importantes de su historia clínica, como su edad y la cantidad de cigarrillos que fuma. El *PUFF* considera tales datos y elabora un diagnóstico que especifica si los pulmones o las vías respiratorias son normales o si están restringidos, y señala el probable tipo de enfermedad (como bronquitis o enfisema). El programa elabora su diagnóstico clasificando las numerosas mediciones de entrada en varias fases, usando alrededor de 55 reglas de *SI-ENTONCES* reunidas por expertos. Las reglas estipulan básicamente que *si* se obtiene un cierto patrón de mediciones médicas, *entonces* se justifican ciertas deducciones y consejos. Las reglas de inferencia pueden disponerse en una red para arribar a una conclusión en etapas. Por ejemplo, algunas medi-

ciones médicas iniciales pueden sugerir la necesidad de tomar otras antes de que proceda el diagnóstico. Las 55 reglas en el *PUFF* se lograron con la ayuda de un fisiólogo pulmonar y un científico de computación que estudiaron cerca de 100 pacientes, algunos normales y otros con diversos desórdenes; el fisiólogo debía explicar verbalmente las numerosas fuentes de información que consideró y las reglas de inferencia probabilística que se utilizaron. Después del conjunto de entrenamiento de 100 casos, el *PUFF* fue "comprobado" al comparar sus diagnósticos con los de fisiólogos expertos en 150 nuevos casos. El consenso fue de 90 a 100%, según la severidad de los criterios para la igualación. Esa fue una ejecución impresionante, ya que el programa igualó diagnósticos de médicos clínicos experimentados en un ambiente de tara difícil.

Otro programa "experto" exitoso es el *MYCIN* (Shortliffe, 1976), que diagnostica infecciones en la sangre y meningitis, y prescribe los tratamientos adecuados, por lo cual es un buen auxiliar para el médico. Al igual que en el *PUFF*, el conocimiento del *MYCIN* está contenido en un gran número de reglas que sugieren relaciones probabilísticas entre un conjunto de síntomas y una enfermedad. Una regla típica es la siguiente:

Si: 1. el lugar del cultivo es la sangre, y,
2. el colorante del organismo es gramnegativo, y
3. la morfología del organismo es de bastoncillo, y
4. el paciente es el huésped

Entonces: hay evidencia que sugiere (0.6) que la identidad del organismo es *Pseudomonas aeruginosa.*

Tales reglas se elaboraron con la ayuda de médicos patólogos y cada una tiene un "factor de certeza" vinculado a ella. El programa *MYCIN* intenta rastrear hacia atrás las cadenas de inferencias a partir de varias enfermedades bacterianas hasta los síntomas médicos observados, y calcular la fuerza o probable validez de cada cadena de razonamiento. El programa puede identificar varias bacterias ofensivas y prescribir los medicamentos para cada caso, así como imprimir la cadena de razonamientos que conducen a cada conclusión. La huella permite al tutor del programa agregar o modificar las reglas, cuando el programa se acerque a decisiones inadecuadas. Después de entrar al *MYCIN* con muchos casos, sus decisiones en un nuevo conjunto se juzgaron tan acertadas como las de los expertos en el 90% de los casos.

El proyecto más impresionante del grupo de Feigenbaum es el *DENDRAL* y su complemento, el *META-DENDRAL*. Se trata de un programa que enumera las estructuras moleculares de compuestos químicos que pueden haber causado un espectrograma específico. Un espectrógrafo de masa dispara una lluvia de electrones sobre un compuesto, y hace que las moléculas se rompan en vínculos particulares; este procedimiento origina fragmentos que tienen una cierta masa o peso molecular. El espectrograma de masa es una gráfica de barra de la abundancia relativa de cada fragmento molecular, trazada en comparación con la masa de fragmento. A partir de esos datos y de una teoría de la forma en que las moléculas se descomponen en fragmentos, un químico hábil puede adelantar una adecuada

conjetura acerca de la estructura molecular del compuesto desconocido. El *DENDRAL* se diseñó para simular la hipótesis educativa de ese químico. De la química se obtuvo un elevado número de reglas de fragmentación, las cuales pudieron probarse. La regla típica muestra cómo un compuesto particular, caracterizado por una estructura molecular específica, es propenso a separarse. Una regla simple para un átomo de nitrógeno vinculado con una cadena de tres átomos de carbono es la siguiente:

$$(N{-}C{-}C{-}C) \rightarrow N{-}C//C{-}C$$

donde la ruptura se indica por el corte, y el fragmento *N-C* a la izquierda tendría su masa registrada. Esta regla se aplica a diversos lugares en una molécula grande.

Usando el espectograma de masa como datos de entrada, una parte del *DENDRAL* genera un gran conjunto de estructuras moleculares particulares; entonces utiliza su conocimiento de los datos y las restricciones específicas, mediante las reglas de fragmentación, a fin de reducir el número de estructuras admisibles. Cada estructura que permanece se evalúa simulando el espectrograma que produciría y comparándolo con el observado. Después de evaluar de este modo un conjunto pequeño de estructuras plausibles, el *DENDRAL* imprime una clasificación de las cuatro o cinco estructuras moleculares superiores para la molécula desconocida. El *DENDRAL* se ha programado apenas con las reglas suficientes para tratar con clases limitadas de compuestos químicos (aquellos de interés especial para los diseñadores). Dentro de ese campo, su ejecución al interpretar espectrogramas suele ser más rápida y exacta que la ejecución humana experta, lo que constituye un logro en verdad notable.

Al perfeccionar el programa *DENDRAL* para tratar con casos nuevos, muchas veces los químicos se vieron obligados a volver a pensar o a conjeturar nuevas restricciones acerca de la fragmentación o la migración del átomo a lo largo de fragmentos; al hacerlo, lograron algunos descubrimientos en la química teórica. Como desarrollo posterior, el *META-DENDRAL* se diseñó para integrar sus propias reglas de fragmentación molecular, e intentar la explicación de un conjunto de datos básicos, pareando las estructuras moleculares conocidas con sus espectrogramas de masa. Para limitar la búsqueda de reglas útiles, desde el comienzo se estipuló un conjunto débil de restricciones, incluyendo, por ejemplo, aquellas que establecen que los vínculos dobles y triples no se separan, que sólo los fragmentos mayores que dos átomos de carbono aparecen en los datos, etcétera. Dado un par molécula-espectrograma (alrededor de 100 números de masa), el *META-DENDRAL* generaría reglas para separar esa molécula a fin de producir el espectrograma; entonces las comprobaría y revisaría, a medida que trata con más y más pares. A la postre establecería un conjunto coherente y muy predictivo de reglas de fragmentación; en realidad, muchas de las que los expertos han sugerido en la construcción del *DENDRAL*. Cuando empezó a analizar los espectrogramas de una nueva familia de moléculas anilladas complejas, para las cuales la teoría espectral de la masa aún no se había desarrollado, el *META-DENDRAL* descubrió conjunto de reglas para cada subfamilia química. Además, los expertos juzgaron a los conjuntos de reglas como científicamente válidos, y esos conjuntos han entrado al campo de la química teórica (para un sumario, véase Buchanan y Mitchell, 1978).

El *META-DENDRAL* es un "aprendiz" en el sentido más creativo del concepto. A partir de restricciones relativamente débiles de las reglas que busca, induce unas más específicas mediante el uso de datos en un ciclo de "generar-probar-evaluar-perfeccionar", mejorando y modificando progresivamente sus reglas de fragmentación. Los diseñadores del programa no sabían con antelación exactamente qué reglas descubriría el programa. El hecho de que el *META-DENDRAL* se enseñara a sí mismo a ser un experto nos demuestra cómo los datos de entrada pueden restringir la clase de teorías aceptables. Su éxito también nos habla acerca de la eficiencia de los mecanismos de generación y evaluación de reglas.

El éxito práctico de tales proyectos de ingeniería del conocimiento sugiere que la maestría se basa en un gran volumen de conocimientos relevantes que se organizan para un uso eficiente, y no necesariamente en métodos profundos de razonamiento. Ninguno de los solucionadores de problemas de propósito general como el *SGP* o el *STRIPS* tiene esperanzas de alcanzar el éxito del *MYCIN* o del *DENDRAL*. Por supuesto, sus diseñadores tenían en mente diferentes objetivos.

Estos programas especializados se escriben como sistemas de inferencias basados en reglas. Su conocimiento de operación está contenido en un gran número de reglas *SI-ENTONCES* llamadas *producciones*, las cuales establecen que si surgen algunas condiciones antecedentes, entonces pueden emprenderse ciertas acciones o decisiones consecuentes. Las producciones son similares a los pares de estímulo-respuesta, a excepción de que la condición de estímulo puede ser un patrón complejo, y la acción una serie de acciones internas o cambios de estado, así como respuestas manifiestas. Las producciones también pueden contener variables y funciones (por ejemplo, "si la edad es inferior de 30 años"), mientras que el eslabón *E-R* no se concebía en un sentido tan general.

Muchas teorías recientes de la simulación están escritas como sistemas de producciones. La idea básica es que en la memoria de largo plazo exista un conjunto de reglas (pares de situación-acción), que los datos entren en la memoria de corto plazo, y estos datos activos seleccionen y causen el disparo de ciertas producciones, tal vez para dar lugar a respuestas externas o a la adición de nuevos datos a la memoria de corto plazo. El sistema recorre una serie de ciclos de *reconocimiento-acción*, mediante lo cual alguna producción reconoce los datos y dispara una acción, que inicia el siguiente ciclo, y así sucesivamente. El modelo parece apropiado para tratar con los flujos de pensamiento o con las secuencias de la conducta, donde el contexto más el evento de la última idea (o dato de acción) activa la asociación al siguiente pensamiento o acción. Al parecer, las producciones constituyen una forma natural de representar y modelar *procedimientos* mentales como el de sumar dos números de tres dígitos. También proporciona un medio para explicar los procesos que sustentan los modos habituales de pensamiento que se observan en pacientes deprimidos o paranoicos. En trabajos independientes, Newell (1973) y J. R. Anderson (1976) opinan que los sistemas de producción forman un medio natural para los modelos de procesos cognoscitivos.

PROGRAMAS DE PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE

Los seres humanos no adquieren la mayor parte de su información útil mediante la acción, sino porque se les dice. Una parte considerable de la enseñanza se basa

en impartir información a través de la instrucción. Nuestros conocimientos de los asuntos cotidianos en gran medida provienen de leer o escuchar noticias, o de oír rumores. El medio que permite todo este aprendizaje es el lenguaje; por consiguiente, los psicólogos que estudian el aprendizaje deberían interesarse en los detalles de la forma en que la gente aprende a partir de las cosas que se dicen. Se ha afirmado que una capacidad de los seres humanos que los diferencia de otros animales es su competencia en el uso del lenguaje: leerlo o escucharlo, comprenderlo, utilizarlo para pensar e inferir, y producirlo en el habla y por escrito. El modelamiento de estas capacidades es en la actualidad el proyecto más formidable al que se enfrentan quienes trabajan en los campos de la simulación y la inteligencia artificial. La magnitud del problema ha llevado a fraccionarlo en varias disciplinas separadas, cada una de las cuales ataca un aspecto distinto. Existen buenas revisiones generales de los problemas clave y las líneas de investigación, en Simmons (1970) y en los libros editados por Borko (1967), Minsky (1968), Schank (1975), y Simon y Siklossy (1972). A continuación veremos brevemente los cuatro campos por separado.

Traducción mecánica

Después de suministrar el texto a la computadora en un lenguaje (por ejemplo, ruso), la máquina tiene que producir una traducción aceptable en otro idioma (inglés). Debido a los múltiples significados y usos de una determinada palabra en ambos idiomas, un programa simple de búsqueda de diccionario no produce más que galimatías. Se requiere un análisis sintáctico y semántico (de significado), y esto es extremadamente difícil de suministrar. Alrededor de 1968, una conferencia de expertos acerca de las traducciones mecánicas llegó a la conclusión de que todos los esfuerzos basados en el análisis sintáctico y en la sustitución palabra por palabra había fracasado, y que este enfoque debía abandonarse. Es obvio que antes de que podamos traducir debemos comprender correctamente lo que se dice en el idioma original. Pero esto es de por sí un problema muy serio, de modo que los esfuerzos se han dirigido al diseño de programas que comprendan. La noción básica (por ejemplo, Schank, 1972) es la de poseer una base conceptual ("comprensión significativa") dentro de la que se traduzcan los enunciados y a partir de la cual se produzcan otros. Si la entrada y la salida se encuentran en lenguajes de superficie distinta, entonces tiene lugar la traducción. Uno de los mejores programas de este tipo (para inglés-francés) es el de Wilks (1973).

Recuperación de información

Imaginemos que una persona solicita todos los documentos disponibles acerca de algún tema particular (por ejemplo, "simulación del aprendizaje"). La máquina ideal, con su gran archivo de documentos y su lista de índices, determina el contenido de la petición y cuáles son los documentos que en verdad se requieren, los extrae de los archivos y los entrega (ya sea físicamente o en una lista de referencias). Además de comprender la solicitud, el problema aquí consiste en diseñar una clasificación adecuada y un sistema de índice, ya que los títulos de los artículos raras veces señalan la naturaleza de los temas que tratan. Otro enfoque es el de no

almacenar índices de títulos de documentos, sino tomar al texto completo como base de datos. Por ejemplo, las versiones iniciales del programa *PROTOSYNTHEX*, de Simmons y sus colaboradores (1966), comenzaron con el texto de la enciclopedia del *Golden Book* de los niños en la memoria, y las preguntas se contestaban al recuperar las oraciones pertinentes. El programa debe localizar en la memoria las oraciones que tienen la mayor parte de palabras en común con la solicitud, y ejecutar entonces algún análisis sintáctico para verificar si los vocablos comunes se encuentran en la relación gramatical correcta. De ser así, el texto seleccionado se produciría como respuesta. El problema con este enfoque es triple: primero, la solicitud y la oración meta pertinente en almacenamiento pueden estar expresados en paráfrasis diferentes, de modo que la igualación de palabra literal no logre identificar la respuesta; segundo, los vocablos pueden ser ambiguos y, de nueva cuenta, la simple igualación de palabra no necesariamente seleccionará pasajes textuales relevantes para el significado intencional del interesado (por ejemplo, una solicitud de información relativa a los "bancos" puede recuperar hechos acerca de los vuelos, construcción de pistas de carreras, o transacciones financieras); tercero, las preguntas generalmente piden inferencias o deducciones de una base de datos, en lugar de una simple emisión de información del almacén. Los programas que interpretan preguntas y establecen procedimientos de inferencia para computar respuestas se denominan sistemas de pregunta-respuesta. En muchos sentidos, son los programas más interesantes para los psicólogos.

Inducción gramatical

Ésta es un área de interés lógico que se refiere a la naturaleza aprendible de las reglas gramaticales de un lenguaje. El modelo determina esa corrección a partir de secuencias de palabras que juzga o no como gramaticales. La secuencia de palabras puede ir acompañada de alguna situación ambiental a la cual alude la "oración". La tarea es supuestamente un modelo de aquel que enfrentan los niños que deben aprender las palabras y reglas gramaticales de su comunidad lingüística, al ser expuestos a miles de expresiones. La tarea de inducción es muy difícil, ya que los datos de las oraciones no suelen ser por sí solos lo bastante extensos o cruciales como para distinguir entre un gran conjunto de gramáticas equivalentes. Además, pocos métodos de inducción son lo suficientemente consistentes para lograr una gramática correcta tan sólo al generalizar a partir de una muestra de expresiones. Este trabajo acerca de la sintaxis pura no parece producir resultados prácticos.

Un enfoque más prometedor es el de inducir una gramática partiendo de *pares* de entrada, que consisten en una oración superficial junto con un diagrama estructural de su significado en alguna base contextual (o perceptual). J. R. Anderson (1975, 1976), entre otros, ha demostrado formalmente que las reglas gramaticales simples son aprendibles cuando el programa de inducción tiene acceso a tales pares de significado superficial. Además, en experimentos de laboratorio, Moeser y Bregman (1973) probaron que los lenguajes artificiales en miniatura, compuestos por unas cuantas reglas gramaticales y sílabas sin sentido como "palabras", son aprendibles por los adultos solamente si las expresiones del nuevo

lenguaje se parean con la situación perceptual a la que se refieren. Las palabras sin sentido deben referirse consistentemente a partes del campo perceptual, y la organización sintáctica de las partes de la oración debe reflejar propiedades de la organización perceptual del campo visual. Sin embargo, trabajos posteriores sugieren que el aprendizaje puede acelerarse con sólo marcar las partes constitutivas de la secuencia de palabras mediante pausas o entonación.

En interesantes trabajos relacionados, Hamburger y Wexler (1975), y Wexler y Culicover (en preparación) han establecido un algoritmo de inducción que aprenderá un pequeño conjunto de transformaciones de oraciones que preservan el significado. Por ejemplo, si el modelo recibe en un momento una oración activa ("Juan atrapó el pescado"), una oración pasiva correspondiente ("El pescado fue atrapado por Juan") y una estructura de significado para ambas, el algoritmo deduce la forma general de la transformación activa a pasiva. No es una tarea sencilla, ya que la gran variedad de formas de oraciones encontradas requiere que el algoritmo presente conceptos intermedios de componentes gramaticales, como "frase verbal", "frase sustantiva que opera como objeto directo", etcétera. El trabajo de Wexley y sus colegas está muy vinculado con los desarrollos en la lingüística teórica, y ha descubierto importantes principios de la naturaleza aprendible de diferentes distinciones y reglas gramaticales.

Programas de comprensión y de pregunta-respuesta

Las áreas de comprensión y de pregunta-respuesta se tratarán juntas, ya que una de las pruebas estándar de la comprensión de una oración es que seamos capaces de responder preguntas que requieran del uso de información en esa oración. Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones mantiene estos dos énfasis un tanto separados, tal vez en detrimento del progreso en el área global. Los mejores programas de comprensión parecen ser precisamente aquellos que tienen un poderoso componente de inferencia y de pregunta-respuesta, junto con una base realista semántico-pragmática (Winograd, 1972; Schank, 1975*a*).

En la figura 12.22 aparece un diagrama de los componentes fundamentales de todos esos sistemas. El usuario (o el ambiente) inserta enunciados que son hechos, preguntas o instrucciones. Estos enunciados suelen constituirse en un subconjunto restringido del idioma, donde no se permiten tipos particulares de complejidades gramaticales. Un traductor o analizador intenta convertir el enunciado de entrada en una versión codificada que los procesos internos del programa pueden comprender y usar. Por supuesto, ésta es *la* principal dificultad. El análisis gramatical es el procedimiento mediante el cual los diferentes elementos de un enunciado se agrupan en una estructura lógica profunda, y se asignan entonces a algún significado y papel en la expresión. Veamos un ejemplo: una oración ordinaria como "el hombre que fue encolerizado por ello había convocado a los contaminadores" implica un conjunto complejo de relaciones sintácticas. El uso del artículo definido *el*, señala que la persona que habla tiene a un hombre y a unos contaminadores particulares en mente. Además, sabemos que el verbo principal es *había convocado* a pesar del hecho de que estas dos palabras están bien separadas en la oración. Además, sabemos que *convocado* ha de vincularse con *hombre* más que con el pronombre *ello*, que está más cerca del verbo. También sabemos que la

frase que comienza "quien..." es una cláusula relativa que modifica a "el hombre", y que ésta es una construcción pasiva que se extiende al verbo principal. La cláusula relativa misma es una proposición incrustada, que dice que "algo encolerizó al hombre". Por otra parte, sabemos que el uso de "ello" en la cláusula relativa se refiere probablemente a algún efecto adverso del acto de contaminar (hecho por los contaminadores), que ha encolerizado al hombre. Así, a un nivel *conceptual* la oración dice algo como "Algunas personas o instituciones contaminaron algo, lo cual fue la causa de que el hombre se encolerizara, e hizo que llamara a esas personas o instituciones"; presumiblemente, los llamó por teléfono para quejarse por la contaminación que provocaban. Aunque cualquier persona tiene el conocimiento tácito para ejecutar sin esfuerzo esas tareas de análisis gramatical, para inferir y agregar todas las piezas necesarias de información y sus conexiones, resulta demasiado difícil programar una computadora para que efectúe esto con una variedad amplia y general de oraciones. Los analizadores de sintaxis más exitosos son los programados por Woods (1970), que realizó algo parecido a una gramática de transformación chomskiana en una red de transición recursiva aumentada; por Marcus (1977), que es similar, y por Riesbeck (1975, 1978), que se fundamenta en reglas de producción que emplean palabras de contenido para construir representaciones significativas de oraciones.

Un problema básico para los analizadores de sintaxis es que no basta con buscar tan sólo los diversos significados y partes gramaticales del habla de las palabras en una oración, y entonces seleccionar combinaciones de acuerdo con su ajuste a un sinnúmero de marcos gramaticales estándar. Ese enfoque rápidamente "explota" en analizadores múltiples de la mayor parte de las oraciones. Veamos un ejemplo (citado por Quillian, 1968): una analizador gramatical inicial escrito por Kuno y denominado analizador sintáctico de paso múltiple-Harvard, dio 120 análisis gramaticales diferentes de la oración de definición: "Un *látigo* puede ser una vara con una cuerda o un trozo de cuero fijado en el extremo de la misma, usado para dar golpes a los animales de tiro, etc., o para castigar". ¿Cómo puede ser que un tonto analizador sintáctico vea 120 diferentes análisis gramaticales en esa oración, mientras que nosotros sólo vemos uno? Porque las palabras tienen múltiples significados y clases de formas sintácticas, según el uso que se haga de las mismas en la oración. Por ejemplo, la palabra "fijado" (*fixed*) en la definición puede ser un verbo o un

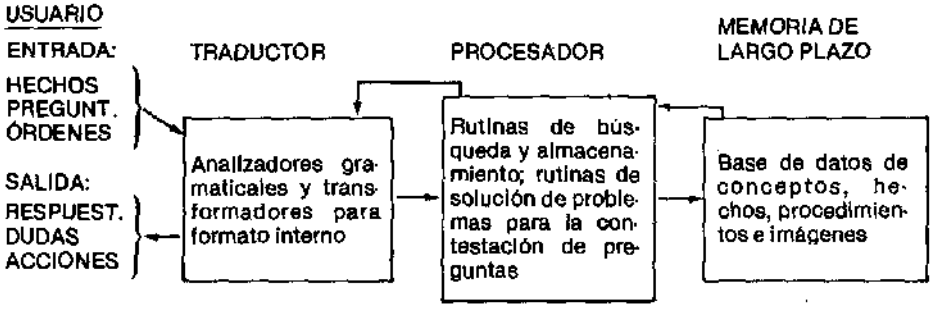


Figura 12.22. Principales componentes de un sistema de recuperación de hecho y contestación de pregunta.

adjetivo, y puede significar *reparado, alterado, adulterado, sobornado, arreglado o vinculado;* y "vara" (*stick*) puede ser un verbo, un sustantivo o un adjetivo, y tiene más significados. Los significados de las palabras se *multiplican* en las combinaciones de oraciones, y conducen a la absurda proliferación de interpretaciones múltiples de la oración.

Evidentemente, lo que se necesita es alguna forma de combinar los significados de varias palabras de una manera que tenga sentido. Y eso es lo que intentan hacer varios sistemas de análisis gramatical basados en la semántica. En los analizadores basados en la semántica, como los de Quillian (1968), Schank (1972) o Winograd (1972), la idea general es permitir que el contexto del discurso, así como los significados de las diversas palabras, actúen conjuntamente al lado de un analizador de sintaxis para determinar el análisis gramatical más probable y la interpretación de la oración. El sistema de análisis gramatical de Winograd es muy parecido al de Woods en el sentido de que existe una continua interacción entre la evaluación gramatical y la evaluación semántica (verificación del carácter significativo de un análisis gramatical provisional). El sistema de Winograd también difiere en el sentido de que gran parte del conocimiento que tiene en la memoria de largo plazo no está almacenado como hechos simples, sino como procedimientos o reglas para probar o inferir ciertas secuencias. Por ejemplo, en vez de almacenar directamente un hecho universal como "Todos los seres humanos son mortales", el sistema de Winograd lo almacenaría como un "teorema" etiquetado cuya interpretación es, a grandes rasgos: "Si yo quisiera demostrar que *X* es mortal, puede hacerlo al probar que *X* es un ser humano". El valor de esta representación reside en que facilita enormemente las inferencias, como el silogismo lógico propio de los estudiantes de segundo año: "Si Sócrates es humano, entonces Sócrates es mortal".

En algunos de los sistemas más poderosos de contestación de pregunta (por ejemplo, el sistema *QA-3* de C.C. Green y Raphael, 1968, y C.C. Green, 1969*a*, 1969*b*), la traducción va del inglés a las expresiones simbólicas en el cálculo predicado. Los hechos que el sistema conoce se tratan entonces como un conjunto de axiomas, donde una pregunta a contestar se considera como un teorema que se probará al aplicar las reglas de la inferencia a los axiomas (el hecho base). Por ejemplo, si conoce hechos como *IN* (Bill, automóvil), e *IN* (automóvil, garage), y *HAS* (Bill, joyas), entonces el *QA-3*, mediante ciertas inferencias permitidas por los predicados *IN* y *HAS*, puede probar que las joyas están ahora en el garage. La pregunta "¿Dónde están las joyas?" crearía un programa para encontrar una *X* tal que *IN* (joyas, *X*) sea verdad. El sistema *QA-3* de Green emplea el principio de resolución de J. A. Robinson (1970) para derivar mecánicamente el teorema (contestación a la pregunta) a partir del sistema de axiomas (el conjunto de hechos conocidos). Aunque las técnicas de resolución sean poderosas herramientas de derivación en la lógica, son ineficientes y no tienen parecido alguno con la manera en que la gente razona a partir de una base real.

Como hemos señalado, uno de los programas de lenguaje más impresionantes es el que ideó Winograd (1972). Su sistema maneja un discurso acerca de un "mundo de juguete" compuesto por una tabla de mesa sobre la cual hay cubos y pirámides de madera de diversos tamaños y colores, y una caja grande en la que pueden colocarse objetos. El programa de discurso acciona una "mano mecánica" que puede tomar cubos y moverlos. El programa tiene un número de predicados primitivos para describir su mundo visual, y las acciones que puede ejecutar en

relación con ese mundo de cubos. Su enfoque para resolver problemas de manipulación de cubos usa el lenguaje *PLANNER*, que permite una fácil formulación de submetas repetitivas, de modo muy parecido a como lo hace el programa *STRIPS* examinado anteriormente. Así, al dar la instrucción de *Asir* (cubo *B*1), el programa de Winograd verifica ciertas condiciones previas: "¿ya está la mano asiendo a *B*1? ¿Puede tomarse *B*1? ¿Está la mano cogiendo otra cosa? De ser así, deshacerse de ese objeto al encontrar un espacio libre en la mesa y colocarlo allí. ¿Está libre la parte superior de *B1*, de modo que la mano pueda asirlo? De no ser así, librar la parte superior de *B*1. ¿Cómo? Al encontrar algún espacio libre sobre la mesa, y..." Este tipo de programa recursivo de rutinas de acción para resolver manipulaciones con cubos se lleva a cabo con extraordinaria eficiencia.

El programa de Winograd es ejemplar al combinar varias fuentes de información para presentar un análisis gramatical correcto y la comprensión de una oración. Las tres fuentes son: 1. reglas y expectativas sintácticas; 2. reglas de significado semántico para decidir qué combinaciones son razonables, y 3. el componente de inferencia-deducción, que busca las referencias de expresiones oscuras. El trabajo de estos tres componentes es coordinado, y pasan sus resultados o análisis parciales de atrás hacia adelante mientras obtienen la interpretación de una oración. Por ejemplo, después de que el programa acaba de escoger un pequeño cubo de madera de una mesa llena de cubos, pirámides y cajas, la siguiente oración que ve es ésta: "Encontrar un cubo que sea más alto que el que usted sostiene, y colocarlo dentro de la caja". El sistema debe deducir que ésta es una orden para hacer algo, saber qué cubo sostiene, y saber que "lo", como pronombre enclítico adosado a "colocar" se refiere al cubo (si hay alguno), que el componente de deducción decide que es más alto que el que se sostiene en ese momento. El componente de sintaxis nos dice que "ese es más alto..." es una cláusula relativa restrictiva que modifica a la frase del sustantivo principal, y las partes de semántica y de deducción infieren que requiere de operaciones de comparación, "... es más alto que...", y ejecuta el conjunto de comparaciones necesarias para encontrar un cubo más alto en la mesa. El programa de Winograd era particularmente eficiente para deducir la referencia en contexto de pronombres como *uno* o *ello*, que pueden aludir a objetos, atributos, acciones o episodios. El programa realiza interpretaciones razonables en parte debido a que tiene conocimientos acerca de la situación del mundo de cubos a que se enfrenta; como resultado, muchas expresiones que por lo común serían ambiguas pierden tal carácter en este restringido contexto. El programa de Winograd demostró lo que podría hacerse si un programa opera en un mundo en miniatura donde todas las cosas poseen un nombre y lugar definidos y siguen reglas simples de la física.

Al llevar a cabo una serie de acciones y submetas a lo largo del camino a fin de ejecutar una orden, el programa de Winograd almacena un registro explícito de la secuencia de eventos de nivel intermedio. Este registro es muy útil para eliminar la ambigüedad de las referencias anafóricas o pronominales, en donde las oraciones posteriores hacen referencia a los eventos anteriores de un modo opaco. Por ejemplo, después de que al programa se le dice que escoja y mueva un cubo, luego que cuente el número de objetos que hay sobre la mesa y no en la caja, se le pregunta: "¿Es, al menos alguno de ellos, más estrecho que el que te ordené que escogieras?" El problema aquí —que el programa de Winograd resuelve— consiste en comprender que el pronombre "ellos" se refiere a los objetos enumerados

previamente. También tiene un registro de qué cubo se le dijo que escogiera antes. Al recuperar las mediciones del cubo, el programa las compara con las de aquellos que no están en la caja, encuentra uno más estrecho, y entonces produce la respuesta: "sí, el rojo". Esta memoria de corto plazo del evento permite al programa resolver ambigüedades de referencias y contestar preguntas acerca de por qué o cómo se produjo algún estado de cosas. En suma, el programa puede recitar su autobiografía; tiene una rica variedad de capacidades de realización de inferencias y esto le permite, por ejemplo, responder a complicadas preguntas acerca de una escena visual.

Análisis de dependencia conceptual

Roger Schank (1972, 1975*a*) y sus colaboradores (Schank y Abelson, 1977) idearon un enfoque muy interesante de la comprensión del lenguaje. Schank cree que el análisis del significado conceptual debería ser de interés primordial en la elaboración de programas para el análisis gramatical y para comprender y responder preguntas. Ha intentado desarrollar un sistema de conceptos básicos que sustentan a los verbos de acción, un conjunto de reglas para indicar cómo diferentes categorías de conceptos (como ACTOR, ACTO, OBJETO, ATRIBUTO) pueden depender unos de otros, y los métodos para trazar mapas de oraciones dentro y fuera de estas estructuras de significado.

Los términos básicos en el nivel conceptual son: *conceptualización* (es decir, un pensamiento completo), *objetos físicos* (llamados productores de ilustraciones, *PI*), *tiempos*, *ubicaciones* y *actos*. Schank también postula un número de reglas conceptuales como estas: *PI ejecuta actos*, *PI tiene atributos*, *los actos tienen objetos*, *los actos pueden tener instrumentos y dirección*, *los actos pueden causar otras conceptualizaciones*. Veamos un ejemplo: "John fue a la ciudad en su bicicleta", donde "John" es el actor, "fue" es el nombre de una acción sustentadora primitiva denominada *transferencia física*, "a la ciudad" es la dirección de la transferencia, y "bicicleta" es el instrumento usado en esa acción.

Las conceptualizaciones también pueden relacionarse unas con otras. Una relación importante es la causalidad, donde una cosa es la causa de otra. En muchos idiomas, la relación causal entre dos conceptualizaciones en ocasiones se comprime en una sola palabra llamada un "verbo causativo". Así, "John *mató* un mosquito" puede entenderse conceptualmente como "*John hizo algo que* CAUSÓ que el mosquito cambiara su estado de vivo a muerto". Mediante tales análisis de significado, Schank espera explicar la cercanía de significados de términos como matar, morir; comprar, vender; enseñar, aprender; causar, resultar; convencer, persuadir, etcétera. Además, cree que su "nueva redacción conceptual" de oraciones hace más fácil hallar implicaciones de determinadas declaraciones. Así, si aprendemos que John mató un mosquito, podemos preguntar (o estar preparados para aprender) cuándo y dónde ocurrió este evento, qué medios o instrumentos usó para matar al insecto, cuál fue la causa que motivó que John actuara de esa manera, y qué posibles consecuencias siguieron.

Schank ha promovido la idea de que la comprensión de una oración implica que fácilmente podemos obtener inferencias de ella. La hipótesis es que cuando una persona aprende un hecho dado, al mismo tiempo adquiere automáticamente una

infinidad de implicaciones de ese hecho. Esto es importante no sólo para responder preguntas acerca de la información que contenga la oración, sino también para determinar la forma de interpretar oraciones posteriores en un texto. Un programa inicial de Reiger (1975), colaborador de Schank, obtuvo hasta 18 variedades de inferencia de un solo aserto. Este programa generaría ondas sucesivas de inferencias hacia atrás y hacia adelante en el tiempo, a partir del evento descrito en la oración. Por ejemplo, si el programa de Reiger escucha: "John le pegó a Bill porque Bill le dio calabazas a Mary", haría inferencias como éstas: John tiene una mano, el puño de John entró en contacto con el cuerpo de Bill, Bill rompió una relación romántica con Mary, esto hizo que Mary se sintiera triste, a John le agrada Mary, la tristeza de Mary molesta a John, John quiere castigar a Bill porque las acciones de Bill hicieron que Mary se sintiera triste, la tristeza de Mary antecedió a que John le pegara a Bill, Bill posiblemente esté lastimado, es probable que Mary se sienta mejor al ver que John castigó a Bill, Mary tal vez ahora le esté agradecida a Bill, etcétera. A medida que se obtiene cada inferencia, el programa de Reiger podría preguntar: ¿qué causó eso?; ¿qué deberá pasar a continuación?; ¿qué condiciones físicas y psicológicas eran necesarias para que ocurriese eso? El programa de Reiger simplemente redondea muchas de las cosas que "conoceríamos" o conjeturaríamos después de haber escuchado ese enunciado. Desafortunadamente, esto conlleva un gran número de implicaciones. La mayor parte de ellas no están garantizadas por el significado de diccionario de las palabras en el aserto, sino que son sugeridas por nuestro conocimiento extralingüístico acerca de los asuntos humanos y la situación física. La relevancia del programa de Reiger para el teórico del aprendizaje reside en que explica en detalle una concepción de "lo que se aprende" una vez que una persona acepta un hecho simple.

Encadenamiento causal en el texto

Schank (1975*b*) argumentaba que el aserto no activa todas estas implicaciones, sino que sólo se obtienen aquellas inferencias necesarias para vincular esta oración con eventos posteriores en el discurso. Así, si después del evento del golpe la oración siguiente es: "Mary dio las gracias a John", Schank supone que el oyente construye un puente inferencial para vincular el incidente anterior del golpe con el incidente de dar las gracias. Esto pasaría por las inferencias de "venganza" acerca de lo complacida que estaba Mary al ver a Bill castigado. Schank sostiene que el lector es consciente sólo de aquellas inferencias particulares que unen declaraciones *en cadenas causales de eventos con mucha exactitud que recordará haber hecho mientras leía el texto. Thorndyke (1976) ha informado de evidencia psicológica que apoya esta conjetura.*

Schank (1975*d*) generalizó la noción del encadenamiento causal de eventos para predecir lo que sería críticamente importante y memorable en una historia corta. Al conectar un evento con otro, al observar la forma en que el primero *permite* o *causa* al segundo, el lector podría extraer la secuencia esquemática de acción en la historia. Considérese la narración simple y su cadena causal abreviada que aparecen en la figura 12.23. Los eventos se vinculan por relaciones de facilitación o causales, y en ese orden ocurren en la historia. Según Schank, esa es la espina dorsal de la historia, y estos hechos son los que se recordarán más nítidamente. La hipótesis de Schank establece que si elaboramos detalles alrededor de cualquier nodo simple (por ejemplo, la dificultad de John para ir a buscar la segadora mecánica o

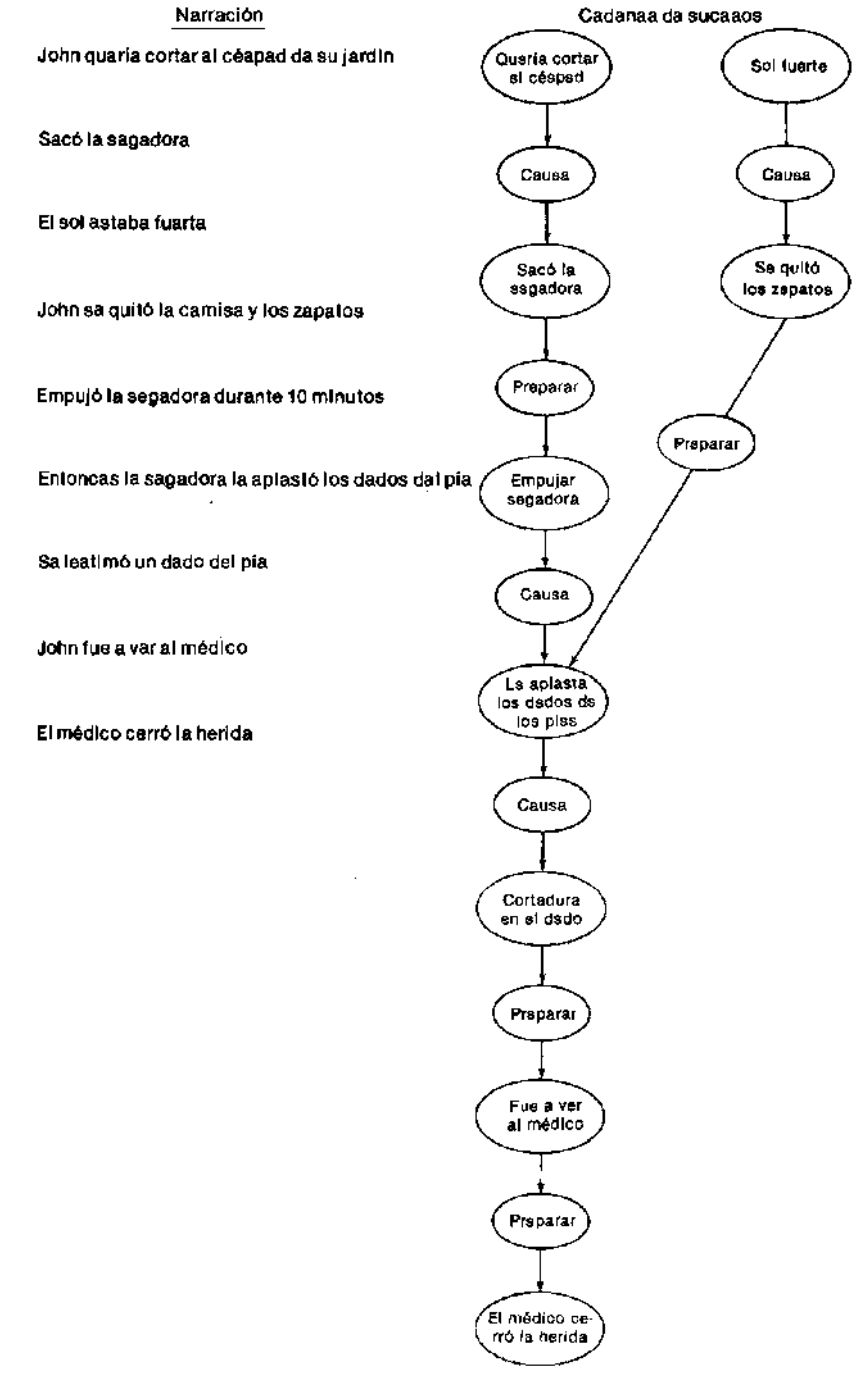


Figura 12.23. Narración de un suceso simple y su análisis en cadenas causales dependientes, de acuerdo con el sistema de Schank.

los eventos rutinarios mientras siega el pasto), tales detalles no entran en la cadena principal de eventos, y por eso el lector los olvida rápidamente. En el trabajo experimental, J. Black y Bower (1980) descubrieron que dichas cadenas causales de eventos son predictores muy exactos acerca de qué declaraciones, dentro de narraciones breves, serían recordadas por grupos de lectores universitarios.

Basta con una pequeña consideración para observar que un gran porcentaje de las inferencias necesarias para vincular declaraciones de textos las proporcionan la información extralingüística, el conocimiento del lector acerca de las situaciones sociales y físicas, y los eventos que se describen. Así, podemos vincular el hecho de sacar la segadora mecánica porque sabemos que eso permite la acción de cortar el césped, que es la meta de John. Si entendemos la frase "sacar la segadora mecánica" no debido puramente a reglas lingüísticas, sino porque estamos familiarizados con la situación, podemos dividir el texto en sus componentes; es decir, las condiciones que permiten la acción hacia la meta.

Comprensión de las metas y de los planes

En un trabajo posterior, Schank y Abelson (1977) se concentraron en el análisis de narraciones que describen episodios humanos en términos de las metas del carácter, los planes probables a los que conduce y las acciones que el plan motiva. Un texto que describe partes de la secuencia de meta-plan-acción puede comprenderse al inferir otras partes, que ayudan a vincular las piezas dispares del texto. A menudo estas conexiones se oscurecerían si no comprendiéramos la meta y el plan que las sustenta. Consideremos varios ejemplos:

1. Willa estaba en París y tenía hambre.
   Tomó la guía Michelin.
2. Mary vio una tormenta que se aproximaba.
   Cerró las ventanas de su casa.
3. El drogadicto Jack estaba desesperado por una inyección.
   Consiguió una pistola y fue a una tienda de licores.

Piense el lector durante un momento en la forma en que comprende esas viñetas. En la primera, sabe que Willa no se va a comer la guía Michelin, sino que ésta es un instrumento para encontrar un restaurante. En la segunda, sabe que las tormentas no cierran automáticamente las ventanas, sino que una meta normativa de Mary (es decir, tener las habitaciones secas) se ve amenazada por la tormenta, y cerrar las ventanas evita que las habitaciones se mojen. En la tercera, el lector sabe que Jack no obtendrá una inyección con su pistola o en una tienda de licores, sino que lo más probable es que use el arma para asaltar la tienda y conseguir dinero para comprar drogas. En parte, sabemos eso debido a nuestro conocimiento de las tiendas de licores, de por qué las personas desesperadas consiguen pistolas, y del argumento del "asalto a la tienda de licores", que es casi un cliché en el crimen estadounidense moderno. Schank y Abelson (1977) y su discípulo Willensky (1978) desarrollaron un programa que "comprende" un cierto número de esas viñetas simples. Lo logran al inferir una meta para el personaje y al suponer que cada acción se ciñe a un plan para alcanzar esa meta. La diversidad de situaciones

y de complicados enredos motivacionales que el programa de Wilensky puede comprender es en verdad impresionante. El programa lo consigue al usar un amplio conjunto de inferencias acerca de las motivaciones humanas, la forma en que los motivos se complementan o entran en conflicto unos con otros, la manera en que se diseñan los planes para vencer obstáculos y lograr consecución de un objetivo, y el modo en que las acciones adquieren su significación gracias a su papel en el plan del personaje.

Si una secuencia particular de meta-plan se utiliza repetidas veces en una situación estándar, Schank y Abelson suponen que se convierte en rutina para esa persona dentro de una actividad convencional que denominan *argumento*. Un argumento se refiere a una secuencia estereotipada de eventos o a una actividad como comer en un restaurante de moda, someterse a un examen médico, efectuar una llamada de larga distancia desde una cabina telefónica, asistir a una conferencia, etcétera. Mediante las experiencias directas y vicarias las personas de las culturas occidentales han aprendido planes de acción más o menos rutinarios para lograr sus metas en éstas y en cientos de situaciones más. Nuestro conocimiento acerca de tales actividades rutinarias interviene para comprender textos que se refieren elípticamente a ellas. Considérese esta viñeta mínima.

John fue a un restaurante italiano.
Ordenó lasaña
Le gustó y dejó una buena propina.

Los lectores tienen bastante más conocimientos acerca de lo que sucedió de lo que se declara en los enunciados. Este exceso de conocimientos se hace evidente cuando usted responde a preguntas relacionadas con la historia: ¿entró John al restaurante? ¿Se sentó? ¿Leyó el menú? ¿Habló con un mesero o una mesera? ¿Comió? ¿Qué? ¿Pagó por ello? Contestamos esas preguntas con rapidez al recurrir a nuestros conocimientos de los eventos prototípicos en el argumento del restaurante. Schank y sus asociados (1975) han escrito un programa, el *SAM*, que utiliza argumentos para rellenar las conexiones faltantes entre las líneas estipuladas en tales textos. Los experimentos de G. H. Bower, Black y Turner (1979) descubrieron que al recordar esas historias basadas en argumentos, las personas son particularmente propensas a recordar aquellos eventos del argumento que no están establecidos, sino los que éste implica con fuerza. Por ejemplo, en relación con nuestro texto anterior, el lector podría creer después de unos cuantos minutos que los enunciados estipulan que John comía lasaña o que pagaba la cuenta. Así, hay una clara evidencia psicológica de los procesos de relleno que el *SAM* postula.

En un desarrollo relacionado, Lehnert (1978), colega de Schank, escribió un complicado programa de pregunta-respuesta, experto en dar respuestas parecidas a las humanas a preguntas acerca de viñetas basadas en argumentos tales como el anterior, de John que ordena lasaña. El citado programa primero clasifica a las preguntas en una de seis categorías, y entonces convoca diferentes algoritmos de la búsqueda de memoria y construcción de respuesta, según el tipo de pregunta. De este modo, las preguntas simples de POR QUÉ acerca de las acciones, a menudo se contestan al buscar la submeta estereotipada a la que esa acción sirve en el argumento; por ejemplo, "¿por qué John leyó el menú? Porque quería ordenar la comida".

Varios de los métodos de contestación de Lehnert son muy ingeniosos. Uno de ellos es la noción de una *senda fantasma* de lo que podría haber sucedido, ya que muchas veces hay preguntas posteriores que se refieren a esto. Supóngase que alteramos nuestra viñeta de modo que después de que John ordenara lasaña, se le dijera que se había terminado; entonces pide escalopes de ternera. La orden-lasaña-entonces-falla-entonces-reordena-ternera es lo que Lehnert denomina un par de "interrupción-resolución". Cuando en la historia aparece uno de ellos, el programa construye una secuencia hipotética (o senda fantasma) de eventos que normalmente habrían ocurrido si la interrupción no se hubiera presentado. En el presente caso, esta senda fantasma contendría eventos como el que John ordenara y comiera lasaña. Más tarde, preguntamos al programa de Lehnert: "¿Por qué John no comió lasaña?" El evento de la pregunta no se encuentra en la memoria de la computadora de la cadena real de eventos, pero "John come lasaña" se equipara con la senda fantasma generada a partir del punto de interrupción. Cuando se encuentra esta igualación, el programa regresa a la interrupción que creó tal senda secundaria y da eso como respuesta. En este caso, la respuesta es: "Como en el restaurante se había terminado la lasaña, ordenó escalopes de ternera". Ésta es aproximadamente la respuesta que las personas dan a tales preguntas acerca de las expectativas fallidas.

El programa de Lehnert en muchos aspectos se equipara a las características de la contestación humana de preguntas, y constituye un logro en la simulación del procesamiento del lenguaje natural.

El lector no debe confundir las metas de proyectos como el *SAM* de Schank y el contestador de preguntas de Lehnert. Éstos se interesan en las capacidades generales de los seres humanos para redondear textos con inferencias fundamentales acerca de las situaciones, sus habilidades para interpretar preguntas, y encontrar o deducir respuestas. Creen que la mejor estrategia de investigación para comprobar sus ideas generales es modelar la comprensión y la contestación de preguntas en un dominio muy restringido, como los restaurantes, los viajes en autobús, los accidentes automovilísticos, las visitas diplomáticas o los actos terroristas, entre otros. El argumento del restaurante es un tipo de mundo de juguete o microcosmos para experimentar con ideas acerca de cómo construir sistemas de entendimiento parecidos al humano. Esa estrategia de investigación es familiar en otras ciencias (como en los esfuerzos de genetistas con los genes de las moscas o las bacterias intestinales), donde unas cuantas preparaciones se investigan intensivamente con la premisa de que los resultados se generalizarán a una gran variedad de casos. Así, al discutir la forma en que el *SAM* sabe que "John comió la lasaña", al mismo tiempo estamos discutiendo los mecanismos generales para resolver una de las metas más significantes de la psicología cognoscitivista: la construcción de un modelo del entendimiento humano.

DISCUSIÓN Y EVALUACIÓN

Una vez que hemos descrito varios modelos del procesamiento de la información que atañen a la teoría de la conducta, es útil puntualizar algunas de las ventajas y logros de este enfoque, así como ciertos problemas relacionados con el mismo. Primero abordaremos este último aspecto, ya que preferimos terminar la sección

con una vena positiva y abierta al futuro. Los principales problemas son los de la comunicación y evaluación del buen ajuste.

El problema de la comunicación

El vacío en la comunicación entre los simuladores por computadora y los psicólogos experimentales es muy serio, pero parece acortarse con el paso del tiempo. A pesar de las contribuciones de los desarrollos en la simulación por computadora, los psicólogos se han mostrado muy lentos en lo que toca a la adopción de las técnicas de simulación puestas a su disposición. Una razón de ese vacío en la comunicación estriba en la diferencia en historial, habilidades y lenguajes que existe entre los psicólogos experimentales y los científicos de la computación. Los programas de simulación se componen de secuencias de instrucciones excesivamente largas, con una gran saturación de complicados detalles. Todos estos programas están envueltos y codificados en un lenguaje especial adaptado a la comunicación con una computadora, y no con un psicólogo que no entiende nada del *LISP*. Como observa W. R. Reitman:

> ...La descripción de una versión reciente del programa Solucionador General de Problemas (*SGP*) de Newell, Shaw y Simon ocupa más de 100 páginas, y aún así cubre sólo los detalles esenciales del sistema. Es más, el simple examen del mismo presupone el conocimiento de un artículo anterior acerca del *SGP*, y nociones relacionadas con el lenguaje del procesamiento de información *V* (*LPI-V*), el lenguaje de computadora en que está escrito. Por último, el apéndice, que *nombra* tan sólo las rutinas y estructuras empleadas, consta de otras 25 páginas. A no ser que se esté familiarizado con sistemas parecidos, una minuciosa comprensión de las propiedades dinámicas de un modelo tan complejo presupone, sin lugar a dudas, gran experiencia con el programa en cuestión y con su salida (1964, pág. 4).

Adquirir destreza con uno o más de los lenguajes de procesamiento de lista insume mucho tiempo, de modo que resulta difícil para los científicos que tienen poco tiempo disponible a causa de sus actividades de investigación. En lugar de un aprendizaje prolongado con un programa de modelo y la computadora, el experimentador común depende de un intermediario que interprete el programa. Debido al incompleto conocimiento que un neófito tiene del programa, hay cierta incertidumbre en lo que se refiere a las suposiciones psicológicas de la teoría, o bien no puede captarse la importancia y naturaleza crítica de una u otra característica en la ejecución global, como el modo de codificar una subrutina particular.

Pero al parecer estos problemas han comenzado a solucionarse en el transcurso de los años, por tres razones. Primero, las nuevas generaciones de estudiantes graduados en psicología se adiestran en la ciencia de la computación, de manera que pueden escribir programas de simulación y comprender los que otros elaboran. Segundo, los mismos teóricos de la simulación (por ejemplo, Gregg y Simon, 1967) han señalado que la mayor parte de los programas son básicamente muy simples, y que su longitud es el resultado de instrucciones necesarias aunque psicológicamente irrelevantes para su manejo o gobierno. De acuerdo con este enfoque, los artículos publicados en los que se anuncian nuevos programas de simulación a menudo contienen grandes secciones de diagramas de flujo y descripción

de estrategias, procesos y operación básica de los mismos, todo ello en términos comprensibles para cualquier psicólogo. En principio, cualquier programador experimentado podría traducir tales descripciones de programas en un programa de corrida. Una tercera razón para la disminución del vacío en la comunicación es que los conceptos y metáforas del procesamiento de la información ya se han infiltrado en la psicología teórica y se han convertido en términos técnicos familiares (J. R. Anderson y Bower, 1973; P. H. Lindsay y Norman, 1972). El lenguaje del procesamiento de información (de los programas, subrutinas, decisiones condicionales, subproblemas y submetas recursivas, búsqueda mediante localizaciones, memorias asociativas) ha sido adoptado, en gran parte, especialmente por los psicólogos cognoscitivistas, como una analogía de la forma en que opera la mente. Como las teorías psicológicas se formulan cada vez más el idioma del procesamiento de información, la descripción de los programas de simulación es ahora un vocabulario familiar y comprensible para los psicólogos. Quizá más que cualquier otro indicador, esta adopción en masa de las metáforas del procesamiento de información dentro de la psicología teórica refleja el impacto fundamental del movimiento de la simulación por computadora.

Evaluación del buen ajuste

Otro problema importante asociado a las teorías de *simulación* por computadora (que pretenden ser modelos de la persona humana) reside en la evaluación de la bondad del ajuste del modelo o los datos. Primero, para los modelos complejos como el *SGP* o el *EPAM*, prácticamente no pueden probarse teoremas *generales* acerca de características específicas de la conducta de los mismos en situaciones particulares. En este aspecto, difieren de las teorías matemáticas (al menos de aquellas en las que se obtienen soluciones explícitas). Tales teoremas generales suelen ser ecuaciones explícitas de la forma: "si los estadísticos de los datos x_1, x_2, tienen valores conocidos, entonces los estadísticos de los datos x_3, x_4 deberán tener los valores $x_3 = f_1(x_1, x_2)$ y $x_4 = f_2(x_1, x_2)$". En gran parte de las teorías del procesamiento de la información, los resultados de una sola corrida de simulación tal vez no sean muy informativos acerca de las características *generales* de la conducta que el programa puede mostrar. Por lo tanto, deben hacerse muchas corridas de simulación, usualmente bajo circunstancias o parámetros del modelo que varíen ligeramente, con la esperanza de que puedan inferirse algunas propiedades generales de la conducta que éste exhibe al examinar la muestra de resultados. Newell y Simon observan el problema de la siguiente manera:

> ...Podemos estudiar el modelo empíricamente, explorando su comportamiento con variaciones de los parámetros y cosas semejantes. Pero hasta la fecha no hay un conjunto de teoremas y de medios generales de inferencia que nos permitan deducir propiedades generales del programa dado de forma simbólica. Casi ningún teorema interesante, en el sentido *matemáticamente* aceptado de la palabra, ha sido probado jamás sobre programas particulares (1963, pág. 375).

Mediante este método, la acumulación de conocimientos acerca de las capacidades específicas de un programa suele ser lenta. Como consecuencia de esta acumulación, el teórico a menudo no puede responder preguntas precisas en lo

que toca a su modelo, hasta que haya corrido su programa en esas condiciones específicas exactas. Así, la retroalimentación de información con frecuencia es muy retardada para el experimentador inquisitivo.

En lugar de los teoremas generales, hay dos métodos predilectos para comprobar la validez de un modelo de simulación de solución de problemas. Uno de ellos consiste en hacer que el programa "maneje" satisfactoriamente un cierto número de *casos especiales*, así como el programa de Winograd resuelve de forma correcta referencias particulares para *ello* o *uno* en contextos específicos de discurso. Otro método de comprobación apreciado es el de comparar directamente y paso por paso las declaraciones del sujeto mientras piensa en voz alta y los "razonamientos" correspondientes producidos por el programa de la computadora. La comparación con una sola huella de computadora del programa no basta si éste implica muchos elementos probabilísticos y, en consecuencia, muestra una conducta muy variable en diferentes carreras. Sin embargo, en los programas que emplean este método de "ajuste de protocolo" (la máquina de elección binaria de Feldman y el *SGP*), intervienen muy pocos o ningún elemento probabilístico; por lo tanto, siempre se obtiene la misma huella, dados los mismos estados de partida y las secuencias de los eventos experimentales.

A pesar de sus diversos méritos, la técnica de pensar en voz alta también tiene desventajas. A menudo deben corregirse las observaciones del sujeto, "analizarse en contenido" y codificarse en términos comparables a la huella de la computadora. Asimismo, debe asumirse que el sujeto omite decirnos o informarnos acerca de un número de procesos por los que está atravesando. Pero, ¿cuáles son? Puede argumentarse de modo plausible que el formato y el contenido de las declaraciones de pensamiento del sujeto en voz alta son en parte determinadas por reforzamientos incidentales y selectivos que proporciona el experimentador. Por ejemplo, en un protocolo publicado (Feldman, 1961) parecería que durante los ensayos iniciales el sujeto aprende qué tipos de declaraciones de pensamiento en voz alta aceptaba el experimentador. El efecto del reforzamiento casual (mediante la expresión facial, el tono de la voz, etc.) sobre la conducta en tales situaciones ambiguas está bien establecido (Krasner, 1958). Si se le presiona, un teórico *E-R* argumentaría que el contenido de las declaraciones de pensamiento en voz alta podrían considerarse como racionalizaciones de los efectos más primitivos de la selección automática de respuestas de acuerdo con los hábitos (¿producciones?) establecidos por la experiencia pasada. En este punto resulta relevante un inquietante experimento de Verplanck (1962), en el cual se demuestra que al reforzar sutilmente las respuestas motoras de un sujeto y el contenido de sus racionalizaciones verbales, estas dos respuestas podrían moldearse casi independientemente una de la otra, incluso hasta el punto de ponerlas fuera de fase.

Skinner (1969) proporciona una perspectiva esclarecedora acerca de varios procesos en la solución de problemas, incluyendo la habilidad (o incapacidad) de la persona para verbalizar todos los pasos en los que "piensa". Skinner también introduce una distinción muy útil entre la conducta "gobernada por reglas" —la cual es mediada por reglas explícitas (verbalizables)— y la conducta moldeada por una larga historia de contingencias de reforzamiento, que pueden ser "inconscientes, automáticas y no verbalizables". Un ejemplo es la discrepancia a menudo citada entre la manera en que los grandes maestros juegan al ajedrez y la forma en que dicen que lo hacen; un programa basado sólo en sus recomendaciones sería muy

parecido al de un aficionado. Como resulta obvio en estudios posteriores (Chase y Simon, 1973), los maestros de ajedrez han almacenado un gran caudal de conocimientos no verbalizados de "situación-acción" debido a que jugaron miles de partidas. Los antiguos programas de juegos contenían, en gran medidad procesos gobernados por reglas para la búsqueda y la evaluación, y muy poco del reconocimiento significativo de patrón. Sin embargo nada impide agregar a los programas de juego una gran memoria de patrón de ajedrez (Simon y Barenfeld, 1969), de modo parecido a como lo hizo Samuels con su programa del juego de damas.

Ericson y Simon (1978) han presentado un útil análisis de la validez de los protocolos de pensamiento en voz alta (que incidentalmente era un procedimiento recomendado por John Watson), las inferencias que garantizan y la forma en que se utilizan para comprobar teorías de la simulación de los procesos cognoscitivos. Estos investigadores distinguen los diversos tipos de informes introspectivos en uso según *cuándo* ocurra el informe acerca de las actividades mentales meta (ya sea durante la actividad mental, inmediatamente o mucho tiempo después de ella), y la *especificidad* de las instrucciones acerca de qué es exactamente lo que el sujeto informa (por ejemplo, dar una "descripción momento a momento" en contraposición a un "sumario general" de sus actividades). Señalan que los informes introspectivos de lo que el sujeto atiende o de la regla que emplea son muy exactos cuando se hacen en el momento, mientras que la "retrospección" posterior que depende de la memoria crea dificultades. Ericson y Simon argumentan que al utilizar los protocolos de pensamiento en voz alta para comprobar una teoría de simulación (por ejemplo, probar teoremas en la lógica), el teórico se vale de los informes introspectivos como indicadores de qué paso problema (o declaración) es el foco de atención actual del sujeto, pero que los comentarios de éste no contienen explícitamente las causas de su pensamiento. Podemos concebir al pensamiento como una secuencia de saltos a la manera de un niño que cruza un arroyo brincando sobre las piedras que hay en su cauce; por analogía, el pensador puede informar de su meta global y de sus submetas, y describir la "piedra" sobre la que acaba de saltar, aunque quizá sea bastante inexacto o sencillamente inconsciente de los procesos que sustentan el por qué de ese paso en ese preciso momento. Los investigadores también sostienen que una teoría de la simulación puede comprobarse auténticamente al notar sólo los estados problemáticos a los que la persona entra (por analogía, las piedras sobre las que cae), independientemente de su incapacidad para comentar con validez cualquier paso particular que dé. La teoría de la solución de problemas explica estos pasos, pero no necesitamos que el sujeto sea capaz de informar de los mecanismos causales de sus movimientos.

Superficialmente, el problema de la validación de una teoría de la simulación parecería menos grave con los procesadores del lenguaje; un programa analiza gramaticalmente una oración de como correcta o no, encuentra o no una referencia apropiada para un pronombre, contesta o no una pregunta de modo adecuado. Si falla en cualquier prueba, requiere modificación. Pero el problema se dificulta al comprender que los programas deben tratar por necesidad con una pequeña pero representativa muestra de palabras y limitadas construcciones sintácticas de entrada. Demostrar que el programa no logra tratar con oraciones que emplean palabras que no se le han enseñado no es una objeción válida, ya que esa objeción se subsana al aumentar el vocabulario del programa. Por lo común, los programas de lenguaje se elaboran para relacionarse con oraciones de ciertos tipos sintácticos, y

los ejemplares de estos tipos pueden usarse repetidas veces en el desarrollo del programa. El hecho de que el programa final trate exactamente con aquellos ejemplos tiene poco interés; al lector se le debe presentar alguna clase de pruebas o casos de generalización que le permitan evaluar el poder y la extinción de las variantes sintácticas o semánticas con las cuales el programa de comprensión de lenguaje puede relacionarse.

Al aceptar los diversos métodos de comprobación de los modelos de simulación, una característica común es que el modelo normalmente se compara con los protocolos de sólo uno o dos sujetos seleccionados de manera adecuada (por lo común personas brillantes y de buena articulación). De hecho, el programa puede escribirse para simular el protocolo de solución de problemas de un sujeto particular; el modelo usualmente difiere en pequeños detalles cuando se ajusta a distintos individuos. El argumento es que los individuos en realidad difieren, a veces considerablemente, e ignorar este hecho sólo conduce a conclusiones sin validez. Al construir un modelo, insertamos varios procesos o premisas generales, pero lo dejamos abierto en lo que respecta a un margen de procesos específicos posibles o sus parámetros, que pueden alterarse para modelar a un sujeto particular. Es de esperar que sólo sea necesario cambiar estos procesos marginales para hacer que el modelo se ajuste a otros sujetos. De modo análogo a un análisis factorial, el valor de la empresa de modelado depende de los valores relativos de los factores comunes (procesos generales), en relación con los factores específicos o únicos que se alteran para reducir los ajustes con diferentes sujetos. En la actualidad, los teóricos tienen que admitir que estos valores relativos son desconocidos.

Ventajas en la simulación

Concluyamos esta sección mencionando algunos logros, beneficios y ventajas del enfoque de la simulación. Ante todo el enfoque de la simulación ha sido un fuerte antídoto contra la tendencia esencialmente analítica que por lo general ha caracterizado a la psicología experimental. La labor de un científico se queda a medias cuando ha realizado una descomposición cuidadosa, analítica, de un fenómeno conductual. Una fase de igual importancia —y que a menudo se descuida— consiste en demostrar cómo reconstruir o sintetizar la conducta a partir de esas unidades analíticas. Si la conducta es compleja, se tiene toda la razón para exigir una síntesis (un modelo) que englobe adecuadamente los fenómenos que intenta explicar. La computadora es una herramienta que nos ayuda a probar que nuestra teoría especifica las partes suficientes, junto con los detalles necesarios acerca de las reglas exactas de operación que determinan su comportamiento. En el modelo no puede haber suposiciones ocultas o implícitas; si no está escrito explícitamente en el programa, la computadora imprime "basura", y lo rechaza de forma violenta, lo que constituye una soberana lección acerca de la necesidad de ser explícito y completo. Los teóricos encuentran que la programación de su teoría acerca de un fenómeno es un ejercicio revelador; a menudo permite ver varios aspectos del programa que no se habían considerado o que no funcionan.

Un segundo punto que hemos aprendido es que los procesos mentales superiores no son tan misteriosos ni tan complicados como para impedir un modelamiento exacto, como antes se creía. Newell y Simon lo establecen con claridad:

> Lo primero que hemos aprendido (y la evidencia es muy sustancial) es que podemos explicar muchos de los procesos del pensamiento sin postular mecanismos a niveles subconscientes, y que se diferencien de aquellos que son en parte conscientes y en parte verbalizados. Comienza a verse que los procesos de solución de problemas son los procesos familiares de observación, búsqueda, modificación en la dirección de la búsqueda de acuerdo con ciertas claves, etcétera. Los mismos procesos manipuladores de símbolos que intervienen en estas funciones son también suficientes para tales técnicas de solución de problemas, como la abstracción y el uso de imágenes. Cada vez es más evidente que la solución de problemas se logra mediante la solución de estructuras complejas de elementos familiares simples. La prueba es que podemos simular la solución de problemas en innumerables situaciones sin otro recurso que estos elementos simples, como los bloques de construcción de nuestros programas (1963, pág. 402).

La posición general de que la solución de problemas implica secuencias organizadas sólo de procesos elementales no es por sí mismo una proposición comprobable, sino más bien una orientación o estrategia que sirve para iniciar la empresa de construir una teoría. En cierto sentido, es verdad que cualquier proceso complejo a la postre se comprende en términos de secuencias de operaciones elementales (familiares). Así, esta posición refleja la confianza en que los procesos mentales superiores finalmente llegarán a comprenderse mediante los métodos relacionados de la ciencia.

Un tercer beneficio, como hemos dicho, es que la computadora y el procesamiento de información proporciona metáforas y analogías muy atractivas para las interpretaciones psicológicas (Newell, 1970). Se dice que las máquinas programadas detectan, identifican, comparan y clasifican los estímulos; almacenan y recuperan información; aprenden y responden preguntas; piensan, solucionan problemas y deciden qué estrategias usar, etcétera. Al ver mecánicamente cómo se llevan a cabo estos procesos en un programa de computadora, nos sentimos tentados a creer que estos términos han perdido su matiz mental y que ahora comprendemos la forma en que los organismos reales hacen cosas a las cuales les damos el mismo nombre. Indudablemente, la primera creencia es válida; explica que los conceptos del procesamiento de información constituyen el idioma aceptado dentro de la psicología cognoscitivista moderna y han reemplazado por completo a la terminología de estímulo-respuesta que anteriormente dominaba en las discusiones de la psicología experimental. Esta influencia se describirá en el siguiente capítulo, en ocasión de examinar la psicología cognoscitivista contemporánea. El que esas analogías del procesamiento de información produzcan o no un entendimiento real es una cuestión que todavía se discute. (Parte de esta controversia surge de diferentes perspectivas acerca de lo que significa "comprender científicamente" algún fenómeno.) Por ejemplo, un teórico como Skinner afirma que la "historia interior" de una simulación por computadora

> no nos dice nada nuevo acerca de la conducta. Sólo cuando sabemos lo que un hombre hace en verdad podemos estar seguros de que hemos simulado esa conducta. Primero debe contarse la historia exterior (1969, pág. 295).

Skinner tiene algunos puntos de vista extremos acerca de la naturaleza del entendimiento científico. La opinión alternativa, según la cual las correlaciones situación-acción sólo pueden comprenderse mediante teorías racionales acerca del hi-

potético procesamiento de información interno del organismo, constituye el tema dominante en la psicología cognoscitivista. Este cambio en el paradigma de la psicología teórica se observó (y alentó) en una reseña general de Newell (1970) acerca de las relaciones entre la investigación en la psicología experimental y la inteligencia artificial. Afirma que la simulación por computadora es sólo un medio de hacer psicología teórica. Después de revisar algunos usos de los modelos simbólicos en la psicología experimental, sugiere que "en el *Zeitgeist* en psicología ha tenido lugar un cambio hacia una visión del ser humano como procesador de información" (pág. 376). Más adelante dice:

> Si miramos en dónde se ha concentrado el interés durante los últimos diez años en la psicología (los lugares en los que se ha producido un crecimiento rápido y de los que la gente habla cuando se le pregunta "¿qué novedades hay?"), una parte sustancial de ellos están conectados con este cambio hacia los modelos del procesamiento de información (pág. 378).

Un cuarto beneficio de suma importancia es que la labor acerca de la simulación ha hecho accesible el estudio y la explicación de los procesos cognoscitivos complejos. Ha reorientado la tendencia desequilibrada del conductismo hacia análisis más finos, y al estudio profundo de unidades más pequeñas de conducta en condiciones artificiales. Se ha argumentado que las conductas complejas (pensamiento, lenguaje y solución de problemas) podrían entenderse con mayor facilidad una vez que se comprendieran mejor las conductas simples en condiciones especialmente simplificadas (por ejemplo, aprendizaje de rutina, ratas que aprenden laberintos, etc.). Después de 40 o 50 años sin notables avances en nuestra comprensión de las capacidades de la mente humana, este argumento comenzó a cobrar fuerza y, sin duda, es motivo de desilusión y desaliento para muchos estudiantes que inician un curso de psicología. Pero la tecnología de simulación por computadora nos proporciona un instrumento para tratar con la complejidad de nuestras teorías, y nos da un nuevo ímpetu en el estudio de las capacidades humanas en el campo del pensamiento. En la conclusión de una revisión de artículos acerca de las teorías de la simulación, Shepard observa con gran claridad:

> ...El inicio que se ejemplifica tan admirablemente en muchos de los artículos reunidos por Feigenbaum y Feldman, establece una nueva dirección en la cual todos los que aspiran a formulaciones precisas y rigurosas todavía pueden encontrar su camino para llegar al corazón de la psicología; es decir, al estudio de aquellos procesos que singularizan al ser humano de entre los demás sistemas físicos conocidos. Debido a las grandes complejidades inherentes al problema, el progreso ha de ser lento, tal vez dolorosamente lento. Pero a no ser que se abandone la meta, ¿qué otra posibilidad nos quedo? (1964, pág. 65).

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Los siguientes textos proporcionan resúmenes útiles en la investigación de la inteligencia artificial:

Boden, M. H., *Artificial intelligence and natural man*, 1977.
Feigenbaum, E. A. y Feldman, J. (dirs.), *Computers and thought*, 1963.

Hunt, E. B., *Artificial intelligence*, 1975.
Minsky, M. (dir.), *Semantic information processing*, 1968.
Newell, A. y Simon, H. A., *Human problem-solving*, 1972.
Nilsson, N. J., *Problem-solving methods in artificial intelligence*, 1971.
Schank, R. y Colby, K. M. (dirs.), *Computer models of thought and language*, 1973.
Simon, H. A. y Siklossy, L. (dirs.), *Representation and meaning: Experiments with information-processing systems*, 1972.
Waterman, D. A. y Hayes-Roth, F. (dirs.) *Pattern-directed inference systems*, 1978.
Winston, P. H., *Artificial intelligence*, 1977.

13

Desarrollos recientes en las teorías cognoscitivistas

La psicología contemporánea es testigo de una creciente convergencia de las teorías del aprendizaje históricamente distintas. En gran parte, se debe a que el movimiento conductista ha perdido mucho de su fervor revolucionario y en la actualidad tiene menos defensores de renombre. Los conductistas parecen más dispuestos a aceptar los fenómenos de interés para los psicólogos cognoscitivistas y a hacer más liberales a sus teorías para tratar con la imaginación sensorial, el condicionamiento sensorio-sensorial, el aprendizaje de hipótesis, el aprendizaje por observación, la toma de decisiones y las tendencias en el procesamiento de información en el aprendizaje.

Los límites entre las posiciones históricas se han relajado, desvanecido, y ya no se distinguen con claridad. También los debates se han calmado. Los experimentalistas hablan cada vez más el mismo lenguaje y se escuchan unos a otros; además, se advierte una creciente unidad de lenguaje y comprensión entre ellos. No es extraño que un experimentalista opere dentro de muchas de las que antes se consideraban orientaciones teóricas distintas, que van desde la teoría hulliana hasta la simulación por computadora.

Cada subárea empírica tiene fenómenos especiales que atraen el interés, y puede aprenderse rápidamente el vocabulario de conceptos equivalentes necesario para moverse entre la subáreas.

En este capítulo examinaremos algunas de las líneas prominentes de la investigación reciente y la teorización que integran una perspectiva cognoscitiva del aprendizaje. Los temas son una muestra seleccionada, y para cubrirlos con más profundidad pueden consultarse diversos libros acerca de psicología cognoscitivista (Glass *et al.*, 1979; Neisser, 1967, 1976; Wickelgren, 1979*a*). En primer lugar se considerará la crítica de la psicología cognoscitivista a la teoría *E-R* del condicionamiento y su explicación de la memoria humana. Después abordaremos un cierto número de temas y teorías de la psicología cognoscitivista contemporánea.

CRÍTICA DE LA TEORÍA *E-R* DEL CONDICIONAMIENTO

En el capítulo 9 se revisaron las obras acerca del precondicionamiento sensorial y los mapas cognoscitivos (Menzel, 1978; Olton, 1979). De acuerdo con esos resultados, los organismos adquieren conocimiento acerca de las disposiciones espaciales y las regularidades de los eventos en su mundo, que en apariencia no se reduce a vínculos de estímulo-respuesta. La insistencia de que todo el conocimiento puede reducirse a asociaciones de estímulo-respuesta parece ser un error difundido por los primeros fundadores de la teoría conductista del aprendizaje. En su celo por alcanzar la objetividad y en su afán de expulsar las temidas "ideas" mentalistas de su teorización psicológica, los primeros conductistas *operacionalizaron* el conocimiento (el producto del aprendizaje) en términos de respuestas conductuales. Sin embargo, esto identifica (¿confunde?) el conocimiento que una persona tiene acerca de algún evento con las ejecuciones (conductas) que emplea para indicar ese conocimiento. Pero sabemos que si le enseño a usted un nuevo hecho (por ejemplo, "la población de Chicago es ahora de 3 400 000 habitantes"), usted puede demostrar su conocimiento de ese hecho o utilizarlo de diversas formas, en apoyo de muchas ejecuciones diferentes. Sin embargo, estas respuestas *per se* no tienen similitud unas con las otras. El problema básico es que el conocimiento conceptual al parecer no es reducible a respuestas específicas para estímulos específicos.

En diversas partes de este libro hemos aludido a varias críticas de la teoría del condicionamiento *E-R* de la conducta, de manera que resulta apropiado resumirlas aquí. No obstante, enunciemos la versión específica de la teoría *E-R* que estamos criticando. Tiene las tres premisas siguientes:

*A*1. Los únicos elementos requeridos en una explicación psicológica pueden colocarse en correspondencia de uno a uno con elementos potencialmente observables. Estos elementos deben ser estímulos o respuestas observables o deducibles de ellos. (Ejemplos de derivaciones serían las respuestas mediadoras, las respuestas encubiertas, los estímulos producidos por respuestas, etc.)

*A*2. Los elementos mencionados en la premisa *A*1 se conectan o asocian si, y sólo si, ocurren contiguamente en el tiempo o el espacio objetivos.

*A*3. Toda la conducta observable puede explicarse al encadenar los vínculos asociativos mencionados en la premisa *A*2.

Bever, Fodor y Garrett (1968) denominaron a estas tres premisas los *metapostulados terminales* de la teoría *E-R*, que abreviaremos como *MPT*. Aunque hay algunos factores subsidiarios, como el nivel de impulso, incentivo, etc., que a menudo se conciben en el sentido de que afectan la "fuerza" de las conexiones *E-R* relevantes; las principales entidades teóricas que componen e integran la conducta en marcha son las conexiones *E-R*.

Refutación de los MPT

Los *MPT* pueden refutarse. Básicamente, cualquier ejecución humana refutará los *MPT* si, a fin de explicar la ejecución, debemos postular elementos internos de

control o de almacenamiento que no sean estímulos ni respuestas. En esta categoría casi cualquier ejecución está controlada por "computaciones prolongadas".

Esos contraejemplos abundan. Uno sencillo es éste: las personas pueden aprender a discriminar o a generar hileras de símbolos en las cuales concuerden los primeros y los últimos elementos. Así, si estuviéramos limitados a letras, hileras como *XX* o *XYX* o *XYZPX* serían casos positivos, mientras que *XY* o *XXY* o *XXXYXY* no lo serían. La regla que describe con facilidad, pero ¿cómo habrá de caracterizarse la ejecución exitosa en términos *E-R*? Los estímulos son letras, y también las respuestas. Pero ¿cómo decimos en términos *E-R* que la primera letra de la hilera debe igualarse con la última? Claramente, necesitamos la noción de *variable abstracta*, así como la habilidad para seleccionar el primero y último elementos de una serie. La regla podría estipularse aproximadamente en estos términos: "Si la primera letra es la variable *U*, la última es la variable *V*, y *U* = *V*, entonces es un caso positivo". En esta regla, *U* denota una variable local nominal que ha de ser completada por (o vinculada con) la primera letra en este ensayo, y comparada con la conexión para la última letra en este ensayo. Pero la idea de una variable local como *U* o *V* no es en sí misma un estímulo ni una respuesta, sino más bien un poseedor de lugar lógico en una computación simple. Así, la ejecución que ejemplifica esas reglas de igualación del primero con el último, infringe los *MPT*.

Bever y sus asociados (1968), y Anderson y Bower (1973) describen algunos ejemplos más poderosos de las ejecuciones humanas gobernadas por reglas que infringen los *MPT*. Un ejemplo es la discriminación de hileras de una imagen-espejo, en la que la persona aprende a categorizar o a generar hileras de símbolos de cualquier longitud dependiendo de si su última mitad constituye la imagen en el espejo de la primera mitad (por ejemplo, *abccba*). A un sujeto humano se le puede "programar" para que proceda así; al darle cualquier serie corta, por ejemplo, *xyz*, puede repetirla de memoria hacia atrás y después hacia adelante. El problema es que el introducir un símbolo temprano en una serie positiva nos obliga a tener a su compañero en un punto indefinidamente posterior en la secuencia, y éste y otros compromisos deben recordarse a medida que se generan muchos símbolos intermedios; sin embargo, con la práctica, los sujetos podrían generar series extremadamente largas. Las series de imagen en el espejo pueden generarse mediante una memoria *push-down stack*, dispositivo que almacena símbolos y los recupera en un principio de último dentro-primero fuera. Así, para generar *cdccdx*, la memoria generaría una *x* y almacenaría un símbolo de *x* en el *stack*, luego generaría una *d* y almacenaría un símbolo de *d*, después generaría una *c* y almacenaría un símbolo de *c*, y por último vaciaría los tres símbolos del *stack* y generaría así los últimos tres símbolos en el orden *cdx*. Estas entidades y las operaciones que se acaban de describir infringen parte de los *MPT*. Por ejemplo, los símbolos *c* y *d* almacenados en la memoria *push-down* no son "respuestas" en el sentido estándar, ya que las respuestas estándar constituyen eventos discretos limitados por el tiempo, no representaciones internas que residen durante periodos indefinidos en los *stacks push-down* de la memoria.

El ejemplo de la imagen en el sujeto sólo destaca las dificultades que las "contingencias remotas" crean una visión orientada a la superficie de la conducta secuencial. Por supuesto, muchas reglas de expresiones gramaticales (por ejemplo, el sujeto y el verbo de la oración deben concordar en número) requieren que el su-

jeto que habla y escucha siga con atención esas dependencias remotas; para hacerlo así es necesario que postulemos elementos que no sean respuestas ni estímulos.

Tipos versus símbolos

Un elemento dado (*tipo*) puede aparecer en muchos contextos distintos, y cada ocurrencia se denomina *símbolo* de ese tipo. Así, la palabra "ocurrencia" tiene dos símbolos de la letra *c*, dos de la *r*, uno de la *e*, etcétera. A fin de representar patrones o series de elementos recurrentes, nuestra memoria debe ser capaz de crear un número indeterminado de símbolos para representar un tipo en un contexto dado, y cada símbolo señala su tipo matriz. Sin tales distinciones entre símbolos diferentes del mismo tipo, nuestra memoria no podría deletrear palabras como *puerta* o *cosquillear*, y confundiría diversos contextos que usen el mismo tipo. En la figura 13.1 se ilustra el problema. Supóngase que la persona quiere recordar las secuencias rojo-azul-verde y amarillo-azul-marrón. El problema con el diagrama asociativo de la figura 13.1*a* es que también genera hileras incorrectas como rojo-azul-marrón. El diagrama inferior, figura 13.1*b*, ilustra las asociaciones entre símbolos en las cuales la primera y la segunda secuencias utilizan distintos símbolos del concepto azul. Esta estructura asociativa nos permite una ejecución serial sin errores.

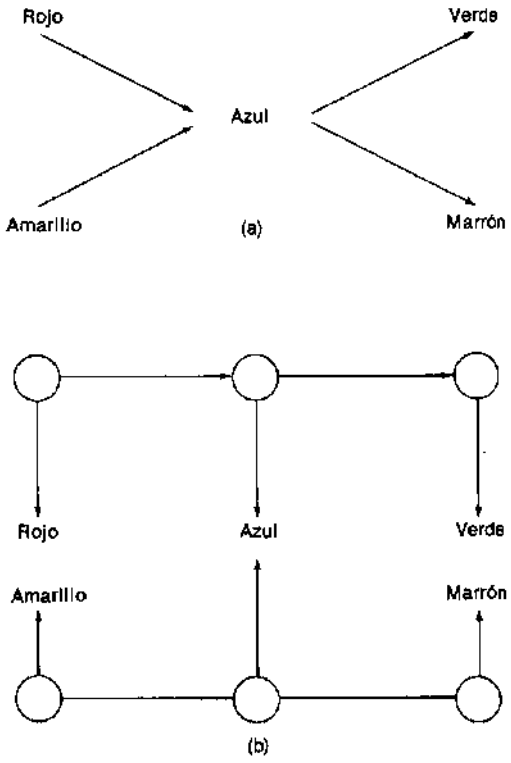


Figura 13.1. Diagramas asociativos para registrar dos series de eventos, rojo-azul-verde y amarillo-azul-marrón. *a)* Este cuadro no emplea la distinción tipo-símbolo, y por eso las dos series se confundirán. *b)* Este cuadro usa la distinción tipo-símbolo (círculos), y por lo tanto mantiene registros separados de los dos contextos para el concepto "azul".

Etiquetación de relaciones asociativas

Las personas pueden efectuar con rapidez asociaciones específicas de una palabra de estímulo, como lo *contrario de X*, una *instancia de Y*, etcétera. Esto se facilitaría si las asociaciones entre los conceptos se etiquetaran de acuerdo con su tipo, y si tal relación pudiera dirigir la búsqueda específica de una respuesta. Esto entra en conflicto con la opinión tradicional, que sólo permitía asociaciones no etiquetadas y homogéneas.

La unidad funcional de respuesta

Los conductistas tienen grandes dificultades para especificar sin ambigüedades la unidad de respuesta sobre la cual se concentrarían las teorías *E-R*. Incluso en la caja de Skinner, la unidad de respuesta puede caracterizarse a un nivel molar (picoteo en la llave) o a un nivel micromolar (tasas momentáneas diferentes de tiempos interrespuesta), en términos de patrones musculares micromoleculares o en términos de secuencias de patrones de tiempos interrespuesta (Shimp, 1975). Al parecer, la respuesta no es tal dato de teoría neutral.

Acciones versus respuestas

Una larga tradición filosófica (Goldman, 1970; Taylor, 1964) sostiene que el concepto de una respuesta (reacción o movimiento) es un tipo lógico que difiere de las nociones usuales de *acción intencional* mediante las cuales los legos se refieren a la conducta. Esta distinción filosófica es paralela a la que existe entre las respuestas voluntarias y las involuntarias, entre las acciones voluntarias y las forzadas (o automáticas). La distinción es importante porque la sociedad no responsabiliza a las personas de sus respuestas involuntarias, pero sí de las voluntarias. De modo similar, las expresiones verbales como "mi gato tiene manchas" nunca se tratan como reacciones tales como reflejos rotulianos o lágrimas provocadas por la cebolla. Así, no tiene sentido preguntar si una reacción es verdadera, significativa o pragmáticamente apropiada en una situación social, aunque nos lo preguntemos rutinariamente acerca de las expresiones verbales. El argumento es que no podemos caracterizar de modo apropiado lo que alguien hace al referirnos sólo a sus movimientos musculares, sino que por lo común describimos la meta o intención aparentes de una acción, y los movimientos individuales adquieren significación en virtud de su papel en ese plan. El lector puede imaginar la descripción (o el escuchar) las jugadas en un partido de futbol americano en un nivel de movimientos individuales descoloridos, en contraposición a las acciones intencionales que encajan en aparentes planes. En contraste con los conductistas *E-R*, Tolman y los psicólogos cognoscitivistas por lo general se han puesto de parte de los legos y de los filósofos en este tema, y han aceptado la premisa de que las acciones intencionales son las unidades apropiadas de análisis para la teoría del aprendizaje.

Problemas con la ley del efecto

La ley del efecto tiene una carrera larga y controvertida, y muchas de las polémicas que ha suscitado se discutieron en los capítulos 2 y 9. Para los aprendices humanos, las recompensas aparentemente motivan la ejecución; promueven el aprendizaje debido, en gran parte, a que informan al sujeto acerca de lo que debe atender, repetir y aprender (véase la investigación de Estes citada en el capítulo

2). El punto de vista inicial de Thorndike, según el cual las recompensas y castigos contingentes fortalecen o debilitan de modo automático e inconsciente las respuestas, al parecer no es aplicable a los sujetos humanos. Éstos aprenden pocas contingencias de las que permanecen conscientes (véase Brewer, 1974); cuando las contingencias repercuten sobre la conducta humana, la persona generalmente las deduce, y responde para obtener las recompensas ofrecidas. Es más probable que el aprendizaje sea un proceso cognoscitivo consciente que un proceso inconsciente directo. Por otra parte, una vez que una reacción emocional se ha condicionado con fuerza, la descripción verbal que una persona haga de ella o la comprensión de su falta de sentido quizá no disminuya su excitación. Así, alguien que tenga fobia a las serpientes puede ser incapaz de controlar su pánico aun cuando a nivel verbal "sepa" que la serpiente es inofensiva.

Problemas con la contigüidad

Los *MPT* suponen que los elementos entran en asociación sólo si se dan contiguamente en el tiempo y espacio objetivos. En la actualidad se conoce un elevado número de contraejemplos de esta premisa. En primer lugar, están las numerosas demostraciones de pertenencia, en las cuales los elementos parecen objetivamente contiguos pero no están asociados porque los "codificadores perceptuales" no los organizan juntos como grupo. En segundo lugar, se cuentan los resultados del *bloqueo* y del *sombreado* (capítulo 9) en los cuales la contigüidad *EC-EI* no basta para crear ninguna asociación entre ellos si el *EC* se presenta sólo junto con un predictor más fuerte del *EI*. Tercero, ahora tenemos muchos casos en los cuales dos eventos que no son objetivamente contiguos de todas formas se asocian, porque sus representaciones mentales se unen en la "contigüidad mental". Ejemplo de esto es la timidez condicionada frente al cebo que estudiaron Revusky y García (1970), donde el animal asocia un sabor nuevo con la náusea que sufre varias horas después. Jacoby (1974) ha estudiado en el laboratorio de aprendizaje humano el aprendizaje análogo creado por pareamientos mentales de eventos distantes. El lector comprenderá que las dificultades citadas para el principio de la contigüidad simple se refieren a la premisa *A2* de los *MPT;* también constituyen problemas para una teoría *E-E* o cognoscitiva que sólo usara el *A2* como su principio del aprendizaje.

Necesidad de nodos de nivel superior

En el capítulo 6 se mencionaron algunas concepciones alternativas de las asociaciones que implican sólo ideas básicas en conexiones horizontales, en contraposición a los bloques abstractos de elementos en relaciones verticales o jerárquicas. Al construir un sistema de memoria, el diseñador necesita algún medio económico para referirse a los grupos de elementos interrelacionados. Esto se logra mediante nodos de bloques (o patrones) que reúnen grupos de elementos básicos. Así, al registrar en la memoria la serie de bloques (*ZPH*) (*BXT*), es conveniente, en teoría, tener una sola unidad de memoria que represente la serie completa (*S*), unidades que representen los grupos (G_1 y G_2) y, finalmente, unidades que representen los mismos símbolos de letras. De este modo, las series se representarían jerárquicamente como: $S \rightarrow (G_1, G_2)$, $G_1 \rightarrow (Z, P, H)$, $G_2 \rightarrow (B, X, T)$. Los nodos de bloques permiten al sistema de memoria tratar a estos grupos como unidades, reconocerlos cuando aparezcan en otros contextos, producirlos como

unidades integradas, y modificarlos o expandirlos. Generalmente, los conceptos más complejos (por ejemplo, un lanzamiento de pelota (o *strike*) en el beisbol) están integrados a partir de relaciones entre varios conceptos más simples (estatura, base meta, altura hasta las rodillas del bateador, etc.). Si todos estos elementos han de representarse en la memoria de una persona (ya que conocemos y hablamos acerca de tales conceptos), resulta sumamente económico usar una sola unidad (símbolo) para referirnos a un concepto complejo (como un lanzamiento en el beisbol). Pero hacerlo requiere que se permitan asociaciones *verticales* a los nodos de bloques (véase la figura 6.15), así como las asociaciones *horizontales* entre elementos, ideas, objetos o propiedades.

Esta breve lista de dificultades en una teoría de condicionamiento *E-R* de la conducta no es completa ni exhaustiva (para ampliarla, véase Anderson y Bower, 1973, o Brewer, 1974), pero expone a los estudiantes a algunas complicaciones históricamente importantes. También hemos observado que la teoría *E-R* parecía incapaz de tratar con los hechos elementales de la memoria humana. Chomsky (1959) y otros han argumentado con vehemencia que la teoría *E-R* no está en aptitud de manejar la infinidad de regularidades de nuestras habilidades comunes en el lenguaje. Por estas razones, muchos investigadores modernos del aprendizaje han abandonado una teoría estricta *E-R* del condicionamiento para adoptar una versión muy liberal de la misma (por ejemplo, Bandura, 1971*a*, 1977*a*; Staats, 1968, 1975) o la teoría cognoscitivista. En las secciones siguientes examinaremos los temas principales y las directrices que orientan a la psicología cognoscitivista moderna, y prestaremos una atención especial al trabajo realizado en torno de la memoria humana.

PSICOLOGÍA COGNOSCITIVISTA

La psicología cognoscitivista se interesa por la forma en que los organismos *conocen* (obtienen conocimiento acerca de) su mundo, y la manera en que emplean ese conocimiento para guiar decisiones y ejecutar acciones efectivas. Los psicólogos cognoscitivistas intentan comprender la "mente" y sus habilidades o logros en percepción, aprendizaje, pensamiento, y en el uso del lenguaje. Con este fin, postulan teorías acerca de sus funcionamientos interiores. La mayoría de los psicólogos cognoscitivistas siguen el enfoque del procesamiento de información que hemos examinado en el capítulo 12, y consideran al cerebro humano como un tipo de computadora; al igual que ésta la mente posee múltiples niveles de organización (analizadores de características, reconocedores de patrón, memorias sensoriales o conceptuales), y en uno de ellos podemos concebirla como un sistema procesador de símbolos. Un sistema mental de símbolos puede representar internamente al medio ambiente, construir patrones de símbolos (por ejemplo, proposiciones) de cualquier complejidad para representar escenas o eventos en el mundo, puede almacenar estas estructuras simbólicas en la memoria con uno o más indicadores, recuperar una estructura usando una clave apropiada de indicador, y manejar o transformar estas estructuras simbólicas en la actividad que denominamos pensamiento.

Los componentes básicos de un sistema de procesamiento de información son los *receptores sensoriales* que reciben entradas del medio ambiente, las *unidades*

efectoras que producen respuestas, un *almacén de memoria* que guarda estructuras de datos o programas de acción y un *procesador central* en el cual tienen lugar las principales actividades mentales: pensamiento, juicio y toma de decisiones.

En la figura 13.2, se muestra un diagrama típico del sistema cognoscitivo humano donde las flechas entre los componentes sugieren el flujo de información y de control. El diagrama se comprende mejor al movernos por él como si un estímulo se aprendiera o evaluara para algún juicio. Un evento de estímulo ambiental se registra brevemente en separadores sensoriales, y pasa entonces por un proceso de reconocimiento o clasificación que intenta igualar la entrada con patrones (o reglas) conocidos en la memoria, o trata de describir el patrón entrante en términos de conceptos elementales (por ejemplo: "viene un hombre montando en bicicleta"). Si la atención se dirige al evento, su descripción interna se mantiene activa en la memoria de corto plazo durante un tiempo. La *memoria de corto plazo (MCP)* es la parte activada de los conceptos en la memoria, y en términos generales corresponde a lo que queremos decir con conciencia (sin embargo, la información puede estar en la memoria de corto plazo y no en la conciencia). Cuando la descripción del estímulo entra en la *MCP*, un "programa" activo trata con el evento, tal vez al juzgarlo, nombrarlo, repetirlo, o aprenderlo si es pertinente, y al ignorarlo si no lo es.

La *memoria de funcionamiento*, a la derecha en la figura 13.2, mantiene información acerca del contexto local, pero esta información no se encuentra en el foco de la memoria activa ni en los nichos distantes de la memoria de largo plazo. La memoria de funcionamiento estructura y mantiene un modelo interno del ambiente inmediato, como lo que ha sucedido durante los últimos minutos. Este modelo es la estructura dentro de la cual se producen los cambios más rápidos del mundo perceptual ante nosotros, lo cual hace que actualicemos nuestro modelo del contexto que nos rodea.

El sistema cognoscitivo se desarrolló en la historia humana a través de la evolución. Pero este desarrollo también se lleva a cabo dentro de la vida de cada persona; el sistema cognoscitivo actúa como un instrumento de ajuste y como ayuda para guiar la acción intencional. Los sistemas cognoscitivos sirven a estos propósitos al adquirir información acerca del mundo, y entonces construyen planes de acción basados en las contingencias en esta información. Dichos planes son como programas de computadora que residen en la memoria y que pueden llamarse a la memoria de funcionamiento a fin de orientar las acciones emprendidas como respuesta a los contenidos activos de la *MCP*. Por lo tanto, el sistema cognoscitivo es capaz de programarse a sí mismo para adaptarse y actuar adecuadamente en su medio ambiente.

La información en la memoria de largo plazo

La *memoria de largo plazo (MLP)* es la depositaria de nuestros conocimientos y habilidades más permanentes; contiene todo lo que conocemos y que actualmente no se encuentra en la memoria activa. La información en la *MLP* es de tres tipos: conocimiento sensorioperceptual, conocimiento procesal motor y conocimiento proposicional (o creencias).

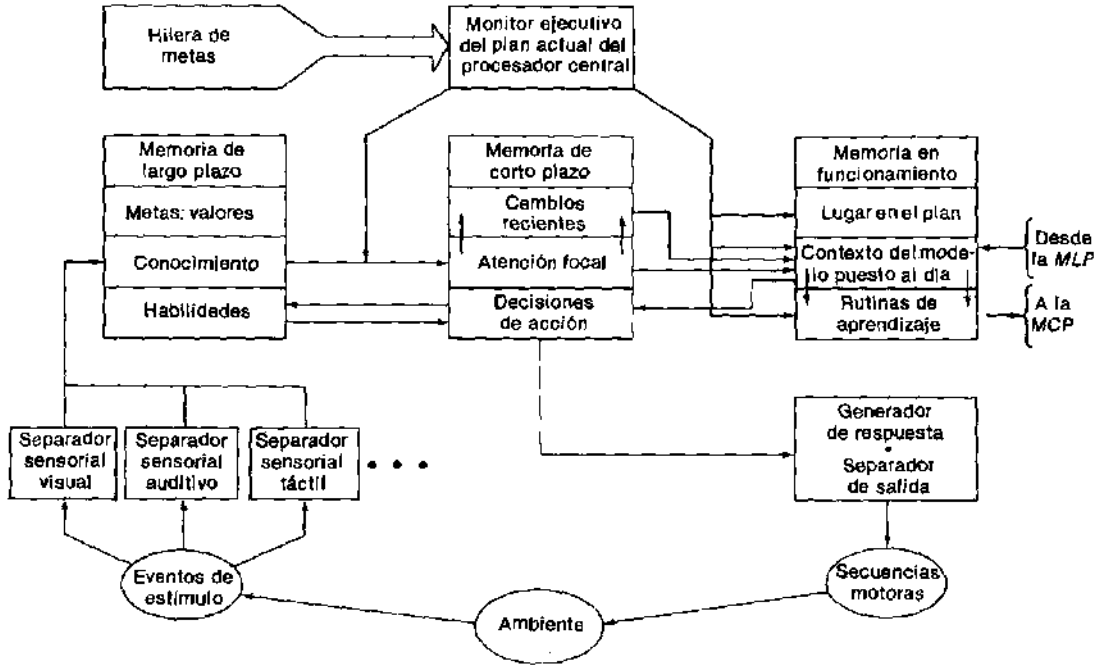


Figura 13.2. Diagrama de los principales componentes del sistema de percepción y memoria. Las flechas indican la dirección del flujo de información y del control entre los componentes (tomada de Bower, 1975).

Conocimiento sensorioperceptual

El conocimiento sensorioperceptual se representa de forma análoga en nuestro almacén de información sensorial. Se emplea en la clasificación de patrones sensoriales y en el almacenamiento de recuerdos de sensaciones. Cuando estas estructuras de información se activan internamente, son responsables de la experiencia de generar imágenes y de procesarlas en la imaginación. Junto con las imágenes de los objetos, este almacén también mantiene mapas cognoscitivos de las disposiciones de éstos en el espacio para varias localidades.

Conocimiento procesal motor

El conocimiento procesal motor es el conocimiento de *cómo* hacer algo, desde las habilidades motoras (montar en bicicleta) a las intelectuales (resolver ecuaciones lineales), hasta la producción de lenguaje. Un enfoque representa estas habilidades en la memoria en términos de una jerarquía de *producciones* (reglas). Una producción es como una regla generalizada de estímulo-respuesta, sólo que más poderosa (véase el capítulo 12). Una producción, simbolizada como "condiciones→acciones", tiene una o más condiciones que deben ser verídicas de los contenidos de la *MCP* para que se seleccione y ejecute. Cuando se ejecuta una producción, ocurren una o más acciones, que pueden ser respuestas abiertas o internas como el continuar un cálculo mental o recuperar algo de la *MLP* y hacerlo activo en la *MCP*.

Una producción sencilla, como un par condición→acción, puede concebirse como una instrucción simple. Las secuencias de producciones son entonces como programas de computadora almacenados que logran algún resultado; por ejemplo, buscar en la memoria la respuesta a una pregunta, calcular el producto de dos números de doble dígito, memorizar una serie de letras, hornear un pastel, etcétera. Las instrucciones experimentales para los sujetos humanos se conciben en el sentido de que causan que el sujeto cree una secuencia de producciones que actúa como un programa interno para permitirle llevar a cabo la tarea experimental. El lado de condición de las producciones puede referirse a eventos sensoriales (ya sean aferentes o eferentes) o a ideas (patrones de conceptos activos) en la *MCP*. Cuando se ejecuta, la producción puede entonces activar otras ideas o transformar las que están en la conciencia. De este modo, las producciones se emplean para describir el flujo de ideas asociadas a través de la conciencia, ya sea en el transcurso de la planeación dirigida a una meta o durante las fantasías de realización de deseos. Es importante notar que las producciones proporcionan las *estructuras de control* que necesita cualquier teoría cognoscitiva, ya que las producciones son responsables de desempeñar movimientos o transformaciones sucesivas en el pensamiento, la solución de problemas y la planeación. Por ejemplo, las estructuras de control supervisan el proceso de planeación al monitorear su avance, decidir cuándo abandonar una línea y tomar otra, etcétera. Estas decisiones se activan mediante condiciones relativamente simples (por ejemplo, demasiado tiempo transcurrido). Los mecanismos relativos a la supervisión y orientación de la operación del sistema cognoscitivo tradicionalmente ni siquiera se han reconocido o explicado en la teoría *E-R*. Una atractiva característica de las teorías contemporáneas como el modelo *ACT*, de Anderson (1976), es que intentan establecer en detalle los procesos de control. En un experimento de aprendizaje humano, como ejemplo de un proceso controlado, figura la selección que hace el sujeto de una es-

trategia de memorización para usarla en la solución del problema de aprendizaje que el experimentador le describe.

Creencias proposicionales

El tercer tipo de información en la memoria es declarativa e incluye creencias acerca de nosotros mismos y de nuestro mundo, nuestro conocimiento de los conceptos y significados de las palabras, conocimiento de hechos generales y de objetos específicos, eventos y episodios. Una *creencia* es una proposición con un valor subjetivo de verdad o credibilidad vinculada con ella, como: "Yo creo que Buda visitó Persia". Una *proposición de valor* implica un predicado primitivo de la forma: "Yo valoro *X*", es un concepto, una creencia o un posible estado de cosas. Ciertos estados de cosas se valoran recurrentemente como resultado de la privación. De este modo, los motivos biológicos entran en el sistema.

En las teorías cognoscitivas, la información proposicional suele representarse en términos de redes semánticas (o conceptuales). Una proposición establece una relación entre conceptos preexistentes, como: "John besó a Mary" o "John compró un automóvil". La premisa en las teorías como la *ACT* es que los eventos de estímulo entrantes son analizados por el sistema perceptual, que entonces entrega una descripción proposicional de esa entrada a la memoria. Así, el "dinero del reino", que entra y sale de la memoria, está constituido por proposiciones. Las proposiciones son abstractas y estructuradas, y tienen un valor verdadero. Pueden representarse en términos de redes de asociaciones etiquetadas entre símbolos de conceptos preexistentes. Volveremos a tratar a estas redes semánticas en otra sección de este mismo capítulo.

Las estrategias de aprendizaje como procedimientos

Las teorías cognoscitivas distinguen entre la parte de registro pasivo de la memoria y la estrategia de memorización activa que el aprendiz aplica en el momento para tratar con su tarea experimental, una porción de la cual puede requerir que registre algunos materiales en la memoria de largo plazo. Si la memoria es un tipo de biblioteca, la memoria pasiva es la colocación real de un nuevo libro en el estante; la estrategia de aprendizaje sería análoga a la política de la biblioteca en lo que toca al manejo y elaboración de índices de libros nuevos para el catálogo de tarjetas, antes de colocarlos en los anaqueles. La investigación de las estrategias del aprendizaje es un desarrollo relativamente reciente (véase O'Neil, 1978 y la discusión acerca del aprendizaje verbal mediado en el capítulo 6). Puede demostrarse que, después de la exposición a los materiales experimentales, el que los sujetos humanos aprendan algo —y, de ser así, cuánto y qué partes— varía críticamente de acuerdo con las estrategias cognoscitivas que empleen para tratar con los materiales. Algunas estrategias (como la elaboración semántica de palabras) pueden producir grandes cantidades de memoria como producto secundario incidental del procesamiento; otras crean relativamente poca memoria con independencia de la intención de aprender que tenga el sujeto. Los seres humanos pueden adquirir una batería de estrategias de aprendizaje o habilidades que aplican cuando las circunstancias, motivos y materiales lo requieran. Además, es probable que entre la gente existan grandes diferencias en el aprendizaje de habilidades, lo cual

depende de estrategias particulares o habilidades y conocimientos específicos que hayan adquirido antes de que se les compare en alguna prueba.

Desarrollo de la memoria durante la infancia

Los recién nacidos muestran una memoria moderada por patrones auditivos, táctiles y visuales burdos (como lo indica su posterior *falta* de interés en un patrón de prueba familiar). Desde este punto de partida, las habilidades de aprendizaje se incrementan de modo constante durante toda la niñez. El desarrollo de la habilidad de memoria ha sido ampliamente investigado por los psicólogos infantiles (Flavell, 1976), y se le ha descrito de forma esquemática. A continuación veremos algunos de sus aspectos esenciales.

En primer lugar, la memoria mejora porque el sistema conceptual puede "sostenerse por sí solo"; mientras más objetos, patrones y conceptos reconozca como unidades en la memoria, más fácil le será aprender cosas nuevas acerca de estos conceptos y de las relaciones entre ellos, o usarlos en nuevas configuraciones. (Recuérdese que una proposición es una nueva configuración de conceptos existentes.) Cuanto más conceptos posea un niño, más probabilidades tendrá de comprender nuevas instancias de cualquier concepto y de no confundirse con los eventos. El desarrollo conceptual se lleva a cabo mediante la especialización (o diferenciación) de categorías amplias, y al generalizar en distintas subcategorías. Mientras más rica y diferenciada sea la red conceptual de un niño, más descriptores proporcionará su mente automáticamente para nuevos eventos que se ciñan a las categorías conocidas; este proceso da lugar a más conexiones del evento nuevo dentro de conceptos preexistentes en la memoria. Hipotéticamente, esas vinculaciones múltiples deberían mejorar la memoria para los eventos así conectados. Este "aprendizaje por comprensión" no intencional se produce en la mayor parte de nuestra vida consciente y se fomenta mediante estrategias deliberadas. Los procesos que acabamos de describir son similares a las nociones de Piaget de asimilación y acomodación (Piaget, 1954).

Además de este sistema conceptual en desarrollo, de los 2 a los 6 años de edad el niño parece adquirir conceptos de tiempo, pasado, memoria, olvido, y su falibilidad; durante esta época también comienza a configurar estrategias de memoria para retener información importante. Un niño de unos 3 o 4 años probablemente no comprenda la diferencia entre las instrucciones de mirar algo versus memorizarlo. Sólo con la experiencia llega a comprender que "memorizar las ilustraciones" significa "hacer algo con ellas, de modo que más adelante sea capaz de reproducir sus nombres". Conforme maduran, en particular cuando entran en las escuelas formales, los niños adquieren métodos primitivos de aprendizaje y luego otros cada vez más complejos. Algunas estrategias que utilizan para recordar los nombres de una colección de objetos ilustrados serían las siguientes (en grado creciente de complejidad):

a) Prestar atención a las ilustraciones una por una. Contemplarlas.
b) Nombrar cada ilustración una vez cuando se presenta.
c) Nombrar cada ilustración aisladamente y en repetidas ocasiones.
d) Nombrar reiteradas veces las ilustraciones en secuencia.

MODELO DE LA MEMORIA DE CORTO PLAZO

Durante los últimos veinte años se ha acumulado un gran conocimiento empírico a partir de estudios de la memoria inmediata, donde el recuerdo de información que un sujeto humano tiene se comprueba pocos segundos después de realizado el experimento. Si sólo intervienen uno o dos reactivos verbales, el sujeto usualmente muestra un exacto recuerdo inmediato. Además, siempre que no se distraiga, mostrará un recuerdo perfecto durante un intervalo de 30 a 60 segundos. Pero si por alguna razón se distrae (al tener que responder a otro material), su habilidad para recordar la primera información disminuye precipitadamente en el transcurso de escasos segundos. A la mayoría de nosotros tales fenómenos nos resultan familiares; después de ver un número telefónico o una dirección, la olvidamos si algo nos distrae antes de que los hayamos escrito o usado. En la figura 13.3 se muestra una medición de este efecto en el laboratorio. En un experimento de L. R. Peterson y M. J. Peterson (1959), al sujeto se le presentaba brevemente un trigrama sin sentido (por ejemplo, *CHQ*), y se le daba un problema aritmético (restar sucesivamente 3 de un número aleatorio) antes de que se le pidiera recordar el trigrama. La curva muestra la probabilidad disminuida de que el trigrama se recordara correctamente después de intervalos de hasta 16 segundos dedicados a la resta sucesiva.

Los fenómenos de este tipo han estimulado muchas investigaciones experimentales. Al parecer, los resultados implican una *MCP* de extrema fragilidad, que dura sólo unos cuantos segundos cuando se presenta material de distracción. Pero, ¿cuál es el uso funcional de este sistema de *MCP* en la economía global de la mente? ¿Qué relación guarda con nuestra *MLP*? ¿Cómo describiremos su operación? ¿Cuáles son sus leyes? Éstas y otras preguntas han inspirado algunas interesantes hipótesis y un cúmulo de experimentación.

Con un conjunto tan rico en resultados sistemáticos, no pasó mucho tiempo antes de que se elaboraran teorías para explicarlos. El enfoque dominante ha sido

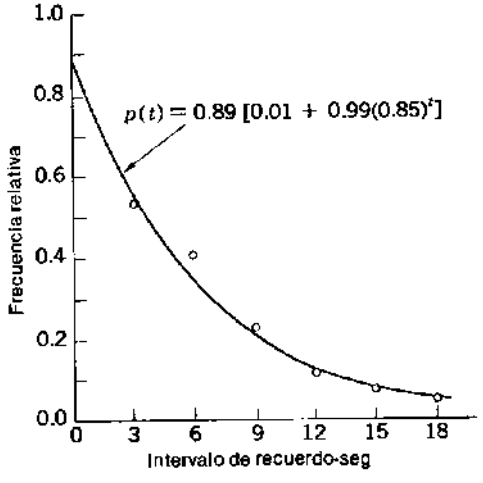


Figura 13.3. Porcentaje de recuerdos correctos de un trigrama sin sentido después de variar los intervalos de distracción al restar tres sucesivamente. El ajuste de la ecuación a los puntos de datos (puntos abiertos) se deriva de la teoría de la fluctuación del estímulo, de Estes (tomada de Peterson y Peterson, 1959).

tratar a la *MCP* como un almacén de memoria separado, o poseedor de información, distinto de la *MLP*. Las primeras formulaciones de este modelo de dos almacenes corresponden a Broadbent (1957), Waugh y Norman (1965), y G. H. Bower (1967*a*). La enunciación más extensa y sistemática de lo que había de convertirse en la teoría estándar de la "memoria dual" se debe a Atkinson y Shiffrin (1965, 1968).

En la figura 13.4 se muestra un diagrama de bloque simplificado de los almacenes de memoria postulados en el modelo separador de Atkinson-Shiffrin. (Es sólo una ligera variación del sistema que aparece en el diagrama de la figura 13.2.) En primer término se analiza una entrada de reactivo de estímulo al sistema perceptual; después se identifica y, si se le presta atención (por los procesos de control), un código interno para él entra en la *MCP* activa. La *MCP* tiene una capacidad limitada, y a lo sumo sólo da cabida a unos cuantos reactivos de información. Si los reactivos en la *MCP* deben conservarse, los procesos de control inician algún tipo de actividad mnémica, como la repetición. Para los materiales verbales, tales repeticiones sin duda consisten en repasar subvocalmente los nombres de los reactivos para refrescar su activación en la *MCP*. Además, se supone que cada ciclo de repetición puede transferir, dentro de una *MLP* más permanente, información acerca de la presencia del reactivo en la lista que ha de memorizarse. La *MCP* puede concebirse como el conjunto de nodos activados en la memoria mediante la repetición o como un lugar en el cual se produce una reiteración activa y subvocal del material; como este repaso insume tiempo y la *MCP* posee una capacidad limitada, es posible que sólo haya tiempo suficiente como para repasar unos cuantos reactivos (por ejemplo, tres o cuatro palabras) antes de que llegue el siguiente. Una tarea distractora como resolver problemas de aritmética requiere de atención y también introduce nuevos materiales en la *MCP*, lo cual limita la canti-

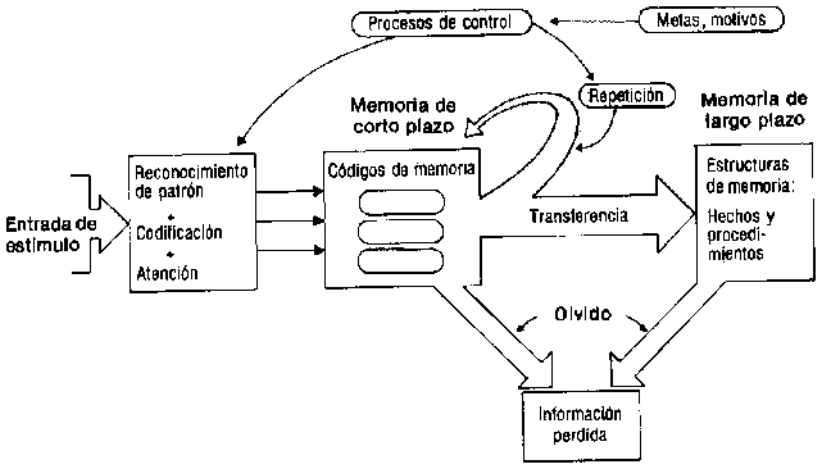


Figura 13.4. Diagrama de los componentes de almacenamiento y de los procesos de control que comúnmente se presuponen en las modernas teorías de la memoria. Para una explicación, véase el texto.

dad de esfuerzo de procesamiento que resta para la repetición del material previo que se ha de recordar.

Así, un reactivo por ser recordado *(PSR)* a la larga es sustituido o se pierde de la *MCP*, porque esta última debe tratar con información nueva. Cuanto mayores sean las exigencias de la tarea interpolada (mientras mayor sea su dificultad), más atención le quitarán a la repetición, y más rápidamente se eliminará el material *PSR* de la *MCP*. En las circunstancias que impliquen material interpolado homogéneo, por lo general se supone que cada reactivo interpolado (por ejemplo, cada paso sucesivo al restar 3) tiene alguna probabilidad fija de hacer que un reactivo en la *MCP* se desplace o se saque de la *MCP*. Esta formulación conduce a una pérdida exponencial de reactivos de la *MCP* conforme transcurre el tiempo o cuando aparece una distracción.

Este cuadro del aprendizaje y del olvido es un tanto parecido a una cola de clientes que demandan un servicio (véanse G. H. Bower, 1967*a*; J. S. Reitman, 1971). Los clientes, que representan reactivos *PSR*, llegan periódicamente y exigen servicio inmediato por parte de un número limitado de dependientes (huellas de repetición). Es posible que el servicio a un primer cliente se interrumpa si llega uno nuevo antes de que la atención de aquél haya terminado, y su dependiente (huella de repetición) se escoge para que se ocupe del recién llegado. Un cliente que recibe un servicio satisfactorio corresponde a un reactivo que se ha transferido a la *MLP* antes de ser retirado de la *MCP*. Se supone que un cliente cuyo servicio se interrumpe se marcha insatisfecho; este evento corresponde a un reactivo del modelo que es sacado de la *MCP* antes de que la información suficiente acerca del mismo se transfiera a la *MLP*, de modo que se aprenderá relativamente poco acerca de él.

Este bosquejo presupone que el olvido desde la *MCP* se produce principalmente por desplazamiento, pero esta opinión necesita dos correcciones. Primero, la probabilidad de que un reactivo interpolado desequilibre un reactivo en la *MCP* se incrementa cuanto mayor sea la similitud entre ambos. Segundo, incluso sin otras entradas, si la intención de una persona puede dirigirse a otra cosa, los reactivos antiguos en la *MCP* parecen disminuir en fuerza hasta cierto grado.

Veamos un ejemplo para ilustrar la operación de la *MCP* en términos concretos. 1. La presentación visual de la letra *L* en una lista de letras que hay que memorizar en orden serial se identifica como una letra familiar (patrón) y se codifica, de ser posible, como el nombre vocal *ele;* 2. este código de pronunciación, *ele,* se repite subvocalmente en la *MCP* junto con otros reactivos de letras de la lista de entrada por memorizarse; y 3. la estructura de memoria establecida en la *MLP* puede ser una proposición objetiva de la forma "*L* se presentó en la lista más reciente". Según el grado en que la estructura se construya con éxito, se recupera y se usa cuando el experimentador pida más tarde al sujeto que dé los nombres de las letras presentadas en la lista más reciente que ha estudiado. Por el momento, esta introducción es suficiente. Ahora veamos los detalles más a fondo, así como la investigación que los rodea.

Codificación

El código de la memoria es el "nombre" temporal o la representación interna asignada al reactivo de estímulo y depositada en la *MCP*. Para los sujetos que tratan con materiales verbales, esto es más a menudo el sonido o el nombre del estí-

mulo o de una descripción verbal de él o (si se trata de una ilustración familiar) de una etiqueta para el mismo. El efecto de este nombre es convertir un estímulo visual en una forma articulatoria interna. El número de reactivos que pueden repetirse en la *MCP* es mayor para las letras que se pronuncian con rapidez, y para las personas que hablan más rápidamente. Sin embargo, si el aparato del habla se encuentra ocupado en otra cosa o no opera en el momento en que se presenta visualmente el estímulo que ha de recordarse, esta conversión visual articulatoria no puede tener lugar, y el estímulo presentado parece conservarse en términos de sus propiedades físicas (visuales). Como un segundo ejemplo de la codificación no verbal, las personas sordas dependen del lenguaje de signos manuales y emplean la codificación manual cuando deben recordar letras presentadas visualmente. En cualquier caso, la forma de esta representación interna de un reactivo meta determina: 1. qué otros tipos de materiales intervienen con (o causan) el olvido de la meta; y 2. los tipos de errores de confusión que la persona cometerá cuando recuerde mal el reactivo meta. Si ha codificado un reactivo de acuerdo con su sonido, los materiales con sonidos parecidos interferirán y son probables los errores en el recuerdo con un sonido como el del objetivo (por ejemplo, recordará *T* cuando debería haber sido *P*, *V* o *B*). Si se impide la codificación articulatoria de modo que la persona se vea forzada a codificar letras presentadas visualmente en términos de sus características visuales (Kroll *et al.*, 1970; Salzberg *et al.*, 1971), entonces el material interpolado provocará mayor interferencia que el visualmente similar al reactivo que hay que recordar (por ejemplo, *R* es similar visual pero no acústicamente a *P*). De manera semejante, en las personas ciegas que usan signos manuales para codificar reactivos que han de recordarse, la mayor interferencia provendrá de los materiales interpolados que implican signos que son manualmente similares al reactivo que hay que recordar (Locke y Locke, 1971).

Los códigos de memoria en la *MCP* son rápidamente asequibles para la recuperación. Esta pronta recuperación de la *MCP* se estudia en la tarea diseñada por Sternberg (1969; véase el capítulo 12). El sujeto escucha un pequeño conjunto de uno a seis reactivos meta que ha de ubicar en su *MCP*, oye un reactivo de "sondeo", y debe decidir si el sondeo se iguala a uno de los reactivos meta. En esta tarea, el sujeto supuestamente almacena en la *MCP* los códigos de los reactivos meta, y cuando se lleva a cabo el examen probatorio, explora en busca de un código que lo iguale. De acuerdo con este punto de vista, el tiempo de reacción para los exámenes probatorios se incrementa de modo lineal con el número de reactivos en la lista de memoria (siempre que la lista sea más corta que la capacidad de la *MCP*), y éste es el resultado estándar. Cuanto más complicados sean los reactivos (sílabas sin sentido en lugar de letras), mayor "espacio" ocuparán en la *MCP* de capacidad limitada, lo cual requiere que el exceso de las listas extensas se recupere de la *MLP*, origine un tiempo de reacción más lento en la tarea de Sternberg (Cavanaugh, 1972).

Olvido intencional

Si una persona quiere olvidar algo en la *MCP* (o si, más bien, no desea recordarlo), sólo necesita dejar de ensayarlo y su código de memoria se desvanecerá poco a poco. Se ha realizado un cierto número de estudios acerca de este "olvido dirigido", y el procedimiento opera bastante bien (véanse Bjork, 1970; Epstein, 1972). Por ejemplo, en una situación de recuerdo libre en la cual se presentan al

aprendiz palabras sencillas cada dos segundos y después la lista completa que ha de recordar en algún punto durante la entrada se le puede informar que no es responsable de los reactivos anteriores (puede "olvidarlos"), y que sólo tendrá que retener aquellos que siguen (Bruce y Papay, 1970). Varias pruebas de seguimiento, entre las cuales se cuenta una solicitud inesperada de que el sujeto intente recordar los reactivos que se le había indicado que olvidara, sugieren que el "indicio de olvidar" es una señal para que el sujeto descargue de la *MCP* (deje de ensayar) todos aquellos reactivos que no tiene que recordar, de modo que éstos reciben menos ensayos totales y, por ende, se aprenden menos de lo normal. El sujeto es capaz de corregir su recuerdo sólo en aquellos reactivos que han ocurrido después (y no antes) del indicio de "olvidar". Además, los datos sugieren que cuando evoca la sublista terminal, el sujeto puede "desechar" las huellas de la memoria de los reactivos anteriores, a fin de que no compitan con aquellos que hay que recordar.

Eventos sorpresivos

Otra forma de provocar el olvido de un reactivo o de una serie de entrada (para el recuerdo libre) consiste en acompañarlo de uno de gran prioridad, al cual el sujeto debe prestar especial atención. Este reactivo prioritario se apropia de forma exclusiva del espacio de almacenamiento en la *MCP*, con el resultado de que los reactivos posteriores en la lista son un tanto menos propensos a entrar en la *MCP* y, si lo hacen, tienden a expulsar a los códigos de memoria anteriores de menor prioridad; es decir, aquellos que entran justo antes del reactivo prioritario. Los experimentos de Ellis y sus colaboradores (1971) muestran ambos efectos de decremento sobre el recuerdo de los nombres inmediatamente anteriores (y algunos posteriores) de ilustraciones de objetos comunes, en una lista en la cual el reactivo de prioridad especial es la fotografía de un desnudo. Los resultados aparecen en la figura 13.5, donde se observa que el reactivo crítico se recuerda muy por encima de lo normal, mientras que los reactivos ubicados inmediatamente antes y después de él poseen menor recuerdo. Tulving (1969) observó sólo un decremento de reactivo previo al colocar en la lista de palabras no relacionadas que hay que recordar, el nombre de una persona famosa, para cuyo recuerdo se había apremiado especialmente al sujeto. Estos efectos pueden interpretarse como resultado de la prevención o del incremento del ensayo. Las retribuciones monetarias producen efectos similares; si a la persona se le dice durante el estudio de un reactivo que su posterior recuerdo valdrá mucho dinero, se concentrará considerablemente más (ensayará más, mantendrá el reactivo en la *MCP* durante un tiempo mayor) y recordará mejor. La retribución afecta la asignación de una prioridad y la cantidad de ensayo del reactivo, y ese ensayo incide a su vez en la fuerza de su huella de memoria establecida (véase por ejemplo, Atkinson y Wickens, 1971; Loftus, 1972).

Ensayo manifiesto

Se ha dicho que varios efectos mnémicos se deben al ensayo diferencial del material apropiado. Una forma simple de operacionalizar los procesos de ensayo consiste en hacer que el sujeto "piense en voz alta" cuando estudie la lista (Rundus y Atkinson, 1970; Rundus, 1971). Si se le presenta una lista de 20 palabras no relacionadas que ha de recordar libremente, y si los reactivos aparecen uno por uno a

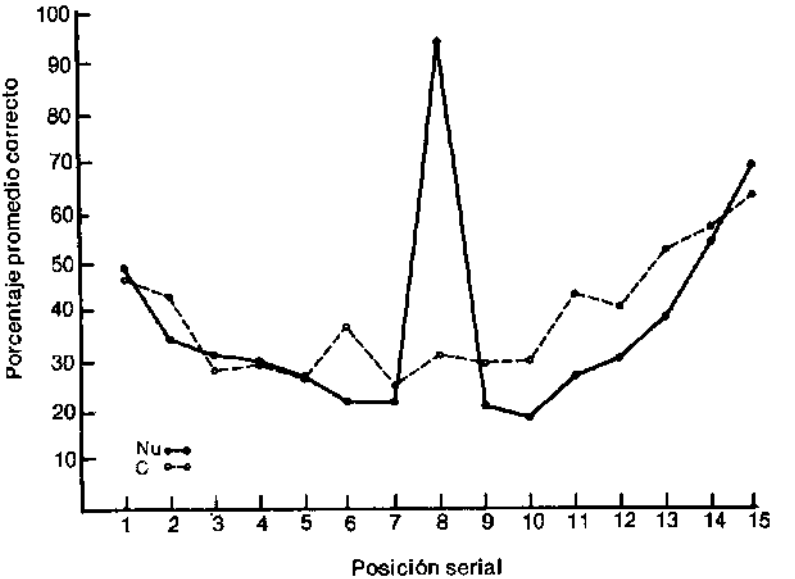


Figura 13.5. Porcentaje de recuerdo de nombres de imágenes según su posición serial en la lista. La lista "crítica" (curva continua) contenía la fotografía de un desnudo en la posición serial 8, mientras que la lista "no crítica" (curva punteada) sólo usaba fotografías familiares y no emocionales (tomada de Ellis *et al.*, 1971).

un ritmo pausado de 5 segundos, los ensayos del sujeto momento a momento se parecerán al protocolo que se muestra en la tabla 13.1. Durante cada intervalo de 5 segundos el sujeto ensaya abiertamente alrededor de cuatro símbolos (el ensayo encubierto podría resultar mucho más rápido). A medida que se presenta cada palabra nueva, ésta entra en el conjunto de ensayo en marcha, otras se descartan, y las primeras pueden recogerse de nuevo en ensayos posteriores. Entre las numerosas descripciones que podríamos ofrecer de tal protocolo, quizá la estadística más simple sea sólo el número de veces que un reactivo dado (por ejemplo, el reactivo *r*-avo ubicado en determinado lugar en la lista) recibe un ensayo. Así, en el hipotético protocolo de la tabla 13.1, el reactivo segundo (*alfombra*) también recibía 8, el tercero (*libro*) 1, y así sucesivamente.

La curva punteada en la figura 13.6 muestra el número promedio de ensayos de cada uno de los 20 reactivos sucesivos en una lista de estudio; esto está promediado para 25 sujetos, cada uno de los cuales ejecutaba un ensayo en 11 diferentes listas de recuerdo libre. Los valores se dan en la ordenada derecha de la gráfica y varían desde una media de 12 repeticiones para el primer reactivo hasta 2 repeticiones para el reactivo 21 y último. Inmediatamente después de la presentación de la lista de palabras, los sujetos recuerdan libremente tantas como puedan en el orden que deseen. La probabilidad de recuerdo de la palabra en cada posición serial de entrada se grafica en la línea continua denominada $P(R)$.

En esta curva de posición serial pueden notarse varias características. Primero, los últimos reactivos de la lista se recuerdan bien (un efecto de recencia) y la teo-

TABLA 13-1. Ejemplo hipotético de la repetición abierta de reactivos durante la entrada de la lista para recuerdo libre; procedimiento diseñado por Rundus y Atkinson (1970).

Reactivo presentado	*Reactivos repetidos (conjunto de repetición)*
1. perro	perro, perro, perro 1 2
2. alfombra	alfombra, perro, alfombra, perro 3
3. libro	libro, alfombra, perro 4
4. pluma	pluma, pluma, alfombra, perro 5
5. barco	barco, alfombra, pluma, perro 6 7
6. pared	pared, alfombra, pared, alfombra 8
7. llave	llave, barco, pared, alfombra
8. bolsa	bolsa, llave, barco, pared
•	•
•	•
•	•
20. pelo	pelo, calcetín, papel, pelo

ría supone que éstos se encontraban con más probabilidad en el conjunto de repetición 21 (véase la tabla 13.1), y se recuperaron de la *MCP* cuando se pidió el recuerdo. Segundo, los reactivos iniciales en la lista se recordaban mejor que los reactivos medios, un efecto de primacía. Aquí es interesante observar que el número de repeticiones de un reactivo se correlaciona con su probabilidad de recuerdo, al menos para los reactivos hasta alrededor de la posición serial 14 (la *MCP* entra para incrementar el recuerdo de los reactivos posteriores). Esta correlación es muy fuerte incluso si sólo consideramos los reactivos cuya última aparición en un conjunto de repetición estaba entre 4 y 7 reactivos atrás, antes de que comenzara el recuerdo.

La interpretación estándar de *dos almacenes* de tales resultados es que los reactivos anteriores de "primacía" se recordaban bien porque poseen una alta fuerza en la *MLP* (debido a sus repeticiones extra), mientras que los reactivos posteriores de "recencia" se recordaban porque están en la *MCP*. Una implicación es que el recuerdo de estos reactivos recientes es más frágil, más fácil de desequilibrar: si se interpola una tarea distractora de aritmética durante 30 segundos entre la entrada de la lista y el recuerdo, los reactivos en la *MCP* son removidos y se borra el "efecto de recencia". Pero el nivel del efecto primario no se ve muy afectado por esa interpolación. Otra implicación proviene de la ligera depresión en la curva de repetición para los reactivos al final de la lista. Si estos reactivos tienen menos fuerza en la *MLP* debido a la menor cantidad de repeticiones, entonces una depresión similar debería detectarse en el recuerdo muy demorado de tales reactivos.

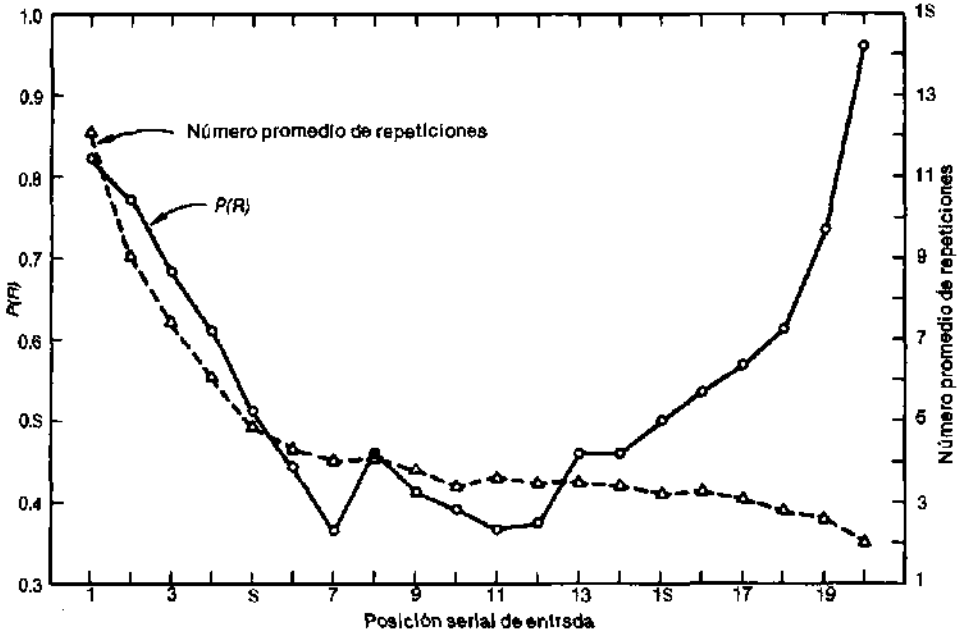


Figura 13.6. La probabilidad promedio de recuerdo, *P(R)*, y el número promedio de repeticiones de un reactivo como una función de su posición de entrada serial (tomada de Rundus, 1971).

Craik (1970) encontró esa depresión de recuerdo demorado. El contraste entre el recuerdo más pobre de largo plazo y el excelente recuerdo inmediato de los reactivos del final de la lista acentúa la disociación que esperan los modelos *MCP-MLP*.

Teoría de los dos almacenes y niveles de procesamiento

Atkinson y Shiffrin (1968, 1971) y Glanzer (1972) han reseñado la evidencia que favorece a los modelos de la memoria de dos almacenes. El enfoque general se refuerza con los resultados que sugieren que algunas variables experimentales afectan a los recuerdos en un almacén, pero no a los de otro. Al introducir "procesos de control" que afectan las actividades mnémicas, el enfoque también tiene la flexibilidad para tratar con una gama de influencias de la instrucción, estratégicas y motivacionales. Sin embargo, en los años siguientes el modelo de dos almacenes ha sido objeto de crecientes críticas y ataques experimentales; en consecuencia, fue modificado para tratar con nuevas consideraciones, algunas de las cuales se examinan a continuación.

Primero, la disposición de las "cajas" que se presenta en la figura 13.4 parece oblicua, ya que no muestra que la información en la *MLP* se use siempre para el reconocimiento de patrón durante la percepción y la codificación iniciales; es decir,

el diagrama de la citada figura sugiere que la *MLP* entra mucho después. Esto se ha manejado en diagramas como los de la figura 13.2, donde la información sensorial activa directamente la *MLP;* en esta concepción, la *MCP* no es un "lugar" distinto de la *MLP,* sino más bien un estado de activación acrecentada para aquellos "nodos de idea" en la memoria que corresponden a las categorías percibidas de la experiencia. Segundo, la teoría de Atkinson y Shiffrin se refiere en gran medida al control de las repeticiones verbales de estímulos lingüísticos o nombrables. Reconoce que los estímulos no verbalizables dejan huellas que se debilitan de la *MCP,* pero dice muy poco acerca de estas huellas. Tercero, los modelos *MCP-MLP* en gran parte resultaban algo vagos sobre lo que era exactamente la "información" que se transfería de la *MCP* a la *MLP.* No podría ser la palabra presentada "perro", por ejemplo, puesto que ya se conoce. Anderson y Bower (1973) sostienen que la información se concebía mejor como una proposición que estipulaba el contexto en el cual ocurría un reactivo familiar; por ejemplo, la palabra "perro" aparecía en la tercera posición de la segunda lista en este experimento. Las teorías *MCP-MLP* también eran poco precisas en lo que se refiere a la manera en que la información que llega recientemente a la *MCP* se confronta primero con la almacenada en la *MLP,* a fin de evaluar lo que es antiguo, redundante y puede ignorarse, en comparación con lo que es nuevo, significativo y debe repetirse y aprenderse.

Este cambio y selección entre los elementos de entrada para determinar lo que ya se conoce y lo que es nuevo parece requerir de mucha más interacción entre los dos almacenes de memoria, de lo que se prevé en las cajas separadas de la figura 13.4.

Niveles de procesamiento

Tal vez el reto más serio a la teoría de Atkinson-Shiffrin provenga de la estructura de "niveles de procesamiento" propuesta por Craik y Lockhart (1972; Craik, 1973). La idea básica es que la *MCP* o la *MLP* no son el resultado tanto del "lugar" en la mente donde se almacena un reactivo, sino más bien del *tipo de procesamiento* que recibe. Esto se diagrama en la figura 13.7. Craik y Lockhart postulan que el procesamiento perceptual de una palabra —*perro,* por ejemplo— puede concebirse como el avance por una serie de etapas, desde las características sensoriales superficiales del estímulo visual o auditivo, su pronunciación o sonido, hasta su significado semántico o asociativo. Proponían que para mantener el procesamiento en un nivel exclusivo y prevenir el procesamiento en un nivel superior puede establecerse un proceso de control. Postulaban además que el procesamiento de una palabra en un nivel dado de ir detrás de una huella de memoria de ese tipo (sensorial, fonológica o semántica), y que la tasa de pérdida de una huella es más lenta cuanto más "profunda" o más semántica sea. Estas diferentes tasas de decaimiento para los tres distintos niveles de la memoria se muestran en la parte derecha de la figura 13.7.

Craik y Lockhart (1972) ofrecieron dos formas de comprobar este punto de vista. Primero, en diversos experimentos de aprendizaje incidental se demostró que los sujetos muestran mejor recuerdo y memoria de reconocimiento para una palabra cuanto más "profundo" sea el nivel de procesamiento que se les exija aplicar a ella durante el ensayo de estudio. Así, hacer que el sujeto categorice una palabra semánticamente ("¿es una flor?") produce un recuerdo demorado superior que

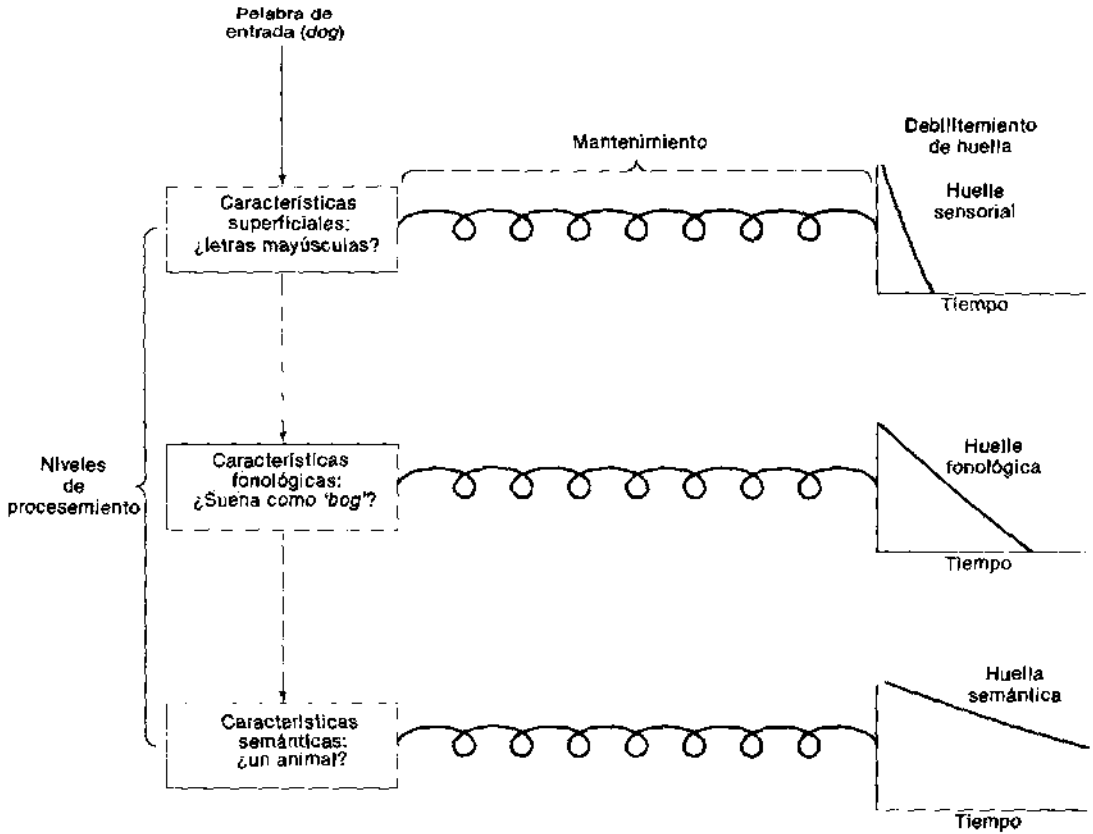


Figura 13.7. Ilustración de tres niveles de procesamiento de la palabra *dog* (perro): visual, fonológica y semántica. La huella puede mantenerse en cualquier nivel dado. La huella de memoria establecida por procesamiento superficial decae más rápido (parte superior derecha), mientras que la huella del procesamiento semántico decae con más lentitud (parte inferior derecha).

hacer que categorice sus propiedades visuales superficiales ("¿está impresa en letras mayúsculas?") o sus propiedades fenológicas ("¿rima con *banco*?").

El segundo tipo de evidencia que citan Craik y Lockhart tiende a demostrar que la repetición de un reactivo *per se* no mejora la memoria del mismo, siempre que la reiteración continúe en la misma profundidad de procesamiento. Esto contradice directamente las premisas anteriores de que la repetición verbal por sí sola hace que la información se transfiera a la *MLP*. Craik y Lockhart distinguían dos formas, *repetición de mantenimiento*, que es el reciclaje superficial del material y no promueve la *MLP*, y *repetición elaborada*, que promueve la *MLP* al conectar el material que ha de aprenderse dentro de estructuras asociativas existentes en la memoria (mediante oraciones o imágenes). Conjeturaron que el tiempo de reiteración en el experimento típico promueve la *MLP* sólo hasta el grado en que implique cada vez más repetición elaborativa.

Craik (1973) revisó la evidencia de que las variaciones en la cantidad de repetición de mantenimiento ("sondeos superficiales") no mejorarían la *MLP* para las palabras. Un experimento clásico de este tipo fue el realizado por Woodward, Bjork y Jongeward (1973), quienes presentaron palabras simples en el contexto de un experimento de olvido dirigido. Una palabra se presentaba brevemente y, después de un intervalo de 0 a 12 segundos, aparecía una marca verde o roja, que señalaba a los sujetos si debían recordar u olvidar la palabra que acababan de estudiar. Éstos presumiblemente mantienen la palabra en un estado de repetición hasta que aparece la señal. Después de esa presentación de una breve lista, los sujetos recordarían libremente todas las palabras "por recordar" en ella. Luego de proporcionarles varias de esas listas, se pedía inesperadamente a los sujetos que hicieran un recuerdo libre de *todas* las palabras de todas las listas anteriores. Lo sorprendente de los resultados del estudio de Woodward es que las probabilidades de recuerdo libre de las palabras son constantes e independientes del tiempo de demora (tiempo de repetición) antes de la señal para recordar u olvidar la palabra. Las palabras "por recordar" se retenían mejor que las palabras "por olvidar", tal como se esperaba, pero el nivel de recuerdo en ambos casos no se afectaba por el tiempo de mantenimiento simple durante el estudio de un reactivo. Este tipo de resultado (ningún efecto sobre el recuerdo del reciclaje fonológico de una palabra) se ha encontrado reiteradas veces. Un contraste curioso en el estudio de Woodward y colaboradores es que la ejecución sí mejora como una función del intervalo de repetición cuando la memoria se comprueba por *reconocimiento*. Después de la prueba final de recuerdo libre, se presentaba a los sujetos una lista maestra de palabras y debían verificar aquellas que se habían presentado antes. En esta prueba su reconocimiento de un reactivo era mejor cuanto más largo fuera su intervalo de repetición de mantenimiento. Así, aunque la repetición de mantenimiento no ayudaba al recuerdo libre de un reactivo, contribuía en algo a la *MLP* para apoyar el reconocimiento. Este contraste se ha repetido en varios experimentos.

Una posible interpretación de dicho contraste la proporciona la teoría del recuerdo libre y la memoria de reconocimiento propuesta por Anderson y Bower (1972*a*). En esa teoría, la memoria de reconocimiento de un reactivo depende de que la persona establezca en la *MLP* una asociación entre el reactivo y la idea del contexto (lista) experimental en el cual éste se presentó. Por otra parte, el recuerdo libre de un conjunto de reactivos depende en alto grado de que el sujeto

encuentre o establezca asociaciones entre los que están en la lista, de modo que en el recuerdo la persona pueda asociar de un reactivo de lista al siguiente. En estos términos, la repetición de mantenimiento (reciclaje de una palabra sencilla en un contexto dado) fortalece la asociación entre palabra y contexto, pero no las asociaciones entre los reactivos de la lista. De hecho, las reiteraciones de un solo reactivo impiden que el sujeto piense acerca de conexiones interreactivo necesarias para el recuerdo libre. Por otros estudios sabemos que tal recuerdo se facilita considerablemente al instruir al sujeto para que relacione cada reactivo con todos lo que pueda en la lista.

Críticas a los niveles de procesamiento

Los niveles de la estructura de procesamiento han sido motivo de crecientes ataques experimentales y teóricos (Baddeley, 1978; D. L. Nelson *et al.*, 1979; T. O. Nelson, 1977). Primero, a la noción de la *profundidad del procesamiento* se le reprocha por ser excesivamente vaga y circular, ya que no existe una medición independiente por medio de la cual ordenar diferentes tareas de procesamiento a lo largo del continuo de profundidad. Segundo, se ha demostrado que una tarea de orientación dada (por ejemplo: "¿qué rima con esta palabra?") no restringe la huella de memoria de ese reactivo a esa característica exclusiva. En este sentido, los pares de palabras que han de aprenderse por asociaciones imaginarias o semánticas interferirán de todas formas unos con otros si comparten primeras letras o sonidos comunes (D. L. Nelson *et al.*, 1979). Asimismo, las palabras codificadas individualmente por sonidos rítmicos se agruparán en el recuerdo libre mediante categorías semánticas; es decir, el sujeto recordará todas las palabras de la lista que se refieren a animales, después a comidas, luego a vehículos, etcétera. Tercero, se ha demostrado empíricamente que el procesamiento reiterado de un reactivo a la misma profundidad mejora su recuerdo libre si esas repeticiones se producen a intervalos espaciados (T. O. Nelson, 1977). Craik sostiene que la presentación separada del mismo reactivo y de la tarea orientadora no es igual que la repetición de mantenimiento y, en consecuencia, que los resultados de T. O. Nelson no son relevantes. No obstante, el mejoramiento en la memoria de reconocimiento en el estudio de Woodward (1973) contradice directamente la idea de que la repetición de mantenimiento conduce a ningún aprendizaje. Cuarto, el que una tarea de orientación fonética o semántica prepare mejor o no al sujeto para una prueba posterior de memoria depende de lo que sea la prueba de memoria. Por ejemplo, si el sujeto debe estimar de memoria cuántas palabras en la lista rimaban con *bolsa, pluma,* etc., será sensiblemente más exacto si codifica las palabras en términos de sus sonidos en lugar de hacerlo conforme a su significado. De modo que los niveles de ejecución dependen de si la pregunta en la prueba de memoria es compatible con los atributos de palabra seleccionados por la tarea de orientación (Morris, Bransford y Franks, 1977).

Otro serio problema es que dentro de cada uno de los niveles que identifican Craik y Lockhart (1972) puede diseñarse una enorme variedad de tareas de orientación, y la idea de los niveles por sí sola no ayuda a ordenar su efecto en la memoria. Este tema ha sido tratado en el nivel semántico por Johnson-Laird y sus asociados (1976), y por B. H. Ross (en prensa). En el estudio de Johnson-Laird los sujetos clasifican cada palabra en una lista con arreglo a si el referente tiene o no las tres propiedades de ser *líquido, consumible* y *natural*. Así, *sidra* y *agua* po-

seen esas tres propiedades, *cerveza* tiene dos, *pastel* una, y *papel* ninguna. El recuerdo libre posterior de una palabra aumentará cuanto mayor sea el número de propiedades que tenga. La teoría que propone Ross para estos y otros resultados similares es que cada pregunta semántica que el sujeto formula activamente acerca del reactivo proporciona otra ruta más de asociación y recuperación para su recuerdo ulterior. Ross también propone que una respuesta verdadera o falsa a una pregunta *no* debe importar. Además, durante la tarea de orientación, el sujeto pasa por las preguntas de propiedades en orden para cada palabra, y deja de procesarlas tan pronto como llega a una decisión acerca de la pregunta global. Ross descubrió, como lo habían hecho Johnson-Laird, que cuando la decisión requerida era: "*sí*, si *todas* las tres propiedades", el recuerdo se incrementaba cuanto mayor fuera el número de propiedades que tuviera la palabra. Además descubrió que si la decisión era: "*sí*, si hay *alguna* de las tres propiedades", entonces el recuerdo resultaba *más pobre* mientras más propiedades tuviera la palabra. Supuestamente, para la decisión de *alguna*, cuanto más propiedades verdaderas posea una palabra, más rápidamente se detiene el proceso de interrogación y se llega a una decisión para esa palabra; por lo tanto, se establecen menos asociaciones para apoyar su recuerdo posterior. Por último, si el sujeto se ve *obligado* a indicar si *cada* propiedad es aplicable o no a la palabra, entonces su recuerdo ulterior es constante e independiente del número de propiedades positivas que tiene la palabra. Los resultados de Ross apoyan su hipótesis de que lo crucial en estos experimentos es el número *total* de decisiones, y no sólo el número de *decisiones verdaderas*. Así, al parecer las preguntas activan asociaciones semánticas (por ejemplo, "*el agua es natural*"); y las diversas propiedades de la pregunta estarán disponibles más tarde en la memoria para indicarle al sujeto que recuerde las palabras de la lista, donde más indicios promueven más recuerdo confiable. Pero en ninguna de estas teorizaciones resultaron útiles los niveles de la estructura del procesamiento.

Éstas y otras críticas de los niveles de la estructura del procesamiento condujeron a su modificación y elaboración graduales a un punto donde se ha desintegrado como una teoría coherente (véase el volumen de Cermak y Craik, 1978). Los hechos descubiertos dentro de la estructura de los niveles comienzan a explicarse dentro del sistema de memoria dual mediante dos factores: 1. el grado de elaboración del material por ser recordado (donde la "profundidad" se traduce como "mucha elaboración semántica" del material); y 2. la correspondencia entre los atributos que se recalcan durante la codificación y aquellos que son útiles para responder la prueba posterior de memoria. Éstos son principios familiares y se incorporan con facilidad en los modelos de la memoria de dos almacenes. Glanzer (1978), por ejemplo, demostró que los resultados con los niveles de experimentos de procesamiento podían ubicarse dentro de una teoría de dos almacenes, como la de Atkinson y Shiffrin. Como sucede a menudo en psicología, las críticas y los retos de que es objeto una teoría dominante conducen a la postre a argumentos contrarios, a perfeccionamientos y a la evolución de la misma teoría predominante.

ORGANIZACIÓN Y MEMORIA

En ocasión de revisar la teoría de la Gestalt en el capítulo 10, examinamos el papel que sus proponentes asignan a la organización como un determinante de la me-

moria y del recuerdo. Se consignaron varios resultados acerca de la coherencia en la memoria de los elementos organizados juntos mediante varias condiciones de agrupamiento. El enfoque de la Gestalt postulaba que los agrupamientos perceptuales o conceptuales del material se convertirían en las "unidades psicológicas" en la memoria y el recuerdo.

Este tema se trató en un artículo muy importante de G. A. Miller (1956) en el cual sugirió, entre otras cosas, que la memoria reproductiva inmediata estaría limitada en términos del número de bloques de elementos en vez del número de elementos aislados. Así, una lista de 7 palabras de dos sílabas se recuerda tan bien como una lista de 7 palabras de una sílaba o de 7 letras aisladas, ya que a todas se les trata como unidades separadas. La unidad psicológica es aquella cantidad de material que la persona ya conoce (por ejemplo, una palabra o cliché). La conjetura era que el recuerdo inmediato se restringía a alrededor de 7 bloques, límite éste que constituye un promedio estadístico y no un número invariable. En esta perspectiva, una persona aprende una lista más larga (de 14 palabras no relacionadas) al *organizar* las unidades de orden inferior en 7 o menos unidades de orden superior. Por tanto, el aprendizaje había de considerarse como una cuestión de segregación, clasificación y agrupamiento de unidades elementales dentro de un número menor de bloques más ricos y más densamente clasificados.

Esta hipótesis, junto con otras, motivó la investigación en el *recuerdo libre* y más tarde en los dispositivos mnémicos. En el recuerdo libre, como se ejemplifica en el experimento de Rundus que hemos revisado (véase la figura 13.6), el sujeto es expuesto a una lista de palabras e intenta recordar tantas de ellas como pueda, y en cualquier orden. Lo "libre" en el recuerdo libre es el orden en el cual la persona recuerda los reactivos del conjunto que ha de recordarse. Esa libertad nos permite atribuir cualquier estereotipia y patrón sistemáticos del recuerdo del sujeto a los procesos organizativos que utiliza para aprender el material. Puede notarse que el recuerdo libre no se ajusta al paradigma estándar de estímulo-respuesta, ya que no hay un estímulo específico, sólo el precepto inútil del experimentador que indica recordar la lista de palabras que se acaba de presentar.

A partir de artículos muy importantes de Bousfield (1953), Tulving (1962, 1966, 1968) y G. Mandler (1967, 1968), el recuerdo libre se ha estudiado a fondo como una situación de prueba tendiente a revelar procesos organizativos en la memoria. Un libro editado por Tulving y Donaldson (1972) revisa y evalúa muchas ramas en un gran árbol de investigación acerca de este tema. Las investigaciones del recuerdo libre han demostrado reiteradas veces que los sujetos agrupan sistemáticamente las palabras durante el recuerdo, a pesar de que éstas se presentaron muy separadas durante la entrada de la lista. Los agrupamientos del sujeto muy frecuentemente tienden a darse con base en la similitud de significado de las palabras; es decir, a partir de sus asociaciones semánticas. Si la lista se compone de palabras de diversas categorías semánticas (por ejemplo, animales, ciudades, vegetales, automóviles), los vocablos pertenecientes a una categoría dada serán especialmente propensos a agruparse juntos durante el recuerdo. Según esta hipótesis, el efecto de la práctica reiterada sobre una lista de palabras es aumentar el tamaño y la estabilidad de estos "grupos subjetivos", cada uno de los cuales constituye un conjunto integrado por diversas listas de palabras. Si al sujeto se le obliga a cambiar sus agrupamientos cada vez que estudie la lista (al hacer que forme imágenes mentales para representar cuartetos variables de los reactivos de

la lista), la mejoría en su recuerdo de esa lista se demora seriamente (Bower, 1970*b*). Al parecer, el agrupamiento interreactivo de las palabras de la lista es necesario y suficiente para promover el aprendizaje de recuerdo libre: la simple exposición a una lista de palabras sin instrucciones para aprender lo provoca muy poco (Tulving, 1966), mientras que el hacer que la persona sólo clasifique los vocablos de la lista en categorías con base en las similitudes significativas promueve un recuerdo incidental posterior tan bueno como cuando se le indica que aprenda las palabras durante la clasificación (G. Mandler, 1967). Tales resultados sugieren que el aprendizaje se logra al *organizar* el material.

Como hemos dicho, la *hipótesis del bloque constante* establece que el recuerdo inmediato promedio no puede exceder de un número constante de bloques (de cuatro a ocho; el número varía de un teórico a otro). Si la cantidad de bloques se hace muy grande, deberán agruparse a su vez en una jerarquía de unidades de orden superior. En la figura 13.8 se muestra una hipotética jerarquía de unidades subjetivas. Las palabras de la lista se colocan en un índice desde W_1 hasta W_{27}. Los nodos marcados B_i son nombres, nodos o códigos internos en la memoria que simbolizan a los grupos de palabras dominantes en la jerarquía; el nodo A_i representa una colección de nodos B_i. Ésta es la presunta estructura de la memoria.

El aspecto fundamental de tal jerarquía es que el nodo superior puede servir como el nombre que se tiene en la *MCP* para la estructura completa de la información en la *MLP*. Así, la lista *N* podría recuperarse al señalar al sujeto con la lista *N* (o al hacer que se señale a sí mismo); este indicio puede entonces "desempacarse asociativamente" en términos de los bloques A_1, A_2, y A_3; el A_i puede desempacarse en términos del B_i que entonces conduce a la generación de las palabras de la lista. Johnson (1970) proporciona el modelo y las pruebas más explícitas acerca de la forma en que una estructura jerárquica de la memoria podría recuperarse. Las pruebas de Johnson implican recuerdo *serial* de las series de letras en bloques (agrupadas), pero su modelo general puede aplicarse al recuerdo libre desordenado.

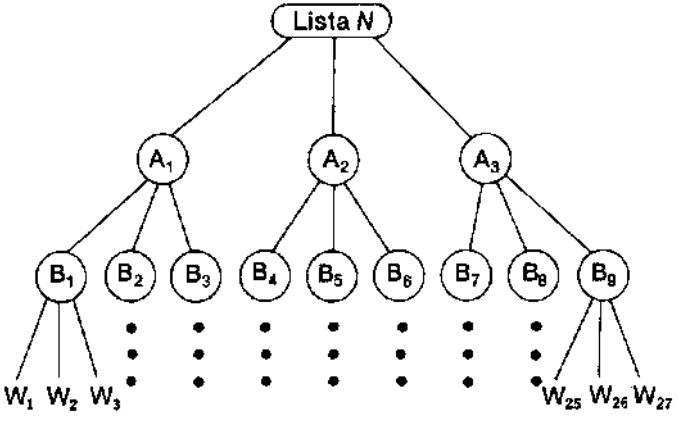


Figura 13.8. Jerarquía ilustrativa de bloques de nivel superior, que abarca en grupos las 27 palabras de la lista con los índices $W_1, W_2, \ldots, W_{27}$. B_i indica grupos de palabras W; A_1 indica grupos de grupos B. El nodo superior, lista *N*, representa la lista completa en la memoria.

Una jerarquía es un poderoso plan de recuperación, ya que abarca con facilidad un cierto número de elementos (27 o 3^3 en la pequeña jerarquía que se muestra en la figura 13.8). Además, Bower y asociados (1969) demostraron que los sujetos en recuerdo libre se beneficiaban considerablemente por el hecho de tener sus listas de palabras "preorganizadas" de un modo jerárquico, que revelaba las jerarquías semánticas asequibles en las listas de palabras construidas con cuidado. Los sujetos parecen usar el árbol jerárquico como plan de recuperación, comenzando en la parte superior hacia niveles sucesivos de manera repetitiva. Aunque estas son interesantes demostraciones del poder de las organizaciones jerárquicas en la memoria, de ningún modo prueban que eso sea lo que los sujetos hacen en verdad mientras aprenden listas de palabras supuestamente no relacionadas. En lo que concierne a ese tema, el jurado aún no ha dado su veredicto. Los modelos de simulación por computadora del recuerdo libre (J. R. Anderson, 1972; Bower, 1972*c*) explícitamente *no* son jerárquicos en su carácter básico. Sin embargo, las fallas del modelo de Anderson parecen relacionadas con su falta de agrupamiento jerárquico. Para mayores detalles, pueden consultarse los artículos citados.

Dispositivos mnémicos

Con el creciente intéres por los factores organizativos en la memoria, era inevitable que los psicólogos recurrieran al análisis de los dispositivos mnémicos. Los dispositivos mnémicos son aquellos que permiten a la persona enriquecer o elaborar el material por aprender, con el objetivo de ayudarla a recordarlo mejor. Generalmente ayudan también a clasificar y a organizar el material. Hay diversos dispositivos mnémicos, que varían de acuerdo con los tipos de materiales y los requisitos de recuerdo para los que son apropiados, algunos de los cuales se describen en varios textos: Furst, 1958; Lorayne y Lucas, 1974; M. N. Young y Gibson, 1966.

Un dispositivo mnémico ampliamente analizado (Bower, 1970*b*) es el método de la "palabra pretexto" para aprender listas ordenadas de reactivos como las listas de la compra, recados, acontecimientos históricos, conjuntos de leyes psicológicas, etcétera. La técnica se ilustra de forma abreviada en la tabla 13.2. La persona aprende primero una lista de palabras pretexto rítmicas, pareando imágenes concretas con las primeras 20 unidades, aproximadamente. Al aprender un nueva lista de reactivos, la persona emplea entonces palabras pretexto sucesívas, como "ganchos" imaginarios para conectar los reactivos sucesivos de la lista. Cuando ocurre la primera palabra de la lista (*cigarro*), la persona ha de recordar su primera palabra pretexto, y formar una imagen mental de alguna escena vívida de interacción entre los dos objetos. Los ejemplos se presentan en la columna derecha de la tabla 13.2. Las imágenes pueden ser tan extravagantes como uno lo desee, puesto que su efectividad es independiente de su aspecto. Se sigue el mismo procedimiento de imaginar pares con cada uno de los vocablos de la lista. Para revivir la serie en la memoria, la persona sólo necesita repasar su lista ya bien aprendida de palabras pretexto, y a medida que considera por turno a cada una, intentar recrear o recordar la escena imaginaria elaborada en torno de la imagen de la palabra pretexto. A partir de esta escena recordada, por lo común podrá nombrar el reactivo deseado (cigarro).

Éste y otros esquemas similares son sumamente efectivos, al menos en compa-

TABLA 13-2. Ilustración de las primeras cuatro imágenes de palabra pretexto y su empleo en el aprendizaje de los primeros cuatro reactivos de una lista de compra.

Palabra pretexto	*Palabra de la lista*	*Imagen mnémica*
uno-Bruno	cigarro	Bruno fumando un cigarro
dos-hoz	mantequilla	untar mantequilla en el filo de una hoz
tres-res	gallina	una gallina montada en una res
cuatro-teatro	clavos	poner clavos en la puerta principal de un teatro
•	•	•
•	•	•
•	•	•

ración con el recuerdo libre normal de los sujetos a los cuales no se les enseña ninguna treta especial. El recuerdo podría mejorar por un factor de dos a tres veces más que lo normal. Una de las principales razones por las cuales el dispositivo opera adecuadamente es que la persona tiene un *esquema de recuperación* sistemático; sabe cómo darse un indicio a sí misma con los reactivos (las palabras pretexto) con los cuales ha asociado explícitamente los vocablos de la lista cuando se presentaron. Por otra parte, el sujeto usual del recuerdo libre sencillamente no sabe cómo traer a su memoria todas las palabras de la lista que conoce. Sabemos que si al sujeto ordinario le damos varias pistas, especialmente indicios semánticos ("una de las palabras de la lista es un producto lácteo"), recordará mucho más de lo que puede hacerlo por su cuenta (Tulving y Pearstone, 1966; Tulving y Psotka, 1971). Por lo tanto, la ventaja para el usuario de las palabras pretexto es en parte el resultado de su conocimiento acerca de cómo darse indicios sistemáticamente para cada una de las palabras, a partir de cada posición de entrada-lista. La segunda ventaja del método de la palabra pretexto proviene, sin duda, de su despliegue de imaginación mnémica. Como la imaginería mental se ha convertido en un tema de reciente interés en la investigación acerca de la memoria humana, a continuación examinaremos algunos de esos estudios.

Imaginería mental

La imaginería mental o "ilustraciones del ojo de la mente", es uno de aquellos conceptos relativos a la introspección que John Watson y otros conductistas radicales consideraban inútiles en la psicología objetiva. Si bien no negaban las experiencias subjetivas que las personas describen como "poseedoras de imágenes", sostenían que la "conducta pública" tenía que analizarse primero por derecho propio, en vez de considerarla sólo como un índice de su contraparte subjetiva, la cual, en el léxico conductista, era simplemente una carga excesiva. En cualquier caso, y por la razón que fuere, la memoria humana terminó por enfocarse a través de las lentes un tanto distorsionadas de los "hábitos verbal-motores" (Watson, 1924*b*; Hull *et al.*, 1940). En su revisión clásica y monumental del campo del aprendizaje humano, McGeoch e Irion (1952) ni siquiera mencionan el tema de la imaginería, la imaginación o la visualización.

Evidentemente, la opinión ha cambiado, y en la actualidad la imaginería mental es un tema común de investigación. Este giro ha sido causado por la creciente aceptación de la perspectiva cognoscitivista en la investigación de la memoria, y el rechazo de una estricta visión conductista. Se han esgrimido argumentos sólidos y efectivos (Bower, 1972*b*; Cooper y Shepard, 1973; Paivio, 1971; Richardson, 1969) para reconocer la imaginería mental (o el "sistema imaginativo") como uno de los principales modos de representación de información en la memoria; y se han sugerido diversas características para distinguir el modo de representación imaginativa del verbal-simbólico. Por ejemplo, el sistema imaginativo parece estar especializado para tratar con la información presentada simultáneamente, en paralelo, de fuentes distribuidas en el espacio, mientras que el sistema verbal parecería el idóneo para tratar con la información presentada en secuencia, en serie, a partir de las fuentes distribuidas en el tiempo. En suma, el sistema de imaginación (en particular la imaginación *visual*) representa información distribuida en el espacio, mientras que el sistema verbal trata mejor con la información distribuida en el tiempo.

En los últimos tiempos se han realizado muchos experimentos de aprendizaje que indican que la representación imaginativa o gráfica de la información generalmente facilita la memoria, en un grado que oscila desde 1.5 a 3, más o menos. Por ejemplo, los estudiantes a quienes se les pide que elaboren imágenes mentales a fin de aprender pares arbitrarios de palabras concretas, recuerdan alrededor de 1.5 a 2 veces más de pares asociados que los sujetos de control que no recibieron esas instrucciones. En extensos estudios en los cuales se examinan varios atributos de las palabras y la forma en que varía el aprendizaje que efectúa una persona de las palabras con esos atributos, Paivio (1971) y sus asociados descubrieron que el carácter concreto de la remisión de una palabra (o la intensidad de imaginación que excita) es el predictor más poderoso de la calidad de memorable de esa palabra. Esta generalización se mantiene con exactitud en una variedad de tareas del aprendizaje verbal, aun cuando el valor de imaginación de las palabras se compare con otras mediciones, como el carácter significativo, el número de asociaciones, la familiaridad, emocionalidad, y clasificaciones semánticas-diferenciales. Además, los resultados estándar del aprendizaje verbal que históricamente se han atribuido a factores verbales, como el carácter significativo de la palabra, de hecho pueden deberse a un efecto de imaginación (véase Paivio, 1971, para los ejemplos), ya que ésta posee una muy alta correlación con el carácter significativo o el número de asociaciones que provoca.

¿Por qué las ilustraciones, después las imágenes, y por último las palabras concretas se recuerdan en ese orden, y por qué todas ellas se recuerdan mejor que las palabras abstractas? La conjetura actual es la denominada ***hipótesis de la huella doble*** (Bower, 1972*b*; Paivio, 1971). Se supone que hay dos formas diferentes de representación, la imaginativa y la verbal, y que los conceptos dentro de esos sistemas generalmente están muy conectados, de forma parecida a las palabras equivalentes en dos idiomas. Cuando se muestra una palabra para ser recordada, el sujeto hace entrar una huella de memoria de ese evento en su almacén verbal. Si se trata de una palabra concreta, se activan los nodos correspondientes (conceptos) en el sistema imaginativo, la persona "experimenta la imaginería correspondiente", y en el sistema de imaginación se establece una huella del evento. De modo que una palabra (o par de palabras) que se imagina, o una ilustra-

ción que se nombra, tiene la ventaja de poseer dos copias redundantes de la huella de memoria establecida. En comparación con los reactivos abstractos, la redundancia prolonga la memoria, ya que se cree que la segunda huella imaginativa tiene probabilidades de sobrevivir después de que la huella inicial verbal se ha debilitado. Es decir, no sólo hay dos huellas, sino que la del sistema imaginativo parece más resistente al olvido.

Aunque ésta no es una hipótesis particularmente reveladora, ha dado lugar a muchas investigaciones (por ejemplo, Paivio, 1971; Paivio y Csapo, 1972). También ha orientado un gran número de esfuerzos prácticos para usar la imaginación, las representaciones pictóricas y dispositivos audiovisuales especiales a fin de promover el aprendizaje en las escuelas primarias (Jensen y Rohwe, 1970; Rohwer, 1970). Ahora parece razonablemente seguro que todos los esfuerzos en la instrucción audiovisual, además de enseñar al alumno técnicas de elaboración mnémica e imaginación de materiales para ser aprendidos, tienen probabilidades de elevar al máximo la cantidad de aprendizaje que puede obtenerse, en el menor tiempo y con el mínimo de repetición y dificultad. Sin embargo, todavía se desarrollan diversas teorizaciones e investigaciones para esclarecer aún más la relación entre la imaginación y el lenguaje, en particular el papel que la imaginería ha de desempeñar en las concepciones del significado semántico.

DISTORSIONES EN LAS CONTINGENCIAS DEL APRENDIZAJE

La doctrina de la asociación describe un mecanismo por medio del cual el organismo detecta y aprende correlaciones entre los eventos de su mundo. Se cree que la asociación entre *A* y *B* rastrea la frecuencia relativa del evento *B* a continuación del evento *A*. Como tal, la fuerza asociativa es una medición de la predictibilidad o expectancia de *B* a partir de *A*. En esta concepción, el aprendizaje asociativo proporciona los fundamentos para que los organismos se conviertan en "estadísticos intuitivos" e induzcan de modo mecánico y con razonable exactitud las regularidades de los eventos en su mundo.

Sin embargo, esta visión de los seres humanos como exactos estadísticos intuitivos comienza a desmoronarse a medida que se señalan sus errores sistemáticos, prejuicios y desventajas. Algunas de estas fallas se han demostrado en las investigaciones de Tversky y Kahneman (1971, 1973, 1978; Kahneman y Tversky, 1971, 1973). Los que revisten interés para esa discusión son aquellos que muestran un fuerte impacto de las creencias previas del sujeto acerca de su habilidad para aprender correlaciones de eventos que no confirman tales creencias. La evidencia muestra que si la persona comienza la serie de aprendizaje con una fuerte creencia de que dos eventos están correlacionados (aunque de modo imperfecto), se requiere de una prueba contundente para convencerla de que no es así.

Experimentos clásicos acerca de este tema son los de Chapman y Chapman (1967, 1969). Los Chapman querían saber por qué los psicólogos clínicos persistían en usar pruebas de personalidad como la de dibujar a una persona (*DAP*), cuando la investigación ya había demostrado que la prueba no era válida. Los psicólogos clínicos argumentaban que según su experiencia las pruebas resultaban bastante útiles, y que ciertas respuestas de los pacientes eran signos muy confia-

bles de que padecían enfermedades psiquiátricas. Por ejemplo, esos clínicos creían que cuando los pacientes dibujaban retratos de personas, aquellos con tendencias paranoides recalcarían o distorsionarían los ojos, mientras los que sufrían problemas de dependencia destacarían la boca o harían dibujos propios de niños; quienes tenían tendencias homosexuales dibujarían hombres femeninos o figuras de sexo dudoso, etcétera. Éstas son correlaciones ilusorias, pues ya se ha demostrado que la prueba *DAP* no es válida.

Los Chapman sostienen que las correlaciones ilusorias surgen y persisten por dos razones: 1. las creencias sobre la covariación entre un signo del dibujo y una enfermedad psiquiátrica a menudo se basan en asociaciones semánticas o teorías del sentido común (por ejemplo, los ojos revelan desconfianza; dependencia significa tener un carácter infantil) en vez de fundarse en una observación exacta de eventos covariantes; y 2. tales creencias duran más que la experiencia real con los datos pertinentes, aun cuando aquella debería negarlas. Sus experimentos proporcionan abundante confirmación a estas hipótesis. Primero, cuando se pregunta a los legos qué partes del cuerpo sugieren rótulos psiquiátricos como paranoia, dependencia, impotencia, casi siempre mencionan los mismos indicios que los médicos clínicos han "visto" como señales significativas en la prueba *DAP*. Segundo, a un grupo de estudiantes ingenuos se les mostraron 45 dibujos *DAP* realizados por enfermos mentales, que se pareaban *aleatoriamente* con seis diagnósticos psiquiátricos mencionados con frecuencia (suspicacia, dependencia, etc); después de una cuidadosa lectura de los pares dibujo y diagnóstico, se les pidió que conjeturaran qué características de los dibujos *DAP* se habían asociado más a menudo con cada diagnóstico. Estas estimaciones de covariación efectuadas por los estudiantes expuestos a una serie *aleatoria* eran virtualmente una copia fiel de las realizadas por médicos clínicos experimentados; es decir, afirmaban que en la serie de dibujos la suspicacia se indicaba comúnmente por un dibujo que exageraba o distorsionaba los ojos, y así por el estilo. Con las respuestas a las tarjetas Rorschach de las manchas de tinta y con la prueba *DAP* se obtuvieron resultados similares. Los Chapman postularon que las correlaciones ilusorias se debían a asociaciones semánticas que los estudiantes y los médicos clínicos compartían. En un sentido más general, podemos concluir que si las personas creen que dos eventos (como un signo *DAP* y un rasgo de personalidad) están correlacionados aunque sea de modo imperfecto, esa creencia es excesivamente persistente y difícil de debilitar. De hecho, la gente es propensa a emerger de la exposición a una evidencia en extremo *contraria*, con una fe incluso *más férrea*.

En otro experimento, los Chapman (1969) demostraron que si las señales semánticamente sobresalientes y populares (por ejemplo, anal-eróticas, genitales) fueran asequibles en una serie de tarjetas para utilizar en el diagnóstico psiquiátrico de la homosexualidad, los observadores ingenuos las seleccionarían y usarían, a pesar de que hubiese un signo diferente (ver "monstruos" en una determinada tarjeta Rorschach) que fuera un indicio perfectamente válido para el diagnóstico. En otras palabras: la falsa creencia en la validez de una relación particular entre signo y diagnosis era tan poderosa que enmascaraba e impedía el aprendizaje de una correlación verdadera que estaba presente.

Los resultados de los experimentos de los Chapman recuerdan a los del bloqueo y el sombreado en el condicionamiento pavloviano, para los cuales el modelo de Rescorla y Wagner era apropiado (véase capítulo 9). En ese arreglo, un estímulo

neutral *A* pareado consistentemente con un *EI* no adquiere fuerza asociativa si siempre ha estado acompañado de un segundo estímulo *B*, que se ha aprendido antes como predictor del *EI*. Para explicar claramente la analogía con la situación de aprendizaje planteada por los Chapman, la creencia previa de que un signo dado (*B*) está relacionado con un diagnóstico psiquiátrico particular (el *EI*) puede enmascarar el aprendizaje de una correlación real entre otro signo (*A*) en el patrón y en el diagnóstico del paciente. En su formulación actual, la teoría de Rescorla y Wagner espera que la extinción del indicio preferido se produzca a medida que el sujeto es expuesto a una serie aleatoria de pares signo-signo. Está claro que la teoría necesita de algún mecanismo que explique la mayor resistencia a la extinción de las asociaciones establecidas bajo programas *EI* probabilísticos. Una característica de la mayor parte de las creencias humanas es que las correlaciones entre signo y síntoma son imperfectas y, por lo tanto, cabe esperar algunas "fallas". Desde luego, esa misma regla de anticipación impide el descrédito de las creencias falsas.

Persistencia de los estereotipos sociales

Los resultados de los Chapman se han repetido en diversas situaciones y se extendieron en varias direcciones. En una de esas ampliaciones, Hamilton y Ross (en prensa) demostraron que los estereotipos raciales acerca de los negros, mexicano-estadounidenses, asiáticos y caucásicos aparecen como recuerdos prejuiciados en una tarea análoga a la de estimación de frecuencia postulada por los Chapman. Hamilton hizo que sus sujetos (estudiantes universitarios) leyeran una larga serie de pares de palabras correspondientes a raza y rasgos (por ejemplo, negro-tímido, asiático-voz suave, etc.) que en general eran de carácter totalmente aleatorio. Más tarde, cuando los sujetos estimaron la frecuencia de pares particulares, *sobreestimaron* aquellos que se ajustaban a estereotipos raciales culturales (los asiáticos son callados, los mexicano-estadounidenses, irascibles). La aparente frecuencia de un pareamiento raza-rasgo parecía estimarse a partir de la fuerza de su asociación en la memoria o, lo que es igual al generar implícitamente una muestra de rasgos a partir del concepto de esa raza existente en la memoria. Los rasgos ya asociados con el estereotipo tienen así un prejuicio inicial. Hamilton y Ross observaron la perniciosa influencia de este mecanismo en la persistencia de estereotipos injustos y carentes de validez (raciales, sexuales, religiosos o de cualquier otro tipo). Incluso con universitarios de segundo año "de mentalidad liberal" (y de todas las razas), a quienes se expuso a pares de raza y rasgo verdaderamente aleatorios, los estereotipos raciales que conocían (pero intelectualmente rechazaban) ejercieron una influencia sutil e inconsciente en la medición de la memoria.

Resultados como los anteriores ponen en duda la exactitud de la visión de los seres humanos como "intuitivos peritos en estadística". Los resultados que muestran prejuicios se obtuvieron en condiciones de laboratorio óptimas para el aprendizaje y propicias para refutar creencias. En el mundo real, intervienen diferencias que tal vez atenuarían más el impacto, sobre las creencias erróneas, de datos reprobatorios. En primer lugar, en la vida real los casos de eventos de signo para el diagnóstico (*A* para *B*) se dan esporádicamente y no se concentran dentro de una exposición de minutos. Segundo, en la vida real a menudo media un largo lapso entre un signo (*A*) y un diagnóstico posterior (*B*), de modo que la contigüidad raras veces opera. En tal caso, la memoria que la persona tiene del

signo *A* puede distorsionarse a fin de ser congruente con el diagnóstico esperado (*B*). Tercero —y más importante—, la codificación o interpretación de los signos mismos (*A* y *B*) a menudo son ambiguas, escurridizas, sometidas a presiones para que sean coherentes con las expectativas. Así, el que se juzgue a la boca que aparece en un dibujo como verdaderamente exagerada, se sujeta a si se clasifica al paciente como dependiente; si el hecho de que el niño le responda a su maestro cuando éste lo reprende se interpreta como "agresivo" o como que el pequeño está "afirmando sus derechos" depende de si aquél es mexicano-estadounidense o caucásico. Es decir, las teorías implícitas que poseen las personas hacen que perciban los datos ambiguos de una manera que confirme su teoría. Desde hace mucho tiempo los psicólogos cognoscitivistas han propuesto, han investigado y explicado la forma en que las expectativas influyen en la clasificación perceptual. Así, si a partir de un signo (*mexicano-estadounidense*) el sujeto que percibe infiere *agresión*, ese concepto será activado en lugar de que lo haga uno alternativo (*afirmación*), y estará listo a "disparar" cuando el sujeto que percibe vea que el niño le habla demasiado alto a su maestro. La categoría que se dispara es aquella que el sujeto que percibe utiliza para clasificar, reaccionar ante el suceso, y recordarlo. La explicación es similar a la que ofrecen los psicólogos cognoscitivistas acerca de la manera en que las personas usan el contexto para interpretar palabras (*pork/karate-CHOP*) o ilustraciones ambiguas (véase la figura 10.2, de la copa y los perfiles).

Prejuicios de confirmación

Junto a los factores mencionados —que disminuyen el impacto de la evidencia negativa— los psicólogos han descubierto otro *prejuicio de confirmación* que las personas comúnmente siguen para comprobar sus creencias. Cuando intentan probar una hipótesis particular ("¿La mayoría de los irlandeses bebe demasiado?"), buscan predominantemente la evidencia positiva confirmatoria (al entrar en las tabernas de Dublín), mientras que por lógica buscarían con más ahínco evidencia falsificada (visitando fiestas de año nuevo en Estados Unidos o monasterios en Irlanda). Estas tendencias se han observado reiteradas veces en los estudios de laboratorio, aun cuando a los científicos presuntamente lógicos se les dan varias tareas de comprobación de hipótesis (Mahoney, 1976). Al suponer que las entrevistas para conseguir empleo son similares a las comprobaciones de hipótesis, Snyder y Cantor (1979) han demostrado la forma en que las ideas preconcebidas que los entrevistadores tienen acerca del empleo que un candidato solicita (bibliotecario o vendedor de automóviles) influyen en las preguntas personales que formulan, y también sobre la información de rasgos, aleatoria o ambigua, que proporcionan en relación con el solicitante. Los entrevistadores formulaban preguntas que básicamente originarían información congruente con su estereotipo del candidato para el puesto (por ejemplo, callado o bullicioso), y recordaban en especial la información del solicitante que se ajustara a su estereotipo del empleo. Éste es otro ejemplo de la operación de los prejuicios de confirmación.

El prejuicio de confirmación, junto con la baja prominencia de sucesos críticos, la persistencia de las falsas creencias, y las interpretaciones de sucesos ambiguos inducidas por una teoría, presentan un cuadro desalentador de los seres humanos como verdaderos científicos o procesadores de información. Las limitaciones de las capacidades humanas de raciocinio, inducción y juicio parecen estar muy entre-

lazadas con la forma en que opera la memoria. Disponemos de un cierto número de heurísticas o métodos prácticos que nos ayudan a aprender y a tomar decisiones acerca de nuestro medio ambiente, pero los métodos prácticos no son algoritmos lógicos y tienen terribles deficiencias. La naturaleza, alcance e implicaciones de estas deficiencias son motivo de profundas investigaciones. En un volumen de Nisbett y Ross (1979) se revisa y se ofrece un resumen de gran parte de este trabajo, que es significativo para modificar las visiones tradicionales de la racionalidad humana.

MEMORIA EPISÓDICA VERSUS MEMORIA SEMÁNTICA

Como quizá comience a parecerle evidente al lector, los investigadores de la memoria humana son propensos a proponer distinciones entre varios tipos de memoria: de corto plazo y de largo plazo, acústica y visual, imaginativa y verbal, y así por el estilo. Éstas son clasificaciones útiles para delimitar el campo de acción en el cual pueden ser verdaderas las generalizaciones empíricas; también son muy heurísticas, al sugerir nuevas preguntas para guiar la investigación, así como nuevas respuestas para interrogantes antiguas. Con mucha frecuencia tales distinciones evolucionan gradualmente a partir de conjuntos de trabajos experimentales, cuando los investigadores comprenden que tratan con fenómenos de la memoria, que en propiedades críticas difieren de aquellos atribuidos a otras memorias regulares.

Tulving (1972) condensó y estipuló inicialmente la distinción ahora dominante en la investigación de la memoria; es decir, la que existe entre la memoria *episódica* y la memoria *semántica*:

> Consideremos a la memoria episódica y a la memoria semántica como dos sistemas de procesamiento de información que: 1. reciben información selectiva de los sistemas perceptuales o de otros sistemas cognoscitivos; 2. retienen varios aspectos de esta información, y 3). guiados por instrucciones, transmiten información específica retenida a otros sistemas, incluyendo aquellos responsables de traducirla a la conducta y al estado consciente. Los dos sistemas difieren uno del otro en términos de: *a*) la naturaleza de la información almacenada; *b*) referencia autobiográfica versus cognoscitiva; *c*) condiciones y consecuencias de la recuperación; y probablemente también en términos de *ch*) su vulnerabilidad a la interferencia que da lugar a la transformación y desaparición de información almacenada, y *d*) su dependencia mutua. Además, la investigación psicológica acerca de la memoria episódica difiere en diversos aspectos de la que se lleva a cabo en torno de la memoria semántica (1972, pág. 385).

Así, la memoria episódica registra información acerca de sucesos fechados que poseen atributos sensoriales particulares y que siempre tienen referencia autobiográfica. Un ejemplo sería que yo recuerde haber oído un trueno hace muy poco, o que recuerde haber visto un oso en el parque Yellowstone durante el último verano, o que recuerde que la palabra *alfombra* aparecía junto al número 14 en la lista de pares que acabo de estudiar. Una especificación de la memoria semántica es la siguiente:

> La memoria semántica es la necesaria para el uso del lenguaje. Es un diccionario mental de conocimientos organizados que una persona posee acerca de las palabras y otros sím-

bolos verbales, el significado y las referencias de los mismos; acerca de las relaciones entre ellos, y acerca de reglas, fórmulas y algoritmos para el manejo de estos símbolos, conceptos y relaciones. La memoria semántica no registra las propiedades perceptibles de las entradas, sino las referencias cognoscitivas de las señales de entrada. El sistema semántico permite la recuperación de información que no se almacenó directamente en él, y la recuperación de información del sistema deja sus contenidos intactos, aunque cualquier acto de este tipo constituye una entrada en la memoria episódica. Es probable que el sistema semántico sea mucho menos susceptible a la transformación involuntaria y a la pérdida de información que el sistema episódico. Por último, el sistema semántico puede ser muy independiente del sistema episódico al registrar y mantener información, ya que una gran variedad de señales de entrada puede originar idénticas consecuencias de almacenamiento (Tulving, 1972, pág. 386).

Usualmente los recuerdos semánticos se encuentran en la *MLP*, han perdido toda referencia o información autobiográfica relacionada con su modo o contexto de aprendizaje, y se diría que constituyen parte de nuestros conocimientos permanentes. Ejemplos de conocimiento semántico son relaciones verbales como "Los leones son mamíferos", "*Hombre* significa *varón humano*"; hechos como "Chicago se encuentra en Illinois"; leyes como "Un objeto físico no puede estar en dos lugares al mismo tiempo"; y reglas de inferencia como "Si el objeto *A* está con el objeto *B*, y *A* está ubicado en el lugar *C*, entonces *B* también está ubicado en el lugar C".

No es necesario reflexionar mucho para observar que casi todas las investigaciones de laboratorio acerca de la memoria se han ocupado en gran parte de la memoria episódica. Se expone al sujeto a una serie de eventos discretos (presentaciones de palabras o ilustraciones en una lista), y después se le somete a prueba a fin de conocer la *exactitud* de su reproducción o identificación de la serie. Muy a menudo el indicio para la reproducción se refiere al contexto espacio temporal de los sucesos que deben recordarse, como en: "Recuerde los nombres de las ilustraciones que acaba de ver en la lista experimental". Desde luego, al codificar o aprender los eventos la persona puede hacer uso de los conocimientos existentes en su almacén semántico. Por ejemplo, si en una lista de pares asociados el sujeto ve el par *petirrojo-pájaro*, ésa es ya una relación preestablecida en su memoria semántica. En este caso, sólo necesita identificar esa relación antigua y conocida con la nueva información autobiográfica que se presentó en un contexto experimental particular.

Aunque la distinción entre memoria episódica y semántica es ampliamente reconocida, su popularidad parece deberse más a su atractivo intuitivo que a la sólida evidencia de diferentes funciones o procesos de la memoria. Una vez que aceptamos que la información en la memoria varía en su contenido y fuerza (premisas inocuas, sin duda alguna), no está claro que la distinción entre episódica y semántica implique mucho más. En primer lugar, las teorías como las de J. R. Anderson y Bower (1973), J. R. Anderson (1976) o Norman y Rumelhart (1975) siempre registran la nueva información (episódica o de otro tipo) dentro de la memoria, vinculándola con la misma red semántica, posiblemente con un contexto de adquisición observado. De modo que en estas teorías explícitas no hay distinción *cualitativa* entre una memoria para un episodio versus una referida a una regla general. Segundo, entre las denominadas memorias episódica y semántica existen sustanciales interacciones, lo cual pone en tela de juicio la idea de que son alma-

cenes distintos e independientes. Por ejemplo, si formulo una pregunta semántica simple ("¿Está Cleveland en Ohio?"), el lector responderá cada vez más rápido, lo cual sugiere que el episodio de preguntar altera la velocidad de acceso a la información semántica. Por otra parte, si yo le enseño muchos detalles nuevos acerca de un concepto familiar como Cleveland, al parecer el lector se torna un poco más lento para responder a una pregunta acerca de un hecho "semántico" anterior, que conocía (véase J. R. Anderson, 1976, capítulo 8). Aunque la distinción entre memoria semántica y episódica es atractiva, consideraciones como éstas plantean la duda de si es o no fundamental para los procesos básicos.

Juicios de contexto, recencia y frecuencia

Independientemente de que la distinción entre memoria semántica y episódica se considere fundamental, cualquier teoría de la memoria debe reconocer que los eventos de estímulo se registrarán en la memoria junto con alguna descripción del contexto en el cual tuvieron lugar. Este contexto no sólo contiene las características perceptuales de la modalidad física de presentación del reactivo, sino también aspectos incidentales como *dónde* y *cuándo* se dijo o hizo, y *por quién*. Podemos concebir a estos elementos contextuales como características asociadas a la representación interna del evento, que son potencialmente recuperables cuando se le pide a la persona que recuerde o reconozca tal evento (véase J. R. Anderson y Bower, 1972*a*). Los experimentos han demostrado que los sujetos registran de modo automático todo tipo de información incidental; por ejemplo, recuerdan si una palabra se presentó de forma visual o auditiva, si fue pronunciada por una voz masculina o femenina, si se presentó oralmente o por medio de una ilustración, si apareció a la izquierda o a la derecha de la pantalla de exhibición, etc. (Light *et al.*, 1973). Tiene especial interés el hecho de que los sujetos también pueden juzgar cuán *recientemente* ocurrió un evento dado *en el tiempo*. Como esos juicios de recencia obviamente implican el recuerdo, las principales teorías que se refieren a dichos juicios han tratado con la memoria (véanse Hinrichs, 1970; Ornstein, 1969). Un modelo que realiza una labor útil supone que la presentación de un reactivo establece una asociación con un conjunto de elementos contextuales, y que la fuerza de tal presentación declina de modo sistemático en el transcurso del tiempo, a medida que se interpolan otros eventos. Cuando el reactivo vuelve a presentarse para comprobación, la persona evalúa la fuerza del reactivo en la memoria, y sobre esta base realiza un juicio de recencia de la experiencia para el mismo. Según esta teoría, cabe esperar que los reactivos que se presentan varias veces para fortalecer su huella de memoria tenderán, en consecuencia, a juzgarse como si hubieran ocurrido más recientemente que los más débiles, presentados una vez. Este modelo tiene varias imperfecciones evidentes, y se han propuesto algunas medidas para rectificarlo (Flexser y Bower, 1974; Linton, 1975). La idea básica es que el reactivo recupera un contexto asociado en el cual aparecía, y por un medio u otro la persona puede deducir, a partir de este contexto, cuánto tiempo hace que ocurrió.

Otro tipo de información disponible en la memoria episódica es la *frecuencia* con la cual ha ocurrido un evento en un determinado contexto, o la frecuencia con la cual los eventos de una clase general o tipo han ocurrido. Un ejemplo del primer

tipo sería el juicio de que la palabra *perro* aparecía tres veces, dispersa en una lista de entrada; un ejemplo de lo segundo sería el juicio de que en la lista se mencionaban aproximadamente seis animales. Las personas son muy exactas en esta clase de juicios acerca de los recuerdos del evento, ya sea si saben o no durante el ensayo de estudio que tal información de frecuencia se someterá a prueba. La hipótesis dominante acerca de la forma en que se establecen los juicios de frecuencia en la memoria episódica es que los sujetos intentan recuperar y contar los diferentes contextos locales en los cuales ha aparecido el reactivo de prueba (J. R. Anderson y Bower, 1972*a*). Algo semejante a este proceso de recuento sucede con las frecuencias pequeñas (por ejemplo, seis o menos), pero para las frecuencias superiores se usa un procedimiento de "recuperación-muestreo-más-estimación" (por ejemplo, comparar las frecuencias de ocurrencia de las gasolineras versus las tiendas de comestibles preparados, en Estados Unidos).

Una de las aplicaciones significativas de esta técnica de recuperación de contexto es la que se refiere al problema de decidir cómo la repetición de un evento mejora su recuerdo. Básicamente, se han presentado dos propuestas alternativas. Una opinión es que una segunda ocurrencia hace contacto con —y *fortalece*— la huella de la aparición inicial del reactivo, y el recuerdo refleja esta fuerza acrecentada de la memoria. La otra es que la segunda presentación establece mayor información sobre el evento inicial, información que detalla el contexto de su ocurrencia. El recuerdo mejora, entonces, porque la persona tiene más rutas de acceso a la información del evento, o porque la información se "copió múltiples veces" en conexión con varios indicios de recuperación. Un experimento de Hintzman y Block (1971) proporciona sólida evidencia para la última opinión. Los investigadores descubrieron que los sujetos podían recuperar información diferencial y verídica acerca de las sucesivas repeticiones de un solo reactivo. Después de la presentación de una lista de 100 reactivos, por ejemplo, los sujetos serían capaces de recordar con exactitud que la palabra *perro* aparecía dos veces, que su primera presentación era visual y que se encontraba en la quinta parte inicial de la lista de entrada, mientras que la segunda presentación era auditiva y figuraba en la tercera parte de la lista de entrada. Esa información discriminativa no podría obtenerse por medio de un mecanismo que tratara con la repetición sencillamente incrementando una "fuerza de hábito" para la palabra *perro*. Es interesante señalar que esta misma pregunta acerca de cómo trata la memoria con la repetición no podría haberse planteado con tanta claridad —ni siquiera responderse— dentro del marco de referencia del conductismo *E-R*, con su énfasis en los hábitos verbales. Esto ilustra el tipo de preguntas que hoy en día revisten interés para los teóricos de la memoria.

Condiciones de codificación y recuperación

Las actuales concepciones de la memoria han comenzado a reconocer el importante papel que juegan los indicios de estímulo en la recuperación de nuestros recuerdos de eventos. Los teóricos modernos empiezan a creer que un recuerdo es como un cofre cerrado que contiene un tesoro, y sólo requiere de la "llave" adecuada (o indicio de recuperación) para abrirse y revelar su contenido. Para extender más la analogía, la llave de la cerradura depende de lo que las personas pien-

sen acerca del evento cuando lo experimentan. Es decir, las operaciones de codificación que se ejecutan sobre el reactivo determinan la situación de la cerradura. La analogía encierra una creencia general que estipulan Tulving y Thompson (1973, pág. 269): "Las operaciones específicas de codificación ejecutadas sobre lo que se percibe determinan lo que se almacena, y lo que se almacena determina qué indicios de recuperación son efectivos para dar acceso a lo almacenado".

La poderosa influencia de los indicios sobre el recuerdo se demostró en estudios iniciales de Tulving y Pearlstone (1966) y Tulving y Psotka (1971). Después de la exposición a una lista de palabras categorizadas (árboles, alimentos, ciudades, etc.), los sujetos eran incapaces de recordar muchas de ellas a no ser que se les dieran los nombres de las categorías como indicios, momento en el cual recordaban un gran número de palabras de la lista. La suposición es que los sujetos pensaban en estas categorías cuando estudiaban las palabras de la lista, lo que instigaba las asociaciones entre categoría e instancia; en consecuencia, el indicio de categoría activaba dichas asociaciones durante la prueba de recuerdo.

Tulving y Thompson (1971, 1973) han intentado controlar la manera en que se codifica una palabra durante el estudio, al presentarla en el contexto de otra. Así, una palabra para ser recordada, como *planchar,* podría presentarse en el contexto de *ropas.* Tulving y Thompson suponen que la presentación del par *ropas-planchar* hace que *planchar* se codifique y se almacene de un modo específico; una condición de prueba posterior recuperará esa memoria episódica sólo en el grado en que se superponga a la interpretación de *planchar* que estaba almacenada. A esto se le denomina *principio de especificidad de la codificación (PEC).* Por ejemplo, puede ser que la palabra *planchar* (en inglés, *iron,* que también significa acero) ni siquiera se reconozca como perteneciente a la lista si se le comprueba por sí sola o en el par *mineral-planchar* (en inglés, *ore-iron),* pero sí se le identificaría en el contexto *ropas-planchar (clothes-iron)* o en *vapor-planchar (steam-iron).* Además, *planchar (iron)* se recordaría con el indicio de *ropas* o *mesa de planchar,* pero no con un indicio fuertemente normativo de asociación como *metal* o *mineral.* Un examen de estas diversas condiciones revela circunstancias en las cuales una palabra (*planchar*) puede recordarse con un indicio codificado (*ropas*), pero si se presenta sola quizá no se reconozca como perteneciente a la lista. Este resultado —que una palabra puede recordarse pero no reconocerse— parece paradójico hasta que comparamos las diferentes condiciones de recuperación en términos del *PEC.*

Más allá del principio de la especificidad de codificación, la razón de que una palabra se recuerde frente a un indicio después de no haber sido reconocida, puede relacionarse con un principio de "instigación". *Instigación* significa que la presentación de un vocablo incrementa su disponibilidad como respuesta a un estímulo relacionado. Así, si la presentación de la palabra *planchar* en la prueba de reconocimiento instiga su disponibilidad como respuesta, por este motivo cabría esperar algún recuerdo para su indicio *ropas.* Sin embargo, Bowyer y Humphreys (1979) descubrieron que los efectos de instigación no eran lo bastante grandes como para explicar toda la frecuencia de recuerdos a continuación de las fallas de reconocimiento. En este caso, parece que debe invocarse algo parecido al *PEC.*

La interpretación semántica

J. R. Anderson y Bower (1974) afirmaban que muchos de los resultados *PEC* podían interpretarse en términos de características o conceptos semánticos excita-

dos por distintos contextos en el estudio y en la comprobación. Así, en el contexto de *ropas*, la combinación de letras *planchar* excita el concepto de un objeto que se usa para planchar ropas, y no al del metal. Este concepto excitado es lo que se asocia en el contexto de la lista. Para que un reactivo posterior de prueba se reconozca, debe recuperar un concepto que se encuentre asociado con el contexto de la lista.

Esta senda de recuperación puede fallar si el contexto de la prueba es *mineral-planchar* o sólo *planchar*, porque éstas pueden invocar una interpretación semántica diferente de la que tuvo lugar durante el estudio. Varios experimentos en los cuales el significado está explícitamente predispuesto de modo distinto durante el estudio y la comprobación, confirman estas predicciones (Light y Carter-Sobell, 1970).

Aunque la hipótesis de la interpretación semántica parece razonable, es un tanto forzada para tratar con resultados *PEC* que hacen uso de atributos de significado ligeramente distintos de una palabra. Así, el vocablo *piano* se recupera mejor mediante el indicio *algo pesado* después de haberse estudiado en la oración "El hombre levantó el piano"; por otra parte, se recupera mejor mediante *algo con un sonido agradable* luego de haberse estudiado en la oración "El hombre afinó el piano".

Pero si el indicio de salida no se iguala con el contexto de entrada, el recuerdo por indicio es muy pobre (Barclay *et al.*, 1974). En estos ejemplos, el significado de *piano* no cambia, aunque la propiedad que se activa difiere en ambos casos. Así, la hipótesis semántica debe generalizarse para tratar con haces de características semánticas activadas en la entrada, y debe notar el grado en que los haces de características, excitados por los indicios de recuperación, se superponen a los de la entrada. Esa teoría puede producir explicaciones *post hoc* para resultados particulares, pero conduce a pocas predicciones que puedan llegar a sorprender.

En la teoría de la interpretación semántica del *PEC* surgió un contratiempo distinto cuando Watkins, Ho y Tulving (1976) descubrieron efectos significativos de contexto en la memoria de reconocimiento para ilustraciones de rostros. Les mostraban a sus sujetos retratos de adultos en el contexto de una descripción verbal (por ejemplo, "este hombre trabaja para la mafia", "este hombre ama a los gatos", etc.). Más tarde se les sometía a prueba para el reconocimiento de rostro sólo con la cara, el rostro y su descripción correcta, o el rostro con una descripción que en la lista de estudio se había pareado con una cara diferente. La memoria de reconocimiento era superior cuando se comprobaba en la presencia de su descripción pareada original, e inferior con una descripción distinta. El resultado es similar a la experiencia común de no reconocer a una persona cuando se la encuentra inesperadamente en un lugar extraño. En este caso, el efecto no puede explicarse postulando diferentes significados del rostro, de acuerdo con las distintas descripciones. Sin embargo, es razonable suponer que el sujeto trata de encontrar algunas características en el rostro que sugieran o justifiquen la descripción (por ejemplo, los ojos siniestros del mafioso). De ser así, una descripción del rostro cambiada durante la prueba (por ejemplo, "amante de los gatos") puede hacer que el sujeto tome diferentes características de la cara, con el resultado de un nivel inferior de memoria de reconocimiento. Esta interpretación está muy cerca de la que proporcionan Watkins, Ho y Tulving (1976).

Gestalts de la memoria

Una motivación que sustentó gran parte del trabajo acerca de la especificidad de la codificación era el deseo de demostrar que los patrones compuestos pueden tener propiedades Gestalt emergentes ("holistas"), y que los elementos constitutivos de esos patrones tal vez no sean reconocibles cuando se saquen de su contexto. Un ejemplo común es que las personas pueden fallar al reconocer frases melódicas breves tocadas fuera de contexto, mientras son capaces de cantar la melodía completa. Watkins (1974) demostró un efecto similar con las palabras. A continuación del estudio de grupos de letras pareadas como *SPANI-EL, EXPLO-RE* y *LIQUE-FY,* los sujetos cometían muchos errores cuando se les pedía que reconocieran los grupos finales de letras (*EL* o *RD, RE* o *DE,* etc.); sin embargo, eran capaces de recordar a un nivel elevado las letras finales cuando se entrelazaban con los grupos iniciales (*SPANI-* y *EXPLO-*). Evidentemente, el almacenar la palabra completa en la memoria como bloque enmascaraba al grupo final de letras, de modo que de forma aislada no podía discriminarse de grupos no presentados.

Estos ejemplos destacan el hecho de que el recuerdo con indicio de una parte de un todo puede exceder su reconocimiento cuando hay fuertes relaciones de la parte con el todo, y cuando las partes son desiguales en la memoria de recuperación para el todo. Un problema es si estos casos son tan sólo exageraciones particulares o si señalan un fenómeno general; es decir, que la huella en la memoria de cualquier reactivo se altera fundamentalmente al codificarse con su contexto como parte de un nuevo todo. El principio de especificidad de la codificación propone la segunda afirmación, que es muy congruente con la teoría de la Gestalt. Por otro lado, la teoría de J. R. Anderson y Bower (1974) intenta explicar resultados con base en las asociaciones de elementos constituyentes. Vale la pena notar la forma en que los temas de las antiguas intuiciones o tendencias elementalistas en contraposición a las holistas siguen vibrando en todas estas controversias modernas a la manera de un estribillo. La perspectiva histórica ayuda al estudiante a identificar esos temas en la investigación actual y a utilizarlos como principios organizadores.

MEMORIA SEMÁNTICA

Como hemos dicho, la memoria semántica incluye nuestro conocimiento de los significados de las palabras, de nuestro lenguaje, de los procedimientos para hacer cosas ("recetas de acción") y estrategias para resolver problemas; también abarca el conocimiento basado en hechos acerca del mundo, sus eventos, personajes, lugares y leyes individuales. El campo de acción es demasiado amplio para pretender enumerarlo exhaustivamente. En la mayor parte de los estudios acerca de la memoria semántica, ciertas preguntas son de interés fundamental. Una se refiere a la manera en que se organiza la información en la memoria. Un segundo problema hace alusión a la forma en que la mente tiene acceso a información particularmente pertinente, y la recupera en el transcurso de responder una pregunta. Otra cuestión es cómo la información ya conocida se usa para detectar redundancias en entradas recientes a fin de decidir qué es en verdad novedoso y debe registrarse en la memoria. Un problema también decisivo consiste en determinar de qué forma intentaríamos representar, en nuestras teorías psicológicas, la información que una persona tiene acerca de un dominio particular de conceptos. La decisión

acerca de cómo representar el conocimiento del sujeto tiene implicaciones relacionadas con su conducta para responder preguntas o efectuar inferencias, o ejecutar acciones eficaces respecto a esa esfera de acción.

En la actualidad hay dos métodos primordiales para representar el conocimiento semántico, y ambos se ejemplifican en los programas de simulación por computadora. Uno de ellos supone que la mayor parte del conocimiento puede representarse como una *estructura gráfica etiquetada,* en la cual los puntos o nodos representan conceptos universales ("perro") o individuos particulares ("Tobi"), y los eslabones entre nodos representan relaciones semánticas etiquetadas, entre conceptos o individuos. A continuación precisaremos un poco más esta noción. El segundo enfoque, que se presenta en gran parte en el programa de T. Winograd (1972) para la comprensión del lenguaje (véase capítulo 12), trata de caracterizar los conceptos en términos de reglas de inferencia (producciones) y rutinas de decisión ("Para decidir si X es un *republicano,* verifíquese previamente si posee las propiedades p, q, r, ..."). El conocimiento por lo general se representa en términos de recetas de acción o procedimientos para provocar alguna consecuencia o tomar una decisión. Así, el enunciado universal "Todos los hombres son mortales" se codificaría en términos de un programa pequeño que codifique un procedimiento; es decir, si quisiéramos averiguar si X es mortal, bastaría con probar que X es un ser humano.

Los psicólogos se han inclinado más por las primeras representaciones, aquellas que emplean redes de relaciones semánticas etiquetadas, con la creencia de que las fórmulas de acción se "escriben" con facilidad a partir del conocimiento estático acerca de cuál es el caso y qué quiere lograr la persona. (De nueva cuenta, se detectan los ecos de los debates de Tolman y Guthrie acerca del conocimiento versus la acción.) Las redes de relaciones etiquetadas entre conceptos semánticos en realidad no son tan diferentes de las nociones iniciales de los asociacionistas británicos acerca de la forma en que las ideas complejas habían de integrarse mediante la asociación de ideas más simples. Lo que difiere en las explicaciones modernas es, en primer término, la noción de etiquetación de la asociación con el tipo lógico (o semántico) que ejemplifica; y segundo, la noción de que una idea compleja no necesita tener correspondencia directa con un estímulo o respuesta observables y, sin embargo, puede representarse como una unidad sencilla en la memoria, acerca de la cual es posible predecir más información. Nos hemos encontrado antes con esas ideas, en este capítulo y en el 6. Para una exposición detallada de estos aspectos filosóficos y sus ramificaciones en la psicología asociacionista, véase a J. R. Anderson y Bower (1973, capítulos 2 y 4).

Un enfoque elemental para representar conceptos y significados en términos de estructuras gráficas puede ilustrarse mediante un modelo de memoria semántica desarrollado por David Rumelhart, Peter Lindsay y Donald Norman, de la Universidad de California, en San Diego (Rumelhart, Lindsay y Norman, 1972; Lindsay y Norman, 1972; Norman y Rumelhart, 1975). Primero, el modelo distingue entre conceptos y eventos. Un concepto corresponde en grandes rasgos a una idea; se introduce en el sistema mediante las definiciones que dan sus relaciones con otros conceptos en dicho sistema. Usualmente, mencionamos el tipo o la clase más general a la que pertenece el concepto, una o más de sus propiedades distintivas, y tal vez varios ejemplos o casos. Así, en la figura 13.9 se muestra la información gráfica más simple que define el concepto de *pájaro:* es un tipo de animal, tiene

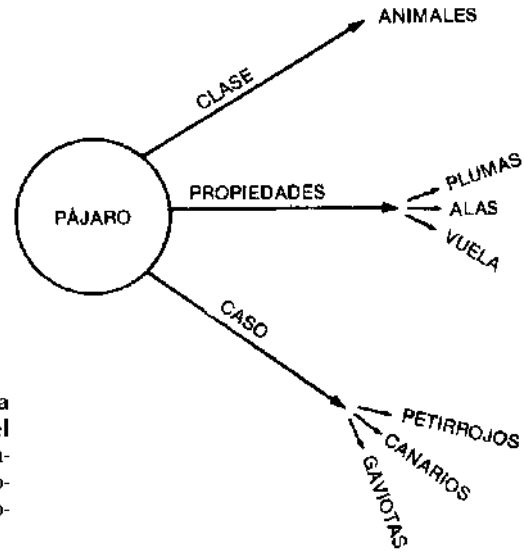


Figura 13.9. Ilustración de una gráfica etiquetada que define el concepto pájaro. Las asociaciones etiquetadas señalan propiedades, supraconjuntos y subconjuntos del concepto.

plumas, alas, y puede volar; ejemplos de pájaros son los petirrojos, los canarios, etcétera. El número de propiedades, de clase superior e inferior, puede extenderse indefinidamente (véase Barsalou, en preparación). La gráfica elemental que aparece en la citada figura señala dos aspectos: que las relaciones son direccionales y que están etiquetadas. Por ejemplo, sabemos que la relación entre *pájaro* y *animal* es de clase subordinada (o "subconjunto de").

Por supuesto, una memoria real contiene miles de tales conceptos, cada uno de ellos con muchas conexiones, de modo que la representación topográfica real se parecería a un enorme diagrama de instalación alámbrica. Pero una cantidad fantástica de información se codifica inherentemente en tales estructuras de gráfica. Para tener una idea, considérese el fragmento de una red semántica que rodea al concepto de *taberna*, como se muestra en la figura 13.10. Esta gráfica codifica implícitamente la información de que una taberna es un tipo de establecimiento comercial (como una farmacia), que expende cerveza y vino, y *Luigi's* es un ejemplo de taberna. También proporciona algunas propiedades de la cerveza, del vino y de *Luigi's*. Desde luego, éste es sólo un fragmento, y en una memoria real podría existir mucha más información. Pero obsérvese la gran cantidad de preguntas que contestamos con ese solo fragmento. Por ejemplo, podemos responder preguntas que requieran cadenas de relaciones de subconjuntos, como "*Luigi's* es un establecimiento", o "una farmacia es un lugar". También se leen las propiedades o clases que dos conceptos cualesquiera tengan en común. Así, si le pedimos al sistema que compare las similitudes y diferencias existentes entre *cerveza* y *vino*, descubrirá con rapidez las semejanzas: ambos son bebidas que se venden en las tabernas, pero una está elaborada con granos fermentados y la otra con fruta fermentada. El número de relaciones objetivas que pueden derivarse y de posibles

preguntas que pueden responderse se incrementa de modo exponencial a medida que aumenta el número de predicados codificados o "pizcas (*bits*) de conocimiento".

Los conceptos y sus definiciones en términos de clases, ejemplos y propiedades son útiles para muchos propósitos, pero todavía se necesitan más distinciones y reglas para desarrollar conceptos de segundo orden a partir de otros más elementales. Rumelhart y sus asociados (1972) proporcionan un conjunto de tales reglas para formar conceptos de segundo orden, incluyendo reglas de *calificación* (borrego → carnero *joven*); *cuantificación* (multitud → *muchas* personas), *localización* (*bajo* el agua; *primeras horas* de la tarde) y conjunción (jamón *y* huevos). Para codificar eventos completos utilizan la noción de *proposición:* el evento se basa en la acción, denota un escenario con agentes, acciones y objetos. Para representar tales eventos Rumelhart y sus asociados utilizan el *caso de gramática,* del lingüista Charles Fillmore (1968), como formalización de su estructura sintáctica profunda.

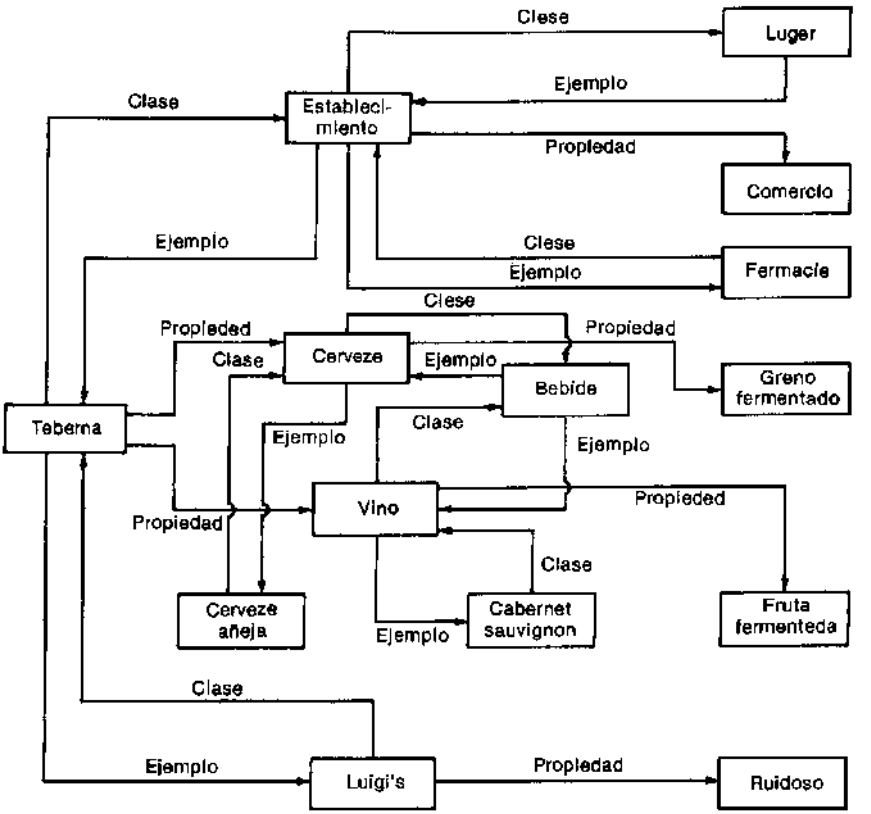


Figura 13.10. Fragmento de una red semántica que rodea al concepto de taberna. Los vínculos entre los conceptos se etiquetan de acuerdo con su tipo (tomado de Lindsay y Norman, 1972).

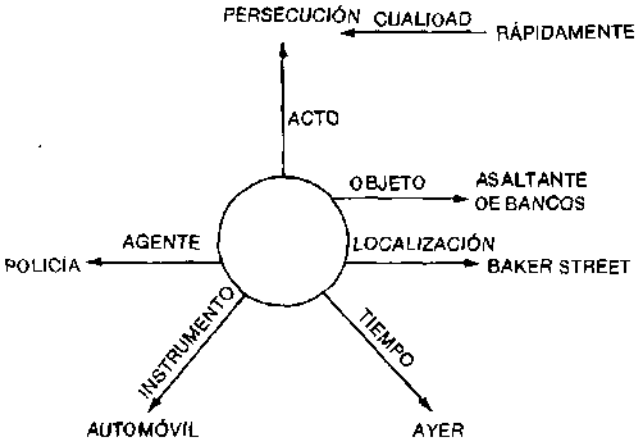


Figura 13.11. Estructura de *gráfica* que describe relaciones de *gramática de caso* entre varios sustantivos y el verbo principal. Esta *gráfica* codifica en la memoria el evento de la policía que perseguía rápidamente en automóvil a los asaltantes de un banco el día de ayer, en Baker Street.

Algunas de las principales distinciones en el *caso de gramática* se ilustran en la figura 13.11, que muestra la codificación propuesta del evento "la policía que en automóvil perseguía con rapidez a los asaltantes de un banco el día de ayer por Baker Street". La acción gira en torno del verbo principal *perseguir*, que requiere de un agente (alguien que ejecute la acción), un objeto e, implícitamente, un medio o instrumento de la acción. El acto mismo puede modificarse mediante un adverbio de modo, como *rápidamente*, y la información de tiempo y de localización también puede vincularse con el evento. Las proposiciones lingüísticas que escuchamos tendrían una codificación similar a la de los eventos reales. Por supuesto, la mayor parte de las proposiciones no complementan tantos detalles; son elípticas o limitadas de muchas maneras, debido a la referencia a partes anteriores de un diálogo o discurso en marcha.

La codificación perceptual y el aprendizaje

Hemos indicado el modo en que la información se registra en la memoria; es decir, en forma de proposiciones. Evidentemente, un requisito esencial para que esto suceda es que el sistema sensorio-perceptual cuente con rutinas para convertir las secuencias de estímulos configurados en proposiciones, al categorizarlos, interpretarlos y colocarlos en un marco de referencia "declarativo". La solución deseada se describe en la figura 13.12, en la cual una entrada pasa primero por el reconocimiento de patrón, y después se alimenta con ella a un analizador lingüístico o no lingüístico (o ambas cosas), que extrae la(s) proposición(es) significativa(s) inherente(s) en la entrada. Las proposiciones perceptuales no son coextensivas con las etiquetas verbales, ya que se supone que los seres humanos no verbales tienen, sin embargo, proposiciones perceptuales. Un estímulo visual podría dar lugar a una proposición perceptual que se describiera con palabras como éstas: "Un triángulo azul presentado sobre una tarjeta enfrente de mí". Existen diversos programas en la inteligencia artificial (por ejemplo, Winston, 1970, 1977)

para convertir las escenas elementales de bloques en proposiciones. Aunque en la actualidad estos programas claramente tienen sólo capacidades burdas, la meta de su operación es convertir escenas sensoriales en proposiciones significativas. El aprendizaje del lenguaje se concibe en parte como el sujeto que aprende correspondencias entre palabras y referencias perceptuales, y entre series semánticas de palabras y proposiciones perceptuales (véase J. R. Anderson, 1976).

El analizador gramatical del lenguaje que aparece en la figura 13.12 es la parte del proceso que más se ha elaborado en la inteligencia artificial y en la psicolingüística (véanse J. R. Anderson, 1976; Marcus, 1979; Norman y Rumelhart, 1975; Schank, 1975*a*; T. Winograd, 1972). Se han probado varios métodos para identificar raíces y terminaciones de palabras, a fin de analizar oraciones de entrada en cuanto a sus cláusulas y elementos gramaticales, identificar conceptos operativos y sus relaciones, y decidir cuáles son las proposiciones lógicas y atómicas expresadas en la superficie de la oración. El análisis gramatical por computadora del lenguaje natural se ha convertido en una ciencia avanzada por derecho propio. Baste decir que la salida del analizador gramatical será una o más proposiciones expresadas, por ejemplo, como argumentos conceptuales de *gramática de caso* de un concepto de acción, como la proposición *perseguir* que se muestra en la figura 13.11.

En esa teoría, el "aprendizaje" consiste sólo en registrar el hecho pertinente en la red conceptual. Así, para el aprendizaje de una nueva proposición, "John es un ladrón", se trata simplemente de establecer una asociación etiquetada "es un" (o "subconjunto de") a partir de mi concepto preexistente de John, con mi concepto de ladrón. Si yo no tuviera un concepto para John, entonces establecería un nuevo nodo en la memoria para representar este concepto nuevo con el cual puede vincularse más información.

En tanto sea posible, las estructuras de información nueva, como las que se muestran en la figura 13.11, se consideran "fijadas dentro" de los conceptos ya conocidos de la memoria (como policía, Baker Street, etc.); la nueva información, o nuevo suceso proposicional es sencillamente un nuevo conjunto de conexiones temporales y etiquetadas entre estos conceptos preexistentes. Una vez que se codifique y aprenda una proposición, la persona puede emplearla para responder a

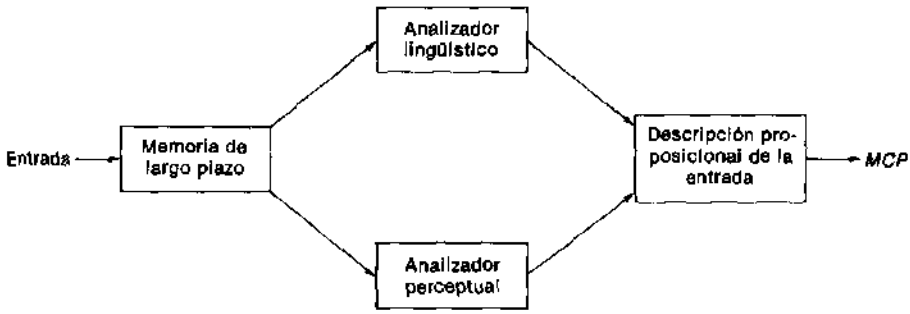


Figura 13.12. Componentes en la traducción de un evento de estímulo en una representación proposicional interna. El analizador lingüístico analiza el habla o la escritura, mientras el analizador perceptual analiza los estímulos no verbales.

varias preguntas. Las preguntas generalmente especifican *parte* de la información deseada, y dejan en blanco los elementos que la respuesta ha de llenar. Preguntas como: "¿Qué sucedió ayer en Baker Street?", o "¿Cómo, cuándo y dónde persiguió la policía a los asaltantes del banco?" son algo así como indicios compuestos de recuperación, mediante los cuales comprobamos el sistema para la información deseada. La mayor parte de los sistemas de recuperación operan bajo un principio de "igualación de patrón" o similitud. La pregunta se descompone primero en su formato de *gramática de caso* con algunas ranuras vacías (con signos de interrogación), y entonces se busca la estructura de memoria con la mejor igualación que pueda encontrarse para el examen probatorio. Los eslabones particulares entre conceptos en la memoria sólo se recuperarán y usarán cuando las relaciones entre los conceptos sean las mismas que en las preguntas de sondeo. Así, al contestar preguntas acerca de a quién perseguía la policía el día de ayer, el sistema pasa por alto los hechos relacionados con la policía y la persecución que no sucedieron ayer, y también descarta instancias recuperadas donde la policía podría haber sido el objeto en vez del agente de la acción de persecución (por ejemplo, "ayer escaparon leones salvajes y persiguieron a la policía por Baker Street"). Si la información proposicional original se ha registrado ("aprendida") adecuadamente, si la pregunta probatoria estipula suficientes indicios de recuperación, y si la búsqueda de la memoria procede con la rapidez y la eficiencia necesarias, el modelo de simulación debe dar la respuesta correcta. En la actualidad, el sistema que más se ha aplicado y comprobado en cuanto a su plausibilidad psicológica a este respecto es el de J. R. Anderson (1976); sin embargo, nos alejaríamos mucho del tema si intentáramos dar detalles de su teoría y del alcance de la evidencia que utiliza para solventar su credibilidad científica.

Es necesario mencionar algo más. Primero, se entiende que en tales sistemas de representación las proposiciones completas, una vez codificadas, pueden tratarse como unidades por derecho propio, de modo que es posible hacer predicaciones o comentarios acerca de ellas. Por ejemplo, el sistema puede registrar que "*John deplora que* tal cosa sea verdad", "que tal cosa *sea falsa*", o que "algo sucediera *muy a tiempo*". Asimismo, las proposiciones entran en *conjunciones* proposicionales, mediante el uso de conexiones como *y, entonces, mientras* y *causas*. Así, una secuencia de sucesos, como la que contiene una historia, se registraría en la memoria como una cadena de eventos proposicionales de la forma general: "evento 1, entonces (evento 2 mientras evento 3) causa evento 4, entonces el evento 5..."

La segunda cuestión atañe al problema de la inferencia y la deduccion al responder preguntas. Muy a menudo en el discurso se nos formulan preguntas para las cuales no tenemos respuestas directamente almacenadas; más bien debemos interpretar la pregunta e intentar inferir la respuesta a partir de otros elementos que conocemos. Así, podemos responder la pregunta: "¿Aristóteles tenía hígado?", al recuperar los hechos pertinentes de que Aristóteles era un ser humano, y todos los seres humanos tienen hígado, y aplicar entonces la regla lógica de que una propiedad verdadera para la clase es verdadera para cada miembro de la misma. De modo similar, si se nos pregunta si alguna región de Chile es fría, podríamos recuperar el hecho de que la cordillera de los Andes corre a lo largo de Chile, y que las cumbres de esas montañas son frías; de modo que a pesar de que Chile se encuentra cerca del Ecuador, probablemente tendrá algunas regiones muy

frías. En esta última ilustración, la inferencia comienza a parecerse más a la "solución de problemas", donde debe recuperarse un número de hechos diferentes y evaluar su combinación para arribar a una respuesta. (Para una discusión más detallada de la contestación de preguntas, véase el capítulo 12). Aunque cada uno de nosotros ha desarrollado un repertorio variado y complejo para resolver tales problemas de inferencia, los psicólogos todavía no dominan la forma en que debe escribirse un programa para simular estos procedimientos.

Búsqueda en la memoria

En la década de 1970 los psicólogos dirigieron muchas investigaciones para estudiar el tiempo que insume responder preguntas elementales como "¿Un *canario* es un tipo de *pájaro*?" o "¿Un *petirrojo* tiene piel?". La mayoría de los estudiantes universitarios conocen relaciones de subconjunto entre dominios limitados de animales, y es probable que el sujeto responda algunas preguntas acerca de conceptos remotos al usar *cadenas de relaciones de subconjunto*. Es decir, la persona infería que un *salmón* es un *animal*, no porque conozca exactamente esa proposición sino porque combina dos hechos: el *salmón* es un *pez* y los *peces* son *animales*. En la figura 13.13 se muestra una jerarquía de conceptos y propiedades de los animales, donde las flechas verticales indican asociaciones de subconjunto. Se supone que las preguntas que implican inferencias que requieren combinación de hechos o eslabones de subconjunto necesitan más tiempo para ser contestadas que las interrogantes que impliquen simplemente el acceso a un hecho sencillo (un eslabón sencillo en la figura 13.13). Se esperaba que el estudio de los tiempos de contestación de preguntas revelaría la organización de la infinidad de hechos en la *MLP* de los sujetos, y el proceso mediante el cual los hechos seleccionados se recuperaban para responder preguntas. Por consiguiente, las organizaciones conjeturadas como la que se muestra en la figura 13.13 podrían asegurarse con datos acerca de los tiempos de contestación de preguntas.

En la actualidad generalmente se admite que después de un comienzo prometedor, este programa de investigación de la contestación de preguntas semánticas tropezó con problemas insalvables y a la postre llegó a un punto muerto. Ahora se cree que las familias o dominios conceptuales no se organizan de forma ordenada, lógica y económica, con propiedades almacenadas solamente en el nivel más general de la jerarquía a que corresponden (como se ilustra en la figura 13.13); más bien, dependiendo de las experiencias de aprendizaje de una persona, las propiedades pueden almacenarse y tener referencias recíprocas en diversos niveles y fuerzas. El mejor predictor del tiempo de reacción de la gente para verificar una declaración verdadera "de subconjunto" o una declaración de "propiedad", es sólo la frecuencia normativa con la que ese concepto o propiedad se da como asociado forzoso para el concepto que tiene un sujeto, por parte de una población de sujetos similares (Glass *et al.*, 1974). La frecuencia de producción es únicamente una medición de la fuerza asociativa, un concepto que está incorporado en la mayor parte de los modelos actuales de la búsqueda de memoria (J. R. Anderson, 1976; Collins y Loftus, 1975). Sin embargo, este enfoque no permite prácticamente ninguna predicción nueva, más allá de la correlación general entre la frecuencia asociativa de sujeto y predicado, y los tiempos verdaderos de reacción.

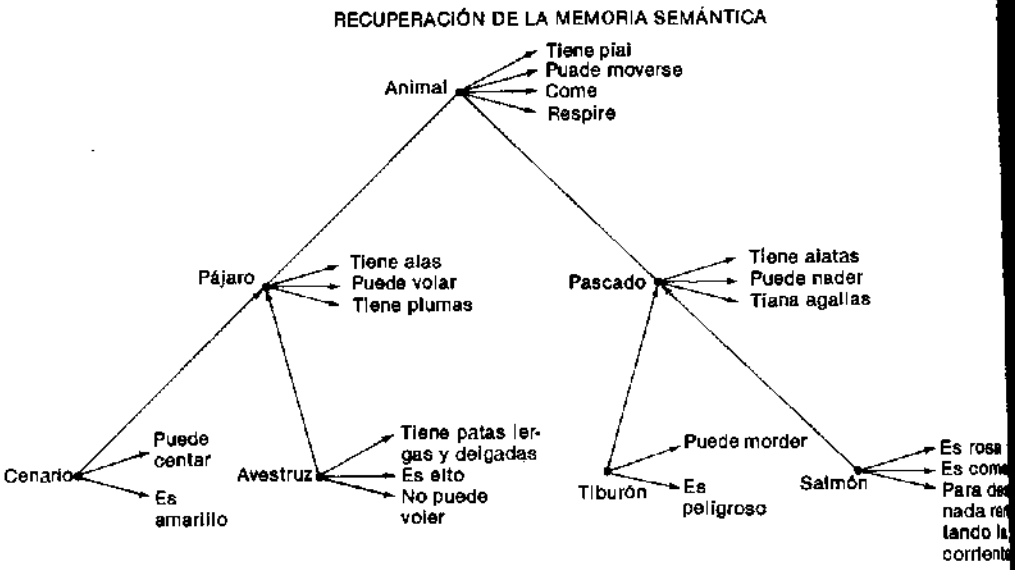


Figura 13.13. Ilustración de una jerarquía de tres niveles de conceptos de animales (puntos), con propiedades asociadas en conceptos específicos. Las flechas que señalan hacia arriba son *asociaciones de subconjunto* y significan que el concepto inferior en la base de la flecha es un subconjunto del concepto superior en la punta de esa flecha (tomada de Collins y Quillian, 1969).

Las teorías difieren en los procesos de búsqueda que proponen. En la actualidad, las más populares sostienen que para verificar la validez de una declaración como: "Un *canario respira*", los dos conceptos se activan en la memoria, y tal activación se difunde ciegamente como una corriente eléctrica desde cada fuente, a lo largo de cada una de las sendas asociativas que parten de ellas. Todos los nodos que reciben activación sencillamente la pasan de uno a otro, y la difunden entre sus sendas externas. El procesador busca una *intersección* de las dos ondas de activación en algún nodo (por ejemplo, tal vez en el nodo denominado PÁJARO en la figura 13.13). Una intersección representa algún tipo de conexión entre el sujeto (*canario*) y el predicado (*respira*), y por eso debe evaluarse a fin de establecer si la serie de eslabones de conexión es de la clase correcta que se necesita para responder la pregunta. Esta verificación de senda es indispensable para descartar conexiones espurias. Por ejemplo, *canario* y *es gracioso* también se intersecarían en el nodo PAJARO en la figura 13.13, pero no queremos que el sistema diga automáticamente "verdadera" frente a tales intersecciones.

Una implicación de ese modelo es que las declaraciones falsas en las cuales el sujeto y el predicado poseen muchas propiedades comunes o conexiones espurias (por ejemplo, "Un *canario* es un *petirrojo*"), tardarán más tiempo en rechazarse que los conceptos no relacionados, ya que antes deben examinarse de cerca varias intersecciones espurias. El hecho de que las oraciones estrechamente asociadas de sujeto y predicado se rechacen con lentitud se considera como evidencia para la

teoría de la propagación de la activación de la contestación de preguntas. Sin embargo, otros modelos —que presuponen que las preguntas se responden al examinar la superposición de propiedades semánticas excitadas por los conceptos de sujeto y de predicado— también pueden explicar este efecto (para una revisión, véase Smith, 1976). Ha resultado difícil diseñar pruebas definitivas de las diversas teorías rivales de la organización de la búsqueda y de la organización de la memoria semántica, empleando el conocimiento general de los sujetos. Tal vez una mejor estrategia es la que siguieron J. R. Anderson y Bower (1973) y J. R. Anderson (1976). Enseñaban a los sujetos hechos novedosos interrelacionados de una manera específica, y comprobaban sus tiempos de contestación de pregunta para inferencias de una longitud conocida en la red asociativa. Esas redes construidas experimentalmente parecen producir respuestas más claras que los materiales semánticos naturales que contienen mucha variación idiosincrásica y poseen, básicamente, una organización desconocida e incontrolada.

Aprendizaje del texto y del discurso

Hemos visto que las teorías de la memoria semántica, como el modelo *ACT* de J. R. Anderson, intentan describir el aprendizaje de enunciados simples o aseveraciones objetivas. Así, una aseveración simple como "John era infeliz" supuestamente es estudiada por el analizador de lenguaje de una persona, y se registra en su memoria al establecer eslabones asociativos entre los conceptos preexistentes de *John* y de *infeliz*. Se presume que la unidad básica del pensamiento es la construcción sujeto-predicado (*S-P*), la cual suele interpretarse en el sentido de que el concepto sujeto es un subconjunto o miembro del conjunto de cosas que el predicado describe. Así, "Fido mordió a John" significa que Fido es un miembro del conjunto de "mordedores de John". Las proposiciones complejas se representan en el *ACT* sólo como configuraciones más complicadas de construcciones sujeto-predicado.

Conforme las teorías semánticas han comenzado a describir con éxito la manera en que las oraciones no relacionadas se registran y se recuperan de la memoria (como lo ha intentado Anderson con el *ACT*), los psicólogos se han abocado al estudio de fenómenos más complejos, como la forma en que las personas aprenden y recuerdan *secuencias coherentes* de oraciones o de textos.

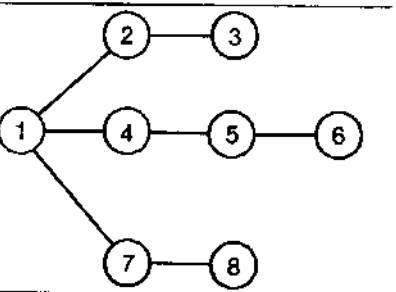
Desde hace mucho tiempo se ha despertado un gran interés en la psicología experimental por la memoria de textos significativos, pero aún no fructifican los esfuerzos tendientes a hacer de ella un tema de relevancia científica. Los estudios clásicos, por ejemplo, fueron dirigidos por Bartlett (1932), quien describió las distorsiones que hacían los sujetos en la reconstrucción de una leyenda indígena un tanto anómala, "La guerra de los fantasmas". Bartlett puso en duda la tradición de la sílaba sin sentido de Ebbinghaus, que dominaba en su época (y hasta la década de 1960), y señaló inquietantes distorsiones interpretativas que tenían lugar en la memoria reconstructiva. Así, por ejemplo, observó que durante el recuerdo algunos de sus sujetos regularizaban partes extrañas o no convencionales de la historia, reinterpretaban los motivos de los personajes de acuerdo con los estereotipos accidentales, se concentraban en (y elaborarían) algún detalle sorprendente, etcétera. Aunque el libro de Bartlett y sus observaciones fueron muy

leídos y citados, los psicólogos que trabajaban en el aprendizaje verbal no disponían en aquella época de las herramientas analíticas necesarias para tratar con la memoria que una persona tiene de un texto. Creían que la comprensión y la memoria de un texto presentaban formidables dificultades y, por lo mismo, los consideraron como una cuestión cuya resolución se dejaba al futuro. Lo que sin lugar a dudas es un problema elemental para cualquier teoría de la memoria humana —cómo aprende la gente por el discurso— se pospuso esencialmente durante varias décadas.

Los trabajos posteriores en los que se relaciona la teoría del aprendizaje asociativo con la psicolingüística (J. R. Anderson y Bower, 1973; Kintsch, 1974) han vuelto a investigar el problema central del aprendizaje a partir de un texto, y en los últimos años se ha incrementado considerablemente el interés en desarrollar teorías de la comprensión y la memoria de texto. Científicos de muchas disciplinas (psicología, educación, lingüística y ciencia de la computación) han hecho importantes contribuciones. Han aparecido varias obras dedicadas a la memoria de texto (Freedle, 1979; Just y Carpenter, 1977; Kintsch, 1974; Meyer, 1975; Schank y Abelson, 1977), así como artículos en revistas tales como *Discourse Processes*, *Cognitive Science* y *Journal of Educational Psychology*. Asimismo, se construyeron varios modelos teóricos para describir la forma en que la gente entiende y recuerda diferentes tipos de textos y narraciones (Kintsch y van Dijk, 1979; Thorndike, 1978).

Un texto es una secuencia de oraciones. Sin embargo, los textos tienen una coherencia y una estructura que los hace ser mucho más que una secuencia arbitraria. Una de las continuas labores de los científicos en este campo consiste en describir la estructura u organización del buen texto, y señalan qué lo hace coherente. Una útil hipótesis de Kintsch (1974), elaborada por Kintsch y van Dijk (1979), establece que una condición necesaria para la coherencia (aunque no suficiente) es que las sucesivas oraciones compartan las mismas ideas (conceptos o referencias). Es decir, las proposiciones de un texto congruente están interconectadas; con frecuencia se refieren a las mismas cosas o ideas, e introducen otras nuevas sólo de modo gradual. Así, la coherencia de los textos puede analizarse de acuerdo con sus patrones de repetición de concepto. En la figura 13.14 se presenta un ejemplo de este tipo de análisis. El texto que se muestra es una oración larga, compuesta por ocho proposiciones, que aparecen en notaciones de predicado-argumento a la izquierda de la tabla 13.2. (Una oración contiene a menudo dos o más proposiciones o relaciones básicas.) Así, la primera proposición enuncia que se forma turbulencia; la segunda, que esta formación está localizada en un borde; la tercera, que el borde es parte de un ala, y así, sucesivamente. El diagrama de la derecha en la tabla 13.2 vincula estas proposiciones que comparten una idea común. Por ejemplo, la proposición 4 está conectada con la 1 mediante la idea común de "turbulencia"; la proposición 8 se vincula con la 7 mediante la idea de "avión". Las conexiones entre todas las ideas compartidas dan lugar a la estructura gráfica que aparece a la derecha en la tabla 13.2. Este procedimiento puede ampliarse para textos de cualquier longitud, y la estructura gráfica resultante se vuelve muy compleja.

Supongamos que las primeras proposiciones de un párrafo contienen su tema principal. De ser así, la posterior mención de estos conceptos temáticos se subordina a su mención anterior. De este modo, es posible trazar una gráfica de co-

Proposiciones:	Conexiones y niveles:
1 (se forma, turbulencia) 2 (localizada: en, 1, borde) 3 (parte de, ala, borde) 4 (crece, turbulencia, fuerza) 5 (localización: sobre, 4, superficie) 6 (parte de, ala, superficie) 7 (contribuye, turbulencia, levantar, avión) 8 (supersónico, avión)	

Texto

La turbulencia se forme en el borde de un ale y crece en fuerze sobre su superficie, lo cual contribuye e leventar a un avión supersónico.

Figura 13.14. Base de texto de muestra y texto (tomada de Kintsch, 1975).

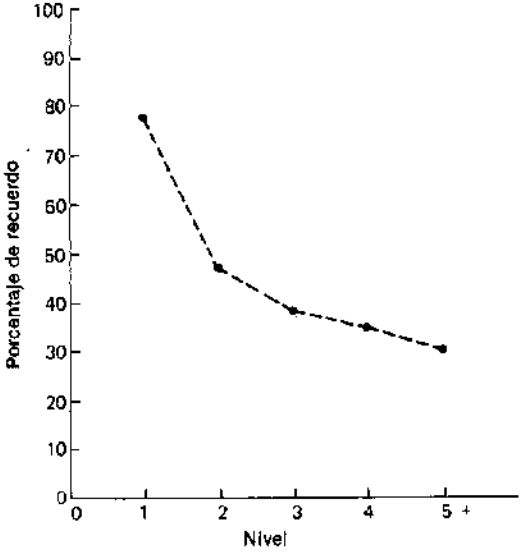


Figura 13.15. Probabilidad de recuerdo de proposiciones como una función de su nivel en la jerarquía del texto (tomada de Kintsch, 1975).

nexión con la proposición del tema principal (primero) en la parte superior, y las otras proposiciones que se ramifican hacia abajo como un conjunto de calificaciones, modificaciones o detalles subordinados. Entonces se define el nivel de una proposición y su distancia en la gráfica de conexión desde la proposición del tema principal. Por ejemplo, en la gráfica de la tabla 13.2, si colocamos la proposición 1 en el nivel 1, las proposiciones 2, 4, 7 estarán en el nivel 2, las proposiciones 3, 5, 8 en el nivel 3, y la proposición 6 en el nivel 4.

El nivel de una proposición en un texto predice si el lector la juzgará importante, y también si se recordará. De acuerdo con esta predicción, Kintsch (1974, 1975) ha descubierto que la probabilidad que tiene el sujeto de recordar la esencia (significado) de una proposición disminuye cuanto mayor sea la distancia lógica que la separa de la proposición central. El efecto se muestra en la figura 13.15, que presenta una gráfica del recuerdo de esencia, por parte de estudiantes universitarios, de diferentes párrafos de 70 palabras extraídos de artículos de *Scientific American*. Las dependencias de recuerdo entre proposiciones también parecían seguir la gráfica de conexión; así, una proposición detallada (por ejemplo, en el nivel 4) raras veces se recuerda sin ir acompañada de la proposición de nivel superior (nivel 3) vinculada con ella. Además, se sabe que el pensar en la proposición en un nivel "instiga" el estado de preparación del sujeto para recuperar de la memoria proposiciones directamente conectadas con ella en la estructura gráfica. Por lo tanto, el nivel de una proposición en la gráfica de conexión es un determinante principal de su recuerdo.

Esta variable de nivel también parece predecir los juicios del sujeto acerca de la *importancia* relativa de las proposiciones para el "significado global" del párrafo (Bower, 1976). Predice además la probabilidad de que la proposición aparezca cuando se le pida al lector que condense o escriba un resumen del párrafo completo.

La gráfica de conexión funciona razonablemente bien porque se correlaciona con la organización temática usual de los párrafos. Así, si un estudiante resume un texto, como se le enseñó en la escuela primaria, en temas centrales, subtemas, submetas con detalles, ese diagrama organizativo es similar a los niveles en la gráfica de conexión, formados de acuerdo con la hipótesis de los conceptos compartidos. Para concepciones alternativas de la estructura del texto, véanse Meyer (1975) y Thorndike (1978).

Kintsch y van Dijk (1979) propusieron un modelo más general para la memoria de textos que supone un mecanismo que explica por qué las proposiciones de nivel superior se recuerdan mejor (véase la figura 13.15). Como resultado, las proposiciones que son centrales en el texto y que contienen conceptos que se mencionan con frecuencia se mantienen activas, más tiempo en la *MCP* del lector. Así, a estas proposiciones se les asigna tiempo extra de repetición y aprendizaje, y por esa razón se vuelven sumamente memorables. Kintsch y Vipond (1978) ampliaron esta hipótesis para predecir la "dificultad de comprensión" o "interés" de textos particulares. Manteniendo constante la familiaridad de las palabras, emplearon diferentes textos que introducían nuevas ideas por proposición a tasas variantes. Descubrieron que la dificultad clasificada de un texto y el tiempo que los sujetos necesitaban para leerlo y para comprenderlo se incrementaba directamente con la tasa promedio de introducción de ideas nuevas. El modelo de lectura de Kintsch y Vipond es un exacta formulación de un principio que los instructores de lectura conocen desde hace mucho tiempo; es decir, que el material "redundante" o "de ritmo lento" es más fácil de leer y de recordar. Este resultado también se deduce del *ACT* de Anderson o de modelos similares del aprendizaje, ya que mientras más ideas compartidas haya entre proposiciones sucesivas, deben formarse *menos* eslabones asociativos nuevos a fin de registrar la información del texto en la memoria.

Kintsch y van Dijk (1979) reconocieron que en el procesamiento de un texto el sujeto que lee o escucha hace mucho más que observar si las proposiciones sucesivas comparten ideas. El lector también abstrae la esencia global del texto de una forma muy parecida a un boceto. Kintsch y van Dijk admiten que la hipótesis de los conceptos compartidos no basta para una comprensión total de las relaciones coherentes dentro de los textos. Por ejemplo, una secuencia de oraciones puede enumerar diferentes predicados acerca del mismo concepto, pero el texto parecería incongruente si los predicados no se relacionan o son contradictorios. Un segundo problema es que dos oraciones pueden estar estrechamente relacionadas y ser coherentes, pero no compartir ningún concepto. Por ejemplo, "John fue al restaurante. El filete era magnífico. La mesera recibió una buena propina" es una secuencia razonable, pero no hay conceptos que se repitan *explícitamente*. Los lectores comprenden la secuencia porque pueden *inferir* las partes suprimidas usando su conocimiento del *argumento* del restaurante. (Esta idea del argumento se examinó en el capítulo 12). De este modo, el argumento permite efectuar inferencias acerca de las ideas compartidas entre estas oraciones elípticas: fue John quien comió el filete y dio una propina a la mesera que se lo trajo, y así sucesivamente.

Uno de los principales problemas de la investigación consiste en especificar cómo emplean los lectores su conocimiento de la situación de que trata un texto para hacer inferencias plausibles; la computación de estas inferencias es necesaria

para llenar los vacíos literales en una descripción textual de la situación. Éste es un problema que la teoría del esquema (Thorndike, 1978) y la teoría de los argumentos, planes y metas de Schank y Abelson (1977) atacan conjuntamente dentro de los restringidos dominios del conocimiento. El espacio nos impide revisar aquí estos trabajos, pero recomendamos consultar las referencias citadas a fin de examinar algunas reseñas (véase también a Bower, 1976, 1978c). La investigación acerca de la comprensión y la memoria de texto se ha convertido en un punto central de interés teórico y experimental en la psicología cognoscitivista. Cabe esperar que contribuya a nuestra comprensión del aprendizaje humano de material complejo. También habrá de colaborar con la enseñanza en situaciones educativas.

El futuro de los modelos globales de la memoria de largo plazo

En una panorámica general no es posible proporcionar la razón fundamental completa, la evidencia y la motivación que sustentan al trabajo con los modelos del procesamiento de información semántica y la memoria de texto. Para una exposición más completa y detallada deberán consultarse las obras de J. R. Anderson y Bower (1973), Kintsch (1974), Norman y Rumelhart (1975), o J. R. Anderson (1976). Sin embargo, es necesario apuntar algunas consideraciones acerca de la significación de estas teorías. En primer lugar, se trata de teorías que por vez primera llevan la investigación del aprendizaje a un contacto bastante directo y fructífero con la investigación en lingüística y psicolingüística. Siempre ha parecido que cualquier reconstrucción plausible de la memoria humana debe ser capaz de puntualizar algunas observaciones acerca de la forma en que el lenguaje se usa para aprender y recordar proposiciones, episodios, narraciones, representaciones de teatro, materiales basados en hechos, y cosas por el estilo. Pero la teoría *E-R* y la tradición del aprendizaje verbal no han tendido puentes sólidos desde su base de laboratorio hasta el problema de la comprensión del lenguaje (las críticas persuasivas y devastadoras de aquellas antiguas explicaciones que lanzaron el lingüista Noam Chomsky y sus colaboradores se examinaron en el capítulo 7). La psicolingüística, como movimiento intelectual, en gran parte se desarrolló gracias a las críticas de Chomsky y a sus sistemáticos discernimientos acerca del lenguaje. Aunque la psicolingüística es un área de investigación muy fecunda de cierto modo ha permanecido alejada de las investigaciones más tradicionales de la memoria humana (para reseñas, véanse Clark y Clark, 1978; G. A. Miller y McNeill, 1969; Slobin, 1971). Las nuevas teorías de la memoria semántica, que hemos reseñado a grandes rasgos, proporcionan un terreno común de contacto y de interés mutuo entre la psicolingüística, la inteligencia artificial y la psicología experimental de la memoria. Esto se ejemplifica en las obras de Anderson y Bower (1973) y de Anderson (1976), que revisan y combinan investigaciones en estas diversas áreas. Proponen una teoría de un sistema operacional de la cognición (realizado como un programa de simulación por computadora) que ejecuta un análisis lingüístico de la oración que se da al sistema; proporciona un medio para buscar lo que ya se conoce acerca de la información de nuevo ingreso, a fin de decidir qué partes de los recuerdos antiguos pueden volver a usarse para registrar la nueva información; ofrece una descripción matemática del proceso, mediante el cual se adquieren las nue-

vas estructuras de información, como la de la figura 13.11; y describe y comprueba experimentalmente un plausible mecanismo de recuperación por medio del cual una pregunta o un sondeo de recuperación obtiene acceso a la información que es relevante para construir una respuesta. Prácticamente toda la evidencia experimental que citan Anderson y Bower en favor de su modelo proviene de estudios realizados por ellos mismos y por otros investigadores acerca de la memoria para materiales proposicionales, sobre errores de confusión en la memoria de reconocimiento de oración, en torno a las dificultades que experimentan las personas para comprender y verificar oraciones al compararlas con ilustraciones o hechos conocidos, y acerca de las distorsiones de la memoria para materiales textuales temáticamente relacionados. Sin embargo, también se esfuerzan en demostrar la forma en que su teoría procede de la tradición asociacionista en psicología, cómo operaría la teoría en las tareas estándar de aprendizaje verbal, y de qué modo abarca los resultados estándar que apoyan a la teoría de interferencia de la transferencia y el olvido. La importancia del trabajo de Anderson y Bower reside en su intento detallado y serio de reunir dos áreas de investigación y dos tradiciones (memoria asociativa y psicolingüística), y de evaluar sus respectivas contribuciones a la comprensión de la memoria humana.

El trabajo teórico acerca de los modelos de la memoria de largo plazo todavía se encuentra en la etapa formativa y de búsqueda (para reseñas, véanse J. R. Anderson, 1976; Freija, 1972). Sin duda, el área tendrá un formidable avance durante las próximas décadas, y las modestas teorías que ahora se ofrecen de modo provisional muy pronto quedarán atrás. Sin embargo, el nuevo trabajo es importante porque finalmente representa el "regreso a casa" del psicólogo pródigo a los problemas complicados, pero fascinantes, de comprender cómo utiliza la mente humana sus conocimientos lingüísticos y sus habilidades intelectuales en el aprendizaje y en el recuerdo. Tales problemas no pueden evitarse indefinidamente; la promesa de los recientes modelos de la memoria semántica y la contestación de preguntas es que al menos nos conducen de nuevo a estas sendas, para formular las interrogantes significativas y fundamentales. El camino es arduo y el progreso difícil pero tenemos la seguridad de que estamos estudiando procesos fundamentales del intelecto. El desarrollo de modelos de ejecución para la comprensión y la memoria del lenguaje, y el uso de los mismos, constituye un gran problema para la psicología cognoscitivista en los años venideros.

TEORÍA DEL APRENDIZAJE SOCIAL

Un libro como éste, que reseña diferentes enfoques teóricos, debe dar la impresión de que el escenario de la ciencia contemporánea está seriamente fragmentado en una infinidad de campos de batalla, todos los cuales compiten por la supremacía. Pero esa impresión es terriblemente equivocada; de hecho, nada podría estar más lejos de la verdad. Aunque existe desacuerdo dentro de cualquier grupo de científicos, entre los teóricos del aprendizaje las discrepancias por lo común no se refieren a los resultados básicos o a los principios fundamentales, sino más bien a la interpretación que ha de darse a ciertos hechos. Dentro del escenario contemporáneo en la teoría del aprendizaje, los desacuerdos no se suscitan alrededor de aspectos primordiales, a excepción de la gran división que todavía persiste entre

los conductistas skinnerianos y los psicólogos cognoscitivistas. Estos dos enfoques implican orientaciones metodológicas muy distintas, diferentes compromisos acerca del objeto de estudio de la psicología, y diversas restricciones referidas a qué tipos de teorías son admisibles. Esta distinción se examinó en ocasión de reseñar la posición de Skinner (capítulo 7) y al evaluar el movimiento de la modificación de la conducta dentro de la psicología clínica y educativa que ha derivado su ímpetu de los conceptos del condicionamiento operante. Es posible que el lector haya tenido la impresión de que la psicología cognoscitivista moderna (P. H. Lindsay y Norman, 1972; Neisser, 1967) sólo trata con la memoria humana y los procesos perceptuales, y soslaya otros factores, como la motivación, la recompensa y la administración contingente de la conducta. Pero eso es falso. La teoría del aprendizaje social, una posición sistemática propuesta por Bandura (1969, 1971*a*, 1971*b*, 1977*a*; Bandura y Walters, 1963) y muchos otros (Mischel, 1968; N. E. Miller y Dollar, 1941; Rotter, 1954; Staats, 1968, 1975), intenta proporcionar una síntesis más equilibrada de la psicología cognoscitivista con los principios de la modificación de la conducta. Es una destilación selectiva de lo que tal vez sea una posición "de consenso" moderada acerca de muchos problemas de importancia para cualquier teoría del aprendizaje y modificación de la conducta. La teoría del aprendizaje social no trata sólo con el conjunto usual de principios del aprendizaje, sino que agrega otros nuevos e intenta describir en detalle la manera en que un conjunto de competencias sociales y personales (la denominada personalidad) podría desarrollarse a partir de las condiciones sociales dentro de las cuales ocurre este importante aprendizaje. También trata de modo muy explícito con las técnicas de evaluación de la personalidad (Mischel, 1968) y de modificación de la conducta en situaciones clínicas y educativas (Bandura, 1969; Krumboltz y Thoresen, 1969; Watson y Tharp, 1977).

Aunque el teórico del aprendizaje social acepta los preceptos usuales del conductista en contra de la invocación de "causas internas" psicodinámicas de la conducta desequilibrada, los atempera con un énfasis opuesto sobre el papel del funcionamiento cognoscitivo simbólico en la adquisición de nuevas conductas, y en la regularización de la frecuencia y las ocasiones de aparición de las mismas.

> Una crítica válida de las posiciones conductistas extremas es que en un vigoroso esfuerzo por evitar causas internas espurias, descuidan determinantes de la conducta humana que surgen de su funcionamiento cognoscitivo. El hombre es un organismo pensante que posee capacidades que le confieren algún poder de autodirección. El grado en que las teorías conductuales tradicionales sean erróneas obedece a que proporcionan una explicación incompleta —más que inexacta— de la conducta humana. La teoría del aprendizaje social insiste especialmente en los importantes papeles que desempeñan los procesos vicarios, simbólicos y autorreguladores (Bandura, 1971*a*, pág. 2).

Como sabemos, las teorías tradicionales del aprendizaje han recalcado el aprendizaje por la experiencia directa, mediante la aplicación de contingencias de reforzamiento a las respuestas practicadas. Esto se condensa en las nociones de "aprendizaje por acción", de diferenciación de la respuesta, y del moldeamiento de cadenas conductuales complejas mediante la aproximación sucesiva. La teoría del aprendizaje social acepta esos principios del moldeamiento, aunque tiende (casi como Tolman) a concebir el papel de las recompensas en este proceso en el

sentido de que transmiten información acerca de la respuesta óptima en la situación, y proporcionan también motivación de incentivo para un acto dado debido a la recompensa anticipada. En contraste con el énfasis en el aprendizaje por acción, la teoría del aprendizaje social sostiene que gran parte del aprendizaje humano se realiza de modo *vicario*, al *observar* a otra persona que ejecuta respuestas habilidosas (leer acerca de ellas o ver ilustraciones de las mismas), y tratar entonces de imitar la respuesta del modelo. Con estos medios, el observador a menudo puede aprender y poco después ejecutar nuevas respuestas sin haberlas hecho anteriormente o sin que hayan sido reforzadas (ya que nunca habían aparecido). Es obvio que muchas habilidades humanas (por ejemplo, la pronunciación de palabras extranjeras) de ningún modo podrían adquirirse sin este aprendizaje por observación, y que varias otras habilidades, como conducir automóviles —que *podría* aprenderse laboriosamente (aunque con peligro) sólo mediante sucesivas aproximaciones reforzadas— en la práctica se enseñan de modo más eficiente a partir de instrucciones verbales y demostraciones realizadas por una persona modelo. Aunque estas técnicas de enseñanza se emplean de manera rutinaria y son familiares para todos nosotros, el lector debe comprender cuánto discrepan de los paradigmas de entrenamiento recomendados por el uso exclusivo de procedimientos de reforzamiento operante.

Aprendizaje por observación

En una interesante serie de artículos y libros de investigación, Bandura (1962, 1965, 1969, 1971*a*, 1971*b*, 1977*a*) ha señalado la ubicuidad y eficiencia de tal aprendizaje por observación en los seres humanos, y ha destacado sus características únicas, que no se encuentran en los paradigmas estándares del moldeamiento y el condicionamiento instrumental. Bandura también ha realizado una admirable serie de estudios, en especial con niños pequeños, que arroja luz sobre las variables que influyen en ese aprendizaje por observación.

En el experimento típico, un niño de guardería (el sujeto) se sienta y mira a otra persona (el modelo) que ejecuta una serie conductual particular. Más tarde se somete a prueba al sujeto en condiciones especificadas para determinar hasta qué grado imita su conducta. Ésta se compara con la de sujetos de control, que no han observado el modelo. En esta situación pueden variarse un cierto número de factores, y se ha demostrado que muchos de ellos afectan el alcance de la conducta imitativa que el sujeto ejecuta. A continuación se enumeran algunos de los factores estudiados por Bandura:

a) Propiedades de estímulo del modelo
   1. La edad, sexo y estatus del modelo en relación con los del sujeto, que se hacen variar. Los modelos de estatus superior son los más imitados.
   2. La similitud del modelo con el sujeto: el modelo puede ser otro niño en la misma habitación, un niño en una película, un personaje animal en una caricatura animada, etcétera. La imitación inducida en el sujeto disminuye a medida que el modelo se diferencia cada vez más de una persona real.

b) Tipo de conducta ejemplificada por el modelo
   1. Las nuevas habilidades se comparan con las secuencias nuevas de respues-

tas conocidas. Mientras más complejas sean las habilidades, más pobre será el grado de imitación después de un ensayo de observación.
2. Respuestas hostiles o agresivas. Éstas se imitan en alto grado.
3. Estándares de autorrecompensa por buenas ejecuciones en contraposición a las malas. El sujeto adoptará estándares de autorrecompensa similares a los del modelo. Asimismo, imitará el tipo de estándares morales que exhiba un modelo adulto. Las técnicas de autocontrol pueden transmitirse de este modo.

c) Consecuencias de la conducta del modelo
1. Se varía el hecho de si la conducta del modelo se recompensa, castiga o "ignora" (ni reforzada ni castigada) por otros agentes en el drama. Las conductas recompensadas del modelo son las que más tienden a imitarse.

ch) Disposición motivacional que se brinda al sujeto
1. Instrucciones que se dan al sujeto antes de que observe al modelo, y que le proporcionan una motivación alta o baja para prestarle atención y aprender la conducta del modelo. La motivación elevada podría producirse al decirle al sujeto que será recompensado en proporción a la medida en que reproduzca la conducta del modelo en una prueba posterior. Con instrucciones mínimas, el aprendizaje se clasifica fundamentalmente como "incidental".
2. Pueden darse instrucciones motivadoras después de que el sujeto contemple al modelo, y antes de que se lo someta a prueba. Esto ayuda a distinguir el aprendizaje de la ejecución de respuestas imitativas.

Esta lista de variables en la situación de aprendizaje por observación no es exhaustiva, y sólo intenta mostrar la extensión de posibilidades. El modelo puede transmitir una amplia gama de conductas en estas condiciones, y la fidelidad de la imitación del sujeto (incluso en condiciones de aprendizaje incidental) es a menudo notable.

Como hemos dicho, la conducta del modelo se imita más frecuentemente cuando éste se ha recompensado en vez de castigado. Bandura demostró que esta variable de recompensa-castigo afectaba la *ejecución* de respuestas imitativas por parte del sujeto, pero no su *aprendizaje* de las mismas. Después del ensayo de observación, se ofrecían atractivas recompensas a los sujetos si reproducían las respuestas del modelo. Este recurso incrementaba la exhibición de respuestas imitativas y eliminaba por completo el efecto diferencial de haber visto un modelo recompensado en contraposición a uno castigado. Así se descubrió que el observador había aprendido las respuestas del "muchacho malo", aun cuando no las ejecutaba sino hasta que se le ofrecía el incentivo para hacerlo.

Mecanismos del aprendizaje por observación

Los mecanismos necesarios para el aprendizaje por observación han sido analizados con cierta amplitud por Bandura y sus asociados. En uno de sus libros (Bandura, 1971*b*) se describe la investigación, y se le puede contrastar brevemente con la visión skinneriana (Gewirtz y Stingle, 1968). El análisis de condicionamiento operante del modelado se basa en el paradigma estándar de tres términos E^d-R-E^r, donde E^d denota el estímulo de modelado (por ejemplo, el modelo se toca la ore-

ja izquierda), R representa la respuesta de igualación manifiesta que el observador ejecuta, y E^r el reforzamiento proporcionado por algún agente para las respuestas de igualación ("imitación"). Acerca de esta reconstrucción paradigmática, Bandura afirma:

> El esquema anterior no parece aplicable al aprendizaje por observación, donde el observador no ejecuta manifiestamente las respuestas del modelo en la situación en la cual se muestran, los reforzamientos no se le administran al modelo ni al observador, y cualesquier respuestas que se hayan adquirido de este modo no se presentan durante días, semanas, e incluso meses. En estas condiciones, que representan una de las modalidades dominantes del aprendizaje social, dos de los factores ($R \rightarrow E^r$) del paradigma de tres elementos están ausentes durante la adquisición, y el tercer factor (E^d, o estímulo de modelado) generalmente está ausente de la situación cuando se ejecuta primero la respuesta aprendida por observación... El análisis de Skinner esclarece la forma en que la conducta similar que una persona ha aprendido previamente es instigada por las acciones de otras y la perspectiva de la recompensa. Sin embargo, no explica cómo se adquiere mediante la observación una nueva respuesta de igualación en el primer lugar ... ese aprendizaje se produce por medio de procesos simbólicos durante la exposición a las actividades modeladas, antes de que se hayan ejecutado o reforzado cualesquier respuestas (1971*a*, pág. 6).

En su análisis del aprendizaje por observación, Bandura destaca cuatro subprocesos interrelacionados. Los procesos y algunas de las variables que los afectan se muestran en la figura 13.16. En primer lugar están los *procesos de atención:* el sujeto debe prestar atención al estímulo modelado para que pueda aprender del modelo; se conocen varios factores que influyen en esta atención, incluyendo, por ejemplo, el valor funcional pasado de la atención a los modelos de un tipo y competencia particulares. Se incluyen aquí las habilidades sensoriales del observador, así como el carácter distintivo de estímulo del modelo y de sus acciones modeladas. En segundo lugar se cuentan los procesos de *retención*, y su estudio ha sido el terreno especial de los investigadores de la memoria humana. Si la conducta del modelo ha de ejercer influencia en la conducta del observador en un punto muy posterior en el tiempo, entonces la conducta del modelo como evento de estímulo debe codificarse, representarse simbólicamente y retenerse durante ese intervalo.

Para elaborar más este último punto, el aprendizaje por observación en los seres humanos implica dos sistemas de representación: uno imaginativo y otro verbal. Durante la exposición a los estímulos modelo, ocurren secuencias de experiencias sensoriales correspondientes (imágenes) que parecen asociarse o integrarse por la mera contigüidad (véase el análisis efectuado por F. D. Sheffield (1961) acerca del aprendizaje de "programas detallados de acción perceptual" que se mencionaron en el capítulo 4). Más tarde, la reanimación de las experiencias sensoriales integradas guiará la conducta del observador en la imitación. La abundante investigación acerca de la imaginación mental en la memoria humana le confiere una credibilidad especial a esta forma de secuencias de eventos cognoscitivos. El segundo sistema de representación, codificación verbal, puede diseñarse para que tenga niveles variables de eficiencia. En el nivel más sencillo, una vez que las etiquetas verbales ("nombres") están disponibles para el sujeto, éste puede describirse a sí mismo la conducta del modelo conforme se desarrolla, y entonces repetir y aprender esas descripciones verbales. El recuerdo posterior de

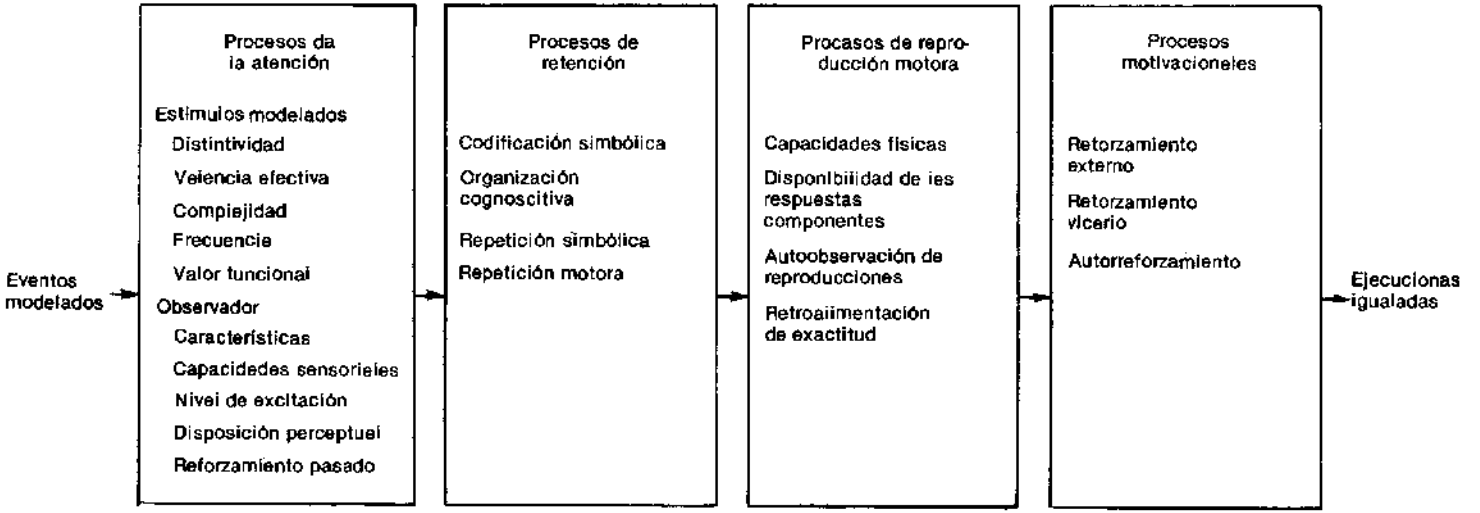


Figura 13.16. Procesos componentes que rigen el aprendizaje por observación en el análisis del aprendizaje social, de Bandura (tomada de Bandura, 1977*a*).

las mismas sirve como indicios para dirigir o guiar al sujeto a través de las respuestas imitativas. En un experimento de Bandura, Grusec, y Menlove (1966) se manejaba este factor al hacer que los niños miraran un modelo (que se mostraba en una película) en tres diferentes condiciones. En una, el sujeto verbalizaba en voz alta la secuencia de respuestas nuevas que ejecutaba el modelo. En otra, se instruía al sujeto para que sólo observara con cuidado. En la tercera, se le pedía que contara con rapidez mientras miraba la película, y esto presumiblemente interfería con su verbalización y aprendizaje implícitos de la conducta del modelo. Una prueba posterior de ejecución, con incentivo alto o bajo para la imitación, demostró que los tres grupos se clasificaban en el orden en que los enumeramos en su habilidad para imitar la conducta del modelo. Es decir, los sujetos que describían con palabras las conductas del modelo aprendían mejor, y aquellos que debían dedicarse a la tarea de interferencia de contar durante la observación, aprendían menos.

En experimentos relacionados de Bandura y Jeffery (1973), y de Gerst (1971), se adiestraba previamente a los sujetos para que emplearan un vocabulario especial para la codificación verbal de eventos perceptuales complejos. En el experimento de Bandura y Jeffery, el sujeto aprendía un nombre verbal para cada uno de varios movimientos de dos componentes que describían la trayectoria de una persona modelo para mover un punzón por un laberinto visual; la tarea criterio requería que el sujeto aprendiera y reprodujera una secuencia de 12 movimientos (6 movimientos de dos eslabones). En el estudio de Gerst, se mostraba a los sujetos etiquetas para componentes del lenguaje de signos manuales de los sordos, y entonces se les comparaba con sujetos no preadiestrados en cuanto a su habilidad para aprender, a partir de una demostración visual de signos manuales, el modo de reproducir un conjunto de signos. Como cabría esperar, los sujetos a los que se les había enseñado un código verbal especial para componentes específicos de los movimientos del modelo, segmentaron con facilidad la secuencia criterio modelada en estos componentes, los etiquetaron, repitieron las etiquetas y fueron muy superiores a los controles no adiestrados en lo que se refiere a su posterior habilidad para reproducir la ejecución criterio del modelo.

Nada de esto es sorprendente, y mucho menos para los investigadores que estudian el papel de las representaciones cognoscitivas en la memoria humana. En realidad, la situación experimental no es muy distinta del estudio usual de laboratorio en aprendizaje verbal, donde un sujeto observa reactivos verbales expuestos por un tambor de memoria, y más tarde los recita de nuevo (y si son patrones familiares —palabras—, se adquieren con más facilidad que si se trata de reactivos sin sentido y desconocidos). En gran parte, también las variables similares a las que influyen en el aprendizaje verbal son aplicables al aprendizaje por observación (por ejemplo, fuentes competitivas de control, interferencia proactiva y retroactiva, complejidad del material, etc.). Es decir, si el sujeto es expuesto a una "clase" de varios modelos que ejecutan varias acciones distintas, cabe esperar que (al igual que el aprendiz de pares asociados) se confunda al recordar qué modelo hizo esa ejecución y con qué consecuencias.

Para retornar al análisis que hace Bandura del aprendizaje imitativo en la figura 13.16 el tercer subproceso que destaca es el de las habilidades de *reproducción motora*. Un niño o un adulto puede saber de modo "cognoscitivo" y general lo que ha de hacerse (puede "reconocer" una ejecución correcta), pero, sin embargo,

ser relativamente inexperto en la ejecución misma. Los actos expertos como conducir un automóvil, bailar ballet o jugar golf generalmente requieren muchos componentes pequeños. Aun cuando la secuencia de actos pueda comunicarse mediante la observación, la excelente coordinación motora necesaria dentro de los propios componentes puede estar ausente en el novato, de modo que toda la ejecución parece muy torpe. A menudo las partes pertinentes del movimiento experto (por ejemplo, inclinar un hombro mientras se oscila el palo de golf) no son sobresalientes para el observador casual, o incluso para la misma persona que lo ejecuta, y se necesita una práctica motora considerable con retroalimentación de los resultados para moldear gradualmente las habilidades motoras. Sin embargo —y para suavizar este punto—, se sabe que con algunas habilidades motoras como las requeridas para el lanzamiento en baloncesto, para conducir automóviles o para el lanzamiento de dardos, la "repetición cognoscitiva" secreta o la "práctica imaginaria" a menudo puede producir significativas mejorías en la ejecución real (para una revisión, véase Richardson, 1969).

El cuarto subproceso en el análisis de Bandura del aprendizaje por observación es el papel del *reforzamiento*. Bandura trata a la anticipación del reforzamiento como un factor motivacional que determina la expresión de cogniciones y conductas aprendidas con anterioridad. Una persona tenderá a ejecutar o a inhibir una respuesta aprendida de forma vicaria según el grado en que crea que será recompensada o castigada por ejecutar el acto. El reforzamiento también puede alterar el nivel de aprendizaje por observación al afectar a quien o a lo que recibirá la atención del observador (por ejemplo, propiedades de estímulo de modelos atractivos y de prestigio), y cómo codifica y repite activamente la conducta modelada. Esta concepción del reforzamiento es parecida a la que adoptan la mayoría de los teóricos modernos del aprendizaje, con la llamativa excepción de los skinnerianos; ellos todavía se apegan a una visión "de fortalecimiento directo" del reforzamiento, y explicarían la "motivación de incentivo" en términos del carácter de estímulo discriminativo de las "anticipaciones" verbales del reforzamiento.

Antes de finalizar este tema es importante señalar que en un sentido práctico, un programa óptimo de adiestramiento para transmitir conductas a los seres humanos emplearía el método de observación conjuntamente con el reforzamiento diferencial. Al hacer que la persona observe un modelo, incrementamos la probabilidad inicial de que se produzca un patrón de respuesta que se asemeje al deseado. Después de que ocurra, la respuesta puede perfeccionarse o diferenciarse aún más y acelerar su tasa mediante el reforzamiento. Para algunas ejecuciones muy expertas, una vez que se ha iniciado la actividad, se derivan mayores beneficios de la práctica real en la habilidad, que mediante más observación del modelo. La división y el orden de la asignación de tiempo para observar un modelo en contraposición a la práctica con retroalimentación reforzante tendrá sin duda diferentes arreglos óptimos, dependiendo de la naturaleza de la tarea particular cuya ejecución ha de moldearse. Al parecer, las preguntas acerca de la disposición óptima en la actualidad carecen de respuestas generales, y cada una debe solucionarse en condiciones de campo apropiadas.

Esta combinación de técnicas también ha probado ser muy efectiva para superar fobias neuróticas en la práctica clínica. Muchas investigaciones han examinado técnicas para ayudar a los pacientes a superar temores extremadamente debilitantes a las serpientes, ratas o arañas. En la situación modelada el paciente mira a otra

persona que lleva a cabo acercamientos cada vez más temerarios a una serpiente viva; esta exposición por sí sola reduce moderadamente el temor que experimenta el paciente y también incrementa su habilidad para aproximarse al objeto temido. Sin embargo, el procedimiento más efectivo consiste en que el modelo aliente verbalmente al paciente a que siga paso a paso sus audaces respuestas, de modo que la transferencia de las acciones del modelo se produce en pasos pequeños y progresivos que dan lugar a interacciones cada vez más osadas con el objeto temido. Esta técnica de *modelamiento participativo* probó ser muy efectiva para resolver fobias clínicas en pacientes psiquiátricos.

El aprendizaje por observación se ha examinado con cierta profundidad no sólo por el interés intrínseco del tema, sino también porque pone de relieve una de las diferencias entre la teoría del aprendizaje social y un análisis directo de condicionamiento operante del mismo fenómeno.

La motivación en las teorías cognoscitivistas

La motivación se refiere fundamentalmente a la manera en que las acciones se activan y se seleccionan. Los teóricos cognoscitivistas presumen que la mayor parte de los instigadores internos o externos para la acción se transmiten por medio del sistema cognoscitivo de la persona. Los motivadores comunes incluyen la estimulación ambiental fuerte (calor, frío, descargas), y condiciones corporales como el hambre, la sed y la excitación sexual. El teórico cognoscitivista señalaría que la "fuerza motivacional" impulsora de estas condiciones para los seres humanos en gran parte se modifica mediante el sistema cognoscitivo. Así, los ascetas o las personas en huelga de hambre padecen hambre, y sin embargo, informan muy poco de la urgencia de comida que asociamos con el hambre extrema. Asimismo, a las personas se les puede enseñar rutinas simples de relajamiento, distracción y automanejo, que les permitirán soportar niveles de dolor que antes les resultaban intolerables (Meichenbaum, 1977). Los sujetos experimentales que han ayunado por un día, y que entonces acceden a una solicitud de continuar el ayuno para mayor experimentación, informan que sienten menos hambre, tienen menos ácidos grasos libres en la sangre (por lo normal un índice de hambre), y comen menos cuando a la postre se les den algunos bocadillos. Un libro editado por Zimbardo (1969), *The cognitive control of motivation*, reseña diversos experimentos en los cuales los índices de conductas motivadas se manipulan de modo sistemático mediante cogniciones acerca del compromiso social, disonancia y autoestima. El objetivo de tales estudios es mostrar que los seres humanos no son instrumentos pasivos de sus impulsos biológicos o de la estimulación externa, sino que pueden controlar sus reacciones a esas fuerzas.

En vista de las comodidades de nuestra opulenta sociedad, las fuerzas externas urgentes raras veces nos mueven; más bien las representaciones cognoscitivas en las cuales buscamos provocar consecuencias deseadas o evitar dificultades, son las que más a menudo nos motivan. Las cogniciones de las futuras consecuencias proporcionan la fuente aislada más grande de motivación para la acción humana. El reforzamiento y el castigo, otorgados o prometidos, afectan a la conducta debido en gran parte a que crean expectativas de que acciones particulares producirán consecuencias deseadas. Estas consecuencias esperadas proporcionan motivación

de incentivo para las acciones indicadas, de modo muy parecido a como lo concebían Hull y Spence.

Reacciones emocionales

Muchas emociones humanas se vinculan con pérdidas o ganancias esperadas, o son el resultado de la evaluación de algún evento personal. Así, la expectativa de una ganancia o éxito crea excitación placentera y euforia; la expectativa del peligro y del daño físico genera ansiedad. La evaluación de un evento como causante de la pérdida de algo valioso crea sentimientos de tristeza o depresión. La cólera es el resultado de evaluar un evento social nocivo como un daño intencional deliberado contra uno mismo o hacia un ser querido. El alivio es el resultado de la eliminación del temor a una situación incómoda. Los psicólogos cognoscitivistas creen que las emociones reciben gran influencia de las *evaluaciones cognoscitivas*. El sistema de evaluación cognoscitiva es un conjunto de reglas —tal vez inconscientes, pero de todas formas modificables— para interpretar una variedad de sucesos sociales como buenos o malos, felices o tristes, amenazantes o inofensivos. Por ejemplo, una persona que sufra de depresión severa a menudo tiene reglas cognoscitivas internas que la hacen reaccionar con exageración a los eventos sociales, de maneras autodespreciativas y contraproducentes. Así, interpreta un cumplido como una expresión de lástima hacia ella, generaliza cualesquiera de sus pequeños errores como prueba de una insuficiencia grave, y se lanza a conclusiones autodenigrantes a partir de la evidencia neutral (Beck, 1976). Esta persona sabe cómo arrebatar la derrota de las fauces de la victoria.

Una ventaja de concebir a las emociones de este modo es que sugiere técnicas terapéuticas para aliviar la depresión, la timidez, la infelicidad y la ansiedad. Un procedimiento básico consiste en atacar los pensamientos inapropiados a fin de demostrar la falta de lógica de las inferencias, y sugerir reglas sustitutas que conduzcan a evaluaciones más realistas y menos incapacitadoras. Esta forma de restructuración cognoscitiva se emplea con frecuencia en los programas de modificación de la conducta (Beck, 1976; Ellis y Harper, 1973; Michenbaum, 1977).

Procesos autorreguladores

Una segunda fuente de motivación cognoscitiva reside en el establecimiento de meta y en el autorreforzamiento. La automotivación es el resultado del establecimiento de metas y definición de estándares mediante los cuales las personas evalúan su conducta. Las personas se entregarán a la tarea de alcanzar una meta particular y evaluarán su ejecución en relación con ese objetivo. Se recompensarán a sí mismas con autosatisfacción si alcanzan su estándar, pero estarán insatisfechas y tal vez incluso se castiguen si no logran conseguirlo. Estas autoevaluaciones proporcionan fuerza de incitación a las metas que las personas fijan para sí mismas. El sistema autorregulador les permite trabajar en pos de metas conductuales, incluyendo la de volverse independientes del control de otros seres humanos.

Los teóricos del aprendizaje social han escrito e investigado acerca de múltiples aspectos de la autorregulación (Bandura, 1977*a*, 1977*b*). Una tarea consiste en describir cómo aprenden los niños los componentes de la autorregulación. Estos componentes incluyen el establecimiento de estándares por lograr, el monitoreo de

la propia ejecución, la evaluación de la misma de acuerdo con su aproximación al estándar, y el recompensar la propia ejecución en la consecución del estándar. Al comprender mejor los componentes del proceso, es posible enseñar habilidades en autorregulación a niños o adultos deficientes en algún aspecto, y que desean controlar mejor su propia conducta.

Un problema estudiado con especial atención es la forma en que los niños adquieren patrones de evaluación. Esto se produce principalmente a partir de la imitación de los estándares modelados por los familiares, compañeros y figuras famosas en los medios de comunicación. Además, los niños adquieren patrones morales y éticos mediante los ejemplos de sus padres y maestros; gracias al modelado también aprenden a justificar sus estándares con apelaciones o argumentos morales.

Los psicólogos han estudiado la forma en que una persona debe establecerse metas a fin de motivar el logro óptimo. Todos concuerdan en que es mejor tener una meta claramente especificada de moderada dificultad. Los objetivos demasiado fáciles o difíciles no son motivadores ni reforzantes en el momento de lograrse. A fin de obtener un objetivo difícil y distante, la persona debería fijarse una serie de submetas pequeñas e inmediatas que conduzcan a la meta distante. Así, una persona que intente bajar de peso tendría que proponerse pequeñas "submetas próximas" (como registrar y reducir el número de calorías ingeridas para cada mitad del día), en lugar de fijarse un objetivo lejano y difícil (como perder 5 kilogramos en 5 semanas).

La autorregulación parece ser el *quid* de varios fenómenos investigados bajo otros nombres. Por ejemplo, la *motivación de logro* de un individuo se refiere al grado con el cual el sujeto establece habitualmente patrones de ejecución muy altos para sí mismo y se priva, por voluntad propia, de las recompensas personales hasta que alcanza esos estándares. Un segundo fenómeno de los procesos autorreguladores es el papel del "conocimiento de los resultados" en los usuales estudios de laboratorio del aprendizaje y la ejecución. El conocimiento de la ejecución refuerza y motiva sólo cuando el sujeto se ha fijado estándares por alcanzar y puede evaluar su propia ejecución. Tales patrones se especifican generalmente mediante las instrucciones del experimentador. Los sistemas de recompensa externos (como las estrellas doradas en la guardería infantil) son poderosos porque inducen a los sujetos a fijarse metas y evaluar su ejecución de acuerdo con lo estándares de su "entrenador" (Locke *et al.*, 1970).

Dentro de la bibliografía acerca de la autorregulación se discute mucho la interpretación del autorreforzamiento (Bandura, 1977*a*; Rachlin, 1974). En apariencia, una persona que se prive de una recompensa libremente asequible cuando su conducta no llegue a sus estándares presentes, parece contradecir el principio hedonista del comportamiento animal. Sin embargo, Bandura y Mahoney (1974) demostraron que las palomas y los perros podían ser entrenados para que se negaran recompensas "libremente disponibles" hasta que hubieran realizado una determinada cantidad de "trabajo" para ganarlas. En el régimen de entrenamiento se castigaba o no se reforzaba al animal cuando comía el alimento disponible antes de que hubiese ganado su recompensa mediante la respuesta instrumental previa. Una vez que la rutina trabajar-para-comer está establecida con castigo parcial, persistirá mucho después de que el castigo se elimine. Así, el animal *parecía* renunciar al placer inmediato, y se obligaba a sí mismo a trabajar para merecer su recompensa. Al parecer, un niño aprende técnicas de autocontrol y continúa em-

pleándolas a fin de obtener reforzadores de apoyo similares por parte de sus padres o del ambiente social. Después de muchos años, los procesos de autocontrol operan de modo automático, sin reforzadores de apoyo, a excepción del autoelogio y el "respeto a uno mismo".

Una vez establecido, un sistema de autorreforzamiento produce regularmente dos consecuencias a raíz de una acción relevante: un autoevaluación y una consecuencia externa (quizá una recompensa o castigo autoadministrados). Estas consecuencias por lo general operan juntas para acrecentar o suprimir la conducta; así, un estudiante se elogiará a sí mismo e irá al cine si estudia durante más tiempo de lo que establecía su meta. El elogio y el cine sirven como motivación de incentivo antes de la conducta de estudiar y durante su transcurso. La autocensura y los castigos externos motivan de modo similar las conductas que evitan esa censura y esos castigos en el futuro. El problema que se discute es si la alabanza o la reprobación autoadministradas en verdad fortalecen o debilitan la conducta, o si operan principalmente al instigar o recordarle a la persona las recompensas externas que se ha prometido a sí misma por los logros.

En algunos casos, la autoevaluación entra en conflicto con las consecuencias externas, como cuando desvalorizamos alguna acción por la cual los propios colegas nos recompensan, o cuando valoramos acciones que el grupo social ignora o castiga. En estos casos, la autoevaluación a menudo gana para determinar la regularidad y persistencia de la conducta. Algunas formas de autorregulación son tan poderosas que la conducta puede desvincularse parcialmente de los sistemas sociales de reforzamiento. Así, un artista pobre y desconocido que está convencido de que sus pinturas satisfacen las pautas artísticas más elevadas, despreciará la obra de sus coetáneos más famosos, y la considerará como trabajos vulgares y comerciales. Los individuos que poseen una gran fuerza de voluntad y autocontrol se admiran por su coraje e independencia si sus trabajos son prosociales (por ejemplo, inventores y poetas excéntricos), pero se les teme por su sinceridad si sus acciones son antisociales (asesinos psicópatas, dictadores sádicos). Bandura (1977*a*) ha analizado las condiciones personales y sociales que pueden crear y mantener la conducta antisocial o deshumanizada. Su análisis tiene una especial importancia para tratar con la agresividad y el crimen.

Las expectativas de eficacia y la ejecución

La teoría de la expectancia de Tolman y la teoría de la decisión se concentraban exclusivamente en la expectancia del organismo de que una acción dada conducirá a una determinada consecuencia. Según el grado en que se desee y espere una consecuencia contingente a una acción, se seleccionará y se activará esa acción. Sin embargo, Bandura (1977*a*, 1977*b*) ha observado otra expectancia que no figura en la teoría de Tolman; es decir, la convicción que tiene el organismo de que puede ejecutar convenientemente la conducta requerida para producir las consecuencias. Bandura denomina a esta conducta *expectación de eficacia*, ya que consiste en una predicción acerca de cuán eficaz o competente será la propia conducta. Las expectativas de eficacia difieren de las *expectativas de consecuencia*, que se refieren a la estimación que hace la persona de que una conducta dada conducirá a ciertos resultados. En la figura 13.17 se ilustra el lugar de los factores que intervienen en las dos expectativas. Éstas pueden diferenciarse con claridad en las

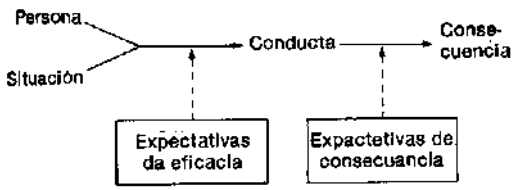


Figura 13.17. Punto de referencia de las expectativas de eficacia en comparación con las expectativas de resultado (tomada de Bandura, 1977a).

personas con fluidez verbal. Así, una persona puede saber e informar que una recompensa seguirá confiablemente a una conducta dada (una expectancia de consecuencia positiva), pero tener serias dudas acerca de su habilidad de ejecutar la conducta con eficacia (expectación de eficacia baja). Estas expectativas también pueden invertirse. La expectativa de eficacia es similar a la variable del hábito, de Hull, ${}_sH_R$, que denotaba el grado en el cual el organismo sabe cómo ejecutar la respuesta R en la situación S. Pero, a esta construcción hipotética de la expectativa de eficacia, Bandura le atribuye más propiedades de las que Hull adjudicaba al ${}_sH_R$.

Al igual que otras construcciones hipotéticas, las expectativas de eficacia están aseguradas en términos de qué condiciones externas las afectan y qué influencias ejercen a su vez sobre la ejecución. Las personas poseen expectativas de eficacia acerca de infinidad de respuestas en varias circunstancias. Un conjunto de expectativas de eficacia es muy parecido a una larga lista de creencias personales acerca de competencias e incompetencias. En lo que toca a los efectos de la ejecución, Bandura supone que aquello que percibe una persona de la eficacia (destreza) de una conducta dada afecta al que use o no esa conducta al afrontar situaciones difíciles; influye en el esfuerzo que dedicará a la conducta o cuánto tiempo persistirá en ella al enfrentarse a obstáculos y frustraciones. Mientras más poderosa sea la expectativa de eficacia, más tiempo y esfuerzo se dedicará a la conducta que se intente. Si la conducta persistente a la larga tiene éxito, la expectativa de eficacia para esa conducta en situaciones de ese tipo se acrecentará. Si la conducta se ejecuta pobremente y fracasa, o se abandona antes de tiempo, su expectativa de eficacia para esa situación disminuirá. De esta forma, la expectativa de eficacia para una respuesta en una situación dada se ajusta a sí misma de acuerdo con las experiencias del sujeto con esa conducta.

Bandura ha citado muchos factores que influyen en la expectativa de eficacia que una persona tiene en torno de alguna conducta (véase figura 13.18).

Las cuatro principales fuentes de conocimiento acerca de la eficacia de una conducta en una situación dada son:

1. Los logros pasados de la conducta de la persona.
2. La observación de los éxitos o fracasos de otras personas con esa conducta.
3. La persuasión verbal realizada por uno mismo o por otros.
4. Los cambios en la propia excitación emocional en la situación de objetivo.

En la figura 13.18 se enumeran varios procedimientos que ejemplifican fuentes particulares de conocimiento de la autoeficacia. La mayor parte de los procedimientos de la citada figura se refieren a técnicas de terapia de la conducta que por

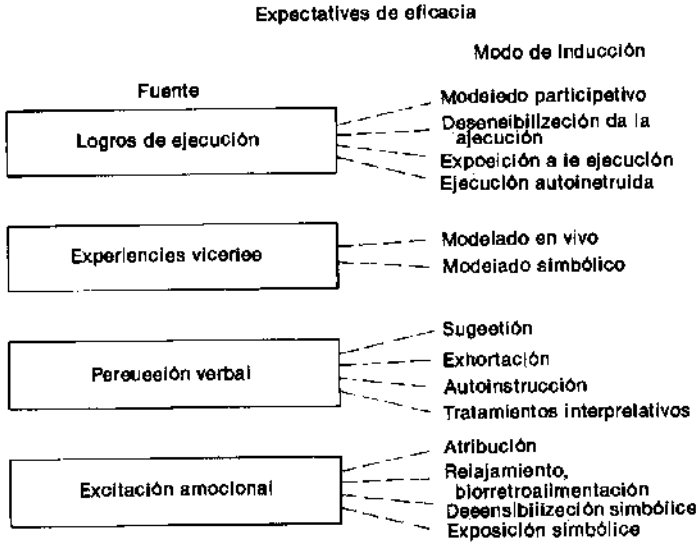


Figura 13.18. Principales fuentes de expectativas de eficacia, y fuentes a través de las cuales operan diferentes modalidades de influencia (tomada de Bandura, 1977a).

lo general se usan para vencer el temor. Esas técnicas se han investigado ampliamente y su efectividad es muy variable. Bandura sugiere que los procedimientos de terapia basados en la ejecución como el modelamiento participativo (parte superior de la figura 13.18) resultan más efectivos que las técnicas de persuasión verbal o de reducción de emoción (desensibilización), ya que una ejecución exitosa proporciona una fuente más confiable de evidencia sobre la cual cambiar las propias expectativas de eficacia. Así, la mejor base para predecir que usted será capaz de tocar una serpiente viva es el conocimiento de que realmente acaba de hacerlo, en lugar de imaginárselo.

En una investigación de Bandura (1977*b*), los pacientes que recibían tratamiento para la fobia a las serpientes daban puntuaciones de expectativas de eficacia en diversos momentos antes y después del tratamiento, así como durante su transcurso. Los pacientes eran extraordinariamente exactos al estimar hasta dónde serían capaces de llegar en una serie graduada de acercamientos e interacciones con una serpiente. Esta estimación era la medición de la expectativa de eficacia. Los grupos de sujetos recibían distintos tipos de tratamiento para esa fobia, como la desensibilización imaginaria, el modelado o el modelamiento participativo. Los grupos diferían considerablemente en el grado de variación en las conductas de aproximación a las serpientes. Además, estas modificaciones conductuales iban acompañadas de cambios similares en sus estimaciones de eficacia postratamiento en el acercamiento a los reptiles. La correlación entre cambios en las expectativas de eficacia y en la conducta de acercamiento era alta y casi idéntica en todos los grupos. Los tres programas terapéuticos influían de forma paralela sobre los cambios en las expectativas de eficacia y sobre la conducta. Así, es posible afirmar que

los procedimientos de cambio de la conducta sólo son efectivos hasta donde modifiquen primero las expectativas de eficacia. Los críticos de la teoría argumentarían que las expectativas cambiadas de eficacia constituyen tan sólo un índice correlacionado de modificaciones conductuales manifiestas provocadas mediante el reforzamiento, pero por sí solas no originan esos cambios. Bandura (1978) ha apoyado esta investigación con muchas otras, ha defendido su teoría contra los ataques más severos. En la actualidad, la teoría es objeto de un análisis profundo y ha generado múltiples investigaciones. En años venideros cabe esperar desarrollos significativos en la teoría de la eficacia.

OBSERVACIONES FINALES

Hemos revisado un número de características de la teoría del aprendizaje social, ilustrándolas con el trabajo de su principal vocero, Albert Bandura. La teoría del aprendizaje social es híbrida; se trata de una forma de conductismo cognoscitivo que analiza el aprendizaje, la motivación y el reforzamiento de la conducta social en términos de sucesos cognoscitivos que median el impacto de los eventos externos. Por ejemplo, lo crítico de las contingencias de reforzamiento es la forma en que la persona las entiende y representa subjetivamente, no los parámetros objetivos de las mismas. En muchos aspectos, la teoría del aprendizaje social es compatible con versiones más liberales del conductismo. Un aspecto sobresaliente del trabajo de Bandura es que evita los mecanismos de respuesta periférica y admite fácilmente los procesos cognoscitivos centrales (codificación, imaginación, representación simbólica, solución de problemas) en sus explicaciones teóricas del aprendizaje por observación, la autorregulación, el establecimiento de estándares, la autoeficacia y la planeación. Bandura ilustra con ejemplos y experimentos la forma en que esos procesos cognoscitivos controlan las influencias de las contingencias de reforzamiento en el control de las acciones, y determinan la manera en que las personas consideran y evalúan cuidadosamente las acciones sustitutas, o cambian sus conceptos de sí mismas. Los principios se aplican con ingenio a innumerables conductas sociales como la competencia, agresión, papeles sexuales, desviación y conducta patológica (véase Bandura y Walters, 1963; Bandura, 1969, 1977*a*). A grandes rasgos, la teoría del aprendizaje social proporciona la mejor síntesis integradora de lo que la moderna teoría del aprendizaje aporta a la solución de problemas prácticos. También brinda un marco de referencia compatible dentro del cual se puede colocar a las teorías del procesamiento de la información, de la comprensión del lenguaje, la memoria, la imaginación y la solución de problemas. Estas teorías, por su parte, suministran los detalles de los "sistemas de representación" y los "procesos simbólicos", a los que se menciona en las aplicaciones de la teoría del aprendizaje social. Por estas razones, la teoría del aprendizaje social puede proporcionar una base de consenso para gran parte de las investigaciones del aprendizaje en la próxima década.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

G. H. Bower editó un volumen anual de su trabajo experimental y teórico; estos volúmenes abarcan las principales áreas de la teoría del aprendizaje y se han publicado regularmente desde 1967.

Bower, G. H. (dir.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, vol. I (1967) a vol. 13 (1979) y demás.

Respecto a la investigación y teoría más recientes, se recomiendan los siguientes libros:

Anderson, J. R. y Bower, G. H., *Human associative memory*, 1972.
Anderson, J. R., *Language, memory, and thought*, 1976.
Bandura, A., *Principles of behavior modification*, 1969.
Bandura, A., *Social learning theory*, 1977*a*.
Crowder, R., *Principles of learning and memory*, 1976.
Estes, W. K. (dir.), *Handbook of learning and cognitive processes*, 5 vols., 1975-1978.
Lindsay, P. H. y Norman, D. A., *Human information processing*, 1972.
Melton, A. W. y Martin, E. (dirs.), *Coding processes in human memory*, 1972.
Neisser, U., *Cognition and reality*, 1976.
Nisbett, R. y Ross, L., *Human inference*, 1979.
Norman, D. A. y Rumelhart, D., *Explorations in cognition*, 1975.
Schank, R. y Abelson, R. P., *Scripts, plans, goals, and understanding*, 1977.
Staats, A. W., *Social behaviorism*, 1975.
Wickelgren, W. A., *Cognitive psychology*, 1979.

Tercera parte

Campos relacionados

14

Neurofisiología del aprendizaje

No hay nada tan cierto como la aseveración de que nuestra conducta es producto del sistema nervioso. La proposición es casi más tautológica que fáctica. En este sentido, cabe preguntar por qué las teorías de la conducta aprendida no han sido más explícitamente neurofisiológicas en su contenido, construcciones hipotéticas y referencias.

Hay muchas, y muy diversas razones históricas que explican este largo divorcio entre la neurofisiología y la teoría de la conducta, y no intentaremos exponerlas. En primer lugar, durante el periodo comprendido entre 1930 y 1960, cuando se desarrollaron la mayor parte de los motivos centrales de los actuales enfoques del aprendizaje, se creía que la neurofisiología tenía poco que ofrecer a la solución de los problemas psicológicos de la época. Pero con el gran auge de la investigación neurofisiológica en los últimos veinte años, este prejuicio comienza a desaparecer. Segundo, las principales teorías nunca intentaron describir los eventos específicos y reales tal como ocurren en el sistema nervioso de su aprendiz modelo. Las tácticas han sido —y en gran medida todavía son— las del conductismo descriptivo, complementadas por la teorización de la variable interviniente. La descripción de las relaciones genéricas *E-R* se encuentra en un nivel: si usted insta a sus sujetos a que hagan tal y tal cosa, se comportarán de tal y tal forma. El "tal y tal" en cada caso puede reemplazarse con una lista algo extensa de las variables que se consideren pertinentes.

En otro nivel de teorización, se postula sólo la existencia, dentro del organismo, de ciertos mecanismos primitivos que desempeñan funciones particulares o que son gobernados por un conjunto determinado de reglas. Las implicaciones conductuales de los mecanismos postulados más sus reglas de operación se infieren entonces para los diversos conjuntos de condiciones fronterizas en las cuales ha de observarse el organismo modelo.

Niveles de discurso

Tales teorías psicológicas operan en un nivel de discurso completamente distinto que las teorías fisiológicas, y lo que son nociones primitivas en un nivel constituyen mecanismos en extremo complicados cuando se consideran desde el otro nivel. Por ejemplo, un programa de computadora para simular la recuperación de un hecho y la contestación de preguntas en los seres humanos, debe tener diferentes componentes para: almacenar hechos, analizar e interpretar preguntas, buscar en la memoria estructuras de igualación, recuperarlas y elaborar respuestas aceptables. Pero incluso esta breve caracterización ignora los problemas en verdad difíciles de inferencia y deducción que están muy entrelazados con la contestación de preguntas. Los programas de computadora para simular esas actividades (véase el capítulo 12) postulan una serie de mecanismos de procesamiento de información y de almacenamiento, y una secuencia organizada de operaciones que un conjunto de procesos (el programa) ejecuta con una base de datos. Pero imaginemos la tarea de intentar comprender lo que el programa está haciendo (o trata de hacer) en términos de una enumeración momento a momento de las cargas eléctricas en los miles de transistores, o en términos de la alineación de campo de los millones de unidades de almacenamiento de núcleo magnético en la computadora. Supongamos que disponemos de información similar acerca de los estados fisiológicos de los *doce mil millones de neuronas* en el cerebro humano, cada una de ellas hasta con *cinco mil* sinapsis: ¡el número de posibles interconexiones excede al número de átomos en el universo! Esta gran cantidad de información y su fantástica complejidad nos dejarían atónitos; no tendríamos siquiera la esperanza de comenzar a introducir orden en esas cantidades tan vastas de información particular. Más bien necesitaríamos algunas teorías o ideas muy poderosas acerca de la forma en que la información particular ha de organizarse en una jerarquía de conceptos de nivel superior que se refieran a la estructura y a la función (por ejemplo, para la computadora, la noción de un *bit*, una "palabra", un "registro", una "dirección", una "instrucción", etc.). Muchos psicólogos creen que su tarea consiste en describir el programa funcional del cerebro a nivel de los mecanismos de procesamiento de información de un diagrama de flujo. Lo importante es el sistema lógico de partes que interactúan (el modelo), y no los detalles específicos de la maquinaria que podrían englobarlo en el sistema nervioso. La estructura del equipo es irrelevante para la pregunta científica fundamental, que se refiere a si el sistema teórico proporciona una explicación, descripción o predicción adecuada de los hechos centrales pertinentes a él. Si lo hace, entonces los psicólogos, en conjunto, quedan satisfechos con la teoría y están dispuestos a dejarla así. De hecho, afirman que cuando tienen una base firme, sus teorías, imponen fuertes restricciones a lo que serán teorías neuropsicológicas aceptables de la conducta.

Por otra parte, los neuropsicólogos, se niegan a dejar las cosas en ese nivel y se dedican a investigar la estructura del equipo y los accesorios que la evolución ha instaurado en nuestros cerebros. Desean descubrir la maquinaria real y la forma en que funciona para lograr que un organismo entre en relación diaria con su ambiente. Es una meta sumamente difícil, ya que el sistema nervioso y su conducta son complicados, y ninguno de los dos se comprenderá a fondo durante mucho tiempo. En este capítulo nos ocuparemos del aprendizaje, y es probable que la habilidad del sistema nervioso para almacenar información acerca de su historia sea su

capacidad más notable. También es una de las menos comprendidas en lo que toca al tejido nervioso.

Un acto de aprendizaje o un acto de recuerdo tal vez implique a muchas partes distintas del sistema nervioso. Incluso una ejecución de la respuesta condicionada más simple puede fallar porque el organismo no ve el estímulo, no lo atiende o no lo registra con su sistema sensorial; puede fallar porque olvida cómo interpretar su significado, porque nunca lo aprendió, porque es momentáneamente incapaz de ejecutar las unidades motoras implicadas, porque ya no está motivado para hacerlo o sencillamente porque no está de humor. Esta es una forma ambigua de caracterizar la maraña de variables complejas que intervienen en cuándo y con cuánta frecuencia se ejecutará un acto aprendido. También demuestra el problema de delimitar el área de investigación denominada neurofisiología del aprendizaje. Por ejemplo, ¿debería incluirse la fisiología del receptor, puesto que la retina tiene que trasducir una señal fótica antes de que pueda convertirse en indicio de una respuesta aprendida? ¿Debería abarcarse el estudio de la acción muscular, puesto que los músculos ejecutan la acción aprendida? Por costumbre, tales temas se excluyen del área del aprendizaje, ya que se presume que estas estructuras operan de modo similar, independientemente de si interviene o no el aprendizaje. Por lo común, se supone que un destello de luz se codifica en la retina de una manera invariante, ya sea si el destello de luz es neutral o si produce una expectativa de recompensa o de castigo debida al aprendizaje pasado. Dada esta distinción funcional, la fisiología de los receptores y efectores por lo regular no se considera pertinente para el estudio del aprendizaje; su operación normal es una condición necesaria pero no suficiente para el almacenamiento de información.

Por otra parte, la búsqueda principal de estructuras del aprendizaje se dirige desde estas estructuras periféricas hacia el interior del sistema nervioso central, al cerebro en particular. Desde luego, la pregunta fundamental se refiere a lo que sucede normalmente en el cerebro durante el aprendizaje. ¿Qué procesos y codificación intervienen en el almacenamiento de información de una manera relativamente permanente? Una vez almacenada, ¿cómo se logra el acceso a esta información o la recuperación de la misma para guiar la ejecución posterior? ¿Qué estructuras anatómicas intervienen y cómo operan? ¿Pueden otras estructuras sustituir a las originales cuando estas últimas se inutilizan? ¿Qué cambia durante el aprendizaje y cuál es la naturaleza del cambio? ¿Cómo persiste y qué lo destruye? Estas y muchas más son las preguntas globales que impulsan a la investigación del cerebro. Por supuesto, ninguna ha sido contestada de forma satisfactoria. Cada una de ellas plantea un enigma grande y complejo, y sólo disponemos de unas cuantas piezas del rompecabezas que nos ayudan a inferir su naturaleza.

Desarrollos técnicos

La investigación de la neurofisiología del aprendizaje ha dependido considerablemente del desarrollo de técnicas para sondear el interior del cerebro. Hasta la Segunda Guerra Mundial la técnica más común era la *ablación*, mediante la cual una parte del cerebro se destruía o se extirpaba. La técnica se perfeccionó mediante el desarrollo de la cirugía estereotáxica, a partir de la cual podía insertarse un electrodo en un punto preciso dentro del cerebro y causar allí una pequeña lesión al cauterizar las células cerebrales. Después de la ablación, se observan los déficit

de comportamiento del animal en una o más tareas de aprendizaje. La intención es deducir si la estructura cerebral ablactada interviene de algún modo en las ejecuciones observadas; pero esta inferencia no es definitiva y suele requerir evidencia de apoyo obtenida por otros métodos. Otras técnicas que proporcionan información acerca del cerebro incluyen el registro eléctrico de la actividad o estimulación artificial de componentes selectos del cerebro. En el registro eléctrico hay dispositivos para amplificar y registrar o mostrar los pequeños y veloces cambios de las señales eléctricas, que actúan como las "voces" de las células neurales. Tales amplificadores han permitido registrar una gama completa de la actividad eléctrica en el sistema nervioso, a partir del electroencefalograma (*EEG*) total obtenido de la cubierta exterior del cráneo, hasta el nivel de miniatura, que utiliza microelectrodos para registrar la actividad de neuronas aisladas. Las computadoras de laboratorio también se emplean actualmente de modo rutinario para ayudar a los electrofisiólogos a registrar y detectar regularidades y relaciones válidas en ciertas formas de registros *EEG* "ruidosos" en los cuales los eventos eléctricos significativos están oscurecidos por una actividad eléctrica aleatoria sin importancia.

En lo que se refiere a la estimulación, las principales técnicas que se aplican en la actualidad son aquellas que permiten la estimulación directa, eléctrica o química, en un área localizada del cerebro de un animal intacto que está despierto, que se mueve y se comporta de forma normal. Pueden implantarse pequeños electrodos bipolares permanentemente en el cerebro del animal, con los cuales vivirá para siempre. Para estimular la estructura cerebral indicada, se conectan las terminales de los cables que salen del cráneo a una fuente de energía eléctrica. De modo similar, se utilizan cánulas implantadas o pequeñas agujas hipodérmicas para inyectar soluciones químicas o introducir sustancias químicas cristalinas en una parte del cerebro. También se ha desarrollado una técnica que proporciona un muestreo y medición continuos de varias sustancias químicas neurales del cerebro.

Esta técnica, conocida como *sistema de meter-extraer*, se refiere a dos cánulas implantadas codo a codo en el cerebro; por una se introduce lentamente una solución neutral de "baño", mientras que un sistema de succión extrae por la otra cánula las sustancias químicas neurales disueltas (de las estructuras que rodean a las extremidades de las cánulas). También pueden inyectarse pequeñas cantidades de drogas de acción neural, y sus metabolitos u otros productos secundarios se recogen después de cierto tiempo, lo cual brinda un cuadro del curso temporal de captación y actividad de la droga. La existencia de muchas de estas técnicas crea condiciones que sin lugar a dudas son muy favorables a la expansión de la investigación en neurofisiología.

Los temas específicos que se examinarán en este capítulo constituyen una muestra seleccionada de los que se han investigado principalmente durante los últimos 35 años. Se incluye el trabajo acerca de la atención, la recompensa y la motivación debido a la influencia central de estos factores sobre el aprendizaje y la ejecución.

En todos los casos, nuestra intención es presentar una idea del tipo de resultados pertinentes a cada tema, y describirlos en un lenguaje relativamente poco técnico, de modo que los lectores no familiarizados con la neurofisiología puedan comprenderlos.

MOTIVACIÓN, EXCITACIÓN Y ATENCIÓN

La motivación y el aprendizaje guardan una íntima relación, sin importar la posición que se adopte respecto al papel del impulso en la adquisición del hábito y en la ejecución de actos aprendidos. Por lo tanto, antes de pasar a los temas más estrictos del aprendizaje de la memoria y la asociación, analizaremos el conocimiento neurofisiológico del impulso, la recompensa y el castigo, la excitación y la atención.

Mecanismos motivacionales en el cerebro

La investigación fisiológica ha estudiado los mecanismos neurológicos que intervienen en los motivos biológicos comunes. La mayor parte de los trabajos se han ocupado de la sed, el hambre y el sexo. Por supuesto, el cuadro es todavía incompleto, pero al menos se ha avanzado algo. A continuación analizaremos brevemente parte de la evidencia acerca de los mecanismos neurales en el cerebro que ayudan a estas actividades consumatorias.

Hambre

El estudio del hambre es el más difícil debido a sus numerosas y complejas características. Los organismos, además de estar simplemente hambrientos de alimento en general, también regulan la cantidad de tipos específicos de comida que ingieren, y lo hacen de acuerdo con los requerimientos especiales de sus cuerpos en cuanto a carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas. Una diversidad de estudios de selección de dietas ha demostrado que los animales detectan sus déficit específicos y regulan la ingestión de las sustancias apropiadas con increíble exactitud. Estudios recientes han comenzado a esclarecer algunos de los mecanismos que sustentan esta exactitud en la selección de la dieta. García y Koelling (1966) descubrieron que un sabor nuevo puede asociarse selectivamente a un efecto secundario fisiológico interno (por ejemplo, náusea o malestar estomacal) con demoras de varias horas. Se ha propuesto el mismo tipo de asociación para explicar la selección alimenticia de un animal con una deficiencia dietética particular (Rozin, 1965, 1967; Rozin y Kalat, 1972). El sabor del alimento rico en la sustancia necesaria va seguido de un benéfico efecto interno, lo que origina que esa sensación de sabor se convierta en un "buen sabor", que el animal seleccionará repetidas veces.

A la par de esta mayor comprensión de las subhambres selectivas, se dispone también de muchos conocimientos acerca de la regulación de *cuánta* comida se consume en general. Aquí intervienen múltiples factores psicológicos y fisiológicos. El popular interés por el exceso de peso y por la salud ha dado lugar a varios estudios con personas obesas, y ya sabemos bastante acerca de este tema. Tales personas tienen más células grasas dispuestas a absorber nutrientes. Como resultado, su ritmo metabólico es más bajo, de modo que queman calorías con mayor lentitud y ganan más peso por caloría ingerida que las personas delgadas. Asimismo, parecen tener una liberación condicionada más fuerte de insulina cuando ven (o piensan en) comida apetitosa. Esta liberación anticipatoria de insulina es similar a la respuesta condicionada de Pavlov, y es posible que sustente parte del intenso

"apetito" que los estímulos alimenticios excitan en las personas obesas. Con base en tales resultados, se contempla un tratamiento que consiste en extinguir la liberación condicionada de insulina al parear los estímulos alimenticios con una droga que inhiba dicha liberación. Se cree que esto reduce el apetito urgente o el ansia que el paciente siente cuando piensa en sus comidas favoritas.

Muchas investigaciones se han centrado en los mecanismos cerebrales que subyacen a la alimentación en los animales. Las estructuras neurales primarias que intervienen en este proceso se encuentran en —o pasan por— el *hipotálamo*, localizado en la base del cerebro, directamente detrás de la garganta. El hipotálamo es una pequeña protuberancia de tejido en el cerebro humano más o menos del tamaño de la punta del dedo meñique. Filogenéticamente es una parte muy antigua del cerebro, que al parecer regula ciertas funciones biológicas, entre ellas el hambre y la alimentación. El *núcleo ventromedial* cercano a la línea media del hipotálamo parece contener fibras que intervienen para detener el acto de comer o detectar la saciedad. Es decir, su funcionamiento normal aparentemente produce el cese de la actividad de comer después de que el animal ha consumido una cantidad suficiente para eliminar cualquier déficit. Este núcleo ventromedial puede destruirse mediante una lesión electrolítica localizada; se coagula con una corriente eléctrica intensa administrada por medio de un electrodo implantado. Cuando se hace esto, el animal parece incapaz de dejar de comer durante un tiempo. Come excesivamente, en grandes cantidades (hiperfagia) y muy pronto se vuelve obeso, hasta alcanzar quizá más del doble de su peso normal. El exceso en el comer parece originarse en la ausencia de un mecanismo apropiado de "detención", no en un impulso incrementado de hambre. Los animales hiperfágicos no trabajan arduamente para conseguir su comida, y tampoco aceptan una gran alteración de su alimento por adición de quinina antes de rechazarla, mientras que aquellos normalmente hambrientos trabajarán con empeño y tolerarán el amargor de la quinina a fin de conseguir algo de comer. Schachter (1971) ha observado un cierto número de paralelismos en los patrones de alimentación entre los animales hiperfágicos y los seres humanos muy obesos.

Durante mucho tiempo, el historial de investigación pareció simple. Se creía que el núcleo ventromedial integraba señales de la boca, el estómago y ciertas sustancias nutritivas (por ejemplo, la glucosa) que circulaban en el torrente sanguíneo o en el fluido cerebroespinal; éstas estimulaban al núcleo y su actividad resultante, por medios desconocidos, detenía la actividad de comer. Así, si tal estructura se estimulara artificialmente con una corriente eléctrica (mediante un electrodo implantado) cuando un animal hambriento se encuentra comiendo, éste se verá inhibido a seguir alimentándose mientras se le aplique la corriente (Wyrwicka y Dobrzecka, 1960). Las respuestas aprendidas recompensadas con comida se inhibían de modo similar mediante la estimulación eléctrica del núcleo ventromedial.

Las recientes investigaciones han complicado las cosas (Grossman, 1975). Una primera dificultad es que la hiperfagia y la obesidad se han producido por diminutas lesiones en otras estructuras cerebrales, en las que se originan fibras que pasan a través del núcleo ventromedial o cerca de él. Kapatos y Gold (1973), por ejemplo, lograron ratas hiperfágicas a partir de lesiones selectivas en el haz ventral noradrenérgico localizado a lo largo de los puentes y el cerebro medio, que manda fibras cerca del núcleo ventromedial del hipotálamo. Una segunda complicación es que al parecer el hígado tiene una importancia fundamental para señalar al cerebro

cuándo comenzar a comer o dejar de hacerlo, y el núcleo ventromedial y el nervio vago quizá intervengan en la recepción y emisión de estas señales. La función del hígado en parte controla el metabolismo, la descomposición y utilización del alimento (sustancias nutritivas) como energía. Por lo regular, el tejido adiposo (lo que comúnmente llamamos "grasa") absorbe la grasa de los alimentos y de otras sustancias nutritivas durante la fase de absorción después de una comida, y entonces (como una esponja) las libera para la conversión de energía que se necesite durante el ayuno, entre las comidas. Según Friedman y Stricker (1976), la mejor explicación de la obesidad producida por lesiones ventromediales es que éstas reducen el metabolismo, con lo cual colocan continuamente al cuerpo del animal en la fase de absorción; la "esponja" adiposa constantemente absorbe sustancias nutritivas, nunca las vuelve a soltar, las células musculares claman por energía, y por eso el animal come más, aunque permanezca letárgico y sin motivación.

Los mecanismos "iniciadores" del comer parecen encontrarse en (o pasar por) las áreas laterales del hipotálamo, una a cada lado de la línea media. La destrucción del hipotálamo lateral en ambos lados (ablación bilateral) provoca que un animal se niegue a comer (o a beber), y si no se toman medidas, morirá de inanición en una jaula repleta de comida. Teitelbaum y Epstein (1962) informan que tales animales pasan por varias etapas mientras se les cuida para que se recuperen. Durante varios días después de la ablación bilateral, los animales (ratas) se niegan a comer o beber, y escupen las sustancias que se les coloca en el hocico. Se les mantiene con vida alimentándolos mediante una sonda con líquidos nutritivos directamente en el estómago. Pasados algunos días, todavía se niegan a beber pero ingieren alimentos sumamente azucarados. Más tarde, podrán ingerir la comida regular del laboratorio, aunque aún se negarán a beber. Posteriormente, en algunos animales retorna la ingestión normal de líquidos. El que un animal se recupere o no y hasta qué punto parece depender de la extensión de la destrucción original: cuanto más grande sea la lesión, menos probabilidades habrá de una recuperación significativa.

Sed

El trabajo de ablación al parecer implica al hipotálamo lateral tanto en la iniciación del acto de comer como del de beber. Las dos funciones se han manejado por separado mediante estimulación eléctrica y química localizada. La estimulación eléctrica en esta área puede hacer que un animal saciado coma o beba dependiendo de la localización precisa del electrodo. La inyección de una pequeña cantidad de solución salina en esta región del cerebro provoca que el animal beba con exceso a pesar de que esté saciado; una inyección de agua pura hace que un animal sediento deje de beber. En el caso de cada una de estas clases de estimulación, se ha demostrado que los hábitos aprendidos recompensados con comida o agua se regulan (se activan o desactivan) mediante la estimulación. Se tienen bastantes conocimientos acerca de los mecanismos que intervienen en la ocurrencia natural de la sed y el hambre. Las pérdidas de agua causan un incremento en la concentración de electrolitos en la sangre, con un aumento resultante en su presión osmótica, lo cual a su vez extrae más agua de los almacenes celulares del cuerpo. Un conjunto de células nerviosas que se encuentra en la cama vascular del hipotálamo lateral descarga señales de "sed" cuando se necesita agua. Estas células (denominadas osmorreceptoras) responden a un aumento en la presión osmótica de la sangre que las rodea. Una pequeña inyección de agua salina directamente en esta

área simula el efecto de una deshidratación prolongada al elevar la presión osmótica en el tejido que circunda a los osmorreceptores, los cuales influyen en la pituitaria. Ésta segrega una hormona antidiurética que origina que los riñones incrementen su reabsorción de agua, y aumenta la concentración de orina expulsada. Los riñones liberan angiotensina, que hace que los vasos sanguíneos se estrechen de modo que se eleva la presión sanguínea. La angiotensina también estimula al hipotálamo para que envíe "señales de beber" a la corteza.

Una interesante serie de investigaciones iniciadas por Grossman (1960) estudia la especificidad química diferencial de los centros de comer y beber en el hipotálamo lateral de la rata. Grossman descubrió que la inyección de ciertas sustancias químicas (drogas adrenérgicas como la adrenalina) en el hipotálamo lateral incrementaba considerablemente el consumo de comida, pero no la ingestión de agua. La inyección de otras sustancias (drogas colinérgicas como el carbacol) producía el efecto contrario: aumentaba el acto de beber pero no el de comer. N. E. Miller (1965) y Grossman (1967) han revisado muchos otros efectos químicos de este tipo. Aquí es interesante el hecho de que las drogas adrenérgicas que empleaba Grossman (adrenalina y noradrenalina) han sido identificadas como la sustancia neural y transmisora del sistema nervioso simpático, mientras que el transmisor para el resto del sistema nervioso es la acetilcolina, una sustancia colinérgica. La sensibilidad selectiva a las drogas adrenérgicas y colinérgicas de parte de los centros de beber y comer sugiere otro fundamento para la diferenciación funcional de estos sistemas de impulso, pese a su superposición anatómica en el hipotálamo.

Conducta sexual

Por último, consideraremos los centros cerebrales que intervienen en la conducta sexual. En los animales inferiores, dichas conductas se correlacionan estrechamente con las hormonas sexuales que circulan en el torrente sanguíneo: andrógeno (específicamente testosterona) liberado por los testículos del macho, y progesterona y estrógeno, segregados por los ovarios de la hembra. La elaboración y liberación de estas hormonas gonadotrópicas es regulada a su vez por las pituitarias. Al parecer, las hormonas sexuales influyen de múltiples formas en las conductas sexuales, principalmente en el área preóptica del hipotálamo, próxima a la pituitaria. Las ablaciones en algunas áreas originan una pérdida total de la conducta sexual, mientras que en otras regiones provocan una conducta sexual exagerada. En las ratas macho se produjo una actividad sexual excesiva mediante la estimulación eléctrica en la región anterior dorsolateral del hipotálamo. El estímulo eléctrico provocaba la monta persistente de una hembra y originaba excesivas eyaculaciones, más allá del requisito de saciedad propio de un macho normal. Un trabajo anterior de Fisher (1956), en el cual se inyectó testosterona en el hipotálamo de la rata macho, dio lugar a resultados similares (véase también a Davidson, 1966). La aplicación de la hormona en un área (preóptica lateral) desencadenaba una conducta sexual exagerada en la rata macho y en la hembra. Cuando se inyectaba en una región ligeramente distinta (área preóptica media del hipotálamo), tanto los machos como las hembras mostraban conductas "maternales", como construir un nido y adoptar crías ajenas. Estos comportamientos aparecen normalmente sólo en ratas hembra, después de dar a luz. Cuando se administra testosterona a una zona intermedia entre estas dos regiones, puede presentarse una conducta mixta: una rata macho alterna entre la construcción del nido y el apareamiento con

una hembra disponible. Michael (1962) informa de un aumento similar en la conducta sexual de gatos hembra, al implantar en el hipotálamo de los animales pequeñas bolitas de parafina con estrógeno. Esto hacía que la hembra se volviera sexualmente receptiva ("en celo") por un periodo de 50 a 60 días, ya que la droga se absorbía con gran lentitud. Aunque era sexualmente receptiva, la vagina y el útero no estaban en condiciones estruales; se le describiría conductualmente en celo pero no desde el punto de vista fisiológico. Además, el empleo de hormonas radioactivamente alteradas[1] para un rastreo ha demostrado que las regiones hipotalámicas intervienen para succionar estrógeno del torrente sanguíneo. A partir de tales resultados, parece segura la conclusión de que el impulso y la receptividad sexual se inducen mediante la estimulación hormonal directa del hipotálamo.

Caggiula (1970) informó de una confiable sensibilidad sexual a la estimulación eléctrica. La estimulación eléctrica del hipotálamo posterior de las ratas macho producía copulación ligada al estímulo; si se encontraba presente una hembra receptiva, el macho la montaría y copularía con presteza cuando la estimulación cerebral se iniciara y continuaría, posiblemente a través de varias eyaculaciones, siempre que se aplicara el estímulo cerebral. También demostró que las ratas macho que reciben tal estimulación aprenden y ejecutan con rapidez una respuesta de opresión de palanca, reforzada con el acceso a una hembra receptiva. Pero la conducta de copulación no era una simple reacción refleja; más bien dependía de la convergencia de los estímulos apropiados de apoyo externo (por ejemplo, una hembra receptiva tenía que estar presente para provocar la conducta), y de tejido cerebral que había sido preparado adecuadamente por medio del suministro normal de hormona sexual del cuerpo. Si la rata macho estaba castrada, la frecuencia de la conducta sexual "provocada" por la estimulación eléctrica disminuía de forma gradual durante un periodo de días (posiblemente a medida que se metabolizaba el resto de la hormona sexual endógena), y a la postre el lugar del cerebro estaba "sexualmente inerte". La reposición de la testosterona supuestamente devolvería la conducta sexual controlada mediante estimulación eléctrica.

Para concluir, vale la pena señalar que en el hipotálamo se encuentran importantes estructuras dentro de cada sistema pulsional. Se sabe que el hipotálamo controla otras conductas (por ejemplo, la agresividad) y regula varias funciones fisiológicas (la temperatura corporal). Asimismo, la estimulación eléctrica en esta área a menudo produce efectos de recompensa o de castigo. La efectividad del choque cerebral recompensante en estos sitios puede aumentarse o disminuirse al incrementar o decrementar, respectivamente, los niveles de hambre, sed o impulso sexual (Hoebel y Teitelbaum, 1962). De hecho, al hipotálamo se le podría denominar el centro motivacional del cerebro. Ahora parece plausible que una notable gama de variedades psicológicamente significativas tengan una incidencia ocasional en esta pequeña protuberancia compacta de tejido nervioso.

Recompensa y castigo por estimulación cerebral

Otro conjunto de estudios relacionados con los efectos de la recompensa y del castigo acentuó la importancia motivacional del hipotálamo. Una línea significativa

[1]Esto se logra al agregar un isótopo radioactivo o de masa poco común, lo cual sirve para rastrear la hormona dentro del organismo (*N. del R. T.*).

de investigación en los últimos veinte años se ha abocado al trazo de mapas con localizaciones de los centros del castigo y de la recompensa en el cerebro de los mamíferos. Las observaciones iniciales acerca del efecto de la recompensa se deben a Olds y Milner (1954), y las que corresponden al castigo, a Delgado, Roberts y Miller (1954). Se prepara al sujeto experimental (generalmente una rata, gato o simio) con un electrodo bipolar implantado de modo que permanezca en su cerebro, con la diminuta punta estimulante del electrodo dirigida hacia una estructura determinada del cerebro. Mediante este electrodo se suministra una pequeña corriente eléctrica a la región del cerebro que circunda a la punta del dispositivo, lo cual activa artificialmente una gran población de células neurales próximas al extremo del electrodo. En un típico experimento de recompensa, al sujeto se le permite operar un interruptor que administra breves descargas eléctricas a su cerebro. Si aprende a hacer esto repetidas veces, operando la palanca a una tasa apreciable, entonces la estimulación en esa parte del cerebro es recompensante. Por el contrario, si se abstiene de estimular su cerebro en condiciones óptimas de aprendizaje, la estimulación podría ser neutral o punitiva. Si es punitiva (aversiva), el sujeto aprenderá alguna respuesta para interrumpir (escapar) la descarga cerebral una vez que se presente. Mediante pruebas como estas, las estructuras cerebrales pueden clasificarse como recompensantes, neutrales o punitivas.

Gracias a la investigación se ha descubierto que los lugares de recompensa están densa y ampliamente dispersos en toda la subcorteza del cerebro de la rata. El esquema que se presenta en la figura 14.1 muestra uno de los principales sistemas de recompensa positiva (denominado *SRCA*, por sustrato de recompensa del cerebro anterior): un "tubo" largo de fibras en el piso inferior, que se extiende desde el cerebro posterior a través del cerebro medio (hipotálamo), y adelante hacia el cerebro anterior. Los sitios en donde la estimulación eléctrica produce efectos punitivos se ubican por encima de las fibras de recompensa. En la figura 14.1 se les denomina *SECM* (por sustrato de escape del cerebro medio). Desde luego, estos efectos dependen de la intensidad y de otras características de la estimulación eléctrica del cerebro. La intensidad de la estimulación debe exceder cierto valor de umbral para que se observe su efecto conductual, y la tasa de respuesta generalmente se incrementa con la intensidad del estímulo hasta un nivel óptimo. Roberts (1958) y Bower y Miller (1958) informaron por vez primera acerca de colocaciones de electrodos (en gatos y ratas, respectivamente) donde el inicio de la estimulación cerebral parecía ser recompensante, pero si se prolongaba durante cierto tiempo, se volvía aversiva después de unos cuantos segundos. Por lo tanto, los animales aprenderían a ejecutar una respuesta para iniciar el estímulo, y otra para eliminarlo. Estos efectos duales parecen surgir porque aunque la punta del electrodo está localizada entre células de recompensa positiva, hay células negativas cercanas, de modo que durante los pocos segundos de la descarga, el sitio efectivo de estimulación se extiende desde la punta del electrodo y activa las células negativas. Algunos de estos sitios ambivalentes aparecen dentro de círculos en la figura 14.1. Otra posible interpretación es que el estímulo eléctrico se autoadapta a la neutralidad a medida que continúa la estimulación, y se termina simplemente para liberar al sistema de la adaptación y para conseguir otro inicio de estimulación recompensante. Los experimentos de Deutsch (1973) hacen que esta última interpretación parezca un tanto más admisible.

Se han descubierto varias características interesantes acerca del efecto de la re-

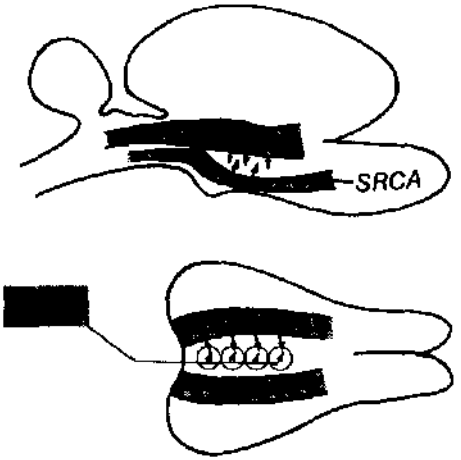


Figura 14.1. Secciones esquemáticas del cerebro de la rata que muestran las localizaciones de los principales centros de reforzamiento positivo y negativo, los cuales se han determinado por estimulación eléctrica. La de arriba es una sección sagital que corta el cerebro desde su parte anterior a la posterior, y de la superior a la base. La otra figura es una sección horizontal en la que se aprecia, vista desde abajo, la región interior media del cerebro. Los efectos puros del castigo se obtuvieron al estimular el sistema periventricular de fibras, denominado aquí *SECM* (sustrato de escape cerebral medio); los efectos puros de recompensa positivos se lograron con la estimulación del conducto hipotalámico lateral, que aquí se designa como *SRCA* (sustrato de recompensa del cerebro anterior). Los núcleos (círculos de la figura inferior) de estos sistemas producen resultados ambivalentes; es decir, reacciones tanto positivas como negativas.

compensa eléctrica en sitios no ambivalentes. Primero, la conducta autoestimulante no se sacia, en tanto que la mayor parte de los reforzadores positivos que ocurren de modo natural sí lo hacen, como comer o beber. Esta ausencia de saciedad se infiere del hecho de que los animales continuarán estimulando sus cerebros a una tasa elevada durante varias horas, hasta que dejen de hacerlo por cansancio. Los pacientes humanos que han recibido estimulación en los supuestos "centros de placer" de sus cerebros (durante experimentos realizados en el transcurso de una cirugía cerebral rutinaria), a menudo informan que la estimulación es placentera, satisfactoria o relajante, sin efectos secundarios desagradables, y de buen grado se someten a ella (Heath y Mickle, 1960). Segundo, la conducta por lo general se extingue con mucha rapidez cuando la estimulación eléctrica se desconecta, a pesar de que ha generado tasas muy elevadas de respuesta. Tercero, en las situaciones de aprendizaje de ensayos discretos (por ejemplo, un laberinto) la ejecución suele ser más pobre cuanto más largo sea el intervalo interensayo. En muchos sitios del cerebro, el animal "enfriado" tiene que ser "instruido" con una o más descargas cerebrales gratuitas antes de que inicie su acto de autoestimulación rápida. Cuarto, el efecto de la recompensa en algunas áreas parece depender del estado de uno u otro sistema motivacional (impulso). Las tasas de autoestimulación en ciertos sitios parecen obedecer al impulso de hambre del animal (la saciedad disminuye la tasa de autoestimulación), y en otros sitios depende del nivel de hormonas sexuales circulantes (la castración desciende la tasa de autoestimulación). Estos efectos relacionados con el impulso no se presentan en todos los sitios recompensantes del cerebro. Además, muchos electro-

dos hipotalámicos que provocan respuestas consumatorias motivadas (comer, beber o copular) también resultan recompensantes en intensidades un tanto más bajas (Caggiula, 1970; Hoebel, 1968). Sin embargo, pareciera que estos efectos son mediados por grupos separados de células cerca del electrodo grande. Un estudio más analítico de Olds, Allan y Briese (1970), con la utilización de microelectrodos, separaba las células donde la estimulación originaba el acto de comer o de beber, de las células cercanas donde la estimulación sólo producía efectos recompensantes. Los estudios anteriores habían usado electrodos más grandes que estimulaban varios grupos de células, y cada grupo era responsable de evocar efectos funcionalmente distintos.

Deutsch y Howarth (1963) presentaron una teoría acerca de la recompensa de estimulación cerebral que maneja muchos de los hechos pertinentes. La esencia de la teoría es que en estos experimentos de "recompensa" la estimulación eléctrica cumple en realidad dos funciones: recompensa para la respuesta inmediata y motivación para la siguiente respuesta en la lista. Cada descarga cerebral produce alguna motivación para el hábito que provocaba el choque cerebral. La motivación originada por un choque cerebral decae con el tiempo transcurrido desde la descarga, y a la postre disminuye a cero. Cuanto más fuerte sea el choque cerebral, más tiempo tardará en decaer la motivación. El efecto postulado de una recompensa por choque cerebral se compara con el efecto familiar de comer nueces saladas; la conducta prácticamente es autoperpetuadora, pues el acto de comer una nuez mantiene el "deseo" de otra, pero la urgencia de la necesidad disminuye con el tiempo transcurrido desde que se comió la nuez anterior.

Deutsch y Howarth presentan varios resultados experimentales congruentes con su hipótesis, todos los cuales demuestran que la fuerza de la conducta establecida por una recompensa con choque cerebral declina con el tiempo transcurrido desde la última descarga. Gallistel (1966, 1969*a*) ha confirmado y ampliado estos resultados de disminución de impulso. También descubrió (Gallistel, 1969*b*) que en las ratas con dos electrodos de recompensa funcional implantados, la instigación proporcionada en un electrodo todavía inyecta motivación para conseguir estimulación eléctrica (*EEC*) también por el otro. Como la teoría postula un efecto dual de la estimulación eléctrica (excitación de las sendas recompensantes y motivacionales), Deutsch y sus colaboradores han investigado qué medios pueden separar estos dos efectos. Los resultados de una serie de experimentos son coherentes con la premisa de que la sensibilidad de ambos sistemas difiere conforme se varían los parámetros de estimulación (intensidad de la corriente, frecuencia del pulso). Las observaciones de un experimento sugieren que la senda motivacional posee un umbral más bajo que la senda de recompensa. Así, un choque cerebral de baja intensidad podría tener efecto motivador pero no recompensante. En otro experimento, la frecuencia (pulsos por segundo) del choque cerebral se manejaba junto con la intensidad. Los pares de frecuencia e intensidad resultaron ser igualmente favorecidos (recompensantes) en una prueba de preferencia de laberinto *T*, pero motivaban de manera desigual en una prueba de pasadizo simple. Esto sugiere que las sendas de recompensa y de motivación son extremadamente sensibles a diferentes frecuencias de estimulación eléctrica. En otro conjunto de experimentos (Deutsch, 1964), se adujo evidencia para la opinión de que el "periodo refractario" nervioso de las vías de reforzamiento es más corto que el de las vías motivacionales. El término *periodo refractario* se refiere a un lapso muy breve

que sigue a la descarga de una neurona y durante el cual un segundo estímulo es ineficaz y no puede descargar otra vez la neurona. Mediante pruebas estrictamente conductuales, Deutsch infirió que el periodo refractario para la vía recompensante era de alrededor de cuatro décimas de milisegundo, mientras que para la senda motivacional era de seis o siete décimas de milisegundo. Esta serie de experimentos proporciona una extraordinaria evidencia para la hipótesis de Deutsch acerca de la recompensa de la estimulación cerebral.

NEUROQUÍMICA DE LA RECOMPENSA Y DEL CASTIGO

La investigación en neurofisiología ha probado que la transmisión de impulsos neurales es en gran parte una cuestión química. Las células nerviosas pueden concebirse como líneas telefónicas que se conectan entre sí en las coyunturas conocidas como *sinapsis*. La línea *A* se conecta con la línea *B* por medio de una sinapsis, y ésta es responsable de transmitir a *B* cualquier impulso nervioso (señal) que viaje por la línea *A*. El nervio *B* tiene un umbral que la cantidad de estimulación debe exceder a fin de hacer que *B* dispare. Sin embargo, varios impulsos de subumbral desde *A* que ocurran en rápida sucesión "sumarán temporalmente" sus efectos, y así harán disparar a *B*; o los impulsos de subumbral que llegan a *B* al mismo tiempo desde varias sinapsis distintas se "sumarán espacialmente" para disparar a *B*. La transmisión de un impulso nervioso es en realidad el resultado del impulso en *A*, que causa un cambio en el potencial eléctrico a través de la membrana del nervio *B* en el otro lado de la brecha sináptica. Este modelo de una neurona que se conecta con las otras es ideal; una neurona dada puede hacer crecer varios miles de dendritas que entablan contacto sináptico con miles de neuronas, y una neurona simple extendida puede recibir miles de contactos de otras neuronas. Así, el patrón de influencias sobre el disparo de una neurona, y las influencias que ésta puede ejercer cuando dispara, son extremadamente complejos.

Como hemos dicho, la transmisión de un impulso a través de una brecha sináptica es un proceso bioquímico. En la figura 14.2 se presenta un diagrama del mismo para una sinapsis colinérgica ideal. Un impulso en la línea *A* libera (literalmente arroja a chorros en su extremo) una pequeña cantidad de sustancia *transmisora*, que en este tipo de sinapsis es la acetilcolina (*AC*). Dicha sustancia química cruza la pequeña brecha entre *A* y *B* y es absorbida por la membrana del nervio *B*, lo cual provoca un cambio momentáneo en el potencial de la membrana de este nervio. Si el cambio es lo bastante grande, genera un impulso eléctrico que se propaga hacia *B*. Después del disparo de *B*, intervienen procesos que limpiarán los residuos de la sustancia transmisora en la brecha sináptica, con lo cual la sinapsis regresa a su estado previo, lista para conducir otras señales. En las sinapsis colinérgicas, el proceso de limpieza lo ejecuta la enzima colinesterasa (*CE*), que hidroliza (neutraliza) la acetilcolina liberada en la sinapsis durante la transmisión. Las reacciones bioquímicas son aquí extremadamente rápidas, se efectúan en unos pocos milisegundos, y la acción recíproca de los sistemas *AC* y *CE* permanecen en un equilibrio sincronizado y delicado de sinapsis. Los pequeños cambios en la asequibilidad de —o la velocidad de acceso a— una u otra sustancia química podrían dar lugar a un mal funcionamiento, o al menos a una disminución de la efi-

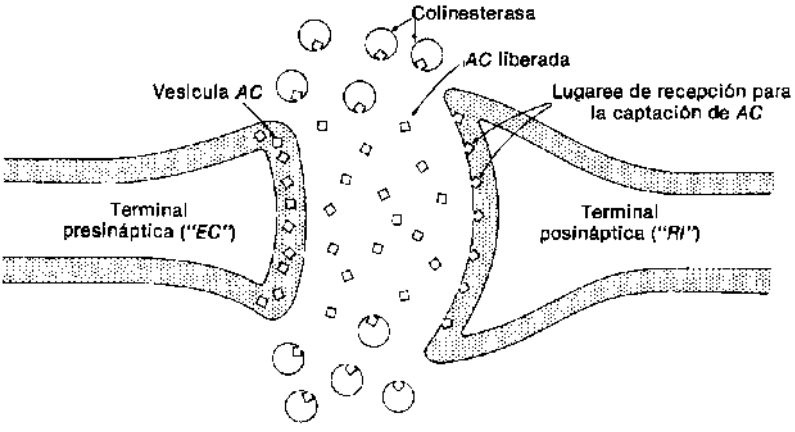


Figura 14.2. Ilustración de los eventos bioquímicos que intervienen en la transmisión sináptica.

ciencia en la transmisión de patrones temporales finamente modulados de impulsos neurales.

En la figura 14.2 se ilustra una sinapsis colinérgica. Los neuroquímicos han descubierto de 10 a 20 tipos distintos de sinapsis en los mamíferos, cada uno de los cuales se asocia con distintas sustancias transmisoras, y se sospecha que existen más tipos. Los transmisores identificados hasta la fecha incluyen la acetilcolina, las catecolaminas (norepinefrina y dopamina), serotonina, ácido butírico gamma-amino (*ABGA*), glicina, ácido glutámico, ácido aspártico, y varias endorfinas como la enkefalina. Cada una tiene sus ubicaciones características en el sistema nervioso, su método de acción y sus formas de metabolización. Es probable que los diversos transmisores estén asociados con funciones diferentes y anatómicamente distintas del sistema nervioso, cada una de las cuales pudo haberse desarrollado en diferentes épocas de la evolución.

Para los teóricos del aprendizaje tiene particular interés la conjetura de Larry Stein y sus colaboradores (Stein, 1964, 1969, 1978; Stein *et al.*, 1977) de que los principales circuitos neurales que sustentan la recompensa, el castigo y la conducta motivada están bioquímicamente diferenciados, y varían en términos de las principales sustancias transmisoras utilizadas en las sinapsis de estos sistemas. Stein infiere estas propiedades bioquímicas de los sistemas al inyectar una variedad de drogas neuralmente activas, y observar sus efectos en los umbrales de autoestimulación recompensante y sobre el bloqueo o acrecentamiento de los efectos recompensantes o punitivos de los electrodos estimulantes.

De acuerdo con las sugerencias implícitas en la bibliografía especializada, Stein observa que las recompensas pueden identificarse con los eventos que tienen una función de activación excitadora (incentivo) o una función satisfactora-gratificante. Estas nociones están presentes en las teorías del reforzamiento de "inducción del impulso" (excitación) en contraposición a la de "reducción del impulso" (relajamiento), que son probablemente correctas pero incompletas. Stein sostiene que

las funciones excitatorias de las recompensas son mediadas por sistemas cerebrales cuyo transmisor principal es una catecolamina, mientras que las funciones gratificantes o relajantes son mediadas por diferentes sistemas cerebrales servidos en parte por una enkefalina o por péptidos tipo opiáceo. (Un *péptido* es una cadena de aminoácidos que sirve como bloque de construcción para las proteínas de las células.) Por último, Stein supone que los sistemas cerebrales que median los efectos punitivos sobre la conducta tienen serotonina como transmisor.

Los argumentos para estas tesis giran en torno de muchos estudios acerca de los efectos conductuales de las drogas. Primero, la autoestimulación recompensante es afectada selectivamente por la presencia de drogas que influyen en la transmisión en sinapsis centrales de catecolamina. Así, una droga como la anfetamina, que facilita la liberación de catecolaminas desde los axones presinápticos, facilita la autoestimulación eléctrica; también hace que el cerebro sea más sensible a una estimulación eléctrica recompensante débil. Por otra parte, las drogas que reducen las catecolaminas o que bloquean su acción (como la reserpina y la cloropromazina) suprimirán la autoestimulación eléctrica en sitios de otro modo recompensantes. La cloropromazina también hace al animal menos sensible a la recompensa cerebral, en el sentido de que se requieren intensidades más altas (amperes) para que el animal drogado desee el estímulo recompensante. Segundo, las inyecciones de serotonina o un precursor de la serotonina intensifican el efecto del castigo, mientras que las drogas contrarias a la serotonina disminuyen. Los efectos punitivos usualmente se evalúan en una situación conflictiva en la cual una rata presiona una palabra para obtener ocasionales recompensas de leche azucarada; sin embargo, cada opresión de palanca se castiga con una breve descarga eléctrica en las patas, calibrada en intensidad, a fin de producir un nivel moderado de opresión de palanca. En esta situación, las drogas benzodiazepinas (como el Librium y el Valium), que disminuyen la producción de serotonina, también incrementan la opresión de palanca, probablemente al disminuir el efecto del castigo.

Otras evidencias para las conjeturas de Stein acerca de las funciones reforzantes provienen de los estudios de abuso de drogas en los seres humanos, y de experimentos en los cuales se permite a los animales autoadministrarse drogas. Puede disponerse un experimento en el cual la respuesta de una rata de presionar una palanca provoque que una pequeña gota de alguna droga, como la cocaína, se administre directamente en la vena mediante una cánula implantada de modo permanente. (Otras drogas se inyectan directamente al cerebro.) En esta situación, los animales presionarán la palanca para autoadministrarse agentes facilitadores de catecolamina, como la anfetamina y la cocaína. Por supuesto, estas drogas también se las autoadministran los seres humanos (bajo los nombres populares de "acelere" y "coca"), quienes informan de sensaciones de excitación. Se trata de drogas "estimulantes" que producen una "aceleración". En el lado opuesto de la hipótesis de Stein acerca del relajamiento y la función reductora de impulso de las recompensas, las ratas oprimirán la palanca para autoadministrarse morfina, así como una forma de enkefalina, en el ventrículo lateral del cerebro. La morfina y otros opiáceos producen sensaciones ilusorias de placer cuando se inyectan en los seres humanos. (La morfina se llama así en honor de Morfeo, el dios de los sueños.) La morfina y la enkefalina son asimismo poderosos calmantes (analgésicos).

La conjetura de Stein también ha obtenido apoyo de los estudios anatómicos del cerebro de los mamíferos. Hay tres sistemas fundamentales de fibras ascendentes

en el tallo cerebral que tienen una catecolamina (dopamina o norepinefrina) como transmisor principal, y existe una gran superposición entre estos sistemas anatómicos con catecolamina y aquellos donde la estimulación eléctrica es recompensante. En confirmación a las hipótesis de reducción de impulso, de Stein, en varias pruebas realizadas hasta la fecha los sitios anatómicos que parecen ricos en enkefalina también producen recompensa positiva cuando se les estimula eléctricamente. Además, la droga naloxona, que es antagónica y bloquea la acción de la enkefalina, elimina el efecto recompensante de la estimulación eléctrica en los sitios ricos en enkefalina. Dicho sea de paso, la naloxona es antagonista de la morfina y se emplea para rescatar a las personas que han ingerido una sobredosis de heroína.

En este trabajo resulta difícil separar los efectos de las dos catecolaminas, la dopamina y la norepinefrina, ya que la primera es el precursor natural de la norepinefrina en las neuronas, y una droga dada por lo común afecta de la misma forma a la dopamina y a la norepinefrina. Pero ambos transmisores parecen desempeñar distintos papeles en lo que toca a efectos conductuales. La importancia de la norepinefrina se demostró en experimentos con varias drogas (como la disulfiram) que impiden la conversión de la dopamina en norepinefrina y, por lo tanto, hacen que esta última sea menos asequible para la transmisión. Tales drogas eliminan los efectos recompensantes de la autoestimulación; además, inhiben el efecto facilitatorio de las anfetaminas sobre la autoestimulación. Mientras estaba en marcha la inhibición con disulfiram, las inyecciones de norepinefrina en el cerebro de una rata causaban el retorno del efecto recompensante de la estimulación eléctrica. Tales resultados sugieren que la norepinefrina es uno de los transmisores críticos para el efecto de la recompensa. Pero también hay vías de recompensa en las cuales la dopamina sola parece actuar como transmisor efectivo. Baxter y sus asociados (1974) descubrieron que las ratas se autoadministrarían ávidamente apomorfina por vía intravenosa, la cual estimula los receptores de dopamina. Esta tasa de autoadministración de apomorfina no se afecta cuando a la rata se le proporciona también una droga que hace disminuir a la norepinefrina, pero se bloquea severamente si se le da una sustancia que antagoniza con la dopamina. La conclusión es que el fuerte reforzamiento positivo también puede ser el resultado de la activación del receptor de dopamina. Stein supone que el sistema de dopamina sustenta los aspectos de incentivo-motivación de la recompensa, mientras que la norepinefrina media los efectos de fortalecimiento de la memoria de las recompensas. El análisis de la influencia de estos sistemas neuroquímicos es un tema interesante de la agenda de investigación.

Drogas que alteran el estado de ánimo

El lector habrá notado que muchas de las drogas mencionadas que alteran los efectos recompensantes o punitivos de la estimulación cerebral también se emplean comúnmente para modificar el estado de ánimo de los seres humanos, dentro o fuera de la situación psiquiátrica. De hecho, es esta correspondencia la que ha impulsado muchas teorizaciones acerca de la química neural del estado de ánimo y de la enfermedad mental. En la década de 1950 se descubrieron varias drogas antipsicóticas que tienen profundos efectos en la reducción de los síntomas psicóticos de la esquizofrenia, la psicosis maniaco-depresiva y otras perturbaciones afectivas. Las fenotiazinas (como la cloropromazina), butirofenonas (como haldol) y los alca-

loides rauwolfia (reserpina) son efectivos para aliviar síntomas de pensamiento desorganizado, desorientación, afecto embotado, retraimiento y conductas autistas características de la esquizofrenia. También se descubrieron diversas drogas contra la ansiedad, como las benzodiazepinas (Librium) y los propamediolos (Miltown). Muchas de ellas afectan la transmisión de catecolamina. Por ejemplo, la reserpina impide el almacenamiento de norepinefrina en sitios presinápticos, y la clorpromazina bloquea los receptores de dopamina en el cerebro, mientras que las benzodiazepinas hacen disminuir la producción de norepinefrina y de serotonina. Otras sustancias químicas que alteran el estado de ánimo son la imipramina, que facilita la transmisión de norepinefrina y se emplea en el tratamiento de la depresión; y las sales de litio, que disminuyen la transmisión de norepinefrina y se utilizan para tratar psicosis maniaco-depresivas bipolares (endógenas). Los efectos de estas drogas sugieren que la depresión psicótica es causada por una disminución de catecolaminas en sitios normalmente recompensantes del cerebro y/o un exceso de serotonina en las neuronas de los sistemas de castigo (y ansiedad).

Stein y Wise (1971) señalan que la esquizofrenia sería el resultado de un desequilibrio o lesión en los sistemas neuronales de norepinefrina del cerebro. Descubrieron (1973) que una enzima usada en la conversión de dopamina en norepinefrina aparecía en cantidades inferiores en el cerebro de esquizofrénicos sometidos a la autopsia, que en los cerebros de sujetos "normales" de control que habían muerto repentinamente en accidentes o por ataques al corazón. Desafortunadamente, ese resultado específico no se ha repetido, y por eso se descartó la hipótesis. Aunque todavía no se ha probado ninguna hipótesis específica, el enfoque general de relacionar la neuroquímica de la recompensa con los desequilibrios mentales y con las alteraciones del estado de ánimo causadas por las drogas constituye un avance significativo, interesante y fructífero en la investigación de los fundamentos físicos de la mente.

Los calmantes en el cerebro

El sistema de circuitos neurales que sustenta la percepción del dolor fue investigado durante años; se han identificado varios circuitos, incluyendo uno que va desde el tallo y la médula del cerebro inferior hasta la médula espinal. Dos hallazgos recientes han abierto nuevos horizontes en esta área de investigación. El primero es el descubrimiento de varios sitios en el tallo encefálico (por ejemplo, la sustancia gris periaqueductal y el funículo dorsal-lateral) donde la estimulación eléctrica produce una profunda analgesia (alivio del dolor). La estimulación parece actuar al inhibir la transmisión hacia arriba de las señales de dolor a través de los tractos espinotalámicos. El estímulo calmante del dolor también reduce los reflejos del dolor en niveles espinales inferiores. Por ejemplo, una rata que normalmente reacciona con rapidez cuando se le pincha una pata, no mostrará respuesta si el pinchazo tiene lugar durante la estimulación cerebral de la sustancia gris central (Mayer *et al.*, 1971). Asimismo, las ratas que reciben descargas dolorosas en las patas presionarán la palanca a fin de recibir estimulación inhibidora del dolor en la sustancia gris central. Tales estímulos eléctricos también se describen como calmantes en pacientes humanos que sufren dolor crónico debido a lesiones espinales.

El segundo descubrimiento es que la analgesia producida eléctricamente es mediada por la estimulación que provoca la liberación en estos sitios de varias sustan-

cias bioquímicas denominadas colectivamente endorfinas (que significa "morfina elaborada internamente"). Las endorfinas son secreciones neurales que actúan como transmisores, de las cuales se han identificado diversas variedades (incluso la enkefalina). Las endorfinas se denominan así porque en el bloqueo del dolor su acción se asemeja a la de la morfina. Esta similitud se observa en varios aspectos. Primero, los estudios anatómicos muestran que la morfina y las endorfinas comparten centros similares de acción cerebral. Segundo, la inyección de pequeñas dosis de endorfina en el cerebro tiene los mismos efectos analgésicos que las pequeñas inyecciones de morfina en los mismos centros. Tercero, la naloxona, una droga que bloquea las neuronas que reciben narcóticos, reduce la analgesia que se crearía ya sea al inyectar morfina o endorfina o mediante la estimulación eléctrica de la sustancia gris central. Cuarto, los animales se vuelven "tolerantes" a la estimulación eléctrica del área gris central porque las tandas sucesivas de estimulación terminan por tener menos efectos analgésicos, de modo parecido a como los adictos a la morfina (o a la heroína) requieren dosis cada vez mayores para sentir el mismo efecto. Además, una vez que un animal ha desarrollado tolerancia al calmante del dolor provocado eléctricamente, también será tolerante a las inyecciones de morfina. Este paralelismo sugiere de nuevo que la analgesia producida eléctricamente actúa por el mismo medio que la morfina y otros opiáceos; es decir, la estimulación cerebral libera endorfinas.

Tales resultados demuestran que el cerebro ha desarrollado su propio sistema de inhibición del dolor: éste y el estrés provocan la liberación de endorfinas en el cerebro para contrarrestarlos. La morfina sólo imita los propios mecanismos del cuerpo para aliviar el dolor. Al igual que la morfina, las endorfinas crean una sensación eufórica que tal vez sea el agradable calor del alivio que a menudo sigue a la terminación del estrés prolongado. (Sería algo parecido a la "plenitud" que los corredores de larga distancia describen tan a menudo.) Para el teórico del aprendizaje es interesante especular que la liberación de endorfina podría condicionarse a los estímulos previamente neutrales que anteceden al inicio del dolor (si el dolor causa la liberación de endorfinas). Esto ayudaría a explicar los *efectos del placebo*, donde las píldoras de azúcar etiquetadas como medicinales producen un alivio aparente del sufrimiento. La opinión de que la liberación de endorfina puede condicionarse explicaría un enigma muy antiguo: que los animales prefieren descargas dolorosas en las patas que están entrelazadas predeciblemente por un *EC*, que descargas similares en aquellas que son impredecibles. Si las endorfinas se liberaran con antelación a las descargas predecibles, éstas se sentirían como menos punitivas que las impredecibles.

Estas cuestiones acerca de la neurofarmacología de la recompensa y el castigo se investigan en la actualidad, y continuamente se informa de nuevos resultados. Así, en un futuro cercano se desarrollarán prometedoras hipótesis.

Excitación y atención

Los estudios electrofisiológicos han revelado diversos aspectos de la excitación y la atención. La dimensión de excitación abarca variaciones que van desde la excitación eufórica, la atención alerta y la vigilia relajada, hasta la somnolencia y el sueño profundo. Tales estados se correlacionan estrechamente con las impresiones fenoménicas de la vigilia consciente, como lo muestran los patrones distin-

tivos en el electroencefalograma (*EEG*) del sujeto. Con el *EEG* podemos estimar la profundidad del sueño. El *EEG* del durmiente procede a través de cuatro niveles distintos a medida que la persona cae en un sueño cada vez más profundo, pero entonces el *EEG* del sueño sube y baja con rápidas sacudidas en ciclos de alrededor de 90 minutos durante toda la noche. En la cúspide de estos ciclos, la persona entra en sueño de movimientos oculares rápidos (*MOR*) por varios minutos. Durante el *MOR*, el durmiente sueña y mueve los ojos como si mirara una escena que se desarrolla ante él (Kleitman, 1963).

Numerosos estudios han considerado que el sistema de activación reticular (*SAR*) del eje cerebral tiene gran importancia en la excitación. Este sistema parece intervenir en el sueño, en la vigilia, y en las graduaciones finas de la atención. Anatómicamente, este sistema —que en los seres humanos tiene casi el tamaño del dedo meñique (véase la figura 14.3)— se localiza en el centro del eje cerebral, exactamente sobre la médula espinal y debajo del tálamo y del hipotálamo.

Acerca del *SAR* hay varios puntos esenciales bien establecidos. Primero, células especiales de éste se excitan o se alertan cuando transmiten señales a través de los cables sensoriales de entrada que provienen de la piel, el oído, la nariz, etcétera. Dichos cables sensoriales envían su información a zonas de "proyección" específicas de la corteza cerebral, y todos (a excepción del olfato) lo hacen por medio de núcleos de relevo específicos que se encuentran en el tálamo. Sin embargo, en su camino hacia el interior, estos cables de entrada siguen por ramas colaterales del *SAR*. En la figura 14.4 se presenta un esquema de esos colaterales. Dentro del *SAR*, los colaterales que provienen de los distintos canales sensoriales se entremezclan y pierden especificidad. Segundo, el *SAR* proyecta sus mensajes

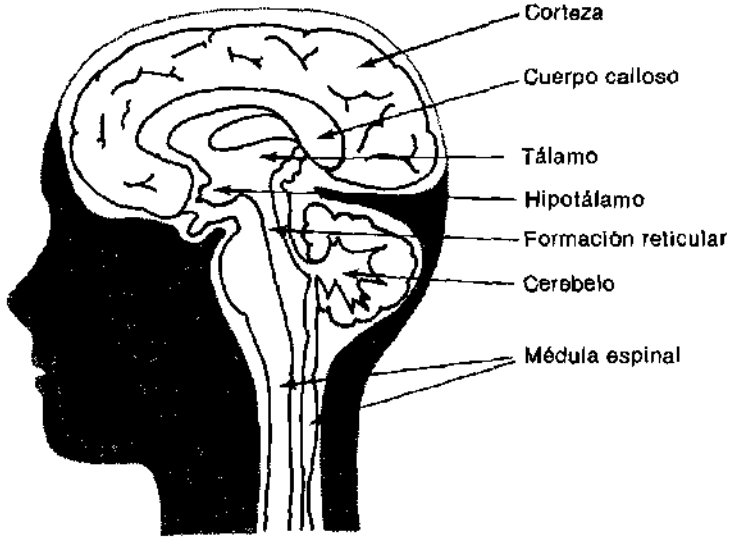


Figura 14.3. Sección sagital esquemática del cerebro humano (tomada de D.P. Kimble, 1963).

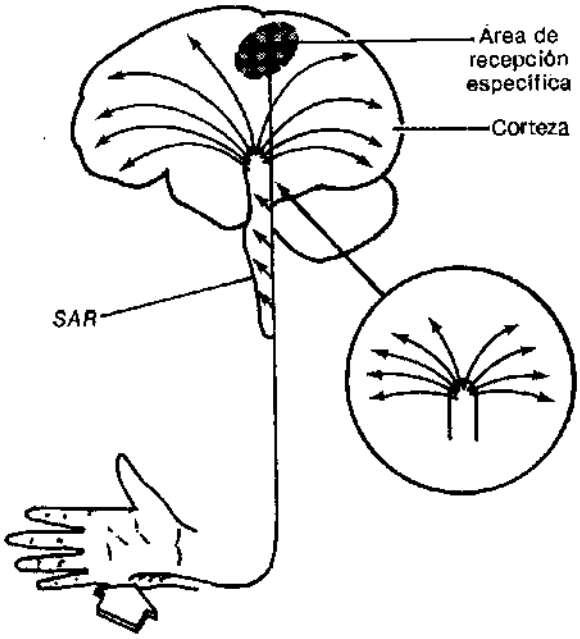


Figura 14.4. Dibujo esquemático que muestra la manera en que un estímulo de toque a la mano se releva a un área receptora específica de la corteza cerebral. El canal sensorial envía ramas colaterales hacia el sistema de activación reticular (*SAR*), que a su vez proyecta estimulación de alerta a muchas otras áreas de la corteza cerebral. El inserto muestra las proyecciones corticales que surgen del extremo anterior de la formación reticular (tomada de D. P. Kimble, 1963).

no específicos sobre zonas amplias y difusas de la corteza cerebral (véase la figura 14.4). La investigación indica que la probable operación de este sistema es la siguiente: la información sensorial nueva estimula al *SAR*, el cual retransmite la presencia de algún tipo de estimulación a diversas zonas sensoriales receptoras de la corteza. Esta estimulación difusa alerta a la corteza, al decirle que algo nuevo está por llegar. La corteza está entonces mejor capacitada para tratar con —o procesar— esta información específica, que llega por medio del canal sensorial específico de entrada.

Este cuadro se ha integrado con lentitud. La función alertadora del *SAR* se ha inferido del hecho de que la estimulación eléctrica directa del *SAR* despierta a un gato dormido y produce ondas cerebrales *EEG* características del estado de alerta y de la excitación. Si el *SAR* se destruye, el resultado es un coma profundo y duradero: el animal queda reducido a un vegetal. Las drogas anestésicas que producen inconsciencia parecen deprimir al *SAR*. El coma producido por ablación o mediante un anestésico persiste a pesar de que las vías de proyección sensorial permanezcan intactas. Aunque los sonidos, los contactos o las luces todavía provocan respuestas eléctricas definidas en la corteza mientras el animal se encuentra en estado de coma, el sujeto no percibe estas entradas porque el interruptor del *SAR* que controla la "conciencia" se ha apagado. Así, la estimulación no específica desde el *SAR* parece preparar a la corteza para procesar información sensorial de entrada.

Los experimentos de Lindsley (1958) y Fuster (1958) proporcionan pruebas indirectas de la eficiencia perceptual de una corteza alertada. El estudio de Lindsley

demostró que la corteza estaba mejor capacitada para resolver y discriminar dos destellos de luz sucesivos si se le llevaba a un estado apropiado de preparación de alerta mediante la estimulación previa del *SAR*. Por su parte, el trabajo de Fuster comprobó que la activación previa del *SAR* permitía a los simios obtener más información discriminativa a partir de un vistazo muy breve de una disposición visual.

Bloqueo sensorial

Recientemente, algunos experimentos han puesto en claro que el cerebro despierto ejerce un considerable control sobre los canales sensoriales de entrada. Las señales eléctricas que entran provenientes de un receptor particular pueden estar sujetas a influencias moduladoras a lo largo de su vía sensorial hacia la zona receptora primaria localizada en la corteza. Estas influencias pueden inhibir o acrecentar la señal entrante, aunque la inhibición parece ser el modo predominante. Estos efectos se observan en los cambios de la respuesta provocada eléctricamente y registrada en las diversas estaciones de relevo (sinapsis) que se encuentran a lo largo del cable sensorial de entrada. Es probable que estas influencias sean mediadas por las fibras que parten de la corteza y del eje cerebral a lo largo del cable de entrada hasta las proximidades de los receptores periféricos. Mediante la estimulación eléctrica de ciertas partes de la formación reticular es posible producir cierto número de efectos de inhibición sensorial.

Al parecer, la función central de estos circuitos nerviosos que van desde el cerebro hasta la periferia es similar a la que se adjudica a la "atención". Por este medio, el cerebro atenúa o "bloquea" las señales sensoriales que no le resultan "interesantes" en ese momento, y al mismo tiempo amplifica el canal sensorial (si hay alguno) en el cual se concentra la atención. Las pruebas de la existencia de esta generalización provienen de los estudios acerca de la habituación y la distracción, y la influencia que ejerce la estimulación cerebral en los potenciales provocados por la estimulación sensorial.

Consideremos en primer término al fenómeno de la ***habituación***. Cuando un estímulo nuevo de suficiente intensidad actúa sobre un receptor, origina una respuesta eléctrica enérgica y definida en los relevos de este canal de entrada, en la corteza sensorial primaria de dicho canal y en la formación reticular. Este es el acompañamiento eléctrico del "reflejo de orientación" que estudiaron Pavlov y Sokolov (véase el capítulo 3). Sin embargo, si el estímulo se repite en una serie monótona y regular, la respuesta provocada disminuye hasta un nivel bajo y estable que muchas veces ni siquiera se detecta: la respuesta se ha habituado. Esta habituación se encuentra no sólo en la corteza sino en partes muy inferiores, esencialmente en la primera estación sensorial de relevo que se ubica más allá del receptor. Se supone que este control de habituación está diseñado para desembarazar a los centros cerebrales superiores del trabajo con estímulos que han dejado de tener significación para ellos. La habituación puede disiparse temporalmente al molestar al animal (con una descarga eléctrica en las patas o con un choque reticular excitador). Asimismo, se libera hasta cierto grado al introducir alguna modificación en el patrón de estímulo. La liberación de la habituación parece seguir un gradiente regular de generalización relacionado con la cantidad de carga de estímulo. Por otro lado, la habituación no se producirá si mediante el condicionamiento el

el aprendizaje, de la adjudicación de "significado" a los estímulos y de la forma en que la estimulación, en vez de efectuar un registro pasivo, se corrige y se distorsiona selectivamente según los propósitos del organismo despierto.

APRENDIZAJE Y MEMORIA

Un organismo que no pudiera aprender sería capaz, no obstante, de comportarse de modo distinto en diversas condiciones de excitación motivacional; por ejemplo, podría alejarse de los estímulos nocivos y continuar reaccionando ante los favorables. Esa conducta produce aprendizaje sólo cuando se suscitan cambios en la experiencia; es decir, si las experiencias del pasado se almacenan de alguna forma en la memoria, de manera que cuando se encuentran otra vez los mismos estímulos, la reacción a éstos se altera por lo que sucedió antes. Por lo tanto, necesitamos complementar la actual explicación de la actividad cerebral con lo que se sabe acerca de los cambios que aparecen cuando se produce aprendizaje, y acerca del almacenamiento y la recuperación de la memoria.

Consolidación de las huellas de la memoria

En términos generales, existen básicamente dos concepciones en torno de los fundamentos neurales de la retención de la experiencia o del aprendizaje. Una de ellas supone que una experiencia establece actividad eléctrica continua en los circuitos nerviosos apropiados, y que la persistencia de estos circuitos activos se coordina con la persistencia de la experiencia que se codificó de ese modo en nuestra memoria. Cuando se detiene este proceso de huellas activas, perdemos esa memoria. A este fenómeno podemos denominarlo visión "dinámica" del engrama, o huella de memoria de largo plazo (*MLP*). En oposición a este enfoque está la visión "estructural", según la cual el aprendizaje consiste en algún cambio duradero de tipo físico, estructural o bioquímico en el sistema nervioso, cambio físico que persistirá incluso cuando los circuitos neuronales originales responsables de su establecimiento hayan regresado a la inmovilidad relativa a continuación de la experiencia inicial.

No es necesario pensar ni experimentar mucho para rechazar la visión dinámica de la *MLP*. Por ejemplo, enfriar a un hámster hasta 5 grados centígrados lo hace hibernar y durante este tiempo en su cerebro hay muy poca o ninguna actividad eléctrica susceptible de ser registrada. Sin embargo, cuando se le calienta y se le somete a prueba, todavía retiene cualquier hábito antiguo que se le haya enseñado antes del periodo de hibernación. Como otro ejemplo considérense las "tormentas cerebrales" eléctricas de los ataques epilépticos del *gran mal* en los pacientes humanos. Tales ataques comienzan cuando un foco epileptógeno local (causado por una lesión o un tumor cerebral, por ejemplo) empieza a extenderse a grupos de neuronas vecinas en su pauta de descarga anormal. Las neuronas caen en un sincronismo muy estrecho al dispararse al mismo tiempo que el foco epiléptico, y vuelven entonces hacia otras regiones. La zona efectiva de disparo se extiende muy pronto; casi toda la corteza se mueve sincronizadamente con el foco epiléptico y el ataque está en su apogeo: prácticamente todo el cerebro participa en este paroxismo. El ataque total puede durar unos cuantos minutos. Al recobrarse, el

paciente no ha perdido los recuerdos de su pasado, como lo señalaría la visión dinámica; de hecho, es difícil detectar que el ataque haya producido alguna pérdida de la memoria. Hay muchas otras pruebas que descartan la visión dinámica de que la memoria vive en un circuito giratorio continuo, de modo que tal conjetura asume prácticamente un estatus de nulidad.

Así, mediante un proceso de eliminación, llegamos a la opinión aceptada de que la *MLP* implica un cambio físico o estructural relativamente permanente en el sistema nervioso. Aunque no podemos prejuzgar cuál es la naturaleza de este cambio físico, es inofensivo presuponer que el cambio tiene lugar en el lapso que sigue a la experiencia de aprendizaje, y hasta es probable que aumente de magnitud con el paso del tiempo. Si el periodo implicado es sumamente breve (supóngase que sólo se requieran unos cuantos *milisegundos* para completar el cambio), la noción del cambio temporal es irrelevante para los experimentos conductuales. Sin embargo, la noción tiene implicaciones conductuales de interés si el lapso es muy largo; por ejemplo, muchos segundos, minutos, horas o días. Es precisamente esta noción la que ha sobrevivido con la denominación de hipótesis de la "consolidación".

Hace ya varias décadas, Müller y Pilzecker (1900) propusieron una variante de esa hipótesis. Sugirieron que la actividad neural responsable de almacenar un cambio físico que codifica una experiencia perdura un tiempo después de la experiencia y, a consecuencia de la actividad neural persistente, los cambios físicos se establecen con más firmeza y alcanzan una mayor magnitud. A esta fijación progresiva con el paso del tiempo se le llama *consolidación*. Si la actividad neural persistente pronto se interrumpe por la inclusión de alguna actividad interferente, entonces el cambio físico es pequeño, y la retención de la experiencia será precaria. Hebb (1949) enunció nuevamente esta hipótesis y estableció un modelo neurofisiológico más detallado. La hipótesis de Müller y Pilzecker se planteó originalmente para explicar la interferencia retroactiva que se produce cuando los sujetos humanos recuerdan materiales verbales. En ese contexto, la hipótesis en cuestión no resultó muy fructífera y fue eclipsada por la teoría de la interferencia asociativa (véase el capítulo 6), que probó adecuarse más a los detalles de los hechos propios de este campo. El continuo interés por la hipótesis de la consolidación en parte proviene de las observaciones clínicas, pero principalmente de los experimentos realizados con animales. La evidencia esencial para la teoría de la consolidación de la memoria procede de estudios acerca de lo que se produce al perturbar o traumatizar el cerebro poco después de haber registrado una experiencia. En teoría, esta perturbación debería evitar la consolidación del análogo neural de la memoria, de modo que en una prueba posterior no se demostraría aprendizaje alguno.

En este aspecto conviene considerar el sorprendente fenómeno clínico de la amnesia retrógrada y anterógrada. Después de que una persona recibe un fuerte golpe en la cabeza o sufre alguna lesión cerebral traumática (como una herida en combate), que le produzca inconsciencia y estado de coma, es muy probable que al volver en sí se muestre un tanto desorientada y confusa. Aunque quizá responda a preguntas simples acerca de su vida, es incapaz de retener durante mucho tiempo los eventos que tienen lugar a su alrededor. Ésta se denomina *amnesia anterógrada*, y significa que la víctima sufre amnesia de los eventos que ocurren justo *después* de despertar de su accidente. Además, es probable que la víctima sea incapaz de recordar los eventos que ocurrieron inmediatamente antes del accidente y están vinculados con él (la denominada *amnesia retrógrada*, que actúa sobre los

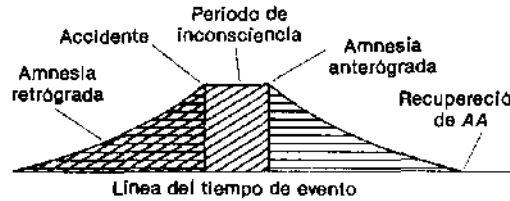


Figura 14.5. Representación esquemática de los tipos de amnesia para los eventos que rodean al accidente que dio origen a la inconsciencia.

eventos anteriores al trauma). En la figura 14.5 se presenta un esquema de las porciones de las series temporales de la vida sobre las cuales se piensa que se extienden las amnesias anterógrada y retrógrada (áreas sombreadas).

El periodo retrógrado puede extenderse sobre los eventos ocurridos muchos minutos (de 5 a 60) antes del accidente, y el anterógrado puede abarcar un tiempo similar después de recobrar la conciencia; los eventos más próximos a estos dos marcadores de tiempo tienen mayor probabilidad de ser olvidados. En los casos más severos y dramáticos (W. R. Russell y Nathan, 1946) puede perderse la capacidad de recordar los eventos ocurridos varias horas, días o meses antes del trauma, y se dice que un paciente en estas condiciones padece de amnesia. En la mayor parte de los casos, la persona a la postre recobra la memoria de lo sucedido con anterioridad al accidente, y lo que se recupera primero es lo más alejado de la lesión en el tiempo. A medida que continúa la recuperación, pueden recordarse los eventos temporalmente más cercanos a la circunstancia traumática, pero lo común es que quede una porción irrecuperable de eventos inmediatamente anteriores a la lesión. Se ha informado de efectos semejantes, aunque en menor grado, en pacientes humanos sometidos a los efectos de la anestesia profunda que han sufrido convulsiones producidas por insulina y metrazol, y choques electroconvulsivos. La hipótesis de la consolidación interpretaría la amnesia retrógrada en el sentido de que la lesión o el trauma impide la consolidación de material reciente, y eleva además el umbral de evocación de los recuerdos más antiguos, que han tenido mucho tiempo para consolidarse y son más fuertes. Durante la recuperación declina el umbral para la evocación, de modo que los recuerdos más antiguos y vívidos son los que retornan primero. Posteriormente veremos teorías que explican estos hechos de otra manera.

Choques electroconvulsivos y amnesia

En el trabajo experimental acerca de la amnesia en los animales (por lo común realizado con ratas), gran parte de los primeros estudios investigaban la forma en que se perturba el aprendizaje cuando el sujeto recibe una descarga electroconvulsiva (*DEC*) poco después de un ensayo de aprendizaje. La convulsión, en muchos aspectos similar a la tormenta cerebral sincronizada en un ataque epiléptico, se induce con facilidad al hacer pasar brevemente una fuerte corriente eléctrica entre los electrodos insertados en las orejas de una rata. A partir del trabajo de Duncan (1949), diversos estudios han demostrado que el *DEC* aplicado a una rata poco después de un ensayo de aprendizaje interfiere con su ejecución del hábito apropiado cuando se le somete a prueba al día siguiente, después de recobrarse de la

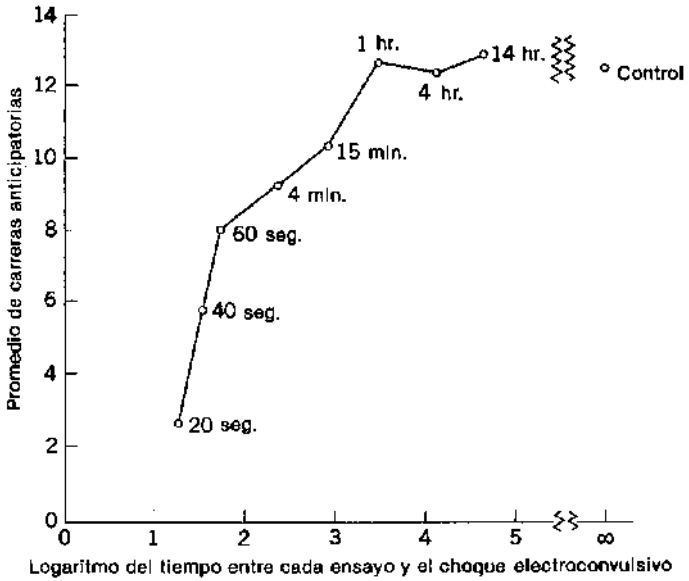


Figura 14.6. Promedio de carreras anticipatorias (respuestas de evitación) correspondiente a 18 ensayos, relacionado con el logaritmo del tiempo de demora entre el ensayo y el choque electroconvulsivo. Los diferentes puntos de la curva (en los cuales se indican los tiempos de demora) representan distintos grupos de sujetos animales (tomada de Duncan, 1949).

corta convulsión. Además, cuanto más cerca del término del ensayo de aprendizaje se aplique la *DEC*, mayor será la perturbación de la ejecución que aparece en la prueba subsecuente.

Este efecto se ilustra con el experimento inicial de Duncan. Se entrenaron ratas en un hábito de evitación activa, a la tasa de un ensayo diario durante 18 días. El ensayo comenzaba al colocar al animal en el lado "peligroso" de una caja de dos compartimientos. Si en 10 segundos no pasaba al compartimiento "seguro", se le aplicaba una descarga eléctrica en las patas hasta que lo hacía. Después de haber pasado al lado seguro, la rata recibía una *DEC*. La demora entre la respuesta y la *DEC* variaba para diferentes animales, y era de 20, 40 o 60 segundos, 4 o 15 minutos, o 1, 4 o 14 horas. El tratamiento con *DEC* se administraba a continuación de cada uno de los ensayos de entrenamiento. Un grupo de sujetos de control no recibía *DEC*. El efecto de la demora entre la respuesta y la *DEC* se describe en la figura 14.6, que muestra el número promedio de respuestas de evitación durante los 18 ensayos para animales a los que se les daba la *DEC* después de cada magnitud de demora. El logaritmo de la demora antes de la *DEC* se traza en la abscisa. En la figura 14.6 se muestra un efecto retrógrado acentuado de la *DEC* sobre el aprendizaje. En el intervalo más corto, de 20 segundos, se produce muy poco aprendizaje. A medida que se alarga el tiempo antes de la *DEC*, ocurre menos decremento. Con una demora en la *DEC* de una hora o más, los sujetos que reciben *DEC* tienen una ejecución tan eficiente como los controles que no lo reciben.

Estos resultados pueden interpretarse en el sentido de que reflejan un proceso de consolidación de la memoria que tiene lugar en un periodo de alrededor de 60 minutos a continuación de cada ensayo de aprendizaje. Se supone que el *DEC* interrumpe este proceso, y que la cantidad que se aprende por ensayo aumenta con el tiempo de consolidación antes de que el *DEC* suspenda el proceso.

Desgraciadamente, una hipótesis alternativa también explicaría los resultados de Duncan; es decir, el gradiente de la demora del castigo. Podríamos presuponer que el *DEC* es aversivo, de modo que castiga e inhibe las respuestas poco después de las cuales se presenta; lo hace de acuerdo con un gradiente usual de demora. Esto explicaría los resultados de Duncan sin necesidad de recurrir a la hipótesis de consolidación.

Experimentos ulteriores han demostrado que una serie de choques electroconvulsivos comienza a actuar como un evento aversivo a evitar; sin embargo, hay relativamente poca aversión evidente después de un solo *DEC*. Por esta y otras razones, se cree que el mejor paradigma para mostrar los efectos amnésicos del *DEC* es una situación de "aprendizaje de un solo ensayo", dentro de la cual se introduce un solo *DEC*.

Un arreglo que se emplea en la actualidad y que cumple con estos requisitos es una situación de evitación pasiva. Se coloca una rata o un ratón sobre una plataforma ligeramente elevada encima de un piso enrejado. Si se trata de animales ingenuos, bajarán de la plataforma en pocos segundos. Si al tocar el piso enrejado reciben una descarga dolorosa, una prueba posterior demostrará que se niegan a bajar de la plataforma: han aprendido una respuesta de evitación pasiva en un solo ensayo. Sin embargo, los animales que reciben un *DEC* poco después de la descarga parecen "olvidarlo", de modo que en la prueba del día siguiente bajarán rápidamente de la plataforma (Chorover y Schiller, 1965). De nuevo se obtiene un efecto de amnesia graduada, aunque las constantes temporales parecen menores que las presentadas por Duncan.

Por ejemplo, Chorover y Schiller informan que prácticamente no hay amnesia provocada por el *DEC* cuando éste sufre una demora de 30 segundos después del ensayo de aprendizaje; las demoras menores (de 0.5, 2, 5, 10 segundos) tienen efectos amnésicos más severos. En McGaugh y Herz (1972) pueden encontrarse reseñas de estos temas.

En la actualidad se ha observado reiteradas veces el efecto retrógrado del *DEC*. Se consiguieron efectos amnésicos similares con drogas convulsivas, narcosis por calor, hiperoxia, y ciertas drogas anestésicas que producen inconsciencia o convulsiones. Durante los últimos treinta años, los desarrollos han seguido tres líneas primordiales. Primero, el efecto amnésico retrógado se ha estudiado concienzudamente para generar un conocimiento empírico más profundo del fenómeno; en particular, varias de las facetas recientemente descubiertas de la amnesia retrógrada son difíciles de explicar a la luz de la teoría original de la consolidación. Segundo, se han ofrecido varias hipótesis alternativas para explicar el efecto amnésico del *DEC*, y éstas a menudo conducen a experimentos que intentan diferenciar las nuevas hipótesis de la antigua acerca de la consolidación de la memoria. Tercero, la búsqueda de estructuras neurológicas contempladas en el efecto amnésico ha avanzado a los detalles más finos y a un conocimiento más discriminativo de los eventos cerebrales que perturban la consolidación. Mencionaremos algunos resultados de cada tipo.

Dificultades para la teoría de la consolidación

Los estudios empíricos descubrieron varios fenómenos en la situación *DEC* que crean dificultades a una teoría simple de la consolidación. Por un lado, hay frecuentes informes de amnesia inducida por *DEC*, que "desaparece espontáneamente" con el tiempo después del evento de aprendizaje de un ensayo seguido por el *DEC*. Pero si el *DEC* inmediato ha impedido cualquier aprendizaje, entonces no habrá ningún hábito que recobrar en el curso del tiempo. Sin embargo, tal recuperación no siempre se logra; las variables pertinentes que la determinan son la especie (las ratas se recuperan con más frecuencia que los ratones) y, en la situación de evitación pasiva, la severidad de la descarga inicial en una pata y el grado de intensidad *DEC*.

Un segundo hecho embarazoso es que los diferentes índices de recuerdo después del *DEC* no siempre concuerdan. Por ejemplo, un animal que recibe una descarga en las patas seguida por el *DEC* al otro día, quizá baje de la plataforma con facilidad, en apariencia mostrando amnesia para el choque y, sin embargo, su ritmo cardiaco se acelerará en la situación de prueba, lo cual indica alguna asociación de temor a esa situación (Hines y Paolino, 1970). Si el animal recibe descargas en las patas y *DEC* por bajar de la plataforma hacia el lado blanco —en vez de dirigirse al oscuro— de un piso de dos compartimientos, al día siguiente puede bajar con rapidez, mostrando amnesia para la descarga en las patas. Pero de todas formas preferirá bajar por el lado del color que implica no descarga, aparentemente porque recuerda dónde recibió el choque doloroso el día anterior (Carew, 1970). Estas cuestiones tal vez podrían manejarse al suponer que el aprendizaje que conlleva respuestas autónomas se consolida con mayor rapidez que aquel que implica respuestas instrumentales, aunque claramente esto es *ad hoc* y desagradable.

Un tercer hecho en contra de la hipótesis de que el *DEC* perturba la consolidación es que la memoria de la respuesta al parecer permanece durante unas cuantas horas después del *DEC*, para desaparecer 24 horas después; este intervalo de prueba es el que generalmente se usa en tales estudios (Geller y Jarvik, 1968; McGaugh y Landfield, 1970). Los resultados son paradójicos para una teoría simple de la consolidación, la cual supondría que el *DEC* produce olvido total de modo inmediato y permanente. Quizá sea justo decir que el *DEC* sólo acelera la tasa de olvido en vez de causar la pérdida inmediata de la experiencia.

Teorías rivales de los efectos DEC

Como hemos dicho, otra línea de investigación proviene de la comprobación de teorías alternativas de los efectos inducidos por el *DEC*. Una teoría inicial propuesta por Lewis y Maher (1965) era que el *DEC* debería considerarse como un estímulo incondicionado que provoca inhibición inconsciente y generalizada, que se condiciona de modo pavloviano a los indicios de la situación pareados con el *DEC*. Aunque esta interpretación condujo a una serie de interesantes experimentos (que se reseñan en Lewis y Maher, 1965, y en Lewis, 1969), en términos generales no se ha aceptado, ya que no explica aquellos casos de evitación pasiva donde el *DEC* produce olvido, que se infiere del hecho de que el animal hace *activamente* algo; es decir, baja al piso en el que el día anterior ha recibido una descarga dolorosa, en vez de refugiarse pasivamente en el reborde donde se le coloca como animal de control que sólo recibe descargas en las patas. Una teoría de la

inhibición condicionada no esperaría que los efectos *DEC* se revelaran en los animales con ejecución activa.

Una perspectiva más reciente e interesante de los efectos del *DEC* o de traumas cerebrales similares es que éstos pueden implicar dificultades de *recuperación* en vez de dificultades de *aprendizaje* (véase Bower, 1972*d*, págs. 117 a 120; DeVietti y Larson, 1971; Lewis, 1969; Nielson, 1968). Posiblemente el *DEC* que sigue a un evento de aprendizaje hace que la memoria de esa experiencia se reprima, de modo parecido a como se postula en la teoría freudiana de la represión. Tales recuerdos sólo podrían evocarse o evaluarse después en circunstancias especiales. El experimento de Misanin, Miller y Lewis (1968) sugiere este análisis. El evento crítico de aprendizaje era el pareamiento de un tono (sonido) con una descarga dolorosa en las patas de las ratas. Al día siguiente, se presentaba al grupo de ratas el tono seguido del *DEC*. Esta experiencia demorada de tono-*DEC* parecía interferir con la memoria del evento anterior de tono-descarga (a pesar de su "tiempo de consolidación" de 24 horas), pues al día siguiente el tono no despertaba mucho temor, como se medía por su supresión del acto de beber. La idea es que durante el tratamiento del segundo día, al principio el tono reinstauraba la memoria del par tono-descarga; sin embargo, el *DEC* a continuación de la recuperación de la memoria tono-descarga supuestamente hacía que algo como la represión o la inhibición se vinculara con esa memoria, de tal modo que bloqueaba su subsecuente recuperación para el estímulo del tono. Hay varios otros resultados que sugieren que el *DEC* perturba la recuperación, así como el almacenamiento de una memoria para un evento contiguo a un *DEC* (véase Miller y Springer, 1973).

Correlaciones cerebrales de los eventos amnésicos

Otra línea de investigación acerca de la amnesia se refiere al trazado de mapas exactos de los eventos cerebrales cruciales que perturban la consolidación de la memoria. Algunos de estos estudios buscan especificar con mayor precisión la reacción crítica de un componente cerebral al *DEC* o a los anestésicos que es responsable de la producción de efectos amnésicos de diferente grado. Por ejemplo, los resultados de Landfield y McGaugh (1972), y de Landfield y sus colaboradores (1972) sugieren que el grado de amnesia inducida por *DEC* en las ratas se correlaciona con la longitud del tiempo durante la cual las ondas theta están ausentes en el hipocampo a continuación del *DEC*. Se encontró muy poca o ninguna amnesia en las ratas para las cuales la actividad theta regresaba con rapidez después del *DEC*. Otro tipo de investigación intenta interferir con la consolidación de la memoria mediante la aplicación de estimulación eléctrica discreta y localizada a centros cerebrales específicos, por medio de electrodos implantados. Se ha descubierto una variedad de centros cerebrales en los cuales los impulsos eléctricos aislados aplicados poco después de un evento de aprendizaje impiden la consolidación de la memoria. Tal estimulación puede ser débil y breve, pero selectivamente destructiva en contraste con la "impresionante" devastación causada por un *DEC* severo. La interferencia con el aprendizaje se ha producido mediante la estimulación eléctrica discreta al hipocampo dorsal, el putamen caudado y la corteza frontal, entre otros centros, mientras que la *facilitación* en el aprendizaje se logró a partir de la estimulación posensayo en la formación reticular mesencefálica y el hipocampo ventral, entre otros lugares (véase McGaugh y Herz, 1972, para una reseña).

En la actualidad, la investigación no es particularmente esclarecedora, ya que pocos experimentos demuestran gradientes *temporales* de efectos, como lo requiere la hipótesis de la consolidación. Además, los estudios por lo general usan ensayos masivos, de modo que los efectos de la estimulación posensayo no pueden separarse con facilidad. Así, por ejemplo, un tipo particular de choque cerebral tal vez no impida el aprendizaje; más bien, sus persistentes efectos secundarios pueden perturbar la discriminación sensorial, de modo que el animal se desempeñe mal en los ensayos que siguen a la estimulación. Un análisis psicológico de los efectos de tales estímulos cerebrales rastrea de esta forma algunas de las estructuras críticas que sirven a la consolidación de la memoria, pero es probable que la tarea sea larga, lenta, y quizá un proceso indefinido.

Variables que afectan la tasa de consolidación

Según la hipótesis de un almacén de memoria de corto y de largo plazo, la entrada de estimulación supuestamente produce una actividad neural "reverberante", representativa de esa experiencia, que persiste durante un tiempo. Esta huella neural dinámica coincide con nuestra *MCP*. Mientras dura esta actividad reverberante, el cambio estructural permanente que sustenta a la *MLP* se desarrolla con lentitud. Una vez que la huella reverberante desaparece, el cambio estructural se detiene y permanece en el nivel alcanzado. En esta teoría, es plausible buscar las variables que influyen en la tasa de reverberación o sobre el tiempo que transcurre antes de que desaparezca la huella de corto plazo, pues éstas pueden afectar la proporción en que un ensayo de aprendizaje se consolidará como *MLP*.

McGaugh (1965, 1968) ha investigado dos clases generales de variables que pueden interpretarse con estos medios: las drogas y la constitución genética de los animales. En una serie de experimentos, demuestra que ciertas drogas que estimulan al *SNC*, como la estricnina, el diazamantano, anfetaminas y picrotoxina, administradas en pequeñas dosis, aceleran el aprendizaje de laberinto de las ratas cuando se les inyecta ya sea antes *o después* del ensayo de cada día. En la actualidad, esos resultados se han aplicado en muchas ocasiones a diversas tareas de aprendizaje (McGaugh y Herz, 1972). Por ejemplo, Davis y sus asociados (1978) descubrieron que seres humanos adultos a los que previamente se había inyectado fisostigmina (una droga que incrementa la acetilcolina en las sinapsis) efectuaban el recuerdo libre de una lista de palabras con mayor rapidez que los sujetos de control, que recibían una inyección salina neutral. Se supone que estos estimulantes incrementan la tasa de consolidación o prolongan la huella de actividad de corto plazo, lo cual da lugar a un aprendizaje más consolidado por ensayo. Por ejemplo, un resultado estándar es que las inyecciones posteriores al ensayo facilitan el aprendizaje sólo si se administran dentro de aproximadamente 15 minutos después de la experiencia de aprendizaje del día.

En otra línea de trabajo, McGaugh usó descendencias genéticas de ratas que Tryon (1942) había criado selectivamente para que fueran listas o tontas en el aprendizaje de varios problemas de laberinto. Comprobó las implicaciones de la idea de que las descendientes listas y tontas en el laberinto diferían en sus tasas o tiempos de reverberación neural. Por ejemplo, confirmó que en una situación *DEC* de aprendizaje de un solo ensayo, el *DEC* puede demorarse más tiempo y no obstante producir mayores déficit de memoria en las ratas tontas. Asimismo,

cuando los ensayos en el laberinto se hacen muy espaciados, las ratas tontas aprenden tan rápido como las listas, y la diferencia sólo aparece en los ensayos masivos. Esto es comprensible si se presupone que las ratas tontas consolidan con mayor lentitud, y que la consolidación del aprendizaje del ensayo n se interrumpe cuando comienza el ensayo $n + 1$ en la condición de ensayos masivos. Además, se encontró que la inyección del estimulante nervioso llamado picrotoxina facilitaba el aprendizaje, por ensayos masivos, de las ratas tontas (de hecho, las hacía aprender tan rápido como las ratas listas), mientras que en estos últimos animales sólo se facilitó al administrar dosis más elevadas de la droga. Al parecer, estas y otras observaciones son compatibles con el punto de vista de que dos descendencias genéticas difieren en la tasa de consolidación de la memoria.

Es conveniente notar que la distinción entre memoria de largo y de corto plazo antes usada emplea un sistema nervioso "conceptual" con ventaja, sin especificar los circuitos neurales implicados. Sin embargo, hay pruebas convincentes de la existencia de circuitos neurales reverberantes persistentes en la corteza. Por ejemplo, Burns (1958) informó que algunas descargas eléctricas aplicadas a una parte aislada de la corteza inactiva producen explosiones de actividad nerviosa que persisten por varios minutos (a veces hasta media hora) después de que la estimulación ha cesado. Pero en realidad se sabe poco acerca de estos efectos persistentes que se producen en tejidos no aislados. Tampoco se conoce mucho en torno del efecto que tienen en el cerebro las drogas como la picrotoxina, que facilita el aprendizaje, y apenas comenzamos a acumular hechos relacionados con el efecto neurológico del *DEC* sobre el metabolismo y el funcionamiento general del cerebro. El objetivo de señalar esta circunstancia es que las principales —y tal vez las únicas— pruebas que apoyan a la hipótesis de la consolidación derivan de los estudios "conductuales", y no de la observación de los procesos en el sistema nervioso central.

Aunque la hipótesis de la consolidación ha probado ser viable, los experimentos deberán formular y contestar varias preguntas más. ¿Qué causa las diferencias en el tiempo requerido para consolidar diferentes tareas de aprendizaje? ¿El cambio es gradual, de todo o nada, o gradual con un umbral? ¿Cómo distinguiremos si se trata de un mal almacenamiento o de un acceso deficiente al engrama almacenado? ¿Cuál es la naturaleza genérica de los fenómenos que perturban la consolidación? En estos términos, ¿cómo se explicarían los efectos de la interferencia proactiva sobre la retención? ¿Cómo pueden los animales aprender a eludir un lugar donde se administró un *DEC*, si ese *DEC* evita el almacenamiento de las memorias desagradables? ¿Se detiene la consolidación cuando desaparece la huella de corto plazo, o prosigue si no se interfiere? ¿Cómo explicamos la recuperación de largo plazo de una memoria perturbada por el *DEC*? ¿Cuáles son los eventos neurales que se facilitan cuando las inyecciones de drogas posensayo incrementan el aprendizaje? Éstas y otras interrogantes siguen en pie, y la investigación habrá de contestarlas en detalle.

Pacientes neurológicos

Mediante la estimulación eléctrica y la ablación selectiva se han obtenido algunos resultados amnésicos muy sorprendentes en el caso de pacientes humanos

que se someten a la cirugía cerebral por razones médicas (generalmente para la extirpación de focos epileptogénicos que causan ataques frecuentes). Bickford y colaboradores (1958), y Chapman y sus asociados (1967) han informado que la estimulación eléctrica del lóbulo temporal del cerebro del paciente despierto (durante cirugía bajo anestesia local) produce una amnesia retrógrada temporal. El paciente puede ser incapaz de recuperar eventos de hasta dos semanas atrás, y la longitud de esta laguna de memoria aumenta con la duración de la estimulación. Sin embargo, la amnesia es temporal y la memoria se recupera por completo unas cuantas horas después de la estimulación. Mientras ésta estuvo presente, los pacientes eran incapaces de recuperar memorias de varias horas o días atrás, tenían una ejecución muy aceptable en tareas de memoria de corto plazo o inmediata, como la repetición de una breve serie de dígitos. Estos inquietantes resultados deberían investigarse con estudios de seguimiento, pero requieren de la cooperación de cirujanos del cerebro que permitan la experimentación durante la intervención quirúrgica.

El papel crítico del hipocampo en la consolidación de la memoria ha sido sugerido por las sorprendentes incapacidades de los pacientes que sufrieron lesión o ablación bilateral (en ambos lados de la línea media). Aunque al parecer tales pacientes tienen una memoria normal de corto plazo o inmediata, y pueden recordar con cierta deficiencia su vida antes de la lesión cerebral, se muestran incapaces de retener información nueva y compleja por un largo tiempo (Milner, 1966). Por ejemplo, un paciente así no puede recordar a una persona que conoció y con la cual estuvo conversando apenas unos minutos antes. Se presentará a sí mismo repetidas veces y formulará las mismas preguntas que en ocasiones anteriores, con una confianza total de que se trata del primer encuentro. Desde luego, estos pacientes suelen estar muy desorientados acerca de dónde se encuentran (en el hospital), cuánto tiempo han permanecido allí, cómo llegaron, o qué les ha sucedido, a ellos o al mundo, desde su trama cerebral (Talland, 1965). Para ellos, el tiempo transcurrido y los eventos que ocurrieron en ese lapso no existen; independientemente de cuánto tiempo haya pasado desde que llegaron al hospital, en su memoria siempre es "ayer".

Este trágico síndrome en ciertos aspectos concuerda con la hipótesis de la memoria dual, que propone una *MCP* y una *MLP*. Cabría suponer que en estos pacientes el mecanismo que transfiere las representaciones de la experiencia a la *MLP* ha sido puesto fuera de funcionamiento, aunque su *MCP* está intacta, al igual que las memorias de largo plazo que tenían preoperativamente. Pero esto no es todo. Milner (1970) descubrió que sus pacientes con lesiones en el hipocampo podían aprender y retener una habilidad sensoriomotora (dibujos del modelo inverso), y aprendían a identificar cuadros completos de objetos comunes cuando se les mostraban fragmentos lineales mínimos de los mismos. El paciente revelaba memoria al mejorar en ejecuciones repetidas de prueba, a pesar de su opinión de que una tarea dada era nueva y la emprendía por primera vez. En otros estudios se ha informado de esta llamativa habilidad de los pacientes amnésicos para hablar acerca de lo que claramente han aprendido en una tarea no verbal (para una reseña, véase Carlson, 1977). Por ejemplo, los pacientes que sufrían del síndrome de Korsakoff (donde hay lesión en los cuerpos mamilares, con efectos semejantes a la lesión bilateral del hipocampo) poseen la memoria suficiente como para seleccionar de entre un conjunto aquellas fotografías que vieron 18 días antes, aun

cuando no tengan conocimiento de que habían visto anteriormente alguna de las fotografías o al propio experimentador. De este modo, aunque estos pacientes pueden almacenar en la *MLP* estímulos no verbales, está ausente su sensación consciente de conocer el material. Asimismo, son ineptos para recuperar material memorizado con indicios de otra modalidad; es como si la lesión en el hipocampo hubiera hecho a la memoria extraordinariamente literal y específica para el estímulo presentado. Debe señalarse que los indicios de otra modalidad eran verbales, y que estos pacientes muestran un verdadero déficit en el almacenamiento de mensajes verbales; pareciera que su sistema de significado para el lenguaje está muy perturbado.

Warrington y Shallice (1972) han descrito otro tipo de pacientes con lesión cerebral que tienen una memoria muy defectuosa para las palabras presentadas auditivamente (un tramo auditivo de 1 a 2 dígitos), pero una memoria normal para las palabras presentadas de modo visual. (Cabe aclarar que su sentido de la audición es normal.) Tales resultados sugieren que las memorias se codifican y se almacenan de acuerdo, en parte, con su modalidad sensorial, y que las lesiones cerebrales pueden perturbar selectivamente las memorias de modalidades particulares.

Una teoría de la amnesia

Wickelgren (1979*b*) propuso una interesante teoría para explicar el patrón de resultados de aprendizaje que muestran los pacientes hipocampectomizados, así como la amnesia anterógrada y retrógrada originada por tratamientos *DEC*. En primer término, Wickelgren distingue entre un tipo de nivel inferior de aprendizaje asociativo *E-R* y uno superior de aprendizaje de patrón configuracional que denomina "formar bloques" o aprendizaje cognoscitivo. (Es interesante señalar que Razran (1971) y Bitterman (1975) han observado que las especies inferiores, como los peces y los anfibios, sólo muestran condicionamiento de nivel inferior, mientras que el aprendizaje de patrón complejo o configuracional únicamente puede darse con facilidad en los pájaros y en animales más avanzados.) Wickelgren observa que los pacientes con lesión en el hipocampo muestran una dicotomía similar de habilidades de aprendizaje: aprenden hábitos simples *E-R* o elaboran asociaciones ya existentes, pero no les es posible acceder a formas superiores de aprendizaje o a cogniciones acerca de ello. A partir de esta evidencia, Wickelgren supone que para que se forme una memoria compleja (haz de asociaciones), la activación difusa de un sistema de excitación hipocampal debe estar activa al mismo tiempo que las neuronas que codifican las características específicas del patrón de evento que ha de aprenderse.

Las ideas básicas se muestran en la figura 14.7, donde los nodos simbolizan a las neuronas (o agrupaciones de neuronas) en la corteza de asociación que representan características de estímulo, eventos, conceptos o ideas, los cuales se activan cuando aquellos estímulos están presentes o se piensa en ellos. Wickelgren también postula una gran agrupación de neuronas "libres" de nivel superior que inicialmente no tienen conexiones fuertes, pero que poseen muchos eslabones débiles con un gran número de neuronas de nivel inferior. Cuando el patrón de estímulo está presente, sus componentes y sus relaciones estructurales, *a*, *b*, *c* se activan, y la activación desde ellas intersecta en algún punto de nivel superior en la corteza de asociación (aquí denotada *X*). Los grupos asociativos formados por tales aso-

ciaciones verticales se examinaron al final del capítulo 6. Wickelgren presupone que el hipocampo opera como un sistema de excitación (motivacional) que se proyecta difusamente a casi cualquier neurona libre de nivel superior. Si las características de estímulo *a, b, c,* activan el nodo *X* al mismo tiempo que éste recibe excitación del hipocampo, comienza a crecer con lentitud un grupo asociativo permanente. Es decir, las vías que conectan las neuronas *a, b, c* con la neurona *X* incrementan su eficiencia o disminuyen su resistencia sináptica —la analogía de la fuerza de asociación. Así, el nodo *X* se liga o especifica por sus conexiones fuertes con las neuronas *a, b, c.* El nodo *X* sirve entonces como un nodo de bloque, y codifica la asociación contigua de características o eventos *a, b, c* en el patrón aprendido. El nodo *X* es la encarnación física del bloque, o memoria, y sirve básicamente como un dispositivo interruptor de la excitación. En particular, la presentación de la característica *a* podría originar que el nodo *X* de nivel superior disparara, con lo cual también lo harían las neuronas *b y c* para completar el patrón. La mayor parte del aprendizaje puede representarse mediante esas estructuras asociativas simples. Para presentar un ejemplo, Tolman habría supuesto que los tres componentes críticos de la figura 14.7 son el estímulo discriminativo, la respuesta y la consecuencia recompensante de un patrón de evento y que después del aprendizaje el estímulo discriminativo solo sería capaz de evocar la respuesta, así como la anticipación de la recompensa esperada.

Wickelgren supone que un proceso de consolidación se desarrolla durante algún tiempo después del evento de aprendizaje *a, b, c.* Las neuronas *a-b-c* permanecen activas y disparan la célula *X* en conjunción con los impulsos del hipocampo, todo ello en ciclos repetitivos. El bloque asociativo *X* se consolidará en caso de que se le impida entrar en los bloques de interferencia. (Recuérdese que un nodo de nivel superior puede recibir entrada débil de muchas neuronas de estímulo de nivel inferior.) Wickelgren postula que dentro de la teoría se impide este aprendizaje de interferencia debido a la gradual supresión del enlace desde el hipocampo hasta la célula *X* ligada. Es decir, durante la gradual ligazón de un bloque de nivel superior, inhibe y apaga el vínculo desde el hipocampo (véase el vínculo "negativo" desde

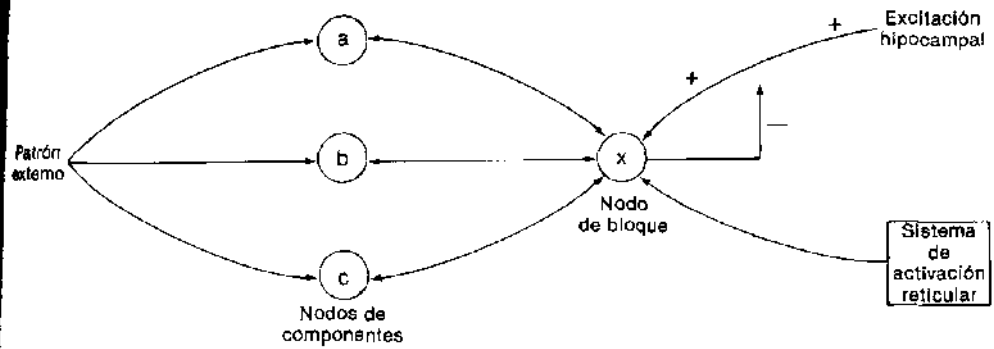


Figura 14.7. Diagrama hipotético de un patrón de estímulo de tres características que se asocia con un nodo de bloque cortical que recibe "activación de aprendizaje" del sistema de activación reticular.

el nodo *X* en la figura 14.7); por lo tanto, la célula *X* se "encierra" para *a*, *b*, *c* y no puede participar en otros bloques asociativos. Para excitar después de la huella de memoria, Wickelgren presupone que las células reciben activación no específica desde algún otro sistema, como el sistema de activación reticular, que se suma a la excitación sensorial desde un indicio de recuperación *a*, *b* o *c*.

La teoría de Wickelgren explica el patrón de los éxitos y fracasos del aprendizaje de pacientes con lesiones en el hipocampo, ya que éstas destruyen el vínculo de activación crítica necesario para formar los bloques de nivel superior requeridos para el aprendizaje complejo o cognoscitivo. Aunque tales pacientes muestran memoria de largo plazo y cierta memoria de corto plazo (es decir, activación temporal de las neuronas de evento de nivel inferior como *a* o *b*), no pueden aprender nuevas memorias complejas debido a la ausencia del "impulso de aprendizaje" del hipocampo. Mediante una línea similar de razonamiento, la teoría explica la amnesia anterógrada temporal que sigue a un choque o *DEC*. En el transcurso del estado inconsciente y durante un tiempo después, el hipocampo ha sido puesto fuera de funcionamiento, de modo que en ese lapso no puede producirse ningún aprendizaje complejo nuevo. A medida que los efectos de la convulsión desaparecen, se recupera el vínculo de aprendizaje del hipocampo y también la habilidad de aprender del sujeto. Asimismo, la teoría explica la amnesia retrógrada para los eventos cercanos en el tiempo al *DEC*, ya que al detener la excitación hipocampal, alimentada a las células *X* de nivel superior, el *DEC* suspende la consolidación de la memoria para aquellos eventos anteriores. La cantidad de consolidación habría sido mayor mientras más tiempo hubiese transcurrido entre el evento que debía aprenderse y el *DEC*.

También hay abundante bibliografía acerca de la influencia de las lesiones en el hipocampo en el aprendizaje de los animales inferiores, usualmente ratas (véanse las reseñas de Hirsh, 1974; Isaacson, 1974). Los resultados se describen adecuadamente mediante la generalización de que las lesiones o perturbaciones hipocampales intervienen con el aprendizaje y la consolidación de hábitos configuracionales complejos, pero no con los hábitos simples de bajo nivel. La teoría de Wickelgren parece explicar todos estos fenómenos de una manera clara, de modo que su evaluación detallada se ha convertido en un tema importante en la agenda de investigación. Debe notarse que esta teoría usa en gran parte un sistema nervioso conceptual y, aunque las premisas son congruentes con los resultados fisiológicos, su validación se basa por completo en observaciones conductuales.

CAMBIOS FISIOLÓGICOS EN EL APRENDIZAJE

Hasta el momento nos hemos dedicado a la neurofisiología del aprendizaje, y dejamos a un lado lo que sin duda es el tema central: la naturaleza del cambio fisiológico que tiene lugar durante el aprendizaje. La razón de evitar este problema es simple: la naturaleza de ese cambio está muy lejos de conocerse. En el transcurso de los años se han ofrecido varias hipótesis especulativas, pero la evidencia para cualquiera de ellas es muy limitada, e incluso hay poco consenso acerca de cuáles son las direcciones más prometedoras. Tal como están, las hipótesis varían en su grado de elaboración, desde "indicaciones" de una línea hasta sistemas más elaborados de postulados; pero en ningún caso se ha demostrado que la hipótesis

baste para explicar una gama sustancial de los hechos conocidos acerca del aprendizaje.

Este es un lamentable estado de cosas, que al parecer es consecuencia de la dificultad del problema. Indudablemente, no puede achacarse a la falta de laboriosidad o de ingenio por parte de los investigadores que trabajan en el campo. En esta sección nos referiremos brevemente a la diversidad de hechos e ideas que son pertinentes al almacenamiento de información en el sistema nervioso, y también se mencionarán algunas de las anteriores ideas dominantes acerca del cambio físico en el aprendizaje, no tanto para señalar la evidencia que las apoya sino para destacar su ausencia.

Comenzaremos con un ejemplo del reflejo condicionado de Pavlov. A continuación de la habituación, el condicionamiento clásico es casi el contexto más simple en el que se sitúan varias nociones acerca del cambio físico originado por el aprendizaje. Una campana (*EC*) se parea repetidas veces con una descarga eléctrica (*EI*) que se administra a un perro en la pata delantera, produciendo una flexión de la extremidad (*RI*) hasta que, con el entrenamiento, la campana por sí sola produce la respuesta (*RC*). Si se observa el proceso desde el ángulo anatómico, se advierte que intervienen al menos tres clases de estructuras o poblaciones celulares: 1. células que se encuentran a todo lo largo del canal de entrada excitado por el *EC;* 2. células a lo largo del canal de entrada sensorial excitado por el *EI;* y 3. células a lo largo del canal de salida motor que inicia y controla la respuesta (*RI*). A estas estructuras múltiples se les denomina sitios o centros del *EC*, del *EI* y de la *RI*. Debido a las conexiones innatas, existe ya una fuerte tendencia a que se active el centro del *EI* para producir la activación del centro de la *RI*. La mayor parte de las teorías neurofisiológicas del condicionamiento emplea una u otra versión modificada de la idea de *sustitución* del condicionamiento. En virtud de múltiples asociaciones contiguas de la actividad que se produce en el centro del *EC* y en el centro de *EI* (o de la *RI*), el primero queda conectado de alguna manera con el segundo, de modo que ahora la activación del *EC* transmite excitación efectiva al centro del *EI* (o de la *RI*). Por lo tanto, el *EC* por sí solo imita o sustituye en cierto grado la acción del *EI*. Así, se proponen varias hipótesis acerca de la naturaleza de esta conexión funcional y de los procesos de su formación.

Una clase de hipótesis se refiere al aumento selectivo de la eficiencia en las vías neurales existentes que conectan los centros *EC* y *EI* que, como puede suponerse, implican muchas sinapsis centrales unidas en cadena. Si hay una buena conducción entre los centros *EC* y *EI*, es posible que el *EC* pueda activar el centro *EI* y provocar así una *RC* anticipatoria. En este caso, se supone que existe algún cambio anatómico o bioquímico en las sinapsis que se encuentran a lo largo de estas vías fundamentales. Hay ciertas posibilidades de que las terminaciones presinápticas del axón aumenten de tamaño, incrementen su longitud o multipliquen su número para lograr un mejor contacto con la neurona postsináptica, o que la célula postsináptica altere su naturaleza bioquímica para ser selectivamente sensible a un transmisor particular, lo cual ayuda a la futura transmisión a través de la sinapsis. No hay mucha certeza en torno a cualquiera de estos mecanismos específicos en el aprendizaje. Un problema es que la estimulación normal que pasa a través de la sinapsis no cambia su eficiencia (Brink, 1951). Ésta puede mejorarse —por lo general sólo por periodos breves (unos cuantos minutos)— si la sinapsis es bombardeada por una descarga de impulsos de alta frecuencia (400 impulsos por

segundo), pero no se sabe qué importancia tenga este resultado particular para el aprendizaje normal.

Una idea alternativa propuesta por Pavlov y que ha sido investigada por los rusos, es la de la irradiación cortical de los campos eléctricos extraneuronales. Se supone que al ser activados, los sitios corticales del *EC* y el *EI* irradian excitación eléctrica que se difunde en todas direcciones con intensidad decreciente. Se cree que como la excitación del *EC* es la más débil de las dos se lleva hacia el centro de excitación del *EI* de modo no especificado. En consecuencia, se establecería una especie de vía cortical (no especificada) entre el centro del *EC* y el del *EI*. Beritoff (citado en Konorski, 1948) elabora más la hipótesis. Sin embargo, en esta concepción de los campos eléctricos intracorticales que se difunden, hay dos problemas importantes. Primero, se sabe que los animales (los perros) aprenden reflejos condicionados simples aun después de que se les ha extraído la corteza por completo. Segundo, en un experimento de Sperry y Miner (1955) se demostró que el aprendizaje no se perturbaba en esencia en animales cuyas cortezas se habían alterado mediante cortes transversales de cuchillo o con la implantación de alambres y hojas de mica que sirven como conductores y aisladores, respectivamente. Estos aditamentos deberían haber perturbado o deformado a cualquiera de los campos eléctricos generados o ya existentes en la corteza. Pero no interfirieron de ningún modo con el aprendizaje de las *RC* muy complicadas.

Como hemos visto al hablar de la consolidación, se ha propuesto que una secuencia de entradas de estímulo establece una huella (memoria) de actividad de corto plazo, que se basa en circuitos neuronales reverberantes que implican elementos excitados por las entradas *EC* y *EI*. La neurona *A* excita a la neurona *B*, la cual, por una vía más o menos directa, excita de nuevo a la *A;* por lo tanto, se presume que el circuito cerrado de la actividad de *A* a *B* y a *A* persiste tiempo después de las entradas. Esta actividad reverberante persistente supuestamente índice un cambio estructural más duradero (de naturaleza desconocida), de modo que los centros nerviosos de *A* y de *B* se excitarán al unísono. La apreciación más justa que puede hacerse acerca de esta idea es que no se ha brindado ninguna prueba convincente de la existencia de circuitos reverberantes en el cerebro intacto que intervengan claramente en el aprendizaje o que duren lo suficiente como para tener las propiedades que se les atribuyen. Como se ha dicho, Burns (1958) informó de una actividad neural muy persistente después de la estimulación de la corteza, lo cual sucedía en una parte aislada de material que no estaba sujeta a las fuerzas desintegradoras provenientes de otras áreas del cerebro. En cualquier caso, la idea de la reverberación, incluso si es verdadera, no nos dice nada acerca de la naturaleza del cambio introducido por el aprendizaje.

Preparaciones del modelo

En vez de especular acerca de los cambios neurales que se producen en el aprendizaje de la *RC*, muchos investigadores prefieren buscar preparaciones experimentales en las cuales unas cuantas neuronas modifiquen su conducta de modo semejante a la del aprendizaje. Se espera que al estudiar una forma primitiva de almacenamiento de la información o del aprendizaje a nivel de la célula nerviosa simple, podamos llegar a algunas hipótesis fructíferas acerca de los cambios físicos que tienen lugar durante ese proceso. De acuerdo con esta perspectiva, se han

hecho muchos esfuerzos para desarrollar preparaciones que muestren el aprendizaje simple en unas cuantas neuronas. A continuación examinaremos dos de esas preparaciones.

Epilepsia de foco de espejo

La primera preparación es el *fenómeno epileptiforme del foco de espejo*, donde un grupo de células cerebrales normales aprende a comportarse de un modo anormal. Se ha observado que un grupo de células cerebrales que descarga de manera anormal en la corteza de un hemisferio cerebral (el foco primario) dispara una carga semejante hacia una zona correspondiente del otro hemisferio (el foco secundario). Es probable que los principales vínculos que conectan a ambos focos pasen por el cuerpo calloso. El foco primario puede producirse al aplicar varias sustancias químicas (cloruro de etilo o hidróxido de aluminio) en el área cerebral, o por medio de una lesión o de un tumor (como sucede en la epilepsia). Inicialmente, la descarga del foco secundario depende de la descarga del foco primario. Sin embargo, después de cierto tiempo (en el mono, alrededor de 8 semanas), el foco secundario comienza a descargar de modo anormal por sí solo, independientemente del foco primario. Ahora éste puede extirparse y el foco secundario continuará con su patrón de descarga en paroxismo: ha "aprendido" a descargar de modo anormal. Además, si se aísla neuronalmente al foco secundario separándolo del tejido circundante (pero sin alterar su irrigación sanguínea) y se le deja en estado inactivo durante algunos meses, al estimular después el tejido se seguirá produciendo el patrón de descarga anormal. Parece ser que esa porción de tejido ha "retenido" este patrón de descarga después de meses de inactividad. La importancia de esta preparación es que el aprendizaje de un tipo primitivo se ha demostrado en un grupo relativamente pequeño de células corticales.

Habituación de los reflejos simples

Entre las preparaciones modelo que se proponen como ideales para estudiar los procesos del aprendizaje, debemos mencionar otras tres debido a su esencial sencillez. Una de ellas es la habituación de un reflejo de flexión en un animal. Los ejemplos usuales son la flexión de la pata trasera de un gato con la espina dorsal seccionada (véase Thompson y Spence, 1966), el movimiento de la aleta caudal del cangrejo (Wine y Krasne, 1977) o el reflejo de repliegue de las agallas del molusco *Aplysia* (Kandel y Spencer, 1968). Estos son reflejos neuronales particularmente simples, que implican una neurona sensorial de la piel, una neurona motora para el músculo registrado, y ninguna, una, o como máximo dos interneuronas (y conexiones sinápticas). Dada su sencillez, se argumenta que tales preparaciones son ideales para estudios electrofisiológicos y bioquímicos detallados de los fenómenos del aprendizaje. La habituación, sin duda una de las formas más simples de aprendizaje (es comparable al "reconocimiento de estímulo" en los seres humanos), sigue en la mayor parte de los casos estas nueve leyes empíricas (adaptadas de Thompson y Spencer, 1966, págs. 18-19):

1. La aplicación repetida de un estímulo da lugar al progresivo decremento de la respuesta usual que provoca. Esto se denomina habituación.
2. La respuesta se recupera espontáneamente en el transcurso del tiempo sin el estímulo.
3. Cuando la serie de habituación y los interalos de recuperación se repiten, la habituación avanza cada vez más rápido.

4. Por lo general, cuanto más elevada sea la tasa de estimulación, más rápida y extensa será la habituación.
5. Mientras más débil sea el estímulo, más rápido se producirá la habituación a él. Es posible que los estímulos muy intensos no se habitúen.
6. Los efectos del entrenamiento de habituación pueden proceder más allá del nivel de respuesta "cero"; es decir, los ensayos adicionales de habituación que se dan después de que la respuesta se ha detenido momentáneamente, de todos modos provocarán una recuperación más lenta de la habituación.
7. La habituación de una respuesta para un estímulo dado exhibe generalización a otros estímulos.
8. Una respuesta de habituación puede recuperarse mediante la presentación momentánea de otro estímulo "sorpresivo" o fuerte. Este fenómeno se denomina deshabituación.
9. El uso reiterado del estímulo de deshabituación (véase el inciso 8) da como resultado que *ese* estímulo pierda su efecto de deshabituación.

Estas nueve características sirven como definición operativa de la habituación. Una vez que se ha cumplido con varios de estos criterios mediante una preparación dada, podrán comenzarse a estudiar las correlaciones neurofisiológicas de la habituación en esa preparación. Por lo general, la habituación en las preparaciones polisinápticas (como la preparación espinal en los gatos) se correlaciona con una disminución en la transmisión mensurable con microelectrodos en las sinapsis interneuronales. En las preparaciones no sinápticas, como el reflejo del repliegue de las agallas de la *aplysia*, la habituación aparece en la transmisión atenuada de la terminal presináptica de la neurona sensorial estimulada. La deshabituación se produce al estimular cualquier neurona sensorial en la cual se produce sinapsis en la misma unidad motora.

En el trabajo con la *aplysia* se ha usado el ganglio abdominal aislado, un grupo de grandes células nerviosas que consta de neuronas motoras, interneuronas y células neurosecretoras. Estas células median conductas tan diversas como el desove, el entintamiento (oscurecimiento del agua circundante) y el movimiento de las agallas. Unas cuantas células nerviosas gigantes pueden ser vistas con facilidad, estimularse y registrarse. Muestran habituación a un estímulo repetitivo. También exhiben facilitación no específica ("sensibilización") en el sentido de que el reiterado disparo de una célula mediante un estímulo fuerte "sensibilizará" la célula, de modo que uno débil (previamente ineficaz) que la alcance por medio de una sinapsis diferente disparará a la célula (Kandel y Tauc, 1965*a*, 1965*b*). El periodo de excitabilidad acrecentada de la célula estimulada puede durar de 10 a 30 minutos. Este fenómeno particular no depende de un pareamiento temporal específico de estímulos débiles (*EC*) y fuertes (*EI*); el efecto es no específico. El que se obtenga o no facilitación verdaderamente *específica* y cuánta (que requiera pareamientos *EC-EI*) todavía es motivo de controversia. Kupfermann y Pinsker (1969) han presentado sistemáticamente plausibles modelos para el aprendizaje en el nivel sináptico aislado, con consideración especial de las pruebas obtenidas en los invertebrados.

El problema con el estudio de los sustratos fisiológicos del aprendizaje o de otros fenómenos conductuales con preparaciones tan simples es que la generalización de los resultados a organismos superiores y más complejos puede ser difícil. Para legitimar la generalización deben salvarse tres obstáculos. Primero, las pro-

piedades conductuales del aprendizaje en el sistema modelo deben corresponder a las que se encuentran en vertebrados más complejos e intactos. Segundo, los mecanismos neurales que sustentan el aprendizaje en el sistema modelo han de ser lo bastante simples como para permitir un minucioso análisis. Tercero, los mecanismos neurales que sirven al aprendizaje en el sistema modelo también deben demostrarse para el aprendizaje en el organismo superior intacto. En su reseña de tal trabajo, Thompson y sus asociados (1971, pág. 86) comentan: "El problema fundamental de la inferencia es la mayor debilidad del enfoque del sistema modelo; no hay garantía de que los modelos produzcan nada más que juegos interesantes muy irrelevantes para una comprensión del aprendizaje en los vertebrados superiores". De modo similar, Kupfermann y Pinsker (1969, pág. 382) señalan: "No puede pasarse por alto la importancia de la enorme laguna existente entre el conocimiento de las propiedades plásticas (de aprendizaje) de las neuronas estudiadas en preparaciones simples y el conocimiento de la base fisiológica del reforzamiento y el aprendizaje en los animales intactos". Sin embargo, esta es un área en la cual cabe esperar estudios neurofisiológicos intensivos, con base en el argumento de que tenemos pocas oportunidades de comprender sistemas complejos, a no ser que primero podamos analizar y entender totalmente el caso más simple.

La neuroquímica del aprendizaje y de la experiencia

Una atrayente hipótesis general para examinar es que los individuos tienen diversas capacidades de aprendizaje debido a diferencias en la bioquímica de sus cerebros. Esta no es una suposición inadmisible ya que la transmisión de las señales neurales es en gran parte una cuestión de química. Tal vez los individuos brillantes y los tontos difieran en la cantidad o en la forma de distribución en el cerebro de sustancias químicas esenciales particulares, o quizás en la distribución de sustancias químicas antagónicas que deben mantenerse en delicado equilibrio para el apropiado funcionamiento de la mente.

Si intentamos descubrir cómo se relaciona la química cerebral con la conducta, las primeras preguntas se referirán a qué sustancias químicas buscar y en qué lugar del cerebro. Un enfoque consiste en medir la cantidad total de alguna sustancia química en áreas generales del cerebro; por ejemplo, en toda la corteza de una rata. Una opción podría ser medir su cantidad y cómo cambia en unas cuantas células neurales localizadas en estructuras cerebrales específicas, contempladas en la conducta que estudiamos. Otra línea de investigación emplea a la química cerebral alternativamente como variable independiente y dependiente. En el primer caso, el objetivo es establecer cómo varía la conducta en alguna tarea estándar en individuos que tienen distintas distribuciones de sustancias químicas cerebrales (por ejemplo, debido a la edad o a diferencias genéticas). En el segundo caso, se manejan las experiencias de crianza y de aprendizaje de los animales de un grupo genético común, y se determina si su química cerebral cambia o no como resultado de la experiencia. Otro enfoque consiste en manipular los procesos neuroquímicos en las sinapsis mediante la inyección de drogas de acción central, y luego verificar si se presentan los efectos conductuales esperados. En la mayor parte de los casos, el mismo investigador utiliza varias perspectivas distintas. En las siguientes secciones examinaremos una línea de trabajo representativa del enfoque general rela-

tivo de la química cerebral, y otras dos que son características del punto de vista sináptico.

Ambientes enriquecidos y transmisores cerebrales

Como hemos visto, uno de los transmisores en la sinapsis cortical es la acetilcolina (*AC*). Después de que un impulso axonal libera acetilcolina en la brecha sináptica (posiblemente iniciando un impulso postsináptico), la colinesterasa (*CE*) entra en juego para metabolizar la *AC* y restaurar el funcionamiento de la sinapsis.

Un grupo de científicos de la Universidad de California, los psicólogos Krech y Rosenzweig y el bioquímico Bennett, dirigieron un programa de investigación acerca de las concentraciones *CE* en los cerebros de las ratas. Se utiliza la *CE* porque sus mediciones son relativamente fáciles de obtener, mientras que las evaluaciones confiables de la *AC* resultan difíciles. Durante un largo periodo de investigaciones, estos científicos cambiaron gradualmente su interés (en función de los datos obtenidos) acerca de qué mediciones de la química cerebral deberían usar para encontrar correlaciones confiables con la conducta. La medida que en un principio parecía más discriminativa era la proporción de la actividad *CE* cortical total con la actividad *EC* subcortical total, denominada razón *C/S* (por cortical/subcortical). Los valores bajos de esta razón *C/S* se asocian con el aprendizaje rápido de problemas de laberinto. En un estudio (Krech *et al.*, 1960), las ratas criadas en un ambiente sensorial "enriquecido", lleno de juguetes y de otras ratas, tuvieron razones *C/S* de aldulto, inferiores a las de aquellas que crecieron en condiciones de relativo "aislamiento", en jaulas pequeñas y cerradas, desprovistas de otros objetos y sin las demás ratas. En posteriores pruebas de aprendizaje de laberinto (Krech *et al*, 1962) los sujetos "enriquecidos" también aprendieron con mayor rapidez. En cada condición de crianza, las diferencias individuales en la razón *C/S* se correlacionaban con los errores cometidos en el problema de aprendizaje de laberinto. La correlación resultó de 0.81 en los animales criados en el ambiente enriquecido, y de 0.53 en los que crecieron en aislamiento. Esto demuestra que existe una muy fuerte correlación entre la química cerebral y la velocidad del aprendizaje.

En otros estudios se examinaron ratas de distintas descendencias genéticas en busca de diferencias en la razón *C/S*. En el laberinto se ha realizado una serie de estudios con las descendencias genéticas de ratas listas y tontas, que criara Tryon. El examen de los cerebros de estas ratas demostró que en el laberinto la razón *C/S* era más baja en los sujetos listos que en los tontos. Esto concuerda con los resultados anteriores; es decir, que las razones bajas de *C/S* tienden a producir un aprendizaje más rápido. En un experimento genético de Roderick (1960) se criaron ratas selectivamente, unas para que tuvieran niveles elevados de *CE* cortical y otras para que los tuvieran bajos. Después de varias generaciones en las cuales se cruzaron altos con altos y bajos con bajos, en las dos poblaciones hubo poca superposición en las distribuciones de los niveles de *CE* cortical. Se demostró así que la química cerebral es controlable por medio de la selección genética a partir de un tronco genético común.

Aunque estos estudios por lo general han tenido éxito en lo que toca al descubrimiento de diferencias individuales y de raza en la química del cerebro, las cuales se correlacionan con el aprendizaje, la investigación se topó con un problema interpretativo. Aunque la razón *C/S* se correlacionaba empíricamente, nadie en-

contró una explicación convincente para esto. Sin embargo, estudios posteriores han proporcionado una. ¡El primer hallazgo fue que la corteza cerebral de las ratas de crianza enriquecida (*CEN*) es *más grande* que la que poseen las de crianza aislada (*CA*)! Bennett y sus asociados (1964) descubrieron que la corteza de las ratas *CEN* es más gruesa y pesada. Como el incremento en la actividad de la colinesterasa de la corteza es relativamente menor que su aumento de tamaño, la actividad de la *CE* por unidad de peso disminuye en la corteza de las ratas *CEN*. La actividad de la *CE* en la subcorteza sigue siendo casi la misma, mientras que el peso de la subcorteza es ligeramente inferior en las ratas *CEN*, lo que contribuye a que haya mayor actividad de la *CE* de la subcorteza por unidad de peso. Esto explica por qué la razón *C/S* de actividad de la *CE* en la corteza es inferior en las ratas *CEN*. El segundo descubrimiento, de Globus, Rosenzweig, Bennett y Diamond (1973), es que las neuronas corticales de las ratas *CEN* tenían más fibras dendríticas, lo cual implicaba mayor sinapsis en cada célula.

El hallazgo de un cambio en el tamaño de la corteza y de más crecimientos dendríticos de las neuronas corticales constituyó una gran sorpresa para los científicos dedicados a la investigación del cerebro. Antes de esto, pocos expertos habrían creído que los efectos de un ambiente sensorialmente enriquecido podrían inducir un cambio tan "obvio" en el cerebro. En la actualidad los efectos se han repetido varias veces, y siempre están presentes en la comparación *CEN-CA*. La magnitud del cambio varía en diferentes áreas de la corteza, y es mayor (alrededor del 10% por peso) en la corteza visual. Pero se recordará que la complejidad de la entrada visual es uno de los principales factores que diferencia a las dos condiciones de crianza. En busca de un "periodo crítico" de la experiencia inicial (Rosenzweig *et al.*, 1964), dos grupos de animales se criaron en el mismo ambiente, el lugar usual de la colonia, hasta una edad de 105 días; luego se les separó: unos vivirían en un ambiente enriquecido y otros en el medio empobrecido. Después de 85 días se encontró que los dos grupos de ratas diferían sensiblemente en su peso cortical y en la actividad *CE*, de la misma forma que cuando la crianza diferencial se instauró a partir del nacimiento, lo cual significa que los cerebros de las ratas que habían tenido una vida empobrecida podían crecer si durante su adolescencia se las ubicaba en un medio enriquecido. Esto demuestra que no hay ningún "periodo crítico" antes de que el animal deba ser expuesto al ambiente enriquecido a fin de producir un aumento en el tamaño de su corteza.

Las investigaciones en cuestión originaron un cierto número de trabajos de seguimiento que investigan las diferencias individuales y de raza en el tamaño de la corteza y en la habilidad de aprendizaje visual. Todavía necesitamos explicar de qué forma un medio estimulante conduce a un aumento selectivo en el tamaño de la corteza, crecimiento dendrítico, por qué los individuos que tienen una corteza ligeramente más grande o más arborescente aprenden problemas de laberinto con mayor rapidez que sus parientes que poseen una corteza más delgada. Aparentemente, el tejido nervioso se comporta del mismo modo que los músculos, que aumentan de tamaño con el ejercicio. Hasta hace muy poco una opinión como esta se habría considerado una trivialidad increíble en cualquier estudio neurológico serio.

Neuroquímica celular

Hay una línea de investigación contemporánea muy activa que parte de la hipótesis de que la base física de la memoria reside en un cambio relativamente dura-

dero de los constituyentes bioquímicos de una neurona que controla su respuesta de forma selectiva. Esto señalaría que se podría construir un engrama mediante ciertos cambios bioquímicos que tienen lugar en muchas de las células de un circuito neuronal activadas por la experiencia del aprendizaje.

Por varias razones, durante una época se pensó que el ácido ribonucleico (*ARN*) era el candidato lógico para representar este papel de molécula de la memoria. Abunda en las células nerviosas, en el interior de su estructura posee un almacén potencialmente grande para guardar información codificada (tema que explicaremos a continuación), y determina y controla la forma específica de las proteínas que se sintetizan dentro de una célula. El *ARN* es el primo hermano del *ADN* (ácido desoxirribonucleico) que, según se ha establecido recientemente, es el material hereditario que contiene los genes de los cromosomas de cada célula. Dentro de su compleja estructura el *ADN* posee la suficiente información codificada para especificar el carácter fenotípico del organismo (es decir, su apariencia), y ejerce influencia al controlar las reacciones bioquímicas de formas complicadas.

El *ARN* es una molécula muy grande, de hilera simple (un polímero), que se compone de la secuencia recurrente de un fosfato y un par de azúcares conectada con cualquiera de las cuatro "bases" siguientes: adenina, guanina, uracil y citosina. Una de las cuatro bases seguida de un fosfato y un azúcar constituye los cuatro tipos de eslabones usados para componer una extensa cadena en forma de rosario. La molécula de *ARN* es muy larga (probablemente de varios miles de unidades), de modo que el número de posibles combinaciones de las cuatro bases que integran la secuencia es muy amplio. Para ilustrar este aspecto, supóngase que cada molécula tuviera 2 000 eslabones de largo, y en cada posición se presentara alguna de las cuatro bases. Entonces el número de diferentes variedades de la molécula podría ser de $4^{2\,000}$, que es una cantidad en verdad elevada. Esto es importante porque muestra la cantidad de información que podría codificarse potencialmente en una molécula de *ARN*. Esta capacidad se aprecia mejor si se recuerda que el código Morse traduce una letra del alfabeto en una hilera simple de cuatro o cinco unidades binarias (un punto o un guión). En comparación con dicho código, una hilera de *ARN* compuesta de 2 000 unidades con cuatro opciones en cada unidad podría codificar y almacenar un mensaje cuya extensión abarcara alrededor de 1 000 letras o de 200 palabras. Si la información se codifica o no en el *ARN*, cómo se lleva a cabo y cuál es el código, son preguntas que aún no se han contestado. Sin embargo, lo importante es que el *ARN*, tiene el potencial para desempeñar el papel de un almacén de información biológica.

Si esto fuera todo lo que pudiera decirse acerca del *ARN*, hubiera permanecido sólo como un tema de especulación ociosa. Pero existe una verdadera erupción de pruebas conductuales que parecen implicar al *ARN* como una posible molécula de la memoria. Por un lado, su concentración en las células cerebrales humanas se incrementa con la edad y luego disminuye, de la misma forma que la capacidad de aprendizaje. Se ha informado que la memoria inmediata de las personas de edad mejora si se agregan complementos de *ARN* a su dieta; sin embargo, este resultado no se ha obtenido en repeticiones recientes. Es más pertinente el hecho de que la concentración de *ARN* en las células neurales se incrementa cuando se les estimula reiteradamente.

Cuando la estimulación de una célula, es importante para el aprendizaje de una habilidad, no sólo aumenta el *ARN* de esa célula sino que cambia su carácter, lo

cual se indica por las cantidades de las cuatro bases (la "proporción de bases") que se encuentran en el análisis del *ARN* que se efectúa después del aprendizaje. En un estudio de Hydén y Egyhâzi (1962) se enseñó a las ratas a equilibrarse y subir por una cuerda tensa e inclinada a fin de obtener una recompensa alimenticia. Después del aprendizaje se examinó el *ARN* del núcleo vestibular. Éste es un haz de fibras que retransmite al cerebro las señales provenientes de los canales semicirculares, órganos receptores implicados en el mantenimiento del equilibrio de la postura. La cantidad de *ARN* del núcleo de las células de esta región aumentó gracias a la experiencia del aprendizaje, y la especie dominante de *ARN* fue de un tipo distinto (con una proporción diferente de bases) del de las ratas de control que sufrieron la estimulación de sus canales semicirculares, aunque éstas no habían recibido entrenamiento especial para caminar y equilibrarse en la cuerda tensa. Por el contrario, a estos animales de control sólo se les hizo girar en una jaula oscilatoria pequeña, cuyo movimiento estimula los canales semicirculares. Un problema interpretativo con este estudio es que nadie podía conjeturar la significación adaptativa del cambio en tal estación de relevo sensorial de bajo nivel.

En un trabajo posterior (Hydén y Egyhâzi, 1964) se entrenó a ratas "diestras" a fin de que usaran sus patas izquierdas para recoger trozos de alimento del comedero. Las células neurales que se tomaron de ciertos estratos de la corteza cerebral opuesta (derecha) mostraron aumentos en la concentración de *ARN*, y se produjeron cambios en la proporción de bases de la especie de *ARN* dominante. Estas células especiales se extrajeron de las regiones corticales involucradas en el uso de la mano izquierda, lo cual se infiere del informe de que la destrucción de esta región puede incapacitar a la rata para aprender la habilidad de coger cosas con la pata izquierda.

En la interpretación de estos resultados surgen algunas dificultades. En primer lugar figura la adecuación de los controles. Como la estimulación o el ejercicio *per se* aumenta la cantidad de *ARN* en las neuronas implicadas, y el patrón del ejercicio puede alternar el tipo de *ARN*, el problema consiste en diseñar el experimento de modo que los sujetos que aprenden y los sujetos de control —que no aprenden— reciban casi el mismo patrón de estimulación de entrada. En este sentido, los controles usuales no son los apropiados. Segundo, los cambios que produce el aprendizaje en la especie dominante de *ARN* se limitan a lo que se encuentra en el núcleo de la célula, no en su citoplasma. Tercero, los cambios del *ARN* nuclear aparecen inmediatamente después de que el animal ha estado actuando en la situación de aprendizaje, pero dejan de ser detectables si después de la sesión de aprendizaje se espera 24 horas para sacrificar al animal y determinar su *ARN* (véase Hydén, 1965); es decir, después de ese lapso las diferencias de *ARN* entre los sujetos que aprenden y los sujetos de control se tornan imperceptibles. Según el criterio del investigador, estos hechos pueden interpretarse como refutación o como apoyo de la hipótesis de la memoria *ARN*.

Estudios de la transferencia de la memoria

Las líneas de evidencia ofrecidas para la hipótesis de la memoria *ARN* han sido de dos tipos: supuesta transferencia biológica de extractos cerebrales que contienen *ARN* y memoria de un individuo a otro, y los efectos conductuales de las drogas que inhiben la acción del *ARN* en las proteínas celulares sintetizantes. En los estudios de transferencia iniciados por McConnell (1962) y sus asociados, se

entrena a un sujeto hasta que ha aprendido un hábito. Entonces su cerebro es homogeneizado y el "compuesto" bioquímico se inyecta en un sujeto sencillo; de allí en adelante se le somete a pruebas para verificar si también puede ejecutar el hábito en mayor medida que los sujetos de control que recibieron sopas cerebrales de donantes no entrenados. (La sopa es una mezcla de proteínas, transmisores neurales, *ARN*, y tal vez mucho más.) Se ha informado de un efecto de transferencia en planarias, peces dorados, ratas y ratones (véanse Gaito, 1966, y Fjerdingstad, 1971, para reseñas). La llamativa naturaleza de tales efectos de transferencia provocó innumerables investigaciones y un caudal de resultados conflictivos. El que se encontrara o no esa transferencia parecía variar según la especie utilizada, los detalles exactos del procedimiento, los métodos empleados para la extracción del *ARN* y otras proteínas del cerebro de los donantes entrenados, y el lugar de la inyección en el receptor. Por ejemplo, en las ratas es evidente que una pequeña cantidad en una inyección intraperitoneal de *ARN* llega al cerebro del receptor, y tales efectos parecen depender de "inpurezas" en vez de la *ARN* en el compuesto. Los efectos de transferencia a menudo son pequeños, transitorios, y dependen de condiciones sumamente específicas (véase la reseña de estudios conflictivos realizada por Chapouthier, 1973). En la actualidad, la mayoría de los neuropsicólogos desconfían de los resultados de la transferencia.

Ungar y sus colaboradores (1968) informaron de la purificación de un polipéptido de extractos cerebrales de ratas entrenadas que transferiría cierto tipo de memoria a una rata ingenua. El primer animal recibía descargas eléctricas en el lado oscuro de una caja de dos compartimientos y, por lo tanto, aprendía a permanecer en el lado iluminado (al que antes no prefería). Ungar informó que las ratas ingenuas que recibían el extracto cerebral de los animales entrenados evitaban el lado oscuro de la cámara de prueba con más frecuencia que las que recibían extractos cerebrales de sujetos de control que no habían sufrido descargas. A este fenómeno lo denominaron *escotofobina* polipéptida purificada, lo cual significa "temor a la oscuridad".

Un problema interpretativo es que la transferencia tal vez no sea específica para el *aprendizaje* causado por pares de luz-descarga; más bien, los sujetos que reciben descarga podrían liberar alguna hormona de estrés que, al inyectarse a otros, hacía que prefieran los ambientes más claros. Para que se le categorice como aprendizaje, debemos demostrar que el resultado depende fundamentalmente del pareamiento de la oscuridad con la descarga. Se necesitaban sujetos de control que recibieran descargas no contingentes en las patas no pareadas con la luz o la oscuridad. La naturaleza crítica de tales controles para la transferencia no específica se demostró en un experimento de Frank y sus asociados (1970). Algunos de sus ratones estaban entrenados en una tarea de evitación de descarga; otros se sometían a tensión al hacerlos rodar dentro de una jarra y otros más no se les hacía nada. Después, todos eran sacrificados, y se les sacaba extractos bioquímicos del cerebro y del hígado, que se inyectaban a ratones nuevos que aprendían la misma tarea de evitación de descarga. Los resultados demostraron una ejecución superior en la tarea de evitación de descarga en los ratones que recibían el extracto, ya fuera en los entrenados o en los sometidos a estrés, aunque estos últimos donantes no podrían haber aprendido nada acerca de la tarea de evitación. ¡Además, la transferencia o facilitación de la ejecución era tan grande cuando a los nuevos aprendices se les aplicaba una inyección de extracto de hígado, que sí

recibían extractos cerebrales! Sin embargo, nadie se atrevería a afirmar que los recuerdos se almacenan en el hígado ni que son adquiridos por él. Este experimento de control sugiere que por sí solo el estrés libera una hormona o agente neurohumoral en el cuerpo de un donante, que por un tiempo puede tener un efecto generalizado no específico en la conducta de un receptor. (Un ejemplo es la transferencia de drogas adictivas por medio de la sangre de la placenta entre la madre y el feto: éste es adicto durante un tiempo después del nacimiento.)

Las conclusiones acerca de este tema han estado enmarañadas en la polémica, en resultados conflictivos y en la argumentación más controvertida. Desgraciadamente, a causa de las políticas de las publicaciones científicas, en los informes, sólo aparecen los resultados "positivos", de modo que los estudios que se difunden probablemente sean una muestra prejuiciada de todos los intentos de provocar un efecto.

Drogas que inhiben la síntesis del ARN

En un esfuerzo por afectar el aprendizaje y la memoria mediante el manejo de la disponibilidad del *ARN* en sinapsis críticas, algunos experimentadores han empleado drogas antibióticas (puromicina, ciclohexamidas, actinomicina) que inhiben la síntesis de las proteínas. La hipótesis es que la consolidación y el mantenimiento de una memoria requiere de una síntesis constante de las proteínas (es decir, elaboración continua de proteínas neuronales de un tipo especial seleccionado durante el condicionamiento), y que la perturbación o inhibición de esa síntesis produciría alguna pérdida de las memorias recientes. Por ejemplo, los ratones que reciben inyecciones de puromicina en el cerebro antes del entrenamiento, aprenderán un hábito de laberinto con tanta rapidez como los animales de control, pero parecen olvidarlo con más facilidad (véase Barondes y Cohen, 1966). En una prueba de retención de 3 horas (reaprendizaje), los ahorros fueron de 91% para los controles en comparación a sólo 7% de los ratones inyectados con puromicina. Sin embargo, los investigadores descubrieron que virtualmente no había efecto sobre la retención de las inyecciones de ciclohexamida, droga similar a la puromicina en la inhibición de la síntesis de las proteínas. Cohen, Ervin y Barondes (1966) sugieren que la puromicina puede ser efectiva sobre los recuerdos, mientras que la ciclohexamida no lo es porque sólo la primera droga induce una actividad eléctrica anormal en la región hipocampal. El otro inhibidor de la síntesis *ARN*, la actinomicina, ha tenido efectos inconsistentes en el aprendizaje, dependiendo de la tarea y de la especie.

Los estudios que han usado puromicina y ciclohexamida están plagados de inconsistencias y de resultados que no pueden interpretarse. En relación con tales investigaciones se reconocen dos problemas principales. Primero, no hay ningún inhibidor que deje fuera de combate selectivamente al *ARN*; más bien cada droga tiene una amplia extensión de efectos (por ejemplo, *EEG* anormales), y la ejecución puede verse alterada debido a estos efectos secundarios. Segundo, los inhibidores del *ARN* no cierran por completo todas las síntesis de las proteínas (de otra forma, el animal moriría); así, el hecho de que no exista amnesia después de la recepción de un inhibidor *ARN* podría significar que lo que se deja es adecuado para realizar el trabajo. En virtud de la inconsistencia de los resultados, muchos teóricos se manifiestan escépticos en lo que toca a la hipótesis básica. Al revisar estos trabajos, Carlson afirma:

> Es imposible aventurar una conclusión acerca de estos estudios. Muchos investigadores creen que la síntesis de las proteínas es necesaria para la consolidación de la memoria, pero no debido a la evidencia experimental... Más bien esta creencia se apoya en nuestro conocimiento del papel que las proteínas desempeñan en la bioquímica del cambio estructural. Es muy posible que nunca encontremos una droga que, mediante la supresión general, impida de modo efectivo la consolidación de la síntesis de las proteínas. Tal vez tengamos que averiguar qué proteínas intervienen en la consolidación, y cómo funcionan, antes de que estemos en condiciones de probar que su inhibición selectiva puede impedir que las memorias de corto plazo se conviertan en memorias de largo plazo. Probablemente debamos aguardar mucho (1977, págs. 603-604).

Carlson (1977) también revisa las investigaciones acerca del acrecentamiento de la memoria o de la habilidad de aprendizaje al proporcionar drogas (como pemolina de magnesio) que facilitan la síntesis *ARN*. Desafortunadamente, esa investigación tampoco ha arrojado resultados consistentes y positivos, de manera que el citado autor escribe:

> Puede llegarse a la conclusión de que no hay evidencia sólida acerca de las mejorías en el aprendizaje producidas por la facilitación de los procesos biosintéticos que intervienen en el cambio físico (pág. 604).

La credibilidad de la hipótesis de la memoria *ARN* se reduce aún más por la ausencia de una teoría plausible y articulada que explique con exactitud cómo se relacionan —o podrían relacionarse— el *ARN* y la memoria. Por ejemplo, ¿por qué medios y a partir de qué pasos altera la experiencia al *ARN* en una neurona? ¿Cómo los impulsos eléctricos de un patrón temporal y frecuencia particulares constituyen la única información que llega a una neurona? ¿De qué manera se traduce esta información a un código bioquímico dentro del *ARN*? ¿Cómo se recupera esta información? ¿De qué forma la especie *ARN* dominante en el núcleo de una neurona controla selectivamente las propiedades de transmisión de la membrana celular? Éstas son preguntas difíciles; pero la dificultad que implica responderlas adecuadamente, así como los resultados empíricos conflictivos, han reducido el carácter plausible de la hipótesis de la memoria *ARN*.

Eficiencia de las sinapsis colinérgicas

Ya sea que los cambios *ARN* contengan o no al sustrato bioquímico del aprendizaje, la hipótesis general más aceptable es que el aprendizaje implica una mayor eficiencia de las sinapsis que intervienen para mediar la respuesta aprendida con éxito. Una serie de experimentos de Deutsch y sus asociados (reseñados en Deutsch y Deutsch, 1973) ha comprobado una forma especial de esta hipótesis. Específicamente, se propone que las experiencias del aprendizaje inician procesos que causan sinapsis *colinérgicas* en las vías neuronales reforzadas (de la cadena *E-R*) del cerebro, para producir concentraciones más efectivas de acetilcolina durante la transmisión. El aprendizaje se identifica así con el crecimiento gradual en la eficiencia de la transmisión, mientras que el olvido es el proceso opuesto. Deutsch ha investigado esta hipótesis al notar la influencia que las drogas ejercen sobre la memoria y que, como se sabe, afecta la transmisión en las sinapsis colinérgicas.

Los detalles de los mecanismos sinápticos se explican mediante el diagrama de la figura 14.2, que idealiza una sinapsis simple. Un impulso eléctrico que viaja por el axón presináptico hace que se liberen paquetes de acetilcolina (*AC*) de pequeñas vesículas de la terminal presináptica. Éstas se mueven a través de la hendidura sináptica para ajustarse hábilmente en una población de sitios receptores hechos a la medida en la terminal postsináptica, cada uno de los cuales genera pequeños cambios en el potencial eléctrico a través de la membrana postsináptica. Si se absorbe bastante transmisor se integra un cambio potencial apreciable, de modo que se generará un impulso a lo largo de la neurona postsináptica. La colinesterasa neutraliza o "absorbe" a la *AC* poco después de su liberación. Puede pensarse que las móleculas de colinesterasa están constantemente disponibles en alguna concentración en la solución que rodea la sinapsis. Si se produce *AC* en exceso o si la colinesterasa *no* la destruye, la célula *RI* será "encerrada" (hiperpolarizada) e incapaz de disparar otra vez hasta que se haya limpiado el exceso de *AC*.

¿Por qué medios podemos acrecentar la habilidad de la terminal presináptica (denominémosla *EC*) para disparar la célula postsináptica (llamémosla *RI*)? Una forma consistiría en hacer que la terminal *EC* liberara *más AC* cuando se le estimula, de modo que una célula *EC* que antes era inefectiva ahora se hace completamente eficaz para disparar a la célula *RI* por sí sola. Una segunda manera sería incrementar la sensibilidad o capacidad de respuesta de la membrana postsináptica para una cantidad fijada de transmisor liberado en la terminal presináptica. Esto se conseguiría al incrementar el número de sitios receptores efectivos que producen *AC*, o al disminuir el umbral potencial requerido para disparar la neurona *RI*.

Con este marco de referencia, considérese la acción de dos tipos de drogas sobre la transmisión sináptica. Primero están las drogas anticolinesterasa (como la fisostigmina y la *DFP*), que reducen la colinesterasa en las sinapsis. Esto tiene el efecto secundario de incrementar la cantidad de *AC* (liberada por la terminal *EC*), que es absorbida por la terminal *RI*. El efecto de este aumento en la *AC* efectiva sobre la transmisión sináptica no es el de un simple acrecentamiento. Si los niveles *AC* son bajos, las drogas anticolinesterasa incrementarán la eficiencia del disparo de la célula *RI* para una entrada *EC* dada. Pero si los niveles de *AC* para la estimulación *EC* ya son muy altos, la adición del incremento de anticolinesterasa puede causar hiperpolarización ("cierre") con la consecuente *disminución* de la transmisión sináptica neta.

Ahora considérense las drogas *anticolinérgicas* como la escopolamina y la atropina; estas moléculas son absorbidas por los sitios receptores en la terminal postsináptica, lo cual excluye de ellos a la *AC*, pero la absorción de las drogas anticolinérgicas no hace que se generen impulsos eléctricos en la neurona *RI*. Éstas se denominan drogas de *bloqueo* porque bloquean o reducen la acción normal de la *AC*. Su efecto sobre la sinapsis consiste en reducir su eficiencia de disparo para una cantidad dada de *AC* liberada por la terminal *EC*.

Deutsch ha empleado drogas anticolinesterasa y de bloqueo para rastrear hipotéticos cambios en el transcurso del tiempo (después del aprendizaje) en la eficiencia de la transmisión a lo largo de una sinapsis contenida en el circuito neuronal aprendido y exitoso. Las predicciones, así como los datos empíricos, pueden organizarse de acuerdo con el diagrama hipotético de la figura 14.8, que muestra el nivel efectivo de acetilcolina (*AC*) que se cree es liberado por una estimulación *EC*, al comprobarse en diversos momentos después del aprendizaje ini-

cial. Para asimilar las diferentes partes de esta figura, considérense primero las curvas normales (no drogas). Después de una sesión de experiencias de aprendizaje, se supone que el nivel de *AC* se acumula como una *MCP*, y se disipa durante el primer día, más o menos. Seguidamente, hay una consolidación creciente de un cambio de "largo plazo" en el *AC* efectivo en las sinapsis de aprendizaje. En opinión de Deutsch, esta consolidación es autónoma y continúa durante unas cuantas semanas. Después, y sin que se le use, el sustrato *AC* del hábito comienza a disminuir y conduce al "olvido", debido a la falta de uso del hábito. La relación entre el nivel *AC* efectivo y la eficiencia sináptica es compleja, como ya hicimos notar. Por debajo de un umbral inferior, no ha habido suficiente cambio en la eficiencia sináptica como para disparar eficazmente las sinapsis que intervienen a lo largo de todo el circuito que media la ejecución exitosa del acto aprendido; por encima de un umbral superior (designado como el "nivel de bloque" en la figura 14.8), hay más *AC* de la que la colinesterasa puede neutralizar, lo cual produce hiperpolarización y "cierre" de la sinapsis. El efecto conductual en este segundo caso supuestamente es un debilitamiento de la respuesta o una incapacidad para ejecutar el hábito aprendido. Así, la ejecución óptima debería producirse cuando el *AC* efectivo está en la extensión media. El efecto de una droga anticolinesterasa (*DFP* o fisostigmina) consiste en elevar la curva entera para la "*AC* efectiva" en la figura 14.8, mientras que un agente colinérgico de bloqueo (escopolamina) disminuye la curva total. Estas curvas punteadas han de interpretarse como la cantidad efectiva de *AC* liberada por el *EC* después de la inyección de la droga indicada en diversos momentos luego del aprendizaje inicial. La magnitud de alejamiento de lo normal en los dos casos depende por supuesto, de la dosis de droga inyectada.

Este cuerpo de premisas interrelacionadas es muy complejo; sin embargo, los datos parecen apoyar a varias de ellas. Un primer conjunto de hechos se refiere a

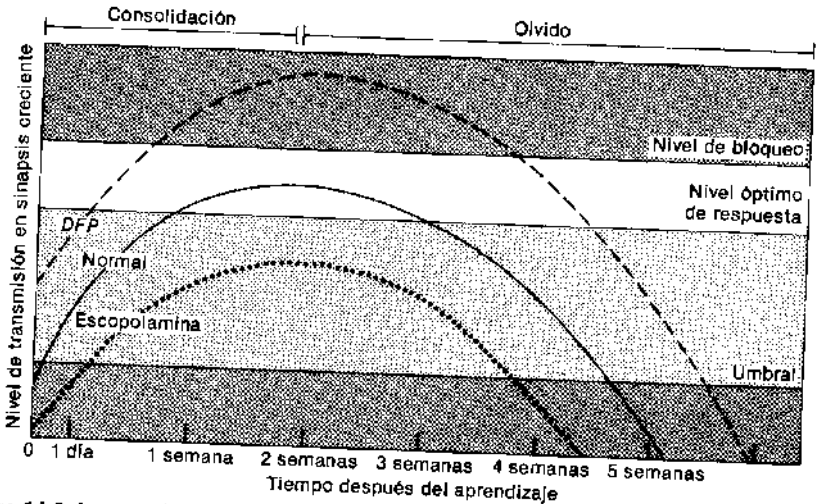


Figura 14.8. Los cambios conjeturados en las sinapsis de la "memoria", con el tiempo después del entrenamiento y con la intervención farmacológica (adaptada de Deutsch, 1971).

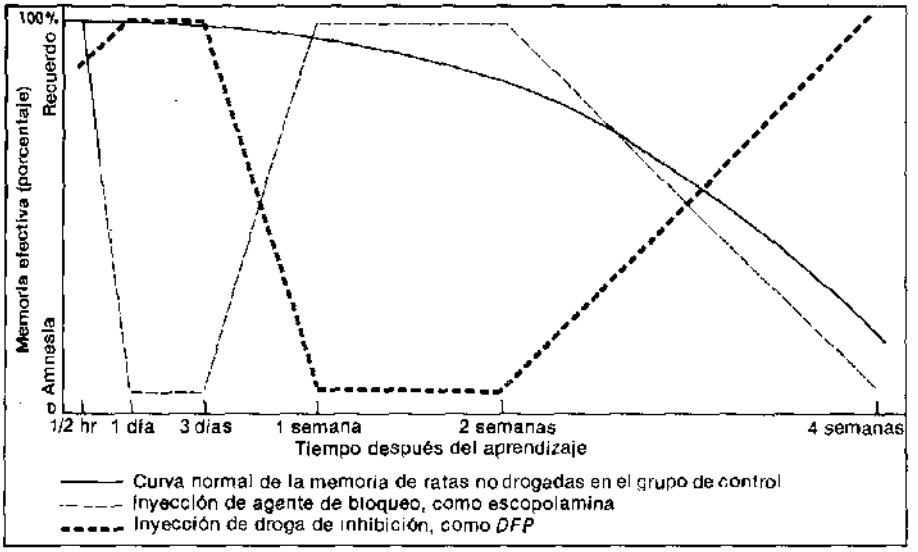


Figura 14.9. Efecto de algunas drogas sobre la memoria. Los resultados de los experimentos con ratas en laberintos *Y* muestran la forma en que dos tipos de drogas, agentes de bloqueo (escopolamina) e inhibidores (*DFP*), pueden producir amnesia o recuerdo, dependiendo del tiempo de inyección después del aprendizaje (tomada de Deutsch, 1968).

las inyecciones de *DFP* en contraposición a la escopolamina, en diversos momentos posteriores al aprendizaje. En el experimento usual, se entrena a una rata en una sesión con ensayos masivos en un laberinto *Y* para escapar de la descarga eléctrica, al doblar en el brazo iluminado y evitar el brazo oscuro del laberinto. Por lo común, el entrenamiento se lleva a un criterio de diez elecciones consecutivas correctas. Después de un intervalo de descanso de media hora, un día, 3 días, una semana, 2 o 4 semanas, se administró *DFP* o escopolamina, a un cierto número de ratas y las de control recibieron una inyección con solución neutral. En cada intervalo de retención se someten a prueba grupos diferentes de animales y se les da una de las tres inyecciones. Después se le somete a prueba para su retención en el laberinto *Y*, y vuelve a aprender el hábito originalmente entrenado. En la figura 14.9 se describe la retención efectiva observada en las tres clases de animales. Las puntuaciones de retención confirman detalladamente la teoría. Primero, los animales de control que han aprendido un hábito fuerte muestran inicialmente un gradual olvido en el curso del tiempo anterior a la prueba. Los que reciben una anticolinesterasa como la *DFP*, que eleva la cantidad de *AC* efectiva disponible, muestran buena memoria si se les inyecta y comprueba en uno y en 3 días, mala retención en una o 2 semanas, y buena si se les inyecta y se les somete a prueba después de una demora de 4 semanas. Los animales que reciben el agente de bloqueo colinérgico (escopolamina), muestran casi lo contrario de los efectos *DFP:* la memoria se perturba cuando la inyección de escopolamina y la prueba tienen lugar después de uno o 3 días, es casi perfecta cuando la inyección y la prueba ocurren

después de una o 2 semanas, pero de nuevo se perturba cuando ambas se aplican 4 semanas después del aprendizaje original. Estos efectos son los que pronostican las hipotéticas curvas de transmisión sináptica que aparecen en la figura 14.8. Por ejemplo, la *DFP* produce una ejecución pobre en el intervalo de 2 semanas porque eleva la cantidad de *AC* efectiva en la sinapsis por encima del nivel de bloqueo, lo cual produce hiperpolarización y mala transmisión.

A fin de verificar la hipótesis de la consolidación del mejoramiento espontáneo de la memoria en el transcurso del tiempo y mediante drogas, se subentrenó a los animales sólo con un pequeño número de ensayos reforzados (escapes de choques) en el hábito original. Después de un determinado periodo, que variaba de un día a varias semanas, estas ratas subentrenadas volvieron a colocarse en el laberinto para que aprendieran nuevamente el hábito original. Como era de esperar, los animales sometidos a prueba a los 7 o 10 días mostraron mejor memoria que aquellos examinados después de uno o 3 días, o luego de varias semanas (véase Huppert y Deutsch, 1969). En experimentos posteriores de Huppert se encontró un efecto similar de "reminiscencia" en los hábitos motivados por el apetito y reforzados con recompensas alimenticias.

Se obtuvo más evidencia con animales subentrenados o sobreentrenados en el hábito original, y cabe presuponer que estas diferencias corresponden a distintos grados de "consolidación" afectada por el fin del entrenamiento. Las inyecciones de *DFP* (o de una solución neutral) y la prueba se aplicaban 5 o 6 días después. En los animales subentrenados, la *DFP* aumentaba la ejecución de memoria por encima de la de aquellos no drogados; pero en los sobreentrenados, la *DFP* hacía que se desempeñaran mucho peor que sus controles no drogados. Este fenómeno puede atribuirse al bloqueo (hiperpolarización) de un hábito bien consolidado por el exceso de *AC* acumulada cuando gran parte de la colinesterasa ha perdido sus propiedades por el suministro de la *DFP*. Aparece un resultado similar si se da a los animales un número *fijo* de ensayos de entrenamiento, pero con una discriminación de brillantez difícil en contraposición a una fácil. Los animales que aprenden la discriminación más fácil deberían tener mayor memoria consolidada después de un número fijo de ensayos, que los que aprenden la discriminación difícil. Por lo tanto, la predicción es que una inyección *DFP* después de seis días causa el olvido en el grupo con el hábito fácil y bien aprendido, pero da lugar a un incremento en la ejecución del grupo con el hábito difícil parcialmente aprendido. Esta predicción se ha confirmado.

La hipótesis de Deutsch de la eficiencia de la transmisión parece brindar una buena interpretación de estos datos, y promete ser una explicación viable de otras investigaciones (Deutsch y Deutsch, 1973). Sin embargo, los detalles de los resultados apenas comienzan a someterse a la réplica sistemática, y precisamente ese paso necesario puede revelar resultados inesperados. Un resultado preliminar, por ejemplo, es que los efectos de estas drogas sobre la memoria son más fáciles de demostrar con ratas que con ratones (Deutsch, comunicación personal, 1972), y se requiere de mucho trabajo de indagación a fin de encontrar la dosis "correcta" para estos últimos con el objeto de duplicar los efectos producidos con las ratas. Una característica perturbadora de la hipótesis es que se basa en una analogía entre los procesos que ocurren en sinapsis sencillas y el porcentaje de elecciones correctas que hace una rata en un laberinto. El vacío entre estos dos dominios está lleno sólo de alentadoras promesas. Además, toda la evidencia para

la hipótesis reside en las manipulaciones con drogas de la retención. Pero se sabe que las drogas utilizadas por Deutsch tienen una diversidad de efectos (la escopolamina a menudo se usa como un sedante o tranquilizante suave), y se desconoce hasta qué grado estos efectos directos e indirectos pueden influir en los resultados. Otro problema es que muchas de las sinapsis en el sistema nervioso central utilizan diferentes transmisores, por ejemplo, dopamina y norepinefrina (adrenalina); y las drogas anticolinesterasa y las de bloqueo colinérgico no afectan a éstas de la misma forma que la *AC*. Como tales neuronas predominan en el sistema límbico que sirve a los efectos de la recompensa conductual (véase la reseña anterior del trabajo de Stein), las conjeturas bioquímicas de Deutsch no constituirían una descripción admisible de las alteraciones en *estas* sinapsis centrales que sustentan la expectativa de recompensa y la motivación de incentivo. Hasta la fecha, todas las pruebas de la hipótesis han usado la discriminación de la brillantez en las ratas en un laberinto *Y*, casi siempre el aprendizaje para escapar de la descarga. Los índices autónomos del condicionamiento clásico también deben estudiarse para comprobar si concuerdan con el olvido evaluado de la conducta instrumental. Un problema final con la hipótesis de Deutsch: es compleja y tiene un gran número de parámetros o constantes arbitrarios. Después de examinar los resultados de un experimento para que encaje en las curvas teóricas de la figura 14.8, podemos seleccionar un umbral más bajo, uno superior, una curva de consolidación "normal" con pico y la llanura necesaria, un incremento para la curva de inyección de *DFP*, y un decremento para la curva de inyección de escopolamina, todo lo cual se escogerá para que se ajuste mejor a los datos observados. El problema es si los datos pueden proporcionar o no una prueba contundente de un modelo que tiene tantas constantes arbitrarias. Aparentemente, sí, pero sin duda es mucho más difícil reprobar un modelo con tanta flexibilidad en sus detalles cuantitativos. Sin embargo, y a pesar de estas críticas, el trabajo de Deutsch representa algunas de las interpretaciones más significativas e influyentes de que disponemos en la actualidad para la tesis general de que el aprendizaje implica una eficiencia mejorada de ciertas vías neuronales.

Con estas consideraciones concluye nuestro breve recorrido por la neuroquímica del aprendizaje. Se trata de un campo muy joven, pleno de sorpresas, confusiones y promesas. En las investigaciones o teorizaciones a este nivel surgen grandes dificultades técnicas, y el progreso debe ser lento. Para comprender bien el trabajo se necesita un conocimiento muy detallado de la bioquímica, y por esta razón no son muchos los psicólogos que se dedican a esta área de investigación. Deberá quedar claro que en esta etapa inicial de desarrollo no puede darse ninguna explicación bioquímica profunda ni siquiera del acto más simple del aprendizaje. Sin embargo, cabe esperar que en las próximas décadas haya mayores progresos en este campo.

Cambios de las células cerebrales durante el aprendizaje

Un tema reciente de considerable trascendencia es la identificación de las células cerebrales que cambian sus características de respuesta durante el curso de un experimento de condicionamiento. El procedimiento básico consiste en colocar un conjunto de microelectrodos en algunos sitios cerebrales potencialmente inte-

resantes, para efectuar registros durante varios cientos de ensayos de una sesión de condicionamiento pavloviano o instrumental. Se tiene la esperanza de localizar algunas neuronas que varían sus tasas de disparo en el transcurso del entrenamiento, y correlacionar estos cambios con los que aparecen ensayo por ensayo en la respuesta conductual (la *RC*) así como las variaciones en las neuronas en otras localizaciones. En un estudio pionero de Jasper, Ricci y Doane (1960) se descubrieron cambios en la corteza motora y en la parietal de los monos, mientras aprendían a responder con una mano a fin de evitar la descarga a un *EC* visual, pero a no responder a un segundo estímulo visual sin descarga. Las células localizadas en la corteza motora tendían a incrementar su tasa de disparo dentro de cada ensayo justo antes de la respuesta de evitación y durante su ocurrencia, mientras que una falla de estas células para incrementar su tasa de disparo al *EC* significaba generalmente que no se produciría ninguna respuesta. Las células en la corteza parietal también tendían a incrementar su tasa de disparo al *EC* en los ensayos cuando se daba la respuesta, pero no cuando no ocurría al estímulo positivo o negativo.

Estos resultados iniciales dieron lugar a investigaciones más detalladas, en las cuales se examinaron otras estructuras cerebrales y arreglos de condicionamiento. Berger y Thompson (1978*a*, *b*) han obtenido algunos de los resultados más impresionantes. Usaron condicionamiento pavloviano de la membrana nictitante (''párpado interior'') de un conejo con un *EC* de tono (sonido), y un soplido como *EI*. Se sujeta al animal con correas para impedir que sus movimientos perturben los registros eléctricos. En esta preparación, los cambios neurales más interesantes durante el condicionamiento tienen lugar en las células piramidales en el hipocampo dorsal. Antes del condicionamiento, estas células no responden al *EC* del tono, y sólo reaccionan débilmente al *EI* del soplido. Sin embargo, después de algunos ensayos de pareamiento *EC-EI*, las células comienzan a incrementar su tasa de disparo cuando aparece el *EI*, y la magnitud de este aumento crece de forma constante a lo largo de los ensayos. Junto con este cambio al *EI*, la tasa de disparo incrementada se mueve hacia adelante en el tiempo y ocurre al *EC* solo en anticipación del *EI*. La tasa de disparo hipocampal creciente corresponde muy estrechamente a la amplitud en aumento de la *RC* conductual al *EC*, con la excepción de que los incrementos hipocampales aparecen muchos ensayos después de que los cambios conductuales se hacen evidentes. Así, en la detección de un efecto inicial del condicionamiento, los registros en el hipocampo son más sensibles que la respuesta conductual.

En la figura 14.10 se muestran las puntuaciones estandarizadas de tasa de disparo de las células hipocampales, trazadas sobre bloques de 13 ensayos. A los conejos experimentales se les daba el *EC* y el *EI* pareados en el tiempo, mientras que los animales de control recibían presentaciones explícitamente no pareadas del tono y el soplido para medir posibles cambios provocados por la sensibilización o el pseudocondicionamiento. En la gráfica superior se trazan los disparos aunados de las células hipocampales al *EI*, mientras que la gráfica inferior ilustra su disparo desde el inicio del *EC* hasta el comienzo del *EI* un cuarto de segundo después. De la figura 14.10 pueden extraerse varias conclusiones. Primero, el pareamiento explícito del *EC* y del *EI* es necesario para obtener condicionamiento de las respuestas hipocampales (así como también para la respuesta conductual). Segundo, los cambios se producen con mayor rapidez para el *EI* que para el *EC*. Tercero, la

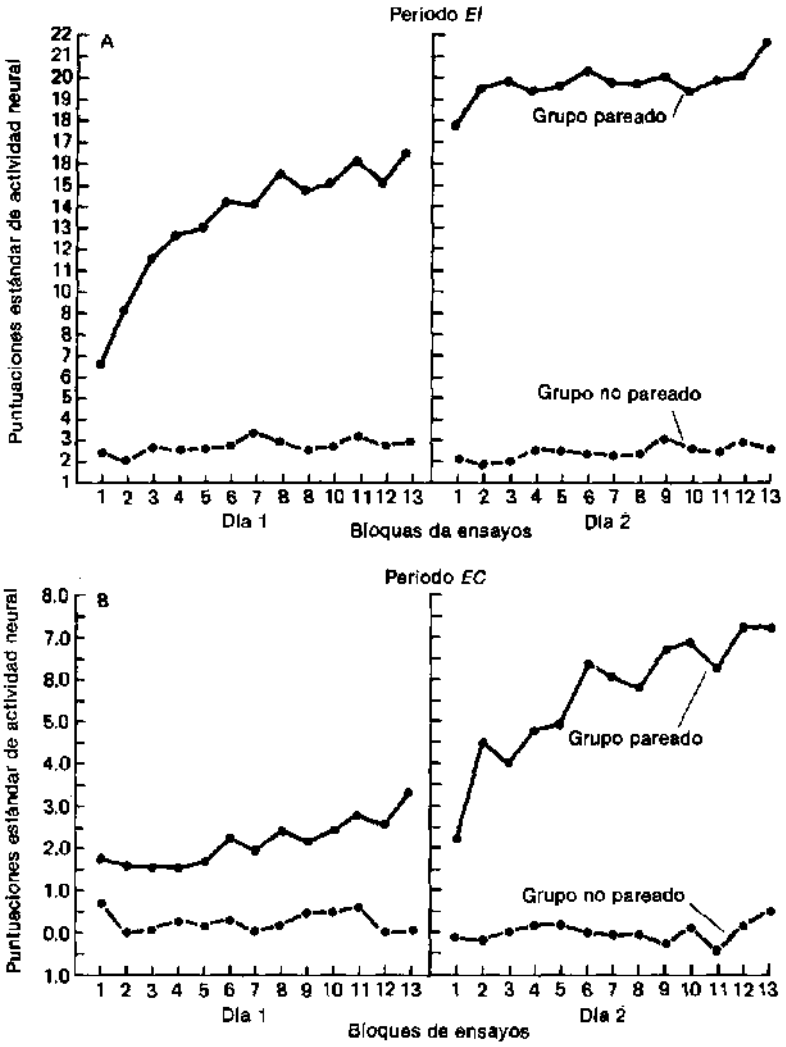


Figura 14.10. Tasas de disparo estandarizadas de neuronas hipocampales a los soplidos (*EI*, cuadro superior) y al tono (*EC*, cuadro inferior) para los conejos que reciben el *EC* y el *EI*, ya sea pareados o no pareados (tomada de Berger y Thompson, 1978*a*).

tasa de disparo al *EC* y al *EI* en los sujetos "pareados" está elevada por encima de los controles "no pareados", incluso en el primer bloque de (13) ensayos. Berger y Thompson descubrieron diferencias de grupo significativas en el disparo hipocampal sólo después de uno o dos ensayos pareados; ese es un aprendizaje muy rápido, y aparece en el hipocampo muchos ensayos antes de que se presente en las *RC* manifiestas, lo que constituye un claro ejemplo del aprendizaje que tiene lugar por debajo de un umbral de respuesta.

A partir de otros datos, Berger y Thompson concluyeron que la latencia y la amplitud del incremento hipocampal en el disparo dentro de cada ensayo se correlacionaba con la latencia y la amplitud de la *RC* conductual. Así, las tasas de disparo de estas células hipocampales parecían estar indexadas a la fuerza de condicionamiento del conejo. Además, durante una serie de ensayos no reforzados (sólo el *EC*), la respuesta neural se extinguía paralelamente a la respuesta del párpado.

No todas las células piramidales en el hipocampo muestran estos cambios de aprendizaje. Las células que cambian (80%) son las que se encuentran en el hipocampo dorsal y proyectan fuera sus axones, a través del fórnix. Berger y Thompson (1978*b*) descubrieron que las variaciones similares del aprendizaje podían registrarse en las células de la región septal lateral, aunque se demoraba en relación con los cambios hipocampales por muchos ensayos. Esto sugiere una proyección de los cambios del aprendizaje desde las células hipocampales a través de las vías fornicales hasta el septum lateral. No se encontraron tales variaciones en las células cercanas en el septum medioni en los núcleos mamilares, medios o laterales.

Los resultados como los de Berger y Thompson requieren de una cuidadosa interpretación. En primer lugar, es razonable que se produjesen *algunos* cambios cerebrales correlacionados con la respuesta manifiesta del animal al *EC*. Como mínimo, las células en la corteza motora que controlan la *RC* manifiesta deben intervenir necesariamente. El interés de los resultados de Berger y de Thompson es que abarcan células de estructuras que no son sensoriales ni motoras. De hecho, al hipocampo se le ha implicado a menudo en emociones y en la memoria. Un segundo punto a considerar es que el engrama tal vez no resida en las células que se registran, sino que es posible que estas células sólo "escuchen" o "retransmitan" la memoria activada por el *EC*. Así, el engrama *EC-EI* puede residir en el eje cerebral o en una corteza sensorial de asociación (lo cual depende de la complejidad del *EC*), o ambas cosas, con proyecciones paralelas a través del hipocampo hasta la corteza motora.

Independientemente de la exacta interpretación de tales resultados del cambio cerebral, éstos sugieren formas interesantes de trazar mapas de los circuitos cerebrales implicados en el aprendizaje elemental. Estos datos son necesarios para desarrollar conjeturas preliminares acerca de la forma en que el cerebro registra un conjunto particular de memorias.

Localización de las memorias

¿En qué partes del cerebro se almacenan las memorias? Hace un siglo se creía que una memoria se almacenaría en un lugar específico, tal vez en el área de asociación vinculada con la corteza sensorial dominante excitada por la experiencia del aprendizaje. La hipótesis de localización específica se puso en duda debido a los resultados de Karl Lashley (1924, 1950), quien descubrió que una discriminación simple de luz-oscuridad o un hábito de laberinto era algo que las ratas podían aprender independientemente de las áreas corticales de sus cerebros que se hubiesen extirpado. De modo similar, la remoción de parte de la corteza podía causar la pérdida momentánea de un hábito o una discriminación de brillantez previamente aprendidos, pero a menudo se reentrenaba al hábito con facilidad, a no ser que la lesión hubiese dejado ciego al animal. Después de una serie de fracasos para localizar un hábito de laberinto y uno de discriminación de la brillantez en el cerebro

de la rata, Lashley llegó a la conclusión de que probablemente una memoria se establecía de forma difusa, en todas las regiones de la corteza (o quizás de la subcorteza), que se repite múltiples veces en todas partes, para abarcar un gran número de neuronas. Como resultado, una sola intervendría en muchos miles de memorias, y una memoria se representaría mediante un patrón o configuración particular de excitación cortical. De este modo, el aprendizaje de un hábito sería más lento y más pobre la retención cuanto mayor fuera la cantidad de corteza removida, pero la remoción de cualquier área debería tener efectos equivalentes a una remoción similar en otra región del mismo tamaño. Para los neuropsicólogos, estas opiniones acerca del carácter difuso de la huella de la memoria eran especialmente desalentadoras.

Sin embargo, a la luz de resultados posteriores, las conclusiones de Lashley parecen reducirse a los mamíferos inferiores y a los hábitos de laberinto simple medidos con instrumentos burdos. Lashley empleaba discriminaciones muy simples de brillantez o de espacio, y parece probable que éstas sean adquiridas por los circuitos subcorticales solos, quizá con la participación del geniculo lateral (para la visión), el eje cerebral y el hipocampo. Sin embargo, un aprendizaje razonablemente complejo, que implica diversos componentes, discriminaciones difíciles o patrones configurales complejos, parece requerir de áreas de asociación cortical "superiores". Estas conclusiones se desprenden del examen de los efectos de las lesiones cerebrales en los seres humanos, simios y chimpancés. Evidencia reciente sugiere una considerable localización de funciones *complejas* (por ejemplo, capacidad lingüística y musical), de habilidades cognoscitivas, y de memorias complejas en los animales superiores. Hoy en día, la mejor hipótesis es probablemente una versión modificada de la teoría antigua, según la cual una memoria compleja se *localiza* en la corteza de asociación conectada a la corteza sensorial que predominaba durante la experiencia del aprendizaje. En el caso de que participen varias modalidades sensoriales (correlación del tacto con la visión), las fibras que vinculan a las dos cortezas de asociación también intervendrán en la memoria. Además, en el caso de que intervengan movimientos, la memoria en la corteza de asociación estará vinculada con las regiones de la corteza motora.

El apoyo para la hipótesis de la memoria localizada proviene de muchos estudios, en particular de las funciones cognoscitivas (como el habla) en los seres humanos, y del aprendizaje de patrón visual en los primates. Moviéndose hacia adentro a partir de la retina, el sistema visual del primate consta a grandes rasgos del geniculo lateral, la corteza estriada en la parte trasera del cerebro, la zona circunestriada, y la corteza inferotemporal (asociación visual). Las discriminaciones visuales simples como la de luz versus oscuridad pueden aprenderse sin ninguna corteza; pero cuanto más complejos o configurados sean los patrones de estímulo a discriminar, habrá más probabilidades de que se requieran niveles "superiores" (más tardíos) del sistema de análisis visual para que pueda producirse el aprendizaje. Es razonable conjeturar que el reconocimiento de una clase particular de estímulos visuales (como el rostro de la madre de usted) se establece primero mediante una reunión o red de células en la corteza inferotemporal. Por ejemplo, Gross (1973) descubrió células inferotemporales en el cerebro de un mono que respondían al máximo a patrones muy complejos, como la mano de un simio, un cepillo o unas tijeras. Esto hace admisible a la idea de que los patrones visuales tienen representaciones discretas y locales en grupos de células corticales.

Muchos teóricos han propuesto que el sistema visual está jerárquicamente organizado, con gran número de sistemas neuronales de detección con características de bajo nivel agrupados en características significativas (como líneas bordes, ángulos), que entonces se configuran en patrones de nivel todavía más alto, a medida que el estímulo sigue su curso hacia adentro y se le analiza aún más (véase Hubel y Wiesel, 1962). La teoría de Wickelgren de la asociación cortical era de este tipo, y el diagrama esquemático que aparece en la figura 14.11 recordará al lector las ideas básicas. La estimulación visual se codifica en la retina y el geniculo lateral, y excita un cierto número de células de "característica" en la corteza estriada (aquí denominadas *a, b, c*), que convergen o se intersecan posteriormente en una célula sintetizadora de patrón (o grupo de células) en la corteza inferotemporal. Supóngase que un reforzamiento concurrente en el hipocampo (sistema límbico) hace que las células se agrupen activamente en ese momento para convertirse en bloques en la configuración mostrada. Esta formación de bloques se lleva a cabo básicamente mediante la asociación de las características de nivel inferior con el nodo de bloque, tal vez al disminuir los umbrales de conducción para estas vías. La célula *X* (o grupo de células) en la corteza inferotemporal representaría entonces al patrón de estímulo (*a, b, c*). Cabe suponer que la célula *X* actúa exactamente como bloque o nodo asociativo en una red de memoria (véanse Anderson y Bower, 1973; Wickelgren, 1979*a*). En particular, la posterior activación de un fragmento del patrón (como los segmentos *a* y *b*) puede activar la célula de patrón *X*, que mediante las asociaciones causa la activación en sentido descendente de la porción ausente (*c*) del patrón. Por ejemplo, el ver la mitad del rostro cubierto de un amigo podría conducir a la excitación de la célula patrón de su rostro, que activa células inferiores que codifican las características no vistas, lo cual estimula la imaginación visual y las expectativas. De hecho, a la célula de bloque patrón se le han asignado aquí todas las propiedades del vínculo asociativo; es decir, se comporta como un centro interruptor que agrupa entradas (como los *EC*) y las conecta con las salidas (*RC*). Así, el nodo para el rostro del amigo se conectaría con la corteza verbal motora, de modo que pudiera darse el nombre de esa persona. En muchos experimentos, el aprendizaje del patrón de estímulo-respuesta-recompensa se indica principalmente por la ejecución de la respuesta motora.

Aunque se ha ilustrado la hipotética idea del bloque para patrones visuales, se aplicaría también a los patrones auditivos, los somestésicos, etcétera. Además, el mecanismo de asociación permite asociaciones transmodales, de manera que un nodo de concepto visual pudiera conectarse con un nodo de concepto táctil o auditivo. Los seres humanos son expertos en esas asociaciones transmodales, en especial aquellas que apoyan al lenguaje, que correlacionan la visión de palabras y objetos, sonidos, y producción del habla.

Este bosquejo general de un modelo de bloque del aprendizaje de patrón es similar a la teoría de D. O. Hebb (1949) de la formación de los grupos de células, y la construcción de grupos de células en secuencias de fase regular (series aprendidas de patrones o de movimientos). Aunque muy plausibles, los mecanismos son en gran parte conceptuales y conjeturales, y en realidad no se han identificado. Pero incluso una teoría incompleta como ésta puede guiar al investigador del cerebro y ayudar a los estudiantes a organizar el material. Indudablemente, el sustrato fisiológico real de un circuito aprendido resultará mucho más complejo.

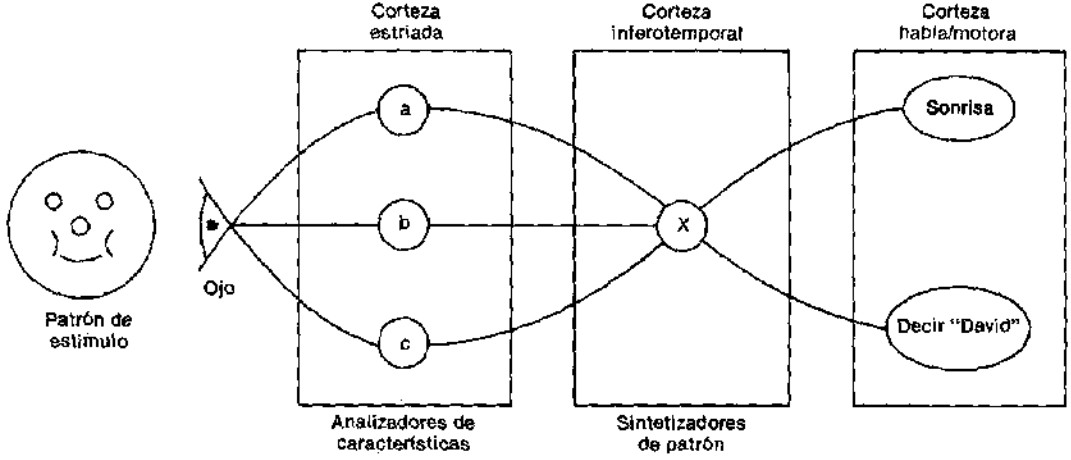


Figura 14.11. Esquema de la síntesis de un patrón visual (*X*) en la corteza inferotemporal de características (*a, b, c*) extraídas en o antes de la corteza estriada. Los procesos del diagrama son hipotéticos pero admisibles.

La investigación acerca de la localización de las huellas de la memoria fue fomentada por el trabajo de Roger Sperry y sus colegas en torno de la transferencia del aprendizaje entre los dos hemisferios cerebrales. A continuación reseñaremos este importante estudio.

DOS CABEZAS EN UN CRÁNEO: TRANSFERENCIA INTERHEMISFÉRICA

Una de las características más sorprendentes en el cerebro de los vertebrados es su simetría bilateral. Las estructuras del cerebro están duplicadas casi a la perfección en posiciones homólogas en torno de la línea media del plano sagital (es decir, el plano que corta la mitad anterior y la posterior, desde la parte superior de la cabeza hasta el mentón). Esta representación bilateral de la función plantea interesantes posibilidades de investigación encaminadas a la localización de la huella de la memoria.

Para ver algunas de las posibilidades, considérese el carácter bilateral del sistema visual de los mamíferos (véase la figura 14.12). La retina de cada ojo capta la información visual y la transmite por tractos ópticos distintos. Éstos se unen en una coyuntura denominada quiasma óptico. Después de la coyuntura, los tractos vuelven a separarse: el de la izquierda pasa por varias estaciones de relevo para proyectarse en el hemisferio cerebral izquierdo; el derecho avanza de modo parecido y se proyecta en el hemisferio cerebral derecho. En el quiasma hay un notable entrecruzamiento de las fibras de los dos tractos que en él penetran; aproximadamente la mitad de cada tracto cruza al opuesto al salir de la coyuntura del quiasma. Las fibras que cruzan son aquellas que se originan principalmente en la mitad de la retina más cercana a la nariz. Por este entrecruzamiento que se produce en el quiasma, la información que proviene del lado de la nariz de la retina izquierda se proyecta principalmente a la corteza derecha; mientras que la información procedente de la parte lateral de la retina izquierda se proyecta a la corteza izquierda. Pasando la corteza cerebral, los dos hemisferios están en comunicación directa a través de una serie de comisuras, que son los haces de fibras que conectan las estructuras homólogas de ambos lados. La más larga de estas comisuras de conexión es el *cuerpo calloso*, un haz de fibras masivas que interrelaciona muchas partes de los dos hemisferios.

Transferencia interocular y su eliminación quirúrgica

Luego de estas consideraciones de índole anatómica, analizaremos el fenómeno de la transferencia interocular de una discriminación visual que ha aprendido un animal (un gato o un mono) usando un solo ojo. Se obliga al animal, tapándole un ojo, con un lente de contacto a que aprenda una discriminación visual con un solo ojo (el otro nunca ve el estímulo discriminativo). Después de este aprendizaje se le aplica una prueba con el ojo opuesto abierto y el entrenado cubierto. En circunstancias normales, presentará una transferencia prácticamente perfecta del hábito, del ojo entrenado al no entrenado. Una serie de experimentos de Sperry (1961) y sus colaboradores permite suponer que en este caso el conocimiento visual (o engrama) que interviene en la ejecución discriminativa se ha guardado en

ambos hemisferios durante el entrenamiento, y que en el transcurso de la prueba con el ojo no entrenado, sus conexiones aferentes con el cerebro hacen contacto con uno o ambos hemisferios entrenados; así, recupera y usa el engrama para guiar las respuestas correctas.

Empezaremos por rastrear las pruebas sistemáticas que apoyan esta interpretación. Considérese primero el efecto de cortar el quiasma óptico por el plano sagital (como se ve en la figura 14.12), de modo que cada ojo se proyecte solamente a su corteza visual correspondiente en el mismo lado. Este corte de quiasma produce una hemianopia, que significa que cuando sólo se utiliza un ojo, casi la mitad del campo visual (el borde periférico que se proyecta del lado de la nariz de la retina) se ve borrosa, aunque todo puede verse con claridad al mover el ojo. Y, cosa extraña, cortar el quiasma de este modo no afecta la transferencia interocular, independientemente de que tal corte se haga antes o después de entrenar a un ojo determinado. Aunque el entrenamiento tiene una entrada visual limitada hacia, por

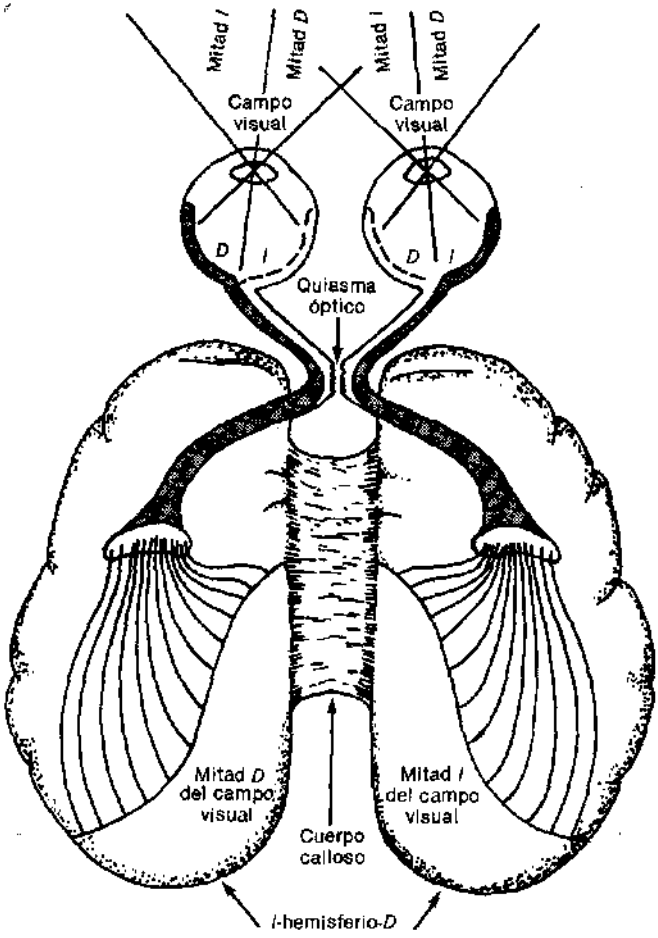


Figura 14.12. Representación esquemática del sistema visual que muestra la retina, el quiasma óptico y las proyecciones a las áreas de recepción visual de la corteza cerebral. En la figura se ha seccionado el quiasma óptico, con lo cual se elimina la mitad del campo visual, que normalmente se transmite por las fibras entrecruzadas, procedentes del ojo opuesto, hacia uno de los hemisferios cerebrales. La afluencia visual que procede de cada ojo se restringe al hemisferio que corresponde al mismo lado de cada ojo. El cuerpo calloso aparece intacto (tomada de Sperry, 1961).

ejemplo, el hemisferio izquierdo, si se hacen pruebas posteriores con el ojo derecho (que se proyecta hacia el hemisferio derecho) se descubre que la información que va por ese canal de algún modo entra en contacto con el engrama.

Este contacto del ojo derecho con el engrama es posible de una de dos formas. Una es que el engrama se guarde sólo en el hemisferio izquierdo que recibe la entrada sensorial directa durante el entrenamiento. Sin embargo, el ojo derecho y el hemisferio derecho pueden emplear este engrama en el curso de la prueba, en virtud de que las redes de comunicación callosas conectan a los dos hemisferios. La otra posibilidad es que aunque el engrama primario se esté estableciendo en el hemisferio izquierdo durante el entrenamiento, las conexiones que se llevan a cabo por medio del cuerpo calloso permiten que al mismo tiempo se haga un duplicado o copia al carbón del engrama que se guarda en el hemisferio derecho. Entonces, las pruebas posteriores que se le aplican al ojo derecho usarían esta copia del engrama que se ha establecido en el hemisferio derecho.

Hay dos experimentos que señalan que esta opción posiblemente es la correcta. Supóngase que después de entrenar con el ojo izquierdo a un gato con el quiasma seccionado extirpamos la corteza visual del lado izquierdo. Según el enfoque anterior, esto haría imposible la ejecución usando el ojo derecho, porque la "fuente informada" ya no puede proporcionar información al hemisferio derecho ingenuo. Pero, de hecho, se encuentra que los animales así tratados todavía tienen una transferencia sustancial cuando se aplica una prueba al ojo derecho. En el segundo experimento, se corta el cuerpo calloso después de entrenar al animal sólo con el ojo izquierdo y con el quiasma seccionado. Esto debería interrumpir las líneas de comunicación de manera que, con base en el primer enfoque, no cabría esperar ninguna transferencia al aplicar pruebas usando el ojo derecho; sin embargo, se encuentra dicha transferencia. A partir de estos experimentos inferimos que la copia duplicada del engrama se establece por lo regular a través del cuerpo calloso, en el momento de entrenar a un animal sólo con el ojo izquierdo y con el quiasma seccionado.

Con estos hechos a su alcance, el lector puede suponer qué debe hacerse para eliminar la transferencia interocular. Desde luego, una operación eficaz sería cortar el quiasma y el cuerpo calloso antes de empezar el entrenamiento visual con un ojo. Y, de hecho, esta doble operación prácticamente elimina la transferencia interocular; el ojo y el hemisferio que no ven siguen desconociendo el problema visual que ha aprendido el ojo entrenado. Esta preparación quirúrgica, denominada *cerebro dividido*, en apariencia establece dos sistemas visuales independientes, uno a cada lado del cerebro, y los dos dejan de comunicarse entre sí. Por ejemplo, al cubrir sucesivamente uno y otro ojo, es fácil entrenar al animal en hábitos conflictivos para los dos ojos; en un caso, a escoger las rayas verticales y evitar las horizontales cuando las ve con el ojo izquierdo; en el otro, a hacer lo contrario cuando ve con el ojo derecho. Este entrenamiento conflictivo es sumamente difícil en el animal normal intacto, pero el gato o el simio con el cerebro dividido lo aprenden con facilidad. Al parecer, para obtener esta notable independencia de los sistemas visuales deben cortarse todas las fibras del cuerpo calloso. Si se escapa incluso una breve porción de fibras callosas, de cualquier modo habrá transferencia.

En la transferencia de una discriminación de tacto de una mano a la otra se han obtenido resultados un tanto parecidos, aunque hay varias diferencias importantes en comparación con el sistema visual. Una discriminación de tacto (la superficie

áspera o lisa de algunos objetos) que se ha aprendido con la mano derecha se transferirá normalmente a la mano izquierda. Sin embargo, si se corta el cuerpo calloso antes del entrenamiento con una mano, se elimina la transferencia entre ambas. Esto concuerda con las pruebas anatómicas que demuestran que la mayor parte de las líneas de entrada somestésica se cruzan en la parte media y se proyectan en el hemisferio contralateral (es decir, el tacto de la mano izquierda se proyecta a la corteza derecha).

La transferencia interhemisférica examinada implica en cada caso una respuesta instrumental activa, que a menudo está bajo el control de un estímulo discriminativo relativamente complejo. Hay alguna evidencia de que las reacciones emocionales condicionadas (temor), en especial aquellas instigadas por un estímulo simple (por ejemplo, un cambio en la brillantez), pueden aprenderse subcorticalmente. Los animales aprenden esas *RC* a pesar de la remoción de ambos hemisferios, lo cual sugiere que la sección del cuerpo calloso no impide la transferencia de tales "emociones" condicionadas clásicamente (véase McCleary, 1960). Se sabe también que pueden aprenderse subcorticalmente discriminaciones instrumentales simples de brillantez, sin que se beneficie la corteza. En consecuencia, no es sorprendente encontrar esa transferencia de hábitos entre los ojos, a pesar de haber cortado el quiasma y el cuerpo calloso antes del entrenamiento con un ojo (Meikle, 1960; Meikle y Sechzer, 1960). Así, la ausencia notoria de transferencia cuando se ha efectuado el corte del cuerpo calloso sólo se tendrá en aquellos hábitos relativamente más complejos que dependen del funcionamiento de la corteza cerebral. Esta es una pequeña restricción de la generalidad de los resultados, que de ninguna manera es significativa. Nos dice que los concomitantes emocionales de las respuestas instrumentales aprendidas se representan subcorticalmente, mientras que es probable que los "conocimientos" refinados que guían a la respuesta selectiva se almacenen en la corteza.

La preparación del cerebro dividido ha iluminado muchos hechos acerca de la bilateralidad del almacenamiento que se lleva a cabo en los sistemas visual y somestésico, y acerca del importante papel que desempeña el cuerpo calloso al proporcionar las conexiones que permiten hacer una "copia al carbón". Además, Sperry (1961) señala las numerosas ventajas de la preparación del cerebro dividido en la investigación de muchos problemas de las funciones cerebrales. De este modo, una mitad del cerebro puede servir de control efectivo cuando las lesiones o traumas similares incapacitan parcialmente a la otra mitad. Pero los procedimientos quirúrgicos radicales sólo pueden llevarse a cabo en un lado del cerebro, puesto que cuando se realizan en ambos quizá se incapacite seriamente al animal para que sirva como sujeto experimental. Sperry describe varias formas nuevas e ingeniosas de usar esta preparación del cerebro dividido en la investigación de problemas relativos a la manera en que el cerebro funciona en la ancianidad.

Seres humanos con el cerebro dividido

Gazzaniga (1967, 1970, 1972), y Gazzaniga y Sperry (1967) investigaron deficiencias conductuales en varios pacientes humanos a quienes se les ha extirpado quirúrgicamente casi todo el cuerpo calloso a fin de remediar la epilepsia severa. En un volumen de Gazzaniga y LeDoux (1977) aparece una síntesis de esta línea

de investigación. En los problemas visuales a que se enfrentan en la vida cotidiana, los pacientes parecen desempeñarse adecuadamente; pero esto se debe a que son capaces de mover ambos ojos repetidas veces sobre cualquier estímulo visual dado.

Para detectar el déficit especial de estos pacientes, Gazzaniga y Sperry hacían destellar estímulos visuales por una fracción de segundo, proyectados a la izquierda (o derecha) del campo visual. Notése que en los sujetos con el cerebro dividido, un estímulo que destella al campo visual izquierdo será retransmitido principalmente a la corteza (hemisferio) derecha, mientras que los que aparecen en el campo derecho van a la corteza izquierda (véase la figura 14.12). Este procedimiento de destello se empleaba para "confinar" el ingreso de un estímulo visual al hemisferio cerebral izquierdo o derecho. Una serie de pruebas dirigidas por Gazzaniga y Sperry muestran que en los pacientes con el cerebro dividido el hemisferio cerebral izquierdo está relativamente especializado en el habla activa (leer, hablar, escribir), mientras que el derecho se especializa más en la percepción no verbal y el razonamiento espacial. El hemisferio izquierdo puede leer palabras y actuar por órdenes impresas, ya sea al hablar o al usar la mano derecha para seleccionar objetos nombrados mediante el tacto. (Recuérdese que la mano está bajo el control de su hemisferio cortical opuesto.) Sin embargo, en estos pacientes el hemisferio derecho parece incapaz de *decir* qué palabra o imagen se le ha mostrado con gran rapidez; por lo general el sujeto afirma que no vio nada, o quizás sólo un "destello". Sin embargo, si se le obliga a seleccionar una palabra entre un conjunto de prueba, infaliblemente escogerá el reactivo correcto, a pesar de su incapacidad inicial para mencionar el nombre del mismo (Gazzaniga, 1970, 1972). Además, la palabra proyectada al hemisferio derecho puede incluso guiar una búsqueda táctil (con la mano izquierda) del objeto correcto (por ejemplo, una cuchara) entre una colección de objetos ocultos a la vista del sujeto. Incluso después de tomar con la mano izquierda el objeto correspondiente a la palabra destellada, el hemisferio derecho es incapaz de verbalizar el nombre del objeto.

Tales observaciones sugieren que el hemisferio derecho tiene una capacidad imperfecta para el reconocimiento y la comprehensión (verbal) visual pasiva; su comprehensión, de hecho, parece mejor con imágenes, después con sustantivos concretos; es deficiente con verbos, y más aún con sustantivos abstractos derivados de verbos (por ejemplo, *pintor, bailarín*). Las observaciones también muestran una curiosa forma de conciencia dividida, o disociación. En un nivel de conocimiento, la persona es incapaz de decir qué objeto de prueba va a escoger; sin embargo, en otro nivel, infaliblemente selecciona el objeto correcto con su mano izquierda valiéndose sólo del tacto. Así, dos índices conductuales del "estado consciente", o control de estímulo, han sido disociados de modo efectivo por el procedimiento del cerebro dividido. La naturaleza paradójica de la ejecución disociada reside en la ambigüedad del término "conciencia"; decimos que alguien es "consciente de" un estímulo (evento o estado de cosas) si puede etiquetarlo verbalmente o si se comporta de una forma que muestre que "tiene en cuenta" ese evento.

Por ejemplo, una persona absorta en una conversación o en un programa de radio mientras conduce un automóvil, es consciente de las señales de curvas y de alto al costado del camino en el segundo sentido, pero no en el primero. La diferencia entre tal caso común y el del paciente con el cerebro dividido es que éste

parece casi incapaz de "ser consciente" en el sentido del habla, de un patrón de estímulo proyectado sólo en su hemisferio cerebral derecho.

Aunque un tanto deficiente en el habla activa, el hemisferio cerebral derecho parece más especializado en manejar información no verbal, como figuras espaciales o geométricas, o melodías. Por ejemplo, la mano izquierda (controlada por el hemisferio derecho) es mejor que la derecha para encontrar soluciones a rompecabezas que requieran del razonamiento espacial, o para reconstruir las partes de una escena de bloques, etcétera. Una variedad de evidencias sugiere que en el ser humano, los hemisferios izquierdo y derecho, se especializan relativamente en percibir, utilizar y almacenar información verbal y no verbal (analógica e imaginativa, respectivamente). Un estudio de Galin y Ornstein (1972) demostró que había una actividad *EEG* relativamente mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho cuando una persona trabajaba en una tarea verbal (como escribir una carta), pero que la actividad relativa (*EEG* en los dos hemisferios se invertía si el sujeto realizaba una tarea que necesitara de imaginería mental. Se observan diferencias similares en los *EEG* específicos del hemisferio para la aritmética mental (hemisferio izquierdo) en contraposición al fantaseo (derecho), y para la lectura de prosa científica abstracta versus narraciones concretas.

A lo largo de otras líneas, los artículos de Kimura (1963) y de Milner (1968) informan que los pacientes con lesión cerebral en la corteza temporal izquierda muestran déficit selectivos en las tareas de memoria verbal pero no en las no verbales, mientras que los pacientes con lesión en el lóbulo temporal derecho tienen deficiencias en la memoria no verbal pero no en la verbal. La memoria no verbal se sometió a prueba mediante el reconocimiento o el recuerdo de ilustraciones o melodías previamente presentadas; la memoria verbal se comprobó mediante el reconocimiento o el recuerdo de números, palabras y pares de palabras. Otro comentario acerca de la especialización lateral es que en los niños que usan la mano derecha el habla activa se desarrolla principalmente en el hemisferio izquierdo (el patrón es menos claro para aquellos que utilizan la mano izquierda). Si el hemisferio izquierdo sufre una lesión severa antes de la edad de 8 a 14 años (la edad crítica exacta es motivo de polémica); el niño, sin embargo, retiene el habla adecuada, pero ésta se representa ahora en el hemisferio derecho. No obstante, si la lesión en el hemisferio izquierdo se produce después de la edad crítica, el habla se ve muy perturbada y, según el grado de la lesión, sólo podrá tener lugar una recuperación insignificante de tales funciones. (Lenneberg, 1967). En sus diferentes alcances, estas lesiones cerebrales son responsables de las diversas afasias del lenguaje.

Una causa común de afasias pequeñas y localizadas es la apoplejía, aunque el daño ocasionado en estos casos no suele ser tan severo como para evitar la recuperación del habla normal con otras partes del cerebro.

Toda esta línea de evidencia parece integrarse en un conjunto razonablemente ordenado. Ahora se sabe bastante acerca de los dos hemisferios cerebrales, qué funciones especializadas cumplen, y cómo tienden a comunicarse entre sí. A partir de la preparación elemental del cerebro dividido de Sperry en esta área se han hecho muchos progresos. Éste ilustra la forma en que un resultado fisiológico se ramifica en múltiples estudios psicológicos (independientemente de la lateralización de la función), y puede revelar resultados que esclarezcan problemas fundamentales relacionados con la experiencia perceptual y la conciencia.

Disociación química de los hemisferios cerebrales

Bures y Buresová (1960) y Bures y asociados (1964) han utilizado una técnica denominada *depresión difundida, mediante la cual podemos alterar* temporalmente el funcionamiento normal de un hemisferio cerebral. Esta técnica produce un animal que tiene medio cerebro durante unas cuantas horas antes de que se recupere de la depresión difundida. Para lograr este efecto se aplica localmente una pequeña cantidad de cloruro de potasio a través de un diminuto orificio practicado en el cráneo, para pasar a la duramadre que circunda a la corteza. En poco tiempo se deprime la actividad eléctrica normal del hemisferio de la corteza así tratado. La depresión persiste aproximadamente tanto tiempo como el que dure la aplicación de la solución química. Cuando ésta se retira, la actividad eléctrica normal del hemisferio deprimido se restaura muy pronto. En la rata, la depresión sólo se difunde en la corteza en la cual se ha aplicado la sustancia química. El efecto no es el de un anestésico, pues el animal se mueve normalmente aunque sus dos hemisferios esten deprimidos. Sin embargo, es probable que experimente cierto entorpecimiento y parálisis parcial de las patas contralaterales a cada hemisferio deprimido. No obstante, el resultado de Bures es de gran interés; de acuerdo con sus hallazgos, mientras un hemisferio está deprimido no da ninguna señal de haber retenido los hábitos que aprendió cuando estaba intacto. La depresión de algún modo ha bloqueado el acceso al engrama. También es interesante el hecho de que un animal, cuya corteza aparentemente funciona con normalidad, no recuerda los eventos que ocurrieron cuando dicha corteza estaba deprimida.

La demostración más simple de esto es la ausencia de transferencia interhemisférica de un hábito aprendido. En el día 1 se enseña a una rata un hábito de evitación simple con luz y descarga mientras tiene, por ejemplo, el hemisferio derecho deprimido. En el día 2 se le aplica una prueba mientras tiene deprimido el hemisferio derecho o el izquierdo. Si el mismo hemisferio funciona ambos días, entonces el animal muestra haber retenido el hábito; si en los dos días funciona un hemisferio distinto, muestra poca o ninguna retención; I. S. Russell y Ochs (1961) informan de resultados similares al enseñar a unas ratas el hábito de apretar una palanca, con comida como recompensa. Aparentemente, el hemisferio que funciona durante la sesión de entrenamiento almacena el engrama, mientras que el hemisferio deprimido sigue siendo ingenuo. Al siguiente día de prueba, cuando se deprime el hemisferio entrenado, la corteza que funciona (pero que es ingenua) no tiene acceso al engrama almacenado en el lado deprimido. Como sucede con el mono que tiene el cerebro dividido, también es posible —al deprimir alternadamente uno y otro hemisferio— enseñar a los dos hemisferios hábitos conflictivos de estímulo y respuesta, y no se produce ninguna interferencia entre los dos lados y sus hábitos conflictivos.

Estas consideraciones nos conducen a una inquietante pregunta: ¿por qué el hemisferio educado no transfiere su engrama (por medio de las conexiones callosas) al hemisferio no educado, después de que se ha disipado la depresión y mientras la rata se encuentra en su jaula? La falta de transferencia interhemisférica demuestra que esto no sucede. Sin embargo, resulta que se produce algo parecido a esta "tutela por medio del cuerpo calloso", si se vuelve a colocar a la rata en la situación de aprendizaje y experimenta unos cuantos ensayos mientras ambos hemisferios funcionan. Russell y Ochs (1961) informaron que un ensayo basta para

producir sustancialmente una tutela a través del cuerpo calloso del lado no educado. Travis (1964) encontró —cosa menos notable— que se necesitaban de 4 a 5 ensayos para lograr una adecuada transferencia de un hábito bien aprendido. Estos resultados indican que la estimulación que se dio en la situación de aprendizaje reactivó el engrama de la corteza educada, estableciendo una huella de actividad persistente; el engrama se comunicó con el otro hemisferio y se consolidó en él por medio de los vínculos callosos.

Sin embargo, Schneider (1967, 1968) ofrece una explicación más parsimoniosa de estos diversos resultados con la depresión difundida; es decir, la generalización del estímulo condicionado. Se presume que el "estado" de depresión difundida que prevalece durante el entrenamiento original (el hemisferio izquierdo, el derecho, ninguno, o ambos deprimidos) (*I*, *D*, *N* o *A* constituye parte del complejo total de estímulo al cual se asocia la respuesta. Los componentes periféricos más obvios de los estados corticales deprimidos son un ligero entorpecimiento y parálisis de los miembros en el lado contrario al hemisferio deprimido. Podemos pensar en la similitud de dos estados cerebrales en el sentido de que está determinada por la superposición en ninguno, uno o dos hemisferios que se encuentran en la misma condición normal o deprimida. Así, el estado normal es equidistante del estado en que el hemisferio derecho o el izquierdo está deprimido, pero más alejado del estado en el cual ambos lo están. De modo similar, la condición de depresión izquierda está más alejada de la depresión derecha pero cercana a la de depresión en ambos hemisferios, que a la condición de ninguna depresión. En esta perspectiva, cuando al animal se le somete a prueba en un diferente estado cerebral, el hábito sufre un "decremento de generalización del estímulo" debido a los estímulos cambiados internos y contextuales. Mientras mayor sea el cambio en la cantidad de depresión desde la adquisición a la retención, mayor será la perturbación de la ejecución en la prueba, hecho éste que se encuentra bien documentado. Schneider descubrió, por ejemplo, que los animales entrenados cuando su hemisferio izquierdo (*I*) estaba deprimido mostraban mayor retención si se les sometía a prueba en el estado *I*, su retención disminuía en el estado *A*, después en el *N*, y por último en el *D*. Este orden difiere de lo que cabe esperar de acuerdo con la hipótesis alternativa, según la cual el hábito original se confina al hemisferio derecho y está disponible para recuperación cuando ese hemisferio es normal. Un segundo hecho relacionado con la hipótesis del control del estímulo es que a los animales se les entrena eficientemente para una discriminación operante, para la cual el estímulo discriminativo es la presencia (en contraposición a la ausencia) de depresión difundida unilateral.

Schneider explica los resultados de la "transferencia del hábito" de I. S. Russell y Ochs (1961) y de Travis (1964) en términos de nueva adquisición, durante el llamado ensayo de transferencia. Según esta opinión, la relación importante se establece entre los estados cerebrales en la transferencia y los ensayos de prueba de retención; cuanto más similares sean, más generalización del estímulo entre los dos hemisferios acrecentará el ensayo único de transferencia. Para comprobar esta predicción, Schneider y Ebbeson (1967) repitieron el estudio de Russell y Ochs con una condición extra en el ensayo de transferencia. Después del entrenamiento en opresión de palanca con el hemisferio izquierdo *I* deprimido, el ensayo de transferencia tenía lugar sin ningún hemisferio deprimido (*N*) o con el hemisferio derecho deprimido (*D*), y la retención posterior de ambos grupos se compro-

baba con el hemisferio derecho deprimido (*D*). Los resultados mostraron que el ensayo único de transferencia producía transferencia posterior interhemisférica significativa de la opresión de palanca para ambos grupos. Como era de esperar por el argumento del control de estímulo, el grupo que efectuaba el ensayo de transferencia en el estado *D* exhibía mayor transferencia a la situación posterior de prueba *D*, que el grupo que recibía dicho ensayo en el estado *N*. La hipótesis alternativa de que el hábito original estaba confinado al hemisferio derecho no deprimido carece de argumentos para explicar por qué es mejor la transferencia del hábito al hemisferio no entrenado cuando el *entrenado* está deprimido, lo cual debería inhibir la recuperación del hábito y bloquear su transmisión interhemisférica.

Estos y otros resultados proporcionan un apoyo muy convincente a la teoría de control de estímulo, de Schneider, de los efectos debidos a la depresión de difusión cortical. La teoría es parsimoniosa en el uso de conceptos familiares; también es intuitivamente satisfactoria, ya que elimina parte del místico temor que rodea a los informes iniciales acerca de los estados disociados de conciencia producidos por la depresión difundida. Aunque Schneider supone que ésta altera el lugar fisiológico del almacenamiento de engrama (desde los mecanismos corticales a los subcorticales en el lado deprimido), su hipótesis se comprende con facilidad en términos puramente psicológicos. Un segundo efecto de la depresión difundida, que no examinamos aquí, es que puede usarse, al igual que la descarga electroconvulsiva, como un medio para interrumpir la consolidación de anteriores experiencias de aprendizaje (véase Albert, 1966). En nuestra opinión, no es necesario analizar aquí esa línea de investigación.

Disociación inducida por drogas

En la preparación del cerebro dividido hemos logrado disociar varias partes del cerebro. En términos metafóricos, mediante la disociación se les obliga a tener vidas separadas, se educan en distintas escuelas y tienen personalidades diferentes. En una interesante serie de estudios con drogas, a partir de las observaciones con el curare de Girden y Culler (1937), se ha informado de un efecto relacionado de disociación o efecto de personalidad dividida. Los experimentos posteriores de Overton (1964) han mostrado el efecto de forma inpresionante, al usar una droga distinta y someter a prueba una conducta más interesante. Revisaremos a grandes rasgos algunas características de su trabajo.

Overton descubrió que el pentobarbital sódico produce disociación en las ratas. Esta droga, parecida a lo que popularmente se conoce como "suero de la verdad", es anestésica y, en dosis suficientes, hace dormir a la rata. Dependiendo de la fuerza de la dosis, el animal comenzará a despertar y a moverse de 15 a 45 minutos después de la inyección. En ese momento puede hacerse que el animal ejecute varias tareas de aprendizaje; aunque un poco letárgico, aprende tareas simples como dar vuelta a la izquierda en un laberinto *T* para escapar a la descarga que se le aplica en las patas a través de un piso enrejado.

Overton informó que los hábitos aprendidos durante este estado no se transfieren al estado no drogado, aunque el hábito puede reactivarse después de drogar nuevamente al animal. La disociación funciona también en la dirección opuesta: un hábito aprendido no estando drogado no es asequible al sujeto mientras se encuentra drogado. Así, los hábitos son específicos al estado drogado. Al sumi-

nistrar y retirar la droga en días alternados, Overton entrenó a sus ratas para que dieran vuelta a la izquierda a fin de escapar del choque cuando estaban drogadas, y a dar vuelta a la derecha cuando no lo estaban. Esta técnica, llamada *entrenamiento en discriminación de droga*, es una de las formas más confiables de estudiar la disociación entre los hábitos aprendidos en los estados drogado y no drogado. En el estudio de Overton, los dos hábitos se aprendían con rapidez y de modo independiente, con poca o ninguna interferencia "encontrada" entre ambos estados. Overton demostró que la completa disociación es sólo el polo extremo de un continuo graduado. Pudo obtener disociación en mayor o menor grado según la cantidad de droga suministrada, y las dosis mayores producían un mayor grado de disociación.

Desde los experimentos iniciales de Overton, la discriminación de droga se ha investigado con una variedad de sustancias y de especies. Ho, Richards y Chute (1978) reseñan gran parte de este trabajo.

En lo que respecta a la evidencia de Overton, la explicación que viene de inmediato a la mente es similar a la hipótesis del control de estímulo de Schneider. Según esta perspectiva, los estados drogados y no drogados se distinguen en términos de diferencias en: *a)* cómo se perciben los estímulos externos (por ejemplo, la visión puede hacerse borrosa en el estado drogado); *b)* la presencia o ausencia de estímulos interoceptivos distintivos, como sucede con los "sentimientos" diferentes que experimentamos cuando nos sentimos somnolientos o en estado de alerta, cuando tenemos sed, etcétera. Si estos tipos de estímulos fueran radicalmente distintos en los estados drogado y no drogado, podría explicarse la falta de transferencia. La presencia y ausencia de pentobarbital (y de sus efectos internos) llegan a constituir estímulos discriminativos ante los cuales se emiten respuestas diferentes.

Overton previó esta interpretación del "estímulo" y estableció varias condiciones de control para determinar lo admisible de la misma. El aprendizaje de discriminación de hábitos conflictivos en presencia y en ausencia de pentobarbital se comparó con el que se obtuvo en presencia y en ausencia de los siguientes estímulos: la droga flaxedil (un relajante muscular periférico), el hambre y la sed, una luz ambiental en el laberinto, una luz, un tono y una descarga fuerte. Sólo en la última condición se produjo un aprendizaje de discriminación ("disociación") significativa, y la tasa fue notablemente más lenta que con el pentobarbital.

Ante tales pruebas podemos reaccionar de dos maneras. La primera consiste en atenerse a la interpretación del estímulo y exclamar, maravillados, qué estímulo tan poderoso y efectivo es la inyección de pentobarbital. La segunda es considerar que la interpretación del estímulo se hizo *ad hoc* y que, por lo tanto, es vana: debemos rechazarla y buscar otras explicaciones. Una alternativa que propuso Overton es que al modificar los umbrales y los patrones de disparo de las neuronas, la droga puede hacer que se activen diferentes circuitos nerviosos que los que se activan en el estado no drogado. En este caso, las diferencias consistirían en diversos patrones o en distintos tiempos de descarga de las neuronas, de modo que se usan los circuitos o las rutas diferentes de una red nerviosa compleja. Esta hipótesis es especulativa y sólo cuenta en su favor con los resultados originales.

Chute y Wright (1973; también Wright y Chute, 1973) señalan que el estado interno importante (drogado o no drogado) es el que está disponible durante la *consolidación* de la memoria, en vez de antes de la experiencia de aprendizaje *per*

se, y durante su transcurso. Estos investigadores administraron pentobarbital sódico a la mitad de sus ratas experimentales inmediatamente *después* de la experiencia en una tarea de evitación pasiva de un ensayo. Más tarde, se sometió a prueba a la mitad de estas ratas en estado drogado, y a la otra mitad en estado no drogado. Sorprendentemente, los animales mostraban mejor memoria (es decir, evitaban de manera consistente) cuando su estado de prueba concordaba con su estado justo después del ensayo de aprendizaje. Tales resultados apoyan la hipótesis de dependencia de estado, según la cual la recuperación de una memoria se produce con más seguridad si el estado de recuperación se equipara al que dominaba cuando se consolidaba la experiencia de aprendizaje. Desafortunadamente, este resultado específico no se ha repetido de modo confiable.

Se han hecho varios intentos de producir, mediante diferentes drogas, aprendizaje dependiente de estado en los seres humanos (Swanson y Kinsbourne, 1979). Los resultados no han sido totalmente satisfactorios, tal vez debido a las variaciones usadas en las mediciones de la memoria. Un importante discernimiento proviene de Eich y sus asociados (1975), quienes concluyeron que los efectos de recuperación dependientes de estado tenían más probabilidades de encontrarse cuando se le plantean altas exigencias al sujeto para que genere sus propios indicios de recuperación. Así, si se les pide que recuerden libremente una lista de palabras aprendidas varios días antes, la instrucción de "recordar esa lista de palabras", es relativamente no específica, y exige que el sujeto genere sus propios indicios (por ejemplo, "¿qué clase de palabras eran?"). Este tipo de ejecución de memoria tiene más probabilidades de ser afectada cuando el estado drogado de la persona se cambia entre el aprendizaje y la prueba de retención. Por otra parte, si la memoria se comprueba mediante el método de reconocimiento (por ejemplo, "¿cuál de estas palabras se encontraba en la lista: *cuchara* o *cielo*?"), o al proporcionarle fuertes indicios asociativos o semánticos (por ejemplo, "Un utensilio de cocina"), el sujeto no tiene que buscar sus propios indicios de recuperación. En este caso, los efectos dependientes de estado son mínimos; es decir, la ejecución de memoria no se ve muy afectada por la congruencia del estado de recuperación con el estado de aprendizaje.

Un experimento de G. H. Bower, Monteiro y Gilligan (1978) indica que el estado de ánimo del aprendiz puede servir como un "estado" o contexto capaz de producir un efecto dependiente de estado. Por medio de la hipnosis, Bower y sus asociados indujeron a sus sujetos a sentirse felices mientras aprendían una lista de palabras, y tristes cuando aprendían otra; más tarde, intentaban recordar libremente cada lista mientras estaban felices o tristes. Las puntuaciones de retención promediaron 78% para la lista aprendida en el mismo estado de ánimo que el del recuerdo, pero sólo 47% para la lista aprendida en distinto estado de ánimo. Los investigadores llegaron a la conclusión de que el estado emocional actúa como un contexto distintivo en el almacenamiento y la recuperación de las memorias. Sugieren que el estado de ánimo se comporta como elemento cognoscitivo constante en la *MCP* que se estampa sobre las experiencias entrantes que se aprenden, y que también predispone la dirección de las búsquedas asociativas de objetivos específicos de la memoria. Esto podría explicar el aprendizaje y el recuerdo selectivo de las experiencias tristes o negativas de la vida en pacientes psiquiátricos deprimidos: las inclinaciones en la memoria operan en un círculo vicioso a fin de mantener la depresión.

Overton (1978) ha reseñado las principales teorías así como los problemas metodológicos que implica probar una forma consistente de la hipótesis de aprendizaje y recuperación dependientes de estado. Es difícil mostrar efectos consistentes dependientes de estado por encima de la operación de diversos "efectos centrales" simples. Un primer efecto simple es que el material aprendido mientras el sujeto está drogado tal vez se aprenda mal, a menudo con lentitud, y se olvide con facilidad independientemente del estado en que se encuentre en el momento de la prueba. Esto es lo suficientemente comprensible si la droga bloquea tan sólo el almacenamiento o consolidación del material en la *MLP*. Por ejemplo, dos o tres tragos cargados de alcohol retardarán de modo significativo el aprendizaje verbal y pictórico (Parker, Birnbaum y Noble, 1976). La intoxicación severa impedirá casi cualquier aprendizaje consolidado, aunque es posible que la persona que ha bebido atienda y reaccione conscientemente (con lentitud) a los eventos en su mundo. Segundo, una droga a menudo tiene un efecto directo en la ejecución de la prueba.

En algunos casos este efecto es de facilitación, como cuando el alcohol reduce el excesivo temor y permite la ejecución más eficiente de una respuesta activa de evitación (por ejemplo, elimina el "congelamiento" inadaptado); en otros, el efecto es ligeramente debilitante, como cuando el alcohol reduce la concentración, la motivación y la ejecución en una prueba de recuerdo.

Deutsch y Roll (1973) han argumentado que estos efectos centrales simples bastan para explicar los resultados que se consideran como evidencia del aprendizaje dependiente de estado y/o el recuerdo bajo las drogas. En estos casos, donde hay una "interacción residual verdadera" entre la presencia versus la ausencia de la droga durante el entrenamiento y la prueba, para interpretar los resultados puede emplearse la hipótesis del control del estímulo (Schneider, 1967). En otras palabras: se supondría que el recuerdo es mejor cuando los estímulos contextuales presentes durante el aprendizaje se reinstalan tan completamente como sea posible en el transcurso de la prueba de retención. Este es un principio muy antiguo y apreciado en los estudios de la retención humana (véanse Pan, 1926; McGeoch e Irion, 1952). Se le utiliza, por ejemplo, para aislar material interpolado y evitar que cree interferencia en el recuerdo de algún material originalmente aprendido. En un ilustrativo estudio inicial, el aprendizaje interpolado que tenía lugar mientras el sujeto se encontraba en trance hipnótico, causaba poco olvido de una lista original que se aprendía y más tarde se recordaba en el estado normal de vigilia. La secuencia inversa de estados (aprendizaje original y segunda prueba realizados cuando el sujeto se encontraba en un trance con aprendizaje interpolado que se producía mientras era consciente) también reducía drásticamente la interferencia retroactiva.

Estos y muchos otros estudios ilustran el fuerte influjo que la reinstalación del contexto original del aprendizaje ejerce sobre el recuerdo.

En síntesis, las nociones de estados disociados y de aprendizaje dependiente de estado como preparaciones fisiológicas únicas, por lo general no han sido aceptadas ni apoyadas en las investigaciones recientes. Existen suficientes explicaciones acerca de los datos asequibles, de modo que la parsimonia pide que las hipótesis más "llamativas y audaces" de la disociación bioquímica de los estados cerebrales permanezcan a la espera hasta que la nueva evidencia claramente exija una formulación similar a la de tales conjeturas.

Observaciones finales

Al mirar en retrospectiva nuestro estudio, es evidente que en las últimas décadas se han hecho grandes progresos en la neuropsicología. Sin lugar a dudas, en la actualidad es imposible realizar un análisis profundo y completo de temas como la conciencia, la disposición, la discriminación, el reconocimiento de patrón, atención, excitación, impulso, recompensa, y muchos otros, sin otorgar un lugar prominente a las contribuciones de la experimentación neuropsicológica al conocimiento de estas materias. Esta ha sido en verdad una gran realización, por la cual hay que elogiar a cientos de investigadores. Sin embargo, desde el punto de vista de esta obra, el problema más recalcitrante de la neuropsicología ha sido nuestro tema central: el aprendizaje o almacenamiento de información en el sistema nervioso. Con algunas excepciones, hemos examinado las corrientes más importantes de las investigaciones neuropsicológicas acerca del aprendizaje.

Cuando las cosas se contemplan en términos neurológicos, como hemos hecho en este capítulo, el problema central sigue siendo encontrar las bases fisiológicas de la asociación. De suponer que entre diversas poblaciones de neuronas (estructuras) existen múltiples conexiones, se sabe que la actividad cercana en el tiempo de dos de ellas hace que se asocien de algún modo primitivo o básico, con el resultado de que ahora una es capaz de excitar a la otra, cuando antes no sucedía así. Se han mencionado varios enfoques que intentan explicar cómo se produce este fenómeno. La explicación más factible aún es una hipótesis, que plantea que de alguna manera hay un aumento en la "eficiencia" de circuitos nerviosos particulares. Los estudios farmacológicos de Deutsch señalan otros detalles de esta eficiencia acrecentada.

Un problema conceptual de muchos modelos neuronales del condicionamiento es que adoptan la visión de *sustitución* del proceso, en la cual el *EC* viene a reemplazar al *EI* para producir la *RI*. Pero desde mediados de la década de 1930 esa opinión se ha descartado como explicación *general*. Incluso los mamíferos inferiores aprenden acciones dirigidas a una meta, no respuestas específicas. Por ejemplo, se puede entrenar a una oveja para que levante la pata izquierda delantera de un piso enrejado al sonar un tono que señala una descarga eléctrica inminente. Si se lo obliga a tenderse sobre el lomo con la cabeza sobre el piso enrejado, y se oye el tono, el animal levantará cabeza y la parte superior del cuerpo, para alejarlos del lugar de la descarga. El animal hace lo que las circunstancias requieren para evitarla; no ha aprendido una respuesta estereotipada provocada por la descarga en su pata izquierda delantera. En las publicaciones acerca del condicionamiento abundan las demostraciones de este tipo. Tolman las condensa en su hipótesis de que los organismos aprenden acciones con dirección de meta, y no movimientos musculares. Evidentemente, lo que se necesita en estos casos es una teoría que explique cómo se transfiere el aparato de habilidades motoras de un organismo a cualquier situación nueva, de modo que una acción tendiente a lograr una meta (como la de evitar la descarga en la rejilla) se ejecute de una manera sensible a las limitaciones de la situación. Hull intentó abordar este problema de la equivalencia de la respuesta al formular su teoría de una jerarquía de familia de hábitos ligada por una meta anticipada.

Sin embargo, muy pocas teorías neurológicas del aprendizaje han tratado con tales complejidades. Más bien se han centrado en modelos en los cuales el apren-

dizaje consiste en la alteración de la eficiencia de disparo de circuitos nerviosos específicos.

Para que el lector no crea que el análisis del papel de las neuronas nos ha alejado demasiado de nuestro objeto de estudio, la conducta, es conveniente hacer notar que pueden diseñarse con facilidad redes apropiadas de "neuronas modelo", que muestran capacidades muy sorprendentes de discriminación y ejecución. Esta línea general de pensamiento teórico, la de modelar las capacidades de ejecución al diseñar redes nerviosas, se inició con un primer artículo de Pitts y McCulloch (1947), y desde ese entonces ha seguido avanzando. Un libro de Culbertson (1962) incluye un estudio reciente de algunos de los resultados. En términos generales, dada cualquier función de transferencia que convierta diversas informaciones de entrada (estimulación) en informaciones de salida (respuesta), puede diseñarse una red nerviosa estática que produzca esa función de transferencia. Las hipotéticas neuronas de esas redes operan en su totalidad según los mismos principios simples, que en su mayor parte se han originado en las investigaciones neurofisiológicas. Además, si se dan por supuestas ciertas premisas relacionadas con la forma en que la retroalimentación del ambiente (a través del reforzamiento y el castigo) cambia la eficiencia de las vías nerviosas, entonces los modelos de redes nerviosas exhibirán aprendizaje adaptativo en diversas situaciones. Rosenblatt (1958, 1962) muestra cómo una red nerviosa amplia, que comienza con interconexiones totalmente accidentales, produce (mediante reforzamiento) una ejecución discriminativa ordenada. También nos proporciona una explicación de este enfoque general de la construcción de modelos de conducta.

Por lo regular, las personas que construyen mecanismos automáticos de redes nerviosas no afirman que sus diseños representen exactamente la manera en que el sistema nervioso logra operar como lo hace en una ejecución característica. Básicamente, se limitan a mostrar que tomando a las neuronas simples como elementos pueden diseñarse redes que no contradicen las pruebas neurofisiológicas, con el fin de ilustrar algunas capacidades de los organismos. Como tales, los mecanismos automáticos constituyen "pruebas de suficiencia", y esto significa que *puede* producirse conducta interesante a partir de constelaciones de elementos nerviosos simples de encendido y apagado. Aunque en algunas comunidades científicas se aprecian los productos de estos esfuerzos, en otras no sucede lo mismo. Desde el punto de vista de quienes trabajan en la neurofisiología, las teorías de red nerviosa ignoran demasiado de lo que se conoce acerca de la neurona y la estructura del sistema nervioso. Sea como fuere si la neurofisiología formula una teoría explícita capaz de considerar los datos conductuales, ésta tendrá una forma algo distinta de la de los tipos de esquemas que actualmente diseñan quienes trabajan con los mecanismos automáticos de red nerviosa.

El trabajo teórico más extenso e interesante acerca de los modelos de la red neural del aprendizaje es el de Stephen Grossberg (1974, 1975, 1978). Comienza con la formulación de propiedades elementales de las redes de neuronas, presupone que los estímulos y respuestas específicas tienen circuitos neuronales correspondientes en el cerebro, y que el aprendizaje de los patrones de estímulo, secuencias, o patrones sensoriomotores se efectúa mediante equivalentes neuronales de formación de asociación (por ejemplo, una condición sináptica acrecentada a lo largo del circuito "correcto"). Grossberg formula las interacciones y procesos del aprendizaje con ecuaciones matemáticas, y deriva ecuaciones del aprendizaje

y de los mecanismos básicos. (La teoría es similar a la de Wickelgren, que hemos visto.) El investigador infiere un gran número de interesantes teoremas acerca del condicionamiento clásico y el instrumental, la motivación y la ejecución; aprendizaje serial, capacidad de memoria, aprendizaje configurativo, ejecución motora habilidosa, atención, detectores de característica, *MCP*, planes, y otros fenómenos que intrigan a las teorías del aprendizaje. En cada caso, las derivaciones dependen de premisas realistas acerca de la red neural que ejecutará la tarea, y sobre la manera en que el aprendizaje y los procesos de excitación/inhibición armonizan y utilizan esas estructuras de red. Aunque las conjeturas se hacen de la forma más consistente y razonable posible en relación con la neurofisiología (aunque Grossberg es un matemático posee grandes conocimientos acerca de este campo), la teoría emplea básicamente un "sistema nervioso conceptual", y las unidades neurales de la teoría se tratan de un modo muy parecido, por ejemplo, a lo que Estes haría con los hipotéticos elementos de estímulo, o como los teóricos de la memoria semántica considerarían a los nodos de concepto en una red de memoria asociativa (véanse Anderson y Bower, 1973, y el capítulo 13). Esta unificación del vocabulario teórico de varios enfoques distintos es un criterio muy positivo.

Las investigaciones acerca de la neurofisiología del aprendizaje siguen adelante a un ritmo acelerado. A juzgar por el pasado reciente, es posible que su futuro sea pleno de asombrosos descubrimientos, de invención de técnicas novedosas y de profundos cambios en nuestras concepciones del sistema nervioso y su relación con la conducta. De hecho, pocas ramas de la psicología han ofrecido recientemente una tasa de producción de descubrimientos empíricos significativos tan alta como la psicología fisiológica. Es más fácil encontrar perlas en un campo todavía no explorado que en otro que ya ha sido intensamente investigado, y durante muchos años.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Se encuentran disponibles varios libros de texto excelentes acerca de la psicología fisiológica; cada uno de ellos contiene una revisión muy detallada de los resultados en el aprendizaje:

Carlson, N. R., *Physiology of behavior*, 1977.
Deutsch, J. A. y Deutsch, E., *Physiological psychology*, 1973.
Thompson, R. F., *Foundations of physiological psychology*, 1967.
Thompson, R. F., *Introduction to physiological psychology*, 1975.

Se recomiendan los siguientes libros acerca del cerebro y el comportamiento:

Hebb, D. O., *The organization of behavior*, 1949.
John, E. R., *Mechanisms of memory*, 1967.
McGaugh, J. L. y Herz, M. J. (dirs.), *Memory consolidation*, 1972.
O'Keefe, J. O. y Nadel, L., *The hippocampus as a cognitive map*, 1978.
Pribram, K., *Languages of the brain*, 1971.
Rosenzweig, M. R. y Bennett, E. L. (dirs.), *Neural mechanisms of learning and motivation*, 1976.

15

Aplicaciones a la educación

Cualquier separación entre la ciencia básica y la aplicada resulta desafortunada. Con el transcurso de los años, los avances científicos han surgido en íntima relación con los adelantos tecnológicos. Los creadores de instrumentos (microscopios, telescopios, transistores, computadoras) abrieron nuevos campos en la investigación básica; desde hace mucho tiempo, los inventos van a la par de los descubrimientos científicos. Para aplicar las lecciones históricas de la astronomía, la física, la biología (y sus tecnologías relacionadas) a la psicología del aprendizaje, cabría esperar una intimidad semejante entre la teoría y la investigación en los procesos básicos del aprendizaje y los aspectos aplicados de la instrucción en las escuelas. Aunque muchos estudiosos del aprendizaje realmente se preocupan por la instrucción, esto no es una verdad universal. La desigual inclinación hacia las aplicaciones en parte se manifiesta en la división del trabajo y la especialización del conocimiento: hay aspectos "puros" de la ciencia en el estudio del aprendizaje, igual que en otros campos de investigación, y el científico que profundiza en los problemas fundamentales tal vez no se interese en aplicar lo que sabe. Así, no podemos esperar que cada genetista se sienta atraído por la cría de animales de granja, aunque lo que aprende sea útil, en última instancia, para el criador. Si bien los investigadores del aprendizaje se interesan por la ciencia pura, aparte de las aplicaciones, algunos se preocupan mucho por la tecnología de la instrucción. El alcance de esta inquietud se refleja en las revisiones dedicadas específicamente a la psicología de la instrucción (Gagné y Rohwer, 1969; Glaser y Resnick, 1972; Wittrock y Lumsdaine, 1977). Por nuestra parte, en este capítulo examinaremos algunos de los problemas que implica tender un puente sobre el abismo que existe entre el laboratorio y el salón de clases, con la convicción de que una teoría del aprendizaje sólida debe convalidarse mediante la influencia que ejerza en la práctica.

Moverse de la teoría a la práctica no resulta nada fácil. La visión ingenua es que el investigador posee un cierto tipo de botiquín que le ayuda a resolver los proble-

mas del maestro. Cuando aparece un contratiempo, el maestro puede tomar un principio psicológico del botiquín y aplicarlo como una venda o un ungüento para resolver el problema educativo. Cada vez reconocemos más que para movernos firmemente de la investigación básica a la práctica necesitamos un análisis detallado de la tarea educativa, de las habilidades componentes que se enseñarán, y de los recursos de aprendizaje del niño y del sistema escolar. Debemos tener en cuenta el programa de estudio real de la escuela y los contextos sociales en los que se produce el aprendizaje.

IDEAS DE LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE ÚTILES EN LA EDUCACIÓN

Aunque no apoyamos la concepción "de botiquín", la aplicación directa del conocimiento desde el laboratorio hasta el salón de clases no ha de rechazarse por completo. Muy a menudo el conocimiento de laboratorio nos ayuda a comprender cuáles son algunas de las variables y de las influencias importantes, incluso antes de que éstas se hayan formulado de una manera más prescriptiva. Al señalar dónde buscar y qué esperar, tales principios permiten efectuar un mejor análisis. Los estudiosos del aprendizaje que no se han dedicado en profundidad a los problemas de la instrucción pueden, sin embargo, ofrecer algunos consejos útiles, parte de los cuales proviene de quienes se orientan hacia las teorías *E-R*, de aquellos que muestran mayor inclinación hacia las teorías cognoscitivistas y de los que se interesan por la motivación y la personalidad.

1. Objetivos conductuales

Para el conductista, las metas de cualquier programa educativo deben estipularse en términos conductuales concretos, preferentemente en comportamientos que puedan medirse. Sólo entonces el maestro sabrá cómo diseñar un programa que moldee la conducta del estudiante hacia esas metas, y evaluar el grado en que se han cumplido. La especificación de las metas educativas en términos de objetivos conductuales es contraria a la tradición, que por lo común las establece en términos de actitudes, habilidades analíticas, comprensión y apreciación del tema de estudio. Mager (1961) fue uno de los primeros en proponer la redacción de objetivos conductuales para la educación, y escribió una guía acerca de la forma de traducir metas vagas en conductas mensurables (Mager, 1972). El propio proceso de traducción tiene un efecto benéfico tanto en el maestro como en el estudiante, al obligar al primero a reflexionar con exactitud acerca de lo que cree que es más importante que el estudiante sepa, y qué conductas de éste constituyen una evidencia de su conocimiento en la materia. La redacción de objetivos conductuales se ha convertido en una práctica común y sumamente difundida en muchos sistemas escolares, debido al creciente interés del público por extender el sistema de enseñanza.

Por ejemplo, a los padres de un niño que estudia lectura en quinto grado es posible presentarles en detalle las competencias específicas de lectura que se espera que el niño demuestre al término del curso. Con frecuencia, las academias de instrucción en lectura o matemáticas anuncian sus programas en términos específicos de objetivos conductuales de avance para el aprendiz. Estos cambios en el estableci-

miento de las metas educativas han sido en gran parte provocados por el influjo que los conductistas ejercieron en la enseñanza.

2. *Análisis de tarea o de habilidades*

En la tendencia a estipular metas educativas en términos conductuales está implícito el requisito de que el educador analice la tarea criterio (por ejemplo, multiplicar dos números de tres dígitos) en sus componentes conductuales elementales y observe la manera en que ellos se organizan. Esto conduce, a su vez, a la evaluación del repertorio inicial del niño y al diseño de un programa educativo que enseñe los diversos componentes de la habilidad criterio. Para multiplicar dos números de tres dígitos, al niño se le debe enseñar —entre otras cosas— a escribir los números en columnas, a multiplicar la parte inferior de derecha a izquierda, a llevar los dígitos de diez de una multiplicación y agregarlos a la siguiente columna, a cambiar el punto de partida de la segunda y tercera líneas de la multiplicación por un lugar, etcétera. Estos microanálisis revelan la complejidad de las habilidades que comúnmente se enseñan en la escuela. La obra de Gagné (1970 y Gagné y Briggs, 1974) ha sido muy útil para descomponer varias habilidades educativas en una *jerarquía* de subhabilidades, al observar cómo depende una de otra. Más adelante examinaremos este trabajo, cuya idea central se ha aplicado en la investigación educativa (véase Calfee y Drum, 1978, para un análisis de tarea de las habilidades elementales de lectura).

3. *Moldeamiento*

El análisis de una meta educativa en una jerarquía o serie de componentes conductuales implica un programa educativo. En particular, las habilidades fundamentales se enseñan primero porque, según el análisis de tarea, otras partes de la competencia criterio dependen de éstas. Así, la multiplicación de dos dígitos no se enseña sino hasta que el niño ya puede efectuar multiplicaciones de un dígito y sumar; la suma no se enseña sino hasta que se identifiquen y usen los números mismos, discriminativamente. Por lo tanto, un análisis de tarea criterio establece el *orden* en el cual deben enseñarse y dominarse las habilidades componentes. Esta progresión del adiestramiento desde lo simple a lo complejo, desde una unidad conductual simple hasta una secuencia de unidades, es muy parecida al procedimiento de *moldeamiento* de Skinner, en el cual se enseña a los animales habilidades complejas. Una diferencia reside en que el moldeamiento de animales el entrenador debe esperar que ocurra una aproximación de la respuesta deseada antes de que pueda reforzarla, mientras que para los niños el profesor (o el texto) generalmente instruye al describir la respuesta correcta o al demostrarla mediante algunos ejemplos. Por supuesto, si los niños tienen grandes deficiencias lingüísticas o fracasan invariablemente en prestarle atención al profesor, éste debe emplear métodos de condicionamiento operante (acerca de la enseñanza del lenguaje a niños psicóticos no verbales, véase Lovaas, 1976).

4. *Respuesta activa*

Los conductistas creen que las personas aprenden mejor al manejar activamente el material de aprendizaje, responder a él, y relacionar una parte con otra. Guthrie, Thorndike y Skinner han puesto el énfasis en la respuesta activa. Las personas tienen más probabilidades de aprender del texto si se les formulan pre-

guntas acerca de él, si buscan las respuestas en el propio texto y las repiten activamente para sí mismos. En varios experimentos verbales (Bobrow y Bower, 1969; Slamecka y Graf, 1978) se ha demostrado que los adultos recuerdan mejor la información que han tenido que conectar activamente de alguna manera prescrita. Por ejemplo, en los experimentos de Bower y Masling (1979) los adultos mostraron una mejor memoria para un conjunto de enunciaciones correlacionadas o leyes empíricas falsas (por ejemplo, "la tasa de la esquizofrenia se incrementa con el tamaño de la familia") si se los obligaba a inventar una explicación causal de cada una en el término de unos cuantos segundos. Generar una explicación personal resultaba mucho más benéfico que leer una explicación realizada por otra persona. Además, todos los cursos de mejoramiento de lectura destacan la importancia de que los lectores esbocen mentalmente el contenido de lo que leen, y lo escriban enseguida de examinar superficialmente el material. El esbozo ha de completarse o corregirse a medida que los estudiantes lean otra vez el material, a un ritmo más lento.

Otro ejemplo de respuesta activa se da en el aprendizaje de las matemáticas. Aparentemente éstas se enseñan y se aprenden, en gran parte, al trabajar con miles de problemas, los cuales ejemplifican ciertos conceptos matemáticos, operaciones o reglas. En el aprendizaje de las matemáticas practicamos realizando muchos de estos ejercicios hasta llegar a un nivel donde algún tiempo después podemos desempeñarnos correctamente, pero sin ser capaces de establecer las reglas generales de las matemáticas que justifican nuestra ejecución (por ejemplo, los pasos algebraicos detallados para resolver dos ecuaciones lineales con dos incógnitas). Las reglas se han traducido en hábitos automáticos, o "producciones", que en gran medida se llevan a cabo sin la verbalización o el esfuerzo consciente (véase el examen de las producciones en el capítulo 12).

5. *Recitación y práctica*

En la mayor parte de las habilidades académicas básicas como la lectura, la escritura y la aritmética no existe ningún sustituto para la práctica reiterada. Sólo mediante la práctica estos hábitos se volverán automáticos y se ejecutarán con rapidez y sin esfuerzo. Como los hábitos basados en las reglas deben ser generales (por ejemplo, multiplicar *cualquier* número de tres dígitos), obviamente debemos practicar con una variedad de ejemplos específicos de la regla. Esta ejercitación también es muy benéfica si cada respuesta va seguida de retroalimentación que indique si es correcta o equivocada y, si lo es, dónde reside el error.

Muchos estudios en el aprendizaje verbal han demostrado que el hecho de que el sujeto practique la recitación del material que ha de aprender constituye una influencia positiva sobre la memoria posterior. En un experimento clásico de Gates (1971) se demostró que después del tiempo mínimo necesario dedicado a la lectura pasiva del material que había de aprenderse (biografías y sílabas sin sentido en diferentes experimentos), los estudiantes aprendieron más no al leer una y otra vez, sino al tratar de recitar activamente el material de memoria, instigándose o recordándose a sí mismos mediante el texto a fin de cubrir los detalles olvidados. Los resultados se han sostenido bastante bien con otros materiales durante los años siguientes. El valor de la recitación activa es en parte motivacional, ya que el sujeto establece metas personales de recuerdo y verifica su progreso; el valor es también parcialmente informativo, ya que los fracasos en una recitación destacan

el material específico en el que los esfuerzos de aprendizaje y retención deberán concentrarse en el siguiente ciclo. Además, parece que el recuerdo posterior es en gran medida una cuestión de recuperar el plan actual para la recitación.

La recitación activa es una prescripción común en todas las guías acerca de las habilidades de estudio, y es claramente benéfica. Después de leer una sección del texto, al estudiante se le pide que bosqueje los puntos principales y que recite ese esbozo y su contenido de memoria, en varios momentos.

6. *Guías de estudio prescritas*

Estas prescripciones de repetición en voz alta y revisión son las últimas dos *R* del famoso programa *EPL2R* para el mejoramiento de las habilidades de estudio (Robinson, 1961) que se enseñan en muchas escuelas. Las partes de la fórmula se refieren a los aspectos importantes de la lectura y la asimilación del material textual; por ejemplo, un capítulo de un libro de texto escolar. El primer componente consiste en *examinar* el contenido del capítulo leyendo los encabezados de sección; el segundo, en plantearse a uno mismo de cinco a diez *preguntas* basadas en tales encabezados; el tercero consiste en *leer* el texto y buscar respuestas a las preguntas planteadas; el cuarto, en *recitar* en las propias palabras el contenido de lo que se leyó y tal vez escribirlo en forma de bosquejo. Finalmente, en el quinto se trata de *revisar* el esbozo y volver a leer el capítulo para refrescar sus puntos principales.

El examen preliminar proporciona al estudiante una estructura para que organice los numerosos puntos que debe leer. Este esbozo actúa como un *organizador previo* (Ausubel, 1960) que ayuda al aprendiz a categorizar, encasillar e interrelacionar los temas específicos del capítulo. La razón fundamental que sustenta a los organizadores de avance proviene de la creencia inicial de los psicólogos Gestalt de que un conjunto de información se aprende mejor al *comprender* cómo se complementa, qué partes dependen de —o se apoyan en— otras, y cómo se organizan. Por supuesto, los bocetos de capítulo y los de lectura cumplen exactamente este cometido. Las investigaciones posteriores acerca del aprendizaje a partir de un texto (por ejemplo, Meyer, 1975; Kintsch y van Dijk, 1979) se han interesado en la organización de los textos, en la manera en que el escritor comunica esta organización al lector, y en la forma en que tal comunicación puede facilitarse. Parte de este material fue examinado en el capítulo 13.

Un problema básico con esas guías prescritas de estudio es que a los estudiantes les parecen un trabajo arduo (más que la lectura pasiva), y por eso tienden a no aceptarlas y a no continuar con ellas si no se integran algunos incentivos poderosos (reforzadores). Pareciera que el deseo del estudiante de alcanzar una calificación alta es un reforzador demasiado remoto o débil, por lo tanto, muchos programas de mejoramiento del estudio requieren del autorreforzamiento contingente del logro de metas de estudio cotidianas.

7. *Conductas reforzantes pertinentes a la tarea*

El reforzamiento de las conductas de estudio es un ejemplo del problema más general de moldear las conductas de importancia educativa. La cuestión surge al adiestrar a los estudiantes no sólo en hábitos de estudio autodirigidos, sino también en el comportamiento apropiado en el salón de clases. En la escuela primaria esto por lo común significa que el alumno debe llegar a tiempo, sentarse y perma-

necer en silencio, atender a las explicaciones del maestro y seguir sus instrucciones acerca de cualquier tarea de aprendizaje. Estas conductas elementales son necesarias para fomentar un ambiente libre de desorden y distracción, en el cual la instrucción y el aprendizaje tengan oportunidad de hacerse efectivos. En una sección posterior discutiremos algunas técnicas de modificación de la conducta que se emplean en el salón de clases.

Para volver a las actividades de aprendizaje, los psicólogos se han dedicado a investigar muchos problemas académicos que son resultado de la falta de atención, de la deficiente concentración y de defectuosos hábitos de estudio. Si un niño descubre que no puede concentrarse en la lectura, es posible alterar el ambiente a fin de reducir al mínimo la distracción; el material de lectura también puede modificarse para provocar y mantener un elevado nivel de concentración. Guthrie diseñó un método en el cual el estudiante se sienta en silencio y abandona su pupitre tan pronto como observa que su mente se distrae de la tarea. Mediante esta técnica, el pupitre y los libros se asocian exclusivamente con el estudio, no con pensamientos y fantasías que compiten con él. Un método más efectivo consiste en pedirle al niño que conteste una pregunta después de una o dos oraciones de la lección, y recompensar de inmediato sus respuestas correctas. En el transcurso de los ensayos se incrementa el número de oraciones leídas antes del examen, y las preguntas de éste piden la integración de información a partir de diversas instrucciones. Este método puede complementarse con la autoinstrucción (Meichenbaum y Asarnow, 1979), donde se enseña al niño a recitar en silencio (y seguir) un monólogo de orientación antes de la lectura y mientras ésta se desarrolla. El monólogo recalca la formulación de preguntas acerca del contenido del párrafo, para hacer un boceto a medida que se lee, relacionar una idea con otra o con algo más que se conozca, etcétera. Estos métodos simples resultan muy efectivos al tratar con niños que han tenido graves deficiencias en la concentración y en la comprensión de lectura.

Las habilidades adultas de estudio también se han mejorado mediante los procedimientos de reforzamiento (Wark, 1976; Watson y Tharp, 1977). Son típicos los problemas de los estudiantes del bachillerato superior y de la universidad que no han formado hábitos de estudio apropiados. En el programa usual se le pide al estudiante que observe y registre su conducta de estudio durante una semana. Entonces se inicia un procedimiento de adiestramiento de reforzamiento en el cual el alumno estudia sólo en uno o dos lugares donde no hay distracción, y se refuerza a sí mismo con algún privilegio deseado (por ejemplo, ver televisión) únicamente si cumple con ciertas metas de estudio mínimas (por lo general, el tiempo invertido, las páginas leídas o los problemas solucionados) durante un día. A menudo el estudiante redacta su propio "contrato", especificando las metas que debe lograr para recompensarse a sí mismo. A medida que el programa continúa, aumenta la cantidad de trabajo requerida para el reforzamiento, y los reforzadores se tornan más simbólicos (por ejemplo, puntos ganados para asistir al cine durante el fin de semana). El estudiante es su propio "observador y reforzador", y normalmente efectúa una gráfica de su tiempo de estudio en cada curso académico. La gráfica de los logros autoinducidos (por ejemplo, las páginas que un autor escribe al día) con frecuencia es más reforzante que cualquier otra recompensa tangible. Junto con estas técnicas de reforzamiento para incrementar el tiempo de estudio, el maestro también instruye al estudiante en métodos de estudio efectivos como el *EPL2R*

que hemos mencionado, y técnicas para tomar notas (en lecturas o conferencias) y revisarlas a fin de promover el aprendizaje.

Estas técnicas de reforzamiento son efectivas para superar el retraso, que equivale a la ruina de cualquier estudiante (y de cualquier profesional). La idea básica consiste en subdividir un trabajo en muchos pequeños pasos a submetas, establecerse una sola submeta en cierto momento, o recompensarse con un privilegio acostumbrado (por ejemplo, un café por la mañana, un cojín por la noche, la lectura del periódico) sólo si se alcanza la submeta diaria. También es útil obtener el apoyo de un grupo o de nuestros amigos para el programa fijado, debido al reforzamiento y a la motivación social que implica.

8. Ansiedad en la prueba

Aunque los educadores raras veces piensan en la ansiedad que genera la prueba, los estudiantes saben que ésta es un verdadero problema. Algunos se dejan llevar por el pánico durante los exámenes cruciales: se acelera su ritmo cardiaco, les tiemblan las manos y sus mentes quedan en blanco; interpretan las preguntas del examen de modo completamente erróneo, dan respuestas que más tarde reconocen como equivocadas, y desperdician el tiempo pensando en las consecuencias de su conducta.

Los psicólogos consideran que la ansiedad que acompaña a los exámenes es sólo un ejemplo del temor aprendido, y al igual que otros, puede reducirse considerablemente con el tratamiento correcto. Una técnica que ha demostrado ser exitosa es la de *sensibilización sistemática* (véase el capítulo 3).

Un procedimiento desarrollado por Wolpe (1958) sigue la idea del contracondicionamiento de Guthrie, y la desensibilización intenta sustituir la tensión y el temor que el estudiante experimenta en la situación de la prueba, por la respuesta de relajamiento. Se le enseña primero el relajamiento muscular profundo, y en su imaginación parea ese relajamiento con escenas visuales que gradualmente se aproximan a las situaciones de prueba que evocan la mayor ansiedad. Con la práctica repetida y la visualización, el estudiante extingue sus temores, y este estado conductual ha de transferirse a la situación de la vida real. Cuando sea posible, el procedimiento de relajamiento debe complementarse haciendo que el estudiante se relaje en la misma habitación en la que se aplicará el examen, que realice uno ficticio, etcétera. Se instruye al estudiante para que se relaje conscientemente mientras hace el examen, y para que se repita a sí mismo instrucciones de ajuste: "relájate, esto no es tan terrible. Concéntrate en el problema. Manténte tranquilo. Piensa en otras posibles enfoques de resolución del problema. Respira profundamente. Deja que tu cuello, tu mandíbula y tus hombros se relajen. Trabaja con constancia, y pronto lo terminarás" (Meichenbaum, 1977). Al estudiante también se le pueden enseñar habilidades específicas para realizar sus exámenes: de qué manera acertar en las preguntas de opción múltiple, cómo formarse una visión general acerca de un examen y de ese modo organizar el tiempo, de qué manera perfilar la respuesta para una pregunta de ensayo antes de comenzar a escribirla, etcétera.

Usando estas técnicas con estudiantes que tenían fobia a los exámenes, los psicólogos los han capacitado para reducir considerablemente su ansiedad durante la realización de la prueba a fin de mejorar su ejecución y sus calificaciones (Osterhouse, 1976).

9. Metas e intereses

Los psicólogos siempre han destacado que la mejor forma de fomentar el aprendizaje consiste en capturar el *interés* del aprendiz por el tema de estudio. Interés es un término que cubre de modo no analítico muchos factores, pero por lo común se refiere a la naturaleza reforzante del material mismo (como las recompensas de libros de historietas para los niños), o a la percepción que tiene el niño de que el aprendizaje de tal material posee un claro valor instrumental para obtener alguna meta reconocible que no sea la calificación en un curso. Este vínculo entre los objetivos del aprendizaje y las metas de la vida es lo que se conoce como "pertinencia" en los temas académicos. En muchos libros de texto y manuales de estudio se destaca explícitamente la relación entre el tema de estudio y los problemas prácticos de la vida cotidiana. Las prácticas de campo también incrementan la pertinencia del aprendizaje en el salón de clases. En algunos cursos universitarios de psicología y educación se hace que los estudiantes apliquen activamente lo que aprenden al trabajar de forma directa con pacientes psiquiátricos, niños retrasados o emocionalmente desequilibrados, drogadictos y otros sujetos. Estas experiencias de aprendizaje, que son valiosas no sólo para los estudiantes sino también para los receptores, a menudo incrementan de modo significativo la motivación de los estudiantes para aprender y a aplicar los conocimientos adquiridos en el salón de clases.

En otro nivel, educadores y psicólogos han descubierto que es muy útil conceder mayor libertad a los estudiantes para que establezcan sus propias metas, aprendan a su propio ritmo y evalúen su progreso (Goodwin y Coates, 1976). Sin embargo, los estudiantes pueden establecer sus propias metas sólo después de haber sido adiestrados para trabajar de modo responsable y efectivo, y para fijarse objetivos que correspondan a los del sistema escolar; por ejemplo, leer con un cierto nivel de corrección o superarlo. Pero dentro de esta estructura, los aprendices autodirigidos tienen probabilidades de ser más felices y mejores alumnos; vigilan su tasa de trabajo, establecen submetas de acuerdo con lo que pueden exigirse en una perspectiva realista, y escogen programas de reforzamiento o recompensas de apoyo que les son muy satisfactorias. Estos procedimientos proporcionan motivación, hacen que aflore un sentimiento de éxito y aumentan la autoestima, la confianza y la competencia. Por supuesto, la mejor característica de los aprendices autodirigidos es que sólo tienen una mínima dependencia hacia el maestro, y están propensos a continuar aprendiendo cuando ya no se apliquen los requisitos formales de la escuela. La desventaja es que los aprendices autodirigidos crean problemas con el horario de clases, el programa de estudios y las actividades del maestro. Se requiere de una nueva planeación y de un cambio en las rutinas tradicionales para que el aprendizaje autodirigido sea operante.

10. Estructuración perceptual de las tareas

Una prescripción usual de los psicólogos Gestalt para el diseño de los materiales de instrucción consiste en hacer que la muestra perceptual destaque las características esenciales del problema. Los dispositivos visuales, como las películas, las fotografías y los diagramas, presentan información estructurada en el espacio de cierta manera que se asemeja a su organización conceptual. Por ejemplo, la información en un párrafo de un texto que describe qué personas pertenecen a qué grupos, y qué grupos corresponden a qué organizaciones, puede descri-

birse como un diagrama de árbol o una red con nodos que representan grupos, y flechas entre los nodos que simbolizan la relación de pertenencia a esos grupos. El dispositivo visual materialmente mejora la memoria para el párrafo mismo. De modo similar, al presentar a los estudiantes problemas de física, un texto útil ofrecerá el diagrama de un modelo o situación física correspondiente en el cual se recalcan los factores más importantes. Quienes elaboran textos y programas de estudio conocen bien estas prescripciones acerca del énfasis perceptual, aunque no siempre las respetan.

Para enseñar a los niños conceptos complejos, una estrategia útil (recomendada por los teóricos del aprendizaje) consiste en mostrar muchos casos negativos cercanos y contrastantes ("yerros por poco") junto a una variedad de casos positivos. En la figura 15.1 se presentan grupos de casos positivos y negativos para enseñar a los niños el concepto de la letra *A* mayúscula escrita a mano. El ver las variaciones manuscritas dentro de los casos positivos permite al niño aislar características críticas y su rango admisible de variación. El conjunto de casos negativos de yerros aproximados también le ayuda a aprender qué características debe tener o no una *A* (como una barra horizontal cerca de la mitad de las líneas inclinadas, o una línea horizontal extra o una vertical dentro de las mismas). Cada yerro resalta una característica o relación contrastante ligeramente distinta entre las partes, necesaria para un patrón *A*, y permite al niño desarrollar una regla complicada para la discriminación. Estas prescripciones —utilizar los yerros para enseñar conceptos difíciles (por ejemplo, distinguir *turista* de *inmigrante*)— nos parecen de buen sentido común y de una naturaleza arraigada en los maestros, pero en realidad fueron sugeridas por la investigación de laboratorio acerca del aprendizaje de discriminación.

11. Enseñanza para la comprensión

La investigación de laboratorio, iniciada por psicólogos Gestalt como Katona (1940), ha demostrado que el material aprendido mediante la comprensión de las razones (o las reglas) que sustentan algún fenómeno se retiene mejor y se transfiere con más facilidad que el mismo material aprendido por memorización de rutina.

Por ejemplo, en las matemáticas un estudiante estará en mejores condiciones (para pruebas posteriores) al aprender el mecanismo que sustenta la generación de la distribución binaria, que si sólo memoriza la fórmula final para la distribución. De modo similar, debe aprender el sentido de una derivación matemática —como la diferenciación de las funciones trigonométricas— en vez de aprender tan sólo la fórmula, ya que el recuerdo posterior del sentido le permitirá volver a derivar la fórmula mucho tiempo después de que la haya olvidado con la memoria rutinaria. Las razones del rápido olvido de las fórmulas estadísticas sin sentido son obvias. Las que se recuerden son similares o interfieren unas con otras, y no hay una regla que nos ayude a clasificarlas, mientras que los conceptos que sustentan a las fórmulas son significativos, bien diferenciados, e interconectados en un sistema lógico de reglas.

Por lo general, los maestros advierten que es preferible el aprendizaje por comprensión (cuando resulta factible) e intentan enseñar a sus alumnos a comprender conceptos, las interrelaciones de los mismos, y la base para las operaciones y reglas. Desafortunadamente, si los estudiantes no logran comprender en

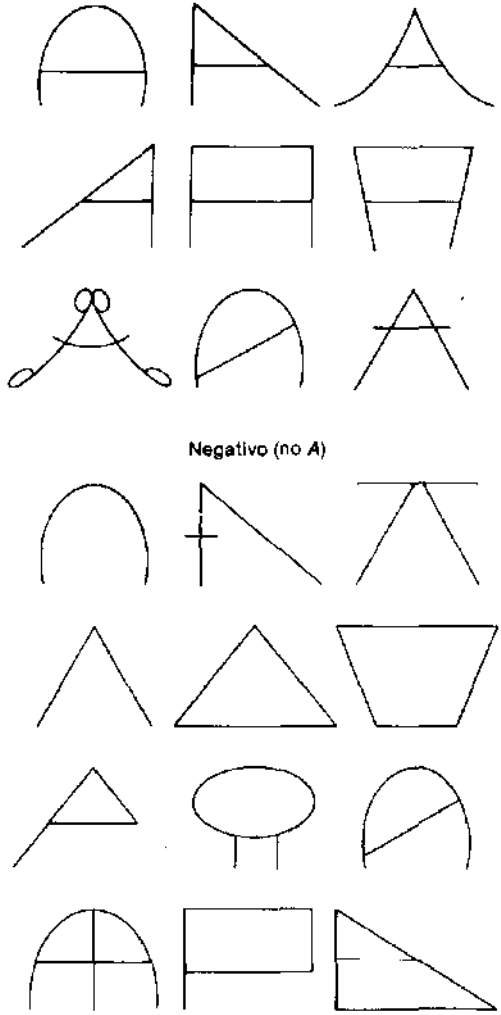


Figura 15.1. Colección de ejemplos positivos y negativos de yerros por poco de letras *A* mayúsculas.

el nivel conceptual, a menudo se dejan llevar por el pánico y recurren a la memorización repetida de las fórmulas.

12. Dispositivos mnemónicos

Con el paso de los siglos, tanto las personas con dotes teatrales como los maestros han desarrollado una batería de auxiliares de la memoria o dispositivos mnemónicos para ayudarse a sí mismos o a sus estudiantes a aprender material de

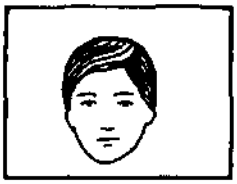
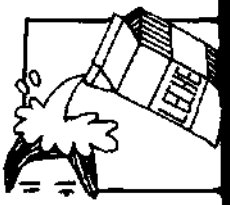
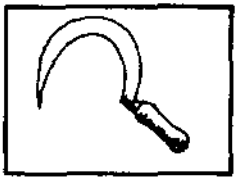
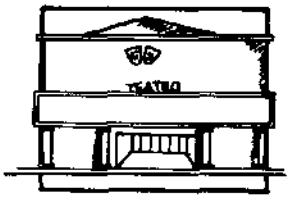
importancia. Un dispositivo mnemónico es un método para elaborar algún material que habrá de aprenderse, hacerlo más significativo, relacionarlo con cosas conocidas y guiar el propio recuerdo con el objetivo de mejorar el aprendizaje y el mismo recuerdo. En el capítulo 13 hemos examinado estos dispositivos.

La mnemotecnia intenta resolver problemas prácticos de la memoria. Los métodos, que varían con el material por aprender y la forma en que la memoria se someta a prueba, se explican en muchos de los libros más populares para el mejoramiento de la memoria (Furst, 1958; Lorayne y Lucas, 1974). Las pruebas del laboratorio demuestran que los métodos suelen ser sumamente efectivos. A continuación veremos algunos de ellos.

Una técnica para aprender números (por ejemplo, números telefónicos) consiste en dividirlos en grupos pequeños de 3 o 4 dígitos, convertir a cada uno de ellos en un sonido consonante estereotipado (por ejemplo, todos los números 2 son *N*, todos los 4 son *R*, etc.), y agregar vocales para formar una palabra significativa con cada grupo. Las palabras codificadas se recuerdan entonces en asociación con la persona que tiene ese número telefónico. Esas palabras vuelven a convertirse en el número cuando se lo necesita.

Una técnica para aprender un conjunto o una serie de reactivos es el método de la palabra pretexto. Los ejemplos serían una lista del mercado, la serie de puntos en un discurso que debemos pronunciar o escuchar, las leyes de la percepción visual, etcétera. Se memoriza primero una lista de diez o más palabras pretexto usando algún sistema, como las rimas: "Bruno 2-hoz, 3-res, 4-teatro..." Éstas se emplean como "ganchos" mentales de los cuales se "cuelgan" las imágenes que representan a los reactivos que se desea recordar. El truco consiste en asociar una imagen de la primera palabra pretexto con una imagen concreta del primer reactivo, la segunda palabra con el segundo reactivo, y así sucesivamente. En la figura 15.2 se ilustran los primeros cuatro "ganchos" y las imágenes interactivas para los cuatro primeros reactivos de una lista. La escena interactiva para cada reactivo ha de imaginarse alrededor de cinco segundos, a medida que se presenta la lista. Más tarde, cuando se desea recordarla, uno debe instigarse a sí mismo al recitar la lista conocida de palabras pretexto, y preguntarse en cada una: "¿qué visualicé con Bruno?, ¿la hoz?, ¿la res?..."

Los experimentos demuestran que el método es muy efectivo, que a menudo incrementa el recuerdo al doble o al triple, y lo ordena correctamente (Bower, 1970*a*). Pueden colocarse muchas listas distintas con las mismas palabras pretexto, con una ligera interferencia proactiva al recordar la lista más reciente. Un método comparable utiliza instantáneas mentales de *ubicaciones* a lo largo de una ruta conocida (por ejemplo, el camino que se recorre para llegar a la escuela) en lugar de las imágenes de palabras pretexto; el empleo de las instantáneas mentales para memorizar otras listas es similar al de las palabras pretexto y produce beneficios equivalentes para el recuerdo. Ambos métodos dependen de las asociaciones imaginarias de reactivos y de un proceso que consiste en instigarse a sí mismo a fin de revivir cada asociación. El método de la palabra pretexto se recomienda a los estudiantes que deben recordar mucha información arbitraria, o una extensa lista de elementos en orden. Convertir materiales académicos en forma de palabras pretexto (por ejemplo, traducir ideas abstractas a una imagen concreta que recuerde la idea), permite a los estudiantes usar el método y mejorar notablemente su memoria y su ejecución en la prueba. Así, es muy aconsejable que los maestros pro-

Número de reactivo	Palabra pretexto	Imagen pretexto	Reactivo para ser recordado	Imagen de conexión
1	Bruno		leche	
2	hoz		pan	
3	res		plátanos	
4	teatro		nieve	

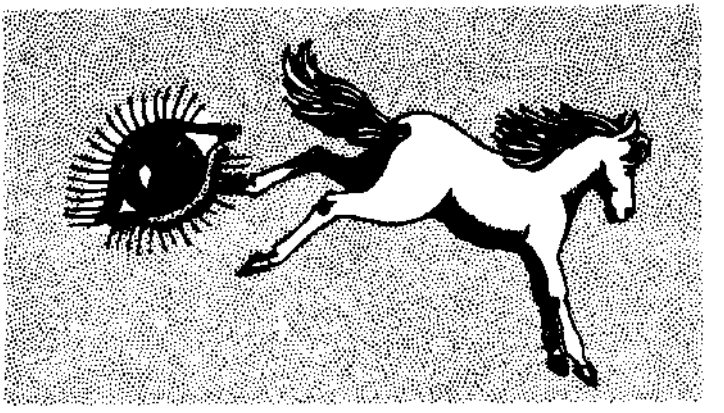
Imágenes de conexión:

1. Leche derramándose sobre la cabeza de Bruno
2. Una hoz que rompe un pedazo de pan francés
3. Varias pencas de plátanos que cuelgan de los cuernos de una res
4. La nieve que cae sobre el techo de un teatro

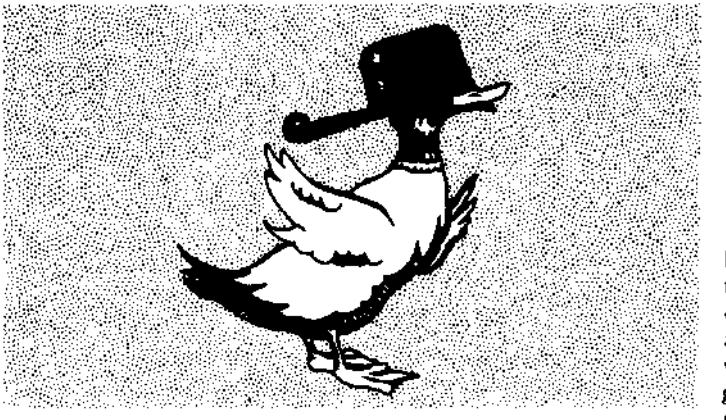
Figura 15.2. Ilustración del uso de una nemotecnia de palabra pretexto para recordar una lista.

porcionen dispositivos mnemónicos para los temas de estudio que los alumnos deben recordar.

Atkinson (1975; Raugh y Atkinson, 1975) ha proporcionado una demostración de gran significación educativa, de los dispositivos mnemónicos en la enseñanza de vocabularios de una lengua extranjera a estudiantes universitarios. Por ejemplo, la tarea de asociar una palabra española con su equivalente inglés se descompone en dos pasos: primero, pensar en una *palabra clave* inglesa con un sonido semejante a la totalidad o a una parte del vocablo español. Así, *caballo* suena como "cob-eye-yo", de modo que *eye* sería una palabra clave apropiada; de manera similar, *pato* suena como "pot-ho", y por lo mismo *pot* sería una palabra también adecuada. La segunda etapa, que se describe en la figura 15.3, consiste en asociar la palabra clave con la *traducción* inglesa de la palabra española al visualizar alguna escena de in-



CABALLO —eye— HORSE



PATO —pot— DUCK

Figura 15.3. Método de palabra clave para el aprendizaje del vocabulario inglés-español (tomada de Atkinson, 1975).

teracción entre los dos objetos. Así, caballo significa "horse"; por lo tanto, podemos imaginarnos un caballo que patea un gran ojo, o un caballo con un ojo ciclópeo en la frente. Pato significa "duck", y se puede pensar en un pato con una olla que le cubre la cabeza. Estas imágenes tan extravagantes unen dos palabras distintas en la memoria. Aunque las dos fases se han descrito por separado, pueden enseñarse juntas, como se observa en la figura 15.3. Después de completar ambas fases, el aprendiz está en condiciones de pensar rápidamente de la palabra española a la palabra clave para la traducción. Éste es un ejemplo de aprendizaje mediano, que se examinó en el capítulo 6.

Atkinson demostró que este procedimiento básico tenía una gran efectividad en comparación con un procedimiento de control en el cual los sujetos aprendían los reactivos del vocabulario sin ayuda de dispositivos mnemónicos. En un experimento, los sujetos entrenados con el método de la palabra clave aprendieron un vocabulario ruso de 120 reactivos casi dos veces mejor que los sujetos de control, a los que se les daba un tiempo de estudio similar. La ventaja también se manifestaba en una prueba al término de seis meses. El método de la palabra clave establece asociaciones de doble sentido, de modo que un estudiante que ha aprendido a traducir del español al inglés muestra una ligera ventaja sobre los sujetos de control cuando se le pide que traduzca del inglés al español. En otros experimentos, Raugh y Atkinson (1975) demostraron que la dificultad de aprender un par ruso-inglés con el método de la palabra clave podía descomponerse claramente en factores de dos partes: la probabilidad de recordar el vínculo entre el ruso y la palabra clave por la probabilidad de recordar el vínculo entre el vocablo clave y la traducción. Los sujetos aprenden mejor si ellos mismos construyen su propio vínculo entre la palabra clave y la traducción, pero tienen dificultades para diseñar una palabra clave útil. En este aspecto, el tutor es muy efectivo.

El programa con ayudas mnemónicas fue tan fructífero en el trabajo de laboratorio que se empleó en la enseñanza de vocabulario en clases experimentales de ruso y español elemental en la Universidad de Stanford, entre 1974 y 1976. Los estudiantes mostraron un aprovechamiento superior: les agradó el método de la palabra clave y con frecuencia las pedían cuando no se proporcionaba ninguna. Dicho de otro modo, los estudiantes y los profesores recibieron favorablemente el método. Sin embargo, no todos los maestros de lengua extranjera simpatizan con los dispositivos mnemónicos, pues creen que complican lo que a la postre debe convertirse en un proceso de recuperación automática. Las personas que dominan un idioma raras veces comprenden qué grande y difícil es el problema del aprendizaje de vocabulario para el estudiante; además, los expertos en mnemotecnia afirman que los mediadores (palabras claves e imágenes) disminuyen con el uso continuado de las palabras. En cualquier caso, la aplicación de la mnemotecnia al aprendizaje de un vocabulario extranjero, tiene probabilidades de aumentar en los futuros programas de estudio.

Control del salón de clases

Una influencia reciente de la psicología del aprendizaje en la educación ha sido la introducción de diversas técnicas de reforzamiento para ayudar a los maestros a fomentar un mejor ambiente de aprendizaje. Para que éste tenga lugar, los estudiantes deben ser capaces de trabajar y estudiar sin interrupciones y distracciones

frecuentes. Cualquier maestro, no importa cuán liberal sea, quiere que sus alumnos respeten algún conjunto de reglas; por ejemplo, llegar a clase a tiempo, escuchar con atención, abstenerse de hacer ruido o de distraer a los demás, trabajar en silencio, etcétera. Cuando un niño viola las reglas reiteradas veces, surgen problemas, lo cual obliga al maestro a imponer castigos y convierte al salón de clases en una colonia penal en miniatura.

A partir de la década de los sesenta, en los salones experimentales, se usó una variedad de procedimientos de modificación de la conducta basados en técnicas de reforzamiento positivo, con el propósito de tratar con uno o dos niños alborotadores o agresivos. En una situación estándar un maestro pediría a un psicólogo que lo ayudara con un niño problemático; el psicólogo, el profesor, y tal vez el propio niño, discutirían la conducta conflictiva y se pondrían de acuerdo acerca de un medio objetivo para contarla y registrarla. Comienza entonces un periodo de registro de línea base, en el cual el maestro o el psicólogo investiga la frecuencia de la conducta problemática en una clase específica, durante una semana. Así, se introduce una contingencia de reforzamiento y se le explica al niño que ganará el elogio del profesor o un cierto número de puntos, fichas o recompensas tangibles si muestra la "buena conducta" especificada (por ejemplo, trabajar en silencio en su pupitre), mientras que la mala conducta especificada se ignora o castiga mediante la pérdida de puntos o fichas. Si después de aproximadamente una semana el programa de reforzamiento no opera, se alteran o se ajustan ciertos procedimientos. Tal vez sea necesario introducir una conducta más simple, un reforzador más poderoso, o eliminar los reforzadores no intencionales para la conducta indeseable; el programa continúa hasta que sus objetivos iniciales se cumplan. Entonces pueden establecerse nuevas metas para desvanecer gradualmente los reforzadores extrínsecos mientras se acrecienta la calidad de la atención del niño o sus habilidades de trabajo; después se instituyen nuevos programas de cambio conductual para esas metas.

Estos programas se han aplicado con ciertas variaciones a centenares de estudiantes en muchos salones de clases, y los resultados revelan un éxito sorprendente (O'Leary y O'Leary, 1972). Las técnicas también se aplican satisfactoriamente a otros grupos (niños "normales", retrasados mentales y delincuentes) de una gran diversidad de niveles educativos (desde preescolar hasta el bachillerato superior y la universidad) y una variedad de situaciones institucionales. Al comienzo, los estudios se centraban en hacer disminuir la conducta perturbadora (lo cual es necesario para la instrucción ordenada), pero más tarde propendieron a la promoción de conductas académicas, como la ortografía, problemas de matemáticas, descripciones o composiciones verbales creativas, construcciones arquitectónicas novedosas, etcétera.

Para dar una idea de estos programas, revisaremos detalladamente un estudio de Packard (1970) que ilustra un procedimiento de reforzamiento contingente de grupo. Se trata de un experimento efectuado en un salón de clases con niños de escuela primaria, en el cual un tipo general de conductas que se conocía como "prestar atención a la instrucción del profesor" se moldeaba mediante el manejo de las contingencias de reforzamiento. Este experimento fue dirigido por un maestro durante las lecciones de lectura diaria de 30 minutos, con cuatro clases distintas (que abarcaban desde el jardín de niños hasta el sexto año de primaria).

En primer término se instituía una economía de fichas en el salón. Los niños y el

profesor elaboraban una lista de reforzadores y acordaban cuántas fichas (de póquer) debía costar cada reforzador. Las actividades típicas de reforzamiento consistían en 10 minutos de acceso al juego con una máquina de escribir eléctrica, sentarse junto a un amigo en la siguiente clase, 15 minutos de juego en el gimnasio, servir como ayudante del maestro durante el próximo periodo, o 10 minutos de tiempo para tocar el piano. Estas actividades podían comprarse con fichas que el niño ganaba al portarse bien. Así, las fichas servirían como reforzadores condicionales. Durante este tiempo, la frecuencia de línea base de las "conductas de no atención" de los miembros de la clase se estimaba en diversas ocasiones, y eran consideradas. Las conductas de atención se definían con claridad y consistían principalmente en sentarse en silencio, mirar y escuchar al maestro y estudiar las propias lecciones; la conducta de no atención incluía ponerse de pie y caminar por el salón de clases, hablar con los compañeros, cantar, dormir, hacer garabatos, jugar con aviones de papel, etcétera.

A continuación se instituía la contingencia de grupo y se le explicaba con detalle a la clase; se daban fichas a todos los alumnos si la clase prestaba atención al profesor por encima de un porcentaje especificado en la lección de lectura de 30 minutos. Las conductas específicas que contaban como "prestar atención" se repitieron a los niños cuidadosamente.

Por último, una luz de indicio colocada en un lugar prominente sobre el escritorio del profesor, servía para informar a la clase que el maestro pensaba que todos le prestaban atención (luz verde), o que juzgaba que algunos niños estaban distraídos (luz roja). El maestro accionaba los interruptores de la luz verde o roja sin hacer comentarios acerca de los alumnos infractores. Los estudiantes sabían que mientras la luz permaneciera verde, un reloj de registro acumulaba "tiempo de atención" para la meta de la sesión; cuando la luz roja, la clase completa perdía tiempo y era probable que no consiguiera sus fichas para la lección de ese día. Las luces verde y roja servían como reforzadores condicionados y castigadores, respectivamente. Huelga decir que había fuertes presiones de grupo (amenazas de castigo) sobre los alumnos que no prestaban atención.

Llamaremos "porcentaje de atención" a la porción de una lección de 30 minutos durante la cual la clase completa prestaba atención. En un comienzo, el porcentaje de atención requerido para el reforzamiento de grupo, se establecía a un nivel muy bajo, pero después se estipulaba con criterios más estrictos mediante el moldeamiento. Al principio, cada niño recibía, por ejemplo, tres fichas si el porcentaje de atención del grupo superaba el 40% (o 12 minutos de la lección de 30 minutos). Si la clase excedía esa cantidad en un 10%, cada uno de los alumnos recibía una bonificación de 2 fichas. Éstas siempre se entregaban al término de cada lección y el niño podía cambiarlas de inmediato por un reforzador de valor bajo o ahorrarlas para obtener después de algunos días un reforzador de alto valor. Luego de varias sesiones exitosas en un criterio, éste se incrementaría de modo que se requirieran porcentajes más elevados del tiempo de atención grupal para el reforzamiento con fichas; además, si el grupo fallaba y llegaba al 5% por debajo del criterio del día, se castigaba restándole una ficha a cada niño.

Este experimento de campo demostró un éxito espectacular para moldear la atención en el salón de clases y los hábitos de estudio. Cuando concluyó el procedimiento, la mayor parte de los grupos prestaban atención alrededor del 90%, rendimiento éste que era juzgado por observadores de la conducta así como por el

propio maestro. En el experimento, este procedimiento de reforzamiento explícito iba seguido de otros, que incluían instrucciones verbales simples para prestar atención junto con regaños repetidos; sin embargo, cuando se eliminaron los reforzadores de fichas, la atención de la clase muy pronto disminuyó a alrededor del 10 al 20% del tiempo. Cuando los reforzadores de fichas y los de apoyo se reinstalaron, la atención conjunta de la clase retornó a un nivel del 90%. La extinción de la conducta de atender al maestro cuando se eliminaban los reforzadores extrínsecos planteaba la interrogante de si tales recompensas debilitan el interés que los niños tienen por el material del salón de clases (Lepper *et al.*, 1977).

Este estudio ilustra los principios del moldeamiento, los reforzadores condicionados y el castigo en un conjunto complejo de conductas, con las contingencias programadas para el grupo como un todo. El método tuvo tanto éxito que lo adoptaron otros maestros en la escuela, a pesar de su anterior resistencia a los programas de control conductual. Es evidente que la atención al profesor y los buenos hábitos de estudio son necesarios para el aprendizaje, y su control es sumamente importante en la educación. Los estudios han demostrado que no sólo mejora el comportamiento de los alumnos, sino que también se incrementa su aprendizaje del material académico. Como el programa de modificación de la conducta les hacía prestar atención, comenzaron a aparecer más a menudo las consecuencias que normalmente asociamos con la educación: aprendizaje, pensamiento y creatividad.

Abundan las ilustraciones de este tipo acerca de las aplicaciones prácticas del manejo de contingencias en las escuelas, instituciones e industrias. Las técnicas son efectivas para establecer comportamientos adecuados y hábitos de estudio incluso en las situaciones más difíciles, frecuentemente con grandes beneficios para otros niños y la comunidad. Un ejemplo de un problema serio de la vida escolar resuelto por los programas de modificación de la conducta es la violencia en la escuela, las peleas de pandillas, los ataques al profesor, la extorsión entre niños y pandillas, el vandalismo y la destrucción de la propiedad escolar. En las escuelas de los distritos urbanos pobres en los Estados Unidos, la violencia y el vandalismo han llegado a proporciones alarmantes. Por tal motivo, se diseñaron varios programas de modificación de la conducta para clases o escuelas enteras con el propósito de identificar y eliminar los reforzadores reales que mantienen la violencia y el vandalismo, y reemplazarlos con reforzadores para conductas socialmente aprobadas o pertinentes a la educación. Por ejemplo, en un estudio realizado por Mayer y Butterworth (1979) en 20 escuelas de distritos urbanos de Los Ángeles (grados 4, 5, 6), se descubrió que los actos de vandalismo y violencia escolar en las escuelas experimentales se reducían en más del 50% en el transcurso de un año cuando se aplicaba un programa de modificación de la conducta en toda la escuela. Esta reducción tenía lugar durante un periodo en el cual el vandalismo en otras escuelas citadinas se elevaba drásticamente. Un índice de diferencia es el costo anual de reparaciones por vandalismo en las instituciones de control "no tratadas", que era casi 8 veces mayor que en las escuelas experimentales. Además, el alcance de las conductas educativamente relevantes en los salones de las escuelas tratadas, se incrementaba de modo considerable, al igual que sus calificaciones en pruebas estándar de logro educativo.

Esas aplicaciones de las técnicas de control conductual son totalmente apropiadas y necesarias en una escala más amplia. Indican algunos de los beneficios que la sociedad puede recibir de las aplicaciones a gran escala de las ideas conduc-

tistas. Éstas comienzan a difundirse y se aplican a la industria (para fomentar la seguridad), a los parques públicos (a fin de evitar que en ellos se deposite basura), a la conservación de la energía (con el propósito de reducir su desperdicio en los hogares e incrementar el uso compartido de los automóviles), etcétera. Otra importante aplicación de la teoría de la conducta se refiere a la psicoterapia con neuróticos y psicóticos (véase el capítulo 9).

TEORÍAS GENERALES DE LA INSTRUCCIÓN

La enumeración anterior de las contribuciones a la educación por parte de varias teorías carece de una estructura coherente. Los educadores han argumentado que se necesita algún tipo de teoría de la instrucción a fin de orientar las aplicaciones, una teoría que recomiende o prescriba procedimientos educativos, programas de estudio, y la secuencia de temas.

Muchas de las primeras teorías de la instrucción estaban incorporadas en la teoría curricular, una disciplina dentro del estudio de la educación que intenta organizar los materiales de instrucción de una manera ordenada para la enseñanza y el aprendizaje efectivos. Si hiciéramos un sumario de esta bibliografía (por ejemplo, McClure, 1971), nos alejaríamos mucho del tema; más bien nos interesamos en algunos lineamientos recientes hacia los cuales los psicólogos dedicados a la teoría del aprendizaje o a los aspectos del desarrollo cognoscitivo han dirigido su atención con el propósito de elevar al máximo la instrucción cuando el tema de estudio y el aprendizaje guiado están bajo investigación. Por supuesto, lo que han planteado es importante para el currículum, ya que una teoría de la instrucción es, en cierto sentido, una teoría del desarrollo del programa de estudios. Sin embargo, en la actualidad las teorías de la instrucción tienden a tratar con aspectos más limitados de la vida académica, que las teorías curriculares.

El desarrollo del aprendizaje programado, en el cual los psicólogos experimentales desempeñaron un importante papel, constituía un claro incentivo para una teoría de la instrucción; sin embargo, un programa así tenía que reflejar el contenido real del aprendizaje escolar y no quedar limitado a los materiales artificiales del laboratorio. Varios psicólogos educativos que durante la Segunda Guerra Mundial estudiaron a fondo los problemas reales de entrenar a pilotos de aviones de combate, o de enseñar idiomas exóticos, deseaban aplicar algunas de las lecciones que habían aprendido fuera de las fuerzas armadas. El resurgimiento del interés por los avances educativos después del lanzamiento del Sputnik, en 1957, ha hecho que los académicos de las áreas de matemáticas, física, biología y otros campos intervengan en el diseño de los materiales de instrucción. Los educadores profesionales dieron la bienvenida a estos nuevos aliados, y el encuentro originó un considerable trabajo de colaboración.

La teoría de la instrucción todavía no ha dado lugar a un sistema aceptado y perfeccionado por el constante intercambio entre la teoría, el experimento y el diálogo. Así las cosas, creemos que lo conveniente es proporcionar algunas ilustraciones. Con este propósito hemos escogido tres enfoques, asignados a los tres teóricos que los proponen, ninguno de los cuales está comprometido con una teoría global del aprendizaje como se ha descrito en capítulos anteriores. Más que opuestas, tales perspectivas son complementarias y no tratan exactamente los mismos problemas.

Análisis jerárquicos de tareas, de Gagné

Robert M. Gagné es un asociacionista formado en la tradición del aprendizaje verbal (véase el capítulo 6), que ha pasado del estudio de los problemas básicos en el laboratorio a las tareas prácticas del adiestramiento en la fuerza aérea durante la Segunda Guerra Mundial, dónde trabajó (aunque no de forma exclusiva) en varios dispositivos para simular la tarea del piloto. El investigador emergió de esta experiencia con la preocupación de hacer que los principios tradicionales del aprendizaje fueran más aplicables a las tareas de adiestramiento. Pensaba que para ello se necesitaban dos cosas: la primera, un análisis psicológico de las numerosas actividades componentes y de su montaje que un estudiante requiere para ejecutar alguna habilidad educativa compleja. Esto conduce a su idea de las jerarquías de tarea-habilidad, que discutiremos más adelante, y que nos dicen cómo hacer secuencias del adiestramiento de algunas habilidades antes que otras; segundo, esos análisis identifican para los investigadores un cierto número de tipos de aprendizaje, de modo que Gagné los estableció en una lista como la que aparece en el cuadro 15.1, dispuestos en orden de complejidad creciente. Ya hemos visto estos tipos de aprendizaje bajo otras denominaciones; por ejemplo, el tipo 1 es el condicionamiento clásico, los tipos 2 y 3 corresponden al condicionamiento instrumental, y los tipos 4 a 7 constituyen aprendizajes de discriminación. Resulta muy claro que al haber establecido tantos tipos distintos de aprendizaje, Gagné encontraba relativamente fácil describir muchos de ellos de acuerdo con los tipos propuestos.

Es probable que la mayor contribución del citado investigador fuera proponer

CUADRO 15.1. Los ocho tipos de aprendizaje de Gagné. (Adaptado de Gagné, 1970).

Tipo	*Breve descripción*
1. Aprendizaje de señal	La respuesta condicionada clásica de Pavlov, en la cual el individuo aprende a dar una respuesta difusa a una señal
2. Aprendizaje de estímulo-respuesta	El conexionismo de Thorndike, la operante discriminada de Skinner; llamada a veces respuesta instrumental
3. Encadenamiento	Se encadenan dos o más conexiones de estímulo-respuesta
4. Asociación verbal	Cadenas que son verbales
5. Discriminación múltiple	Identificar respuestas a los estímulos que se asemejan unas a las otras, de modo que ocurre alguna interferencia
6. Aprendizaje de conceptos	Una respuesta común para una clase de estímulos
7. Aprendizaje de reglas	Una cadena de dos o más conceptos; reflejada en una regla como "Si *A*, entonces *B*", donde *A* y *B* son conceptos
8. Solución de problemas	Interviene el pensamiento; los principios se combinan de acuerdo con una "regla de orden superior"

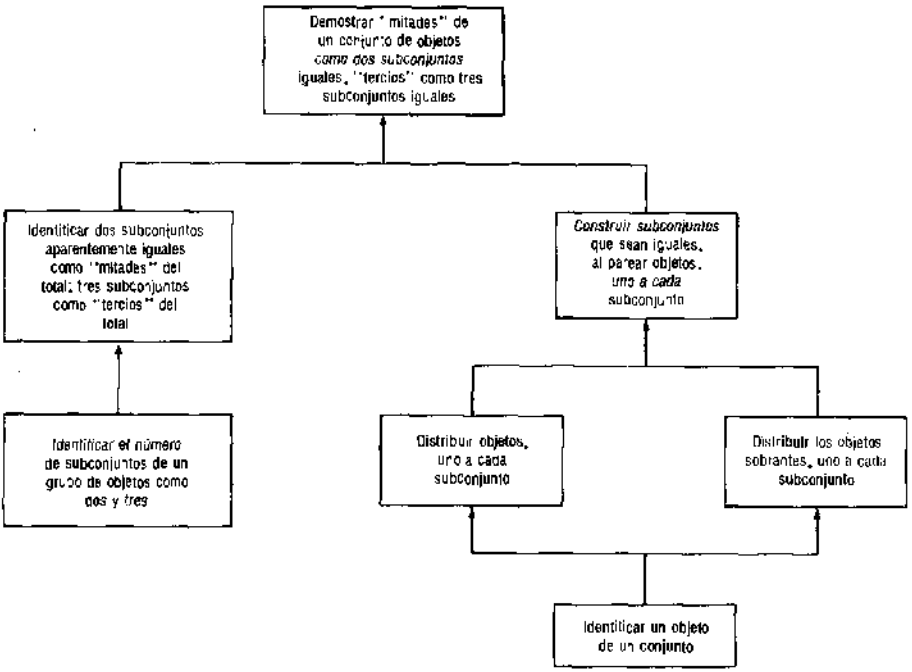


Figura 15.4. Jerarquía de aprendizaje de una habilidad matemática para niños que no asisten a la guardería infantil (tomada de Gagné, 1970).

jerarquías de habilidades y reglas en varias tareas académicas. Ha ilustrado la organización jerárquica de la instrucción escolar, conforme a sus tipos, para las matemáticas, las ciencias, las lenguas extranjeras y el inglés (1965, págs. 175 a 203; 1970, págs. 246 a 274).

En la figura 15.4 se describe un ejemplo de una jerarquía de habilidades para un niño en edad preescolar que aprende a dividir objetos en mitades o tercios iguales, y esta habilidad es un requisito esencial para comprender conjuntos y otros conceptos numéricos de la aritmética. Cabe preguntarse lo siguiente: ¿qué operaciones y discriminaciones debe hacer un niño para realizar con éxito esa tarea? Los análisis demuestran "que el niño debe ser capaz de: 1. identificar dos subconjuntos aparentemente iguales de un grupo total como 'mitades', y tres de tales subconjuntos como 'tercios' (un concepto definido); y 2. construir subconjuntos verdaderamente iguales al parear objetos con cada conjunto (una regla de procedimiento)" (Gagné, 1970, pág. 253). El análisis de la habilidad de identificar mitades o tercios requiere que el niño comprenda los conceptos de 2 y 3; el análisis de la construcción de subconjuntos iguales sugiere requisitos esenciales de "distribuir objetos, uno a cada subconjunto", y "distribuir los objetos sobrantes, uno a cada subconjunto". Esta jerarquía es como una receta de lo que hay que hacerse para sintetizar una conducta compleja, e indica la progresión en la cual deberían enseñarse las subhabilidades. Estas jerarquías deberán construirse para todas las habilidades educativas.

Consideremos otra jerarquía propuesta por Gagné (1965) para la lectura (véase la figura 15.5). Aunque ese perfil tiene cierta posibilidad, de ningún modo está claro que pueda diseñarse una secuencia de instrucción basándose en él. Asimismo, la noción básica de que los pasos inferiores de la jerarquía deben dominarse antes de que se aprendan los superiores quizá no sea siempre la mejor estrategia; puede ser muy bien que haya un tipo de desarrollo cíclico en el aprendizaje, en el cual las diversas etapas deben ampliarse y perfeccionarse reiteradas veces (como en el desarrollo del vocabulario).

Gagné continuó trabajando en estos problemas, y con la ayuda de Briggs se abocó directamente a la tarea de diseñar secuencias de instrucción (Gagné y Briggs, 1974). Aquí trató de modo explícito con el problema del curriculum. Le resultó útil

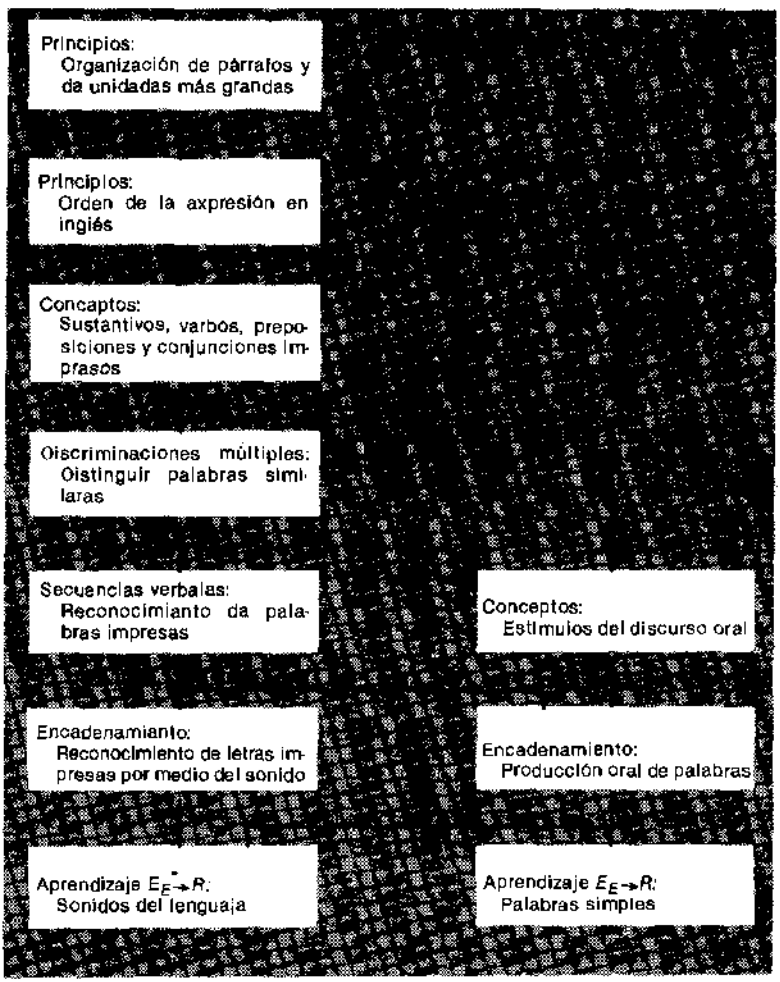


Figura 15.5. Una estructura de aprendizaje para las habilidades básicas de la lectura. (tomada de Gagné, 1965).

referirse a una jerarquía de niveles; por ejemplo, al hacer una secuencia de un curso, un tema dentro de ese curso, una lección dentro de ese tema, un componente dentro de esa lección. Ninguno de los pasos puede pasarse por alto, ya sea que todo se escriba o no al planear el currículum. Para mantener esta discusión dentro del contexto de la teoría del aprendizaje, podemos considerar cómo aplicó Gagné los principios de secuencia a algunos resultados expresados como productos del aprendizaje, en vez de conocimiento específico acerca de algún tema de estudio. Una de las tablas sumarias de Gagné aparece en el cuadro 15.2.

Es evidente que en cualquier teoría de la instrucción debe permanecer un gran sustrato de empirismo en la decisión acerca de cuánto tiempo y esfuerzo debe dedicarse a cada paso de una secuencia. El punto esencial es que Gagné ha descubierto que el principio jerárquico resulta útil para moverse de los principios del aprendizaje a la secuencia de instrucción. En este sentido, la jerarquía es la base de su enfoque de una teoría de la instrucción.

La teoría del desarrollo cognoscitivo, de Bruner

Jerome S. Bruner es un psicólogo cognoscitivista que se interesa fundamentalmente en el desarrollo de las capacidades mentales. Ejerció un fuerte influjo en la educación con la publicación de su libro *The process of education* (1960), que fue el resultado de una conferencia dedicada a los problemas educativos a la que asistieron muchas personas que no se habían identificado con la educación profesional. Más tarde, Bruner propuso algunos teoremas acerca de la instrucción, ilustrados con la enseñanza de las matemáticas, y avanzó hacia una teoría de la instrucción en una colección subsecuente de ensayos (Bruner, 1966). En estos últimos señala que una teoría de la instrucción es *prescriptiva*, en el sentido de que propone reglas para adquirir conocimiento o habilidades, y proporciona técnicas para medir o evaluar los resultados. También es *normativa*, puesto que establece metas y trata con las condiciones para satisfacerlas.

> Una teoría de la instrucción, en suma, se interesa por que lo que uno desea enseñar pueda aprenderse mejor, con un mejor aprendizaje que no se limite a lo descriptivo.
>
> Esto no quiere decir que las teorías del aprendizaje y del desarrollo sean irrelevantes para una teoría de la instrucción. De hecho, una teoría de la instrucción debe preocuparse por el aprendizaje y por el desarrollo, y debe ser congruente con aquellas teorías del aprendizaje y el desarrollo a las cuales se suscriba (Bruner, 1966, pág. 40).

Seguidamente especifica cuatro características que una teoría de la instrucción debe poseer:

1. *Predisposición para aprender.* Una teoría de la instrucción ha de interesarse por las experiencias y los contextos que tenderán a hacer que el niño esté deseoso y sea capaz de aprender cuando entre en la escuela.
2. *Estructura del conocimiento.* Especificará las formas en que un conjunto de conocimientos deben estructurarse a fin de que el aprendiz los entienda más fácilmente.
3. *Secuencia.* Habrá de especificar las secuencias más efectivas para presentar los materiales.
4. *Reforzamiento.* Tendrá que determinar la naturaleza y el espaciamiento de las recompensas, moviéndose desde las recompensas extrínsecas hasta las intrínsecas.

CUADRO 15.2. Características deseables de secuencia asociadas con cinco tipos de consecuencia de aprendizaje. (Tomado de Gagné y Briggs, 1974).

Tipo de resultado del aprendizaje	*Principios básicos de la secuencia*	*Factores de secuencia relacionados*
Habilidades motoras	Proporciona práctica intensiva sobre una parte de importancia crítica de la habilidad y práctica en la habilidad total.	Antes que nada, aprender la "rutina ejecutiva" (regla).
Información verbal	Para los subtemas centrales, el orden de presentación no es importante. Los hechos individuales deberán ir precedidos o acompañados de contexto significativo.	Por lo común, se da por sentado el aprendizaje previo de las habilidades intelectuales necesarias que intervienen en la lectura, en la audición, etc.
Habilidades intelectuales	La presentación de la situación de aprendizaje para cada habilidad nueva deberá ir precedida por la maestría previa en las habilidades subordinadas.	La información pertinente para el aprendizaje de cada nueva habilidad deberá aprenderse previamente o presentarse mediante instrucciones.
Actitudes	Establecimiento del respeto por la fuente, como un paso inicial. Las situaciones de elección deberán ir precedidas por la maestría en cualquier habilidad que intervenga en estas elecciones.	La información pertinente para la conducta de elección deberá aprenderse previamente o presentarse mediante instrucciones.
Estrategias cognoscitivas	Las situaciones de problema deberán contener habilidades intelectuales previamente adquiridas.	La información pertinente para la solución de problemas deberá aprenderse previamente o presentarse mediante instrucciones.

Cada uno de estos puntos requiere de elaboración (parte de la cual el mismo Bruner proporciona), particularmente en lo que toca a las diferencias individuales entre los niños de todas las edades, las discrepancias que acompañan al crecimiento, las diferencias en estructura dentro de varios campos del conocimiento, la flexibilidad necesaria de la secuencia para satisfacer diferencias individuales en la tasa de aprendizaje y en las preferencias, etcétera. Bruner propone que con la comprensión suficiente de la estructura de un campo de conocimiento, algo que se anticipa a los conceptos posteriores y más avanzados puede enseñarse de modo apropiado a edades mucho más tempranas: "Cualquier tema se puede enseñar de modo efectivo y de alguna forma intelectualmente honesta a cualquier niño, en cualquier etapa de su desarrollo" (1960, pág. 33).

La mención del desarrollo en la teoría de Bruner alude a su interés en el desenvolvimiento cognoscitivo, que originalmente fuera estimulado por Piaget. Esto lo ha llevado a recalcar tres modalidades de representación en una secuencia del desarrollo: la enactiva, la icónica y la simbólica (1964*b*). La modalidad enactiva es el aprendizaje por medio de la acción, un aprendizaje que esencialmente se realiza sin palabras, como el de montar en bicicleta. La modalidad icónica se basa en la representación por medios perceptuales (de allí el "icono" o imagen que representa algo). Un mapa mental que nos permite seguir una ruta desde donde nos encontramos hasta el punto al cual nos dirigimos constituye una representación icónica. Por último, la modalidad simbólica permite la traducción de la experiencia en palabras, y éstas, a su vez, a la postre permiten los tipos de transformaciones que en las etapas posteriores tienen mucho interés para Piaget. En relación con la teoría del aprendizaje, Bruner observa que gran parte del condicionamiento o aprendizaje *E-R* parece apropiado para la modalidad enactiva; la psicología de la Gestalt se interesaba en gran medida por la modalidad icónica, y la nueva inquietud por la modalidad lingüística hace intervenir a los psicolingüistas y a muchos otros, además de Piaget.

Al igual que todas las personas que se inclinaron por los problemas concretos de la instrucción, Bruner insiste en los pasos empíricos requeridos para que la teoría pueda prescribir la práctica. La explicación psicológica, en el nivel de la práctica, debe exponer las formas en que los niños tratan en verdad con los problemas a los que se enfrentan: Bruner cree, por ejemplo, que la teoría de Piaget, con su gran énfasis en la epistemología, es demasiado formal como para proporcionar una descripción psicológica de los procesos del crecimiento (Bruner, 1966, pág. 7). Aunque las propuestas de Bruner son interesantes e influyeron en las actitudes y el pensamiento de los educadores, no fueron complementadas todo lo necesario por la investigación con programas de instrucción.

El análisis de decisión teórica, de Atkinson, para mejorar el aprendizaje

Richard C. Atkinson llegó a la psicología de la instrucción gracias a su interés por la teoría del aprendizaje matemático (Atkinson, Bower y Crothers, 1965), que aplicó a una forma de programación que denominó instrucción con ayuda de computadora (*IAC*). A raíz del empleo de la computadora para la enseñanza de lectura y ortografía en las escuelas Atkinson se interesó en el contexto más amplio de la instrucción, incluyendo cuestiones prácticas como el tiempo que el alumno tendría

que pasar con la computadora de enseñanza y el que debería dedicarle al profesor, el costo de la instrucción computarizada, etcétera. Con la ayuda de varios colaboradores, ha desarrollado ideas acerca de la secuencia de las tareas educativas y la forma en que los estudiantes deberían dividir su tiempo. (Atkinson, 1972; Atkinson y Paulson, 1972).

El autor propone cuatro criterios que han de observarse para obtener una derivación exacta de una estrategia óptima de instrucción:

a) disponer de un modelo del proceso del aprendizaje.
b) determinar las acciones admisibles de instrucción.
c) especificar los objetivos de instrucción.
d) contar con una escala de medición que permita asignar costos a cada uno de los objetivos de instrucción.

En esta etapa es posible seguir el modelo de Atkinson para tareas específicas de enseñanza; el conjunto de tales modelos habrá de conducir a una teoría más general de la instrucción. El modelo es, de hecho, un caso especial de la *teoría del control óptimo* tal como se ha desarrollado en los campos de las matemáticas y de la ingeniería (Kalman, Falb y Arbib, 1969).

Como un primer ejemplo, Atkinson utiliza los datos de la instrucción inicial de lectura en salones de clases regulares, en los cuales la *IAC* complementa el trabajo del profesor (Atkinson y Fletcher, 1972). La tarea de mejoramiento que se establece consiste en usar la computadora de la forma más eficiente, en razón de una cantidad total y específica de tiempo de computadora asequible, y con el conocimiento de que no todos los alumnos se encuentran en el mismo nivel para comenzar o aprender al mismo ritmo. Los cuatro criterios enumerados pueden satisfacerse, al menos provisionalmente. Primero, se dispone de varios modelos útiles del aprendizaje: los modelos de un elemento o de aprendizaje lineal (véase el capítulo 6) han resultado efectivos para este propósito; segundo, las acciones de la instrucción ya se han programado en la computadora, de modo que todo lo que se necesita es asignar entre los alumnos, de una forma óptima, el tiempo de la computadora. El tercer criterio —el objetivo de la enseñanza— enseguida se discutirá con mayor profundidad y, en lo que toca al cuarto, los costos y las utilidades pueden establecerse con facilidad, ya que el tiempo de la computadora (y por ende su costo) es una constante, y la utilidad puede definirse como el aprovechamiento medido por la prueba de lectura al final del año.

Dadas las diferencias individuales en el aprendizaje, los objetivos de instrucción para una clase, tal vez no sean iguales que aquellos que se fijan para un individuo. Atkinson considera cuatro posibles objetivos:

a) elevar al máximo el aprovechamiento medio de la totalidad de la clase.
b) reducir al mínimo la varianza en el aprovechamiento de todo el grupo escolar.
c) elevar al máximo el número de estudiantes con calificaciones dentro del promedio para su grado, a superiores a él.
d) elevar al máximo el aprovechamiento medio sin aumentar la varianza por encima de lo que habría resultado sin la *IAC*.

Es muy fácil hacer declaraciones apresuradas acerca del éxito de una escuela en comparación con otra, basadas tan sólo en el aprovechamiento medio en algún tipo

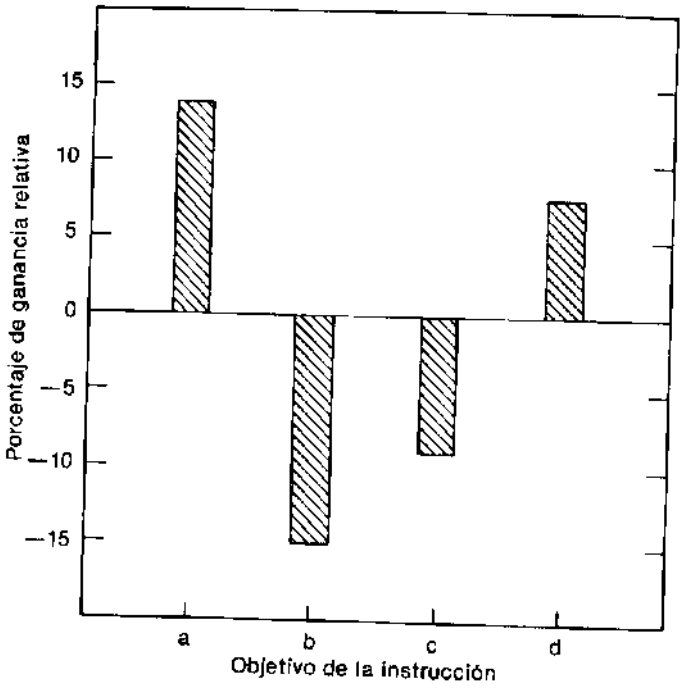


Figura 15.6. Ganancias o pérdidas esperadas al maximizar cada uno de los cuatro objetivos (tomada de Atkinson, 1972).

de prueba. Tal aseveración se fundamentaría en el objetivo *a)*, pero obsérvese que *podría* significar que los procedimientos favorecerían a los estudiantes más prometedores, al presionarlos y permitir que aquellos con mayores probabilidades de fracasar terminaran en verdad fracasando. O, con el fin de hacer que todos los alumnos finalicen en un nivel más o menos similar (una interpretación romántica del ideal democrático), podría escogerse el objetivo *b)*, con la consecuencia de que los aprendices más rápidos se detendrían, y todo el esfuerzo se dedicaría a los más lentos.

Al usar las tasas de aprendizaje de los estudiantes observados en anteriores aplicaciones del programa de enseñanza computarizado, fue posible simular un experimento en la computadora para saber cuáles serían las consecuencias de adoptar cada uno de los cuatro objetivos, sin llevar a cabo el experimento en las escuelas. Los resultados aparecen en la figura 15.6, en la cual se trazan las ganancias (o pérdidas) al mejorar cada objetivo.

Si se adoptara el objetivo *a)*, que requiere de una ganancia media máxima, los promedios de lectura se elevarían hasta el 15% al término del año, pero la variantza también ascendería aproximadamente el 15%. Esto significa que la ganancia promedio se produciría a expensas de la mayor dispersión entre los estudiantes más exitosos y los menos, un resultado que difícilmente puede considerarse notable. Si se escogiera el objetivo *b)* o el *c)*, el aprovechamiento promedio disminuiría, una consecuencia de restringir a los aprendices más rápidos con el propósito de reducir la variabilidad. El objetivo *d)* que requiere de un programa

que le asigne un lapso igual a cada estudiante, eleva la media a alrededor del 8%, menos que el objetivo *a*), pero con el desafortunado efecto secundario de incrementar la variabilidad. Por lo tanto, en esta comparación, el objetivo *d*) parecería el más aconsejable. Aquí, el punto importante consiste en demostrar la manera en que un modelo de decisión teórica puede conducir a decisiones prácticas.

Como otra ilustración del enfoque en acción, describiremos brevemente un segundo ejemplo tomado de Atkinson (1972): el aprendizaje de un vocabulario de lengua extranjera (alemán) en estudiantes universitarios de habla inglesa. Se emplearon tres estrategias de enseñanza en una comparación experimental: una *estrategia de orden aleatorio*, en la cual se presentan palabras alemanas en orden aleatorio; una *estrategia de aprendiz controlado*, en la que el alumno decide qué reactivos requieren más práctica y que, por lo tanto, deberán presentarse para estudio; y una *estrategia de respuesta sensible*, en la cual la computadora se programa para presentar materiales de acuerdo con los éxitos y fracasos anteriores del estudiante, en concordancia con un análisis de decisión teórica de la tarea. A grandes rasgos, la estrategia presenta para estudio aquellos reactivos del vocabulario en los cuales el estudiante se ha equivocado, y deja aquellos que ya domina.

La computadora controla la enseñanza en una sesión de instrucción de aproximadamente dos horas y una sesión de prueba demorada, más breve, una semana

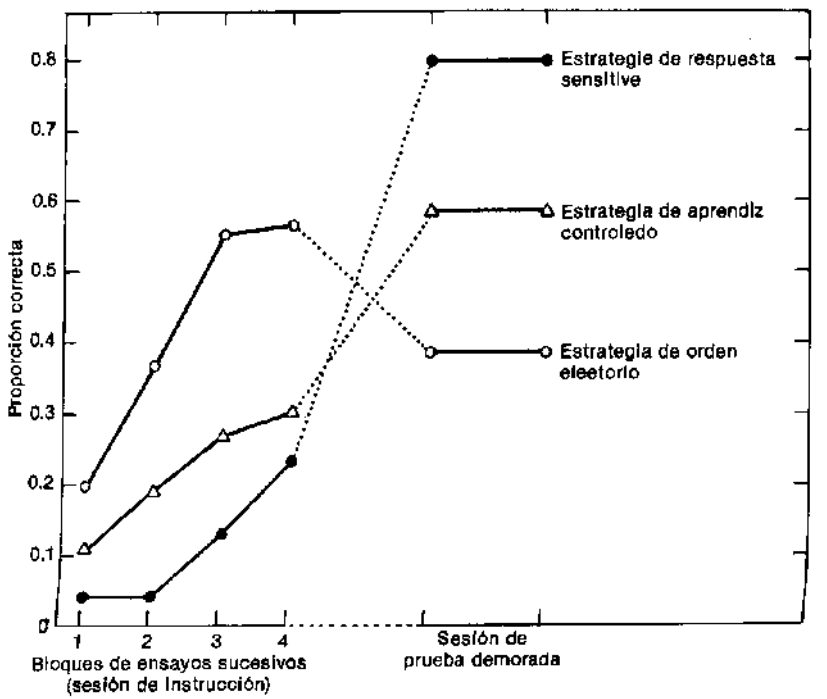


Figura 15.7. Proporción de respuestas correctas con tres estrategias de aprendizaje (tomada de Atkinson, 1972).

después. Para permitir la comparación de las tres estrategias, la presentación se hace de la siguiente manera: se muestra una lista de doce palabras alemanas (una de siete listas), y se escoge un reactivo de lista para prueba y estudio. Después de esta selección, el estudiante intenta una traducción y recibe retroalimentación acerca de la versión correcta. Este reactivo se elige al azar, a criterio del aprendiz, o de acuerdo con el modelo designado como óptimo. A cada sujeto se le asigna uno de estos procedimientos de tratamiento. La prueba demorada, que es la misma para todos los estudiantes, comprueba un vocabulario completo de 84 palabras que integra las siete listas. Los resultados, como se presentan en la figura 15.7, fueron los pronosticados, y la estrategia de respuesta sensible fue la más exitosa en la prueba de criterio (demorada). Los diferentes ordenamientos de las condiciones fueron los pronosticados, ya que la estrategia de respuesta sensible requiere de la mayor práctica durante las sesiones de instrucción con los reactivos que originan más problemas; la estrategia de aprendiz controlado consiste en hacer algo similar a lo indicado, pero es menos eficiente; la estrategia aleatoria ignora por completo las dificultades específicas del aprendiz. El carácter óptimo de la estrategia de respuesta sensible se deriva de una variante del modelo de aprendizaje de un elemento. Tal variante se basaba en la concepción de que cualquier asociación de vocabulario en lengua extranjera puede ser desconocida (estado U), en el almacén temporal de la memoria (estado T), o en el almacén de la memoria relativamente permanente (estado P). El modelo del aprendizaje explica con precisión los cambios de un estado a otro y puede emplearse para derivar ecuaciones para las probabilidades de encontrarse en cada uno de los estados para cada uno de los reactivos al comienzo de cualquier ensayo, dados algunos parámetros empíricos y el historial de respuesta del estudiante (Atkinson y Crothers, 1964). Entonces se establece en la computadora el procedimiento computarizado.

Este ejemplo es un tanto incompleto desde el punto de vista de la teoría de instrucción totalmente práctica, en el sentido de que se acerca mucho a un experimento típico de laboratorio acerca del aprendizaje, que se realiza por un breve lapso y con estudiantes universitarios que no están inscritos en el curso de idiomas. Sin embargo, tiene la virtud de usar materiales escolares pertinentes (el vocabulario de un idioma extranjero), y de someter a prueba algunas teorías acerca de la instrucción, al comparar la elección del estudiante con una elección sistemática en el aprendizaje por secuencia. En esta situación, el estudiante no es la guía más eficiente para mejorar su propio aprendizaje.

En trabajos más recientes, Malone, Macken y Suppes (1979) han estudiado el problema de la forma de asignar una limitada cantidad de tiempo de instrucción por computadora en un grupo (o clase) de estudiantes que se desempeñan y aprenden en niveles distintos, con el propósito de elevar al máximo el aprendizaje grupal. Los investigadores ajustan primero una fórmula matemática a la ubicación de grado esperada de cada estudiante en pruebas de aprovechamiento (para matemáticas o lectura), en función del tiempo que el alumno ha pasado trabajando en las lecciones programadas. Las diferencias individuales aparecen en las constantes b y c de la función de potencia:

$$GP\,(t) = bt^{0.45} + c$$

donde t significa los minutos de aprendizaje en la computadora; $GP\,(t)$ es el nivel

de colocación de grado; *c* es algo así como un nivel inicial; y *b* es como una tasa de aprendizaje. Los investigadores efectuaron una simulación, similar a la que conduce a los resultados en la figura 15.6, que investigaba los cuatro distintos criterios mencionados, y las estrategias de asignación estudiantil de tiempo de computadora que ellos dictaban. Los resultados fueron reconfortantes porque demostraron que dentro de límites razonables, las diferentes formas de asignar tiempo de computadora a los estudiantes lentos y a los veloces arrojaban relativamente poca diferencia en la cantidad global de aprendizaje para la clase. La política más segura y con claros beneficios consistía tan sólo en incrementar el tiempo *IAC* disponible para la clase considerada como un todo.

La teoría de Atkinson derivada del trabajo con la computadora es, desde luego, solo uno entre varios enfoques (los otros no dependen de la computadora) del problema de cómo tratar de modo efectivo las diferencias individuales en el aprendizaje. Por ejemplo, Carrol (1963*a*) propuso un modelo en el cual se asignaría al individuo el tiempo suficiente para lo que necesitaba aprender como información básica para la siguiente etapa, y se interpretaba la aptitud en una tarea esencialmente como el tiempo requerido para que el individuo la dominara. Bloom y sus colaboradores adoptaron este enfoque y lo convirtieron en un plan de instrucción que se conoce como *aprendizaje de maestría*, basado en el principio de que el aprendiz debe lograr la maestría en una etapa, antes de pasar a la siguiente (Bloom, 1968; Block 1971). Otro enfoque es el denominado *instrucción prescrita individualmente* (*IPI*), desarrollado por Glaser y sus asociados, en Pittsburgh (Lindvall y Bolvin, 1967; Lindval y Cox, 1969). Al usar materiales dispuestos en unidades progresivamente más difíciles, la escuela que utiliza la *IPI* intenta resolver las diferencias individuales en matemáticas, lectura y ciencia al hacer que cada estudiante trabaje con los materiales apropiados después de que haya efectuado un examen de ubicación que permite prescribir la unidad adecuada. Otro punto de vista es el que se conoce como *interacción entre aptitud y tratamiento* (*IAT*), el cual propone que las diferencias individuales se resuelvan mediante distintos enfoques de la instrucción para los estudiantes de diferentes aptitudes (por ejemplo, Cronbach, 1967; Cronbach y Snow, 1969). El adaptar la instrucción al individuo es un problema básico en el diseño del curriculum y cabe esperar que se planteen varios enfoques para satisfacer esta necesidad. Las tres teorías de la instrucción aquí presentadas (el modelo jerárquico, de Gagné; el modelo del desarrollo cognoscitivo, de Bruner; y el de mejoramiento de decisión teórica, de Atkinson) ilustran las investigaciones contemporáneas tendientes a conformar una teoría prescriptiva de la instrucción. Hasta la fecha, estas teorías han ejercido relativamente poca influencia en el diseño de los curriculum, la redacción de textos o la secuencia de cursos en los sistemas escolares.

AUXILIARES TECNOLÓGICOS EN EL ADIESTRAMIENTO Y LA INSTRUCCIÓN

Para desarrollar su labor, los profesores siempre han usado los recursos auxiliares de que disponen: pizarras, pizarrones, bibliotecas, libros de texto, cuadernos de trabajo, laboratorios, escenarios, patios de recreo. En el transcurso de los años, han aparecido diversas innovaciones pero la tecnología educativa como tal no es nueva. Lo que sí es reciente es el ritmo al que han surgido las propuestas.

Ahora estamos en una mejor posición para preguntar qué investigaciones nos informan acerca de la efectividad de esos instrumentos. A su tiempo, y debido a la seguridad con la que avanzan, estas innovaciones también pueden contribuir a la teoría de la instrucción, como hemos visto en la sección anterior al referirnos al trabajo de Atkinson con la computadora.

Simuladores

Gagné (1962*b*) ha reseñado la fructífera aplicación de las máquinas de simulación en el adiestramiento del usuario, no sólo la de los simuladores de aviones para el entrenamiento de los pilotos, sino también para capacitar al personal de contról de vuelos y operadores de torre de control, operadores de dirección de cohetes y técnicos de otros tipos. Gagné señala que no es propiamente el aparato lo que se simula, sino las operaciones o tareas relacionadas con él: los procedimientos, las identificaciones, la localización de averías, las habilidades para trabajar en equipo, como sucede en la comunicación de información.

Gagné cree que el uso educativo de los simuladores debería encontrarse ya en etapas muy avanzadas de instrucción, como ocurre en la capacitación de los técnicos civiles, y tal vez en algunos tipos de evaluación de la ejecución (por ejemplo, la evaluación de la habilidad de conducir un automóvil).

Las generalizaciones, en lo que se refiere a la teoría del aprendizaje, se dirigen más hacia el análisis de la tarea que a los procesos de aprendizaje implícitos, aunque desde luego deben considerarse los problemas del grado de semejanza que exista entre la situación real y la simulada. Sin embargo, este es en esencia un asunto práctico, y las teorías de la generalización y la transferencia no lo ayudan mucho.

Las películas y la televisión

El cine y la televisión se asemejan en el sentido de que ambos medios emplean imágenes animadas con sonido. Por supuesto, las películas se presentan en aparatos de televisión en circuito cerrado, con la ventaja de que no exigen oscurecer totalmente la habitación, y de que pueden emplearse proyectores lejanos o grabadoras de video tape. La televisión también puede ser "en vivo", ya sea desde una fuente lejana o sobre el circuito cerrado procedente de fuentes cercanas, incluso desde el propio escritorio del profesor, si es que éste desea que un salón lleno de alumnos mire por encima de su hombro mientras él lleva a cabo una disección o ejecuta alguna otra demostración. Aquí no nos interesamos en saber cómo puede hacerse más conveniente el equipo, a pesar de que esto tiene algo que ver con su uso, más bien nos interesa el tipo de enseñanza que se lleva a cabo con los auxiliares audiovisuales mencionados.

En una revisión de las investigaciones acerca del aprendizaje con películas, Hoban (1960) clasificó los resultados de unas 400 investigaciones sobre las películas de enseñanza en tres zonas de certidumbre respecto a los resultados: baja, intermedia y alta. Para lograr una certidumbre alta, los resultados tenían que satisfacer cuatro criterios: 1. ser intuitivamente razonables; 2. haber sido reseñados por un investigador competente e imaginativo; 3. estar relacionados con alguna formulación sistemática; y 4. La investigación debe haber sido repetida. Los grados restantes

de certidumbre se referían a los resultados que no cumplían estos cuatro requisitos. Se omitirán los resultados de certidumbre baja e intermedia (las áreas en las cuales se necesitan imperiosamente más investigaciones), y se examinarán aquellos que en opinión de Hoban alcanzan los criterios de alta certidumbre:

1. las personas aprenden con las cintas cinematográficas.
2. el aprendizaje con películas varía en cantidad según las características de la audiencia; por ejemplo, la edad y la educación formal.
3. el volumen de lo que se aprende con las películas puede aumentarse mediante el uso de uno o más mecanismos y métodos comprobados, a saber:

a) redundancia. Los realizadores de películas (y los profesores de inglés) hacen del empleo de la redundancia una lucha penosa y, según Hoban, puede demostrarse que la repetición de la información, incluso la de películas completas, ayuda a incrementar el aprendizaje.
b) participación. Si se alienta la actividad del estudiante —como la de responder a preguntas que se presentan durante la película— mejorará el aprendizaje, en especial si existe retroalimentación que le haga saber si ha respondido bien o mal. La experimentación ha demostrado que éste no es sólo un recurso motivacional (para estar seguro de que el estudiante advierte lo que ocurre), sino que se obtiene un efecto de práctica genuina al dar respuestas pertinentes.
c) aparatos y métodos para dirigir la atención. Una película puede usar flechas que aparezcan sobre una gráfica (o imagen) para llamar la atención hacia alguna característica, o ayudar de otro modo a que el estudiante descubra la información que desea. Los aparatos y métodos de enseñanza apropiados incrementan la eficacia del aprendizaje con películas.

Para los psicólogos del aprendizaje éstos no son resultados novedosos; es más importante la forma en que estos principios se integran en detalle, al tener en consideración la estructura de lo que se enseña.

La televisión se destacó rápidamente como un posible medio de enseñanza, después de que los aparatos receptores se hicieron asequibles en los hogares y en las escuelas, y luego de que el desarrollo de los satélites artificiales permitió dirigir programas a lugares muy lejanos, incluyendo áreas en desarrollo en donde los libros de texto y los profesores fueran escasos. En una revisión profunda de los estudios acerca de la efectividad de la televisión en la instrucción, Chu y Schramm concluyeron:

> ...se ha hecho evidente que ya no hay razón para preguntarse si la televisión educativa sirve como eficiente instrumento de aprendizaje. Esto no quiere decir que siempre lo *sea*, pero abundan las pruebas de que *puede* serlo, y de que en circunstancias favorables lo es. Esta evidencia proviene de muchos países, de estudios de todos los niveles cronológicos, desde los niños en edad preescolar hasta los adultos, y de una gran variedad de temas de estudio y objetivos de aprendizaje (1967, pág. 98).

Estos investigadores señalan ciertas ventajas peculiares, por ejemplo, que la televisión permite que varias clases compartan a un buen profesor; que proporciona experiencias de una variedad y calidad que de otra forma serían imposibles, y que

puede llevar la enseñanza a regiones en las cuales no hay escuelas. Los programas de televisión educativa dirigidos a las áreas rurales apartadas han sido particularmente útiles en el Tercer Mundo. La televisión también proporciona tiempo libre al profesor para que trabaje con grupos más pequeños y pueda brindar asesoramiento individual. La principal desventaja es que se trata de un sistema en un solo sentido, por lo cual se han realizado algunos experimentos con sistemas de contestación o respuesta (Greenhill, 1964), pero las consideraciones de costo no los han hecho factibles. El mejor complemento de la televisión es un tutor local que amplíe los puntos del programa, conteste preguntas, motive y refuerce el trabajo.

El laboratorio de idiomas

El impulso a la enseñanza de idiomas se inició durante la Segunda Guerra Mundial, y no se escatimaron esfuerzos para facilitar ese aprendizaje. En este punto cabría esperar una remuneración para la educación, ya que la enseñanza de idiomas siempre ha sido una de las tareas escolares estándar, aunque en ocasiones se haya vacilado entre el hecho de enseñar el idioma para que se hable o enseñarlo como algo que habrá de leerse. El adiestramiento militar hacía hincapié en el idioma hablado y en la actualidad, dentro de las escuelas, ese énfasis se ha desplazado nuevamente hacia la lengua hablada, apartándose del terreno de la lectura. Así ha ocurrido en parte porque se tienen mejores dispositivos para hacer llegar emisiones vocales pronunciadas de modo aceptable a los estudiantes de escuelas pequeñas, que podrían carecer de profesores eficientes en el manejo del idioma que se enseña. El laboratorio de idiomas se adoptó rápidamente después de 1945 (Haber, 1963). Es simplemente un conjunto de aparatos que permiten emplear en la enseñanza el discurso grabado, en discos o, lo que hoy es más común, en cintas magnetofónicas. Los aparatos contemporáneos más elaborados permiten que el alumno imite lo que escucha, que oiga después su propia voz, o que el profesor controle lo que pronuncia. La consola frente a la cual se sienta el profesor puede tener comunicación en doble sentido con varios estudiantes a la vez.

Ni siquiera los métodos de adiestramiento más perfeccionados son capaces de eliminar la ardua labor que los adultos deben realizar para aprender otro idioma. En la Escuela de Idiomas del Ejército, en Monterey, California, un estudiante pasa comúnmente casi todo su horario durante 8 meses, aprendiendo un idioma extranjero, y 12 meses si se trata de una lengua difícil. Aun así, muchos no tienen éxito.

En uno de los primeros estudios acerca del aprendizaje de un idioma en las fuerzas armadas, S.B. Williams y Leavit (1947) informaron que el 80% de los alumnos que intentaron aprender japonés abandonaron el curso antes de llegar a dominarlo. No hay caminos fáciles para llegar al dominio de ninguna tarea de difícil aprendizaje.

Carrol (1963*b*), al reseñar las investigaciones acerca de la enseñanza de un idioma extranjero, deja la impresión de que sabemos muy poco acerca de la efectividad de los procedimientos que se han adoptado en los laboratorios de idiomas, como el hecho de que el estudiante escuche su propio discurso, practique con patrones particulares del discurso, etcétera. Los trabajos en torno del aprendizaje de asociación que podrían ser adecuados para el aprendizaje del vocabulario (véase la sección de los *dispositivos mnémicos)* por lo común no son pertinentes para la

forma usual en que se enseña un idioma; es decir, recalcando el uso de palabras nuevas en un contexto de discurso significativo.

Es necesario señalar que se han efectuado varias comparaciones entre los laboratorios de idiomas y los métodos convencionales. En un estudio dirigido por el cuerpo docente del Antioch College se comparó la enseñanza convencional de 20 estudiantes de una clase que un instructor regular impartía seis veces por semana, con un laboratorio de idiomas en el cual sesenta estudiantes trabajan dos veces por semana con un instructor regular y cuatro veces con estudiantes auxiliares de laboratorio (Antioch College, 1960). Los procedimientos experimentales ahorraron casi 12 horas semanales del tiempo de los instructores regulares. Los periodos del laboratorio de una hora 30 minutos cada uno se dividieron entre la presentación de los materiales audiovisuales (transparencias y sonido grabado en cintas), el trabajo individual en las cabinas del laboratorio de idiomas, y el ejercicio y la práctica mediante el contacto cara a cara con los estudiantes auxiliares. En dos cursos distintos, las pruebas de aprovechamiento que se aplicaron al final del año mostraron significativas diferencias atribuibles a las dos formas de instrucción; como el método de laboratorio complacía más a los estudiantes y ahorraba tiempo a los instructores regulares, hay motivos para recomendarlo. Pickrel, Neidt y Gibson (1958) hicieron ver que los profesores que no habían sido capacitados en el uso del español podían enseñar eficazmente conversación a estudiantes del séptimo grado si basaban su instrucción en cintas preparadas por un especialista en español; la fluidez oral de los niños no era distinta de la que mostraban aquellos a los que instruyó el profesor de español. Así, los nuevos métodos son prometedores, pero no equivalen a una total revolución en la efectividad de la enseñanza. En el estudio que acabamos de citar, los grupos instruidos por el profesor de español resultaron superiores en las pruebas escritas a los que aprendieron mediante cintas magnetofónicas.

En un análisis acerca de las implicaciones del aprendizaje de idiomas extranjeros, Carrol (1962) identificó los siguientes aspectos de la aptitud para tal materia: código fonético, sensibilidad gramatical, memoria mecánica para los materiales de ese campo y habilidad inductiva para el aprendizaje de idiomas. Debemos notar que el conocimiento verbal ordinario (probado con frecuencia en el vocabulario del idioma conocido) no es una buena base para predecir la habilidad en el aprendizaje de un idioma extranjero, en parte porque en las etapas iniciales no es necesario dominar un vocabulario extenso. En lo que toca a la aplicación de este modelo al aprendizaje de un idioma extranjero, Carrol (1962, 1963*b*) cree que el éxito se obtiene en función de los cinco elementos que se mencionan a continuación, de los cuales los tres primeros son cualidades del aprendiz, y los dos últimos, del proceso de instrucción:

1. aptitud para los idiomas de parte del aprendiz.
2. inteligencia general.
3. perseverancia.
4. calidad de la instrucción.
5. oportunidad de aprender que se le brinda al estudiante.

Nuevamente destacamos la importancia de analizar la naturaleza de la ejecución, tanto para especificar las habilidades componentes requeridas como para diseñar un adecuado programa de instrucción.

Aprendizaje programado

El aprendizaje programado comenzó a atraer la atención con la introducción de la máquina de enseñanza como auxiliar tecnológico, aunque la esencia de la programación no reside en el tipo particular del equipo que se utilice. La primera de estas máquinas fue construida hace muchos años por Sidney L. Pressey, en la universidad estatal de Ohio (Pressey, 1926, 1927). A pesar de que en su versión original se construyó como una máquina automarcadora para facilitar la realización y calificación de exámenes objetivos, el aparato muy pronto demostró su habilidad en la enseñanza real. El estudiante lee la pregunta que se presenta en la abertura de la máquina, selecciona una respuesta entre varias opciones y presiona el botón correspondiente a la respuesta elegida. Si es correcta, en la ranura aparece la siguiente pregunta; si es errónea, permanece la pregunta original. La máquina cuenta los errores del estudiante, pero la cinta no pasa a la pregunta siguiente sino hasta después de que se oprima el botón correcto. Como el alumno sabe que su respuesta es acertada cuando la pregunta se mueve, obtiene información inmediata (reforzamiento, retroalimentación), y así aprende mientras se prueba a sí mismo. Además, como el aparato ha contado sus errores, puede leer su calificación tan pronto como haya terminado la prueba. La máquina de Pressey no se popularizó, a pesar de los estudios que él y sus discípulos realizaron para demostrar su eficacia como dispositivo de enseñanza.

La publicación de un artículo de Skinner (1954), cuyos trabajos acerca del condicionamiento operante ya le habían conferido autoridad en el campo del aprendizaje, imprimió nuevo impulso a la idea de la autoinstrucción automática. El momento era adecuado, y el trabajo relacionado con las máquinas de enseñanza y la instrucción programada floreció poco después. Ahora es una empresa comercial, científica y educativa a nivel internacional y a gran escala. La máquina de Skinner se diferenciaba de la de Pressey principalmente en que al estudiante no se le daban opciones entre las cuales escoger, sino que se le pedía que escribiera su propia respuesta en los espacios proporcionados y después, al avanzar la cinta impresa, aparecía la respuesta correcta a fin de compararla con la que se había escrito. El estudiante "emitía" así su propia respuesta, que se "reforzaba" con la respuesta de comparación. Otra diferencia es que el material se planea de tal modo que en esencia no resulta una revisión de lo que ha aprendido parcialmente, sino más bien un "programa" en el cual las respuestas del aprendiz se "moldean" a medida que aprende.

El programa se divide en un cierto número de cuadros separados en los cuales se presenta una información, y se somete a prueba el recuerdo de otra. En la figura 15.8 se ofrecen marcos ilustrativos para la enseñanza del procedimiento del condicionamiento clásico. Skinner concibe el texto y la pregunta que aparecen en la parte superior del cuadro como un "estímulo" complejo; el estudiante compone y escribe su respuesta en la parte inferior derecha, y entonces se revela la respuesta correcta para proporcionar retroalimentación inmediata. Los cuadros sucesivos en un programa desarrollan y elaboran un concepto, regla o procedimiento. El programa a menudo somete a prueba información nueva poco después de que se introduce, comprueba un principio dado de varias formas y revisa conceptos y principios aprendidos mucho antes. Skinner ponía el acento en el reforzamiento inmediato de las respuestas construidas, una progresión gradual hacia los reperto-

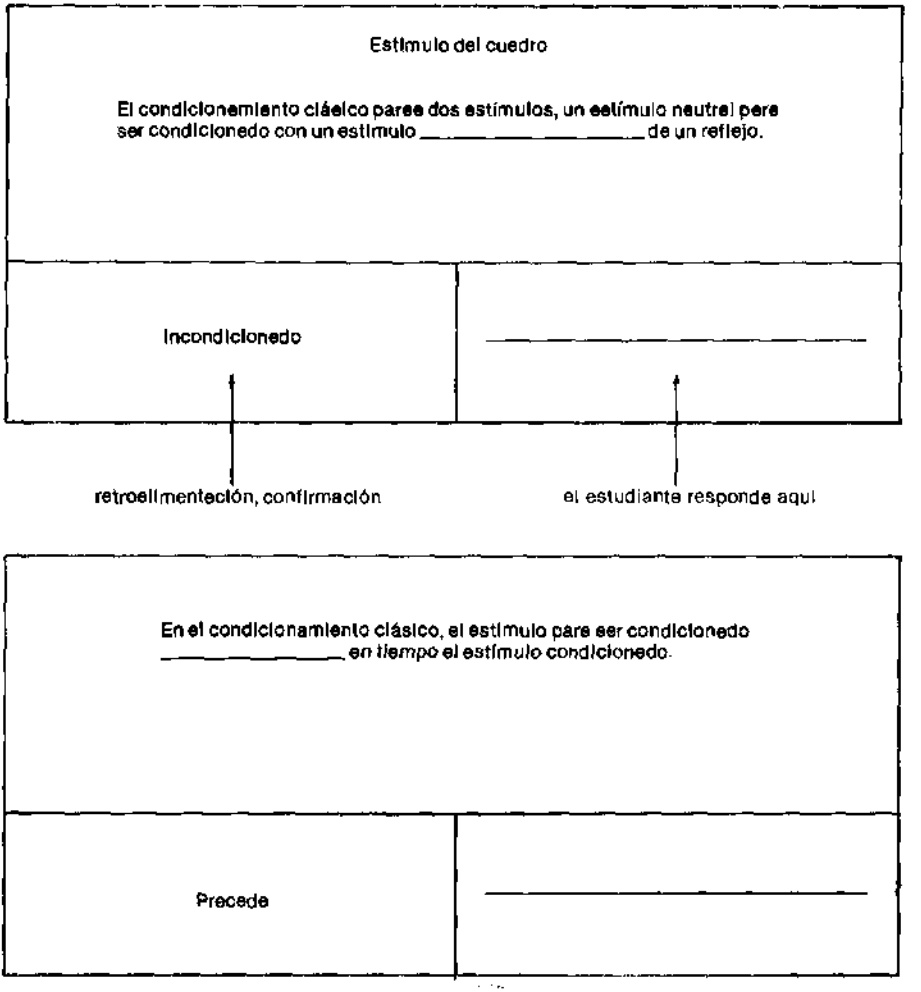


Figura 15.8. Ejemplos de dos cuadros en un programa para la enseñanza del condicionamiento clásico. El estudiante lee la pregunta de la parte superior del cuadro, escribe una respuesta, y finalmente mira la respuesta correcta.

rios complejos, instigadores de estímulo de desvanecimiento para las respuestas, discriminación de conceptos, y el control de la atención y motivación del aprendiz. Con el correr de los años se han desarrollado dispositivos de enseñanza más complejos que los de Pressey y Skinner. Lumsdaine (1959) describe algunos; por ejemplo, en un arreglo se empleaba una proyección fílmica paso por paso para enseñarle a un técnico la operación de una pieza de equipo electrónico. En la pantalla aparece un solo segmento de demostración hasta que el aprendiz lo domina. Éste presiona entonces el botón para pasar a la ilustración siguiente, y así sucesivamente, hasta que aprenda la operación en su totalidad. Las computadoras electrónicas

modernas han entrado en escena, a veces para combinar la proyección de transparencias, de películas y de otros materiales dentro del programa para un solo aprendiz, y ocasionalmente con el propósito de que un grupo de aprendices maneje su propio aprendizaje. Tal flexibilidad permite casi cualquier arreglo que el investigador desee, siempre que resulte costeable.

La esencia del aprendizaje por medio de una máquina de enseñanza no reside en el aparato sino en el material que se presenta, y se ha descubierto que los libros programados, de diseño adecuado, cumplen el mismo cometido que las formas más simples de las máquinas de enseñanza. Los mecanismos más sencillos en ocasiones se destacan como "vuelve páginas mecánicos", puesto que son capaces de poco más de lo que el estudiante puede hacer por sí solo. Es obvio que las máquinas complicadas logran mucho más que esto, pero la molestia que implica el mecanismo más sencillo remarca la importancia del programa sobre la tecnología. El libro programado no debe confundirse con el antiguo "cuaderno de trabajo" que se emplea en la educación común; el cuaderno era ante todo un medio para practicar con ejemplos lo que el profesor o el texto habían enseñado, mientras que aquí el programa se diseña para que lleve a cabo la enseñanza por sí solo. Por lo tanto, debe partir de lo que el aprendiz ya sabe, y a esto se le agrega material nuevo, proporcionando respuestas a las que primero se ***hace alusión***, o se ***instiga***, con el objeto de hacer altamente probables las respuestas correctas. Una vez que se han "reforzado", estas respuestas se sobreaprenden a través de su uso repetido, a medida que el material nuevo se inserta dentro del que ya se ha aprendido. Es evidente que la persona que elabora un programa debe ser consciente de la ***organización del conocimiento***, de su estructura lógica y psicológica, para construir de esa manera el conocimiento y la comprensión. El programador se esfuerza en prever lo que sucederá, aunque en la práctica tenga que corregir los programas a través de numerosos ensayos, hasta que sus aprendices los dominen con un mínimo de errores, por lo general en una corrida de todo el programa. El resultado del aprendizaje se comprueba mediante un examen de tipo convencional, que verifica si el material en verdad se ha dominado y puede aplicarse con rigor en contextos nuevos.

Skinner (1958) señaló la similitud entre la instrucción programada y la enseñanza individual de la siguiente forma:

1. un buen tutor comienza en donde el alumno se encuentra, y no insiste en llevarlo más allá de lo que éste puede comprender.
2. un buen tutor se mueve a una velocidad congruente con la habilidad del alumno para aprender.
3. un buen tutor no permite que las respuestas falsas queden sin corrección.
4. un buen tutor no dicta; en vez de ello, mediante sus indicaciones y sus preguntas, ayuda al alumno a encontrar y a enunciar respuestas por sí solo.

Según Skinner, estas cualidades se encuentran en un buen programa.

Variedades de programación

El tipo de programa por el que aboga Skinner, el que se mueve paso a paso a través de un conjunto único de materiales, se conoce como *programación lineal*. Otro tipo, asociado generalmente con el nombre de Norman Crowder, se denomina *programa ramificado*. En los libros programados que emplean este método (por ejemplo, Crowder y Martin, 1961), se proporcionan respuestas de opción múlti-

ple, y aquella que el estudiante selecciona lo dirige hacia una página distinta del libro. El texto es entonces un libro "revuelto" que se lee de modo muy irregular. La respuesta correcta remite a una página en la cual se presenta la siguiente porción de información, con alternativas nuevas. Se señala la respuesta incorrecta, con algunos comentarios acerca de por qué pudo haber sido seleccionada, y se hace regresar al aprendiz para que haga otra elección.

Crowder cree que debería existir un medio para que los estudiantes mal preparados retornaran a los materiales más simples, y que los mejor preparados deberían pasar por alto parte del material; por lo tanto, sus progresos posteriores consideran estos caminos opcionales a lo largo del material. Los programas lineales del tipo más moderno incluyen también algún tipo de revisión para quienes deseen regresar a las partes iniciales del programa, y una oportunidad de saltear el material a aquellos que están listos para seguir adelante. Los programas basados en computadoras proporcionan el máximo de flexibilidad en estos aspectos, incluyendo sendas alternativas y distintos ejemplos para los aprendices que los necesiten. Así, la programación ya no constituye una línea aislada de desarrollo, ni la máquina de enseñanza es un tipo único de equipo.

Se han realizado muchas investigaciones para confortar la instrucción mediante programas con los métodos de enseñanza tradicional. Esas comparaciones demuestran que el aprendizaje programado es tan eficaz y en ocasiones mejor que los métodos tradicionales. Los estudios emprendidos para comparar diferentes variaciones dentro de la programación no han ofrecido mucha información, ya que los estudiantes parecen aprender independientemente de lo que el programa les exija hacer. De este modo, los resultados en el examen final son casi los mismos, ya sea que el programa de aprendizaje requiera que el estudiante construya su respuesta o que seleccione o reconozca una respuesta correcta; ya sea si el estudiante responde o si tan sólo estudia la respuesta correcta a las preguntas; o bien si la retroalimentación se da de inmediato o después de una demora, o si los programas siguen un orden lineal o ramificado en los errores, etcétera. (McKeachie, 1974.) Se cree que los experimentos con resultados nulos se deben al escaso poder del diseño estadístico y a la naturaleza relativamente poco elaborada y no analítica del criterio del "examen final". Así, los estudiantes pueden compensar un mal programa al estudiar por su cuenta para obtener una buena calificación.

Es posible que el principal reproche contra los libros de texto programados, o los programas para máquinas, sea que en última instancia se mueven con mucha lentitud, son repetitivamente tediosos y aburridos para los estudiantes brillantes. Además, aquellos a los que sólo se les enseña con el programa, sienten una necesidad real de contacto con un profesor que responda preguntas, ayude a esclarecer las metas del curso o su organización, etcétera. Es muy probable que el contacto con el profesor proporcione también una gran parte de los incentivos sociales para motivar y mantener la interacción continua del estudiante con la máquina. Las máquinas funcionan mejor cuando se les agrega un tutor como motivador.

Instrucción con ayuda de computadoras (*IAC*)

Hoy en día la instrucción con ayuda de computadoras (*IAC*) tiene tantas dimensiones que ya no se le considera como una simple derivación de la máquina de enseñanza o del tipo de aprendizaje programado que introdujo Skinner. Sin duda, la

máquina de enseñanza y los programas lineales o ramificados son sus antecesores inmediatos, pero la instrucción computarizada ha evolucionado con rapidez.

Una gran ventaja de la computadora en comparación con otros tipos de tecnología educativa es que puede realizar una presentación muy flexible de los materiales al aprendiz, y seguir con atención el progreso de varios estudiantes al mismo tiempo. Una "lectura" de la computadora puede demostrar en qué punto se encuentran todos los aprendices en un momento dado, y cuál ha sido su progreso desde algún punto anterior de referencia.

Han aparecido varias modalidades de instrucción con ayuda de computadoras (Atkinson y Wilson, 1969). La primera es el procedimiento de enseñanza de ejercicio y práctica, como una prolongación del aprendizaje programado; indudablemente, ésta es la modalidad dominante y la que se emplea en los sistemas desarrollados por Atkinson y por Suppes, en Stanford. Por supuesto, los profesores usan comúnmente esa modalidad sin la computadora. El sofisticado aparato tiene la ventaja de individualizar las actividades y de introducir una mayor eficiencia en el aprendizaje. Un método un tanto distinto se ha aplicado en la enseñanza de estadística en la Universidad de California, en Los Ángeles. El estudiante aprende un lenguaje de computadora por medio del cual puede manipular grandes conjuntos de datos, y por tanto, al terminar el curso es capaz de manejarlos. Otra aplicación se vincula con los juegos que simulan problemas reales, en los que se toman decisiones y se estudian sus consecuencias en relación con problemas propios de la ciudad o sistemas de control político. Uno de esos sistemas, desarrollado por la Board of Cooperative Educational Services en el condado de Westchester, Nueva York, trata con problemas económicos mediante lo que se conoce como el juego sumerio. El estudiante dirige un imperio mítico y asigna material humano y otros recursos y la computadora estima las consecuencias interactivas de sus decisiones. Incluso pueden realizarse experimentos de laboratorio de química sin que el estudiante maneje el equipo y las sustancias (Bunderson, 1967). La flexibilidad de la computadora es enorme; por lo tanto, cualquier prejuicio acerca de las limitaciones inherentes a la instrucción realizada con su ayuda será probablemente falso.

El desarrollo de la *IAC* en la Universidad de Stanford proporciona una historia representativa de la evolución de la tecnología y de la aceptación de este tipo de instrucción. A partir de 1963 se desarrolló un pequeño sistema y más tarde, cuando se obtuvieron fondos gracias a la ley de educación elemental y secundaria de 1965, se emprendió un programa a gran escala. La *IBM* y el grupo Stanford desarrollaron conjuntamente un sistema que hacía uso de la *IBM* 1500, que entró en operaciones en 1966. Desde los modestos comienzos del ejercicio con computadora para cuarenta y un niños del cuarto grado en 1965, el sistema creció hasta que en 1968 alrededor de 3 000 estudiantes recibían lecciones diarias en cursos iniciales de lectura, aritmética, ortografía, lógica y ruso elemental en siete escuelas cercanas y en localidades tan alejadas de California como McComb, Mississippi; y Morehead, Kentucky. Toda la instrucción se controlaba mediante una computadora central ubicada en Stanford. De forma ampliada, el sistema todavía se encuentra en operación y lo dirige una compañía comercial de instrucción con computadoras.

La versión original del sistema de enseñanza 1500 para la instrucción de la lectura tenía una estación o terminal compleja en la cual trabajaba el estudiante, y consistía en una pantalla en la que se proyectaban imágenes de cuadros de acceso

aleatorio bajo control de la computadora; un tubo de rayos catódicos donde se presentaba el material; una pluma luminosa mediante la cual podían darse y registrarse en dicho tubo las respuestas de sondeo táctil; un tablero de máquina de escribir, unos audífonos y un micrófono (véase la figura 15.9). Este dispositivo, de un tipo que revela el virtuosismo de la tecnología de la instrucción, cumplía su propósito al mostrar lo que podía hacerse; sin embargo, como a menudo sucede con los productos nuevos, paulatinamente se ha simplificado sin perder su efectividad (véase la figura 15.10). (Atkinson y Fletcher, 1972.)

Los problemas motivacionales con la computadora resultaron distintos de lo que se esperaba. En lugar de sentirse disminuido por las formidables cualidades mecánicas del aparato, el estudiante se aficiona a la computadora, ya que ésta le responde. Por lo tanto, una forma de motivación podría ser negarle al estudiante la oportunidad de usar el aparato, lo que interpreta como privación o castigo (Hess y Tenezakis, 1970). El acceso a las lecciones por computadora se emplea entonces para recompensar otros ejercicios educativos.

Esos sistemas de enseñanza han demostrado ser efectivos; los estudiantes aprenden muy bien con ellos, y los sistemas pueden realizar muchas de las lecciones de ejercicio y práctica; por consiguiente, permiten a los profesores disponer de tiempo libre para dedicarlo a la instrucción más compleja. Los niños avanzan en el programa de instrucción a su propio ritmo, pero el volumen del aprendizaje se controla, en gran parte, por el tiempo que pasan trabajando con la computadora.

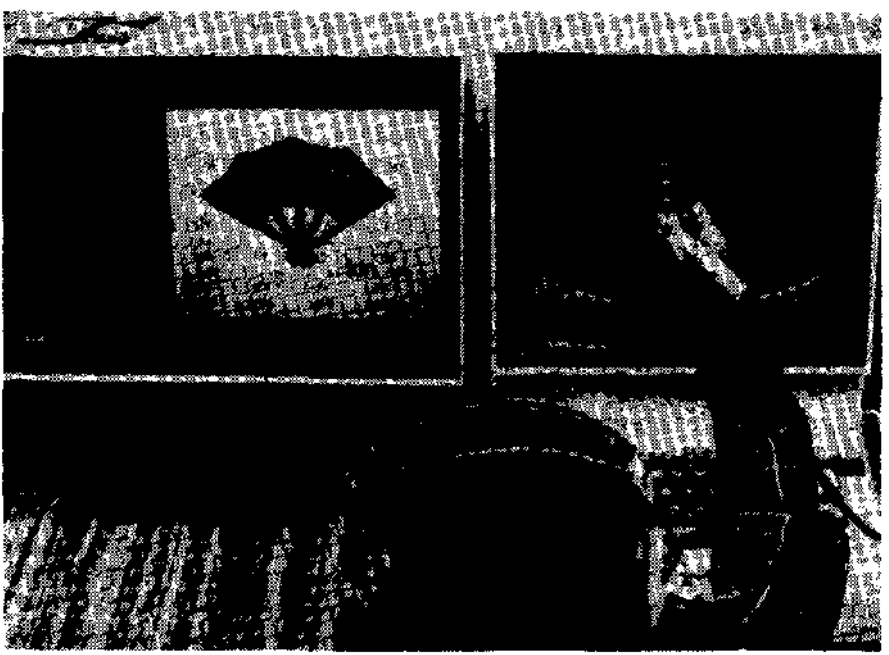


Figura 15.9. Terminal del estudiante usada para la instrucción tutorial en lectura inicial (cortesía de R. C. Atkinson).



Figura 15.10. Terminal simplificada usada más tarde para la instrucción en lectura inicial (cortesía de R. C. Atkinson).

Un problema persistente es el de los costos. La conveniencia económica depende del suficiente uso de la computadora, de manera que se reduzca el costo por hora por estudiante. Se ha calculado que para un solo sistema que sirva a 500 terminales (lo necesario para una pequeña escuela primaria, una secundaria y una de bachillerato superior que se encuentre muy cerca), el costo podría mantenerse en 0.11 dólares por hora estudiante, alrededor de lo que hoy se gasta en la instrucción impartida de la manera tradicional en las escuelas rurales (Kopstein y Seidel, 1969). Sin embargo, la mayor parte de los distritos escolares consideran que la *IAC* es un lujo extravagante que no pueden permitirse en épocas de austeridad. Cuando deben recortarse los presupuestos, los equipos nuevos son los que primero se descartan: es preferible deshacerse de una máquina que de un profesor que necesita el empleo. Otro obstáculo para su adopción reside en que no hay programas *IAC* lo bastante diversos disponibles en el comercio, es decir, programas específicos de estudio, que varían en los distintos distritos escolares.

IAC inteligente

Las personas que trabajan en el campo de la inteligencia artificial (véase el capítulo 12) objetan que la *IAC* estándar hace muy poco uso del poder real de la

computadora, la cual funciona en estas aplicaciones como un "costoso vuelve páginas", muy alejado de las cualidades de un verdadero tutor. Así, sería muy conveniente que el estudiante empleara un libro de texto programado. Por ejemplo, el estudiante no puede formular preguntas a la computadora o hacer que esclarezca conceptos confusos. El programador debe anticipar todos los enigmas y preguntas posibles e intentar responderlos en su programa (una tarea imposible). La división del "conocimiento" en cuadros pequeños parece *ad hoc*. Aunque el programa *IAC* estándar puede decirle a un estudiante que su respuesta es errónea y proporcionarle la correcta, no está en condiciones de formular hipótesis con base en el historial de errores de un estudiante para averiguar dónde se encuentran sus equivocaciones o dificultades reales. En los programas *IAC* actuales, la representación por computadora del conocimiento de un estudiante es sencillamente el número del cuadro (o número de lección) en el ramal de habilidades en que está trabajando, como si el conocimiento que tiene una persona acerca de la física fuera tan sólo el conjunto de problemas que fue capaz de resolver correctamente hasta el momento. Con su programa *SCHOLAR*, Carbonell (1970) y sus colaboradores propusieron la introducción de cualidades de índole más humana en los sistemas *IAC*. Dicho programa es un sistema en miniatura para la enseñanza de la geografía de América del Sur. La meta básica consiste en hacer que un tutor de tipo socrático, basado en la computadora, aplique sus conocimientos de geografía para elaborar preguntas de diagnóstico que se le formulan al estudiante; el tutor puede comprender y evaluar las respuestas complejas (mecanografiadas) que da un estudiante, diagnosticar qué partes del conocimiento del alumno son defectuosas y necesitan nuevo aprendizaje, y responder con inteligencia a cualquier pregunta inesperada que el alumno formule. Sin duda, se trata de objetivos muy avanzados que *SCHOLAR* y sus sucesores sólo han alcanzado parcialmente; sin embargo, sirven de metas futuras.

Los componentes de un sistema *IAC* inteligente son su *dominio de experiencia* acerca del conocimiento que debe impartir; un *modelo del estudiante*, que indica lo que el alumno sabe y desconoce en cualquier momento; y un conjunto de *estrategias de instrucción*, que especifica la forma en que ha de presentarse la información para que el estudiante la aprenda. Además, el sistema debe tener la capacidad de comprender preguntas en lenguaje natural y de generar respuestas en un idioma razonable. Ningún sistema ha perfeccionado todos estos componentes; más bien, un investigador dado se concentra en el desarrollo de sólo uno o dos componentes de un sistema más amplio, por ejemplo, la parte correspondiente a la contestación de preguntas.

El programa *SCHOLAR* usaba un sistema para comprender el lenguaje, relativamente primitivo basado en la gramática de caso, una red semántica para representar su conocimiento de geografía, y un conjunto de reglas de intersección y de búsqueda para inferir respuestas a las preguntas. Una novedosa característica de la representación de conocimiento del *SCHOLAR* eran los *rótulos de importancia* que se vinculaban con cada hecho e indicaban qué nivel de detalle se alcanzaba acerca de algún tema. Los rótulos de importancia se usaban heurísticamente para responder preguntas, en especial para enfocar el nivel de detalle dado que el estudiante deseaba discutir. Si se le preguntaba: "dígame algo acerca del Perú", el *SCHOLAR* sólo contaría los hechos más importantes. Los diseñadores del *SCHOLAR* (Collins *et al*, 1975) observaron un cierto número de hechos intere-

santes en torno de la contestación de preguntas. Una distinción novedosa se relacionaba con el hecho de si la pregunta se refería a un "conjunto cerrado" de una pequeña lista de objetos (por ejemplo, países en América del Sur), o a un "conjunto abierto", en el cual sólo los miembros más importantes de un conjunto indefinidamente grande se almacenan de modo explícito en la base de conocimientos (por ejemplo, los productos alimenticios que se cultivan en el Perú). La naturaleza del conjunto se identifica en la base de conocimientos y se emplea para responder preguntas.

Considérese ahora la manera en que el *SCHOLAR* utiliza los rótulos abiertos y cerrados en una categoría. Si se le pregunta: Es "¿Dinamarca un país de América del Sur?" y no sabe nada acerca de Dinamarca, buscará en su conjunto cerrado de países sudamericanos y, al no encontrar a Dinamarca, contestará: "definitivamente no". Si se le pregunta si el hule es un producto de Guyana (un dato que no está almacenado explícitamente), razona una respuesta plausible usando el hecho de que los productos de un país son un conjunto abierto. En este caso, el *SCHOLAR* notaría primero que otros países productores de hule lo enumeran como un hecho importante y, como no tiene al hule entre los productos importantes de Guyana, extrae esta conclusión: "probablemente no; de otro modo, yo conocería ese dato importante".

Este método heurístico y muchos otros que se programan en el *SCHOLAR* para un razonamiento correcto son fascinantes y de tipo humano, y lo convierten en una simulación interesante de la habilidad humana de responder preguntas. Sin embargo, aunque el *SCHOLAR* constituía una teoría importante de la contestación humana de preguntas, nunca llegó a la etapa avanzada necesaria para que en verdad enseñara geografía a los estudiantes.

Últimamente se han logrado considerables avances en el diseño de sistemas *IAC* inteligentes, pero aquí sólo los mencionaremos (para algunas reseñas, véase J. S. Brown y Goldstein, 1977). El sistema *WHY* de Collins (1976) y de Stevens y Collins (1977) proporciona a los estudiantes nociones referidas a sistemas que tienen relaciones causales entre conceptos, los cuales a menudo originan ideas erróneas acerca de por qué los procesos se desarrollan de determinada forma. El *WHY* intenta ayudar al alumno a descubrir los procesos causales correctos al considerar una gama de casos simples que tal vez ya conozca. Por ejemplo, al enseñar las causas de la lluvia, el *WHY* hace que el estudiante conjeture en primer lugar una regla causal, a continuación escoge contraejemplos para obligar a revisiones sucesivas de la regla, y procede de una manera socrática de acuerdo con diversas "reglas de instrucción" para ayudarle a formular una regla causal de suficiente generalidad. Las reglas de instrucción del *WHY* y la manera en que persigue metas globales de enseñanza constituyen estrategias muy convenientes para cualquier profesor.

Otro programa *IAC* inteligente es el *SOPHIE*, desarrollado por J. S. Brown y Burton (1975), que enseña a los ingenieros habilidades en la solución del problema. Este programa se concentra en la *detección* de desperfectos en una pieza de equipo electrónico deficiente con un diagrama de circuito conocido. A partir del voltaje o de las mediciones de corriente del circuito, los estudiantes conjeturan "averías", y el programa *SOPHIE* los instruye acerca de formas razonables para construir y evaluar hipótesis sucesivas.

Otro ejemplo de un programa de detección de averías en la enseñanza es el

BUGGY, también desarrollado por J.S. Brown y Burton (1978), que ayuda a los profesores a diagnosticar las causas profundas de los errores de un estudiante en la realización de problemas aritméticos. El *BUGGY* se originó en la creencia de que muchos de sus yerros no son aleatorios sino sistemáticos, y de que surgen de alguna concepción errónea básica (algún *bug*) acerca de la manera de ejecutar una operación matemática. El profesor efectivo debe ser capaz de diagnosticar el error de procedimiento y prescribir un remedio exacto. El programa *BUGGY* toma una tarea, como sumar números de tres dígitos, la representa en una red de subprocedimientos (por ejemplo, sumar números sólo en la misma columna cada vez), y proporciona ejemplos de los errores de adición que ocurrirán si uno o más subprocedimientos son defectuosos. Cuando actúa como instructor, el *BUGGY* escoge un error de procedimiento en que los estudiantes incurren con frecuencia, y produce una muestra de errores de adición con este defecto. Un profesor examina estos ejemplos y localiza la falla, como en el sistema *SOPHIE*; el programa *BUGGY* produce entonces otros ejemplos para que el profesor verifique su hipótesis acerca del error, comparándola con éstos. El procedimiento instruye a los profesores en el diagnóstico. El *BUGGY* también puede inferir defectos en el patrón de los errores de un estudiante arrojando un *bug* (error) dentro de alguna subbabilidad de su red perceptual (por ejemplo, al pasar un número de la suma de la primera a la tercera columna), calcular las respuestas de los problemas de los estudiantes a fin de comprobar si concuerdan los tipos de errores y su patrón, y continuar ensayando *bugs* hasta que se encuentre una igualación cercana. En una prueba de sustracción que se le dio a 1325 alumnos de 4o., 5o. y 6o. grado el *BUGGY* logró encontrar uno u otro *bug* consistente en su red de procedimiento (para la tarea de sustracción) que explicaría los patrones de error del 40% de los estudiantes; los demás probablemente incurrían en errores de descuido aleatorio o errores de *bug* múltiple. Esta información de diagnóstico es útil en la instrucción de un estudiante específico, y la frecuencia de los tipos de *bugs* en una población de estudiantes sugiere áreas de dificultad en las cuales deben concentrarse los esfuerzos del profesor.

Es evidente que estos programas inteligentes de instrucción se encuentran en una etapa embrionaria. En la actualidad se exploran varios dominios de destreza y se indican muchas estrategias de instrucción. Se le presta atención a los detalles de la representación de conocimientos (del experto) y a la contestación plausible de preguntas del tutor. Los sistemas que existen actualmente son prototipos burdos, que deben perfeccionarse antes de que puedan aplicarse con eficiencia. Sin embargo, el pensamiento que interviene en los tutores inteligentes conduce a algunas de las recomendaciones o heurísticas más avanzadas de que disponen los profesores en la práctica. Así, los beneficios reales de la investigación tal vez no residan tanto en los programas de funcionamiento práctico, sino en las heurísticas de instrucción que pueden enseñarse a los instructores humanos.

Sistemas de instrucción personalizada (Plan Keller)

En un artículo muy importante (1968), el psicólogo Fred Keller presentó un método de instrucción de un curso diseñado para eliminar la instrucción por medio de conferencias y programación rígida, que permite al estudiante progresar a su propio ritmo y demostrar su comprensión de los materiales. En su forma original, el

programa se desarrolló para cursos de introducción a la psicología a nivel universitario, pero en la actualidad se aplica a cualquier curso universitario o de bachillerato superior. Después de muchos años como profesor universitario, Keller se convenció (al igual que tantos otros) de que la disertación constituía un medio muy pobre para impartir información a los estudiantes; creía que si las conferencias tenían alguna justificación era la de motivar para el aprendizaje de conductas que los estudiantes ejecutarían fuera de la clase.

Para sustituir la enseñanza mediante disertaciones, Keller sugería que el profesor preparara un gran número de *unidades de aprendizaje* para las materias de su curso. Cada unidad de aprendizaje debería asociarse con la lectura de algún texto; las "notas de conferencia" del profesor o las discusiones de las lecturas destacarían los puntos de interés y remarcarían de modo enfático aquellos que debían aprenderse. La preparación de tales unidades requiere que los profesores sean muy claros acerca de qué quieren exactamente que sus alumnos aprendan; deben decidir cómo dividir un tema en múltiples unidades pequeñas e independientes, cómo presentarlas y cómo evaluar la comprensión de los estudiantes. Las unidades características implican un tema central (por ejemplo, "impulsos biológicos") y a menudo coinciden con un capítulo o una sección de capítulo de un texto de introducción al tema. Un curso típico podría dividirse en alrededor de 20 unidades de aprendizaje.

Después de preparar las notas para cada unidad, el profesor permite al estudiante trabajar a su propio ritmo, a partir de la unidad inicial. Los estudiantes deben hacer un breve examen acerca de los puntos esenciales de una unidad, y aprobarlo con un alto nivel de aprovechamiento (por lo común el 90% o más) a fin de que se les permita pasar a la siguiente unidad. Si no cumplen con este criterio en un examen, un tutor o el profesor repasa con ellos el material ausente; los estudiantes revisan la unidad nuevamente y regresan para hacer una prueba distinta acerca de esa unidad. Estas pruebas pueden aplicarse en cualquier momento que el estudiante sienta que está preparado, y los aprovechamientos inferiores al criterio no se incluyen en sus calificaciones. El tutor sólo registra aquellas pruebas de unidad que cada estudiante ha aprobado, y las calificaciones se determinan por el número de unidades cubiertas durante un semestre o trimestre académico. Pueden impartirse conferencias, pero la asistencia es opcional; el objetivo de las disertaciones es incrementar el interés con demostraciones vivas, entrevistas y películas alusivas a las unidades del curso.

Este método de instrucción se conoce como *sistema de instrucción personalizada* o *SIP*. Desde la perspectiva del estudiante, el *SIP* es personalizado en el sentido de que el alumno avanza a su propio ritmo, en gran parte estudia y aprende por su cuenta, se someté a muchos exámenes y recibe retroalimentación acerca del progreso de su aprendizaje, y discute los puntos del temario con un tutor. En comparación con las clases tradicionales de disertación con exámenes a mitad y al final del curso, los estudiantes del *SIP* siempre conocen con exactitud a qué altura se encuentran en la consecución de los objetivos del curso y qué deben hacer para lograr una u otra calificación. Pueden trabajar con rapidez o lentitud, dependiendo de las presiones de otros cursos o labores (algunos estudiantes trabajan con tanta rapidez que terminan todas las unidades requeridas a la mitad de un trimestre académico). Pero los profesores *SIP* no se desalientan por tales sucesos. Como han decidido los temas que deben conocerse para aprobar el curso, creen que ese co-

nocimiento se ha evaluado con exactitud; además, la evidencia sugiere que la calidad y retención de la información es en gran parte independiente de la rapidez con que se adquiera.

Desde la aparición del *SIP*, en muchos estudios se ha comparado el aprendizaje de los alumnos sujetos a este régimen con el aprendizaje en cursos convencionales de disertación con materiales equivalentes. Estas comparaciones resultaron extraordinariamente favorables al *SIP:* los estudiantes aprenden igual o más expresan su agrado por el tema de estudio y el sistema, y se muestran dispuestos a tomar más cursos *SIP* y a solicitar sus beneficios. Una vez que los profesores escépticos se hubieron convencido de las ventajas de este sistema, departamentos completos —e incluso universidades enteras— han adoptado el método. Éste ha demostrado su efectividad en la enseñanza de diversos tipos de cursos; en un artículo de Kulik, Kulik y Carmichael (1974) se reseña el éxito del sistema en la enseñanza de una multiplicidad de materias universitarias.

Como sucede con muchos métodos de enseñanza, se han propuesto algunas variaciones, y constantemente se experimenta con el formato y las reglas de operación del curso. En el *Journal of Personalized Instruction* se informa acerca de muchas de estas variaciones, con evaluaciones comparativas de los alumnos. Una modalidad efectiva es el uso de tutores estudiantiles —a menudo estudiantes graduados—, que instruyen a sus compañeros que toman un curso de este tipo por primera vez. Los tutores aprenden bastante (como se manifiesta en su avanzado trabajo en el campo) al preparar exámenes orales para sus alumnos o al instruir a quienes requieren ayuda. En los cursos *SIP*, la definición de una unidad es flexible y puede incluir una práctica de campo, la dirección de un experimento, un examen relacionado con el contenido de varias disertaciones, etcétera. El criterio de aprovechamiento para el dominio de una unidad, que permite al estudiante pasar a otra, varía del 70 al 100% y arroja los resultados esperados: un requisito de alto aprovechamiento para avanzar a la siguiente unidad hace que los estudiantes, en promedio, aprendan más acerca de menos unidades en un tiempo fijo. La característica atractiva del sistema *SIP* es que permite un gran ajuste individual de las unidades y las asignaciones del curso de acuerdo con la concepción del profesor acerca de la importancia relativa de cada tema que ha de enseñarse.

La adopción general del método *SIP* exige un gran esfuerzo por parte del instructor, sobre todo cuando debe establecerlo por primera vez, lo que constituye un obstáculo. Antes de implantar el curso, deben prepararse muchas notas del contenido de cada unidad auxiliares de enseñanza, manuales de estudio, y exámenes alternativos. Y muchos profesores desean evitar este trabajo inicial. Además, el desarrollo del curso requiere de atención constante, de la ayuda de tutores, de reuniones regulares con tutores y estudiantes lentos, y de organizar demostraciones interesantes en clase. Si un instructor debe impartir un curso dado sólo unas cuantas veces, quizá piense que este esfuerzo inicial no será recompensado por la reducción del trabajo en los años subsiguientes.

Un segundo obstáculo es que muchos estudiantes, profesores y administradores creen que una clase *debe* incluir disertaciones en vivo, y cualquier intento de eliminarlas puede considerarse como negligencia o pereza de parte del profesor. Las virtudes de la disertación se ensalzan a menudo en términos de que motiva a los estudiantes, responde a sus preguntas, estimula el pensamiento y la creatividad espontánea (sin mencionar el sentido del humor). Estas creencias tradiciona-

les persisten y hacen a un lado al *SIP* a pesar de la evidencia de que, en términos generales, la disertación en vivo no es un buen medio de instrucción. Obviamente, se escoge por otras razones y no porque imparta una gran cantidad de conocimientos sobre el terreno.

Acaso el problema más difícil para los programas *SIP* es que chocan con las concepciones tradicionales de la programación y calificación del curso, las cuales determinan el funcionamiento cotidiano de los administradores y de los estudiantes universitarios (o del bachillerato superior). Por lo general, un "salón de curso" (al igual que un laboratorio de idiomas) se establece aparte, y cualquier estudiante pueda acudir a él para estudiar una lección dada (por ejemplo, asistir a una demostración con transparencias y cintas magnetofónicas), o presentar el examen de una unidad. Pero aparte de eso, el criterio en lo que se refiere del sistema al dominio de cada unidad, a las múltiples pruebas sin castigo, a permitir que los estudiantes sigan adelante hasta que aprueben tantas unidades como deseen; todo esto hace estragos en las prácticas tradicionales de calificación. La forma más común de dirigir un curso universitario *SIP* —en el cual las calificaciones se determinan por el número de unidades que el interesado concluya en un semestre o trimestre— motiva tanto a los estudiantes que un elevado porcentaje obtiene *MB*, y la mayoría de los restantes *B*. Y estas calificaciones no se consiguen fácilmente. Los estudiantes reconocen que en un curso *SIP* trabajan más y durante mayor tiempo que en un curso convencional basado en disertaciones, y aseguran que aprenden mucho más. Pero los funcionarios administrativos de las universidades se molestan a causa de algunos cursos de introducción, en los cuales la mayoría de los estudiantes recibe una *A*.

La filosofía *SIP* implica una nueva orientación de la educación, el aprovechamiento y las calificaciones. Antiguamente se creía que las calificaciones informaban del porcentaje de los objetivos del curso que un estudiante lograba; pero en el aprendizaje de dominio los estudiantes aprenden todos los objetivos importantes que el instructor ha especificado: si no lo hacen, no pueden pasar a la siguiente unidad. Como sabemos, las calificaciones también se usan para comparar y ordenar por rango a los estudiantes, y es esta función comparativa la que se pierde cuando aprenden con cursos *SIP*. Las calificaciones se emplean para investigar, seleccionar y escoger a las personas que recibirán ofertas de trabajo, que serán admitidas en las escuelas profesionales, que recibirán becas, etcétera. Las empresas o las escuelas profesionales quieren a los estudiantes "más brillantes", y analizan las calificaciones del curso para realizar esa selección. Acaso sea el momento de que las escuelas reconsideren su verdadera misión, en lugar de cumplir a ciegas con el papel evaluador que la sociedad les ha confiado. Esa misión consiste en enseñar, informar, satisfacer la curiosidad, facilitar el descubrimiento, fomentar el desarrollo de individuos competentes, promover el conocimiento, el discernimiento analítico y, tal vez, la sabiduría.

PROBLEMAS EN LAS APLICACIONES

Se han reseñado, a grandes rasgos, varios de los instrumentos de enseñanza y de los nuevos métodos de instrucción desarrollados por los psicólogos del aprendizaje. Es obvio que cada nuevo dispositivo, como juego de simulación de enseñanza, requiere de la investigación para perfeccionarse, comprobar su efectividad, va-

riar y delimitar su utilidad. El proceso exige la cooperación de "ingenieros conductuales aplicados", así como psicólogos académicos e instructores o profesores especializados. Queda mucho trabajo por hacer y gran parte es de ingeniería. Por ejemplo, cuando alguna idea tendiente a mejorar la instrucción en aritmética se ensaya con éxito en el laboratorio, entonces deberá incorporarse a un curriculum experimental con profesores locales dispuestos. Una vez que pasa la prueba, el curriculum puede enviarse a escuelas más distantes y a profesores menos dispuestos, que seguramente no seguirán los mismos procedimientos al administrar el sistema. Sin embargo, si el material continúa teniendo éxito, la fase siguiente consiste en transformarlo en un "paquete" para un uso más amplio, defender o promover su adopción en las juntas escolares locales o estatales, preparar manuales, entrenar profesores para que empleen apropiadamente los materiales o las lecciones, etcétera. Desde luego, muchos investigadores del aprendizaje no están dotados del talento, el temperamento o carecen de los objetivos necesarios como para trabajar en muchas de estas fases. Por lo tanto, es muy probable que remitan sus escasas ideas acerca de métodos o materiales educativos a un centro de desarrollo educativo o curricular. Es evidente que el conjunto de actividades necesarias para hacer que se adopte una directriz acerca de un curriculum es labor de un especialista; en consecuencia, gran parte de las recientes erogaciones educativas del gobierno de los Estados Unidos se han dedicado a grandes centros de investigación que desarrollan curriculum experimentales y los comprueban en condiciones del campo.

El problema de la innovación educativa

En una organización tan compleja como un sistema escolar, los métodos nuevos a menudo encuentran obstáculos. Si no se cuida de introducir los materiales o métodos novedosos ante todos los interesados, se corre el riesgo de que lo mejor del equipo permanezca ocioso, que se desaprovechen los mejores recursos e incluso que se sabotee la mejor técnica. Una vez que los principios de la ciencia básica se han establecido y sus aplicaciones se han validado en la práctica de los salones de clases, de ningún modo se garantiza su adopción en gran escala y, si ésta se fuerza, no hay seguridad alguna de que se logren los resultados deseados. En términos abstractos, los pasos de la innovación son bastante claros:

a) Proporcionar un programa concreto basado en la investigación y convalidado con pruebas.
b) Empaquetar el programa de modo que esté disponible en buenos libros de texto, lecturas complementarias en forma de folletos, películas, programas para máquinas de enseñanza, y guías para el profesor.
c) Ofrecer materiales de prueba para determinar si los objetivos del programa se lograron en su totalidad, y acompañar tales pruebas con datos normativos adecuados que sirvan de guía durante su aplicación.
d) Proporcionar entrenamiento al profesor para vencer su resistencia a los nuevos métodos y materiales y ganar su aceptación entusiasta del programa como algo valioso, así como entrenarlo en el uso del mismo.
e) Obtener apoyo para el programa por parte de la comunidad, las juntas escolares, los padres y todas las personas relacionadas con las escuelas.

Para citar un ejemplo, la resistencia a la adopción a gran escala de los métodos de enseñanza *SIP* proviene de los profesores que no quieren realizar el esfuerzo, o a los cuales les apasionan las disertaciones, y de los funcionarios molestos por las altas calificaciones de los estudiantes *SIP*. Aunque los resultados de las investigaciones son favorables y los estudiantes reconocen sus ventajas, los obstáculos surgen de otros grupos de la comunidad académica.

No siempre hemos evaluado correctamente nuestras estrategias de innovación. A criterio del lego y de las personas no relacionadas con la educación, en ocasiones nos hemos pasado de la raya; otras veces hemos presentado una gran resistencia. El comercialismo y los intereses creados intervienen de modo desagradable, y desafortunadamente los apoyan ciertas facciones de la propia profesión educativa.

He aquí, entonces, una tarea que exige sabiduría y sensibilidad. Las contribuciones psicológicas pueden provenir más de la psicología social que de la psicología del aprendizaje, ya que los procesos implicados son los del control social y el cambio de actitudes. Pero a no ser que exista un verdadero interés por las formas adecuadas de aplicar la innovación, es probable que las escuelas sean víctimas de fantasías, en vez de ser herederas de la mejor tradición que podamos establecer por medio del esfuerzo común.

Hay sugerencias específicas que es necesario someter a consideración. Por ejemplo, sería deseable que cada sistema escolar, de cualquier magnitud, dedicara una parte de su edificio, —o por lo menos algunos salones— a la capacitación del personal docente en el campo de la innovación; éstos son problemas actuales e importantes a nivel comunitario que no pueden asignarse a los colegios o universidades especializados en la formación de profesores. Maestros y alumnos podrían pasar sucesivamente por estos salones para ensayar allí las innovaciones, antes de comprometerse a su adopción. De este modo, podrían someterse a prueba unos cuantos objetivos de enseñanza mediante la instrucción con ayuda de computadoras o proyectores de televisión de circuito cerrado, sin invertir en ellos lo que sería necesario para satisfacer las necesidades de todo un sistema escolar. Los profesores tendrían la oportunidad de decidir si aprueban o no los nuevos aparatos, o de seleccionar entre varias posibilidades. No se correría riesgo alguno al esperar, en el caso de que los profesores no estuviesen preparados, ya que es poco probable que los métodos que se les impongan tengan éxito si no cuentan con su aprobación. Algunas de las innovaciones por comprobar podrían estar a cargo de los maestros locales más idóneos, a quienes se les daría la oportunidad de demostrar a sus colegas lo que hacen en sus propios salones de clases. También podría invitarse a los miembros de la junta escolar y a los representantes de los padres para que asistieran a esas demostraciones. Los principios del ensayo antes de la aceptación y de la elección por parte de quienes han de usar el método, parecen ser adecuados: si los nuevos métodos son en verdad buenos, gozarán de la aprobación general.

Para construir una conexión firme entre los estudios experimentales del aprendizaje y el salón de clases necesitamos dar una serie de pasos, ya que la ciencia aplicada consiste en algo más que en adaptar los principios teóricos a la práctica. El punto central es que en las fases de investigación y desarrollo se requiere de colaboración entre el psicólogo, el especialista en la materia y el profesor; además, deben considerarse cuidadosamente las técnicas de innovación. Si logramos

éxito en la integración de estas fases, avanzaremos hacia un mejoramiento de la educación que será satisfactorio para todos.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Los libros siguientes son útiles para intentar valorar las teorías de instrucción, tecnología e investigación educativa:

Teorías de instrucción

Block, J. H. (dir.) *Mastery learning*, 1971.
Bruner, J. S., *Toward a theory of instruction*, 1966.
Gagné, R. M., *The conditions of learning*, 1970.
Keller, F. S. y Ribes-Inesta, E. (dirs.), *Behavior modification: Aplications to education*, 1974.
Hilgard, E. R. (dir.), *Theories of learning and instruction*, 1964*a*.
Skinner, B. F., *The technology of teaching*, 1968.

Tecnología educativa

Atkinson, R. C. y Wilson, H. A. (dirs.), *Computer-assisted instruction: A book of readings*, 1969.
Carnegie Commission on Higher Education, *The fourth revolution: Instructional technology in higher education*, 1972.
Chu, G. C. y Schramm, W., *Learning from television: What the search says*, 1967.
Lange, P. C. (dir.), *Programed instruction*, 1967.
Leviën, R. E., *The emerging technology: Instructional uses of the computer in higher education*, 1972.
Suppes, P., Jerman, M. y Brian, D., *Computer-assisted instruction: Stanford's 1965-66 arithmetic program*, 1968.
Suppes, P. y Morningstar, M., *Computer-assisted instruction at Stanford, 1966-68*, 1972.
Tickton, S. G. (dir.), *To improve learning: An evaluation of instructional technology*, 1970.

Investigación educativa

Cronbach, L. J. y Suppes, P. (dirs.), *Research for tomorrow's schools*, 1969.
Gage, N. L. (dir.), *Handbook of research on teaching*, 1963.
Gagné, R. M. y Gephart, W. L (dirs.), *Learning research and school subjects*, 1968.
Glaser, R. (dir.), *Advances in instructional psycology*, vol. I, 1978.
Suppes, P. (dir.), *Impact of research on education: Some case studies*, 1978.
Wittrock, M. C. (dir.), *Learning and instruction: Readings in educational research*, 1977.

Bibliografía

Abernethy, E. M., "The effect of changed environmental conditions upon the results of college examinations", en *J. Psychol.*, 10, 1940, págs. 293-301.

Abramson, L. Y. *et al.*, "Learned helplessness in humans: Critique and reformulation", en *J. abn. Psychol.*, 87, 1978, págs. 49-74.

Albert, D. J., "The effect of spreading depression on the consolidation of learning", en *Neuropsychol.*, 4, 1966, págs. 49-64.

Allen, G. A. y W. K. Estes, "Acquisition of correct choices and value judgments in binary choice learning with differential rewards", en *Psychon. Sci.*, 27, 1972, págs. 68-72.

Allison, J., "Contrast, induction, facilitation, suppression, and conservation", en *J. exp. Anal. of Behav.*, 25, 1976, págs. 185-99.

Allport, G. W. y L. Postman, *The psychology of rumor*, Holt, Rinehart and Winston, Nueva York, 1947.

Amarel, S., "On representations of problems of reasoning about actions", en D. Michie, ed., *Machine intelligence*, American Elsevier, Nueva York, vol. 3, 1968.

Ammons, R. B., "Psychology of the scientist. II: Clark L. Hull and his 'Idea Books' ", en *Percept. Mot. Skills*, 15, 1962, págs. 800-802.

Amsel, A., "The role of frustrative nonreward in noncontinuous reward situations", en *Psychol. Bull.*, 55, 1958, págs. 102-19.

Amsel, A., "Frustrative nonreward in partial reinforcement and discrimination learning", en *Psychol. Rev.*, 69, 1962, págs. 306-28.

Amsel, A., "On inductive versus deductive approaches and neo-Hullian behaviorism", en B. B. Wolman, ed., *Scientific psychology*, Basic Books, Nueva York, 1965, págs. 187-206.

Amsel, A., "Partial reinforcement effects on vigor and persistence", en K. W. Spence y J. T. Spence, eds., *The psychology of learning and motivation*, Academic Press, Nueva York, vol. 1, 1967.

Amsel, A. y J. S. Ward, "Frustration and persistence: Resistance to discrimination following prior experience with the discriminanda", en *Psychol. Monogr.*, 79, núm. 4 (completo núm. 597), 1965.

Anand, B. K. *et al.*, "Some aspects of electroencephalographic studies in yogis", en *Elec-*

troencephalography and Clinical Neurophysiology, 13, 1961, págs. 452-56. También en C. T. Tart, ed., *Altered states of consciousness: A book of readings*, Wiley, Nueva York.
Anderson, J. R., "Fran: A simulation model of free recall", en G. H. Bower, ed., *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Academic Press, Nueva York, vol. 5, 1972.
Anderson, J. R., "Computer simulation of a language-acquisition system: A first report", en R. Solso, ed., *Information processing and cognition: The Coyola symposium*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 1975, págs. 295-349.
Anderson, J. R., *Language, memory, and thought*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 1976.
Anderson, J. R. y G. H. Bower, "Recognition and retrieval processes in free recall", en *Psychol. Rev.*, 79, 1972*a*, págs. 97-123.
Anderson, J. R. y G. H. Bower, "Configural properties of sentence memory", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 11, 1972*b*, págs. 594-605.
Anderson, J. R. y G. H. Bower, *Human associative memory*, V. H. Winston, Washington, D.C., 1973.
Anderson, J. R. y G. H. Bower, "A propositional theory of recognition memory", en *Mem. and Cog.*, 2, 1974, págs. 406-12.
Anderson, N. H., "An evaluation of stimulus sampling theory: Comments on Professor Estes' paper", en A. W. Melton, ed., *Categories of human learning*, Academic Press, Nueva York, 1964.
Anderson, R. C. y J. F. Carter, "Retroactive inhibition of meaningful-learned sentences", en *Am. Ed. Res. J.*, 9, 1972, págs. 443-48.
Anderson, R. C. y D. L. Myrow, "Retroactive inhibition of meaningful discourse", en *J. ed. Psychol., Monogr. Suppl.*, 62, 1971, págs. 81-94.
Anderson, R. C. y G. H. Watts, "Response competition in the forgetting of paired associates", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 10, 1971, págs. 29-34.
Antioch College, *Experiment in French language instruction: Second report, 1959-1960*, Antioch Press, Yellow Springs, Ohio, 1960.
Arnold, P., *On the nature of associations*. Tesis doctoral inédita, Stanford University, 1976.
Arnold, P. G. y G. H. Bower, "Perceptual conditions affecting ease of association", en *J. exp. Psychol.*, 93, 1972, págs. 176-80.
Asch, S. E., "Reformulation of the problem of association", en *Amer. Psychol.*, 24, 1969, págs. 92-102.
Asch, S. E. *et al.*, "Perceptual conditions of association", en *Psychol. Monogr.*, 57 (completo núm. 3), 1960.
Ashby, W. R., *Design for a brain*, Wiley, Nueva York, 1952.
Atkinson, R. C., "Choice behavior and monetary payoffs", en J. Criswell, *et al.* eds., *Mathematical methods in small group processes*, Stanford Univ. Press, Stanford, 1962.
Atkinson, R. C., "Ingredients for a theory of instruction", en *Amer. Psychol.*, 27, 1972, págs. 921-31.
Atkinson, R. C., "Mnemotechnics in second-language learning", en *Amer. Psychol.*, 30, 1975, págs. 821-28.
Atkinson, R. C. *et al.*, *Introduction to mathematical learning theory*, Wiley, Nueva York, 1965.
Atkinson, R. C. y E. J. Crothers, "A comparison of paired associate learning models having different acquisition and retention axioms", en *J. math. Psychol.*, 1, 1964, págs. 285-315.
Atkinson, R. C. y W. K. Estes, "Stimulus sampling theory", en R. D. Luce, *et al.*, eds., *Handbook of mathematical psychology*, Wiley, Nueva York, vol. 2, 1963.
Atkinson, R. C. y J. D. Fletcher, "Teaching children to read with a computer", en *The Reading Teacher*, 25, 1972, págs. 319-27.
Atkinson, R. C. y J. A. Paulson, "An approach to the psychology of instruction", en *Psychol. Bull.*, 78, 1972, págs. 49-61.

Atkinson, R. C. y M. R. Raugh, "An application of the mnemonic keyword method to the acquisition of a Russian vocabulary", en *J. exp. Psychol.: Human Learning and Memory*, 104, 1975, págs. 126-33.

Atkinson, R. C. y R. M. Shiffrin, *Mathematical models for memory and learning*, Technical Report núm. 79, Psychology, Series, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford Univ. Press, Stanford, 1965.

Atkinson, R. C. y R. M. Shiffrin, "Human memory: A proposed system and its control processes", en K. W. Spence y J. T. Spence, eds., *The Psychology of Learning and Motivation*, Academic Press, Nueva York, vol. 2, 1968.

Atkinson, R. C. y R. M. Shiffrin, "The control of short-term memory", en *Sci. Amer.* (agosto), 1971, págs. 82-90.

Atkinson, R. C. y T. D. Wickens, "Human memory and the concept of reinforcement", en R. Glaser, ed., *The nature of reinforcement*, Academic Press, Nueva York, 1971.

Atkinson, R. C. y H. A. Wilson, eds., "Computer-assisted instruction", en *Computer-assisted instruction: A book of readings*, Academic Press, Nueva York, 1969, págs. 3-14.

Audley, R. J., "A stochastic model for individual choice behavior", *Psychol. Rev.*, 67, 1960, págs. 1-15.

Ausubel, D. P., "The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal learning", en *J. ed. Psychol.*, 51, 1960, págs. 267-72.

Azrin, N. H., "Aggression: A speech to American Psychological Association, sept. 6, 1964, Los Ángeles", título enumerado en *Amer. Psychol.*, 17, 1964, pág. 501.

Azrin, N. H. *et al.*, "Elicitation of aggression by a physical blow", en *J. exp. Anal. Behav.*, 8, 1965, págs. 55-57.

Azrin, N. H. y W. C. Holz, "Punishment", en W. K. Honig, ed., *Operant behavior: Areas of research and application*, Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1966, págs. 380-447.

Azrin, N. H. *et al.*, "Extinction-induced aggression", en *J. exp. Anal. Behav.*, 9, 1966, págs. 191-204.

Babkin, B. P., *Pavlov: A biography*, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1949.

Baddeley, A. D., "The trouble with levels: A reexamination of Craik and Lockhart's framework for memory research", en *Psychol. Rev.*, 85, 1978, págs. 139-52.

Bandura, A., "Social learning through imitation", en M. R. Jones, ed., *Nebraska Symposium on Motivation, 1962*, Univ. of Nebraska Press, Nebraska, 1962, págs. 211-69.

Bandura, A., "Vicarious processes: A case of no-trial learning", en L. Berkowitz, ed., *Advances in experimental social psychology*, Academic Press, Nueva York, vol. 2, 1965.

Bandura, A., *Principles of behavior modification*, Holt, Rinehart and Winston, N.Y., 1969.

Bandura, A., *Social learning theory*, General Learning Press, Nueva York, 1971*a*.

Bandura, A., *Psychological modeling: Conflicting theories*, Aldine-Atherton, Nueva York, 1971*b*.

Bandura, A., *Social learning theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1977*a*.

Bandura, A., "Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavior change", en *Psychol. Rev.*, 84, 1977*b*, págs. 191-215.

Bandura, A., *et al.*, "Reflections on self-efficacy", en *Adv. behav. Res. Ther.*, 1, 1978, págs. 237-69.

Bandura, A., "Observational learning as a function of symbolization and incentive set", en *Child Devel.*, 37, 1966, págs. 499-506.

Bandura, A. y R. W. Jeffery, "Role of symbolic coding and rehearsal processes in observational learning", en *J. Pers. soc. Psychol.*, 26, 1973, págs. 122-30.

Bandura, A. y M. J. Mahoney, "Maintenance and transfer of self-reinforcement functions", en *Behav. Res. Ther.*, 12, 1974, págs. 89-97.

Bandura, A. y R. H. Walters, *Social learning and personality development*, Holt, Rinehart and Winston, Nueva York, 1963.

Barclay, J. R. *et al.*, "Comprehension and semantic flexibility", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 13, 1974, págs. 471-81.

Barnes, J. M. y B. J. Underwood, "Fate of first-list associations in transfer theory", en *J. exp. Psychol.*, 58, 1959, págs. 97-105.
Barondes, S. H. y H. D. Cohen, "Puromycin effect on successive phases of memory storage", en *Science*, 15, 1966, págs. 594-95.
Barrett, R. J. *et al.*, "Effects of complete and incomplete reward reduction on a subsequent response", en *Psychon. Sci.*, 3, 1965, págs. 277-78.
Barsalou, L. W., *Ad hoc categories and cross-classification*, en preparación, Stanford University, 1979.
Bartlett, F. C., *Remembering*, Cambridge Univ. Press, Londres, 1932.
Basmajian, J. V. *et al.*, "Biofeedback treatment of foot-drop after stroke compared with standard rehabilitation technique", en *Arch. phys. Med. Rehab.*, 56, 1975, págs. 231-36.
Baxter, B. L. *et al.*, "Self-injection of apomorphine in the rat: Positive reinforcement by a dopamine receptor stimulant", en *Pharm., biochem., behav.*, 4, 1974, págs. 611-12.
Beach, L. R. *et al.*, "Probability learning: Response proportions and verbal estimates", en *J. exp. Psychol.*, 86, 1970, págs. 165-70.
Beck, A. R., *Cognitive therapy and the emotional disorders*, International Universities Press, Nueva York, 1976.
Bem, D. J., "Self-perception: An alternative interpretation of cognitive dissonance phenomena", en *Psychol. Rev.*, 74, 1967, págs. 183-200.
Bem, D. J., "Self-perception theory", en L. Berkowitz, ed., *Advances in experimental social psychology*, Academic Press, Nueva York, vol. 6, 1972.
Bennett, E. L., *et al.*, "Reliability and regional specificity of cerebral effects of environmental complexity and training", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 57, 1964, págs. 440-41.
Bentham, J., *The principles of morals and legislation*, Londres, 1789.
Berger, W. F. y R. F. Thompson, "Neuronal plasticity in the limbic system during classical conditioning of the rabbit nictitating membrane response: I. Hippocampus", en *Brain Res.*, 145, 1978*a*, págs. 323-46.
Berger, W. F. y R. F. Thompson, "Neuronal plasticity in the limbic system during classical conditioning of the rabbit nictating membrane response: II. Septum and mammillary bodies", en *Brain Res.*, 156, 1978*b*, págs. 293-314.
Bergin, A. E. y S. L. Garfield, eds., *Handbook of psychotherapy and behavior change*, Wiley, Nueva York, 1971.
Bernbach, H. A., *Stimulus learning and recognition in paired-associate learning*, Tesis doctoral, Univ. of Michigan. También en Informe Técnico núm. 05823-7-T bajo contrato núm. AF 49(638)-1235, 1965.
Bernoulli, D., "Specimen theoriae novae de mensura sortis", en *Commentari academiae scientiarum imperiales petropolitanae*, 5, 1738, págs. 175-92. (Traducido por L. Sommer en *Econometrika*, 22, 1954, págs. 23-36.
Bersh, P. J., "The influence of two variables upon the establishment of a secondary reinforcer for operant responses", en *J. exp. Psychol.*, 41, 1951, págs. 62-73.
Bever, T. G., "Associations to stimulus-response theories of language", en T. R. Dixon y D. L. Horton, eds., *Verbal behavior and general behavior theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1968.
Bever, T. G. *et al.*, "A formal limitation of associationism", en T. R. Dixon y D. L. Horton, eds., *Verbal behavior and general behavior theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1968.
Bever, T. G. *et al.*, "On the acquisition of syntax: A critique of contextual generalization", *Psychol. Rev.*, 72, 1965*a*, págs. 467-82.
Bever, T. G. *et al.*, "Is linguistics empirical?", *Psychol. Rev.*, 72, 1965*b*, págs. 493-500.
Bickford, R. G. *et al.*, "Changes in memory function produced by electrical stimulation of the temporal lobe in man", en *Res. Pub. Assoc. for Res. in Nerv. and Ment. Dis.*, 36, 1958, pág. 227.
Bilodeau, E. A., ed., *Acquisition of skill*, Academic Press, Nueva York, 1966.

Binder, A. y S. E. Feldman, "The effects of experimentally controlled experience upon recognition responses", en *Psychol. Monogr.*, 74, núm. 496, 1960.
Birch, H. G., "The relation of previous experience to insightful problem-solving", en *J. comp. Psychol.*, 38, 1945, págs. 367-83.
Birnbaum, I. M., "General and specific components of retroactive inhibition in the A-B, A-C paradigm", en *J. exp. Psychol.*, 93, 1972, págs. 188-92.
Birnbrauer, J. S., "Mental retardation", en H. Leitenberg, ed., *Handbook of behavior modification and behavior therapy*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1976, págs. 361-404.
Bitterman, M. E., "The comparative analysis of learning", en *Science*, 188, 1975, págs. 699-709.
Bjork, R. A., "Positive forgetting: The noninterference of items intentionally forgotten", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 9, 1970, págs. 255-68.
Black, A. H., "The operant conditioning of central nervous system electrical activity", en G. H. Bower, ed., *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Academic Press, Nueva York, vol. 6, 1972.
Black, A. H., "Comments on 'Learned helplessness: Theory and evidence' ", en *J. exp. Psychol.: General*, 106, 1977, págs. 41-43.
Black, A. H. y W. F. Prokasy, eds., *Classical conditioning. II: Current theory and research*, Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1972.
Black, J. B. y G. H. Bower, "Story-understanding as problem-solving", en *Poetics* (en prensa), 1980.
Blanchard, E. B. y L. D. Young, "Clinical application of biofeedback training", en *Arch. gen. Psychiat.*, 30, 1974, págs. 573-89.
Block, J. H., ed., *Mastery learning: Theory and practice*, Holt, Rinehart and Winston, Nueva York, 1971.
Blodgett, H. C., "The effect of the introduction of reward upon the maze performance of rats", en *Univ. Calif. Psychol.*, 4, 1929, págs. 113-34.
Blodgett, H. C. y K. McCutchan, "Place versus response-learning in the simple T-maze", en *J. exp. Psychol.*, 37, 1947, págs. 412-22.
Blodgett, H. C. y K. McCutchan, "The relative strength of place and response learning in the T-Maze", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 41, 1948, págs. 17-24.
Bloom, B. S., "Learning for mastery", en *Evaluation Comment*, 1, núm. 2. Univ. de California en Los Ángeles, 1968, págs. 47-63.
Blough, D. S., "Experiments in animal psychophysics", en *Sci. Amer.*, 206 (julio), 1961, págs. 113-122.
Blough, D. S., "The study of animal sensory processes by operant methods", en W. K. Honig, ed., *Operant behavior: Areas of research and application*, Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1966.
Blough, D. S., "Steady-state data and a quantitative model of operant generalization and discrimination", en *J. exp. Psychol.: Animal Behavior Processes*, 104, 1975, págs. 3-21.
Bobrow, S. A., "Memory for words in sentences", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 9, 1970, págs. 363-72.
Bobrow, S. A. y G. H. Bower, "Comprehension and recall of sentences", en *J. exp. Psychol.*, 80, 1969, págs. 455-61.
Boden, M. A., *Artificial intelligence and natural man*, Basic Books, Nueva York, 1977.
Bolles, R. C., "Species-specific defense reactions in avoidance learning", en *Psychol. Rev.*, 71, 1970, págs. 32-48.
Bolles, R. C., "The avoidance learning problem", en G. H. Bower, ed., *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Academic Press, Nueva York, vol. 6, 1972.
Borko, H., ed., *Automated Language processing*, Wiley, Nueva York, 1967.
Bourne, L. E. *et al.*, *Cognitive processes*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1979.

Bousfield, W. A., "The occurrence of clustering in the recall of randomly arranged associates", en *J. gen. Psychol.*, 49, 1953, págs. 229-40.
Bower, G. H., "Choice-point behavior", en R. R. Bush y W. K. Estes, eds., *Studies in mathematical learning theory*, Stanford, Univ. Press, Stanford. 1959, págs. 109-24.
Bower, G. H., "Partial and correlated reward in escape learning", en *J. exp. Psychol.*, 59, 1960, págs. 126-30.
Bower, G. H., "Application of a model to paired-associate learning", en *Psychometrika*, 26, 1961*a*, págs. 255-80.
Bower, G. H., "A contrast effect in differential conditioning", en *J. exp. Psychol.*, 62, 1961*b*, págs. 196-99.
Bower, G. H., "Response strengths and choice probability: A consideration of two combination rules", en E. Nagel, *et al.*, eds., *Logic, methodology, and philosophy of science: Proceedings of the 1960 International Congress*, Stanford Univ. Press, Stanford, 1962*a*, págs. 400-12.
Bower, G. H., "An association model for response and training variables in paired-associate learning", en *Psychol. Rev.*, 69, 1962*b*, págs. 34-53.
Bower, G. H., "The influence of graded reductions in reward and prior frustrating events upon the magnitude of the frustration effect", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 55, 1962*c*, págs. 582-87.
Bower, G. H., "A descriptive theory of memory", en D. P. Kimble, ed., *The organization of recall*, New York Academy of Sciences, Nueva York, vol. 2, 1967*a*.
Bower, G. H., "Verbal learning", en H. Helson y W. Bevan, eds., *Contemporary approaches to psychology*, Van Nostrand, Princeton, 1967*b*.
Bower, G. H., *The psychology of learning and motivation*, Academic Press, Nueva York, vols. 2-13, 1968.
Bower, G. H., "Analysis of a mnemonic device", en *Amer. Sci.* 58, 1970*a*, págs. 496-510.
Bower, G. H., "Organizational factors in memory", en *Cog. Psychol.* 1, 1970*b*, págs. 18-46.
Bower, G. H., "Adaptation-level coding of stimuli and serial position effects", en M. H. Appley, ed., *Adaptation-level theory*, Academic Press, Nueva York, 1971, págs. 175-201.
Bower, G. H., "Perceptual groups as coding units in immediate memory", en *Psychon. Sci.*, 27, 1972*a*, págs. 217-19.
Bower, G. H., "Mental imagery and associative learning", en L. W. Gregg, ed., *Cognition in learning and memory*, Wiley, Nueva York, 1972*b*.
Bower, G. H., "A selective review of organizational factors in memory", en E. Tulving y W. Donaldson, eds., *Organization of memory*, Academic Press, Nueva York, 1972*c*.
Bower, G. H., "Stimulus-sampling theory of encoding variability", en E. Martin y A. Melton, eds., *Coding theory and memory*, Hemisph. Publ. Corp., Washington, D.C., 1972*d*.
Bower, G. H., "How to...uh...remember", en *Psychol. Today*, 7, núm. 5, 1973, págs. 62-70.
Bower, G. H., "Selective facilitation and interference in retention of prose", en *J. ed. Psychol.*, 66, 1974, págs. 1-8.
Bower, G. H., "Cognitive psychology: An introduction", en W. K. Estes, ed., *Handbook of learning and cognitive processes*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., vol. 1, 1975, págs. 25-80.
Bower, G. H., "Experiments on story understanding and recall", en *Quart. J. exp. Psychol.*, 28, 1976, págs. 511-34.
Bower, G. H., "Interference paradigms for meaningful propositional memory", en *Amer. J. Psychol.*, 91, 1978*a*, págs. 575-85.
Bower, G. H., "Contacts of cognitive psychology with social learning theory", en *Cog. Res. Ther.*, 1, 1978*b*, págs. 123-47.
Bower, G. H., "Experiments on story comprehension and recall", en *Discourse Proc.*, 1, 1978*c*, págs. 211-31.
Bower, G. H. *et al.*, "Scripts in memory for text", en *Cog. Psychol.*, 11, 1979, págs. 177-220.

Bower, G. H. *et al.*, "Hierarchical retrieval schemes in recall of categorized word lists", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 8, 1969, págs. 323-43.
Bower, G. H. y A. Glass, "Structural units and the redintegrative power of picture fragments", en *J. exp. Psychol.: Human Learning and Memory*, 2, 1976, págs. 456-66.
Bower, G. H. y K. Holyoak, "Encoding and recognition memory for naturalistic sounds", en *J. exp. Psychol.*, 101, 1973, págs. 360-66.
Bower, G. H. *et al.*, "Grouping operations in free recall", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 8, 1969, págs. 481-93.
Bower, G. H. y M. Masling, *Causal explanations as mediators for remembering correlations*, manuscrito inédito, Stanford University, 1978.
Bower, G. H. y N. E. Miller, "Rewarding and punishing effects from stimulating the same place in the rat's brain", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 51, 1958, págs. 669-74.
Bower, G. H. *et al.*, "Emotional mood as a context for learning and recall", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 17, 1978, págs. 573-85.
Bower, G. H. y F. Springston, "Pauses as recoding points in letter series", en *J. exp. Psychol.*, 83, 1970, págs. 421-30.
Bower, G. H., *et al.*, "Amount of response-produced change in the CS and avoidance learning", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 59, 1965, págs. 13-17.
Bower, G. H. y J. Theios, "A learning model for discrete performance levels", en R. C. Atkinson, ed., *Studies in mathematical psychology*, Stanford Univ. Press, Stanford, 1964.
Bower, G. H. y T. R. Trabasso, "Concept identification", en R. C. Atkinson, ed., *Studies in mathematical psychology*, Stanford Univ. Press, Stanford, 1964, págs. 32-94.
Bower, G. H. y D. Winzenz, "Group structure, coding, and memory for digit series", en *J. exp. Psychol. Monogr.*, 80, núm. 2, parte 2, 1969, págs. 1-17.
Bower, T. G. R., "Stimulus variables determining space perception in infants", en *Science*, 149, 1965, págs. 88-89.
Bowyer, P. A. y M. S. Humphreys, "Effect of a recognition test on a subsequent cued-recall test", en *J. exp. Psychol.: Human Learning and Memory*, 5, 1979, págs. 348-59.
Braine, M. S., "On learning the grammatical order of words", en *Psychol. Rev.*, 70, 1963, págs. 323-48.
Breland, K. y M. Breland, "A field of applied animal psychology", en *Amer. Psychol.*, 6, 1951, págs. 202-4.
Breland, K. y M. Breland, "The misbehavior of organisms", en *Amer. Psychol.*, 16, 1960, págs. 661-64.
Brewer, W. F., "There is no convincing evidence for operant and classical conditioning in humans", en W. B. Weimer y D. S. Palermo, eds., *Cognition and symbolic processes*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 1974.
Briggs, G. E., "Acquisition, extinction and recovery functions in retroactive inhibition", en *J. exp. Psychol.*, 47, 1954, págs. 285-93.
Briggs, G. E., "Retroactive inhibition as a function of original and interpolated learning", en *J. exp. Psychol.*, 53, 1957, págs. 60-67.
Brink, F., Jr., "Synaptic mechanisms", en S. S. Stevens, ed., *Handbook of experimental psychology*, Wiley, Nueva York, 1951, págs. 94-120.
Broadbent, D. E., "A mechanical model for human attention and immediate memory", en *Psychol. Rev.*, 64, 1957, págs. 205-15.
Brogden, W. J., "Sensory pre-conditioning", en *J. exp. Psychol.*, 25, 1939, págs. 323-32.
Brown, J. S., "Factors affecting self-punitive locomotor behavior", en B. A. Campbell y R. M. Church, eds., *Punishment and aversive behavior*, Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1969.
Brown, J. S. y R. Burton, "Multiple representations of knowledge for tutorial reasoning", en D. G. Bobrow y A. Collins, eds., *Representation and understanding: Studies in cognitive science*, Academic Press, Nueva York, 1975, págs. 311-340.

Brown, J. S. y R. Burton, "Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills", en *Cog. Sci.*, 2, 1978, págs. 155-92.
Brown, J. S. y I. P. Goldstein, "Computers in a learning society", presentado en el U. S. House of Representatives' Science and Technology Subcommittee on Domestic and International Planning, *U.S. Congressional Record*, octubre, 1977.
Brown, J. S. y A. Jacobs, "The role of fear in the motivation and acquisition of response", en *J. exp. Psychol.*, 39, 1949, págs. 749-59.
Brown, J. S. *et al.*, "Conditioned fear as revealed by magnitude of startle response to an auditory stimulus", en *J. exp. Psychol.*, 41, 1951, págs. 317-28.
Brown, P. L. y H. M. Jenkins, "Auto-shaping of the pigeon's key-peck", en *J. exp. Anal. Behav.*, 11, 1968, págs. 1-8.
Brown, R. y D. McNeill, "The 'tip of the tongue' phenomenon", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 5, 1966, págs. 325-37.
Bruce, D. y J. J. Papay, "Primacy effect in single-trial free recall", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 9, 1970, págs. 473-86.
Brucker, B. S., *Learned voluntary control of systolic blood pressure by spinal cord injury patients*, Tesis doctoral, New York University, Nueva York, 1977.
Brudny, J. *et al.*, "Spasmodic torticollis: Treatment by biofeedback of the EMG", en *Arch. phys. Med. Rehab.*, 55, 1974, págs. 403-8.
Bruner, J. S., *The process of education*, Harvard Univ. Press, Cambridge, 1960.
Bruner, J. S., "The course of cognitive growth", en *Amer. Psychol.*, 19, 1964*b*, págs. 1-15.
Bruner, J. S., *Toward a theory of instruction*, Norton, Nueva York, 1966.
Bruner, J. S., *et al.*, *A study of thinking*, Wiley, Nueva York, 1956.
Brunswik, E., "Probability as a determiner of rat behavior", en *J. exp. Psychol.*, 25, 1939, págs. 175-97.
Buchanan, B. G. y T. M. Mitchell, "Model-directed learning of production rules", en D. A. Waterman y F. Hayes-Roth, eds., *Pattern-directed inference systems*, Academic Press, Nueva York, 1978, págs. 297-312.
Buchanan, B. G. *et al.*, "Models of learning systems", en J. Belzer, *et al.*, eds., *Encyclopedia of computer science and technology*, Marcel Dekker, Nueva York, vol. 11, 1978.
Buchwald, A. M., "Effects of immediate vs. delayed outcomes in associative learning", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 6, 1967, págs. 317-20.
Buchwald, A. M., "Effects of 'right' and 'wrong' on subsequent behavior: A new interpretation", en *Psychol. Rev.*, 76, 1969, págs. 132-43.
Budzynski, T. H., *et al.*, "EMG biofeedback and tension headache: A controlled outcome study", en *Psychosom. Med.*, 35, 1973, págs. 484-96.
Bunderson, V., "The role of computer-assisted instruction in university education", en *Progress Report to the Coordination Board of the Texas College and University System*, University of Texas, Austin, 1967.
Bureš, J. y O. Buresová, "The use of Leao's spreading depression in the study of interhemispheric transfer of memory traces", en *J. comp. psysiol. Psychol.*, 53, 1960, págs. 558-63.
Bures, J. *et al.*, "Interhemispheric transfer of a passive-avoidance reaction", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 57, 1964, págs. 326-30.
Burke, C. J. *et al.*, "Rate of verbal conditioning in relation to stimulus variability", en *J. exp. Psychol.*, 48, 1954, págs. 153-61.
Burns, B. D., *The mammalian cerebral cortex*, Edward Arnold, Londres, 1958.
Bush, R. R. y F. Mosteller, *Stochastic models for learning*, Wiley, Nueva York, 1955.
Bykov, K. M., *The cerebral cortex and the internal organs*, Chemical Publishing, Nueva York, 1957.
Caggiula, A. R., "Analysis of the copulation-reward properties of posterior hypothalamic stimulation in male rats", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 70, 1970, págs. 399-412.
Caldwell, W. E. y H. B. Jones, "Some positive results on a modified Tolman and Honzik insight maze", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 47, 1954, págs. 416-18.

Calfee, R. C. y P. A. Drum, "Learning to read: Theory, research, and practice", en *Curr. Inq.*, 8, 1978, págs. 183-249.
Capaldi, E. J., "Partial reinforcement: An hypothesis of sequential effects", en *Psychol. Rev.*, 73, 1966, págs. 459-77.
Capaldi, E. J., "A sequential hypothesis of instrumental learning", en K. W. Spence y J. T. Spence, eds., *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Academic Press, Nueva York, vol. 1, 1967.
Capaldi, E. J. y E. D. Capaldi, "Magnitude of partial reward, irregular reward schedules, and a 24-hour ITI: A test of several hypotheses", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 72, 1970, págs. 203-9.
Carbonell, J. R., "AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-aided instruction", en *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, MMS-11(4), 1970, págs. 190-202.
Carew, T. J., "Do passive avoidance tasks permit assessment of retrograde amnesia in rats", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 72, 1970, págs. 267-71.
Carlson, N. R., *Physiology of behavior*, Allyn y Bacon, Boston, 1977.
Carnegie Commission on Higher Education, *The fourth revolution: Instructional technology in higher education*, McGraw-Hill, Nueva York, 1972.
Carpenter, F., *The Skinner primer: Behind freedom and dignity*, The Free Press, Nueva York, 1974.
Carroll, J. B., "The prediction of success in intensive foreign language training", en R. Glaser, ed., *Training research and education*, Univ. of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1962, págs. 87-136.
Carroll, J. B., "A model of school learning", en *Teachers Coll. Rec.* 64, 1963*a*, págs. 723-33.
Carroll, J. B., "Research on teaching foreign languages", en N. L. Gage, ed., *Handbook of research on teaching*, Rand McNally, Chicago, 1963*b*, págs. 1060-100.
Carterette, T. S., "An application of stimulus sampling theory to summated generalization", en *J. exper. Psychol.*, 62, 1961, págs. 448-55.
Catania, A. C., *Learning*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1979.
Cavanaugh, J. P., "Relation between the immediate memory span and the memory search rate", en *Psychol. Rev.*, 79, 1972, págs. 525-30.
Cermak, L. S., *Improving your memory*, McGraw-Hill, Nueva York, 1975.
Cermak, L. S. y F. I. M., Craik, eds., *Levels of processing and human memory*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 1978.
Clark, H. H. y E. Clark, *Psychology and language*, Harcourt Brace Jovanovich, Nueva Jork, 1978.
Coan, R. W. y S. V. Zagona, "Contemporary ratings of psychological theorists", en *Psychol. Rec.*, 12, 1962, págs. 315-22.
Cohen, H. D. *et al.*, "Puromycin and cycloheximide: Different effects on hippocampal electrical activity", en *Science*, 154, 1966, págs. 1157-58.
Cohen, L. H. *et al.*, "Sensitivity to light in a case of hysterical blindness studied by reinforcement-inhibition and conditioning methods", en *Yale J. Biol. Med.*, 6, 1933, págs. 61-67.
Coleman, E. B., "Sequential interference demonstrated by serial reconstruction", en *J. exp. Psychol.*, 64, 1962, págs. 46-51.
Coles, L. S., "An on-line question-answering system with natural language and pictorial input", en *Proceedings of ACM 23rd National Conference*, Brandon Systems Press, Princeton, 1968, págs. 157-167.
Collins, A., "Processes in acquiring knowledge", en R. C. Anderson, *et al.*, eds., *Schooling and the acquisition of knowledge*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 1976, págs. 339-63.
Collins, A. M. y E. F. Loftus, "A spreading-activation theory of semantic processing", en *Psychol. Rev.*, 82, 1975, págs. 407-28.

Collins, A. *et al.*, "Reasoning from incomplete knowledge", en D. G. Bobrow y A. Collins, eds., *Representation and understanding*, Academic Press, Nueva York, 1975, 383-415.
Collins, A. M. y M. R. Quillan, "Retrieval time from semantic memory", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 8, 1969, págs. 240-47.
Cook, S. W. y B. F. Skinner, "Some factors influencing the distribution of associated words", en *Psychol. Rec.*, 3, 1939, págs. 178-84.
Coombs, C. H. *et al.*, *Mathematical psychology: An elementary introduction*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1970.
Cooper, L. A. y R. N. Shepard, "Chronometric studies of the rotation of mental images", en W. G. Chase, ed., *Visual information processing*, Academic Press, Nueva York, 1973.
Cornsweet, T. N., *Visual perception*, Academic Press, Nueva York, 1970.
Cotton, J. W., "On making predictions from Hull's theory", en *Psychol. Rev.*, 62, 1955, págs. 303-14.
Cowles, J. T. y H. W. Nissen, "Reward expectancy in delayed responses of chimpanzees", en *J. comp. Psychol.*, 24, 1937, págs. 345-58.
Craik, F. I. M., "The fate of primary memory items in free recall", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 9, 1970, págs. 143-48.
Craik, F. I. M., "Levels of analysis: A view of memory", en P. Pliner, *et al.*, eds., *Communication and affect: Language and thought*, Academic Press, Nueva York, 1973.
Craik, F. I. M., y R. S. Lockhart, "Levels of processing: A framework for memory research", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 11, 1972, págs. 671-84.
Cronbach, L. J., "How can instruction be adapted to individual differences?", en R. M. Gagné, ed., *Learning and individual differences*, Merrill, Columbus, Ohio, 1967, págs. 23-29.
Cronbach, L. J. y R. E. Snow, *Individual differences in learning ability as a function of instructional variables*, Stanford School of Education, Stanford, 1969.
Cronbach, L. J. y P., Suppes, eds. *Research for tomorrow's schools*, Macmillan, Nueva York, 1969.
Crothers, E. J. "Learning model solution to a problem in constrained optimization", en *J. math. Psychol.*, 2, 1965, págs. 19-25.
Crouse, J. H., "Retroactive interference in reading prose materials", en *J. ed. Psychol.*, 62, 1971, págs. 39-44.
Crowder, N. A. y G. Martin, *Trigonometry*, Doubleday, Garden City, N.Y., 1961.
Crowder, R. G., *Principles of learning and memory*, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 1976.
Culbertson, J. T., *The minds of robots*, Univ. of Illinois Press, Urbana, 1962.
Chapman, L. J. y J. P. Chapman, "Genesis of popular but erroneous diagnostic observations", en *J. abn. Psychol.*, 72, 1967, págs. 193-204.
Chapman, L. J. y J. P. Chapman, "Illusory correlation as an obstacle to the use of valid psychodiagnostic signs", en *J. abn. Psychol.*, 74, 1969, págs. 271-80.
Chapman, L. F., *et al.*, "Memory changes induced by stimulation of hippocampus or amygdala in epilepsy patients with implanted electrodes", en *Trans. Amer. Neurol. Assoc.*, 92, 1967, págs. 50-56.
Chapouthier, G., "Behavioral studies of the molecular basis of memory", en J. A. Deutsch, ed., *The physiological basis of memory*, Academic Press, Nueva York, 1973.
Chase, N. G. y H. A. Simon, "Perception in chess", en *Cog. Psych.*, 4, 1973, págs. 55-81.
Chomsky, N., *Syntactic structures*, Mouton, The Hague, 1957.
Chomsky, N.,"Review of Skinner's *Verbal Behavior*", en *Language*, 35, 1959, págs. 26-58.
Chomsky, N., *Aspects of the theory of syntax*, MIT Press, Cambridge, 1965.
Chomsky, N., "Review of Skinner's *Verbal Behavior*", en L. A. Jakobovits y M. S. Miron, eds., *Readings in the philosophy of language*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1967.
Chomsky, N., "The case against B. F. Skinner", en *N.Y. Rev. Books*, dic. 30, 1971, págs. 18-24. También publicado como "Psychology and Ideology", en *Cognition*, 1972, 1, págs. 11-46.

Chomsky, N., *Language and mind*, Enlarged ed. New York, Harcourt Brace Jovanovich, 1972, (1a. ed., 1968).
Chorover, S. L. y P. H. Schiller, "Short-term retrograde amnesia in rats", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 59, 1965, págs. 73-78.
Chu, G. C. y W. Schramm, *Learning from television: What the research says*, Institute for Communication Research, Stanford, 1967.
Chumbley, J., "Hypothesis memory in concept learning", *J. math. Psychol.*, 6, 1969, págs. 528-40.
Chute, D. L. y D. C. Wright, "Retrograde state dependent learning", en *Science*, 180, 1973, pág. 878.
Daly, H. B., "Learning of a hurdle-jumping response to escape cues paired with reduced reward or frustrative nonreward", en *J. exp. Psychol.*, 79, 1969, págs. 146-57.
Daly, H. B., "Combined effects of fear and frustration on acquisition of a hurdle-jump response", en *J. exp. Psychol.*, 83, 1970, págs. 89-93.
Daly, H. B., "Reinforcing properties of escape from frustration aroused in various learning situations", en G. H. Bower, ed., *The psychology of learning and motivation*, Academic Press, Nueva York, vol. 8, 1974.
D'Amato, M. R., "Delayed matching and short-term memory in monkeys", en G. H. Bower, ed., *The psychology of learning and motivation*, Academic Press, Nueva York, vol. 7, 1973.
D'Amato, M. R. y R. W. Worsham, "Delayed matching in the Capuchin monkey with brief sample durations", en *Learning and Motivation*, 3, 1972, págs. 304-12.
Davidson, J. M., "Activation of male rats' sexual behavior by intracerebral implantation of androgen", en *Endocrinology*, 79, 1966, págs. 783-94.
Davis, K. L. *et al.*, "Physostigmine: Improvement of long-term memory processes in normal humans", en *Science*, 201, 1978, págs. 272-74.
DeCecco, J. P., ed., *The psychology of language, thought, and instruction: Readings*, Holt, Rinehart, & Winston, Nueva York, 1967.
Deese, J., *The structure of associations in language and thought*, Johns Hopkins Press, Baltimore, 1965.
Deese, J. y S. H. Hulse, *The psychology of learning*, McGraw-Hill, Nueva York, 3a. ed., 1967.
DeGroot, A., *Het Denken van den Schaker*, Noord-Hollandsche Uitgevers Maatschappij, Amsterdam, 1946.
DeGroot, A. D., *Thought and choice in chess*, Basic Books, Nueva York, 1965.
De Lemos, M. M., "The development of conservation in aboriginal children", en *Internatl. J. Psychol.*, 4, 1969, págs. 255-69.
Delgado, J. M. R. *et al.*, "Learning motivated by electrical stimulation of the brain", en *Amer. J. Physiol.*, 179, 1954, págs. 587-93.
Delprato, D. J., "Pair-specific effects in retroactive inhibition", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 11, 1972, págs. 566-72.
DeNike, L. D. y C. D. Spielberger, "Induced mediating states in verbal conditioning", en *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 1, 1963, págs. 339-45.
Desmond, A. J., *The ape's reflexion*, The Dial Press, Nueva York, 1979.
Deutsch, J. A., "A machine with insight", en *Quart. J. exp. Psychol.*, 6, 1954, págs. 6-11.
Deutsch, J. A., *The structural basis of behavior*, Univ. of Chicago Press, Chicago. 1960.
Deutsch, J. A., "Behavioral measurement of the neural refractory period and its application to intracranial self-stimulation", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 58, 1964, págs. 1-9.
Deutsch, J. A., "The neural basis of memory", en *Psychol. Today*, 1 (12), 1968, págs. 56-61.
Deutsch, J. A., "The cholinergic synapse and the site of memory", en *Science*, 174 (19 nov.), 1971, págs. 788-94.
Deutsch, J. A., "Prolonged rewarding brain stimulation", en G. H. Bower, ed., *The psychology of learning and motivation*, Academic Press, Nueva York, vol. 7, 1973.

Deutsch, J. A. y J. K. Clarkson, "Reasoning in the hooded rat", en *Quart. J. exper. Psychol.*, 11, 1959, págs. 150-54.
Deutsch, J. A. y D. Deutsch, "Attention: Some theoretical considerations", en *Pshychol. Rev.*, 70, 1963, págs. 80-90.
Deutsch, J. A. y D. Deutsch, *Physiological psychology*, Dorsey, Homewood, Ill., 2a. ed., 1973.
Deutsch, J. A. y C. I. Howarth, "Some tests of a theory of intracranial self-stimulation", en *Psychol. Rev.*, 70, 1963, págs. 444-60.
Deutsch, J. A. y S. K. Roll, "Alcohol and asymmetrical state-dependency: A possible explanation", en *Behav. Biol.*, 8, 1973, págs. 273-78.
DeVietti, T. L. y R. C. Larson, "ECS effects: Evidence supporting state-dependent learning in rats", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 74, 1971, págs. 407-15.
Dews, P. B., ed., *Festschrift for B. F. Skinner*, Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1970.
DiCara, L. V., "Learning in the autonomic nervous system", en *Sci. Amer.*, 222, 1970, págs. 30-39.
DiCara, L. V. y N. E. Miller, "Instrumental learning of vasomotor responses by rats: Learning to respond differentially in the two ears", en *Science*, 159, 1968, págs. 1485-86.
Dinsmoor, J. A., "Punishment: I. The avoidance hypothesis, *Psychol. Rev.*, 61, 1954, págs. 34-46.
Dinsmoor, J. A., "Punishment: II. An interpretation of empirical findings", en *Psychol. Rev.*, 62, 1955, págs. 96-105.
Dollard, J. y N. E. Miller, *Personality and psychotherapy*, Nueva York, McGraw-Hill, 1950.
Domjan, M. y N. E. Wilson, "Specificity of cue to consequence in aversion learning in the rat", en *Psychonom. Sci.*, 26, 1972, págs. 143-45.
Donchin, E. y L. Cohen, "Averaged evoked potentials and intramodality selective attention", en *EEG and clin. Neurophysiol.*, 22, 1967, págs. 537-46.
Dreyer, P. y K. E. Renner, "Self-punitive behavior-masochism or confusion?," en *Psychol. Rev.*, 78, 1971, págs. 333-37.
Dulany, D. E., "Awareness, rules and propositional control: A confrontation with S-R behavior theory", en T. R. Dixon y D. L. Horton, eds., *Verbal behavior and general behavior theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1968.
Duncan, C. P., "The retroactive effect of electroshock on learning", en *J. comp. physiol. Psychol.*, 42, 1949, págs. 32-44.
Duncker, K., "On problem-solving", traducido por L. S. Lees, del original de 1935, en *Psychol. Monogr.*, 58, núm. 270, 1945.
Dunham, B., "Hull's learning theory", en *IBM J. Res. Devel.*, 1, 1957, págs. 347-55.
Dunham, P. J. "Punishment: Method and theory", en *Psychol. Rev.*, 78, 1971, págs. 58-70.
Dunham, P. J., "Some effects of punishment upon unpunished responding", en *J. exp. Anal. Behav.*, 17, 1972, págs. 443-50.
Dworkin, B. R., "Behavioral principles in the treatment of disease. Paper at meetings of the American Psychological Association", en prensa, en *J. behav. Med.*, Nueva York, 1979.
Dworkin, B. R. *et al.*, "Baroreceptor activation reduces reactivity to noxious stimulation: Implications for hypertension", en *Science*, 205, 1979, págs. 1299-301.
Eason, R. G. *et al.*, "Effects of attention and arousal on visually evoked cortical potentials and reaction time in man", en *Physiol. Behav.*, 4, 1969, págs. 283-89.
Ebbinghaus, H., *Memory*, Teachers College, Nueva York, 1913, Paperback ed., Dover, Nueva York, 1964.
Ebenholtz, S. M., "Serial learning and dimensional organization", en G. H. Bower, ed., *The psychology of learning and motivation*, Academic Press, Nueva York, vol. 5, 1972, págs. 267-314.

Índice onomástico

Abelson, R.P., 501, 504-505, 566
Abernethy, E.M., 197
Abramson, L.Y., 358
Albert, D.J., 656
Allen, D.J., 57
Allison, J., 338, 340-341
Allport, G.W., 394
Amarel, S., 478
Amsel, A., 134, 140-141, 158-164, 343, 418
Anand, B.K., 331
Anderson, J.R., 17, 28, 31, 193, 200, 207, 313, 319, 404, 461, 472, 494, 496, 517, 521, 536, 543, 551, 556, 561-563
Anderson, N.H., 286
Anderson, R.C., 207, 213-214
Aristóteles, 70, 387, 562
Arnold, P., 212, 389
Arquímedes, 438
Arzin, N.H., 160, 237-238
Asarnow, J., 668
Asch, S., 388-390, 404
Ashby, W.R., 440
Atkinson, R.C., 55, 266, 268, 284, 293, 301, 306, 315, 425, 529, 535, 540, 675-676, 686, 700
Audley, R.J., 307
Ausubel, D.P., 667

Babkin, B.P., 98
Baddeley, A.D., 539
Ball, J., 419
Bandura, A., 108, 260, 319, 360, 521, 572-577
Banuazizi, A., 323-324
Barclay, J.R., 555
Barenfeld, M., 483, 510
Barnes, J.M., 200, 203, 209
Barondes, S.H., 635
Barret, R.J., 160
Barrow, H.G., 486
Barsalou, L.W., 558
Bartlett, F.C., 394, 565
Basmajian, J.V., 326
Baxter, B.L., 604
Beach, L.R., 284
Beck, A.R., 358, 580
Bem, D.J., 250
Bennett, E.L., 630-631, 662
Bentham, J., 19n
Berger, W.F., 642-644
Bergin, A.E., 360
Bernbach, H.A., 301
Bernoulli, D., 19n
Bersh, P.J., 233
Bever, T.G., 246, 263, 516
Bickford, R.G., 621
Bilodeau, E.A., 173, 211
Binder, A., 283
Birbaum, I.M., 201, 659
Birch, H.G., 398
Birnbrauer, J.S., 244
Bitterman, M.E., 622
Bjork, R.A., 531, 538
Black, A.H., 99, 333, 359
Black, J., 504
Blanchard, E.B., 326
Block, R.A., 553, 691
Blodgett, H.C., 420, 422

Bloom, B.S., 691
Blough, D.S., 242, 352-353
Bobrow, S.A., 186, 208, 666
Boden, M.H., 513
Bolvin, J.O., 691
Bolles, R.C., 141, 144
Borko, H., 495
Bourne, L.E., 464, 477
Bousfield, W.A., 541
Bower, G.H., 286, 291, 293, 298-302, 307-310, 313, 316, 319, 369, 379-381, 389-390, 392-393, 397, 429-430, 461, 472, 504, 517, 521, 529, 536, 542-545, 551-557, 618, 658, 686
Bower, T.G.R., 15, 17, 28, 31-32, 49, 77-111, 128, 140, 148, 155-156, 160, 164, 174, 180-181, 185-186, 193-194, 207-109, 212-213, 272, 348, 404-405, 598
Bowyer, P.A., 554
Braine, M.S., 246
Bregman, A.S., 496
Breland, K., 92, 228
Breland, M., 92, 257
Brener, J., 324
Brewer, W.F., 63, 520-521
Briggs, G.E., 197-198, 203, 665, 683
Brink, F. Jr., 625
Broadbent, D.E., 529
Brogden, W.J., 412-413
Brown, J.S., 112, 144, 156, 170, 704
Brown, P.L., 258, 384
Brown, R., 527
Bruce, D., 532
Brucker, B.S., 325
Brudny, J., 326
Bruner, J.S., 480, 684-686
Brunswik, E., 426, 430
Buchanan, B.G., 451, 493
Buchwald, A.M., 56-58
Budzynski, T.H., 326
Bunderson, V., 700
Bures, J., 654
Buresova, O., 654
Burke, C.J., 278, 317
Burns, B.D., 620, 626
Burton, R., 705
Bush, R.R., 291, 317
Butterworth, T.N., 679
Bykov, K.M., 80, 98

Caggiula, A.R., 597, 600
Caldwell, W.E., 421
Calfee, R.C., 665
Campbell, A.A., 105
Cantor, N., 549
Capaldi, E.J., 164, 343, 345-347, 426, 432
Carbonell, J.R., 703
Carew, T.J., 617
Carlson, N.R., 635-636, 662
Carlton, P.J., 164
Carpenter, F., 267
Carpenter, P., 566
Carrol, J.B., 691, 694-695
Carter, J.F., 27
Carter-Sobell, L., 393, 555
Carterette, T.S., 293
Cason, H., 45
Catania, A.C., 369
Cavanaugh, J.P., 531
Ceraso, J., 197
Cermak, L.S., 186, 540
Clark, E., 264, 405, 570
Clark, H.H., 264, 477, 570
Clarkson, J.K., 421, 431
Coan, R.W., 98
Coates, T.J., 670
Cohen, L.H., 120, 610-611, 635
Colby, K.M., 514
Coleman, E.B., 206-207
Coles, L.S., 478
Collins, A.M., 563-564, 703
Cook, S.W., 245
Coombs, C.H., 317
Cooper, L.A., 545
Cornsweet, T.N., 26n
Cotton, J.W., 140
Cowles, J.T., 418
Craick, F.I., 535, 540
Crisler, G., 71
Cronbach, L.J., 691
Crothers, E.J., 315
Crouse, J.H., 207-208
Crowder, N., 698-699
Crowder, R., 586
Culler, E.A., 656
Cullicover, P.W., 497

Chapman, J.P., 546
Chapman, L.J., 546, 621
Chapouthier, G., 634
Chase, N.G., 483, 491, 510
Chomsky, N., 18-19, 246, 261-264, 521, 570
Chorover, S.L., 616

Chu, G.C., 693
Chumbley, J., 301
Chute, D.L., 657

Daly, H.B., 160
D'Amato, M.R., 261, 416-417
Darwin, C., 39, 89
Davidson, G.C., 367, 596
Davis, K.L., 619
Dawes, R.M., 317
DeCecco, J.P., 210
Deese, J., 194
DeGroot, A.D., 17, 480
Delgado, J.M.R., 598
Delprato, D.J., 201
DeNike, L.D., 63-64f
Descartes, R., 15
Desmond, A.J., 92
Deutsch, J.A., 421, 431, 441, 598, 600-601, 611, 636-641, 659
DeVietti, T.L., 618
Dews, P.B., 267
DiCara, L.V., 321-322, 324, 327,
Dinsmoor, J.A., 144, 238
Dobrzecka, C., 594
Dollard, J., 79, 143, 246, 572
Domjan, M., 95
Donaldson, W., 405, 541
Donchin, E., 610-611
Donio, J., 284
Dreyer, P., 113
Drum, P.A., 665
Dulany, D.E., 63, 262
Duncan, C.P., 614-616
Duncker, K., 17, 401, 405, 477, 480
Dunham, P.J., 115
Dworkin, B.R., 324, 326-328,

Eason, R.G., 611
Ebbeson, E., 655
Ebbinghaus, H., 14, 28, 174, 176-179, 182, 211, 286, 438, 565
Ebenholtz, S.M., 180-181
Edwards, W., 430
Egyhazi, E., 633
Elliot, M.H., 418
Ellis, A., 580
Ellis, N.R., 532
Ellison, G.D., 84, 156
Epstein, W., 531, 535
Erdelry, M.H., 195, 197
Ericson, K.A., 510
Ernst, G.W., 483
Estes, W.K., 5-6, 32, 50, 56-59, 61, 99, 105, 115, 122, 145, 156, 171, 184, 213, 236-237, 262, 268-269, 276, 278-279, 286-288, 291, 293-296, 303-307, 311-316, 345-352, 430, 432, 439, 519, 586

Fahlman, S.E., 490
Falkenberg, P.R., 197, 289
Feigenbaum, E.A., 179, 183, 452, 458, 460, 482, 491
Feingold, B.D., 259
Feldman, S.E., 283, 286, 452, 474-476, 482, 509
Ferraro, D.P., 170, 370
Ferster, C.S., 231-232, 267
Festinger, L., 431
Fetz, E.E., 330
Fields, C., 324
Fikes, R.E., 485-486, 488
Fillmore, C., 559
Finocchio, D.V., 330
Fisher, A.E., 596
Fjerdingstad, E.J., 634
Flavell, J.H., 526
Flexser, A.J., 552
Fowler, H., 114
Fox, S.S., 330
Frank, B., 634
Freedle, R., 566
Freija, N.H., 571
Freud, S., 6, 98, 143, 195, 250, 264, 361
Friedman, M.P., 306, 595
Frolov, Y.P., 98
Furst, B., 543, 673
Fuster, J.M., 608

Gagné, R.M., 31, 210, 663, 665, 681-684, 691-692
Gaito, J., 634
Galanter, E., 317
Galin, D., 653
Gallistel, C.R., 600
Gant, W.H., 98
García, J., 95, 520, 593
Gardner, B.T., 92, 246
Gardner, R.A., 92
Garfield, S.L., 360
Garner, W.R., 387

Gates, A.I., 666
Gazzaniga, M.S., 651-652
Geis, G.L., 99
Geller, A., 617
Gengerelli, J.A., 101
Gerst, N.S., 577
Gewirtz, J.L., 574
Gibson, F.J., 15, 182-183, 543
Girden, F., 656
Glaser, R., 663
Glanzer, M.S., 477, 535
Glass, A.L., 392, 563
Gleitman, H., 133, 424
Globus, A., 631
Golberg, B., 195
Gold, B., 465
Gold, R.M., 594
Goldfried, M.R., 367
Goldman, A.I., 519
Goldstein, H., 32, 704
Goodwin, D.L., 670
Goss, A.E., 183
Gould, P., 433, 437
Gray, J.A., 98
Green, B.F., 484
Green, C.C., 499
Green, E.E., 332
Green, E.J., 278, 307
Greenberg, J.H., 19
Greenblatt, G., 482
Greene, D., 259-260
Greenhill, L.P., 694
Gregg, L.W., 301, 460, 507
Grenno, J.G., 316
Gross, C.G., 645
Grossberg, S., 661-662
Grossman, S.P., 594, 596
Grusec, T., 224, 577
Guthrie, E.R., 5-6, 19, 28, 30, 69, 88, 100-125, 128, 134, 136, 169, 172, 184, 220, 224, 252, 256, 269, 272, 275, 279, 302, 407, 557
Guzmán, A., 466-469f, 472
Gwinn, G.T., 112

Haber, R.N., 694
Hall, J.F., 209
Hamburger, H., 497
Hamilton, D.L., 548
Hanson, A.R., 472
Harlow, H.F., 24, 398-399
Harlow, M.K., 24
Harper, A.R., 580
Harsh, C.M., 421
Hart, J.T., 488, 527
Hayes, J.R., 477
Hayes-Roth, B., 490
Hayes-Roth, F., 490
Haygood, R., 464
Hays, R., 171
Heath, R.G., 599
Hebb, D.O., 613, 646
Hebert, J.A., 153
Hefferline, R.F., 64-65
Hellyer, S., 415
Helson, H., 152
Henle, M., 406
Herendeen, D.L., 256-257
Hergenhahn, B.R., 276
Hernández-Peón, R., 610
Hernstein, R.J., 232, 239
Herz, M.J., 616, 618-619
Hess, E.H., 24
Hess, R.D., 701
Hilgard, E.R., 49, 77, 87-88c, 105, 120, 128, 134-135n, 140, 148, 174, 194, 219
Hill, W.F., 32, 421
Hinde, R.A., 24, 93
Hines, B., 617
Hinrichs, J.B., 552
Hintzman, D.L., 183, 460-461, 553
Hipócrates, 78
Hirai, T., 331
Hiroto, D.S., 356
Hirsh, R., 624
Ho, B.T., 555, 657
Hoban, C.F., 692-693
Hobbes, T., 14, 70
Hoebel, B.G., 597, 600
Hoffman, H.S., 441
Holland, P.C., 85-86, 243, 267
Holyoak, K., 379
Holz, W.C., 238
Honig, W.K., 99, 151, 194, 267, 369
Honzik, C.H., 103, 420, 423, 431
Horowitz, L.M., 52-53
Horton, G.P., 117-118
Hothersall, D., 324
House, B.J., 293
Hovland, C.I., 73-74, 179, 461-462
Hubel, D.H., 646
Hulse, S.H., 31, 438
Hull, C.L., 5-6, 19, 28, 30-31, 57, 69, 71, 88, 115, 121, 126-140, 148, 159-165, 168-172, 174, 176, 179, 182, 184, 210,

212, 216, 221, 232, 256, 268-269, 295, 336, 342-343, 407, 410-411, 418, 422-423, 425, 431, 432, 544, 580, 583
Hume, D., 14, 16
Humphreys, L.G., 426
Humphreys, M.S., 554
Hunt, E.B., 462-464, 514
Huppert, F.A., 640
Hydén, H., 633

Ingles, J., 326
Iron, A.L., 174, 209, 544, 659
Irwin, J. McQ., 199
Isaacson, R.L., 624
Isley, J., 7
Itard, J.M.G., 25

Jackson, T.A., 398
Jacobs, A., 144
Jacobs, P.D., 357
Jacoby, L.L., 520
Jakobson, R., 18
James, W., 70, 76, 245
Jarvick, N.E., 617
Jasper, H.H., 642
Jeffery, R.W., 577
Jenkins, H.M., 258
Jensen, A.R., 179-180, 546
Johnson, N.F., 311, 542
Johnson-Laird, P.N., 539
Joncích, G., 68
Jones, E.E., 250, 421
Judson, A.J., 170, 247
Just, M.A., 566

Kahneman, D., 546
Kalat, J.W., 593
Kalman, R.E., 687
Kamin, L.J., 237, 348-349, 353
Kamiya, J., 249, 331
Kandel, E.R., 627-228
Kanfer, F.H., 63
Kant, I., 15-16, 19
Kapatos, G., 594
Kaplan, B., 334
Kasamatsu, A., 331
Kaswan, J., 383
Katona, G., 396-397, 404, 671
Kausler, D.H., 215
Kazdin, A.E., 362, 367
Keenan, B., 64-65
Keller, F.S., 226-227, 233-234, 252, 421, 705-706
Keller, L., 301
Kent, N.D., 156
Keppel, G., 201, 205, 211
Kimble, G.A., 31, 97, 99, 149, 336, 607-608
Kimmel, H.D., 355
Kimura, D., 653
Kinsbourne, M., 658
Kintsch, W., 31, 214, 301, 566-570, 667
Kleinbard, J., 197
Kleitman, N., 71, 607
Koch, S., 32, 125, 133, 138, 140, 170, 406, 438
Koelling, R., 95, 593
Koestler, A., 261
Koffka, K., 373-375, 377, 391, 405
Köhler, W., 150, 373-377, 388, 395, 397, 403, 406
Konorski, J., 87-88c, 98, 156, 626
Kopstein, F.F., 702
Koteskey, R.L., 347
Kotovsky, 476
Krantz, D.L., 153, 265
Krasner, F., 627
Krasner, L., 65, 509
Krech, D., 630
Krechevsky, I., 154, 426-429
Kreutzer, M.A., 527
Kroll, N.E., 531
Krumboltz, J.D., 572
Kuhn, T.S., 438
Kulik, J.A., 707
Kuo, Z.Y., 421
Kupfermann, I., 628-629

La Berge, D.L., 281, 293
Landfield, P.W., 617
Langfeld, H.S., 171
Larson, R.C., 618
Lashley, K.S., 119, 154, 418, 644-645
Lawrence, D.H., 431
Leavit, H.J., 694
LeDoux, J.E., 651
Lee, C.L., 313
Lehnert, W., 505-506
Leitenberg, H., 360, 370
Lenneberg, E.H., 18, 25, 92, 653
Leonard, D.W., 345, 527
Lepley, W.M., 177, 179

Lepper, M.R., 259-260, 679
Lesgod, M., 213, 405
Leuba, C., 321
Levine, G., 154, 399, 427-429
Levine, M., 262, 293, 301
Levis, D.J., 359
Levy, N., 164, 424
Lewis, K.A., 141, 376, 431
Lewis, D.J., 156, 617-618
Light, L.L., 393, 552, 555
Lindsay, P.H., 508, 557, 572
Lindsley, D.B., 608, 610
Lindvall, C.M., 691
Linton, M., 552
Locke, J., 14, 70
Locke, V.L., 531, 581
Lockhart, R.S., 536-538
Lockwood, J., 7
Loftus, E.F., 563
Loftus, G., 55, 532
Logan, F.A., 62, 141, 156, 158, 164-167, 226, 231, 370, 432
Lolordo, V.M., 350
Loovas, O.I., 244, 665
Lorayne, H., 186, 543, 673
Lorenz, K.Z., 24
Loucks, R.B., 77
Lovejoy, E., 293
Lucas, J., 186, 543, 673
Luce, R.D., 268, 317
Lumsdaine, A.A., 663, 697
Lundin, R.W., 99
Luria, A.R., 98

Mac Corquodale, K., 264, 411, 439
MacFarlane, D.A., 419
MacKintosh, N.J., 99, 155, 293, 370
Madden, E.H., 377
Mager, R.F., 664
Maher, B.A., 617
Mahoney, M.J., 259, 549, 581
Maier, S.F., 355-356
Malone, T.W., 690
Mandler, G., 17, 404-405, 541-542
Mandler, J.M., 17
Marcus, M.P., 498, 561
Marler, P., 24
Marquis, D.G., 87-88c, 219
Martin, E., 192, 194, 211, 586, 698
Masserman, J.H., 79
Mayer, D.J., 605, 679
McCleary, R.A., 651
McClure, R.M., 680
McConnel, J.V., 633
McCulloch, W.S., 661
McCutchan, K., 420
McGaugh, J.L., 616-619, 662
McGeogch, J.A., 174, 187, 196-197, 199, 209, 544, 659
McGovern, J.B., 201
McGuigan, F.J., 101
McKeachie, W.J., 699
McNeill, D., 527, 570
Mechner, F., 230
Meehl, P.E., 335-336, 342, 411, 439
Meichenbaum, D., 579, 668
Meikel, T.H., 651
Melton, A.W., 199, 586
Menzel, E.M., 421, 424, 433, 435-437, 516
Merryman, C.T., 52, 201
Meyer, B., 566, 569, 667
Michael, R.P., 597
Michotte, A., 16
Mickle, W.A., 599
Milner, B., 598, 621, 653
Mill, J., 14, 70
Miller, G.A., 387, 541, 570
Miller, N.E., 79, 87-88c, 114, 140-143, 170, 236, 238, 246, 254, 311, 321, 323-325, 327-328, 334, 596, 598, 618
Millward, R.B., 285
Miner, N., 626
Minsky, M., 452, 495
Mintz, D.E., 226
Misanin, J.R., 618
Mischel, W., 251, 360, 572
Mitchel, D., 96
Mitchell, T.M., 451, 493
Moar, I., 433
Moeser, S.D., 496
Moltz, H., 424
Mony, R., 7
Moore, B.R., 118, 259
Mo[illegible], N., 616
Morris, C.D., 301, 539
Morse, W.H., 231
Mosteller, F., 291
Mowrer, O.H., 30, 62, 88c, 115, 140, 142-148, 158, 170, 238, 430
Mueller, C.G., 118, 125
Muenzinger, K.F., 429
Müller, G.E., 613
Murdock, B.B.J., 180
Murray, E.J., 142
Myers, J.L., 286, 345

Myrow, D.L., 207

Nagel, E., 98
Nathan, P.W., 614
Nealey, R.W., 482
Necker, L.A., 378
Neimark, E.D., 284, 317
Neisser, U., 267, 379, 454-457
Nelson, D.L., 539
Nelson, T.O., 539
Newell, A., 247, 405, 448, 452, 478-480, 483-485, 494, 507, 511, 513
Newsom, C.D., 244
Newton, J.M., 191, 438
Nielson, H.C., 618
Nilsson, N.J., 478
Nilsson, N.Y., 485-486, 488
Nisbett, D., 259, 550
Nissen, H.W., 418
Noble, C.E., 119, 126, 659
Nolan, C.Y., 233
Norman, D.A., 508, 529, 551, 557, 572
Norman, J.M., 214
Notebohm, F., 24
Notterman, J.M., 226
Nuttin, J., 51
Nyswander, D.B., 422

Ochs, S., 654-655
Ogdem, R.M., 376
O'Keefe, J.O., 662
O'Leary, K.D., 370, 677
O'Leary, S.G., 677
Olds, J., 329, 598, 600
Olson, G.M., 301
Olton, D.S., 433-434, 516
Orne, M.T., 333
Ornstein, R.E, 331, 552, 653
Osgood, C.E., 189-191, 211
Osterhouse, R.A., 669
Overton, D.A., 656-659

Packard, R.G., 677
Paivio, A., 390, 545
Palmer, S.E., 387
Pan, S., 197, 659
Paolino, R.M., 617
Papay, J.J., 532
Parker, E.S., 659
Pascal, G.R., 197
Paskewitz, D.A., 333
Paulson, J.A., 315
Parlik, W.B., 196
Pavlov, I.P., 5-6, 19-20, 22, 28, 69-87, 96-98, 101-102, 128, 132, 201, 216, 254-256, 264, 278, 286, 348, 407, 422, 438, 450, 593, 609, 625-626
Pearlstone, Z., 544
Perkins, C.C. Jr., 257
Peterson, L.R., 101, 289, 528
Peterson, M.J., 528
Piaget, J., 6, 526
Pickrel, G., 695
Pilzecker, A., 613
Pinsker, H., 628-629
Pitts, W., 661
Platón, 20
Plotkin, W.B., 332-333
Poppen, R.L., 108
Postman, L., 35, 188, 190-193, 196-197, 199-201, 203-206, 209, 211, 394
Premack, D., 246, 337-338, 340-341, 363
Prentice, W.C.H., 406
Pressey, S.L., 696-697
Prewitt, E.P., 413
Pribam, K., 448, 662
Prokasy, W.F., 99
Prytulak, R.S., 185
Psotka, J., 544

Quillian, M.R., 498, 499, 564

Rachlin, H., 370, 581
Rachman, S., 108
Raphael, B., 499
Rashotte, M.E., 85-86, 258
Ratliff, F., 352
Raugh, M.R., 675, 676
Razran, G., 89-90, 97-98, 622
Reber, A.S., 285
Reiff, R., 197
Reiger, C.J., 502
Reiss, S., 259
Reitman, J.S, 483, 530
Reitman, W., 483, 507
Reiner, K.E., 113
Rescorla, R.A., 81-82f, 85-87, 237, 253, 347, 349-352, 368, 413, 432, 547
Resnick, L.B., 663
Restle, F., 185, 293, 301-302, 315, 316, 384, 420, 427, 477

Revusky, S., 95, 520
Richardson, A., 545, 578
Ridle, E.E., 197
Riesbeck, C.K., 498
Riggs, L.A., 215
Riley, D.A., 152, 195, 394
Rilling, M., 225
Riseman, E.M., 472
Rizley, R.C., 85-87, 413
Robbins, D., 164
Roberts, W.A., 415, 598
Robinson, E.S., 187-189
Robinson, J.A., 478-499
Roderick, T.H., 630
Rohwer, W.D., 546, 663
Roll, S.K., 659
Rosenblatt, F., 661
Rosenzweig, M.R., 70, 630-631
Ross, B.H., 539
Ross, R.R., 161-164, 212
Ross, T.L., 548
Rottler, J.B., 430, 572
Rozin, P., 593
Rubin, E., 379
Rudell, A.P., 330
Ruja, H., 170
Rumelhart, D.E., 214, 267, 551, 557
Rundus, D.J., 395, 532-535, 541
Russel, I.S., 654
Russell, W.R., 614

Sacerdoti, E.D., 489-490
Sackett, G.P., 24
Salzberg, P.M., 531
Samuel, A.L., 481-482
Samuelson, R.J., 433
Sasmor, R.M., 65
Sattah, S., 342
Schachter, S., 594
Schank, R.C., 495, 497-506, 566
Scheerer, M., 197, 610
Schiller, P.H., 616
Schneider, A.M., 655
Schoeffler, M., 280-282
Schoenfeld, W.N., 125, 226-227, 233-234, 239, 252
Schramm, W., 693
Schull, J., 83, 211
Sechzer, J.A., 651
Segal, E., 246
Seidel, R.J., 702
Selfridge, O., 454-457f
Seligman, M.E.P., 91-92, 95, 257, 355-356, 358-359
Seward, J.P., 164, 424
Shallice, T., 622
Shaphiro, M.M., 256-257, 325
Sheffield, F.D., 84, 113, 115, 121, 145, 156, 256, 295, 343, 575
Sheffield, V.E., 346, 430
Shepard, R.N., 513, 545
Shetteworth, S.J., 93
Shiffrin, R.M., 266, 529, 535, 540
Shimp, C.P., 167, 231, 519
Shoonorer, R.A., 101
Shortliffe, E., 492
Shuford, E.H., 284
Sidman, M., 232, 265-267
Siegel, S., 83, 306, 329
Siklossy, L., 495
Simmelhang, V.L., 253, 255
Simmons, R.F., 495-496
Simon, H.A., 179, 183, 247, 301, 448, 452, 458, 460, 476-478, 483-485, 491, 495, 507, 510-512
Skaggs, E.B., 187-189
Skinner, B.F., 5, 19, 28, 31, 69, 81, 84, 88c, 97, 105, 116, 144, 160, 165, 216-269, 290, 320, 407, 509, 512, 519, 572, 696- 699
Slamecka, N.J., 178, 197
Slobin, D.I., 570
Smallwood, R.D., 315
Smith, S., 102, 109-110, 112, 152, 565
Snyder, M., 549
Sócrates, 499
Sokolov, E.M., 26, 609
Spear, N.E., 194, 209, 211, 215
Spence, K.W., 57, 62, 115, 121, 134-135, 137-138, 140, 148, 150-153, 155, 158-159, 164, 170, 181, 221-222, 411, 425, 430, 432, 580, 627
Spencer, W.A., 627
Sperry, R.W., 626, 648-653
Spielberg, C.D., 63-64f
Spong, P., 610
Springer, D.D., 618
Springston, F., 380
Staats, A.W., 210, 246-248, 252, 319, 521, 572
Staddon, J.E., 253, 255, 267, 369
Stalkner, J.M., 197
Stark, K., 199-201, 203-204
Stea, D., 147
Stebbings, W.C., 99

Stein, L., 237, 602-605, 641
Sternberg, S., 266, 444, 446f-448, 531
Sternman, M.B., 330, 334
Stevens, A.L., 704
Stevenson-Hinde, J., 93, 112
Stingle, K.G., 574
Stone, C.P., 422
Strassburger, R.C., 235
Stratton, G.M., 197
Straughan, J.H., 315
Stricker, E.M., 595
Stuart, J.M., 14
Stuttard, S., 118
Suiter, R.D., 350
Suppes, P., 284, 298, 301, 690
Sushinsky, L.W., 259
Sutherland, N.S., 155, 293
Swanson, J.M., 658
Swets, J., 307

Talland, G.A., 621
Taylor, C., 519
Teitelbaum, P., 595, 597
Tenenbaum, J.M., 486
Tenezakis, M.D., 701
Terrace, H.S., 89, 92-93, 222-223, 225, 226, 253-254
Terry, W.S., 354
Tharp, R.G., 572, 668
Theios, J., 298, 302
Thompson, D.N., 393, 554, 627, 629
Thompson, R.F., 642-644
Thoresen, C.E., 572
Thorndike, E.L., 5-6, 14, 17, 19, 28, 30, 35-49, 51-59, 62, 65-68, 91, 98, 100-101, 104, 122-124, 126, 176, 219, 223, 253, 264, 292, 335, 342, 351, 374-376, 380, 397, 407, 427, 431, 438, 502, 520, 566
Thornton, J.W., 357
Thune, L.E., 199
Tilton, J.W., 47-49
Timberlake, W., 338, 340-341
Tinklepaugh, O.L., 417
Todd, R.C., 286, 477
Tolman, E.C., 5-6, 20, 28, 30, 35, 62, 122, 154, 158, 172, 176, 291, 342, 407-412, 418-419, 422-426, 429-432, 434, 437-438, 519, 557, 572, 623
Trabasso, T.R., 155, 29[illegible] 301-302, 348, 429
Trapold, M. A., 156-157
Trask, F.P., 199
Travis, R.P., 655
Trowbridge, M.H., 45
Tyron, R.C., 619, 630
Tulving, E., 393, 404, 532, 541-542, 544, 550, 554-555
Turner, J., 7, 505
Tversky, A., 317, 342, 546

Uhr, L., 457
Ulrich, R.E., 237
Underwood, B.J., 199-200, 203-206, 209, 211
Ungar, G., 634
Uster, H.J., 433

Van Dijk, T.A., 566-570, 667
Verhave, T., 267
Verplank, W.S., 509
Vipond, D., 569
Vitz, P.C., 286, 477
Vocks, V.W., 119-121
Vossler, C., 457

Wachtel, P.L., 367
Wagner, A.R., 159-161, 164, 347, 352-355, 368, 432, 547
Walters, R.H., 572, 585
Wang, H., 478n
Ward, J.S., 160
Wark, D.M., 668
Warrington, E.K., 622
Waterman, D.A., 514
Watkins, M.J., 555-556
Watson, D.L., 572
Watson, J., 15, 79, 100, 103, 124, 217, 376, 404, 407, 438, 510, 544, 668
Watts, G.H., 200
Waugh, N.C., 529
Weaver, G.E., 201
Webb, W.B., 233
Weiss, J.M., 358-359
Wendt, G.R., 120
Wertheimer, M., 373, 376-377, 385, 400-402, 405
Wexler, K., 497
White, R., 433, 437
Whitlow, J.W., 354-355
Whitman, J.R., 387
Whytt, R., 70
Wickelgren, W.A., 212-213, 586, 622-624, 646

Wickens, D.D., 55, 75, 119, 191, 425, 532
Wiesel, T.N., 646
Wilcox, B., 483
Wilks, Y., 495
Willensky, R., 504
Williams, D.R., 156, 254, 258
Williams, G.F., 464
Williams, H., 258
Williams, S.B., 694
Wilson, G.T., 370
Wilson, N.E., 95, 367
Wine, J., 627
Winograd, T., 478, 497, 499-500, 509, 557, 561
Winokur, S., 246
Winston, P.H., 465-475, 514, 560
Winzenz, D., 380, 393
Wise, C.D., 605
Wiseman, S., 379
Wittrock, M.C., 663
Wolfe, J.B., 137
Wolfle, D.L., 278
Wolman, B.B., 98
Wolpe, J., 106-107, 669
Woods, W.A., 498-499
Woodward, A.E., 538
Woodworth, R.S., 43, 211
Worsham, R.W., 416
Wright, D.C., 657
Wright, J.C., 255
Wulf, F., 394
Wyrwika, W., 330, 594

Yerkes, R.M., 397-398
Yntema, D.B., 199
Young, M.N., 543
Young, R.K., 178, 326

Zagona, S.V., 98
Zeaman, D., 293
Zeiler, M.D., 152-153
Zener, K., 254
Zimbargo, P.G., 579
Zirkle, G.A., 51

Índice analítico

Ablación, 591
Abstracción, 14
Abulia, 230
Acción(es)
  aprendizaje por, 572
  automática, 62
  ciclos de reconocimiento-,494
  intencional, 519
  recetas de, 556
  rutinas de, 487
Acercamiento, gradiente de, 142
Acido
  desoxirribonucleico (ADN), 632
  ribonucleico (ARN), 632
Activación
  circuito cerrado reverberante de, 312
  reticular, sistemas de (SAR), 607
Actividad(es)
  contingente, 339
  debilitamiento de, 106
  específicas de la especie, 24
  innatas, 23
  nerviosa superior, 76
  neural "reverberante", 619
Acto(s), 501
  de estímulo puro, 136
  de voluntad, 326
  definición, 226
Actor, 17
Actualización versus disposición, 27
Adaptación, 83
  efectos del nivel de, 242
  sensorial, 26
  y habituación, diferencias entre, 26n
Administración de contingencia, 363
Adquisición, 105
  de estructuras cognoscitivas, 28
  de hábitos, 28
  del lenguaje, 17-19
  mecanismo de, 15
Afecto, 234
Agente viajero, problema del, 435
Agotamiento, método de, 106
Agrupamientos perceptuales, 377
Ajuste de protocolo, 509
Algoritmos, 478
Almacén de memoria, 522
Alternancia espontánea, 433
Ambiente(s)
  de tarea, 451, 483
  enriquecidos y trasmisores cerebrales, 630
Amnesia
  anterógrada, 613
  retrógrada, 613
  teoría de la, 622-624
  y choques electroconvulsivos, 614-616
Analgesia, 329
Analgésicos, 603
Análisis
  de apoyo minimax, 482
  de dependencia conceptual, 501
  de elegir una respuesta, 279
  de habilidades, 665
  de la conducta, 217
  de la decisión teórica, 686-691
  de medios y fines, 484, 491
  de tarea, 665
    jerárquicos de, 681-684

del conocimiento, 11
funcional, 234
gramatical, 497
Analizador(es)
auditivo, 76
de sintaxis, 498
visual, 76
Analogía(s)
metafóricas, 249
respuesta por, 42
Anfetaminas, 603, 619
Ansiedad, 141, 146n
condicionada, 143
en la prueba, 669
Anticonsolidación, efecto de, 27
Antirrespuesta, 76, 81
Aparato discursivo, 19
Apatía, 252
Aplicabilidad de los modelos matemáticos del aprendizaje, 314-316
Aplicaciones clínicas de la biorretroalimentación, 325-330
Apoyo minimax, análisis de, 482
Aprender, 12
Aprendices
autodirigidos, 670
de conceptos, 461-465
Aprendiz controlado, estrategia de, 689
Aprendizaje
asociativo, 102
cambios fisiológicos en el, 624
caracterización, 20
cognoscitivo, 622
complejo, 103
conectivo, 90
contingencias del, 546-550
curva de, 37, 297
de conceptos de orden superior, 470-472
de discriminación, 148, 182
simple, 293
sin errores, 221
de ensayo y error, 450
de escape, 112-113
de estímulo y respuesta (E-R), 35
de evitación, 112-113
de expectancia, 257
de fuerza de respuesta, 450
de habilidades, 23, 172
de hechos, 23
de lugar, 418-421
de maestría, 691
de orden, 178
de pares asociados, 173, 182-183
de patrón secuencial, 474
de probabilidad, 282-285, 304, 474
variantes, 283
de reactivo, 178
de recompensa, 256
de recuerdo libre, 173
de respuesta, 118, 184, 192
de signos, 407-439
de todo o nada, 119-120, 184-185
definición, 22-23
del texto y del discurso, 565-570
disposición de, 398
dispositivo de, 15
ecuaciones básicas del, 275-278
educativo, 89
elemento de, 451
enfoque del
cognoscitivista, 319
conductista, 319
estocástico, 272
estrategias de, 525-526
factores de, 51
gradual, 103
impulso de, 624
incidental, 175
incremental, 185
integrativo, 90
intencional, 175
investigación del, 319
latente, 421
ley del, 102
lingüístico, 89-90
logicémico, 89
semémico, 89
simbosémico, 89
mecanicista, 38
mecanismos, 168
básicos, 13
modelos matemáticos del, 268, 314-316
neurofisiología del, 589-662
neuroquímica del, 629-636
niveles de, 89
perceptual, 53, 457
y segmentación, 465-469
por acción, 572
por asociación, 172-215
por comprensión, 526
por discernimiento, 375
por ensayo y error, 36-38, 100
por observación, 261, 573-574
por saltos, 30
por selección y conexión, 36
predictivo, 89

proceso de, 116, 155
problemas especiales del, 387-401
programado, 696-699
reactivo, 90
sensorial, 172
serial, 172
simbólico, 90
simple, 449
sistema de, 451
tipos de, 30, 89, 100
tradición del, 172-174
unidades de, 706
verbal, 172-176, 210
versus ejecución, 27, 62, 411
versus fatiga y habituación, 25-27
versus maduración, 25
versus tendencias de respuesta innatas, 23-25
y codificación perceptual, 560-565
y ejecución, distinción entre, 260
y memoria, 612-624
Aprobación, 234
Aptitud y tratamiento, interacción entre (IAT), 691
Árbol
de búsqueda, 480-482
de clasificación, 480
Argumento, 505
Asociabilidad, equivalencia de la, 91-95
Asociación(es), 76
aprendizaje por, 172-215
de ideas, 121
desaprendizaje de, 199
fenómeno de la, 388
formación de, 14, 184
grado de, 14
por contigüidad, ley de, 30, 70, 390
principio del cambio de, 42, 223
progresivas, 192
retrospectivas, 192
sensorio-sensoriales, 412
verticales, 521
Asociacionismo, 13-14, 19
modificaciones en el, 211
Atención, 122, 234, 593-606
porcentaje de, 678
selectiva, 610
y excitación, 606-609
Autoatribución, 248-250
Autocensura, 582
Autocontrol, 217, 581
Autoeficacia, 583
Autoelogio, 582
Autoevaluación, 582
Automoldeamiento, 258-259, 368
Autoobservación, 101
Autopercepción, teoría de la, 250
Autorreforzamiento, 581-582
Autorregulación, 580-581
Autoterminación, búsqueda serial de, 445
Auxiliares tecnológicos en la instrucción, 691-708
Aversión aprendida, 95

"Balbuceo" aleatorio, 93
Bandas Mach, 352
Bases, proporción de, 633
Bit, 453
Biorretroalimentación, 325
aplicaciones clínicas, 325-330
entrenamiento en, 326
y control de las ondas cerebrales, 330-335
Bloque(s)
constante, hipótesis del, 542
formación de, 404
nivel de, 638
Bloqueo, 348, 520
drogas de, 637
efecto de, 348
inhibitorio, 350-351
sensorial, 609-612
"Bondad" del reforzamiento, 134
Buen ajuste, evaluación del, 508
Búsqueda
árbol de, 480-482
en la memoria, 563
profundidad de la, 480
serial de autoterminación, 445

Cadena(s)
asociativas, 248
de relaciones de subconjunto, 563
Caja-problema, 36-37f, 91, 101, 110, 117, 216, 220
Calmantes en el cerebro, 605-606
Cámara de condicionamiento, 258
Cambio(s)
de asociación, principio del, 42, 223
fisiológicos en el aprendizaje, 624
Campo, observación de, 241
Cantidad de memoria, 14
Capacidad, 122, 251
Carácter,
definición, 77
distintivo de la posición serial, 180-182

Características
contadores de, 454
operantes de la memoria, 309
Caso(s)
de gramática, 559-560
selector de, 451
Castigo, 14, 39, 111-115, 123, 144, 219, 234, 237-239, 365
efectos del, 45
neuroquímica del, 601-612
y recompensa, 597-601
Causalidad de los sucesos, 16
Celeridad de lectura, 42
Células corticales patológicas, 76
Cerebro
calmantes en el, 605-606
dividido, 630
mecanismos motivacionales en el, 593
Certidumbre, criterios de alta, 693
Ciclos de reconocimiento-acción, 494
Ciencia, metodología empirista de la, 373
Cierre, fenómeno del, 385
Circuito
cerrado reverberante de activación, 312
de control, 327-328
Clasificación, árbol de, 480
Claves de recuperación, 21
Cliché, 390
Cloropromazina, 223, 604
Cocaína, 603
Codificación, 530
condición de, 553-554
especificidad de, 393
perceptual y aprendizaje, 560-565
principio de especificidad de la (PEC), 554
Codificadores perceptuales, 520
Código Morse, 465, 632
Coherencia de los elementos, 388
Cólera, 580
Comedero, entrenamiento de, 220
Competencia
lingüística, 218
motivacional, 237
Comportamientos "adjuntivos", 415
Composición, 217
Comprensión, 123, 252, 402
aprendizaje por, 526
de metas y planes, 504-506
enseñanza para la, 671
versus memorización mecánica, 396-397
Compuesto de estímulo, 348
Computaciones prolongadas, 517
Computadora
instrucción con ayuda de (IAC), 686, 699-705
simulación conductual por, 443
Comunicación, problemas de la, 507-508
Concentración, 77
de excitación, 74,77
Concepto(s), 557-560
aprendices de, 461-465
de orden superior, aprendizaje de, 470-472
descripciones de, 468
Conceptualización, 501
Condición de codificación, 553-554
Condicionamiento
animal, 319
cámara de, 258
clásico, 69-99, 254, 431
antecedentes, 70
contiguo, 100
cruzado, 121
de orden superior. *Véase* Condicionamiento de segundo orden
de segundo orden, 84
demorado, 74
efectos inhibitorios del, 83
fuerza del, 235
inhibitorio, 80-81
instrumental, 87, 218-219, 254
interoceptivo, 80
neuronal, 329-330
operante, 216-268
ley del, 321
paradigma del, 97
procesos elementales del, 320
supersticioso, 254
sustitución del, 625
temporal, 256
variables informativas en el, 347-355
Conducta(s)
a tiempo, 231
análisis de la, 217
asintótica, 266
autoclítica, 245
compleja, 216
de estado estable, 265
de transición, 266
en-situaciones, 362
evaluación de la, 241
isomórficas, 441
modificación de la, 241, 359
prácticas de, 366-367
programa de, 361-362
técnicas de, 363-366

y control social, 267
operante, 217-220, 251, 320
problemáticas específicas, 361
pública, 544
reforzantes, 667-669
respondiente, 217-220, 320
sexual, 596-597
tecnología de la, 267
terapia de la, 360, 367
verbal, 244, 246
análisis de la, 217
volitiva, 320
Conducta vicaria de ensayo y error (VEE), 122, 291, 429-430
Conductismo, 44
propositivo, 407
Conductor de *información*, 346
Conexión(es), 35, 100
de respuesta, 273-274
desuso de una, 41
nerviosa temporal, 76
preparada, 258
uso de una, 41
y aprendizaje por selección, 36
Conexionismo, 35-68
antes de 1930, 36
después de 1930, 44
Conferencia, notas de, 706
Configuración, 89
Confirmación
de extinción y reforzamiento, 425
prejuicios de, 549
Conflicto, 142
teoría del, 141
Congelamiento, 114, 659
Conjunción, 559
Conjunto
abierto, 704
cerrado, 704
de respuesta, supresión del, 203
Conocer, 12
Conocimiento
análisis del, 11
de los resultados, 581
de proceso, 29
de sí mismo, 216, 248-250
estructuras del, 684
factual, 29
metamemoria, 527
organización del, 698
procesal motor, 522, 524
proposicional, 522, 525
sensorioperceptual, 522, 524
Consecuencia
expectativas de, 582
reforzante, 269
Consolidación
de la memoria, 657
hipótesis de la, 613, 619
tasa de, 619-620
teoría de la, 617-620
Constancia del tamaño, 242
Constructo(s)
hipotético, 236
teoréticos, 216
Contadores de características, 454
Contexto
juicio de, 552
ley del, 187
procesamiento de *información* determinado por el, 386
rótulos de, 307-308
Contigüidad, 13
asociación por, ley de, 30, 70, 390
de indicio y respuesta, 102
del estímulo, 103
mental, 520
principio de la, 102
problemas de la, 520
versus reforzamiento, 30
Contingencia(s)
administración de, 363
del aprendizaje, 546-550
remotas, 517
Contracondicionamiento, 106
Contraste conductual, 77
efecto de, 223
Control
circuito de, 327-328
de estímulo
hipótesis del, 657
teoría del, 656
de las ondas cerebrales y biorretroalimentación, 330-335
del salón de clases, 676-680
elemento de, 310
estructuras de, 524
social y modificación de la conducta, 267
Co-ocurrencia, 13
Copia, teoría de la, 20
Correlaciones ilusorias, 547
Cosas, estado de, 40
Creencia(s), 522
definición, 525
proposicionales, 525
Criterios de alta certidumbre, 693

Cualidades sensoriales, 13
Cuantificación, 559
Curare, 321, 324-325, 330, 656
Curva de aprendizaje, 37, 297

Choques electroconvulsivos y amnesia, 614-616

d-tubocurarine. *Véase* Curare
Darse cuenta, 217
Datos sensibles, 15
Debilitamiento, 46
  de actividades, 106
  del interés intrínseco, 259
Decisión(es)
  teórica, análisis de la, 686-691
  toma de, modelo de exploración de la, 303-307
  verdaderas, 540
Decremento
  de la generalización del estímulo, 655
  de trabajo, 133
Deducción, 14
Demora
  del reforzamiento, 88
  inhibición de la, 84
Dependencia conceptual, análisis de, 501
Depresión, 252
  clínica y desamparo aprendido, 358-359
  difundida, 654-655
Desamparo aprendido (DA), 355-359
  efecto(s) del, 356-357
    cognoscitivo, 356
    emocional, 356
    motivacional, 356
  y depresión clínica, 358-359
Desaparición, 43
Desaprendizaje, 199
  de asociación, 199
  de estímulo específico, 201
Desarrollo
  cognoscitivo, *teoría* del, 684-686
  de la memoria durante la infancia, 526-527
  secuencia del, 686
Descarga electroconvulsiva (DEC), 614
Descripción(es)
  de concepto, 468
  del patrón, 476
Desensibilización, 364
  sistemática, 106
Desequilibrio emocional, 79
Deshabituación, 26. *Véase también* Sorpresa
Desintegración de huella, olvido como, 394
Destino común. *Véase* Dirección común
Desuso de una conexión, 41
Desvanecimiento, 43
Desviación de pico, 223
Detección de señal, teoría de, 307
Determinación interna, 217
Diagramas de Venn, 292
Diazamantano, 619
Diferenciación, 73-74
  de la lista, 193, 201
  de respuesta, 54, 221, 226
Diferencias apenas perceptibles (DAP), 72
Dimensión
  irrelevante, 153
  relevante, 153
  valores de la, 153
Dirección
  común, 382
    ley de la, 382-384
  ideas de, 136
Discernimiento, 29, 123, 252
  aprendizaje por, 375
  experimentos acerca del, 374-376
  y solución de problemas, 397-400
Discriminación
  aprendizaje de, 148, 182
    simple, 293
    sin errores, 221
  de drogas, entrenamiento en, 657
  de estímulos, 53, 221-226
  de respuestas, 221-226
  hipótesis de, 343, 426
  sensorial, 304
Discurso, aprendizaje del, 565-570
Diseño
  de investigación, 239
  de reversión, 239
  entre sujetos, 265
  "intralista", 239
Disociación
  inducida por drogas, 656
  química de los hemisferios cerebrales, 654-656
Disposición
  de aprendizaje, 398
  versus actualización, 27
Dispositivo(s)
  de aprendizaje, 15
  de instrucción, 243
  nemónicos, 186, 543-544, 672

Disponibilidad de la respuesta, 53-54, 209
Distancias psicológicas, 391
Distracción, 610
Dominio de experiencias, 703
Drogas
  anticolinérgicas, 637
  de bloqueo, 637
  disociación inducida por, 656
  entrenamiento en discriminación de, 657
Duración de la experiencia, 14

Ecuaciones básicas del aprendizaje, 275-278
Efecto(s)
  antimemorítico, 27
  centrales simples, 659
  de anticonsolidación, 27
  de bloqueo, 348
  de contraste conductual, 223
  de extinción, 343
  de frustración (EF), 159
  de interferencia, 21
  de recencia, 533-534
    negativo, 285
  de reforzamiento, 164
  de reversión, 162
  de Von Restorff, 395
  del castigo, 45
  del desamparo aprendido, 356-357
  del nivel de adaptación, 242
  del placebo, 606
  inhibitorios del condicionamiento, 83
  ley del, 38-40, 44, 61, 126, 176, 219, 335
  satisfactorio, 130
  secundarios del estímulo, 343
Eficacia, expectativas de, y ejecución, 582
Ejecución
  asintótica, 242
  elementos de, 451
  factor de, 51
  punto de vista estadístico de la, 270
  reductores de la, 27
  reglas de, y reforzamiento, 274
  versus aprendizaje, 27, 62, 411
  y aprendizaje, distinción entre, 260
  y expectativas de eficacia, 582
Ejercicio, ley del, 39, 41
Elección
  múltiple, reconocimiento de, 199
  preferencial, 232
Electroencefalograma (EEG), 249, 592, 607
Electromiógrafo (EMG), 249
Elegir una respuesta, análisis de, 279
Elemento(s)
  coherencia de los 388
  de aprendizaje, 451
  de control, 310
  de ejecución, 451
  de estímulo, 272
    muestreado, 296
  idénticos, teoría de los, 292
  modelo de, 298-302
    pequeño, 295-298
  neutrales, regla de los, 281
Emoción, 234, 236-237
Empirismo, 12-15, 19, 28, 31
  características, 13
En-situaciones, conducta, 362
Encadenamiento, 226
  causal en el texto, 502
Endorfinas, 606
Enfermedad(es)
  condicionada, 95
  psicosomáticas, 326
Enfoque del aprendizaje
  cognoscitivista, 319
  conductista, 319
  estocástico, 272
Enfriamiento, habitación de, 365
Engrama, visión dinámica del, 612
Ensayo(s), 21-22
  de extinción, 107
  definición, 36
  estímulo de, 228
  manifiesto, 532
  y error, 29
    aprendizaje por, 36
    conducta vicaria de (VEE), 122, 291, 429-430
Enseñanza
  máquinas de, 243
  para la comprensión, 671
Entrenamiento
  de comedero, 220
  de omisión, 256
  en biorretroalimentación, 326
  en discriminación de drogas, 657
Epilepsia de foco espejo, 627
Epistemología(s), 11
  alternativas, 12-13
  experimental, 11
Equilibrio, teoría del, 338-341
Equipotencialidad, 257
Equivalencia, 453
  de la asociabilidad, 91-95

Error y ensayo, 29, 36, 122, 291, 429-430
Erudición, 12
Escape, aprendizaje de, 112-113
Especie, actividades específicas de la, 24
Especificidad de codificación, 393
Esperanza, 145-146n
Esquema de recuperación sistemático, 544
Estadísticas secuenciales, 285
Estadísticos intuitivos, 546
Estado(s)
  condicionado, 301
  conjetural, 301
  de cosas, 40
  de preparación, 41, 92, 109
  del sistema, 273-274
  estable, conducta de, 265
  motivacional, 128
  patológicos, 78-79
Estereotipia, 117
Estereotipos sociales, 548
Estimulación, 592
  directa, 592
  eléctrica, 592
  química, 592
  variación aleatoria en la, 272
Estímulo(s)
  aleatorios, 59
  aversivos, 219, 238
  compuesto de, 348
  condicionado (EC), 69, 103
  contextuales de fondo, 289
  contigüidad de, 103
  control de, 218, 221, 335
  de ensayo, 228
  de impulso, reducción de los, 130
  de mantenimiento, 108, 112, 136
  de retroalimentación, 226, 331
  discriminación de, 53, 221-226
  discriminativo, 218
  efectivo, 149
  efectos secundarios del, hipótesis de, 343
  elementos de, 272
  específico, desaprendizaje de, 201
  generalización de, 43, 72, 655
  generalizado, 351
  identificabilidad del, 53
  incondicionado (EI), 69, 88, 254
  informativo, 57
  kinestésicos, 101
  meta, 351
  muestreado, elementos de, 296
  puro, acto de, 136
  reconocimiento de, 627
  sostenes de, 137
Estímulo-respuesta (E-R), 28
  aprendizaje de, 35
  exploración de, 430
  teoría del, 28, 31, 516-521, 535-540
Estrategia(s)
  de aprendiz controlado, 689
  de aprendizaje, 525-526
  de instrucción, 689, 703
  de orden aleatorio, 689
  de respuesta sensible, 689
Estrés, manejo del, 357
Estricnina, 619
Estructura(s)
  cerebrales, 598
    neutrales, 598
    punitivas, 598
    recompensantes, 598
  cognoscitivas, 28-29
    adquisición de, 28
  de control, 524
  del conocimiento, 684
  gráfica etiquetada, 557
Estudiante, modelo del, 703
Estudio, guías prescritas de, 667
Etiquetación de relaciones asociativas, 519
Evaluación(es)
  cognoscitivas, 580
  de la conducta, 241
  del buen ajuste, 508
  función de, 481
Evento(s), 269, 557-559
  amnésicos, 618
  interpolados, 21
  sorpresivos, 532
Evitación
  activa, 144
  aprendizaje de, 112-113
  discriminativa, 113
  gradiente de, 142
  voluntaria, 121
Excitación, 73, 593-606
  concentración de, 74, 77
  condicionada, 111
  nerviosa, 76
  pérdida de, 81
  y atención, 606-609
Expectación de eficacia, 582
Expectancia(s), 353-354
  aprendizaje de, 257
  de recompensa, 417-418
  del reforzamiento, 430
  teoría de la, 407, 582

cognoscitiva, 29
y mapas cognoscitivos, 409
Expectativas
de consecuencia, 582
de eficacia y ejecución, 582
Experiencia(s), 12-13
dominio de, 703
duración de la, 14
frecuencia de la, 14
"Eureka", 375
neuroquímica de la, 629-636
recencia de la, 14
Experimento(s)
de discernimiento, 374-376
de información demorada, 57
de "nunca-correcto", 58-62
de tiempo de reacción, 218
de transposición, 150
del punto ciego, 384
Explicación, 14
Exploración
de estímulo-respuesta, 430
de respuesta, 430
modelo de, 304
de la toma de decisiones, 303-307
Extensiones. *Véase* Analogías metafóricas
Extinción, 70, 105, 364
confirmación de la, y reforzamiento, 425
de las respuestas aprendidas, 30
efecto de, 343
ensayos de, 107
experimental, 71, 220
latente, 424
y no recompensa, 342-343
Extrapolación de series, 476-477

Facilitación, 618
Factor
de aprendizaje, 51
de ejecución, 51
Falacia de jugador. *Véase* Efecto negativo de recencia
Familia de hábitos, jerarquía de, 135, 138
Fatiga, 25
motora, 25
versus aprendizaje, 25-27
Felicidad, 252
Fenómeno(s)
autoclíticos, 246
de la asociación, 388
de la inhibición externa, 278
del cierre, 385
epileptiforme del foco espejo, 627
phi, 386
Fenotiazinas, 604-605
Figura-fondo, relación de, 378
Fijeza conductual, 433
"Flotación" meditativa, 333
Foco espejo, epilepsia de, 627
Fondo, estímulos contextuales de, 289
Formación
de asociaciones, 14, 184
de bloques, 404
Frecuencia
de la experiencia, 14
juicios de, 552
-recencia, teoría de la, 101
Frustración, 146n, 418
efecto de (EF), 159
reducción de la, 160
hipótesis de la, 159, 161
Fuerza(s)
de impulso, 132
de respuesta, aprendizaje de, 450
de voluntad, 217
del condicionamiento, 235
del hábito, 126-131, 155
motivacional, 579
operante, 218, 234
Función
de evaluación, 481
de mando, 245
de tacto, 245
de términos, 231
Funcionalismo, 174
Funcionamiento, memoria de, 522

Ganancias secundarias, 326
Generalidad transituacional de un reforzador, 335
Generalización(es), 252
contextual, 246
del estímulo, 43, 72
decremento de la, 655
empíricas, 193
hipótesis de, 343
intensificación de la, 351-353
mediada, 252
primaria, 252
secundaria, 252
total, 187
Gestalt
psicología de la, 16, 19-20, 51, 686
teoría, 373-407, 540

Gradiente
de acercamiento, 142
de evitación, 142
de reforzamiento, 135, 137-138
meta, 135, 138, 142
Grado de asociación, 14
Gramática
caso de, 559-560
universal, 18
Grupo(s)
reforzamiento contingente de, 677
subjetivos, 541
Guías de estudio prescritas, 667

Habilidades, 29
análisis de, 665
aprendizaje de, 23, 172
Habitación de enfriamiento, 365
Hábito(s), 28
adquisición de, 28
complejos, 29
fuerza del, 126-131, 155
haces de, 154
jerarquía de familia de, 135, 138
positivo, 144
ruptura de, 105
teoría del, 157
transferencia del, 655
verbal-motores, 544
Habituación, 25-26, 609
cortical, teoría de la, 26
de los reflejos simples, 627
sensorial, 25
versus aprendizaje, 25-27
y adaptación, diferencias entre, 26n
y memoria de corto plazo, 354-355
Habla, percepción del, 472-474
Haces de hábitos, 154
Haldol, 604
Hambre, 593-595
Haz
de sensación, teoría del, 376
hipótesis del, 403
Hechos, aprendizaje de, 23
Hedonismo, 19
Hemisferios cerebrales, disociación química de los, 654-656
Heurísticas, definición, 479
Hiperfagia, 594
Hiperglucemia, 329
Hipernesia, 196
Hipoglucemia, 329
Hipotálamo, 594, 597
Hipótesis
correlacionadas, 65
de discriminación, 343, 426
de generalización, 343
de información, 56
de la consolidación, 613, 619
de la frustración, 159, 161
de la huella doble, 545
de la memoria dual, 621
de la reducción de impulso, 110
de las restricciones innatas, 17
de reforzamiento, 111
de repetición, 54-56
defectos secundarios del estímulo, 343
del bloque constante, 542
del control de estímulo, 657
del haz, 403
ideacional, 54
secuencial, 343-347
Homeostasis, 327
Homeostato, 440
Huella
de memoria, 24, 612
desintegración de olvido como, 394
doble, hipótesis de la, 545
procedimiento de, 74
recuperación de la, 22
teoría de la, 387

Idea(s)
asociación de, 121
complejas, 13
de dirección, 136
nodo de, 536
simples, 13
Identificabilidad del estímulo, 53
Idiomas, laboratorio de, 694-695
Igualación
a la muestra demorada, 261, 413
condicional, 416
transmodal, 416
Igualdad, 117
Ilusiones
productores de (PI), 501
visuales, 242
Ilustraciones del ojo de la mente. *Véase* Imaginería mental
"Imágenes" de la memoria, 13, 20
Imaginería mental, 544
Imipramina, 605
Importancia, rótulos de, 703

Improntación, 24
Impulso(s), 126-128, 234-236
  adquirido, 141
  cero, 132
  de aprendizaje, 624
  de sed, 127
  discriminación del, 294
  estímulos de, 132
    reducción de los, 130
  fuerza de, 132
  inducción del, 602
  internos, 252
  nivel de, 126
  papel del, 131
  reducción del, 269, 602
Incentivo, motivación de, 155-158, 165, 295, 430, 578
Indicio(s)
  de olvidar, 532
  de recuperación, 21
  irrelevantes, 149
  relevantes, 149
  y respuesta, contigüidad de, 102
Inducción, 252
  del impulso, 602
  gramatical, 496-497
  recíproca, 77
Inferencia, 14, 21, 410
Influencias automáticas de las recompensas, 47-49
Información
  central, 23
  conductor de, 346
  demorada
    condición de, 58
    experimento de, 57
  en la memoria de largo plazo, 522-525
  hipótesis de, 343
  recuperación de, 495-496
  teoría de la, 57, 60
Inhibición, 75, 350
  activa, 132-134
  condicionada, 75, 128, 132
  de la demora, 84
  externa, 75
    fenómeno de la, 278
  interna, 75
  postulados de la, 132
  proactiva, ley de la, 187
  recíproca, 116
  retroactiva, ley de la, 187
Inhibidor condicionado, 75
Inmovilidad imperturbable, 334
Innovación educativa, 709-711
Inoculación preventiva, 358
Instigación
  definición, 554
  principio de, 554
Instintos, 24
Instrucción
  auxiliares tecnológicos en la, 691-708
  con ayuda de computadora (IAC), 686, 699-705
    inteligente, 702-705
  dispositivos de, 243
  estrategia de, 689, 703
  objetivos de, 687
  personalizada, sistemas de, 705-708
  prescrita, 691
  programada, 242
  reglas de, 704
Instrumento, 17
Inteligencia
  animal, 36
  artificial, 452
Intención, 108, 115, 136, 407
Intensificación de la generalización, 351-353
Interacción
  entre aptitud y tratamiento (IAT), 691
  residual, 659
Interés, 252
  intrínseco, debilitamiento del, 259
Interferencia, 279, 407
  asociativa, 105
  con el texto, 206-209
  efecto de, 21
  proactiva, 201-204, 357, 359
    efectos de la, 204-206
  retroactiva, 103
  teoría de la, 105, 209
Intermediarios
  centrales, 28
  periféricos, 28
Interpretación
  direccional, 382
  proposicional, 313
  semántica, 554-555
Interrupción-resolución, 506
Intersección, 564
Intervalo
  fijo (IF)
    Festón del, 228-229
    programas de, 228
  programas de, 228
  variable (IV), programas de, 229
Intervención, plan de, 362

Introspección, 101
Investigación
  del aprendizaje, 319
  diseño de, 239
Irradiación, 73, 77

Jerarquía(s)
  de familia de hábitos, 135, 138
  de producciones, 524
  de tarea y subrutinas, 447-449
Juego de palabra original, 245
Jugador(es), 480-483
  falacia del. *Vézse* Efecto negativo de recencia
Juicio(s)
  de contexto, 552
  de frecuencia, 552
  de recencia, 552

Kinestesia, 103
Korsakoff, síndrome de, 621

Laboratorio de idiomas, 694-695
Lectura, celeridad de, 42
Lenguaje
  adquisición del, 17-19
  mediadores naturales del, 185
Ley(es)
  de asociación por contigüidad, 30, 70, 390
  de la dirección común, 382-384
  de la inhibición
    proactiva, 187
    retroactiva, 187
  de la proximidad, 379-380
  de la similitud, 381-382
  de la simplicidad, 384-385
  del aprendizaje, 102
  del condicionamiento operante, 321
  del contexto, 187
  del efecto, 38-40, 44, 61, 126, 176, 219, 335
    objeciones, 40-41
    problemas, 519-520
    revisada, 45
  del ejercicio, 39-41
    refutación a la, 45
  del olvido, 187
  del reforzamiento, 335
Libre albedrío, 217, 267
Librium, 603, 605
Líneas base múltiple, 240-241
Lista, diferenciación de la, 193, 201
Localización, 17, 559
  promedio, 445
Logro, motivación de, 581
Lugar, aprendizaje de, 418-421

Macroestructura conceptual, 209
Machina speculatrix, 440
Maduración, 19
  versus aprendizaje, 25
Maestría, aprendizaje de, 691
Mando, función de, 245
Manejo del estrés, 357
Mantenimiento
  estímulo de, 108, 112, 136
  repetición de, 538
Mapa(s) cognoscitivo(s), 410
  en los primates, 434
  y expectancias, 409
  y memoria espacial, 433-437
Máquinas de enseñanza, 243
Marcadores de posición serial, 181
Masoquismo experimental, 112
Mayoría, regla de la, 281
Mecanismo(s)
  de adquisición, 15
  de aprendizaje, 13, 168
  de procesamiento de información, 443
  homeostáticos, 327-329
  intermedios derivados, 135
  motivacionales en el cerebro, 593
  periféricos, 28
Mediador(es)
  definición, 185
  naturales del lenguaje, 185
  nemónicos, 185
  operante, 321
Medición educativa, 66
Medios y fines, análisis de, 484, 491
Mejoramiento, 104
Memoria(s)
  almacén de, 522
  búsqueda en la, 563
  cantidad de, 14
  características operantes de la, 309
  consolidación de la, 657
  de corto plazo (MCP), 312, 522
    en los animales, 368, 413
    huellas de la, 612
    modelo de la, 528-540
    y habituación, 354-355
  de funcionamiento, 522
  de largo plazo (MLP), 570

Improntación, 24
Impulso(s), 126-128, 234-236
  adquirido, 141
  cero, 132
  de aprendizaje, 624
  de sed, 127
  discriminación del, 294
  estímulos de, 132
    reducción de los, 130
  fuerza de, 132
  inducción del, 602
  internos, 252
  nivel de, 126
  papel del, 131
  reducción del, 269, 602
Incentivo, motivación de, 155-158, 165, 295, 430, 578
Indicio(s)
  de olvidar, 532
  de recuperación, 21
  irrelevantes, 149
  relevantes, 149
  y respuesta, contigüidad de, 102
Inducción, 252
  del impulso, 602
  gramatical, 496-497
  recíproca, 77
Inferencia, 14, 21, 410
Influencias automáticas de las recompensas, 47-49
Información
  central, 23
  conductor de, 346
  demorada
    condición de, 58
    experimento de, 57
  en la memoria de largo plazo, 522-525
  hipótesis de, 343
  recuperación de, 495-496
  teoría de la, 57, 60
Inhibición, 75, 350
  activa, 132-134
  condicionada, 75, 128, 132
  de la demora, 84
  externa, 75
    fenómeno de la, 278
  interna, 75
  postulados de la, 132
  proactiva, ley de la, 187
  recíproca, 116
  retroactiva, ley de la, 187
Inhibidor condicionado, 75
Inmovilidad imperturbable, 334
Innovación educativa, 709-711
Inoculación preventiva, 358
Instigación
  definición, 554
  principio de, 554
Instintos, 24
Instrucción
  auxiliares tecnológicos en la, 691-708
  con ayuda de computadora (IAC), 686, 699-705
    inteligente, 702-705
  dispositivos de, 243
  estrategia de, 689, 703
  objetivos de, 687
  personalizada, sistemas de, 705-708
  prescrita, 691
  programada, 242
  reglas de, 704
Instrumento, 17
Inteligencia
  animal, 36
  artificial, 452
Intención, 108, 115, 136, 407
Intensificación de la generalización, 351-353
Interacción
  entre aptitud y tratamiento (IAT), 691
  residual, 659
Interés, 252
  intrínseco, debilitamiento del, 259
Interferencia, 279, 407
  asociativa, 105
  con el texto, 206-209
  efecto de, 21
  proactiva, 201-204, 357, 359
    efectos de la, 204-206
  retroactiva, 103
  teoría de la, 105, 209
Intermediarios
  centrales, 28
  periféricos, 28
Interpretación
  direccional, 382
  proposicional, 313
  semántica, 554-555
Interrupción-resolución, 506
Intersección, 564
Intervalo
  fijo (IF)
    Festón del, 228-229
    programas de, 228
  programas de, 228
  variable (IV), programas de, 229
Intervención, plan de, 362

Introspección, 101
Investigación
  del aprendizaje, 319
  diseño de, 239
Irradiación, 73, 77

Jerarquía(s)
  de familia de hábitos, 135, 138
  de producciones, 524
  de tarea y subrutinas, 447-449
Juego de palabra original, 245
Jugador(es), 480-483
  falacia del. *Véase* Efecto negativo de recencia
Juicio(s)
  de contexto, 552
  de frecuencia, 552
  de recencia, 552

Kinestesia, 103
Korsakoff, síndrome de, 621

Laboratorio de idiomas, 694-695
Lectura, celeridad de, 42
Lenguaje
  adquisición del, 17-19
  mediadores naturales del, 185
Ley(es)
  de asociación por contigüidad, 30, 70, 390
  de la dirección común, 382-384
  de la inhibición
    proactiva, 187
    retroactiva, 187
  de la proximidad, 379-380
  de la similitud, 381-382
  de la simplicidad, 384-385
  del aprendizaje, 102
  del condicionamiento operante, 321
  del contexto, 187
  del efecto, 38-40, 44, 61, 126, 176, 219, 335
    objeciones, 40-41
    problemas, 519-520
    revisada, 45
  del ejercicio, 39-41
    refutación a la, 45
  del olvido, 187
  del reforzamiento, 335
Libre albedrío, 217, 267
Librium, 603, 605
Líneas base múltiple, 240-241
Lista, diferenciación de la, 193, 201
Localización, 17, 559
  promedio, 445
Logro, motivación de, 581
Lugar, aprendizaje de, 418-421

Macroestructura conceptual, 209
Machina speculatrix, 440
Maduración, 19
  versus aprendizaje, 25
Maestría, aprendizaje de, 691
Mando, función de, 245
Manejo del estrés, 357
Mantenimiento
  estímulo de, 108, 112, 136
  repetición de, 538
Mapa(s) cognoscitivo(s), 410
  en los primates, 434
  y expectancias, 409
  y memoria espacial, 433-437
Máquinas de enseñanza, 243
Marcadores de posición serial, 181
Masoquismo experimental, 112
Mayoría, regla de la, 281
Mecanismo(s)
  de adquisición, 15
  de aprendizaje, 13, 168
  de procesamiento de información, 443
  homeostáticos, 327-329
  intermedios derivados, 135
  motivacionales en el cerebro, 593
  periféricos, 28
Mediador(es)
  definición, 185
  naturales del lenguaje, 185
  nemónicos, 185
  operante, 321
Medición educativa, 66
Medios y fines, análisis de, 484, 491
Mejoramiento, 104
Memoria(s)
  almacén de, 522
  búsqueda en la, 563
  cantidad de, 14
  características operantes de la, 309
  consolidación de la, 657
  de corto plazo (MCP), 312, 522
    en los animales, 368, 413
    huellas de la, 612
    modelo de la, 528-540
    y habituación, 354-355
  de funcionamiento, 522
  de largo plazo (MLP), 570

información en la, 522-525
de operación, 451
de orden superior, nodos de, 313
de reconocimiento, 292
y teoría estadística de la decisión, 307-310
definición, 12
desarrollo de la, durante la infancia, 526-527
dual, 529
hipótesis de la, 621
episódica versus semántica, 550-556
espacial y mapas cognoscitivos, 433-437
huella de la, 24, 612
"imágenes" de la, 13, 20
localizada, hipótesis de la, 644
transferencia de la, 633
y aprendizaje, 612-624
y conocimiento, 11-12
y organización, 540-546
Memorización mecánica versus comprensión, 396-397
Mente
ilustraciones del ojo de la. *Véase* Imaginería mental
teoría asociativa de la, 17
Metapostulados terminales (MPT) de la teoría E-R, 516
Metas
educativas, 664
y planes, comprensión de, 504-506
Meter-extraer, sistema de, 592
Método(s)
de agotamiento o saturación, 106
de tolerancia, 106, 364
heurísticos, 478
Metodología, 24
conductista, 216
empirista de la ciencia, 373
Microestructura conceptual, 209
Miedo, 141
respuesta de, 141
Modelado, 364
Modelamiento participativo, 579
Modelo(s)
de elemento, 298-302
pequeño, 295-298
de exploración, 304
de la toma de decisiones, 303-307
del estudiante, 703
del procesamiento de información, 443
Modelo(s) de aprendizaje
estadístico, 271
estructural, 431
matemáticos, 268
aplicabilidad de los, 314-316
Modificación de la conducta, 211, 359
prácticas de, 366-367
programa de, 361-362
técnicas de, 363-366
y control social, 267
Modificaciones en el asociacionismo, 211
Moldeamiento, 363, 665
Molestia, 40
Monitor ejecutivo, 214
Morfina, 603
Motivación, 14, 62, 108, 122, 242, 252, 294, 402, 579, 593
de incentivo, 155-158, 165, 295, 430, 578
de logro, 581
Motivo, 108
Movimientos oculares rápidos (MOR), 607
Muestra demorada, igualación a la, 261, 413

Naloxona, 604
Necesidad, reducción de, 130
Nemotecnia, 673-676
Neofobia, 96
Neurofisiología del aprendizaje, 589-662
Neuronas modelo, 661
Neuroquímica
celular, 631-636
de la experiencia, 629-636
de la recompensa, 601-612
del aprendizaje, 629-636
del castigo, 601-612
Neurosis, 216
experimentales, 78-79
Nivel(es)
de adaptación (NA), 152
efectos del, 242
de aprendizaje, 89
de bloque, 638
de impulso, 126
de procesamiento, 535-539
superior, nodos de, 520
Nodo(s)
de idea, 536
de memoria de orden superior, 313
de nivel superior, 520
No recompensa
patrón secuencial de la, 343
y extinción, 342-343

No reforzamiento y reforzamiento, concepciones de, 335
Norma interna, 152
Notas de conferencia, 706
Núcleo ventromedial, 594
"Nunca-correcto", experimento de, 58-62

Objetivos
conductuales, 664
de instrucción, 687
educativos, 66
Objeto(s)
físicos, 501
-meta, 131-132
Observación
aprendizaje por, 261, 573-574
de campo, 241
pura, respuesta de, 257
Ojo de la mente, ilustraciones del. *Véase* Imaginería mental
Olvido, 21, 26, 105, 124, 186-209, 390, 403
análisis del, 194-196
como desintegración de huella, 394
dirigido, 531
intencional, 531-532
ley del, 187
y recuperación espontánea, 286-289, 391
Omisión, entrenamiento de, 256
Ondas cerebrales, 249
alfa, 331
control de las, y biorretroalimentación, 330-335
theta, 331
Operación, memoria de, 451
Operante(s)
discriminada, 88, 218
libre, 220
y respodiente(s), diferencias entre, 253
Orden
aleatorio, estrategias de, 689
aprendizaje de, 178
Ordenamiento, preferencia de, 303
Organización
de la vida mental, 11, 17
del conocimiento, 698
perceptual, 16
leyes de la, 377
psicológica, 377
y memoria, 540-546
Orientación, reflejo de (RO), 26
Oscuridad, temor a la, 634

Pacientes neurológicos, 620
Palabra
original, juego de, 245
pretexto, 543
Pandemonium, 456
Paradigma del condicionamiento, 97
Pareamiento hacia atrás, 74
Pares asociados, aprendizaje de, 173, 182-183
Participación, 693
Patrón
reconocimiento de, 453-477
descripción del, 476
secuencial
aprendizaje de, 474
de la no recompensa, 343
Pausa posreforzamiento, 230
Películas, 692-694
Pensamiento, 216-217, 407
Péptido, 603
Percepción, 21, 121
de la profundidad, 15
del habla, 472-474
Perceptor y memorizador elemental (PYME), 458-461
Pérdida de excitación, 81
Periodo refractario, 600
Personalidad y pisicoterapia, 250-251
Pertenencia, 17, 51-52
principio de, 380
Pertinencia, 670
Picrotoxina, 619-620
Piel
reflejo galvánico de la, 321
respuesta galvánica de la, 72-74
Placebo, efectos del, 606
Plan de intervención, 362
Planeación, 14, 407
Planeadores inteligentes, 489-491
Polaridad
asociativa, 52-53
principio de, 52
Porcentaje de atención, 678
Posición serial
carácter distintivo de la, 180-182
curva de la, 178-180
teoría de la, 179
marcadores de, 181
Positivos falsos, 308-310
Postulados de la inhibición, 132
Postura de señalamiento, 413
Potencial
conductual, 430
de reacción, 128

Práctica(s), 122, 252, 402, 666-667
de calificación, 39
de modificación de la conducta, 366-367
imaginaria, 578
Precondicionamiento sensorial, 368, 412
Precondiciones, 487
Predicción, 14
condicional, 475
Prediferenciación, 183, 193
Predisposición para aprender, 684
Preferencia de ordenamiento, 303
Prejuicios de confirmación, 549
Premack, principio de, 336-338
Premisas interpretativas, 15
Preparación, 257-258
estado de, 41, 92, 109
reacción de, 109
Primates, mapas *cognoscitivos* en los, 434
Principio(s)
de especificidad de la codificación (PEC), 554
de identificabilidad, 53
de igualación de patrón, 562. *Véase también* Similitud
de instigación, 554
de la contigüidad, 102
de pertenencia, 380
de polaridad, 52
de Premack, 336-338
de recencia, 103
de resolución, 478n
de simetría asociativa, 52
del cambio de asociación, 42, 233
Probabilidad
aprendizaje de, 282-285, 304, 474
subjetiva, 430
Problema(s)
de la comunicación, 507-508
de la contigüidad, 520
de la simetría asociativa, 52
del agente viajero, 435
especiales del aprendizaje, 387-401
molar, 408
molecular, 408
Procedimiento de huella, 74
Procesador
central, 522
paralelo, 455
serial, 455
Procesamiento
del lenguaje, programa de, 494-506
niveles de, 535-539
críticas a los, 539-540
paralelo, 456
profundidad del, 539
Procesamiento de información (PI), 20, 443
conceptos del, 443
determinado por el contexto, 386
mecanismo de, 443
modelos del, 443
superior-inferior, 386
teorías del, 440-514
Proceso(s)
autorreguladores, 580
conocimiento de, 29
de aprendizaje, 116, 155
de atención, 155, 575
de control, 535
de decisión, 430
de exploración, 304
de retención, 575
de "todo o nada", 302
elementales del condicionamiento, 320
estocásticos. *Véase* Procesos probabilísticos
probabilísticos, 270
simbólicos, 585
Producciones, 494
jerarquía de, 524
Productores de ilusiones (PI), 501
Profundidad
de la búsqueda, 480
del procesamiento, 539
percepción de la, 15
Programa(s)
de comprensión y pregunta-respuesta, 497
de intervalo, 228
fijo, 228
variable, 229
de modificación de la conducta, 361-362
de procesamiento del lenguaje, 494-506
de razón, 228
variable, 230
de simulación, 476
de solución de problemas, 442, 477-480
definición, 444
múltiples, 232, 241
Programación, 698-699
heurística, proyecto de, 491
lineal, 698
ramificada, 698
Promedio, regla del, 281
Promoción, 39
Propagación del efecto, 47-49, 51
Propiedades "emergentes", 16

Proporción de bases, 633
Proposición, 559
de valor, 525
Propósito(s), 136, 407-408
Protocolo, ajuste de, 509
Proyecto(s)
de programación heurística, 491
de robots, 485-489
Proximidad, ley de la, 379-380
Prueba(s)
ansiedad en la, 669
DAP, 547
del CI, 44
doble-ciego, 93
modificada de recuerdo libre (PMRL), 202-203
Psicología
"científica", 13
cognoscitivista, 20, 521
de la Gestalt, 16, 19-20, 51, 686
del aprendizaje animal, 35
del vínculo. *Véase* Conexionismo
filosófica, 11
matemática, 20
Psicoterapia y personalidad, 250-251
Punto ciego, experimento del, 384

Racionalismo, 12-13, 19-20, 28, 31
definición, 15
Racionalización, 217
Rastreo de signo. *Véase* Automoldeamiento
Razón
fija (RF), 229
programas de, 228
variable, programas de, 230
Razonamiento deliberado, 36
Reacción(es)
de preparación, 109
demorada, 413
emocionales, 580
meta anticipatoria fraccionaria, 138
potencial de, 128
tendencia de, 411
tiempo de, experimento de, 218
Reactivo
aprendizaje de, 178
de sondeo, 531
Recencia
de la experiencia, 14
efecto de, 533-534
negativo, 285
juicios de, 552
principio de, 103
Receptores sensoriales, 521
Recetas de acción, 556
Recitación, 666-667
Recompensa(s), 14, 88, 109, 115, 363
adquirida, 233
anticipada, 110, 115, 260
aprendizaje de, 256
efectos de la, 45
expectancias de, 417-418
influencia automática de las, 47-49
moderada, 41
neuroquímica de la, 601-612
y castigo, 597-601
Recondicionamiento periódico, 228
Reconocimiento
-acción, ciclos de, 494
de elección múltiple, 199
de estímulo, 627
de patrón, 453-477
memoria de, 292, 307-310
Recuerdo, 12
libre, 404, 541
aprendizaje de, 173
Recuperabilidad, 232
Recuperación
claves de, 21
condición de, 553
de información, 495-496
de la huella, 22
espontánea, 26, 70-71, 201-204
y olvido, 286-289, 391
esquema sistemático de, 544
indicio de, 21
reglas de, 387
Reducción
de la frustración, 160
de los estímulos de impulso, 130
de necesidad, 130
del impulso, 269, 602
Reduccionismo, 13
Reductores de la ejecución, 27
Redundancia, 693
Reflejo(s), 23
condicionados, 69, 101-102, 625
de orientación (RO), 26, 609
galvánico de la piel (RGP), 321
incondicionado (RI), 69
innatos, 320
respondientes, 218
simples, habituación de los, 627
Reflexión, 14

Reforzador(es)
definición, 335
generalidad transituacional de un, 335
generalizados, 234
primarios
negativos, 219
positivos, 219
Reforzamiento, 130, 175, 578, 684
"bondad" del, 134
condicionado, 143, 233
contingente de grupo, 677
continuo, extinción por, 349
correlacionado, 166
de respuestas incompatibles, 364
decremental, 146
demora del, 88
diferencial, 165
de bajas tasas de respuesta (RDB), 231
efecto de, 164
expectancia del, 430
gradiente de, 135, 137-138
hipótesis de, 111
incremental, 146
interensayo (RIE), 345-346
intermitente, 228
ley del, 335
negativo, 219
periódico, 228
positivo, 219
principios del, 41, 143-144
programas de, 228
repetido, 70
secundario, 233
valor de, 430
versus contigüidad, 30
y confirmación de la extinción, 425
y no reforzamiento, concepciones de, 335
y reglas de ejecución, 274
Registro
de suceso, 20
eléctrico, 592
Regla(s)
de calificación, 559
de ejecución y reforzamiento, 274
de instrucción, 704
de la mayoría, 281
de los elementos neutrales, 281
de recuperación, 387
del promedio, 281
Regresión espontánea, 286
Relación(es)
asociativas, etiquetación de, 519
constitutiva, 389
de figura-fondo, 378
de subconjunto, cadenas de, 563
Reminiscencia, 640
Repetición, 104
cognoscitiva, 578
de mantenimiento, 538
diferencial, 55-56
elaborada, 538
hipótesis de, 54-56
Representación
de la situación de estímulo, 272
sistemas de, 585
Represión, 217
Reserpina, 605
Resolución, principio de, 478n
Resolución de problemas, 216-217
técnica de, 252
Respeto a uno mismo, 582
Respuesta(s)
a compuestos de estímulo, 280
activa, 665
antagónica, 189
anticipatorias, 109, 450
aprendidas, extinción de las, 30
aprendizaje de, 118, 184, 192
cadenas de, 226
competidoras, 109, 134, 193
condicionada(s), 44, 69
paradójicas, 328
conexión de, 273-274
conjunto de, supresión del, 203
correcta, 109
costo de, 238
de acercamiento, 303
de interés, 104
de interferencia y extinción, eliminación de las, 278-280
de línea base estable, 241
de miedo, 141
de observación pura, 257
diferenciación de, 54, 221, 226
discriminación de, 221-226
disponibilidad de la, 53-54, 209
e indicio, contigüidad de, 102
emitidas, 218
emocional condicionada (REC), 30, 236, 347
"en miniatura", 101
estacionaria, 297
estereotipadas, 117
exploración de, 430
final, 109
fuerza neta de la, 128

galvánica de la piel (RGP), 72-74f
incompatibles, reforzamiento de, 364
incondicionada (RI), 103
instrumentales, 31, 146-147
involuntarias, 320
libre, situación de, 220
mediciones de, 289-292
metaanticipatorias, 135-137
nominales, 184
operante, 88
por similitud o analogía, 42
provocadas, 218
recompensada, 109
relacional, 149
sensible, estrategia de, 639
sensoriales, 121
trenes de, 230
unidad funcional de, 519
variación de la, 42
verbales, 246-248
versus acciones, 519
Restricciones innatas, hipótesis de las, 17
Resultados, conocimiento de los, 581
Retención, 21, 186
Retroacción y transferencia, 189-192
Retroalimentación
estímulo de, 226, 231
facilitadora, 116, 294
inhibidora, 116
técnicas EEG de, 332
Reversibilidad, 27, 265
Reversión
diseño de, 239
efecto de, 162
Robotología, 440
Robots, proyectos de, 485-489
Rotulaciones verbales, 248
Rótulo(s)
de contexto, 307-308
de importancia, 703
Rumor del sujeto, 333
Rutinas de acción, 487

Saber, 12
Salón de clases, control del, 676-680
Saltos, aprendizaje por, 30
Satisfacción, 40, 269
Satisfactores, 57, 62
Saturación, 108
método de, 106
Secreciones psíquicas, 69
Secuencia, 684
del desarrollo, 686
enactiva, 686
icónica, 686
simbólica, 686
Sed, 595-596
impulso de, 127
Segmentación y aprendizaje perceptual, 465-469
Selección
aprendizaje por, 36
natural, 19, 39
Selector de casos, 451
Senda
bloqueada, 420
fantasma, 506
Sensación, teoría del haz de, 376
Sensibilización, 89
sistemática, 669
Sensualismo, 13
Sentido común, términos psicológicos del, 217
Señal(es)
detección de, teoría de, 307
sistema de, 78
Señalamiento, postura de, 413
Series, extrapolación de, 476-477
Sí mismo, conocimiento de, 216, 248-250
Signo(s)
aprendizaje de, 407-439
rastreo de: *ease* Automoldeamiento
Símbolos versus tipos, 518
Simetría asociativa
principio de la, 52
problema de la, 52
Similitud. *Véase también* Principio de igualación de patrón
formal, 194
ley de la, 381-382
significativa, 194
respuesta por, 42
Simplicidad, ley de la, 384-385
Simulación, 441
conductual por computadora, 443
programas de, 476
psicológica, 452
simple, 444
teorías de, 508-511
ventajas en la, 511-513
Simuladores, 692
Sinapsis, 601
colinérgica, 602
eficiencia de la, 636

Síndrome de Korsakoff, 621
Sintaxis, analizadores de, 498
Sistema(s)
  de activación reticular (SAR), 607
  de aprendizaje, 451
  de instrucción personalizada (SIP), 705-708
  de meter-extraer, 592
  de representación, 585
  de señales
    primero, 78
    segundo, 78
  estados del, 273-274
  imaginativo, 545
  nervioso
    conceptual, 662
    tipos de, 78
  verbal, 545
Situación
  de estímulo, 36
    representación de la, 272
  de respuesta libre, 220
Solución ciega, 400
Solución de problemas, 29
  investigación en la, 477
  programas de, 442, 477-480
  y discernimiento, 397-400
Solucionador general de problemas (SGP), 483-485, 507
Sombreado, 520
Sondeo(s)
  reactivo de, 531
  superficiales, 538
Sopas cerebrales, 634
Sorpresa, 26, 353. *Véase también* Deshabituación
Sostenes de estímulos, 137
Sternberg, tarea de, 444
Subconjunto, cadenas de relaciones de, 563
Subrutina(s), 443
  y jerarquías de tarea, 447-449
Suceso(s)
  causalidad de los, 16
  registro de, 20
Suficiencia, pruebas de, 661
Sujeto(s)
  diseño entre, 265
  impostor, 249
  rumor del, 333
Sumador verbal, 245
Superaditividad, 282
Supresión
  condicionada, 116, 236-237, 295, 347
  del conjunto de respuesta, 203
  transformación de, 263
Sustitución, 254
  del condicionamiento, 625
Sustrato de escape del cerebro medio, 598

Tacto, función de, 245
Tamaño
  constancia del, 242
  intermedio, 151
Tarea(s)
  ambiente de, 451, 483
  análisis de, 665, 681-684
  de Sternberg, 444
  estructuración perceptual de las, 670
  jerarquías de, y subrutinas, 447-449
Tarjetas Rorschach, 547
Tasa de consolidación, 619-620
Taxias, 24
Técnica(s)
  de resolución de problemas, 216-217
  de retroalimentación EEG, 332
  de modificación de la conducta, 363-366
Tecnología de la conducta, 267
Televisión, 692-694
Temas educativos, 243
Temor a la oscuridad, 634
Temperamento
  colérico, 78
  flemático, 78
  melancólico, 78
  sanguíneo, 78
Tendencia(s)
  de respuesta innatas versus aprendizaje, 23-25
  de reacción, 411
  determinantes, 17
Tensión muscular, 249
Teoremas confirmados, 140
Teoría(s)
  absoluta, 149, 151
  asociativa de la mente, 17
  cognoscitivista(s), 28
    organizacional, 31
  conductuales, 318-370
  de control
    de estímulo, 656
    óptimo, 687
  de detección de señal, 307
  de diferencial de probabilidad, 340-341
  de la amnesia, 622-624
  de la(s) asociación(es), 70, 368

jerárquicas, 310-314
de la autopercepción, 250
de la comprobación de hipótesis, 154-155
de la consolidación, 617-620
de la continuidad, 148, 153-155
de la copia, 20
de la curva de la posición serial, 178-180
de la ejecución aprendida, 338
de la especificidad, 66
de la expectancia, 407, 582
cognoscitiva, 29
de la extinción, 164
de la frecuencia-recencia, 101
de la generalización, 51
de la habituación, 355
cortical, 26
de la huella, 387
de la información, 57, 60
de la instrucción, 680-691
características, 684
normativa, 684
prescriptiva, 684
de la interferencia, 105
de la transferencia, 44, 196-201
de los elementos idénticos, 292
de respuesta-privación, 338
de simulación, 508-511
del asociacionismo conductual, 31
del conflicto, 141
del conocimiento, 11
del desarrollo cognoscitivo, 684-686
del equilibrio, 338-341
problemas, 341-342
del hábito, 157
del haz de sensación, 376
del procesamiento de información, 440-514
estadística de la decisión, 307
y memoria de reconocimiento, 307-310
gramatical interna, 263
ideacional. *Véase* Teoría de la información
micromolar, 158, 165-168
relacional, 149
sistemática de la conducta, 126-171
Teoría(s) del aprendizaje, 360
de dos factores, 88, 144, 320
diferencias entre las 27-30
en la educación, 663
matemática, 268, 303
moderna, 19
naturaleza, 11
social, 571-585
Teoría del muestreo del estímulo (TME), 268-317
antecedentes, 269-272
aplicaciones, 280-295
premisas, 272-280
Teoría E-R, 28, 31
de los dos almacenes, 535-540
del condicionamiento, 516-521
metapostulados terminales (MPT) de la, 516
premisas, 516
Teoría Gestalt, 373-407, 540
del signo, 407
en la actualidad, 404-405
generalidades, 403-404
percepción en la, 376
Teórico lógico (TL), 452, 478, 480
Terapia conductual, 360, 367
Términos
función de, 231
psicológicos del sentido común, 217
Texto
aprendizaje del, 565-570
encadenamiento causal en el, 502
interferencia con el, 206-209
Tiempo(s), 501
de reacción, experimentos de, 218
Tipos versus símbolos, 518
Todo o nada
aprendizaje de, 119-120, 184-185
Tolerancia, método de, 106, 364
Toma de decisiones, modelos de exploración de la, 303-307
"Tormentas cerebrales", 612
Trabajo, decremento de, 133
Tradición del aprendizaje, 172-174
Traducción mecánica, 495
Transferencia, 43-44, 123, 187-209, 252, 402-403
componente, 193-194
de la memoria, 633
del entrenamiento, 186
del hábito, 655
ley de la, 187
positiva, 396
reactiva, 178
teoría de la, 44, 196-201
y retroacción, 189-192
Transformación de supresión, 263
Transición, conducta de, 266
Transitividad, 337

Transposición, 402
  experimentos de, 150
Trasmisión sináptica, *602f*
Trasmisores cerebrales y ambientes enriquecidos, 630
Tratamiento, interacción entre aptitud y (IAT), 691
Trenes, 230
  de respuestas, 230

Ubicación, 501
Unidad(es)
  efectoras, 521-522
  de aprendizaje, 706
  psicológica, 541
Universales lingüísticos, 18
Uno mismo, 217
Uso, 41
  de una conexión, 41
Utilidad subjetiva, 430

Valencia
  meta, alteración de la, 424
  positiva, 409
Valium, 603
Valor(es)
  de la dimensión, 153
  proposición de, 525
  sociales, 217
Variable(s)
  abstracta, 517
  informativas en el condicionamiento, 347-355
  interviniente, 126-127, 236
Variación aleatoria en la estimulación, 272
Variación de la respuesta, 42
Venn, diagramas de, 292
Ventajas en la simulación, 511-513
Verbo causativo, 501
Verdades "patentes", 15
Vínculo, 35
  asociativo, 17
  psicología del. *Véase* Conexionismo
Visión dinámica del engrama, 612
Voluntad
  actos de, 326
  fuerza de, 217
Von Restorff, efecto de, 395

La publicación de esta obra la realizó
Editorial Trillas, S. A. de C. V.

División Administrativa, Av. Río Churubusco 385,
Col. Pedro María Anaya, C. P. 03340, México, D. F.
Tel. 56884233, FAX 56041364

División Comercial, Calz. de la Viga 1132, C. P. 09439
México, D. F. Tel. 56330995, FAX 56330870

Esta obra se terminó de imprimir y encuadernar
el 16 de junio de 2004,
en los talleres de Rotodiseño y Color, S. A. de C. V.
AO 75 TW

PEDAGOGIUM DIDÁCTICA

®BIBLIOTECA DIGITAL DE PEDAGOGÍA

NOTAS FINALES

Le recordamos al lector que estos archivos digitales han sido prestados de forma completamente gratuita, sin obligación alguna de aportar de su parte ningún monto económico por el uso total de estos materiales. Tenga en cuenta que los préstamos de la Biblioteca son exclusivamente para fines educativos, bajo esta condición, le pedimos a usted de manera reflexiva y participativa, ayude a la comunidad a seguir con este proyecto, mostrando en su totalidad la decencia correcta de borrar el documento una vez que este ha sido leído.

ADVERTENCIA

Si te percatas de algún usuario irracional que dentro de la comunidad manifieste acciones inexplicables como; el ciberbullying, la publicación de contenidos inapropiados no relacionados con la educación, la comercialización de los materiales de la Biblioteca, la falsificación cómo alteración de nuestros administradores y seguidores, la venta y compra de objetos y sustancias ilícitas así como de toda persona que eternamente presuma de no ser humano, no dudes inmediatamente de informar a los fundadores de la comunidad **"Pedagogium Didáctica"** sobre lo sucedido y generado por el robot inconsciente, para que este sea expulsado permanentemente de nuestra comunidad de lectores.

Sin Valor

CONTÁCTANOS TAMBIÉN EN:

pedagogiayeducacion@hotmail.com

http://pedagogiayeducacion.wix.com/didacticus

Pedagogium Didáctica (LIBROS EN PDF)

https://www.youtube.com/watch?v=6KEisOT2lhs

Con la intención de facilitar al estudiante y al profesional de la psicología la comprensión de la teoría moderna del aprendizaje, Gordon H. Bower y Ernest R. Hilgard reseñan en este libro las aportaciones hechas a la materia por las principales escuelas de psicología de nuestro siglo: el conductismo, la Gestalt, el cognoscitivismo y el procesamiento de información, así como las relacionadas con teóricos de la talla de Thorndike, Pavlov, Guthrie, Hull, Tolman, Skinner y Estes. Esta perspectiva histórica ofrece un esquema organizado, útil para integrar y estudiar el desarrollo de las diversas teorías del aprendizaje en el marco de la investigación actual.

Destinado también a apoyar tareas educativas más amplias, este texto puede ser utilizado en cursos específicos sobre la historia de la psicología, los principios del conocimiento y del aprendizaje animal, la memoria humana y el procesamiento cognoscitivo de la información.

Contenido:

- Naturaleza de la teoría del aprendizaje
- Teorías asociacionistas conductuales
- El conexionismo de Thorndike
- El condicionamiento clásico de Pavlov
- El condicionamiento contiguo de Guthrie
- La teoría sistemática de la conducta de Hull
- Aprendizaje humano por asociación
- El condicionamiento operante de Skinner
- Teoría del muestreo del estímulo de Estes
- Desarrollos recientes en las teorías conductuales
- Teorías cognoscitivo organizacionales
- Teorías de la Gestalt
- El aprendizaje de signos de Tolman
- Teorías del procesamiento de información de la conducta
- Desarrollos recientes en las teorías cognoscitivas
- Campos relacionales
- Neurofisiología del aprendizaje
- Aplicaciones a la educación

ISBN-968-24-2690-1
9 789682 426902
www.trillas.com.mx