CENGAGE Learning



Michael Domjan

# PRINCIPIOS DE APRENDIZAJE Y CONDUCTA

7a edición

Michael Domjan

# PRINCIPIOS DE APRENDIZAJE Y CONDUCTA

**7a edición**

Conocido por su actualidad y estilo de escritura, PRINCIPIOS DE APRENDIZAJE Y CONDUCTA / 7a edición proporciona una introducción completa y sistemática de las formas elementales de aprendizaje que han sido el foco de la investigación durante gran parte del siglo XX. El libro refleja fielmente el campo de la investigación en términos de temas tratados, teorías discutidas y paradigmas experimentales descritos. Actualizado con las últimas investigaciones y un nuevo recuadro de neurociencia en cada capítulo, esta nueva edición cubre temas tales como la habituación, el condicionamiento clásico, el condicionamiento instrumental, el control de estímulos y el control aversivo, así como sus aplicaciones al estudio de la cognición y el alivio de los problemas de conducta. En todo el texto se integran limitaciones biológicas sobre el aprendizaje, recuadros con aplicaciones sobre la investigación con animales y el aprendizaje, así como el comportamiento humano.

ISBN-13: 978-607-522-441-1
ISBN-10: 607-522-441-6

9 786075 224411

CENGAGE Learning

Visita nuestro sitio en http://latinoamerica.cengage.com

# Principios de aprendizaje y conducta

**Séptima edición**

# Principios de aprendizaje y conducta

**Séptima edición**

**MICHAEL DOMJAN**
*University of Texas at Austin*

*Con aportes sobre neurociencias de*
**James W. Grau**
*Texas A & M University*

**Traducción:**
José Antonio Fernández

**Revisión técnica:**
Mtra. Magali López Lecona

CENGAGE Learning®

Australia • Brasil • Corea • España • Estados Unidos • Japón • México • Reino Unido • Singapur

CENGAGE Learning®

*Principios de aprendizaje y conducta*
Séptima edición
Michael Domjan

**Presidente de Cengage Learning Latinoamérica:**
Fernando Valenzuela Migoya

**Director Editorial, de Producción y de Plataformas Digitales para Latinoamérica:**
Ricardo H. Rodríguez

**Editora de Adquisiciones para Latinoamérica:**
Claudia C. Garay Castro

**Gerente de Manufactura para Latinoamérica:**
Raúl D. Zendejas Espejel

**Gerente Editorial en Español para Latinoamérica:**
Pilar Hernández Santamarina

**Gerente de Proyectos Especiales:**
Luciana Rabuffetti

**Coordinador de Manufactura:**
Rafael Pérez González

**Editor:**
Sergio R. Cervantes González

**Diseño de portada:**
MANU SANTOS Design Estratégico

**Imagen de portada:**
©Dziurek/Shutterstock.com

**Composición tipográfica:**
Gerardo Larios García

© D.R. 2016 por Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc.
Corporativo Santa Fe
Av. Santa Fe núm. 505, piso 12
Col. Cruz Manca, Santa Fe
C.P. 05349, México, D.F.
Cengage Learning® es una marca registrada usada bajo permiso.

DERECHOS RESERVADOS. Ninguna parte de este trabajo amparado por la Ley Federal del Derecho de Autor, podrá ser reproducida, transmitida, almacenada o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: fotocopiado, reproducción, escaneo, digitalización, grabación en audio, distribución en Internet, distribución en redes de información o almacenamiento y recopilación en sistemas de información a excepción de lo permitido en el Capítulo III, Artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor, sin el consentimiento por escrito de la Editorial.

Traducido del libro *The Principles of Learning and Behavior, Seventh edition*
Michael Domjan
Publicado en inglés por Cengage Learning © 2015
ISBN 10: 1-285-08856-5

Datos de catalogación bibliográfica:
Domjan Michael
***Principios de aprendizaje y conducta***
**Séptima edición**
ISBN 978-607-522-441-1

Visite nuestro sitio en:
http://latinoamerica.cengage.com

Impreso en Cosegraf: marzo 2015
Progreso No. 10, Col. Centro
Ixtapaluca. Edo de México

Impreso en México
1 2 3 4 5 6 7 18 17 16 15

# Dedicatoria

*a Deborah*

# Contenido breve


CAPÍTULO 1 Antecedentes y justificación para el estudio del aprendizaje y la conducta 1

CAPÍTULO 2 Conducta provocada, habituación y sensibilización 29

CAPÍTULO 3 Condicionamiento clásico: fundamentos 59

CAPÍTULO 4 Condicionamiento clásico: mecanismos 87

CAPÍTULO 5 Condicionamiento instrumental: fundamentos 121

CAPÍTULO 6 Programas de reforzamiento y elección de conducta 155

CAPÍTULO 7 Condicionamiento instrumental: mecanismos motivacionales 185

CAPÍTULO 8 Control de la conducta por el estímulo 211

CAPÍTULO 9 Extinción de la conducta condicionada 245

CAPÍTULO 10 Control aversivo: evitación y castigo 273

CAPÍTULO 11 Cognición comparada I: mecanismos de la memoria 307

CAPÍTULO 12 Cognición comparada II: temas especiales 343

150.1943
D672
2016
ej. 1
s/229640

# Contenido

Prefacio ..... xiv
Acerca de los autores ..... xvi

## CAPÍTULO 1

**Antecedentes y justificación para el estudio del aprendizaje y la conducta ..... 1**

**Antecedentes históricos 4**
Desarrollo histórico del estudio de la mente 5
Desarrollo histórico del estudio de los reflejos 7

**El amanecer de la era moderna 9**
Cognición comparada y la evolución de la inteligencia 9
Neurología funcional 11
Modelos animales de conducta humana 12
Modelos animales y desarrollo de fármacos 13
Modelos animales y aprendizaje automatizado 14

**Definición de aprendizaje 14**
Diferencia entre aprendizaje y desempeño 14
Aprendizaje y otras fuentes de cambio conductual 15
Aprendizaje y niveles de análisis 15

**Aspectos metodológicos del estudio del aprendizaje 16**
El aprendizaje como una ciencia experimental 16
El enfoque de proceso general para el estudio del aprendizaje 20

**El uso de animales no humanos en la investigación del aprendizaje 23**
Razones para el uso de animales no humanos en la investigación sobre el aprendizaje 23
Animales de laboratorio y conducta normal 24
Debate público respecto de la investigación con animales no humanos 24

**Preguntas de estudio 26**

**Términos clave 27**

## CAPÍTULO 2

**Conducta provocada, habituación y sensibilización ..... 29**

**La naturaleza de la conducta provocada 30**
El concepto de reflejo 30
Patrones de acción modal 32
Estímulos provocadores de patrones de acción modal 33
La organización secuencial de la conducta 35

**Efectos de la estimulación repetida 36**
Salivación y valoraciones hedónicas del sabor en seres humanos 36
Atención visual en los bebés humanos 38

La respuesta de sobresalto 40
Sensibilización y modulación de la conducta provocada 42
Adaptabilidad y capacidad de habituación y sensibilización 44
Habituación *versus* adaptación sensorial y fatiga de la respuesta 45

**La teoría del proceso dual de habituación y sensibilización 46**
Aplicaciones de la teoría del proceso dual 47
Implicaciones de la teoría del proceso dual 48

**Habituación y sensibilización de las emociones y conducta motivada 51**
Reacciones emocionales y sus secuelas 51
La teoría motivacional del proceso oponente 52

**Comentarios finales 55**

**Preguntas de estudio 56**

**Términos clave 56**

CAPÍTULO 3

**Condicionamiento clásico: fundamentos ..... 59**

**Los primeros años del condicionamiento clásico 60**
Los descubrimientos de Vul'fson y Snarskii 61
El paradigma del condicionamiento clásico 61

**Situaciones experimentales 62**
Condicionamiento del miedo 63
Condicionamiento del parpadeo 64
Seguimiento de señales y seguimiento de objetivos 68
Aprendizaje de preferencias y aversiones gustativas 70

**Métodos pavlovianos de condicionamiento excitatorio 73**
Procedimientos comunes del condicionamiento pavloviano 73
Medición de respuestas condicionadas 74
Procedimientos de control para el condicionamiento clásico 75
Eficacia de los procedimientos comunes de condicionamiento 76

**Condicionamiento pavloviano inhibitorio 77**
Procedimientos para el condicionamiento inhibitorio 79
Medición de la inhibición condicionada 81

**Prevalencia del condicionamiento clásico 83**

**Comentarios finales 85**

**Preguntas de estudio 85**

**Términos clave 85**

CAPÍTULO 4

**Condicionamiento clásico: mecanismos ..... 87**

**¿Qué hace eficaces los estímulos condicionado e incondicionado? 88**
Respuestas iniciales a los estímulos 88
Novedad de los estímulos condicionado e incondicionado 88
Intensidad y saliencia del EC–EI 89
Relevancia o pertinencia del EC–EI 90
Aprendizaje sin un estímulo incondicionado 92

**¿Qué determina la naturaleza de la respuesta condicionada? 94**
El EI como un factor determinante para la RC 94
El EC como un factor determinante para la RC 95

El intervalo EC–EI como un factor determinante para la RC 96
Respuesta condicionada y sistemas de conducta 97
Aprendizaje E–R *versus* E–E 98
Condicionamiento pavloviano como modificación de las respuestas al estímulo incondicionado 100

**¿Cómo se asocian los estímulos condicionado e incondicionado? 103**
El efecto de bloqueo 104
El modelo Rescorla-Wagner 106
Modelos atencionales del condicionamiento 113
Modelos teóricos de estimación temporal e información 114
La hipótesis del comparador 116

**Comentarios finales 118**

**Preguntas de estudio 119**

**Términos clave 119**

## CAPÍTULO 5

**Condicionamiento instrumental: fundamentos ..... 121**

**Primeras investigaciones sobre condicionamiento instrumental 122**

**Enfoques modernos para el estudio del condicionamiento instrumental 125**
Procedimientos de ensayo discreto 125
Procedimientos de operante libre 126

**Procedimientos de condicionamiento instrumental 130**
Reforzamiento positivo 131
Castigo 131
Reforzamiento negativo 132
Entrenamiento de omisión o castigo negativo 132

**Elementos fundamentales del condicionamiento instrumental 134**
La respuesta instrumental 134
El reforzador instrumental 138
La relación respuesta-reforzador 141

**Preguntas de estudio 152**

**Términos clave 152**

## CAPÍTULO 6

**Programas de reforzamiento y elección de conducta ..... 155**

**Programas simples de reforzamiento intermitente 156**
Programas de razón 157
Programas de intervalo 160
Comparación de los programas de razón y de intervalo 162

**Elección conductual: programas concurrentes 165**
Medidas de elección conductual 166
La ley de igualación 167
Mecanismos de la ley de igualación 169

**Elección compleja y autocontrol 172**
Programas concurrentes encadenados 172
Elección de autocontrol y descuento por demora 173

**Comentarios finales 181**

**Preguntas de estudio 182**

**Términos clave 182**

## CAPÍTULO 7

**Condicionamiento instrumental: mecanismos motivacionales ..... 185**

**La estructura asociativa del condicionamiento instrumental 186**
La asociación E–R y la ley del efecto 187
Expectativa de la recompensa y la asociación E–C 188
Relaciones R–C y E(R–C) en el condicionamiento instrumental 194

**Regulación de la respuesta y economía conductual 196**
Antecedentes del enfoque de regulación de la respuesta 197
El enfoque de la regulación conductual 201
Economía conductual 204
Aportes del enfoque de la regulación conductual y la economía conductual 208

**Comentarios finales 209**

**Preguntas de estudio 209**

**Términos clave 210**

## CAPÍTULO 8

**Control de la conducta por el estímulo ..... 211**

**Identificación y medición del control del estímulo 212**
Respuesta diferencial y discriminación de estímulos 212
Generalización del estímulo 213

**Estímulo y reforzamiento variables 216**
Capacidad sensorial y orientación 217
Facilidad relativa del condicionamiento de diversos estímulos 217
Tipo de reforzamiento 218
Elementos del estímulo *versus* claves configuracionales en estímulos compuestos 219

**Factores del aprendizaje en el control del estímulo 220**
Entrenamiento en discriminación del estímulo 221
¿Qué se aprende en el entrenamiento en discriminación? 227
Teoría del aprendizaje de discriminación de Spence 227
Interacciones entre el E + y el E–: el efecto de cambio de pico 229
Entrenamiento en equivalencia de estímulos 231

**Claves contextuales y relaciones condicionales 234**
Control por claves contextuales 234
Control mediante relaciones condicionales 240

**Comentarios finales 243**

**Preguntas de estudio 243**

**Términos clave 243**

## CAPÍTULO 9

**Extinción de la conducta condicionada ..... 245**

**Efectos de los procedimientos de extinción 247**

**Formas de recuperación de la extinción 249**
Recuperación espontánea 249
Renovación de la respuesta condicionada 250
Restablecimiento de la respuesta condicionada 252
Resurgimiento de la conducta condicionada 254

**Optimización de la extinción 255**
Número y espaciamiento de los ensayos de extinción 255

Extinción inmediata *versus* retardada 256
Repetición de ciclos de extinción/prueba 256
Conducción de la extinción en múltiples contextos 257
Presentación de señales recordatorias de la extinción 258
Extinción de estímulos compuestos 259
Facilitación de la extinción y actualización de la memoria para la reconsolidación 260

**¿Qué se aprende en la extinción? 264**

**Efectos paradójicos de la recompensa 266**
Mecanismos del efecto del reforzamiento parcial en la extinción 267

**Resistencia al cambio y momento conductual 269**

**Comentarios finales 271**

**Preguntas de estudio 271**

**Términos clave 272**

## CAPÍTULO 10

**Control aversivo: evitación y castigo ..... 273**

**Conducta de evitación 274**
Orígenes del estudio de la conducta de evitación 274
Procedimiento de evitación discriminada 275
Teoría de los dos procesos de la evitación 276
Análisis experimental de la conducta de evitación 277
Explicaciones teóricas alternativas a la conducta de evitación 284
El enigma de la evitación: comentarios finales 289

**Castigo 289**
Análisis experimental del castigo 290
Teorías del castigo 300
El castigo fuera del laboratorio 303

**Preguntas de estudio 304**

**Términos clave 304**

## CAPÍTULO 11

**Cognición comparada I: mecanismos de la memoria ..... 307**

**Cognición comparada, conciencia y antropomorfismo 308**

**Memoria: conceptos básicos 310**
Etapas del procesamiento de la información 310
Tipos de memoria 311

**Memoria de trabajo y memoria de referencia 311**
Igualación demorada a la muestra 312
Memoria espacial en laberintos 316

**Mecanismos de la memoria 323**
La adquisición y el problema de la codificación del estímulo 323
Codificación retrospectiva y prospectiva 325
La retención y el problema del repaso 328
Recuperación 330

**El olvido y las fuentes de las fallas en la memoria 333**
Interferencia proactiva y retroactiva 334
Amnesia retrógrada 334

**Consolidación, reconsolidación y actualización de la memoria 338**
Reconsolidación 339
**Comentarios finales 340**
**Preguntas de estudio 341**
**Términos clave 341**

CAPÍTULO 12

**Cognición comparada II: temas especiales ..... 343**

**Almacenamiento y recuperación de alimentos 344**
Memoria espacial en el almacenamiento y recuperación de alimentos 345
Memoria episódica en el almacenamiento y recuperación de alimentos 346
**Estimación temporal 349**
Técnicas para el estudio del control temporal de la conducta 350
Propiedades del control temporal de la conducta 351
Modelos de estimación temporal 352
**Aprendizaje del orden serial 355**
Posibles bases para el desempeño en orden serial 355
Técnicas para el estudio del aprendizaje del orden serial 359
**Categorización y aprendizaje de conceptos 363**
Aprendizaje de conceptos perceptuales 364
Aprendizaje de conceptos de nivel superior 368
Aprendizaje de conceptos abstractos 369
**Uso de herramientas en animales no humanos 370**
**Aprendizaje del lenguaje en animales no humanos 371**
Los primeros intentos en el entrenamiento del lenguaje 372
Procedimientos para el entrenamiento del lenguaje 372
Componentes de la habilidad lingüística 374
Evidencias de "gramática" en los grandes simios 375
**Preguntas de estudio 376**
**Términos clave 376**

Referencias ..... 379
Índice onomástico ..... 419
Índice analítico ..... 427

# Recuadros sobre la neurociencia del aprendizaje


1.1 La mente material ..... 17

2.2 Aprendizaje en un invertebrado ..... 49

3.2 Parpadeo condicionado y la búsqueda del engrama ..... 66

4.3 Condicionamiento y la amígdala cerebral ..... 111

5.5 Indefensión aprendida: papel de la corteza prefrontal y del rafe dorsal ..... 150

6.3 La neuroeconomía: hábito de imágenes y control ejecutivo ..... 179

7.1 El papel de la dopamina en la adicción y la recompensa ..... 191

8.2 La función del hipocampo y la potenciación de largo plazo ..... 237

9.1 La consolidación de los recuerdos requiere la síntesis de proteínas ..... 261

10.1 Aprendizaje instrumental dentro de la médula espinal ..... 294

11.1 Genes y aprendizaje ..... 320

12.1 Neurobiología del tiempo ..... 356

# Prefacio

Originalmente partí de tres objetivos básicos en la redacción de este libro. En primer lugar, quería compartir con los estudiantes las nuevas ideas y descubrimientos que suscitan mi mayor entusiasmo sobre los temas del condicionamiento y el aprendizaje. En segundo lugar, deseaba enfatizar que los procedimientos del aprendizaje no operan en el vacío, sino que se construyen sobre sistemas de comportamiento formados por la evolución. Esta creencia fundamentó la inclusión de la *conducta* en el título del libro. En tercer lugar, quería ofrecer un recuento ecléctico y equilibrado de este campo del conocimiento que fuera respetuoso tanto de la tradición asociacionista pavloviana como de la tradición analítico-conductual de Skinner. Me he mantenido fiel a estos objetivos, y trato de satisfacerlos en esta séptima edición sin perder de vista el siempre cambiante paisaje de la investigación sobre los mecanismos del aprendizaje.

Aunque los estudios del condicionamiento y el aprendizaje datan de hace más de un siglo (durante el cual nuestro vocabulario técnico no ha cambiado mucho), siguen siendo enriquecidos por nuevos y numerosos fenómenos e interpretaciones. Prioridades nacionales recientes dirigidas al desarrollo de la investigación traslacional han animado gran cantidad de nuevos trabajos sobre los mecanismos del aprendizaje relacionados con la adicción a las drogas, el condicionamiento del miedo y la extinción. Uno de los nuevos desarrollos interesantes se funda en un gran respeto por las diferencias individuales, que ahora abona a nuestra comprensión sobre algunos fenómenos fundamentales del condicionamiento pavloviano, así como del castigo y la conducta de elección, entre otros temas. La incorporación de los últimos avances al libro ha requerido evaluar cuáles contenidos son lo suficientemente importantes como para agregarlos y qué materiales podrían omitirse para hacer espacio a la nueva información. Añadir cosas es fácil. La extracción de la información que en su momento se consideró importante es más doloroso, pero ineludiblemente necesario para mantener la obra en una extensión razonable.

Un reto continuo para este texto ha residido en cómo representar los importantes avances logrados en los estudios de la neurociencia del aprendizaje y la memoria. Desafortunadamente un solo curso no puede hacer justicia tanto a los mecanismos conductuales básicos del aprendizaje como a los mecanismos neurales de estos fenómenos del comportamiento. Sigo comprometido con la idea de que no se pueden estudiar los mecanismos neurales de un fenómeno conductual sin comprender primero el fenómeno a nivel del análisis del comportamiento. Por tanto, el libro sigue estando fundado principalmente en los fenómenos de la conducta. No obstante, esta séptima edición incluye más información acerca de la neurociencia del aprendizaje y la memoria que cualquier edición anterior.

Al igual que en la sexta versión, la mayor parte de la información sobre neurociencias se presenta en recuadros que pueden ser omitidos por los instructores y los estudiantes que no deseen cubrir este enfoque. Agradezco la escritura de estos textos a James W. Grau, profesor de psicología y neurociencia de la Universidad de Texas A & M. La séptima edición incluye un *neurorecuadro* en cada capítulo del libro. Además, por primera vez el profesor Grau organizó estos *neurorecuadros* para que cuenten una historia coherente desplegada progresivamente a través de los 12 capítulos. Una lista de sus títulos se presenta en una sección separada de la tabla de contenido para una vista a vuelo de pájaro.

Además de los avances en las neurociencias, las nuevas investigaciones sobre muchos aspectos de los fenómenos básicos del aprendizaje han dictado numerosos cambios desde la sexta a esta séptima edición. Los cambios son demasiados como para enumerarlos. Entre otros, se incluyen los hallazgos relacionados con la formación de hábitos y el procesamiento automático, las influencias epigenéticas en el comportamiento, el miedo patológico y el trastorno de estrés postraumático, las diferencias individuales en el seguimiento y rastreo de objetivos, la relación del modelo Rescorla-Wagner con los mecanismos de corrección del error en la robótica, nuevos trabajos sobre programas basados en cupones de recompensa para el tratamiento de las adicciones, novedosas investigaciones sobre el autocontrol, las asociaciones E–C y R–C en la adicción a las drogas, la ampliación y actualización del análisis de la regulación de la respuesta y la economía del comportamiento, una investigación actualizada sobre la equivalencia de estímulos, nuevos trabajos para mejorar la extinción, renovadas teorías e investigación sobre la evitación, y extensas y nuevas secciones sobre los mecanismos de la memoria y diversos temas especiales de la cognición comparada (capítulos 11 y 12).

En la última década, una de las principales novedades en el campo del aprendizaje se hace palpable en el hecho de que los principios básicos de la conducta que se describen en este libro están siendo utilizados cada vez más por una amplia gama de científicos. Esto fue evidente desde que preparamos la sexta edición. La tendencia ha continuado desde entonces, con la consecuencia de que las nuevas referencias que se añadieron en esta séptima edición fueron seleccionadas de un total de 85 revistas diferentes. En publicaciones de psicología tradicionales (como el *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* y el *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*) se sigue difundiendo nueva información sobre los procesos básicos del aprendizaje. No obstante, también se publican importantes hallazgos en las revistas que se ocupan de terapia conductual, investigación del cerebro y neurociencia, psiquiatría biológica, desarrollo del niño, dependencia de las drogas y el alcohol, lenguaje y cognición, violencia familiar, neuropsicología, farmacología y terapéutica, y medicina psicosomática.

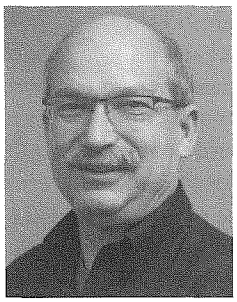
La ampliación del rango de las disciplinas que están descubriendo la relevancia de los principios básicos del comportamiento también ha sido evidente en la gama de los estudiantes que se han incorporado a mis clases de aprendizaje. Durante los últimos dos años mi curso de posgrado en esta materia ha atraído, además de a estudiantes de psicología, a otros más de biología integrativa, comunicación, ciencias de la información, marketing, música, educación especial y neurociencia.

La identificación de fuentes relevantes que aparecen en una amplia gama de revistas es posible gracias a los motores de búsqueda de la nueva era de la información. Las primeras ediciones del libro proporcionaban extensas citas de investigaciones sobre diversos temas del condicionamiento y el aprendizaje. Considerando lo fácil que es encontrar las fuentes con motores de búsqueda cada vez mejores, las citas en la séptima edición no son tan extensas y están destinadas a introducir a los estudiantes en las nuevas líneas de investigación en vez de brindar una lista completa de investigación relevante. Ofrezco disculpas a los investigadores cuyos nombres pueden haber sido omitidos debido a esta estrategia de citación alterada.

Deseo agradecer a numerosos instructores y estudiantes de todo el mundo que siguen considerando este libro para la cobertura autorizada sobre el tema de los mecanismos básicos del aprendizaje. Sin su apoyo no serían posibles las ediciones sucesivas (y las traducciones) de este texto. Tampoco lo habrían sido sin el apoyo del personal de Cengage Learning, especialmente de Jon-David Hague, director de Producto en psicología. Agradezco también a Wendy Langerud (en Iowa) y Gunjan Chandola (en India) por su ayuda en la dirección de la séptima edición a lo largo de las complejidades del proceso de producción. Por último, me gustaría agradecer al profesor Kevin Holloway, del Vassar College, por haber accedido a preparar el *Manual del instructor* y el *Banco de exámenes* para el libro.

***Michael Domjan***
*Austin, Texas*

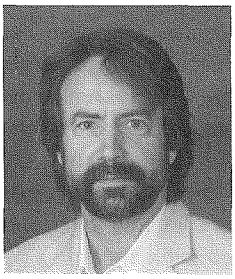
# Acerca de los autores



Cortesía de M. Domjan

**MICHAEL DOMJAN** es profesor de psicología en la Universidad de Texas, en Austin, donde ha impartido clases a estudiantes de pregrado y posgrado desde 1973. Se ha desempeñado como jefe de departamento desde 1999 hasta 2005, y fungió como director fundador del Centro de Investigación de Imágenes de 2005 a 2008. El profesor Domjan es conocido por su enfoque funcional del condicionamiento clásico, al que ha dado seguimiento en sus estudios del condicionamiento sexual y el aprendizaje de aversión al sabor. Sus investigaciones fueron seleccionadas para recibir el Premio al Mérito por los Institutos Nacionales de Salud Mental, así como el Premio Golden Fleece a propuesta del senador estadounidense William Proxmire. Domkan se desempeñó como editor de la revista *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* durante seis años, y continúa participando en comités editoriales de diversas revistas en Estados Unidos y en otros países. Es expresidente de la Sociedad Pavloviana y también fungió como presidente de la División de Neurociencia del Comportamiento y Psicología Comparada de la Asociación Americana de Psicología. Sus exalumnos de doctorado ocupan puestos docentes en varios colegios y universidades de Estados Unidos, Colombia y Turquía. Domjan también disfruta tocando la viola e imparte un curso sobre música y psicología en el que habla sobre el papel de la habituación, la sensibilización y el condicionamiento pavloviano e instrumental en la experiencia y la interpretación musical.

## Contribuyente a la neurociencia



Cortesía de James Grau

**JAMES GRAU** es profesor de la Universidad de Texas A & M, con nombramientos en psicología y en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Texas A & M. Se doctoró bajo la dirección del Dr. R. A. Rescorla, y se mudó a la Universidad de Texas A & M en 1987, donde actualmente es profesor de la cátedra de artes liberales Mary Tucker. Es miembro de la Asociación para la Ciencia Psicológica y de la Asociación Americana de Psicología (divisiones 3, 6 y 28), donde se desempeña como presidente de la División 6 (Neurociencia del comportamiento y psicología comparada). Sus investigaciones se enfocan en identificar cómo el aprendizaje y la memoria influyen en el procesamiento del dolor y los mecanismos neurobiológicos involucrados, y cómo las observaciones fisiológicas abonan a nuestra comprensión del aprendizaje. Sus trabajos actuales se centran en el tema de la plasticidad neuronal dentro de la médula espinal, con el objetivo de detallar sus propiedades funcionales, cómo y cuándo aprenden las neuronas espinales, y las implicaciones de estos hallazgos para la recuperación después de una lesión de la médula espinal. Su trabajo ha sido financiado por los Institutos Nacionales de Salud Mental (NIMH), Trastornos Neurológicos y Accidentes Cerebrovasculares (NINDS), y de Salud Infantil y Desarrollo (NICHD). Desde 1983 ha impartido cerca de 50 cursos y seminarios sobre temas del aprendizaje.

CAPÍTULO 1

# Antecedentes y justificación para el estudio del aprendizaje y la conducta


**Antecedentes históricos**

Desarrollo histórico del estudio de la mente

Desarrollo histórico del estudio de los reflejos

**El amanecer de la era moderna**

Cognición comparada y la evolución de la inteligencia

Neurología funcional

Modelos animales de conducta humana

Modelos animales y desarrollo de fármacos

Modelos animales y aprendizaje automatizado

**Definición de aprendizaje**

Diferencia entre aprendizaje y desempeño

Aprendizaje y otras fuentes de cambio conductual

Aprendizaje y niveles de análisis

**Aspectos metodológicos del estudio del aprendizaje**

El aprendizaje como una ciencia experimental

El enfoque de proceso general para el estudio del aprendizaje

**El uso de animales no humanos en la investigación del aprendizaje**

Razones para el uso de animales no humanos en la investigación sobre el aprendizaje

Animales de laboratorio y conducta normal

Debate público respecto de la investigación con animales no humanos

Preguntas de estudio

Términos clave


## VISTA PREVIA DEL CAPÍTULO

El objetivo del capítulo 1 es introducir al lector en los estudios contemporáneos del aprendizaje y la teoría de la conducta. Inicia con la caracterización de los estudios conductuales del aprendizaje y la descripción de cómo éstos están relacionados con la cognición y el control consciente de la conducta. A continuación se describen los antecedentes históricos de los conceptos clave en la teoría moderna del aprendizaje. Esto es seguido por una discusión de los orígenes de la investigación experimental contemporánea en los estudios de la evolución de la inteligencia, la neurología funcional, modelos animales de la conducta humana, y las implicaciones de la investigación contemporánea para el desarrollo de fármacos que mejoran la memoria y para la construcción de sistemas de inteligencia artificial o robots. A continuación se proporciona una definición detallada de *aprendizaje* y se expone cómo el aprendizaje puede ser examinado en diferentes niveles de análisis. Las características metodológicas de los estudios de aprendizaje se describen en la siguiente sección. Debido a que numerosos experimentos sobre el aprendizaje se han realizado con animales no hu-

manos, el capítulo concluye explicando las razones para el uso de animales no humanos en la investigación, con algunos comentarios sobre el debate público acerca de la investigación con animales.

La gente siempre ha estado interesada en la comprensión de la conducta, ya sea en la propia o en la conducta de los demás. Este interés es más que curiosidad ociosa. Nuestra calidad de vida depende de nuestras acciones y las acciones de los demás. Cualquier esfuerzo sistemático para entender la conducta debe incluir la consideración de lo que aprendemos y cómo lo aprendemos. Numerosos aspectos de la conducta tanto de los animales humanos como no humanos son resultado del aprendizaje. Aprendemos a leer, a escribir y a contar. Aprendemos a bajar las escaleras sin caernos, a abrir puertas, a montar en bicicleta y a nadar. También aprendemos cuándo relajarnos y cuándo sentir ansiedad. Aprendemos qué alimentos es probable que disfrutemos y qué alimentos nos enfermarán. También aprendemos los numerosos gestos sutiles que están involucrados en las interacciones sociales eficaces. La vida está llena de actividades y experiencias que tienen la forma de lo que hemos aprendido.

El aprendizaje es uno de los procesos biológicos que facilitan nuestra supervivencia y promueven nuestro bienestar. Cuando pensamos en la supervivencia, por lo general pensamos en la importancia de las funciones biológicas como la respiración, la digestión y la resistencia a las enfermedades. Los sistemas fisiológicos han evolucionado para realizar estas tareas. Sin embargo, para muchas especies los procesos fisiológicos finamente sintonizados no atienden todas las funciones adaptativas que son necesarias para la existencia exitosa. El aprendizaje juega un papel fundamental en la mejora de cómo los organismos se adaptan a su medio ambiente. A veces esto toma la forma de aprendizaje de nuevas respuestas. En otros casos, el aprendizaje sirve para mejorar la forma de operar sistemas fisiológicos para llevar a cabo importantes funciones biológicas, tales como la digestión y la reproducción (Domjan, 2005).

Los animales, incluidas las personas, tienen que aprender a encontrar nuevas fuentes de alimento cuando las antiguas dejan de estar disponibles o se mudan a una nueva área. También tienen que encontrar un nuevo refugio cuando las tormentas destruyen su casa, como sucede durante un huracán o un tornado. El cumplimiento de estas tareas, obviamente, requiere respuestas motoras, tales como caminar y manipular objetos. Estas tareas también requieren la capacidad de predecir eventos importantes en el medio ambiente, como cuándo y dónde estará disponible la comida. Todas estas cosas implican aprendizaje. Los animales aprenden a ir a un nuevo pozo de agua cuando el antiguo se seca, y aprenden a anticiparse a las nuevas fuentes de peligro. Estos ajustes aprendidos para adaptarse al medio ambiente son tan importantes como los procesos fisiológicos, tales como la respiración y la digestión.

Es común pensar en el aprendizaje como la participación en la adquisición de nuevas conductas. De hecho, aprendemos nuevas respuestas cuando aprendemos a leer, andar en bicicleta o tocar un instrumento musical. Sin embargo, el aprendizaje puede consistir también en la disminución o pérdida de una respuesta realizada anteriormente. Un niño, por ejemplo, puede aprender a no cruzar la calle cuando el semáforo está en rojo, a no tomar comida del plato de alguien más y a no gritar y gritar cuando alguien está tratando de tomar una siesta. Aprender a no realizar o *inhibir* las respuestas es tan importante como aprender a dar respuestas, si no es que más.

Al considerar el aprendizaje, es probable que pensemos en formas de aprendizaje que requieren un entrenamiento especial, por ejemplo, el aprendizaje que tiene lugar en las escuelas y colegios. Resolver problemas de cálculo o hacer un triple salto mortal al bucear requiere instrucción especial y mucha práctica. Sin embargo, también nos enteramos de todo tipo de cosas sin un profesor experto o entrenador durante el transcurso de las interacciones rutinarias con nuestro entorno social y físico. Los niños aprenden cómo abrir puertas y ventanas, qué deben hacer cuando suena el teléfono, evitar una estufa caliente, y cuándo agacharse para no ser golpeado por una pelota volando. Los estudiantes universitarios aprenden cómo encontrar su camino alrededor de la escuela, la forma de evitar la acidez de los alimentos de la cafetería y la manera de predecir cuándo un compañero de cuarto se mantendrá fuera hasta tarde en la noche, todo ello sin instrucción especial.

En los próximos capítulos se describirá la investigación sobre los principios básicos del aprendizaje y la conducta. Nos centraremos en los tipos básicos de aprendizaje y conducta que son fundamentales para la vida pero que, como la respiración, son a menudo ignorados. Estas

formas generalizadas y básicas de aprendizaje son una parte normal (y muchas veces esencial) de la vida diaria, a pesar de que rara vez llaman nuestra atención. Se describirá el aprendizaje de relaciones simples entre los acontecimientos en el entorno, el aprendizaje de los movimientos motores simples y el aprendizaje de las reacciones emocionales a los estímulos. Estas formas de aprendizaje son investigadas en los experimentos que involucran condicionamiento o procesos de "entrenamiento" de varias clases. Sin embargo, estas formas de aprendizaje se producen en la vida de los animales humanos y no humanos sin instrucción o enseñanza explícita u organizada.

Gran parte de la investigación que se describirá está en la psicología conductista tradicional, que hace hincapié en el análisis de la conducta en términos de los estímulos que la anteceden y sus consecuencias. La reflexión y el razonamiento consciente se dejan deliberadamente fuera de este análisis. Se describirá el aprendizaje procedimental automático que no requiere de la conciencia (por ejemplo, Lieberman, Sunnucks y Kirk, 1998; Smith *et al*, 2005), en lugar del aprendizaje declarativo, que es más accesible al reporte consciente.

Es natural que alguien esté interesado en los aspectos de su conducta que son accesibles a la reflexión consciente. Sin embargo, los psicólogos y los neurocientíficos se han convencido cada vez más de que la mayor parte de lo que hacemos se produce sin que lo estemos haciendo consciente. La capacidad de pensamiento consciente es muy limitada. Es por eso que las personas tienen dificultad para conducir y hablar por teléfono al mismo tiempo. Sin embargo, la gente puede caminar y hablar al mismo tiempo, porque caminar es una actividad mucho más automática que no requiere control consciente. Debido a la limitada capacidad de pensamiento consciente, hacemos y aprendemos muchas cosas sin conciencia. En una discusión reciente de neurociencia, Eagleman (2011) señaló que "hay un abismo entre lo que su cerebro sabe y a lo que su mente es capaz de acceder" (p. 55). Tomando como base su investigación sobre la experiencia de la intención consciente, Wegner (2002) llegó a una conclusión similar, que es retomada en el título de su libro *The Illusion of Conscious Will* (*La ilusión de la voluntad consciente*). Los estudios sobre procesos de aprendizaje automatizado que discutiremos sirven para informarnos sobre aspectos importantes de nuestra conducta que rara vez pensamos de otra manera.

Los siguientes capítulos describen cómo las características del entorno adquieren la capacidad de desencadenar nuestra conducta, nos guste o no. Esta línea de investigación tiene su origen en lo que se ha llamado *psicología conductual*. Durante el último cuarto del siglo XX la psicología conductual se vio ensombrecida por la "revolución cognitiva". Sin embargo, la revolución cognitiva no eliminó las aversiones gustativas que los niños aprenden cuando reciben quimioterapia, no redujo los antojos que experimentan los drogadictos cuando ven a sus amigos drogarse, y no se detuvo el salivado proverbial del perro de Pavlov cuando éste se encontró con una señal para la comida. La ciencia cognitiva no creció al hacerse cargo de los fenómenos de aprendizaje básicos que son el foco de este libro. Por el contrario, creció al extender la psicología a nuevas áreas de investigación, tales como la atención, la resolución de problemas y la representación del conocimiento. A pesar de lo importantes en que se han convertido estos nuevos temas de la psicología cognitiva, no han resuelto los problemas de cómo los hábitos buenos o malos se aprenden o cómo los temores o emociones debilitantes pueden ser modificados de manera efectiva. Esos temas se mantienen en la base de los estudios del aprendizaje y la conducta.

Los procesos conductuales básicos siguen siendo importantes en la vida de los organismos, incluso a medida que aprendemos más sobre otros aspectos de la psicología. De hecho, hay un importante resurgimiento del interés en los mecanismos conductuales básicos. Éste es alimentado por la creciente apreciación del limitado papel de la conciencia en la conducta y el reconocimiento de que gran parte de lo que nos lleva a través de nuestra vida cotidiana implica respuestas habituales en las que pasamos poco tiempo pensando (Gasbarri y Tomaz, 2013; Wood y Neal, 2007). Nosotros no pensamos en cómo nos cepillamos los dientes, secarnos después de una ducha, vestirnos o masticar nuestra comida. Todas estas son respuestas aprendidas. Los modelos conductuales del condicionamiento y el aprendizaje también son fundamentales para la comprensión de problemas clínicos recalcitrantes, como los miedos y fobias patológicos y la adicción a las drogas. Como Wiers y Stacy (2006) señalaron, "El problema, a menudo, no es que los abusadores de sustancias no entiendan que las desventajas de

su uso continuo superan las ventajas; más bien, tienen dificultades para resistir los impulsos desencadenados automáticamente para utilizar la sustancia de la que abusan" (p. 292). Este libro trata de cómo se aprenden esos impulsos conductuales.

## Antecedentes históricos

Las aproximaciones teóricas al estudio del aprendizaje tienen sus raíces en la filosofía de René Descartes (figura 1.1). Antes de Descartes, la opinión predominante era que la conducta humana está determinada totalmente por la intención consciente y el libre albedrío. Las acciones de la gente no eran consideradas automáticas o determinadas por leyes naturales mecanicistas. Lo que alguien hacía era presumiblemente el resultado de su voluntad o intención deliberada. Descartes marcó una excepción a este punto de vista porque reconoció que la gente hace muchas cosas automáticamente en respuesta a los estímulos externos. Sin embargo, no estaba dispuesto a abandonar por completo la idea del libre albedrío y el control consciente. Por tanto, formuló una visión dualista de la conducta humana conocida como **dualismo** cartesiano.

De acuerdo con el dualismo cartesiano, hay dos clases de conducta humana: involuntaria y voluntaria. La conducta involuntaria consta de reacciones automáticas a estímulos externos y está mediada por un mecanismo especial llamado **reflejo**. Por el contrario, la conducta voluntaria no tiene que ser activada por estímulos externos y se produce debido a la intención consciente de la persona para actuar de esa manera en particular.

Los detalles de la visión dualista de Descartes de la conducta humana se esquematizan en la figura 1.2. Consideremos en primer lugar los mecanismos de conducta involuntaria o refleja. Los estímulos en el ambiente son detectados por los órganos de los sentidos de la persona. La información sensorial es entonces transmitida al cerebro a través de los nervios. Desde el cerebro, el impulso para la acción se envía a través de los nervios a los músculos que crean la



Library of Congress Prints and Photographs Division [LC-USZ62-61365]

**FIGURA 1.1** René Descartes (1596-1650).

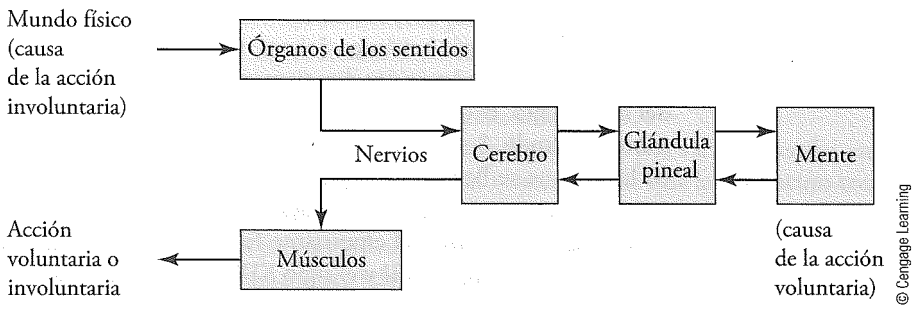



**FIGURA 1.2** Diagrama del dualismo cartesiano. Los eventos en el mundo físico son detectados por los órganos de los sentidos. Desde aquí, la información se transmite al cerebro. El cerebro está conectado a la mente a través de la glándula pineal. La acción involuntaria se produce por un arco reflejo que involucra los mensajes enviados desde los órganos de los sentidos al cerebro, y luego desde el cerebro a los músculos. La acción voluntaria es iniciada por la mente, con los mensajes enviados al cerebro y luego a los músculos.

respuesta involuntaria. Por tanto, la entrada de información sensorial se *refleja* en la respuesta de salida. De ahí lo que Descartes llama *conducta involuntaria refleja.*

Son dignos de mención varios aspectos de este sistema. Se supone que los estímulos en el ambiente externo son la causa de toda conducta involuntaria. Estos estímulos producen respuestas involuntarias por medio de un circuito neuronal que incluye el cerebro. Sin embargo, Descartes asumía que sólo un conjunto de nervios estaba involucrado. Según Descartes, los mismos nervios transmiten la información de los órganos de los sentidos al cerebro y desde el cerebro hasta los músculos. Este circuito, a su juicio, permite reacciones rápidas a estímulos externos, por ejemplo, la rápida retirada de uno de los dedos de una estufa caliente.

Descartes suponía que el mecanismo involuntario de la conducta era el único disponible para los animales distintos de los humanos. De acuerdo con este punto de vista, toda la conducta animal no humana se produce como una conducta refleja a estímulos externos. De este modo, Descartes creía que los animales no humanos carecían de libre albedrío y eran incapaces de una acción voluntaria consciente. A su juicio, el libre albedrío y la conducta voluntaria eran atributos exclusivamente humanos. Estas características humanas únicas existían porque se pensaba que sólo los seres humanos tenían una mente o un alma.

La mente era considerada una entidad no física. Descartes creía que la mente estaba conectada al cuerpo físico por medio de la glándula pineal, en la base del cerebro. Debido a esta conexión, la mente estaba consciente y podía llevar la cuenta de una conducta involuntaria. A través de este mecanismo, la mente también podía iniciar acciones voluntarias. Debido a que la conducta voluntaria se iniciaba en la mente, su aparición no era automática y podía ocurrir independientemente de la estimulación externa.

El dualismo mente-cuerpo introducido por Descartes estimuló dos tradiciones intelectuales, el *mentalismo* y la *reflexología.* El mentalismo estaba preocupado por el contenido y funcionamiento de la mente. En contraste, la reflexología se ocupaba de los mecanismos de la conducta refleja. Estas dos tradiciones intelectuales forman la base del estudio moderno del aprendizaje.

## Desarrollo histórico del estudio de la mente

Los filósofos que se ocupan de la mente ponderaron preguntas sobre los contenidos de la mente y cómo trabaja ésta. Estas consideraciones forman los fundamentos históricos de la actual psicología cognitiva. Debido a que Descartes pensaba que la mente estaba conectada al cerebro a través de la glándula pineal, creía que algunos de los contenidos de la mente provenían de las experiencias sensoriales. Sin embargo, también creía que la mente contenía ideas que eran innatas y existían en todos los seres humanos independientemente de la experiencia personal. Por ejemplo, creía que todos los seres humanos han nacido con el concepto de Dios, el concepto de sí mismo y ciertos axiomas fundamentales de la geometría (por ejemplo, el hecho de que la distancia más corta entre dos puntos es una línea recta). El enfoque filosófico que supone que nacemos con ideas innatas acerca de ciertas cosas se llama **innatismo.**

Algunos filósofos después de Descartes tuvieron problemas con la postura innatista. En particular, el filósofo británico John Locke (1632-1704) propuso que todas las ideas de la gente habían sido adquiridas directamente o indirectamente a través de experiencias después del nacimiento. Él creía que los seres humanos nacen sin ningún tipo de ideas preconcebidas sobre el mundo. Según Locke, la mente comienza como una pizarra en blanco (*tabula rasa*, en latín), que se llena poco a poco con las ideas y la información que la persona encuentra con diversas experiencias sensoriales. Este enfoque filosófico sobre los contenidos de la mente se llama **empirismo**. El empirismo fue aceptado por un grupo de filósofos británicos que vivieron entre el siglo XVII y el siglo XIX, y que llegaron a ser conocidos como los *empiristas británicos*.

Los filósofos innatistas y los empiristas no sólo diferían en cuanto a los contenidos de la mente al nacer, sino también acerca de cómo funcionaba ésta. Descartes creía que la mente funcionaba de una manera predecible y ordenada, de acuerdo a las estrictas reglas o leyes que podía identificar. Uno de los primeros en proponer una alternativa a esta posición fue el filósofo británico Thomas Hobbes (1588-1679). Hobbes aceptó la distinción entre conducta voluntaria e involuntaria declarada por Descartes, y también aceptó la idea de que la conducta voluntaria estaba controlada por la mente. Sin embargo, a diferencia de Descartes, creía que la mente operaba tan predecible y sometida a leyes como un reflejo. En concreto, propuso que la conducta voluntaria se rige por el principio del **hedonismo**. De acuerdo con este principio, la gente hace cosas en la búsqueda del placer y la evitación del dolor. Hobbes no estaba preocupado por si la búsqueda del placer y la evitación del dolor son deseables o justificadas. Para Hobbes, el hedonismo era simplemente un hecho de la vida. Como veremos, la idea de que la conducta está controlada por las consecuencias positivas y negativas ha permanecido con nosotros de una u otra forma hasta nuestros días.

Según los empiristas británicos, otro aspecto importante de cómo funciona la mente involucra el concepto de **asociación**. Recordemos que los empiristas suponían que todas las ideas se originan a partir de experiencias sensoriales. Si eso es cierto, ¿cómo nuestras experiencias de varios colores, formas, olores, sonidos nos permiten llegar a ideas más complejas? Consideremos, por ejemplo, el concepto de un automóvil. Si alguien dice la palabra *automóvil*, usted tiene una idea de su aspecto, para qué se utiliza y cómo puede sentirse si se sienta en él. ¿De dónde proceden todas estas ideas? ¿Provienen sólo por el sonido de las letras *a,u,t,o,m,ó,v,i* y *l*? Los empiristas británicos propusieron que las sensaciones simples se combinaban con ideas más complejas por asociaciones. Debido a que usted oyó la palabra *automóvil* cuando lo vio, consideró usarlo para llegar al trabajo o sentarse en uno, se establecieron las conexiones o asociaciones entre la palabra *automóvil* y estos otros atributos de los automóviles. Una vez que se han establecido las asociaciones, la palabra *automóvil* activaría los recuerdos de otros aspectos de los automóviles que usted ha experimentado. Los empiristas británicos consideran que tales asociaciones son los componentes básicos de la actividad mental. Por tanto, dedicaron considerables esfuerzos a descubrir las reglas de las asociaciones.

***Reglas de asociación*** Los empiristas británicos aceptaron dos conjuntos de reglas para el establecimiento de asociaciones: uno primario y otro secundario. Las reglas primarias se establecieron originalmente formuladas por el filósofo griego Aristóteles, que propuso tres principios para el establecimiento de asociaciones: (1) la contigüidad, (2) la similitud y (3) el contraste. De éstas, el principio de contigüidad ha sido el más destacado en los estudios de las asociaciones y sigue desempeñando un papel importante en la obra contemporánea. Este principio afirma que si se producen dos acontecimientos en varias ocasiones juntos en el espacio o el tiempo, se volverán vinculados o asociados. Por ejemplo, si se encuentra con el olor de la salsa de tomate con espagueti con la suficiente frecuencia, la memoria de los espaguetis se activará sólo por el olor de la salsa de tomate. Los principios de similitud y contraste afirman que dos cosas se quedarán asociadas si son similares en algunos aspectos (por ejemplo, ambas son de color rojo) o tienen algunas características contrastantes (por ejemplo, una podría ser sorprendentemente alta y la otra sorprendentemente corta). La similitud como base para la

formación de asociaciones ha sido confirmada por los estudios modernos de aprendizaje (por ejemplo, Cusato y Domjan, 2012; Rescorla y Furrow, 1977). Sin embargo, no hay evidencia contemporánea de que el contraste, haciendo que un estímulo sea sorprendentemente diferente de otro, facilite la formación de una asociación entre ellos.

Las leyes secundarias de las asociaciones fueron formuladas por varios filósofos empiristas. Destaca entre ellos Thomas Brown (1778-1820), que propuso que la asociación entre dos estímulos dependía de la intensidad de éstos y con qué frecuencia o qué tan recientemente los estímulos se presentaron juntos. Además, consideró que la formación de una asociación entre dos eventos dependía del número de otras asociaciones en las que cada evento ya estaba involucrado, y la similitud de estas asociaciones pasadas con la que se está formando.

Los empiristas británicos discutieron las reglas de asociación como parte de su discurso filosófico. Ellos no realizaron experimentos para determinar si las normas propuestas eran válidas. Tampoco intentaron determinar las circunstancias en que una regla era más importante que otra. La investigación empírica de los mecanismos de las asociaciones no comenzó sino hasta el trabajo pionero del psicólogo alemán del siglo XIX Hermann Ebbinghaus (1850-1909).

Para estudiar cómo se forman las asociaciones, Ebbinghaus inventó las **sílabas sin sentido**. Estas sílabas sin sentido eran combinaciones de tres letras (por ejemplo, "bap") carentes de cualquier sentido que pudiera influir en cómo alguien podría reaccionar ante ellas. Ebbinghaus se utilizó a sí mismo como el sujeto experimental. Estudió listas de sílabas sin sentido y midió su capacidad para recordarlas en diversas condiciones experimentales. Este método general le permitió responder preguntas sobre cómo la fuerza de una asociación mejora con un aumento del entrenamiento, si las sílabas sin sentido que estaban muy juntas en una lista se asociaron más fuertemente entre sí que las sílabas que estaban más separadas, y si una sílaba se asociaba más fuertemente con la siguiente en la lista (una asociación hacia adelante) en lugar de con la anterior (una asociación hacia atrás). Muchas de las cuestiones que fueron abordadas por los empiristas británicos y Ebbinghaus tienen sus contrapartes en los estudios modernos del aprendizaje y la memoria.

## Desarrollo histórico del estudio de los reflejos

Descartes hizo una contribución muy significativa a la comprensión de la conducta cuando formuló el concepto del reflejo. La idea básica de que la conducta puede reflejar el estímulo desencadenante sigue siendo un componente importante de la teoría de la conducta. Sin embargo, Descartes se equivocó en sus creencias acerca de los detalles de la acción refleja. Él creía que los mensajes sensoriales iban desde los órganos de los sentidos al cerebro, y los mensajes motrices iban desde el cerebro hasta los músculos viajando a lo largo de los mismos nervios. Pensó que los nervios eran tubos huecos, y la transmisión neuronal involucraba el movimiento de gases llamados *espíritus animales*. Los espíritus animales, liberados por la glándula pineal, suponían el flujo a través de los tubos neurales y la entrada en los músculos, haciendo que se hincharan y crearan movimiento. Por último, Descartes consideró que todos los movimientos reflejos son innatos y son fijados por la anatomía del sistema nervioso. A lo largo de los cientos de años desde que Descartes falleció, se ha demostrado que todas estas ideas sobre los reflejos estaban equivocadas.

Charles Bell (1774-1842) en Inglaterra, y Francois Magendie (1783-1855) en Francia mostraron que nervios separados están involucrados en la transmisión de información sensorial desde los órganos de los sentidos al sistema nervioso central, y de la información motora del sistema nervioso central a los músculos. Si se corta un nervio sensorial, el animal sigue siendo capaz de realizar movimientos musculares; si un nervio motor se corta, el animal sigue siendo capaz de registrar la información sensorial.

La idea de que los espíritus animales están involucrados en la transmisión neuronal también fue refutada. En 1669 John Swammerdam (1637-1680) demostró que la irritación mecánica de un nervio era suficiente para producir una contracción muscular. Por tanto, la infu-

sión de los espíritus animales de la glándula pineal no era necesaria. En otros estudios, Francis Glisson (1597-1677) probó si las contracciones musculares eran producidas por la infusión de un gas en el músculo, como Descartes había postulado. Glisson demostró que el volumen de un músculo no aumenta cuando se contrae, lo que demuestra que un gas no entra en el músculo para producir el movimiento muscular.

Descartes y la mayoría de los filósofos posteriores a él asumieron que los reflejos sólo eran responsables de las reacciones simples a los estímulos. Se pensó que la energía de un estímulo era traducida directamente en la energía de la respuesta, desencadenada por las conexiones neuronales a partir de la entrada sensorial a la respuesta de salida. Cuanto más intenso era el estímulo, más vigorosa sería la respuesta resultante. Este punto de vista simple de los reflejos es consistente con muchas observaciones casuales. Por ejemplo, si toca una estufa, entre más caliente esté la estufa, más rápido retira su dedo. Sin embargo, algunos reflejos son mucho más complicados.

Los procesos fisiológicos responsables de la conducta refleja se comprendieron mejor en el siglo XIX, y los experimentos alentaron concepciones más amplias de la acción refleja. Dos fisiólogos rusos, I. M. Sechenov (1829-1905) e Ivan Pavlov (1849-1936), fueron los principales responsables de estos desarrollos. Sechenov (figura 1.3) propuso que los estímulos no provocan respuestas reflejas directamente en todos los casos. Más bien, en algunos, un estímulo podría liberar una respuesta de inhibición. En casos en los que un estímulo libera una respuesta de inhibición, el vigor de la respuesta no dependerá de la intensidad del estímulo iniciador. Esta simple idea abrió todo tipo de nuevas maneras en las que el concepto de reflejo puede ser utilizado para explicar la conducta compleja.

Si el vigor de una respuesta provocada no depende de la intensidad de su estímulo desencadenante, un estímulo muy débil podría producir una respuesta de gran tamaño. Un pequeño trozo de polvo en la nariz, por ejemplo, puede causar un estornudo vigoroso. Sechenov tomó ventaja de este tipo de mecanismo para proporcionar un modelo reflejo de la conducta voluntaria. Sugirió que las acciones o pensamientos que se produjeron en ausencia de un ob-



RIA Novosti/Alamy

**FIGURA 1.3**
I. M. Sechenov (1829-1905).

vio estímulo desencadenante eran de hecho respuestas reflejas. Sin embargo, en estos casos los estímulos desencadenantes son demasiado débiles para que los notemos. Así, según Sechenov, la conducta voluntaria y los pensamientos son en realidad provocados por estímulos débiles que para nosotros pasan desapercibidos.

Las ideas de Sechenov sobre la conducta voluntaria extendieron en gran medida el uso de los mecanismos reflejos para explicar una variedad de aspectos de la conducta. Sin embargo, sus ideas eran extrapolaciones filosóficas de los resultados que obtuvo de investigaciones reales. Además, Sechenov no abordó la cuestión de cómo los mecanismos reflejos pueden explicar el hecho de que la conducta de los organismos no es fija e invariable durante toda la vida del organismo, pero puede ser alterada por la experiencia. Desde la época de Descartes, las respuestas reflejas se consideraron innatas y fijadas por las conexiones del sistema nervioso. Se supone que los reflejos dependen de un circuito neuronal precableado que conecta los órganos de los sentidos con los músculos principales. De acuerdo con este punto de vista, se podía esperar que un estímulo dado provocara la misma respuesta a lo largo de la vida de un organismo. Aunque esto es cierto en algunos casos, también hay muchos ejemplos en los que las respuestas a los estímulos cambian como resultado de la experiencia. La explicación de la actividad refleja tuvo que esperar el trabajo de Ivan Pavlov.

Pavlov demostró experimentalmente que no todos los reflejos son innatos. Se pueden establecer nuevos reflejos a estímulos a través de mecanismos de asociación. Por tanto, el papel de Pavlov en la historia del estudio de los reflejos es comparable al papel de Ebbinghaus en el estudio de la mente. Ambos estaban preocupados por el establecimiento de leyes de asociaciones a través de la investigación empírica. Sin embargo, Pavlov hizo esto en la tradición fisiológica de la reflexología en lugar de en la tradición mentalista.

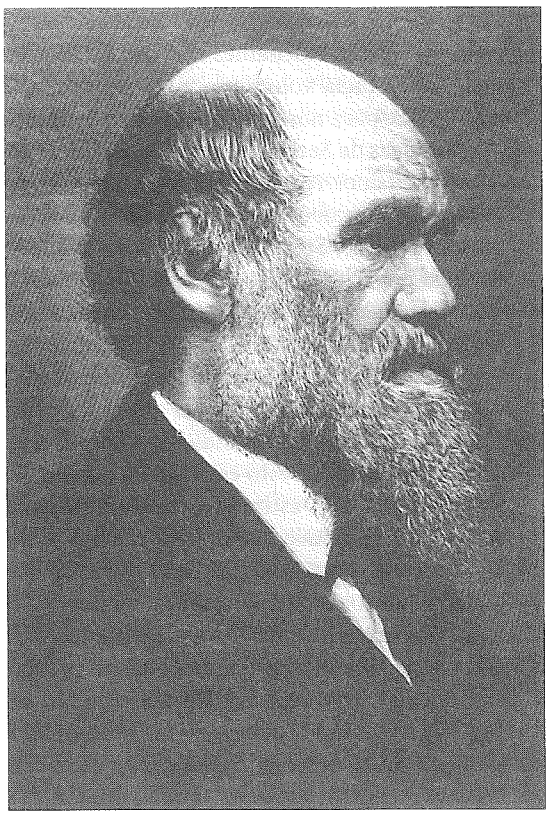
Gran parte de la teoría moderna de la conducta se ha construido sobre el concepto reflejo de estímulo-respuesta o de la unidad E-R y el concepto de asociaciones. Las unidades y asociaciones E-R siguen desempeñando un papel destacado en la teoría de la conducta contemporánea. Sin embargo, estos conceptos básicos se han elaborado y desafiado a lo largo de los años. Como se describirá en los siguientes capítulos, además de las unidades de E-R, los estudios modernos de aprendizaje también han demostrado la existencia de conexiones estímulo-estímulo (E-E) y estructuras moduladoras o asociativas jerárquicas (para enfoques bayesianos, consulte Fiser, 2009; Kruschke, 2008). Descripciones cuantitativas de la conducta aprendida que no emplean asociaciones han ganado el favor de algunos sectores (por ejemplo, Gallistel y Matzel, 2013; Leslie, 2001) y también han sido puestos de relieve por los científicos contemporáneos que trabajan en la tradición de Skinner del análisis conductual (por ejemplo, Staddon, 2001; Lattal, 2013). Sin embargo, los análisis asociativos siguen dominando la teoría de la conducta y proporcionan la base conceptual para gran parte de la investigación sobre los mecanismos neurales del aprendizaje.

## El amanecer de la era moderna

Los estudios experimentales de los principios básicos del aprendizaje a menudo se llevan a cabo con animales no humanos y en la tradición de la reflexología. La investigación en aprendizaje animal llegó a ser ejercida con gran vigor hace poco más de cien años. El impulso para la investigación provino de tres fuentes primarias (ver Domjan, 1987). La primera de ellas fue el interés en la cognición comparada y la evolución de la mente. La segunda fue el interés en el funcionamiento del sistema nervioso (neurología funcional); y la tercera, el interés en el desarrollo de modelos animales para estudiar ciertos aspectos de la conducta humana. Como veremos en los siguientes capítulos, la cognición comparada, la neurología funcional y los modelos animales de la conducta humana seguirán dominando la investigación contemporánea en el aprendizaje.

### Cognición comparada y la evolución de la inteligencia

El interés en la cognición comparada y la evolución de la mente fue estimulada por los escritos de Charles Darwin (figura 1.4). Darwin llevó las ideas de Descartes sobre la naturaleza humana un paso más allá. Descartes comenzó socavando la antigua noción de que los seres



Philip Gendreau/Bettmann/CORBIS

**FIGURA 1.4** Charles Darwin (1809-1882).

humanos tienen una posición única y privilegiada en el reino animal proponiendo que al menos algunos aspectos de la conducta humana (sus reflejos) eran casi animales. Sin embargo, Descartes conserva algún privilegio para los seres humanos por el supuesto de que los seres humanos (y sólo los humanos) tienen una mente. Darwin atacó este último vestigio de privilegio.

En su segunda gran obra, *El origen del hombre y la selección en relación con el sexo*, Darwin argumentó que "el hombre desciende de alguna forma menor, a pesar de que hasta ahora no se han descubierto los enlaces de conexión " (Darwin, 1897, p. 146). Al reclamar la continuidad del no humano a los animales humanos, Darwin buscó caracterizar no sólo la evolución de los rasgos físicos, sino también la evolución de las capacidades psicológicas o mentales. Sostuvo que la mente humana es un producto de la evolución. Al hacer esta afirmación, Darwin no negó que los seres humanos tuvieran capacidades mentales como la capacidad de asombro, la curiosidad, la imitación, la atención, la memoria, el razonamiento y la sensibilidad estética. Más bien, él sugirió que los animales no humanos también tenían estas capacidades. Por ejemplo, sostuvo que los animales no humanos eran capaces incluso de la creencia en agentes espirituales (Darwin, 1897, p. 95).

Darwin recopiló evidencia anecdótica de varias formas de conducta inteligente en los animales, en un esfuerzo por apoyar sus afirmaciones. A pesar de que la evidencia no era convincente para los estándares modernos, la pregunta de investigación lo fue. Desde entonces, los investigadores han sido cautivados por la posibilidad de rastrear la evolución de la cognición y la conducta mediante el estudio de las capacidades de las diversas especies de animales (Burghardt, 2009).

Antes de poder investigar la evolución de la inteligencia de un modo sistemático, se debe tener un criterio para identificar la conducta inteligente en los animales. Un criterio muy influyente fue ofrecido por George Romanes en su libro *Inteligencia animal* (Romanes, 1882). Romanes propuso que la inteligencia puede identificar si un animal aprende "para hacer nue-

vos ajustes, o para modificar los antiguos de acuerdo con los resultados de su propia experiencia individual" (p. 4). Por tanto, Romanes define la inteligencia en términos de la capacidad de aprender. Esta definición fue ampliamente aceptada por los primeros psicólogos comparativos y sirvió para hacer del estudio del aprendizaje animal la clave para la obtención de información sobre la evolución de la inteligencia.

Como mostrarán los próximos capítulos, mucha de la investigación sobre los mecanismos del aprendizaje en animales no se ha preocupado por tratar de obtener pruebas de la evolución de la inteligencia. Sin embargo, las capacidades cognitivas de los animales no humanos continúan fascinando al público en general y a la comunidad científica. En la ciencia contemporánea, estos temas están cubiertos bajo el tópico de "la cognición comparada" o "psicología comparada" (por ejemplo, Papini, 2008; Shettleworth, 2010). Los estudios de la cognición comparada examinan temas como la percepción, la atención, la representación espacial, la memoria, la resolución de problemas, la categorización, el uso de herramientas y el conteo en los animales no humanos (Zentall y Wasserman, 2012). Analizaremos los resultados de la investigación contemporánea sobre la cognición comparada en los capítulos de este texto, y sobre todo en los capítulos 11 y 12.

## Neurología funcional

La era moderna en el estudio de los procesos de aprendizaje también fue estimulada en gran medida por los esfuerzos en utilizar los estudios del aprendizaje en los animales no humanos para obtener información sobre cómo funciona el sistema nervioso. Esta línea de investigación fue iniciada por el fisiólogo ruso Ivan Pavlov, con total independencia de la obra de Darwin, Romanes y otras personas interesadas en la cognición comparada.

Cuando todavía era un estudiante de medicina, Pavlov se comprometió con el principio del **nervismo**, según el cual todas las funciones fisiológicas fundamentales se rigen por el sistema nervioso. Armado con este principio, Pavlov dedicó su vida a documentar cómo el sistema nervioso controla varios aspectos de la fisiología. Mucho de su trabajo se dedicó a la identificación de los mecanismos neurales de la digestión.

Durante muchos años, las investigaciones de Pavlov avanzaron según lo planeado. Pero en 1902 dos investigadores británicos (Bayliss y Starling) publicaron resultados que mostraban que el páncreas, un importante órgano digestivo, estaba parcialmente bajo control hormonal, en lugar de bajo control de los nervios. En un escrito posterior, el amigo y biógrafo de Pavlov observó que estos nuevos descubrimientos produjeron una crisis en el laboratorio debido a que "sacudieron los cimientos mismos de las enseñanzas de la regulación exclusivamente nerviosa de la actividad secretora de las glándulas digestivas" (Babkin, 1949, p. 228).

Las pruebas de control hormonal del páncreas presentaron un dilema a Pavlov. Si él continuaba sus investigaciones de la digestión, tendría que abandonar su interés en el sistema nervioso. Por otro lado, si él mantenía su compromiso con el nervismo, tendría que dejar de estudiar la fisiología digestiva. El nervismo ganó. En un esfuerzo por seguir estudiando el sistema nervioso, Pavlov cambió de estudiar la fisiología digestiva a estudiar el condicionamiento de nuevos reflejos. Pavlov consideró sus investigaciones sobre los reflejos condicionados o aprendidos para sus estudios de las funciones del sistema nervioso, lo que lleva a cabo el sistema nervioso. La afirmación de Pavlov de que los estudios de aprendizaje nos dicen cómo funciona el sistema nervioso es bien aceptada por los neurocientíficos contemporáneos. Por ejemplo, en su libro de texto integral, *Neurociencia fundamental*, Lynch y sus colegas (2003) señalaron que "la neurociencia es un gran campo basado en la premisa de que toda la conducta y toda la vida mental tienen su origen en la estructura y función del sistema nervioso" (p. xvii).

El psicólogo conductual es como un conductor que examina un automóvil experimental para sacarlo a una prueba de manejo en lugar de mirar primero debajo del capó o cofre del motor. Por la conducción del automóvil, el científico puede aprender mucho acerca de cómo funciona. Puede descubrir su aceleración, su velocidad máxima, la calidad de su marcha, su

radio de giro y la rapidez con que se detiene. Conducir el automóvil no va a revelar cómo se llevan a cabo estas diversas funciones, pero uno puede obtener ciertas pistas. Por ejemplo, si el automóvil acelera lentamente y nunca alcanza altas velocidades, lo más probable es que no esté impulsado por un motor de cohete. Si el automóvil sólo va hacia adelante estando cuesta abajo, es probable que sea impulsado por la gravedad y no por un motor. Por otro lado, si el automóvil no puede detenerse rápidamente, puede ser que no tenga frenos.

De manera similar, los estudios conductuales del aprendizaje proporcionan pistas sobre los mecanismos del sistema nervioso. Este tipo de estudios nos dicen qué tipo de plasticidad es capaz de hacer el sistema nervioso, las condiciones en las que el aprendizaje puede tener lugar, qué tanto persisten las respuestas aprendidas, y si las circunstancias en que se tiene acceso a la información aprendida la hacen accesible o no. Al detallar las funciones del sistema nervioso, los estudios conductuales del aprendizaje proporcionan los datos básicos o criterios de valoración de la conducta que los neurocientíficos tienen que explicar a niveles de análisis más moleculares y biológicos.

## Modelos animales de conducta humana

El tercer gran impulso para la era moderna en el estudio del aprendizaje animal fue la creencia de que la investigación con animales no humanos podía proporcionar información que nos ayudaría a entender mejor la conducta humana. Los modelos animales de la conducta humana son de origen más reciente que la cognición comparada o la neurología funcional. El enfoque fue sistematizado por Dollard y Miller y sus colaboradores (Dollard *et al*, 1939; Miller y Dollard, 1941) y desarrollado por B. F. Skinner (1953).

Hacer inferencias acerca de la conducta humana sobre la base de la investigación con otras especies animales puede ser peligroso y controvertido. Las inferencias son peligrosas si son injustificadas; son controvertidas si la justificación para el uso del sistema modelo es poco conocida. Los sistemas modelo han sido desarrollados basados en la investigación con una variedad de especies, incluyendo varias especies de primates, palomas, ratas y ratones.

En la generalización de la investigación con ratas y palomas para la conducta humana no se hace la suposición de que las ratas y las palomas sean como las personas. Los modelos animales son como los otros tipos de modelos. Arquitectos, farmacólogos, médicos, científicos y diseñadores de automóviles, todos se basan en modelos, que suelen ser notablemente diferentes del producto real. Los arquitectos, por ejemplo, hacen los modelos de los edificios que están diseñando. Obviamente, estos modelos no son como un edificio real. Son mucho más pequeños, de cartón y de pequeñas piezas de madera en lugar de ladrillos y cemento, y soportan poco peso.

Los modelos son comúnmente utilizados porque permiten la investigación de ciertos aspectos de lo que representan en condiciones más simples, más fáciles de controlar y menos costosas. Con el uso de un modelo, un arquitecto puede estudiar el diseño del exterior de un edificio proyectado sin el gasto de construcción real. El modelo puede ser utilizado para determinar cómo se verá el edificio desde diversos puntos de vista y cómo será su apariencia en relación con otros edificios cercanos. El análisis de un modelo en un estudio de diseño es mucho más simple que el estudio de un edificio real en una esquina muy transitada. Los factores que pueden interponerse en el camino de conseguir una buena vista (por ejemplo, otros edificios, tráfico y cables de energía) pueden ser controlados y minimizados en un modelo.

De modo similar, un diseñador de automóviles puede estudiar la resistencia al viento de las diversas características de diseño de un nuevo automóvil con el uso de un modelo en forma de un programa de computadora. El programa se puede utilizar para determinar cómo la adición de deflectores (*spoilers*) o cambios en la forma del automóvil modificarán su resistencia al viento. El modelo de computadora tiene poco parecido con un automóvil real. No tiene neumáticos o motor y no se puede conducir. Sin embargo, el modelo permite probar la resistencia del viento de un diseño automotriz en condiciones que son mucho más simples, mejor controladas y menos costosas que si se construyera el automóvil real y fuera conducido por la carretera en diversas condiciones para medir la resistencia al viento.

Teniendo en cuenta todas las diferencias entre un modelo y lo real, ¿qué hace a un modelo válido para el estudio de algo? Para decidir si un modelo es válido, primero se tiene que

identificar qué características o funciones del objeto real son las más interesantes. Éstas se llaman *características relevantes* o *funciones relevantes*. Si el modelo de un edificio se utiliza para estudiar el aspecto exterior del mismo, entonces todas las dimensiones exteriores del modelo deben ser proporcionales a las dimensiones correspondientes del edificio proyectado. Otras características del modelo, como sus elementos estructurales, son irrelevantes. Por el contrario, si el modelo se utiliza para estudiar qué tan bien el edificio resistiría un terremoto, entonces sus elementos estructurales (las vigas y cómo están conectadas) serían críticos.

De una manera similar, lo único importante en un modelo de computadora sobre la resistencia del automóvil al viento es que el programa de cómputo proporciona los cálculos para la resistencia al viento que coinciden con los resultados obtenidos con los vehículos reales impulsados a través del aire real. Ninguna otra característica es relevante; por tanto, el hecho de que el programa de computadora carezca de un motor o neumáticos de caucho no tiene ninguna importancia.

Los modelos de conducta humana utilizando otras especies animales se basan en la misma lógica que con el uso de modelos en otros dominios. Los modelos animales permiten investigar problemas que son difíciles, si no imposibles, de estudiar directamente con la gente. Un modelo permite que la investigación se lleve a cabo bajo circunstancias que son más simples, mejor controladas y menos costosas. La validez de los modelos animales se basa en el mismo criterio que la validez de los otros tipos de modelos. La clave es la similitud entre el modelo animal y la conducta humana en las características que son relevantes para el problema en cuestión. La característica relevante es un rasgo o función de la conducta, como la adicción a las drogas en ratas de laboratorio. El hecho de que las ratas tengan colas largas y caminen en cuatro patas en lugar de dos es totalmente irrelevante para el tema de la adicción a las drogas.

La tarea fundamental en la construcción exitosa de un modelo animal es identificar los puntos relevantes de la similitud entre el modelo animal y la conducta humana de interés. La similitud relevante se refiere a los factores causales que son responsables de formas particulares de conducta. Podemos ganar conocimiento sobre la conducta humana basado en el estudio de los animales no humanos si las relaciones causales en las dos especies son similares. Debido a que los modelos animales se utilizan a menudo para hacer retroceder las fronteras del conocimiento, la correspondencia entre los resultados de los animales y la conducta humana tiene que ser verificada cuidadosamente por datos empíricos. Esta interacción entre la investigación animal y humana continúa haciendo importantes contribuciones a nuestra comprensión de la conducta humana (por ejemplo, Haselgrove y Hogarth, 2012).

Las aplicaciones de los principios de aprendizaje recibieron un impulso especial en la década de 1960 con el desarrollo acelerado de la terapia de conducta durante ese periodo. Como comentó O'Donohue, "Mover el modelo del laboratorio de aprendizaje a la clínica demostró ser un paradigma extraordinariamente rico. En la década de 1960, numerosos principios de aprendizaje mostraron ser relevantes para la práctica clínica. La investigación sobre el aprendizaje demostró rápidamente ser una fuente productiva de ideas para el desarrollo de tratamientos o cuentas etiológicas de muchos problemas" (1998, p. 4). Este fervor fue atenuado durante la evolución posterior de la terapia cognitivo-conductual. Sin embargo, los recientes avances en la teoría del aprendizaje han estimulado un retorno a los tratamientos basados en el aprendizaje de importantes problemas humanos, como los trastornos de ansiedad, trastornos del espectro autista, y el abuso de drogas y su tratamiento (Schachtman y Reilly, 2011).

## Modelos animales y desarrollo de fármacos

Si nos visita un médico debido a que tenemos una enfermedad física o psiquiátrica, es probable que se vaya dejándonos una receta médica para aliviar nuestros síntomas. Las compañías farmacéuticas están ansiosas por traer nuevos medicamentos al mercado y desarrollar medicamentos para los síntomas que fueron tratados previamente en otras formas (por ejemplo, la disfunción eréctil). El desarrollo de fármacos no es posible sin modelos animales. Los paradigmas de aprendizaje de los animales descritos en este texto son especialmente importantes para el desarrollo de nuevos fármacos para mejorar el aprendizaje y la cognición. Como la gente vive más tiempo, el deterioro cognitivo con el envejecimiento es cada vez más frecuente, y esto crea una mayor demanda de medicamentos para frenar el declive. Los modelos ani-

males de aprendizaje y la memoria están jugando un papel central en el desarrollo de estos nuevos medicamentos. Los modelos animales también son importantes para el desarrollo de medicamentos contra la ansiedad y los fármacos que facilitan el progreso de la conducta y la terapia cognitiva (por ejemplo, Otto *et al*, 2010; Gold, 2008). Otra área importante de la investigación es la evaluación del potencial del abuso de drogas asociado a nuevos medicamentos para el alivio del dolor y otros problemas médicos (por ejemplo, Ator y Griffiths, 2003). Muchos de estos experimentos emplean métodos descritos en este libro.

### Modelos animales y aprendizaje automatizado

Los modelos animales del aprendizaje y la conducta son también de considerable importancia para la robótica y los sistemas de inteligencia artificial (aprendizaje automatizado). Los robots son máquinas capaces de realizar funciones o tareas particulares. El objetivo de la robótica es hacer que las máquinas sean tan "inteligentes" como sea posible. Así como Romanes define la inteligencia en términos de la capacidad de aprender, los ingenieros en robótica contemporáneos consideran la capacidad de recordar y aprender de la experiencia como características importantes de los sistemas de inteligencia artificial. La información sobre las características y mecanismos de este tipo de aprendizaje puede ser obtenida a partir de estudios de aprendizaje en animales no humanos. Con frecuencia se utilizan mecanismos de aprendizaje en los sistemas de inteligencia artificial para que la respuesta de los sistemas sea alterada por la experiencia o la retroalimentación. Un enfoque importante en este ámbito es el "aprendizaje por reforzamiento" (por ejemplo, Busoniu, Babuska, De Schutter y Ernst, 2010), que se originó en los estudios conductuales de aprendizaje animal.

## Definición de aprendizaje

El **aprendizaje** es una experiencia humana tan común que la gente rara vez reflexiona sobre lo que significa exactamente. No existe una definición universalmente aceptada de aprendizaje. Sin embargo, se captan muchos aspectos importantes del aprendizaje en la siguiente declaración:

> *El aprendizaje es un cambio duradero en los mecanismos de conducta que implica estímulos y/o respuestas específicos que resultan de la experiencia previa con esos o similares estímulos y respuestas.*

Esta definición puede parecer engorrosa, pero cada uno de sus componentes sirve para transmitir una característica importante del aprendizaje.

### Diferencia entre aprendizaje y desempeño

Cada vez que vemos evidencia de aprendizaje observamos la aparición de un cambio en la conducta: la realización de una nueva respuesta o la supresión de una respuesta que se dio anteriormente. Un niño se convierte en experto en romper las hebillas de sus sandalias o llega a ser más paciente en la espera de las palomitas de maíz que se cocinan en el horno de microondas. Tales cambios en la conducta es la única manera con que podemos saber si se ha producido o no el aprendizaje. Sin embargo, observe que la definición anterior atribuye el aprendizaje a un cambio en los *mecanismos de la conducta*, no a un cambio en la conducta directamente.

¿Por qué debemos definir el aprendizaje en términos de un cambio en los mecanismos de la conducta? La razón principal es porque la conducta está determinada por muchos factores, además del aprendizaje. Considere, por ejemplo, comer. Si usted come algo, la cantidad de esfuerzo que requiere para obtener el alimento depende de cuánta hambre tenga, cuánto le gusta la comida, y si usted sabe dónde encontrarla. Sólo algunos de estos factores implican aprendizaje.

**Desempeño** se refiere a todas las acciones de un organismo en un momento particular. Que un animal haga algo o no (su desempeño) depende de muchas cosas, como en el ejemplo anterior de comer. Por tanto, no puede considerarse automáticamente que un cambio en el desempeño refleje aprendizaje. El aprendizaje se define en términos de un cambio en los

mecanismos de la conducta para destacar la distinción entre el aprendizaje y el desempeño. Debido a que el desempeño está determinado por muchos factores, además del de aprender, uno debe ser muy cuidadoso al decidir si un aspecto particular de desempeño refleja o no aprendizaje. A veces la evidencia de aprendizaje no puede ser obtenida sino hasta que se introducen procedimientos de ensayo especiales. Los niños, por ejemplo, aprenden mucho acerca de la conducción de un automóvil simplemente observando a otros conducir, pero este aprendizaje no es evidente sino hasta que se les permite estar detrás del volante. En otros casos (analizados en la siguiente sección), un cambio en la conducta es observado con facilidad, pero no se puede atribuir al aprendizaje, ya que no dura el tiempo suficiente o no es resultado de la experiencia con los acontecimientos ambientales específicos.

## Aprendizaje y otras fuentes de cambio conductual

Algunos mecanismos producen cambios conductuales que son demasiado cortos en duración para ser considerados instancias de aprendizaje. Uno de tales procesos es la **fatiga**. El esfuerzo físico puede resultar en una reducción gradual en el vigor de una respuesta porque el individuo se cansa. Este tipo de cambio se produce por la experiencia. Sin embargo, no se considera aprendizaje debido a la disminución en la respuesta si se permite que el individuo esté en reposo durante un tiempo.

La conducta también puede ser alterada temporalmente por un *cambio en las condiciones del estímulo*. Si las luces en una sala de cine de repente se encienden en medio del espectáculo, es probable que la conducta de la audiencia cambie drásticamente. Sin embargo, esto no es una instancia de aprendizaje, porque es probable que el público vuelva a ver la película cuando las luces se apaguen de nuevo.

Otros cambios a corto plazo en la conducta que no se consideran aprendizaje implican alteraciones en el estado fisiológico o motivacional del organismo. El hambre y la sed inducen respuestas que no se observan en otros momentos. Los cambios en el nivel de las hormonas sexuales causan cambios en la capacidad de respuesta a los estímulos sexuales. Los efectos en la conducta de corta duración también acompañan la administración de psicofármacos.

En algunos casos ocurren cambios persistentes en la conducta, pero sin el tipo de experiencia con eventos ambientales que satisfaga la definición de aprendizaje. El ejemplo más obvio de este tipo es la **maduración**. Un niño no puede obtener algo de un estante alto sino hasta que él o ella crece suficientemente. Sin embargo, el cambio en la conducta en este caso no es una instancia de aprendizaje, ya que se produce con el mero paso del tiempo. El niño no tiene que ser entrenado para alcanzar lugares altos cuando él o ella crecen.

Generalmente la distinción entre el aprendizaje y la maduración se basa en la importancia de las experiencias específicas en la producción del cambio conductual de interés. La maduración se produce en ausencia de entrenamiento o práctica específica. Sin embargo, la distinción enmascara casos en los que es necesaria la estimulación ambiental para el desarrollo madurativo. Por ejemplo, los experimentos con gatos han demostrado que el sistema visual no se desarrollará lo suficiente para permitir la percepción de líneas horizontales a menos que los gatos hayan sido expuestos a tales estímulos al inicio de su vida (por ejemplo, Blakemore y Cooper, 1970). La aparición de la conducta sexual en la pubertad también depende de la experiencia desarrollada, en este caso el juego social antes de la pubertad (por ejemplo, Harlow, 1969).

## Aprendizaje y niveles de análisis

Debido a su importancia fundamental en la vida cotidiana, el aprendizaje se está estudiando en numerosos y diferentes niveles de análisis (Byrne, 2008). Algunos de ellos se ilustran en la figura 1.5. Nuestro énfasis estará puesto en el análisis del aprendizaje a nivel de la conducta. El nivel conductual de análisis se basa en la convicción de que la función del aprendizaje es facilitar la interacción de un organismo con su medio ambiente. Nos relacionamos con nuestro medio ambiente principalmente a través de nuestras acciones. Por tanto, el nivel conductual de análisis ocupa una posición cardinal.

Mucha de la investigación sobre el aprendizaje de estos días también se está llevando a cabo a nivel de los mecanismos neurales (por ejemplo, Gallistel y Matzel, 2013; Kesner y Martinez, 2007; Rudy, 2008). El interés en los mecanismos neurales de aprendizaje ha sido es-

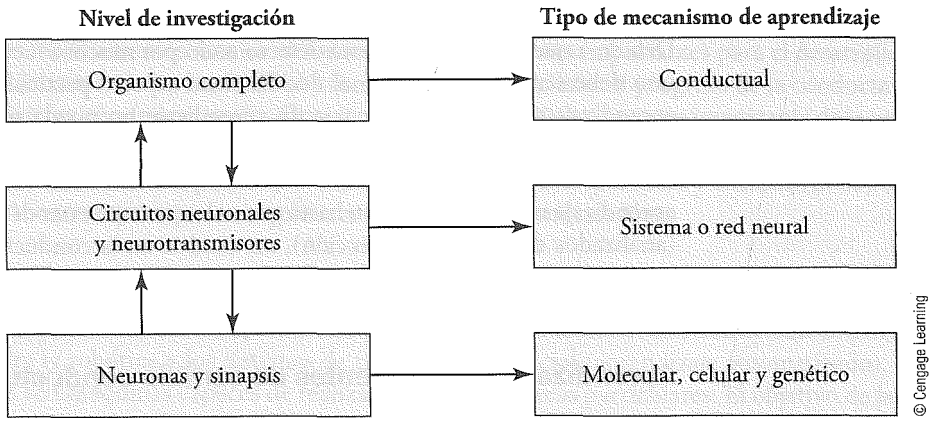



**FIGURA 1.5** Niveles de análisis del aprendizaje. Los mecanismos de aprendizaje pueden ser investigados a nivel organísmico, a nivel de los circuitos neuronales y sistemas de transmisión, y en el nivel de las células nerviosas o neuronas.

timulado por los tremendos avances metodológicos y técnicos que permiten a los científicos examinar directamente los procesos biológicos que antes sólo eran posibilidades hipotéticas. Los mecanismos neurales implicados en el aprendizaje pueden ser examinados a nivel de sistemas. Este nivel se refiere a cómo los circuitos y sistemas de neurotransmisores neuronales se organizan para producir respuestas aprendidas. Los mecanismos neurales también pueden ser examinados a nivel de las neuronas y las sinapsis individuales, con énfasis en los mecanismos moleculares y celulares, incluidos los mecanismos genéticos y epigenéticos. (La investigación contemporánea sobre la neurobiología del aprendizaje se presentará en recuadros en cada capítulo del libro.)

Periódicamente describiremos los cambios en el aprendizaje que ocurren como una función de la edad. Éstos se conocen como cambios de *desarrollo*. También se verá cómo el aprendizaje ayuda a los animales a adaptarse a su entorno y a aumentar su éxito en la reproducción y transmitirlo a través de sus genes a las generaciones futuras. Estas cuestiones implican la *importancia adaptativa del aprendizaje*. La mayoría de los científicos está de acuerdo en que los mecanismos de aprendizaje evolucionaron porque aumentan la aptitud reproductiva. A menudo, la contribución del aprendizaje a la aptitud reproductiva es indirecta. Por ejemplo, al aprender a encontrar los alimentos de manera más eficiente, un organismo puede vivir más tiempo y tener más descendencia. Sin embargo, el aprendizaje también puede tener un efecto directo sobre la aptitud reproductiva. Los estudios de condicionamiento sexual han demostrado que el aprendizaje puede aumentar la cantidad de óvulos que son fecundados y cuántos hijos se producen como resultado de un encuentro sexual (Domjan *et al*, 2012).

## Aspectos metodológicos del estudio del aprendizaje

Hay dos cuestiones metodológicas importantes que se deben tener en cuenta al considerar los estudios conductuales del aprendizaje. La primera de ellas es una consecuencia directa de la definición de aprendizaje, e implica el uso exclusivo de los métodos de investigación experimentales. La segunda característica metodológica de los estudios de aprendizaje es la dependencia de un enfoque de proceso general. La dependencia de un enfoque de proceso general es una cuestión de preferencia intelectual más que una cuestión de necesidad.

### El aprendizaje como una ciencia experimental

Los estudios sobre el aprendizaje se centran en la identificación de cómo la experiencia previa ocasiona cambios a largo plazo en la conducta. A nivel conductual, esto se reduce a la identificación de los componentes críticos de los protocolos de entrenamiento o condicionamiento que se requieren para producir aprendizaje. El énfasis en la identificación de las variables causales requiere un enfoque experimental.

## RECUADRO 1.1

### *La mente material*

Durante los últimos 30 años ha emergido una nueva era en el estudio del aprendizaje que detalla los mecanismos neurobiológicos que subyacen en los fenómenos clave del aprendizaje. Algunos de estos descubrimientos se resaltarán en los recuadros que aparecen en cada capítulo. Estos recuadros le darán a conocer una nueva investigación que ha puesto de manifiesto cómo y dónde se produce el aprendizaje dentro del sistema nervioso. Comenzamos hablando de la relación entre los estudios conductuales y biológicos, y pasamos a la revisión de algunos términos y conceptos necesarios para entender el material que se presenta en recuadros posteriores, que se ocupa de los mecanismos neurales clave (para más detalles, consulte Kalat, 2009, y Prus, 2014).

Nuestro objetivo en este libro es entender el aprendizaje para dilucidar qué es, cuándo y por qué se produce y cómo se produce. En definitiva, queremos saber su causa, y esto, a su vez, requiere que nos fijemos en el aprendizaje desde múltiples perspectivas. Como en cualquier campo de investigación, la primera tarea consiste en describir el fenómeno y las circunstancias en las que se observa lo que Aristóteles llama la *causa eficiente* (Killeen, 2001). Al profundizar en el fenómeno, ganamos el conocimiento necesario para desarrollar modelos formales (la *causa formal*) del proceso que nos permita predecir, por ejemplo, cuándo se producirá el aprendizaje. Al mismo tiempo, buscamos un contexto para entender nuestras observaciones, una forma de explicación que se enfoque en por qué se observa un fenómeno (la *causa final*). Por último, esperamos detallar los mecanismos biológicos subyacentes en el aprendizaje (la *causa material*).

Las bases del aprendizaje se apoyan en la elucidación de su causa eficiente, trabajo que nos ha permitido comprender cómo la experiencia puede involucrar distintas formas de aprendizaje, los tipos de procesos que intervienen, y sus consecuencias conductuales a largo plazo. Ahora entendemos que el aprendizaje no depende sólo de la contigüidad, y hemos desarrollado modelos formales de este proceso. Como veremos, los investigadores también han descubierto que si el aprendizaje se produce, está casado con el "por qué", el beneficio evolutivo obtenido de la preparación del organismo para aprender de manera particular. Un siglo de trabajo ha proporcionado respuestas detalladas a las causas eficientes, formales y finales del aprendizaje. Esto ha servido de base para la mayor parte del contenido de este libro, y nos ha preparado para comenzar a investigar la causa material del aprendizaje y su base neurobiológica.

Nuestro análisis de la causa material supone algún conocimiento en neurobiología, e introducirá términos biológicos según sea necesario. Sin embargo, hay algunos conceptos generales que son esenciales y, por eso, empezamos por proporcionar una breve descripción de cómo la maquinaria subyacente (las neuronas) funciona y se organiza.

Su sistema nervioso implica tanto un componente central (el cerebro y la médula espinal) como un componente periférico. Ambos se componen de **neuronas** que transmiten señales que contienen información sensorial, la procesan, y ejecutan comandos motrices. Los componentes clave de una neurona se ilustran en la figura (i) al final del libro. La comunicación neural comienza en las **dendritas**, que contienen receptores especializados que transforman la entrada de otra célula (un receptor sensorial o neurona) en un impulso eléctrico. Esto se logra al permitir que los iones sodio ($Na^+$) entren en la célula. En circunstancias normales, las neuronas son impermeables al $Na^+$, y si hay alguna filtración, ésta se bombea activamente fuera de la célula (en el espacio extracelular). Debido a que el $Na^+$ tiene una carga positiva, el exceso de $Na^+$ fuera de la célula establece una carga eléctrica a través de la membrana celular (figura 1.6A). Piense en esto como una batería en miniatura, con el lado positivo orientado hacia el espacio extracelular. Este efecto de batería establece una pequeña diferencia de voltaje, con el interior de la célula cayendo aproximadamente −70 mV por debajo del exterior.

Los canales posicionados en la membrana de las células dendríticas están diseñados para permitir $Na^+$ en la célula. Las circunstancias que abren estos canales dependen de la función de la célula. Por ejemplo, los canales de $Na^+$ en una neurona sensorial se pueden acoplar por medio de un mecanorreceptor, mientras que una célula que recibe la entrada de otra neurona podría tener receptores que se activan por medio de un neurotransmisor. En cualquier caso, la apertura del canal permite al $Na^+$ precipitarse en la célula (figura 1.6B). Este movimiento de carga positiva despolariza el interior de la célula, haciendo que el voltaje pase de −70 mV a cero (un proceso conocido como **despolarización**). Otros canales de $Na^+$ son sensibles al voltaje y se abren una vez que la célula se despolariza lo suficiente, lo que permite que aún más $Na^+$ se precipite en la célula. De hecho, se precipita tanto $Na^+$ en la célula (empujado por una fuerza osmótica que actúa para nivelar el gradiente de concentración) que el interior se convierte en positivo (figura 1.6C). En este punto, los canales de $Na^+$ se cierran y los canales que regulan el ion potasio ($K^+$) se abren. En reposo, el interior de una célula contiene un exceso de $K^+$, que es repelido fuera de la célula por el $Na^+$ cargado positivamente. Pero cuando el $Na^+$ se precipita, el juego cambia y ahora es el interior de la célula el que tiene una carga positiva. Esto permite que el $K^+$ fluya hacia abajo de su gradiente de concentración y salga de la célula. Al hacerlo, el interior de la célula se vuelve negativo de nuevo. Estos cambios iónicos desatan una

(*Continúa*)

## RECUADRO 1.1 (continuación)

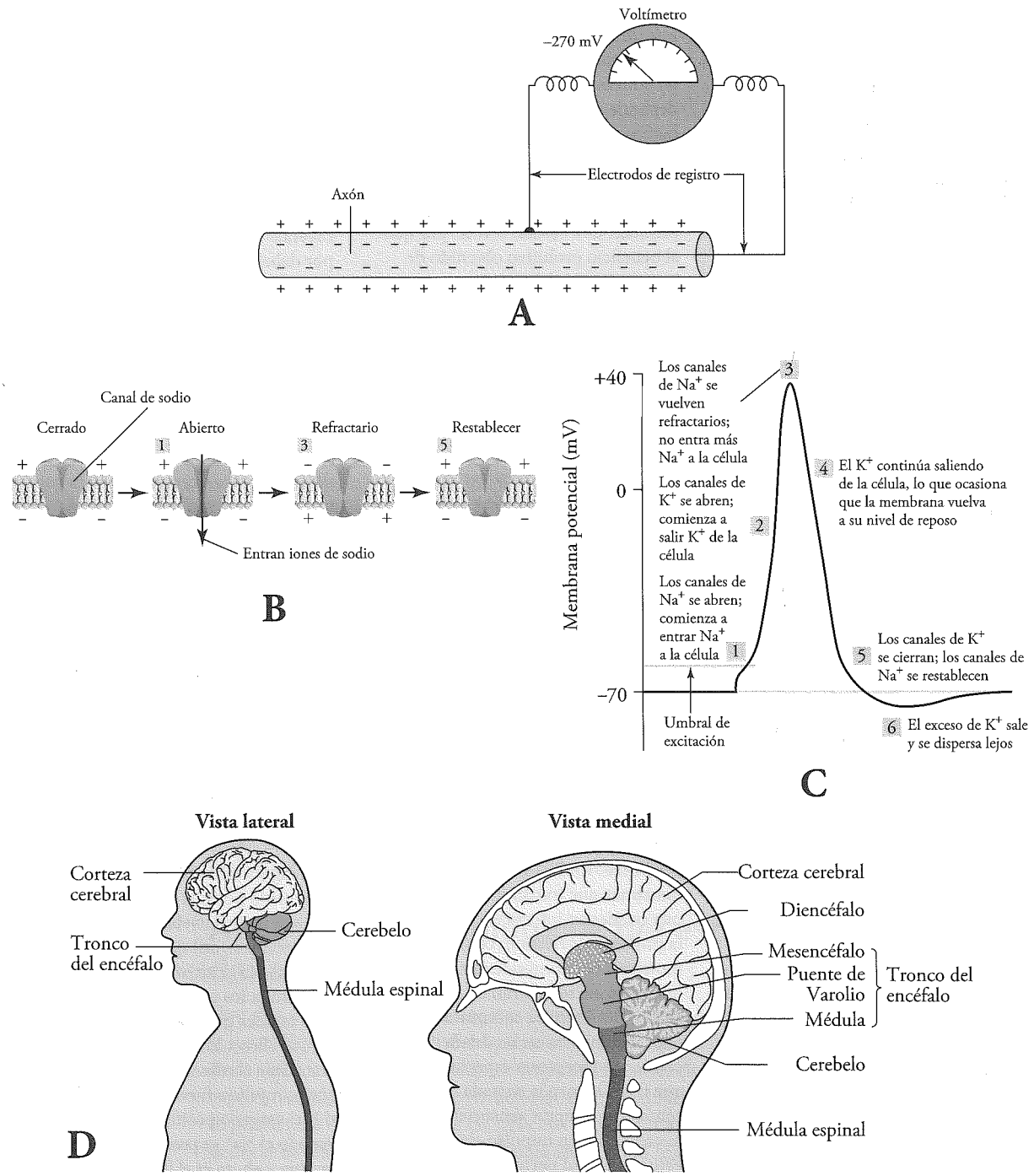



**FIGURA 1.6** (A) En reposo, la distribución de partículas cargadas eléctricamente a través de la membrana celular establece una carga de aproximadamente –70 mV. (Adaptado de Gleitman, 2010.) (B) Un canal de sodio regula el flujo de $Na^+$. (© Cengage Learning, 2015.) (C) El flujo de $Na^+$ dentro de una neurona reduce (despolariza) el voltaje interno de la célula, que se acopla con canales de $Na^+$ sensibles a la electricidad. Al precipitarse $Na^+$ dentro de la célula, produce un rápido aumento de voltaje (1). El $K^+$ que fluye fuera de la célula actúa para restablecer el potencial de reposo (4). (Adaptado de Carlson, 2012.) (D) Las principales estructuras del sistema nervioso central de un lado (lateral) y de enmedio (medial) en perspectiva. El tronco encefálico se encuentra por encima de la médula espinal e incluye la médula, el puente de Varolio y el mesencéfalo. El prosencéfalo se encuentra directamente por encima e incluye el diencéfalo (tálamo e hipotálamo) y la corteza cerebral. El cerebelo se encuentra debajo de la corteza cerebral, detrás del puente de Varolio. (Adaptado de Kandel *et al*, 2013.)

(*Continúa*)

## RECUADRO 1.1 (continuación)

reacción en cadena que viaja a través de la membrana celular hacia el *cuerpo de la célula* (una región que contiene los genes y gran parte de la maquinaria biológica necesaria para mantener la célula). A partir de ahí, el impulso eléctrico (**potencial de acción**) viaja por el **axón** hasta su extremo, cuando la célula forma una conexión química (**sinapsis**) con otra célula (figura [ii] al final del libro). Cuando un potencial de acción llega a una sinapsis, hace que los canales que son permeables al ión $Ca^{++}$ se abran, permitiendo que fluya $Ca^{++}$ en la célula. El aumento de $Ca^{++}$ intracelular hace que las vesículas que contienen el **neurotransmisor** migren a la membrana neuronal *presináptica* y vacíen su contenido en el espacio (la *hendidura sináptica*) entre las células. El transmisor que acopla receptores sobre la *célula postsináptica* podría ser otra neurona o un órgano efector (por ejemplo, un músculo).

La experiencia puede modificar el funcionamiento de una neurona proporcionando una especie de adaptabilidad (plasticidad) que permite el aprendizaje. Como veremos, existen múltiples formas de *plasticidad neuronal*. Por ejemplo, una entrada neural hacia el lado presináptico de una terminal puede aumentar la liberación del transmisor (recuadro 2.2). Además, los procesos celulares pueden aumentar (potenciar) o deprimir la respuesta postsináptica a la liberación del transmisor (recuadro 8.2). En resumen, hay muchos tipos diferentes de transmisores, algunos de los cuales (por ejemplo, el *glutamato*) son excitatorios y provocan una acción potencial, mientras que otros (por ejemplo, GABA) inhiben la actividad neural.

Otro principio neurobiológico importante se refiere a la estructura del sistema nervioso: cómo se organizan las neuronas para formar unidades y las vías para llevar a cabo determinadas funciones (figura 1.6D). En las criaturas sin una columna vertebral (invertebrados), las neuronas se organizan en paquetes conocidos como *ganglios*. En los vertebrados, los *ganglios* se encuentran en el *sistema nervioso periférico* (la parte que se encuentra fuera de la cobertura ósea de la columna vertebral y el cráneo). El *sistema nervioso central* (el cerebro y la médula espinal) se encuentra dentro de la cubierta ósea. Como veremos, el cerebro está organizado en estructuras y *núcleos* (un conjunto de neuronas dentro de una estructura) que median las funciones particulares (por ejemplo, el condicionamiento del miedo [recuadro 4.3], el aprendizaje por recompensa [recuadros 6.3 y 7.1], y la estimación temporal [recuadro 12.1]).

Se ha utilizado una amplia variedad de métodos para explorar los mecanismos neurobiológicos que subyacen en el aprendizaje, incluyendo las técnicas genéticas que se dirigen a genes particulares, procedimientos electrofisiológicos y de imagen que mapean la actividad neuronal, tratamientos que (estimulan) o alteran (lesionan) neuronas en regiones específicas, y procedimientos farmacológicos que se dirigen a receptores específicos y procesos intracelulares. En conjunto, la investigación ha puesto de manifiesto algunos puntos en común sorprendentes respecto de las causas materiales del aprendizaje. Por ejemplo, como veremos, un receptor especializado postsináptico (receptor del *N*-metil D-aspartato [NMDA]) contribuye en casi cada instancia de aprendizaje que vamos a analizar. Al mismo tiempo, también aprenderemos que la organización de la conducta se deriva de un sistema neural que ha dividido la tarea de aprender a través de múltiples componentes, cada uno sintonizado para realizar una función particular. La investigación que describiremos en el libro ofrece el mapa necesario para vincular estos mecanismos neurales con los sistemas conductuales.

*J. W. Grau*

---

**axón** Delgada proyección de una neurona que permite que los impulsos eléctricos sean llevados desde el cuerpo celular al extremo terminal.

**dendritas** Proyecciones ramificadas de una neurona que reciben la entrada electroquímica de otras células (por ejemplo, receptores sensoriales o neuronas).

**despolarización** Reducción en la carga eléctrica a través de la membrana neuronal, típicamente causada por el flujo del ión $Na^+$ hacia el interior. La despolarización hace que el interior de la neurona sea menos negativo, lo que puede iniciar un potencial de acción.

**neurona** Célula especializada que funciona para transmitir y procesar la información dentro del sistema nervioso por medio de señales eléctricas y químicas.

**neurotransmisor** Químico liberado por una neurona en una sinapsis. Los neurotransmisores permiten la comunicación a través de las células y pueden tener un efecto de excitación o inhibitorio.

**sinapsis** Estructura que permite que una neurona transmita una señal química (neurotransmisor) a otra célula.

**potencial de acción** Impulso eléctrico causado por el rápido flujo de partículas cargadas (iones) a través de la membrana neuronal. El impulso nervioso conduce una señal eléctrica a lo largo del axón de una neurona e inicia la liberación del neurotransmisor en la sinapsis.

Consideremos el siguiente ejemplo. María entra en una habitación oscura. Ella rápidamente manipula el interruptor cerca de la puerta y las luces de la habitación se encienden. ¿Se puede concluir que manipular el interruptor "causó" que las luces se encendieran? No, a partir de la información proporcionada. Tal vez las luces estaban controladas por un temporizador automático y habrían encendido sin las acciones de María. De forma alternativa, la puerta puede haber tenido un interruptor incorporado que enciende las luces después de un ligero retraso. Otra posibilidad es que había un detector de movimiento en la habitación que activó las luces cuando María entró.

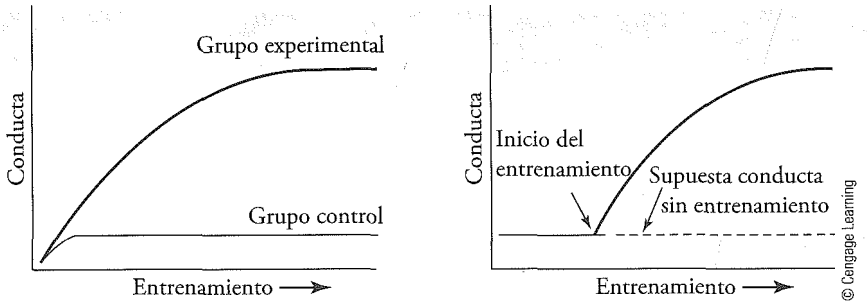



**FIGURA 1.7**
Dos versiones del experimento fundamental de aprendizaje. En el panel de la izquierda se comparan dos grupos de individuos. Se proporciona el proceso de entrenamiento a los participantes en el grupo experimental, pero no para aquellos que están en el grupo control. En el panel de la derecha, un solo individuo fue observado antes y durante el entrenamiento. La conducta del individuo durante el entrenamiento se compara con lo que suponemos habría sido su conducta sin el entrenamiento.

¿Cómo ha podido determinar que la manipulación del interruptor de la pared hizo que las luces encendieran? Usted tendría que evaluar varios escenarios para poner a prueba el modelo causal. Por ejemplo, puede pedir a María que entre en la habitación de nuevo, pero que no manipule el interruptor de la pared. Si las luces no encienden en estas circunstancias, se podría concluir que las luces no se encendieron por un detector de movimiento o por un interruptor integrado en la puerta. Como ilustra este sencillo ejemplo, para identificar una causa tiene que realizarse un experimento en el que se elimine la supuesta causa. Entonces se comparan los resultados obtenidos con y sin la presunta causa.

En el estudio del aprendizaje es de interés la conducta de los organismos vivos, no la conducta de las luces. Sin embargo, los científicos tienen que proceder de una manera similar. Tienen que llevar a cabo experimentos en los que se observa la conducta con y sin el presunto factor causal. La cuestión básica es identificar si un proceso de entrenamiento produce un cambio conductual en particular. Para responder esta pregunta, las personas que reciben el proceso de entrenamiento tienen que ser comparadas con los individuos que no reciben ese entrenamiento. Esto requiere variar experimentalmente la presencia y la ausencia de entrenamiento. Debido a esto, *el aprendizaje puede ser investigado sólo con métodos experimentales.* Esto hace el estudio del aprendizaje principalmente una ciencia de laboratorio.

La necesidad de la utilización de técnicas experimentales para investigar el aprendizaje no es debidamente apreciada por los científicos afines. Muchos aspectos de la conducta pueden ser estudiados con técnicas de observación que no implican manipulaciones experimentales. Por ejemplo, los estudios observacionales pueden proporcionar una gran cantidad de información acerca de cuándo y cómo los animales establecen territorios, qué hacen para defenderlos, la forma en que se involucran en conductas de cortejo y sexuales, la forma en que crían a sus hijos, y cómo las actividades de la descendencia cambian a medida que maduran.

Mucha de la fascinante información acerca de los animales se ha obtenido con técnicas de observación que implican una intrusión mínima en sus actividades en curso. Desafortunadamente, el aprendizaje no puede ser estudiado de esa manera. Para estar seguros de que un cambio en la conducta se debe al aprendizaje y no a cambios en la motivación, el desarrollo sensorial, las fluctuaciones hormonales, u otros posibles mecanismos no aprendidos, es necesario llevar a cabo experimentos en los que se manipulan sistemáticamente las presuntas experiencias de entrenamiento. El experimento básico de aprendizaje compara dos grupos de participantes (figura 1.7). El grupo experimental recibe el proceso de entrenamiento de interés, y se mide cómo este proceso cambia la conducta. El desempeño del grupo experimental se compara con un grupo control que no recibe el proceso de entrenamiento, pero que se trata de una manera similar. Se presume que el aprendizaje ha tenido lugar si el grupo experimental responde de manera diferente respecto del grupo control. Un razonamiento similar se puede utilizar para estudiar el aprendizaje en un solo individuo, a condición de que uno pueda estar seguro de que la conducta es estable en ausencia de una intervención de entrenamiento.

## El enfoque de proceso general para el estudio del aprendizaje

La segunda característica metodológica prominente de los estudios sobre el aprendizaje es el uso de un enfoque de proceso general. Esto es más una cuestión de preferencia que de necesi-

dad. Sin embargo, al adoptar un enfoque de proceso general, los investigadores del aprendizaje animal están siguiendo una tradición de larga permanencia en la ciencia.

***Elementos del enfoque de proceso general*** La característica más obvia de la naturaleza es su diversidad. Consideremos, por ejemplo, la espléndida variedad de minerales que existen en el mundo. Algunos son suaves, otros son duros, algunos son brillantes en apariencia, otros son opacos, y así sucesivamente. Las plantas y los animales también se producen en muchas formas y tamaños diferentes. Las propiedades dinámicas de los objetos también son diversas. Algunas cosas flotan, mientras que otras caen rápidamente al suelo; algunas permanecen quietas; otras permanecen en movimiento.

En el estudio de la naturaleza, uno puede centrarse en las diferencias o tratar de ignorar las diferencias y buscar puntos en común. Los científicos que van desde los físicos, químicos, biólogos y psicólogos, todos han optado por buscar puntos en común. En lugar de abrumarse por la enorme variedad de cosas en la naturaleza, los científicos han optado por buscar uniformidades. Ellos han tratado de formular leyes generales con las que organizan y explican la diversidad del universo. Los investigadores del aprendizaje animal han seguido esta tradición bien establecida.

Descubrir o no las leyes generales a menudo depende del nivel de análisis que se persigue. Tratar de comprender y organizar la diversidad de fenómenos científicos dificulta la formulación de leyes generales en el ámbito de los fenómenos observados. Por ejemplo, es difícil descubrir las leyes generales que rigen las reacciones químicas simplemente documentando la naturaleza de las sustancias químicas que intervienen en diversas reacciones. Del mismo modo, es difícil explicar la diversidad de especies en el mundo sólo por la catalogación de las características de varios animales. Los grandes avances de la ciencia provienen de los fenómenos analizados a un nivel más elemental o molecular. Por ejemplo, en el siglo XIX los químicos sabían muchos datos específicos acerca de qué pasaría cuando se combinaran diversos productos químicos. Sin embargo, una explicación general de las reacciones químicas tuvo que esperar el desarrollo de la tabla periódica de los elementos, que organiza los elementos químicos en términos de sus componentes atómicos constitutivos.

Los investigadores del condicionamiento y el aprendizaje se han comprometido con el enfoque de proceso general desde el inicio de este campo de la psicología. Se han enfocado en los aspectos comunes de las diversas instancias de aprendizaje y han asumido que los fenómenos del aprendizaje son subproductos de los procesos elementales que operan de la misma manera en diferentes situaciones de aprendizaje.

El compromiso con un enfoque de proceso general guió el trabajo de Pavlov sobre la neurología funcional y el condicionamiento. El compromiso con un enfoque de proceso general para el estudio del aprendizaje también es evidente en los escritos de los primeros psicólogos comparativos. Por ejemplo, Darwin (1897) hizo hincapié en aspectos comunes entre las especies en las funciones cognitivas: "Mi objetivo... es demostrar que no existe una diferencia fundamental entre el hombre y los mamíferos superiores en sus facultades mentales" (p. 66). Al comienzo del siglo XX, Jacques Loeb (1900) señaló que las similitudes se producen a nivel de los procesos elementales; "Los fenómenos psíquicos... aparecerán, invariablemente, como una función de un proceso elemental; a saber, la actividad de la memoria asociativa" (p. 213). Otro prominente psicólogo comparativo de la época, C. Lloyd Morgan, declaró que las leyes elementales de la asociación "son, en nuestra opinión, leyes universales" (Morgan, 1903, p. 219).

La suposición de que las leyes elementales "universales" de la asociación son responsables de los fenómenos del aprendizaje no niega la diversidad de estímulos de los que diferentes animales pueden aprender, la diversidad de respuestas que pueden aprender a realizar, y el hecho de que una especie puede aprender algo más lentamente que otra. Se supone que la generalidad existe en las normas o procesos de aprendizaje, y no en los contenidos o la velocidad

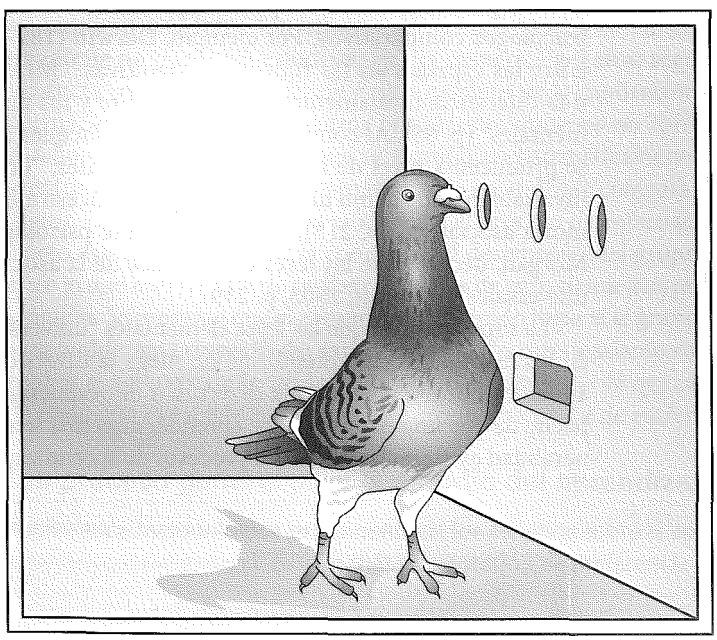
de aprendizaje. Esta idea fue expresada claramente hace casi un siglo por Edward Thorndike, uno de los primeros destacados psicólogos americanos que estudiaron el aprendizaje:

> *Formalmente, el cangrejo, el pez, la tortuga, el perro, el gato, el mono y el bebé tienen intelectos y caracteres muy similares. Todos son sistemas de conexiones sujetos a cambios por las leyes del ejercicio y el efecto. Las diferencias son: primero, en las conexiones particulares concretas, en qué estimula al animal a la respuesta, qué respuestas tiene, qué estímulo conecta con qué respuesta, y segundo, en el grado de capacidad de aprender. (Thorndike, 1911, p. 280.)*

Lo que un animal puede aprender (sobre los estímulos, las respuestas y las conexiones estímulo-respuesta que aprende) varía de una especie a otra. Los animales también se diferencian en la rapidez con que aprenden ("en el grado de capacidad de aprender"). Sin embargo, Thorndike asumió que las reglas de aprendizaje eran universales. Ya no compartimos la opinión de Thorndike acerca de que estas normas universales de aprendizaje son las "leyes del ejercicio y el efecto". Sin embargo, los científicos contemporáneos continúan abrazando la idea de que existen reglas universales de aprendizaje. El trabajo del psicólogo del aprendizaje es descubrir esas leyes universales.

***Implicaciones metodológicas del enfoque de proceso general*** Si asumimos que existen reglas universales de aprendizaje, entonces deberíamos ser capaces de descubrir estas reglas en cualquier situación en la que se produce el aprendizaje. Por tanto, una importante implicación metodológica del enfoque de proceso general es que las reglas generales de aprendizaje pueden ser descubiertas mediante el estudio de cualquier especie o sistema de respuesta que presenta el aprendizaje. Esta implicación ha animado a los científicos a estudiar el aprendizaje en un pequeño número de situaciones experimentales. Los investigadores han coincidido en unos pocos "estándares" o paradigmas experimentales convencionales. Por ejemplo, la figura 1.8 muestra el ejemplo de una paloma en una caja de Skinner estándar. Se describirán otros ejemplos de paradigmas experimentales estándar a medida que se introduzcan diversos fenómenos de aprendizaje en capítulos futuros.

Durante años, los paradigmas experimentales convencionales se han afinado para ajustarse bien con las predisposiciones conductuales de los animales de investigación. Debido a estas mejoras, las preparaciones experimentales convencionales permiten el estudio en el laboratorio de respuestas razonablemente naturalistas (Timberlake, 1990).



© Cengage Learning, 2015

**FIGURA 1.8** Una paloma en una caja de Skinner estándar. Tres discos circulares, dispuestos a la misma altura, están disponibles para que el ave picotee. El acceso a la comida se proporciona en la tolva de abajo.

***Demostración de la generalidad de los fenómenos del aprendizaje*** La generalidad de los procesos de aprendizaje no se demuestra mediante la adopción de un enfoque de proceso general. Suponer la existencia de procesos de aprendizaje elementales comunes no es lo mismo que demostrar empíricamente esos puntos comunes. La verificación empírica directa de la existencia de procesos de aprendizaje común en una variedad de situaciones sigue siendo necesaria en los esfuerzos por construir una descripción verdaderamente general de cómo se produce el aprendizaje. La generalidad de los procesos de aprendizaje tiene que ser demostrada mediante el estudio del aprendizaje en muchas especies y situaciones diferentes.

La evidencia disponible sugiere que los principios elementales de aprendizaje del tipo que se describe en este texto tienen una generalidad considerable (Papini, 2008). La mayoría de la investigación sobre aprendizaje animal se ha llevado a cabo con palomas, ratas y (en mucho menor medida) conejos. Se han encontrado formas similares de aprendizaje en los peces, hámsters, gatos, perros, seres humanos, delfines y leones marinos. Además, algunos de los principios del aprendizaje observados en estas especies de vertebrados también se han demostrado en los tritones, moscas de la fruta, abejas, moluscos terrestres, avispas y diversos moluscos marinos.

# El uso de animales no humanos en la investigación del aprendizaje

A pesar de que los principios descritos en este libro se aplican a las personas, muchos de los experimentos que estaremos considerando se han realizado con animales no humanos. Los experimentos incluyeron animales de laboratorio por razones teóricas y metodológicas.

## Razones para el uso de animales no humanos en la investigación sobre el aprendizaje

Como se señaló anteriormente, los métodos experimentales tienen que ser utilizados para estudiar los fenómenos del aprendizaje, por lo que la adquisición de nuevas conductas puede atribuirse a experiencias particulares previas de entrenamiento. El control experimental de la experiencia del pasado no siempre se puede lograr con el mismo grado de precisión en los estudios con participantes humanos que en estudios con animales de laboratorio. Además, con animales de laboratorio los científicos pueden estudiar cómo se aprenden fuertes reacciones emocionales y cómo el aprendizaje está involucrado en la adquisición de alimentos, evitar el dolor o la angustia, o la búsqueda de posibles parejas sexuales. Con los participantes humanos, los investigadores pueden estudiar cómo se puede reducir la forma des-adaptativa de respuestas emocionales (por ejemplo, los miedos y las fobias), pero no pueden manipular experimentalmente cómo estas emociones se aprenden primero.

El conocimiento de la evolución y las bases biológicas del aprendizaje no se pueden obtener sin el uso de animales no humanos en la investigación. Cómo ha evolucionado la cognición y la inteligencia es una de las preguntas fundamentales acerca de la naturaleza humana. La respuesta a esta pregunta dará forma a nuestra visión de lo que significa ser humano, del mismo modo como el conocimiento del sistema solar conformó nuestra visión del lugar de la Tierra en el universo. Como se ha comentado, la investigación de la evolución de la cognición y la inteligencia se basa en gran medida en los estudios de aprendizaje en animales no humanos.

El conocimiento de las bases neurobiológicas del aprendizaje puede no cambiar nuestros puntos de vista de la naturaleza humana, pero es apto para producir dividendos importantes en el tratamiento de los trastornos de aprendizaje y memoria. Muchas de las investigaciones detalladas que son necesarias para desentrañar cómo aprende y recuerda el sistema nervioso, simplemente no pueden llevarse a cabo con humanos. El estudio de las bases neurobiológicas del aprendizaje requiere en primer lugar la documentación de la naturaleza de los procesos de aprendizaje a nivel conductual. Por tanto, los estudios conductuales del aprendizaje en animales son un requisito necesario para cualquier investigación con animales sobre las bases biológicas del aprendizaje.

Los animales de laboratorio también proporcionan importantes ventajas conceptuales para el estudio de los procesos de aprendizaje sobre las personas. Los procesos de aprendizaje

pueden ser más simples en los animales criados bajo condiciones controladas de laboratorio que en las personas, cuyos antecedentes son más variados y, a menudo, menos documentados. La conducta de los animales no humanos no se complica por los procesos lingüísticos que tienen un papel destacado en ciertos tipos de conducta humana. En la investigación con personas hay que asegurarse de que las acciones de los participantes no se rijan por sus esfuerzos por complacer (o desagradar) al experimentador. Estos factores no son susceptibles de complicar lo que ratas y palomas hacen en un experimento.

## Animales de laboratorio y conducta normal

Algunos han sugerido que las cepas domesticadas de animales de laboratorio no pueden proporcionar información útil, ya que estos animales han degenerado como resultado de muchas generaciones de endogamia y largos periodos de cautiverio (por ejemplo, Lockard, 1968). Sin embargo, esta noción es probablemente errónea. En una prueba interesante, Boice (1977) tomó cinco machos y cinco hembras de ratas albinas del inventario altamente endogámico de un laboratorio y los alojó en un corral al aire libre en Missouri sin refugio artificial. Las 10 ratas sobrevivieron el primer invierno con temperaturas tan bajas como −22 °F. Los animales se reprodujeron normalmente y alcanzaron una población estable de alrededor de 50 miembros. Sólo tres de las ratas murieron antes de mostrar signos de vejez durante el periodo de estudio de dos años. Dadas las condiciones climáticas extremas, este nivel de supervivencia es notable. Además, la conducta de estas ratas domesticadas al aire libre era muy parecido a la conducta de las ratas silvestres observadas en circunstancias similares.

Las ratas domesticadas actúan como las ratas silvestres en otras pruebas, y no hay indicios de que se obtengan mejores resultados que con las ratas silvestres en experimentos de aprendizaje (véase, por ejemplo, Boice, 1973, 1981; Kaufman y Collier, 1983). Por tanto, los resultados que se describirán en este texto no deben ser desechados porque muchos de los experimentos se llevaron a cabo con animales domesticados. De hecho, puede sugerirse que los animales de laboratorio son preferibles en la investigación que sus contrapartes salvajes. Los seres humanos viven en lo que son en gran parte entornos artificiales. Por tanto, la investigación puede resultar más relevante para la conducta humana si se lleva a cabo con animales domesticados que viven en situaciones de laboratorio artificiales. Como Boice (1973) comentó: "La rata domesticada puede ser un buen modelo para el hombre común" (p. 227).

## Debate público respecto de la investigación con animales no humanos

Ha habido mucho debate público acerca de los pros y los contras de la investigación con animales no humanos (véase Perry y Dess, 2012, para una revisión reciente). Parte del debate se ha centrado en el tratamiento humanitario a los animales. Otros aspectos del debate se han centrado en lo que constituye el tratamiento ético de los animales, si los seres humanos tienen derecho a beneficiarse a su costa, y las posibles alternativas a la investigación con animales no humanos.

***El trato humanitario a los animales de laboratorio*** La preocupación por el bienestar de los animales de laboratorio se ha traducido en la adopción de estrictas normas federales para albergarlos y para la supervisión de la investigación con animales. Algunos argumentan que se necesitan estas reglas porque sin ellas los científicos ignoran el bienestar de los animales en su afán por obtener datos de la investigación. Sin embargo, este argumento no tiene en cuenta el hecho de que la buena ciencia requiere un buen cuidado de los animales. Los científicos, especialmente los que estudian la conducta, deben estar preocupados por el bienestar de sus sujetos de investigación. No se puede obtener información sobre el aprendizaje normal y la conducta a partir de animales enfermos o perturbados. Los investigadores del aprendizaje animal deben garantizar el bienestar de sus sujetos para que puedan obtener datos científicos útiles.

A veces los experimentos de aprendizaje implican molestias. El malestar es un aspecto inevitable de la vida para todas las especies, incluidas las personas. Los científicos hacen todo lo posible por reducir al mínimo el grado de molestia para sus participantes en la investiga-

ción. Por ejemplo, en los estudios de reforzamiento con alimento, los animales son privados de alimentos antes de cada sesión experimental para asegurar su interés en la comida.

Sin embargo, el hambre impuesta en el laboratorio no es más grave que el hambre que los animales encuentran en la naturaleza, y con frecuencia es menos grave (Poling, Nickel y Alling, 1990). La investigación de ciertas formas de aprendizaje y conducta requiere la administración de estimulación aversiva. Temas importantes, tales como el castigo o el aprendizaje del miedo y la ansiedad, no pueden estudiarse sin cierta incomodidad para los participantes. Sin embargo, incluso en tales casos se hacen esfuerzos por mantener la incomodidad a un mínimo para el tema de investigación en curso.

***¿Qué constituye el trato ético a los animales?*** A pesar de que asegurarse de que los animales que sirven en los experimentos estén cómodos es en el mejor interés de los animales, así como para la investigación, es difícil formular principios éticos generales. Los "derechos" de los animales no pueden ser identificados de la manera en que identificamos los derechos humanos (Lansdell, 1988), y los animales parecen tener diferentes "derechos" en diferentes circunstancias.

Actualmente se realizan esfuerzos sustanciales para albergar a los animales de laboratorio en condiciones que promuevan su salud y comodidad. Sin embargo, un ratón o una rata de laboratorio pierde la protección ofrecida por las normas federales cuando se escapa del laboratorio y se instala en las paredes del edificio del laboratorio (Herzog, 1988). La captura y exterminio de roedores en los edificios es una práctica común que no ha sido objeto de debate, ya sea público, o de regulación federal restrictiva. Los ácaros, pulgas y garrapatas son también animales, pero no los toleramos en nuestro cabello o en nuestra casa. ¿Qué especies tienen derecho a la vida, y en qué circunstancias no tienen ese derecho? Tales preguntas desafían respuestas simples.

Suponiendo que una especie merece un trato que cumpla con las normas establecidas por el gobierno, ¿cuáles deberían ser esas normas? El trato adecuado de los animales de laboratorio a veces se describe como "un trato humano". Sin embargo, tenemos que tener cuidado de no tomar este término literalmente. "Trato humano" significa tratar a alguien como trataríamos a un ser humano. Es importante tener en cuenta que las ratas (y otros animales de laboratorio) no son seres humanos. Las ratas prefieren vivir en madrigueras oscuras hechas de tierra que nunca limpian. En contraste, con frecuencia la gente prefiere vivir en habitaciones bien iluminadas y limpias.

Los laboratorios suelen tener ratas en habitaciones bien iluminadas que se limpian con frecuencia. Uno no puede dejar de preguntarse si estas normas de vivienda fueron dictadas más por consideraciones de confort humano que por la comodidad de la rata.

***¿Los seres humanos deben beneficiarse del uso de los animales?*** Parte del debate público sobre los derechos de los animales ha sido impulsado por el argumento de que los seres humanos no tienen derecho a beneficiarse a costa de los animales, que los seres humanos no tienen derecho a "explotarlos". Este argumento va mucho más allá de las cuestiones relativas a la utilización de animales en la investigación. Por tanto, aquí no se discutirá el argumento en detalle, excepto para señalar que se utilizan muchos menos animales en la investigación que los utilizados en la industria alimentaria y del vestido, y en la caza y la pesca recreativas. Además, un recuento exhaustivo de la explotación humana de los animales tiene que incluir las interrupciones de los hábitats que se producen cada vez que construimos carreteras, urbanizaciones y edificios de oficinas. También hay que añadir los millones de animales que son asesinados por los insecticidas y otros esfuerzos de control de plagas en la agricultura y en otros lugares.

***Alternativas a la investigación con animales*** El aumento de la conciencia sobre los aspectos éticos implicados en el uso de animales no humanos en la investigación ha alentado la búsqueda de técnicas alternativas. Hace algunos años, Russell y Burch (1959) formularon las "tres erres" para la investigación con animales: *reemplazo* de animales con otras técnicas de prueba, *reducir* el número de animales utilizados con técnicas estadísticas, y *refinar* los procedimientos experimentales para causar menos sufrimiento. Las estrategias de reemplazo han tenido éxito en la industria cosmética y en la fabricación de ciertas vacunas y hormonas (por ejemplo, Murkerjee,

1997). Motivado por esta estrategia, un grupo de trabajo reciente de los Institutos Nacionales de Salud sobre el uso de chimpancés en la investigación (Altevogt *et al*, 2011) recomienda que la mayoría de las formas de investigación médica con chimpancés se termine debido a metodologías y especies alternativas que se han desarrollado en los últimos años. Sin embargo, curiosamente el grupo de trabajo identificó la cognición comparada y la conducta como uno de los tres campos de investigación que deben continuarse porque no hay alternativas disponibles mejores a los chimpancés para esas investigaciones. De hecho, muchas alternativas comunes para el uso de animales en la investigación no son adecuadas para estudiar los procesos de aprendizaje (Gallup y Suarez, 1985). Algunas de estas alternativas son las siguientes.

1. *Las técnicas de observación.* Como se ha comentado anteriormente, los procesos de aprendizaje no pueden ser investigados con técnicas de observación discretas. En los estudios sobre el aprendizaje es necesaria la manipulación experimental de la experiencia del pasado. Por tanto, las observaciones de campo de los animales no perturbados no pueden proporcionar información sobre los mecanismos de aprendizaje.
2. *Plantas.* El aprendizaje no puede ser investigado en plantas porque éstas carecen de un sistema nervioso requerido para el aprendizaje.
3. *Los cultivos de tejidos.* A pesar de que los cultivos de tejidos pueden revelar el funcionamiento de los procesos celulares, el cómo estos procesos celulares trabajan en un organismo intacto puede ser descubierto sólo mediante el estudio del organismo intacto. Por otra parte, la importancia de un proceso celular para el aprendizaje tiene que ser demostrada al mostrar cómo ese proceso celular opera para generar una conducta aprendida a nivel del organismo.
4. *Las simulaciones por computadora.* Escribir un programa de computadora para simular un fenómeno natural requiere una gran cantidad de conocimiento sobre ese fenómeno. Para simular una forma particular de aprendizaje, los programadores primero tendrían que obtener un conocimiento detallado de las circunstancias en las que se produce este tipo de aprendizaje y los factores que influyen en la tasa de aprendizaje. La ausencia de tal conocimiento requiere investigación experimental con organismos vivos. Por tanto, la investigación experimental con organismos vivos es un requisito previo para simulaciones por computadora eficaces. Por esa razón, este tipo de simulaciones no se puede utilizar en lugar de la investigación experimental.

Las simulaciones por computadora pueden servir para muchas funciones útiles en la ciencia. Las simulaciones son eficaces para mostrarnos las implicaciones de las observaciones experimentales que se obtuvieron previamente o para mostrar las implicaciones de diversos supuestos teóricos. Pueden ser utilizadas para identificar las lagunas en el conocimiento y para sugerir importantes líneas futuras de investigación. Sin embargo, no pueden ser usadas para generar nuevos hechos previamente desconocidos sobre la conducta. Como Conn y Parker (1998) señalaron, "Los científicos dependen de las computadoras para el procesamiento de datos que ya poseemos, pero no pueden utilizarlos para explorar lo desconocido en la búsqueda de nueva información."

## Preguntas de estudio

1. Describa cómo contribuyeron los acontecimientos históricos en el estudio de la mente al estudio contemporáneo del aprendizaje.
2. Describa la concepción de Descartes sobre el reflejo y la forma en que el concepto del reflejo ha cambiado desde su época.
3. Describa la justificación del uso de modelos animales para estudiar la conducta humana.
4. Describa la definición de aprendizaje y cómo se distingue de otras formas de cambio conductual.
5. Describa los diferentes niveles de análisis que pueden ser empleados en los estudios del aprendizaje y cómo se relacionan.
6. Describa por qué el aprendizaje requiere el uso de métodos experimentales de investigación.
7. Describa las alternativas al uso de animales en la investigación y sus ventajas y desventajas.

# Términos clave

**asociación** Conexión entre las representaciones de dos eventos (dos estímulos, o un estímulo y una respuesta), de forma que la ocurrencia de uno de los eventos activa la representación del otro.

**aprendizaje** Cambio duradero en los mecanismos de conducta que implica estímulos y/o respuestas específicos que resultan de la experiencia previa con estímulos y respuestas similares.

**desempeño** Actividades de un organismo en un momento determinado.

**dualismo** Perspectiva de la conducta según la cual las acciones se pueden separar en dos categorías: conducta voluntaria controlada por la mente y conducta involuntaria controlada por mecanismos reflejos.

**empirismo** Filosofía según la cual todas las ideas en la mente surgen de la experiencia.

**fatiga** Disminución temporal en la conducta causada por el uso repetido o excesivo de los músculos implicados en la conducta.

**hedonismo** Filosofía propuesta por Hobbes según la cual las acciones de los organismos son determinadas por la búsqueda del placer y la evitación del dolor.

**innatismo** Filosofía según la cual los seres humanos nacen con ideas innatas.

**maduración** Cambio en la conducta causado por el desarrollo físico o fisiológico del organismo en ausencia de experiencia con determinados eventos ambientales.

**nervismo** Posición filosófica adoptada por Pavlov en la que todos los procesos conductuales y fisiológicos están regulados por el sistema nervioso.

**reflejo** Mecanismo que permite que un evento ambiental específico suscite una respuesta específica.

**sílaba sin sentido** Combinación de tres letras (dos consonantes separadas por una vocal) que no tiene ningún significado.

CAPÍTULO 2

# Conducta provocada, habituación y sensibilización

**La naturaleza de la conducta provocada**
El concepto de reflejo
Patrones de acción modal
Estímulos provocadores de patrones de acción modal
La organización secuencial de la conducta
**Efectos de la estimulación repetida**
Salivación y valoraciones hedónicas del sabor en seres humanos
Atención visual en los bebés humanos
La respuesta de sobresalto
Sensibilización y modulación de la conducta provocada
Adaptabilidad y capacidad de habituación y sensibilización
Habituación *versus* adaptación sensorial y fatiga de la respuesta
**La teoría del proceso dual de habituación y sensibilización**
Aplicaciones de la teoría del proceso dual
Implicaciones de la teoría del proceso dual
**Habituación y sensibilización de las emociones y conducta motivada**
Reacciones emocionales y sus secuelas
La teoría motivacional del proceso oponente
**Comentarios finales**
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PREVIA DEL CAPÍTULO

El capítulo 2 comienza la discusión de los principios contemporáneos del aprendizaje y la conducta con una descripción de la investigación moderna sobre la conducta provocada, conducta que se produce en respuesta a estímulos ambientales específicos. Muchas de las cosas que hacemos son provocadas por estímulos discretos, incluyendo algunas de las formas más ampliamente investigadas de la conducta. Las respuestas obtenidas van desde los reflejos simples (un parpadeo en respuesta a un soplo de aire), a secuencias más complejas de conducta (el cortejo y la conducta sexual) o las respuestas emocionales complejas y la conducta dirigida a un objetivo (búsqueda y abuso de drogas). Curiosamente, las respuestas reflejas simples pueden estar involucradas en la coordinación de las elaboradas interacciones sociales. Las respuestas provocadas también están involucradas en dos de las formas más básicas y generalizadas de los cambios de conducta: la habituación y la sensibilización. La habituación y la sensibilización son importantes porque están potencialmente implicadas en todos los procesos de aprendizaje. Ellas modulan las respuestas provocadas simples, como la respuesta de sobresalto, y también están involucradas en la regulación de las emociones complejas y la conducta motivada, como la búsqueda de drogas.

Por lo general pensamos en el aprendizaje como el resultado de la instrucción y la práctica deliberada. Pasamos relativamente poco tiempo tratando de entrenar a nuestro pez mascota o a nuestro gato. Sin embargo, dedicamos un gran esfuerzo a la formación de nuestros hijos y de nosotros mismos para hacer todo tipo de cosas, como conducir un auto, jugar al tenis, u operar un nuevo teléfono inteligente. Para enfrentarse a esto, la gente parece capaz de aprender una gama mucho más amplia de habilidades que los peces de colores o los gatos. Sin embargo, lo que raramente se apreciará es que en todas las especies, el qué y el cómo tiene lugar el aprendizaje depende de la organización conductual preexistente del organismo.

La conducta no es del todo flexible, fácilmente movida en cualquier dirección. Más bien, los organismos nacen con sistemas de conducta preexistentes y tendencias que restringen cómo se produce el aprendizaje y qué cambios se pueden esperar de un proceso de entrenamiento. Estas limitaciones las describe Rachlin (1976) con elegancia en una analogía, quien comparó el aprendizaje con esculpir una estatua de madera. El escultor comienza con un trozo de madera que tiene poco parecido con una estatua. A medida que avanza la talla, el trozo de madera llega a parecerse cada vez más al producto final. Pero el proceso no está carente de limitaciones, ya que el escultor debe tener en cuenta la dirección y la densidad del grano de madera y todos los nudos que ésta puede tener. La talla es más exitosa si está en armonía con el grano y los nudos preexistentes de la madera. De manera similar, el aprendizaje es más exitoso si se tiene en cuenta las estructuras de conducta preexistentes del organismo. En este capítulo se describe lo más prominente de estos puntos de partida de la conducta para el aprendizaje, al igual que se describen los fundamentos de la conducta provocada. A continuación se describirá cómo la conducta provocada puede modificarse por la experiencia a través de los procesos de habituación y sensibilización. Es importante entender estos procesos antes de considerar las formas más complejas del aprendizaje, ya que están potencialmente implicados en todos los procedimientos de aprendizaje.

## La naturaleza de la conducta provocada

Todos los animales, ya sean paramecios unicelulares o seres humanos complejos, reaccionan a los acontecimientos de su entorno. Si algo se mueve en la periferia de su visión, es probable que gire su cabeza en esa dirección. Una partícula de comida en la boca provoca salivación. La exposición a una luz intensa hace que las pupilas de los ojos se contraigan. El tocar una estufa caliente provoca una respuesta de rápida retirada. La irritación de las vías respiratorias causa estornudos y tos. Éstos y otros ejemplos similares ilustran que mucha de la conducta se produce en respuesta a los estímulos. Gran parte de la conducta es provocada. En consideración a la naturaleza de la conducta provocada, comenzamos con la descripción de su forma más simple: la conducta refleja.

### El concepto de reflejo

Un ligero soplo de aire dirigido a la córnea hace que el ojo parpadee. Un golpecito justo debajo de la rodilla hace que la pierna patee. Un fuerte ruido causa una reacción de sobresalto. Todos estos son ejemplos de reflejos. Un **reflejo** implica dos acontecimientos estrechamente relacionados: un *estímulo provocador* y una *respuesta correspondiente*. Además, el estímulo y la respuesta están vinculados. La presentación del estímulo es seguida por la respuesta, y la respuesta rara vez ocurre en ausencia del estímulo. Por ejemplo, el polvo en los conductos nasales provoca estornudos, lo que no ocurre en ausencia de irritación nasal.

La especificidad de la relación entre un estímulo y su respuesta refleja acompañante es una consecuencia de la organización del sistema nervioso. En los vertebrados (incluyendo los humanos), los reflejos simples son típicamente mediados por tres neuronas, como se ilustra en la figura 2.1. El estímulo ambiental de un reflejo activa una **neurona sensorial** (también llamada **neurona aferente**), la cual transmite el mensaje sensorial a la médula espinal. Aquí, los impulsos nerviosos se transmiten a la **neurona motora** (también llamada **neurona eferente**), que activa los músculos que intervienen en la respuesta refleja. Sin embargo, las neuronas

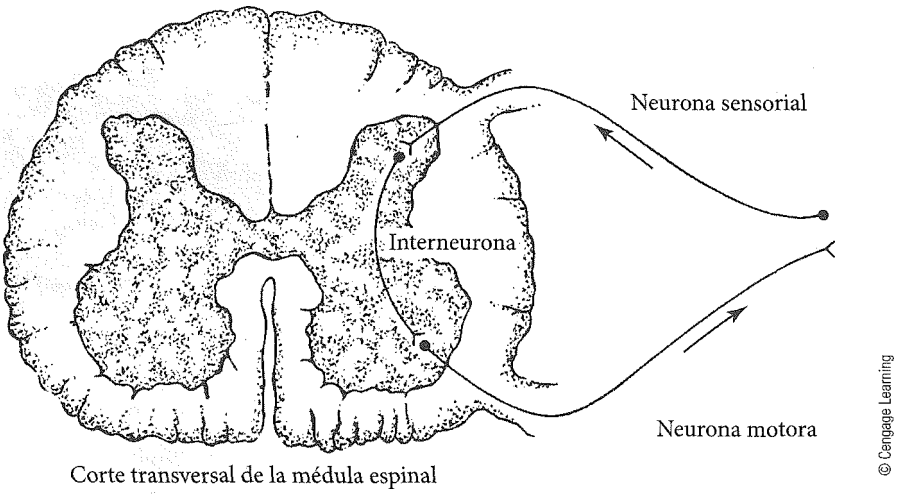



**FIGURA 2.1**
Organización neuronal de los reflejos simples. El estímulo ambiental para un reflejo activa una neurona sensorial, la cual transmite el mensaje sensorial a la médula espinal. Aquí, los impulsos nerviosos se retransmiten a una interneurona, que a su vez transmite los impulsos de la neurona motora. La neurona motora activa los músculos implicados en el movimiento.

sensoriales y motoras rara vez se comunican directamente. Más bien, los impulsos desde una hacia la otra se retransmiten a través de al menos una **interneurona**. Los circuitos neuronales particulares aseguran que las neuronas sensoriales se conecten a un conjunto correspondiente de neuronas motoras. Debido a este "cableado" restringido, una respuesta refleja particular es provocada solamente por un conjunto restringido de estímulos. La neurona aferente, la interneurona y la neurona eferente en conjunto constituyen el *arco reflejo*.

El arco reflejo en los vertebrados representa la menor cantidad de conexiones neuronales necesarias para la acción refleja. Sin embargo, las estructuras neuronales adicionales también pueden estar implicadas en el desencadenamiento de los reflejos. Por ejemplo, los mensajes sensoriales pueden ser transmitidos al cerebro, que a su vez puede modificar la reacción refleja de diversas maneras. Tales efectos serán analizados más adelante en el capítulo. Por ahora es suficiente tener en cuenta que incluso la aparición de reflejos simples puede ser influenciada por el aumento de la actividad del sistema nervioso.

Los reflejos raramente disponen de mucha atención en la psicología, pero son muy importantes porque contribuyen al bienestar del organismo de muchas maneras. Los reflejos nos mantienen vivos. Por ejemplo, en los recién nacidos, los reflejos son esenciales para la alimentación. Si toca la mejilla de un bebé con el dedo, el bebé de manera refleja gira su cabeza en esa dirección, con el resultado de que el dedo caerá en la boca del bebé. Este reflejo de girar la cabeza evolucionó sin duda para facilitar la búsqueda del pezón. Una vez que su dedo ha caído en la boca del recién nacido, el bebé comenzará a succionar. La sensación de un objeto en la boca genera la succión reflexiva (figura 2.2). Cuanto más se asemeje el objeto a un pezón, más vigorosa será la respuesta de succión.

Curiosamente, la lactancia exitosa implica respuestas reflejas no sólo por parte del niño, sino también por parte de la madre. La disponibilidad de la leche en la mama está determinada por el reflejo de bajada de la leche. Durante las etapas tempranas de la lactancia, el reflejo de bajada de leche se activa por el comportamiento de succión del bebé. Sin embargo, después de una amplia experiencia lactante, el reflejo de la bajada de leche puede ser también estimulado por las señales que predicen de forma fiable la succión del bebé, tales como la hora del día o el llanto del bebé cuando él o ella tiene hambre. Por tanto, la lactancia exitosa implica una exquisita coordinación de la actividad refleja por parte del niño y la madre.

Otro reflejo importante, el *reflejo de oclusión de las vías respiratorias*, es estimulado por una reducción del flujo de aire que llega al bebé, que puede ser causado por una tela que cubre la cara del bebé o por la acumulación de mucosidad en los conductos nasales. En respuesta al flujo de aire reducido, la primera reacción del bebé es echar su cabeza hacia atrás. Si esto no

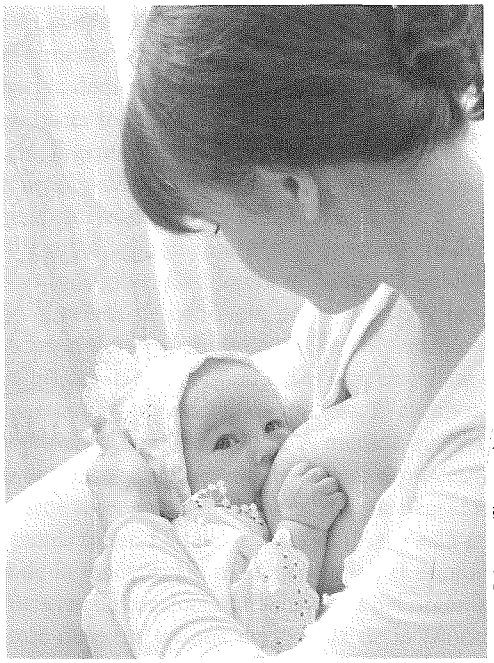

© SvetlanaFedoseyeva/Shutterstock.com

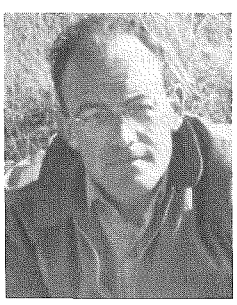
**FIGURA 2.2** La succión en los bebés. La succión es uno de los reflejos más destacados en los lactantes.

elimina el estímulo provocador, el bebé moverá sus manos como limpiando su cara. Si esto también falla para eliminar dicho estímulo, el bebé comenzará a llorar. El llanto implica la expulsión vigorosa de aire, que puede ser suficiente para eliminar todo lo que obstruye las vías aéreas.

## Patrones de acción modal

Las respuestas reflejas simples, como la contracción pupilar ante una luz brillante y las reacciones de sobresalto a un breve pero fuerte ruido, son evidentes en muchas especies. Por el contrario, otras formas de conducta provocada ocurren en una sola especie o en un pequeño grupo de especies relacionadas. Succionar en respuesta a un objeto colocado en la boca es una característica de los mamíferos lactantes. Los polluelos de la gaviota arenque son tan dependientes de la alimentación de los padres como los mamíferos recién nacidos, pero su comportamiento de alimentación es muy diferente. Cuando una gaviota padre vuelve al nido de un viaje de forrajeo, los polluelos picotean en la punta del pico de los padres (figura 2.3). Esto hace que el padre regurgite. Mientras los polluelos siguen picoteando, se las arreglan para conseguir el alimento regurgitado de los padres, y esto les proporciona su alimento.

Las secuencias de respuesta, como las que participan en la alimentación infantil, que son típicas de una especie en particular, son conocidas como **patrones de acción modal (PAM)** (Baerends, 1988). Se han identificado PAM de especies típicas en muchos aspectos conductuales de los animales, incluyendo la conducta sexual, la defensa del territorio, la agresión y la captura de presas. Por ejemplo, las palomas anilladas comienzan su conducta sexual con una interacción de cortejo que culmina en la selección de un sitio de anidación y la construcción cooperativa del nido por el macho y la hembra. Por el contrario, en el pez espinoso, una pequeña especie de pez, el macho establece primero su territorio y construye un nido. Las hembras que entran en el territorio después de que el nido ha sido construido son entonces cortejadas e inducidas a poner sus huevos en el nido. Una vez que una hembra ha depositado sus huevos, es ahuyentada, dejando al macho espinoso el cuidado y defensa de los huevos hasta que nacen las crías.


Thomas D. Mcavoy/Time Life Pictures/Getty Images

G. P. Baerends

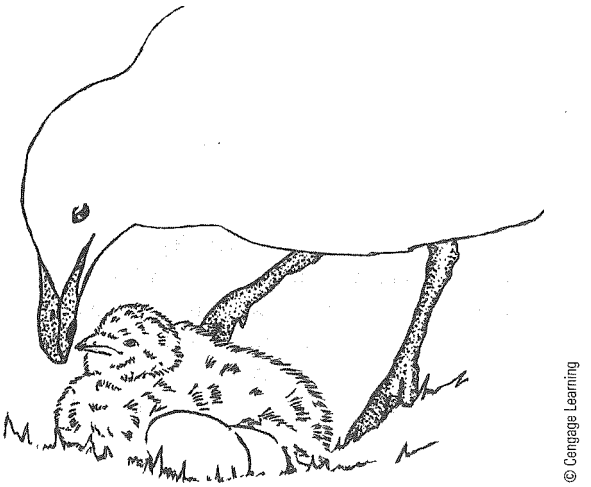

© Cengage Learning

**FIGURA 2.3**
Alimentación de los polluelos de la gaviota arenque. Los polluelos picotean una mancha roja cerca de la punta del pico de los padres, haciendo que éstos regurgiten la comida para ellos.

Una característica importante de los PAM estriba en que el umbral para la provocación de tales actividades varía (Camhi, 1984; Baerends, 1988). El mismo estímulo puede tener muy diferentes efectos dependiendo del estado fisiológico del animal y de sus acciones recientes. Por ejemplo, un pez espinoso macho no va a cortejar a una hembra que está lista para depositar sus huevos sino hasta que haya completado la construcción de su nido. Y después de que la hembra haya depositado sus huevos, el macho la ahuyentará en lugar de cortejarla como lo hizo antes. Por otra parte, estas respuestas sexuales y territoriales sólo se producirán cuando las señales ambientales induzcan cambios fisiológicos que son característicos de la época de cría, tanto en machos como en hembras.

## Estímulos provocadores de patrones de acción modal

El estímulo provocador es bastante fácil de identificar en el caso de un reflejo simple, como la succión infantil. El estímulo responsable de un PAM puede ser más difícil de aislar si la respuesta se produce en el curso de interacciones sociales complejas. Por ejemplo, consideremos de nuevo la alimentación de un polluelo de la gaviota de arenque. Para conseguir alimento, el polluelo tiene que picotear el pico de los padres para estimularlos a regurgitar la comida. Pero exactamente, ¿qué estimula la respuesta de picoteo del polluelo?

El picoteo de los polluelos puede ser provocado por el color, la forma o la longitud del pico de los padres, los ruidos que hacen, los movimientos de la cabeza, o todos en combinación. Para aislar cuál de estos estímulos provoca el picoteo, Tinbergen y Perdeck (1950) probaron polluelos con varios modelos artificiales en lugar de gaviotas adultas vivas. A partir de esta investigación, se llegó a la conclusión de que el estímulo provocador tenía que ser un largo y delgado objeto en movimiento, apuntando hacia abajo y con una mancha roja contrastante cerca de la punta. El color amarillo del pico de los padres, la forma y coloración de la cabeza, y los ruidos que el padre hace, no son necesarios para provocar picoteo en los polluelos de la gaviota. Algunas características esenciales se denominaron, colectivamente, **estímulo signo**, o **estímulo liberador**, para picotear por parte de los polluelos. Una vez que un estímulo signo ha sido identificado, puede ser exagerado para provocar una respuesta especialmente vigorosa. Tal estímulo signo exagerado recibe el nombre de **estímulo supranormal**. Por ejemplo, la conducta alimentaria es causada por el sabor de la comida en la boca. Algo que tiene un sabor dulce y es alto en contenido de grasa es especialmente eficaz en el fomento de la alimentación. Así, se puede crear un estímulo supranormal para alentar el comer adicionando azúcar y grasa. Esto es bien conocido en la industria de la comida rápida. Aunque los estímulos signo fueron originalmente identificados en los estudios con sujetos no humanos, los estímulos signo también juegan un papel importante en el control de la conducta humana (Barrett, 2010).

Con el regreso de las tropas de Irak, el trastorno de estrés postraumático (TEPT) y el miedo y la ansiedad asociados al trauma son frecuentes en las noticias. Una mejor comprensión del trastorno de estrés postraumático requiere conocimiento sobre cómo reacciona la gente ante el peligro y cómo aprende de esas experiencias (Kirmayer, Lemelson y Barad, 2007). Responder con eficacia al peligro ha sido fundamental en la historia de la evolución de todos los animales, incluidos los seres humanos. Los individuos que no respondieron eficazmente al peligro sucumbieron al ataque y no transmitieron sus genes a las generaciones futuras. Por tanto, los sucesos traumáticos han llegado a provocar fuertes PAM defensivos. Vestigios de esta historia evolutiva son evidentes en los estudios de laboratorio que muestran que tanto los niños como los adultos detectan las serpientes más rápidamente que las flores, ranas u otros estímulos no amenazantes (por ejemplo, LoBue y DeLoache, 2010, 2011). Los primeros componentes del patrón de la acción defensiva son el reflejo de parpadeo y la respuesta de sobresalto. Debido a su importancia en la conducta defensiva, se analizarán estos reflejos más adelante en éste y en los capítulos siguientes.

Los estímulos signo y los estímulos supranormales también tienen un papel importante en la conducta social y sexual. La conducta copulatoria implica una secuencia compleja de respuestas motoras que tienen que ser elaboradamente coordinadas con la conducta de la pareja sexual. Los PAM involucrados en la excitación sexual y la cópula son provocados por estímulos signo visuales, olfativos, táctiles, y otros tipos que son específicos de cada especie. Los estímulos visuales, táctiles y olfativos son importantes en las interacciones sociales y sexuales humanas. Las industrias de cosméticos y perfumes tienen éxito porque se aprovechan de los estímulos signo que provocan la atracción y afiliación social humana y mejoran estos estímulos. Las mujeres ponen color rojo en sus labios y no en sus oídos porque sólo el rojo en los labios aumenta el estímulo signo natural de atracción social humana. La cirugía plástica para realzar los pechos y los labios también es eficaz, ya que refuerza la ocurrencia natural de los estímulos signo de la conducta social humana.

Los estudios sobre el aprendizaje que se abordarán en este libro se basan principalmente en los PAM que participan en el comer, el beber y en la conducta sexual y defensiva.

## RECUADRO 2.1

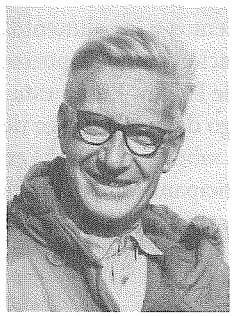
### *Aprendizaje* versus *instinto*

Debido a que los PAM se presentan en forma similar entre los miembros de una determinada especie, incluyen actividades que se caracterizan de manera informal como *instintivas*. Históricamente se considera que las conductas instintivas han sido determinadas principalmente por la historia genética y evolutiva de una especie, mientras que las conductas aprendidas son adquiridas durante la vida del organismo a través de sus interacciones con su entorno. Esta distinción es similar a la diferencia entre el innatismo y el empirismo perseguido por Descartes y los empiristas británicos. La distinción innato frente a aprendido también sigue siendo popular en la biología actual (Bateson y Mameli, 2007), pero ya no es defendible científicamente. Los científicos ya no categorizan conducta instintiva frente a aprendida por dos razones principales (Domjan, 2012). En primer lugar, el hecho de que todos los miembros de una especie exhiban las mismas conductas sexuales o de alimentación no significa que éstas se hereden en lugar de ser aprendidas. Conductas similares entre todos los miembros de una especie pueden reflejar experiencias de aprendizaje similares. Como el etólogo G. P. Baerends (1988) escribió, "Los procesos de aprendizaje en sus múltiples variaciones son herramientas, por así decirlo, que se pueden utilizar en la construcción de algunos segmentos en la organización de la conducta específica de la especie" (p. 801). En segundo lugar, la diferencia histórica entre el aprendizaje y el instinto estuvo basada en una concepción anticuada de cómo los genes determinan el comportamiento. Los genes no producen puntos finales conductuales en ausencia de una entrada ambiental o de la experiencia. Por el contrario, la investigación reciente ha revelado numerosos procesos epigenéticos que determinan las circunstancias en las que se transcribe y expresa el ADN. Es sólo a través de estos procesos epigenéticos, que a menudo involucran insumos experienciales y ambientales, que el ADN puede producir determinados rasgos conductuales (por ejemplo, Champagne, 2010).

## La organización secuencial de la conducta

Las respuestas no se producen aisladas unas de otras. Por el contrario, las acciones individuales se organizan en secuencias funcionalmente eficaces de conducta. Por ejemplo, para obtener alimento, una ardilla primero tiene que mirar a su alrededor para localizar las fuentes de alimento potenciales, como un árbol de nogal con nueces. A continuación tiene que subir al árbol y llegar a una de las nueces. Después de obtener la nuez, tiene que romper la cáscara, extraer el alimento, masticar y tragar. Toda la conducta motivada, ya sea en busca de alimento, la búsqueda de una pareja potencial, la defensa de un territorio, o alimentar a alguna cría, implica secuencias de acciones organizadas sistemáticamente. Los etólogos llaman **conducta apetitiva** a los primeros componentes de una secuencia conductual, y a los componentes finales, **conducta consumatoria** (Craig, 1918). El término *consumatorio* fue pensado para transmitir la idea de *consumación* o *finalización* de la secuencia de respuesta típica de una especie. En contraste, las respuestas del apetito ocurren al inicio de una secuencia conductual y sirven para poner al organismo en contacto con los estímulos que liberarán la conducta consumatoria.

Masticar y tragar son las respuestas que completan las actividades involucradas en la búsqueda de alimentos. Golpear y morder a un oponente son acciones que consuman la conducta defensiva. Las respuestas copulatorias sirven para completar el cortejo y la secuencia de la conducta sexual. En general, las respuestas consumatorias son conductas muy estereotipadas típicas de las especies que provocan estímulos específicos o liberadores. Por el contrario, las conductas del apetito son más variables y pueden tomar una diversidad de formas diferentes dependiendo de la situación (Tinbergen, 1951). Por ejemplo, para llegar a un árbol de nogal, una ardilla puede correr de un lado a otro o saltar a un árbol vecino. Estas son todas las posibles respuestas del apetito que conducen en realidad a comer la nuez. Sin embargo, una vez que la ardilla está lista para poner la nuez en su boca, la respuesta de masticación y la deglución hace que sean bastante estereotipadas.


Photoshot

Nikolaas Tinbergen

Como es evidente a partir de las variedades de la cocina étnica, personas de diferentes culturas tienen diferentes maneras de preparar la comida (conducta apetitiva), pero todas ellas más o menos mastican y tragan de la misma manera (conducta consumatoria). Las acciones que se consideran groseras y amenazantes (respuestas apetitivas defensivas) también difieren de una cultura a otra. Pero las personas se golpean y lastiman unas a otras (conducta consumatoria defensiva) más o menos de la misma manera independientemente de la cultura. Las respuestas consumatorias tienden a ser PAM típicos de las especies. Por el contrario, las conductas apetitivas son más variables y más aptas para ser moldeadas por el aprendizaje.

La organización secuencial de la conducta que ocurre de forma natural es de considerable importancia para los científicos interesados en el aprendizaje, debido a que los efectos de aprendizaje a menudo dependen de qué componente de la secuencia de conducta se está modificando. Como se analizará en los siguientes capítulos, los resultados del condicionamiento pavloviano e instrumental dependen de cómo estos procedimientos de aprendizaje modifican la secuencia natural de la conducta de un organismo. Los teóricos son cada vez más conscientes de la importancia de considerar las secuencias de la conducta natural y se han expandido en la diferencia entre conducta apetitiva y consumatoria hecha por los primeros etólogos.

Por ejemplo, al considerar la forma en la que los animales obtienen alimentos, ahora es común caracterizar que la secuencia de respuesta de forrajeo inicia con un ***modo de búsqueda general***, continúa con un ***modo de búsqueda focalizada***, y termina con un ***modo de manipulación e ingestión de alimentos***. Por tanto, en la teoría moderna del aprendizaje, la categoría de respuesta apetitiva se ha subdividido en categorías de búsqueda general y búsqueda focalizada (por ejemplo, Timberlake, 2001). Las respuestas de búsqueda general ocurren cuando el animal todavía no sabe dónde buscar comida. Antes de que una ardilla haya identificado un árbol de nogal con nueces maduras, se moverá en busca de posibles fuentes de alimentos. Las respuestas de búsqueda general no están espacialmente localizadas. Sin embargo, una vez que la ardilla ha encontrado un árbol de nogal, cambiará al modo de búsqueda focalizada y comenzará a buscar nueces maduras sólo en ese árbol. Por tanto, la conducta de búsqueda focal se caracteriza por una mayor especificidad espacial de la búsqueda general. Una vez que la conducta de búsqueda focalizada ha llevado a una pacana madura para la cosecha, la conducta de la ardilla cambiará respecto de la manipulación de los alimentos y el modo de ingestión (comportamiento consumatorio).

# Efectos de la estimulación repetida

Una suposición común es que una respuesta provocada, en particular una respuesta refleja simple, se producirá automáticamente de la misma manera cada vez que el estímulo provocador se presente. Esto es exactamente lo que pensaba Descartes. En su opinión, la conducta refleja era poco inteligente en el sentido de que era automática e invariante. Según Descartes, cada aparición del estímulo provocador producirá la misma reacción refleja debido a que, en su concepción, la energía del estímulo fue transferida a la respuesta motora a través de una conexión física directa. Si el estímulo provocador sigue siendo el mismo, la respuesta provocada también sería la misma.

Contrariamente a lo que pensaba Descartes, la conducta provocada no es invariante. De hecho, una de las características más impresionantes de la conducta provocada (y una razón por la que pasamos tanto tiempo hablando de ello) es que la conducta provocada está fácilmente sujeta a modificaciones a través de la experiencia. Esta conducta provocada puede disminuir o aumentar a través de la activación de los mecanismos de habituación y sensibilización. Debido a que estas son algunas de las formas más simples y básicas del aprendizaje, las consideraremos en lo subsiguiente.

## Salivación y valoraciones hedónicas del sabor en seres humanos

La habituación juega un papel importante en la forma en que respondemos a los alimentos que comemos (Epstein *et al*, 2009). El sabor de la comida provoca salivación como respuesta refleja. Esto ocurre tan fácilmente en las personas como en los perros de Pavlov. En un estudio, se midió la salivación en ocho mujeres en respuesta al sabor del jugo de limón o jugo de lima (Epstein *et al*, 1992). Se colocó una pequeña cantidad de uno de los sabores (0.03 mL) en la lengua de la participante en cada uno de 10 ensayos. Se pidió a la participante que evaluara lo mucho que le gustaba el sabor de cada prueba, y también se midió la salivación a cada presentación de sabor. Los resultados se resumen en la figura 2.4.

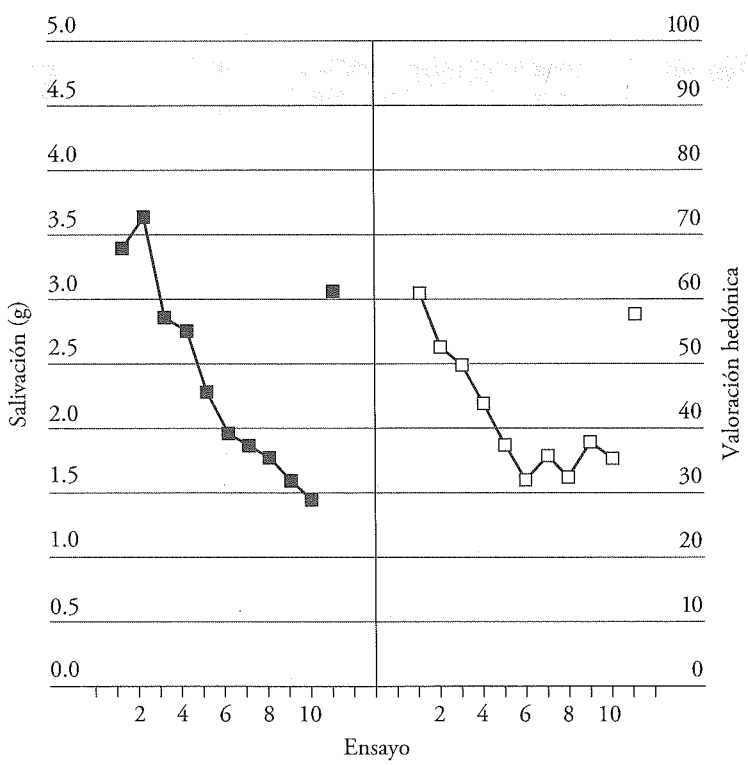



**FIGURA 2.4** Salivación y valoraciones del sabor en respuesta a un estímulo gustativo (lima o limón) repetidamente presentado a las mujeres en los ensayos 1 a 10. El sabor alternativo fue presentado en el ensayo 11, causando una recuperación sustancial en la respuesta. (Basado en Epstein, Rodefer, Wisniewski y Caggiula, 1992.)

La salivación en respuesta al sabor aumentó ligeramente del ensayo 1 al ensayo 2, pero a partir de éste y hasta el 10, la respuesta disminuyó sistemáticamente. Curiosamente, se observó una disminución similar en las valoraciones hedónicas del sabor. Éste se volvió menos agradable, como se encontró repetidamente. En el ensayo 11, el sabor fue cambiado (a lima para las participantes que habían estado expuestas al limón, y a limón para las participantes que habían estado expuestas previamente a la lima). Esto produjo una recuperación dramática en el reflejo salival y la valoración hedónica. (Para obtener resultados similares en un estudio con niños, consulte Epstein *et al*, 2003.)

Los resultados presentados en la figura 2.4 son relativamente simples, pero nos dicen una serie de cosas importantes acerca de la plasticidad de la conducta provocada. En primer lugar, y lo más obvio, nos dicen que la conducta provocada no se mantiene invariable a través de repeticiones del estímulo provocador. La salivación y las valoraciones hedónicas disminuyeron con ensayos repetidos. En el caso de la salivación, la disminución en la respuesta final fue precedida por un breve aumento del ensayo 1 al 2. La declinación en la respuesta que se produce con la presentación repetida de un estímulo se denomina **efecto de habituación**. La habituación es una característica prominente de la conducta provocada que es evidente en prácticamente todas las especies y situaciones (Rankin *et al*, 2009).

Otra característica destacada de los resultados presentados en la figura 2.4 es que la disminución en la respuesta fue específica al estímulo habituado. Las personas habituadas al sabor de limón mostraron respuestas fortalecidas cuando probaron el sabor de lima al final del experimento (y viceversa). Esta recuperación se produjo en la respuesta salival al sabor y en la respuesta hedónica, e ilustra una de las propiedades cardinales de la habituación; a saber, que la habituación es *específica del estímulo*.

La función de la especificidad del estímulo significa que la habituación puede invertirse fácilmente cambiando el estímulo. Considere lo que esto significa en la alimentación. A medida que toma bocados repetidos de la misma comida, su interés en los alimentos disminuye, y en algún momento esto hará que usted deje de comer. Sin embargo, si se cambia el sabor de la comida, el efecto de habituación se habrá ido y su interés en la comida volverá. Por tanto, es probable que coma más si usted está ingiriendo alimentos con sabores variados que si su comida sólo tiene un sabor. Es difícil resistirse a volver a una mesa de *buffet*, dada la variedad de sabores que se ofrecen, pero es fácil rechazar una segunda ración de puré de papas si esta ración sabe igual que la primera.

Otra variable importante que influye en la tasa de habituación al sabor es la atención a los estímulos de sabor. En un fascinante estudio, se probó la habituación de niños a un estímulo gustativo mientras estaban trabajando en un problema que requería su atención. En otra condición, no se les presentó una tarea de distracción o la tarea era tan fácil que no requería mucha atención. Curiosamente, si se desviaba la atención de los niños de las presentaciones gustativas, mostraban mucho menos habituación al sabor (Epstein *et al*, 2005). Este es un hallazgo muy importante porque nos ayuda a entender por qué la comida sabe mejor y por qué la gente come más si está teniendo una cena con amigos o si está comiendo mientras ve la televisión. Tener la atención dirigida a señales que no son alimentos evita que la comida se vuelva poco interesante a través de la habituación.

Los ejemplos anteriores ilustran algunas de las formas en que la habituación puede influir en la ingesta de alimentos y el aumento de peso. Como resultado, en la obesidad en sí puede influir la habituación al sabor. En un interesante estudio, la habituación al sabor de yogur de limón fue examinada en las mujeres que eran obesas o de peso normal (Epstein, Paluch y Coleman, 1996). La respuesta salival mostró el efecto de habituación común en las mujeres de peso normal. Por el contrario, las mujeres con sobrepeso no mostraron el efecto de habituación estándar, pero continuaron su respuesta enérgica al yogur en todos los ensayos de sabor (figura 2.5). Este es un hallazgo sorprendente y sugiere que la obesidad puede ser, al menos en parte, un trastorno de la habituación. (Para obtener resultados similares con los niños, ver Epstein *et al*, 2008.)

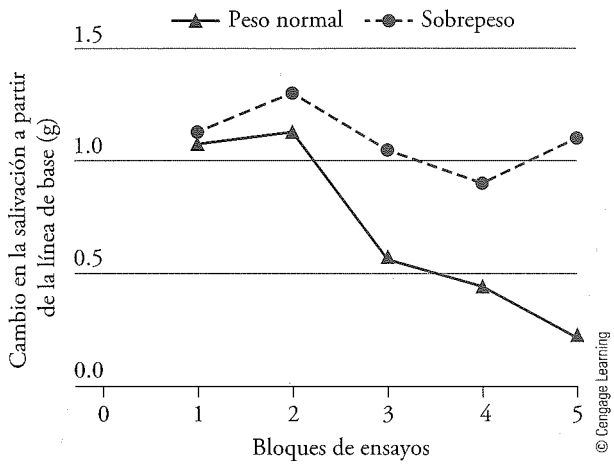



**FIGURA 2.5** Cambio en la salivación de los niveles de referencia en respuesta al sabor de yogur de limón en las mujeres obesas y con peso normal en bloques de 2 ensayos.

## Atención visual en los bebés humanos

Los bebés humanos tienen mucho que aprender sobre el mundo. Una manera de obtener información es observando las cosas. Las indicaciones visuales provocan una respuesta de búsqueda, que puede ser medida por el tiempo que el niño mantiene sus ojos en un objeto antes de cambiar la mirada hacia otra parte (figura 2.6).

En un estudio de la atención visual (Bashinski, Werner y Rudy, 1985), se asignaron bebés de cuatro meses de edad a uno de dos grupos, y cada grupo se puso a prueba con un estímulo visual diferente. Los estímulos se muestran en el panel derecho de la figura 2.7. Ambos eran patrones de tablero de ajedrez, pero uno tenía 4 cuadros en cada lado (estímulo de 4 × 4), mientras que el otro tenía 12 cuadros en cada lado (estímulos de 12 × 12). Cada presentación del estímulo duró 10 segundos, y los estímulos se presentaron ocho veces con un intervalo de 10 segundos entre los ensayos.

Ambos estímulos suscitaron la atención visual en un principio, con los bebés pasando un promedio de alrededor de 5.5 segundos mirando los estímulos. Con presentaciones repetidas del estímulo de 4 × 4, se redujo progresivamente la atención visual, mostrando un *efecto de habituación*. Por el contrario, el estímulo de 12 × 12 produjo un *efecto de sensibilización* inicial, evidente en el aumento de la búsqueda durante el segundo ensayo en comparación con el primero. Pero después de eso la atención visual también se habituó al estímulo de 12 × 12.

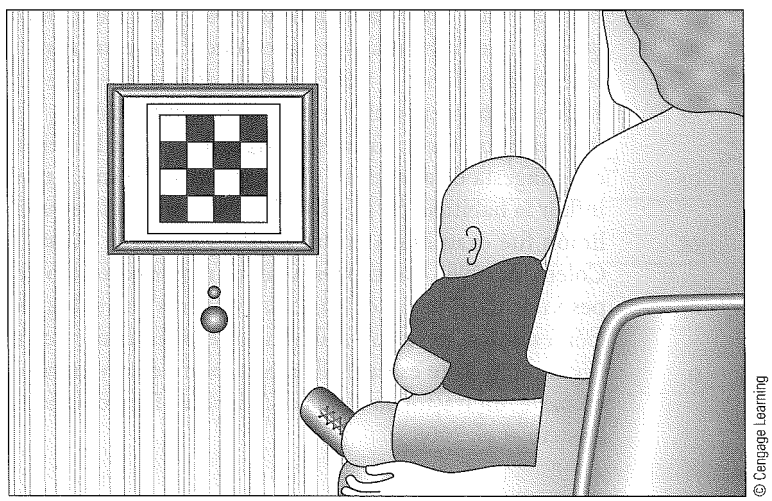



**FIGURA 2.6** Montaje experimental para el estudio de la atención visual en los bebés. El bebé está sentado frente a una pantalla que se utiliza para presentar diversos estímulos visuales. El tiempo que el niño ve la pantalla antes de desviar su mirada hacia otra parte es medido en cada ensayo.

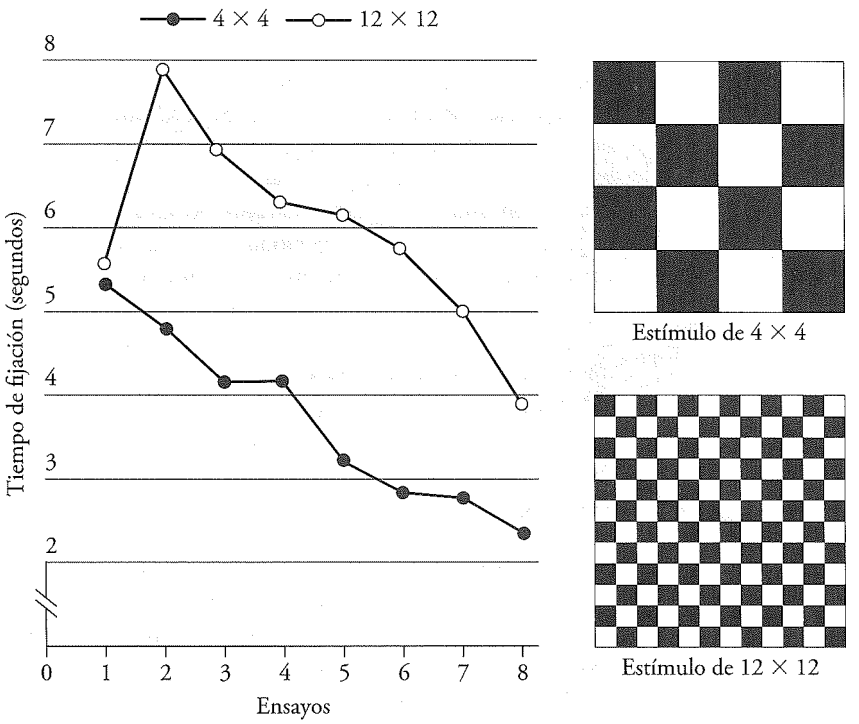



**FIGURA 2.7** Tiempo que los bebés pasan mirando un estímulo visual durante los ensayos sucesivos. Para un grupo, el estímulo consistía en un patrón de tablero de ajedrez de 4 × 4. Para un segundo grupo, el estímulo consistió en un patrón de tablero de ajedrez de 12 × 12. Los estímulos se ilustran a la derecha de los resultados. (Basado en "Determinants of Infant Visual Attention: Evidence for a Two-Process Theory", H. Bashinski, J. Werner y J. Rudy, *Journal of Experimental Child Psychology, 39*, pp. 580-598.)

Este experimento relativamente sencillo nos dice mucho sobre la atención visual y sobre la habituación y la sensibilización. Los resultados muestran que la atención visual provocada por un nuevo estímulo cambia a medida que los bebés se familiarizan con el estímulo. La naturaleza del cambio se determina por la índole del estímulo. Con un patrón relativamente simple de 4 × 4 sólo se produce un efecto de habituación progresiva. Con un patrón más complejo de 12 × 12 se produce una sensibilización transitoria, seguida por la habituación. Por tanto, la observación o no de sensibilización depende de la complejidad del estímulo. Con ambos estímulos los bebés finalmente mostraron menos interés, ya que se familiarizaron con el estímulo. Otros estudios han demostrado que el interés por lo que aparecía en la pantalla se habría recuperado si un nuevo o diferente estímulo hubiera sido presentado después de la fase de familiarización, tal como vimos en el estudio de la habituación gustativa descrito anteriormente.

Los bebés no pueden decirnos con palabras lo que ven o piensan acerca de las cosas. Por tanto, los científicos están obligados a utilizar las técnicas conductuales para estudiar la percepción y la cognición infantil. La tarea de atención visual puede proporcionar información acerca de la agudeza visual. Por ejemplo, a partir de los datos de la figura 2.7 se puede concluir que estos niños eran capaces de distinguir los dos diferentes patrones de tablero de ajedrez. Este tipo de procedimiento de habituación también se ha utilizado para estudiar una amplia gama de otras preguntas más complicadas sobre la cognición y la percepción infantil (ver Colombo y Mitchell, 2009, para un repaso). Por ejemplo, un estudio reciente examina cómo los bebés recién nacidos perciben rostros humanos.

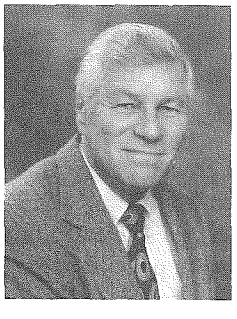
Los rostros proporcionan una gran cantidad de información que es crucial en las interacciones interpersonales. Las personas son expertas en reconocer y recordar rostros. ¿Qué hay de los recién nacidos de 1-3 días de edad? Reconocer una cara requiere no sólo recordar sus características, sino también el reconocimiento del rostro cuando gira un poco hacia un lado o el otro. ¿Saben los recién nacidos que una cara es la misma incluso si se gira un poco hacia un lado? ¿Cómo podríamos responder esta pregunta teniendo en cuenta que los recién nacidos no pueden hablar o hacer mucho?

Turati, Bulf y Simion (2008) adaptaron la tarea de atención visual para estudiar la percepción de rostros. Los recién nacidos de menos de 3 días de edad se familiarizaron primero con una fotografía de un rostro presentada en una pose de cara completa o girada ligeramente hacia un lado. Para evitar que los bebés utilizaran el cabello del modelo como señal, el pelo de la modelo fue bloqueado con Photoshop. Después de que los bebés se habituaron a mirar el estímulo de entrenamiento, se les puso a prueba con dos fotos diferentes. Las caras de prueba estaban en una orientación diferente de los estímulos de entrenamiento. Una de las caras de la prueba era de la misma persona que el niño vio durante la fase de habituación; la segunda cara era de una persona diferente. Si el niño reconocía el rostro original, se esperaba que pasara menos tiempo buscando la nueva cara. Cuando se le presentaron los dos rostros de la prueba, el niño pasó menos tiempo mirando la cara de la persona familiar que el rostro de la persona nueva. Esto demuestra que los recién nacidos podían decir que las dos caras eran diferentes. Además, los resultados mostraron que los recién nacidos podían decir qué cara habían visto antes a pesar de que el rostro apareció con una nueva orientación durante el proceso de prueba. Esta es una hazaña de aprendizaje y memoria verdaderamente notable teniendo en cuenta que las caras son estímulos complejos y los bebés tenían menos de 3 días de edad. Esto es sólo un ejemplo de cómo las técnicas conductuales descritas en este libro pueden ser utilizadas para estudiar la cognición en los organismos no verbales.

El paradigma de la atención visual se ha convertido en una herramienta importante en el estudio de la percepción infantil, así como de formas más complejas de la cognición. Por ejemplo, se ha utilizado para estudiar si los bebés son capaces de operaciones matemáticas rudimentarias, razonar acerca de las leyes del mundo físico, discriminar entre los dibujos de los objetos que son físicamente posibles frente a los que no son físicamente posibles y discriminar entre las propiedades de líquidos y sólidos (Baillargeon, 2008; Hespos, Ferry y Rips, 2009; McCrink y Wynn, 2007; Shuwairi, Albert y Johnson, 2007). Algunas investigaciones de este tipo han estimulado el debate enérgico sobre el grado en que las propiedades perceptivas de los estímulos, más que su significado dentro de la estructura de conocimiento del niño, controlan la atención visual (Schöner y Thelen, 2006). Independientemente de cómo se resuelva este debate, no hay duda de que el paradigma de la atención visual ha proporcionado una gran cantidad de información acerca de la cognición infantil en edades que preceden a la adquisición del lenguaje.

## La respuesta de sobresalto

Como se mencionó antes, la respuesta de sobresalto es parte de la reacción defensiva del organismo a un ataque potencial o real. Si alguien sopla un silbato inesperadamente detrás de su espalda, es probable que usted salte. Esta es la respuesta de sobresalto. Se compone de un salto repentino y tensado de los músculos de la parte superior del cuerpo, que generalmente incluye la elevación de los hombros y el encogimiento de la cabeza hacia los hombros. También incluye el parpadeo de los ojos. La reacción de sobresalto se puede medir colocando el organismo en una superficie con un sensor de presión. La reacción de sobresalto aumenta brevemente la presión contra el suelo.



Cortesía de M. Davis

M. Davis

La respuesta de sobresalto ha sido investigada extensamente debido a su papel en el miedo y la conducta defensiva. Los científicos interesados en la neurobiología del miedo y en el desarrollo de medicamentos que ayuden a aliviar el miedo han encontrado que la respuesta de sobresalto es una medida muy eficaz. Muchos de los estudios originales de la respuesta de sobresalto fueron realizados con ratas y ratones de laboratorio (por ejemplo, Halberstandt y Geyer, 2009). Sin embargo, en los últimos años la técnica también ha sido desarrollada para su uso con los monos rhesus (Davis *et al*, 2008).

La figura 2.8 muestra el diagrama de una *cámara con estabilómetro* utilizada para medir la respuesta de sobresalto en ratas. Cuando es sobresaltada, la rata salta, y cuando cae, pone presión extra en el suelo de la cámara. Esto activa el sensor de presión debajo de la cámara. Los cambios de presión se utilizan como indicadores del vigor de la reacción de sobresalto.

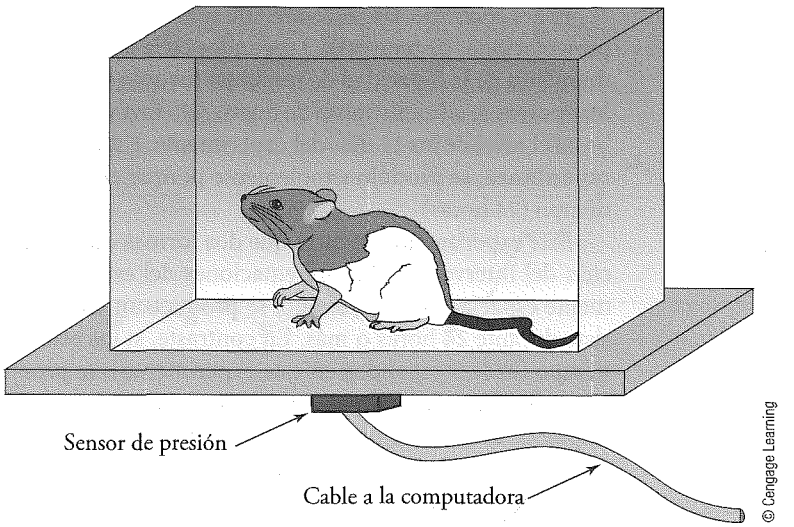



**FIGURA 2.8** Aparato estabilómetro para medir la respuesta de sobresalto de las ratas. Una pequeña cámara está sobre un sensor de presión. Los movimientos bruscos de la rata son detectados por el sensor de presión y se registran en una computadora.

La reacción de sobresalto en experimentos con ratas de laboratorio por lo general es provocada por un breve sonido fuerte. En un experimento (Leaton, 1976), el estímulo de sobresalto fue un tono alto y agudo presentado durante 2 segundos. A los animales se les permitió primero acostumbrarse a la cámara experimental sin presentaciones de tono. Cada rata recibió entonces una sola presentación de tono una vez al día durante 11 días. En la siguiente fase del experimento los tonos se presentaron con mucha más frecuencia (cada 3 segundos) para un total de 300 ensayos. Finalmente, a los animales se les dio una sola presentación de tono en cada uno de los tres días siguientes, como al comienzo del experimento.

La figura 2.9 muestra los resultados. La reacción de sobresalto más intensa se observó la primera vez que el tono fue presentado. Progresivamente se produjeron reacciones menos intensas durante los siguientes 10 días. Debido a que en esta fase los animales recibieron una sola presentación del tono cada 24 horas, los decrementos progresivos en la respuesta indicaron que los efectos de habituación a las presentaciones de estímulo persistieron durante todo el periodo de 11 días. Sin embargo, vale la pena señalar que esta habituación a largo plazo no resultó en la pérdida completa del reflejo de sobresalto. Incluso a los 11 días, los animales todavía reaccionaron un poco.

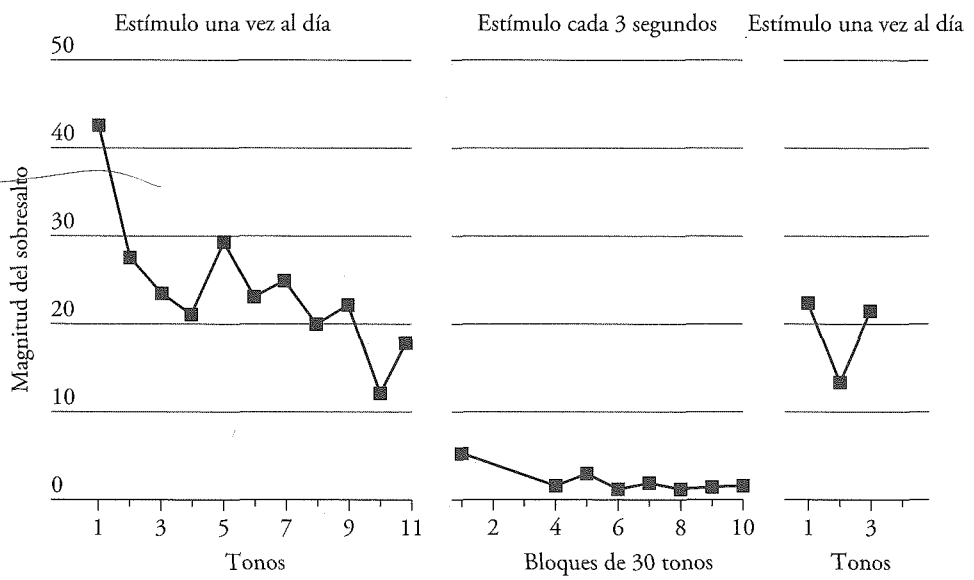



**FIGURA 2.9** Respuesta de sobresalto de ratas a un tono presentado una vez al día en la fase 1, cada 3 segundos en la fase 2, y una vez al día en la fase 3. (Basado en "Long-Term Retention of the Habituation of Lick Suppression and Startle Response Produced by a Single Auditory Stiumuls", R. N. Leaton, 1976, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 2*, pp. 248-259.)

Por el contrario, las reacciones de sobresalto cesaron rápidamente cuando se produjeron las presentaciones de tono cada 3 segundos en la fase 2 del experimento. Sin embargo, esta pérdida dramática de la capacidad de respuesta fue sólo temporal. En la fase 3 del experimento, cuando los ensayos se administraron de nuevo sólo una vez al día, la respuesta de sobresalto se recuperó hasta el nivel de los 11 días del experimento. Esta recuperación, conocida como **recuperación espontánea**, se produjo simplemente porque el tono no había sido presentado por un largo tiempo (24 horas).

Este experimento muestra que dos formas diferentes de habituación se producen en función del intervalo de las presentaciones del estímulo. Si los estímulos se presentan ampliamente espaciados en el tiempo, se produce un efecto de habituación a largo plazo, que persiste durante 24 horas o más. En contraste, si los estímulos se presentan muy cercanos en el tiempo (cada 3 segundos en este experimento), se produce un efecto de habituación a corto plazo. El efecto de habituación a corto plazo se identifica por la recuperación espontánea de la respuesta después de un periodo sin estimulación. La recuperación espontánea es una de las características definitorias de la habituación (Rankin *et al*, 2009).

Las presentaciones repetidas de un estímulo no siempre se traducen en efectos de habituación a largo y a corto plazos. Por ejemplo, en el reflejo de la flexión de pata en los gatos, sólo se observa el efecto de habituación a corto plazo (Thompson y Spencer, 1966). En tales casos, la recuperación espontánea restaura completamente la reacción del animal al estímulo provocador si se proporciona un periodo de tiempo suficiente de descanso después de la habituación. Por el contrario, la recuperación espontánea nunca es completa en las situaciones que involucran la habituación a largo plazo, como en el experimento de Leaton. Como indica la figura 2.9, la respuesta de sobresalto fue restaurada en cierta medida en la última fase del experimento, pero incluso entonces las ratas no reaccionaron tan vigorosamente al tono como la primera vez que éste se presentó.

## Sensibilización y modulación de la conducta provocada

Considere su reacción cuando alguien camina detrás de usted y le da un golpecito en el hombro. Si usted está en un supermercado, se sobresaltará ligeramente y girará hacia el lado en el que lo tocaron. Orientar hacia un estímulo táctil es una respuesta común provocada. Ser golpeado ligeramente en el hombro no es un gran problema si se encuentra en un supermercado. Sin embargo, si usted está caminando en un callejón oscuro por la noche en una parte peligrosa de la ciudad, y es tocado en el hombro, esto puede ser una experiencia muy atemorizante y, sin duda, provocará una reacción mucho más vigorosa. En un lugar aterrador, ser tocado podría significar que usted está a punto de ser atacado. En términos generales, si usted ya está agitado, el mismo estímulo provocador desencadenará una reacción mucho más fuerte. Esto se llama **efecto de sensibilización**.

Es más fácil estudiar la sensibilización de la respuesta de sobresalto en el laboratorio que en un callejón oscuro. En un estudio clásico, Davis (1974) examinó la sensibilización de la respuesta de sobresalto de las ratas de laboratorio para un breve (90 milisegundos) tono alto (110 decibeles [dB], 4,000 ciclos por segundo [cps]). Fueron probados dos grupos de ratas. Cada grupo recibió 100 ensayos presentados a intervalos de 30 segundos. Además, un generador de ruido proporcionaba el ruido de fondo que sonaba algo así como una caída de agua. Para un grupo, el ruido de fondo era relativamente tranquilo (60 dB); para el otro, el ruido de fondo era bastante ruidoso (80 dB), pero de menor intensidad que el breve tono inductor del sobresalto.

En la figura 2.10 se muestran los resultados del experimento. Presentaciones repetidas del estímulo provocador (el tono de 4,000 cps) no siempre producen la misma respuesta. Para las ratas probadas con el ruido de fondo suave (60 dB), las repeticiones del tono resultaron en la habituación de la reacción de sobresalto. Por el contrario, cuando el ruido de fondo era fuerte (80 dB), las repeticiones del tono provocaron respuestas de sobresalto progresivamente más vigorosas. Esto refleja una acumulación gradual de sensibilización creada por el fondo ruidoso.

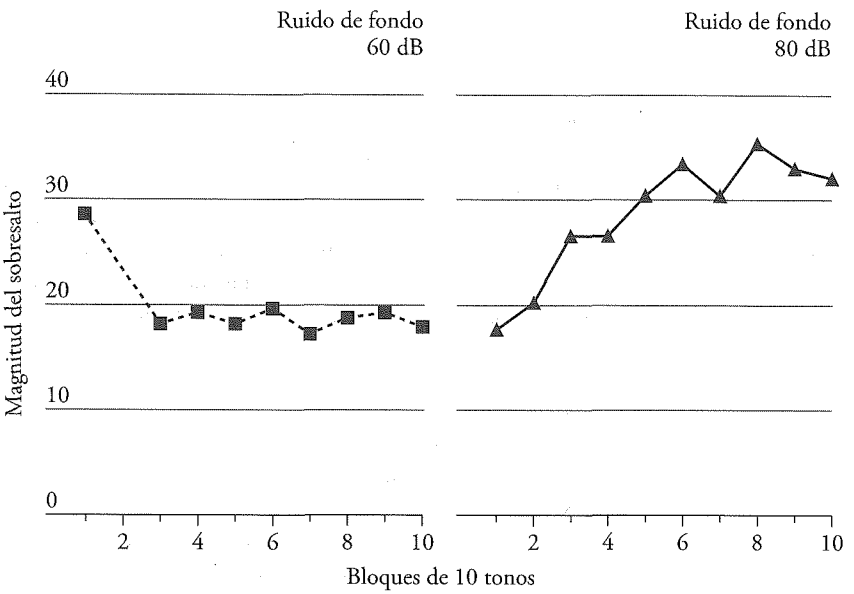



**FIGURA 2.10**
Magnitud de la respuesta de sobresalto de las ratas a las presentaciones sucesivas de un tono con un ruido de fondo de 60 u 80 dB. (Basado en "Sensitization of the Rat Startle Response by Noise", M. Davis, 1974, *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 87,* pp. 571-581.)

Las respuestas reflejas se sensibilizan cuando el organismo es agitado por alguna razón. La activación intensifica nuestras experiencias, ya sea si estas experiencias son agradables o desagradables. Como es bien conocido en la industria del entretenimiento, la introducción de ruido fuerte es una manera relativamente simple de crear activación. Las actuaciones en directo de bandas de rock son tan fuertes que los miembros de la banda sufren pérdida de audición si no usan tapones para los oídos. La música no tiene que ser tan fuerte para que todos la escuchen. El propósito principal del alto volumen es crear activación y emoción. Girar la perilla de un amplificador es una forma sencilla de aumentar la emoción. Hacer algo en voz alta es también un dispositivo común para aumentar el disfrute de películas, actos de circo, carreras de automóviles y los partidos de fútbol, y es eficaz debido al fenómeno de la sensibilización.

La sensibilización también juega un papel importante en la conducta sexual. Un componente importante de la conducta sexual implica reaccionar a las señales táctiles. Considere las señales táctiles de una caricia o un beso. La reacción a la misma caricia física o beso es totalmente diferente si usted está tocando a su abuela que si usted está tocando a su pareja romántica. La diferencia refleja la sensibilización y la excitación. En un reciente estudio sobre este tema, se probó en varones heterosexuales su sensibilidad a un estímulo táctil presentado en el dedo índice derecho (Jiao, Knight, Weerakoon y Turman, 2007) antes y después de ver una película erótica que tenía la intención de aumentar su activación sexual. La sensibilidad táctil se incrementó significativamente por la película erótica. Ver una película no erótica no produjo el mismo efecto.

La sensibilización ha sido examinada más ampliamente en el sistema de conducta defensiva. Numerosos estudios han demostrado que el miedo potencia la respuesta de sobresalto (Davis *et al*, 2008). El sobresalto se puede medir usando un estabilómetro similar al mostrado en la figura 2.8, que mide la reacción de todo el cuerpo. Un procedimiento más sencillo, sobre todo con los participantes humanos, es medir la respuesta de parpadeo. El parpadeo es un componente temprano de la respuesta de sobresalto y puede ser provocado en las personas dirigiendo un breve soplo de aire hacia el ojo.

En un estudio, utilizando el parpadeo como medida de sobresalto (Bradley, Moulder y Lang, 2005), estudiantes universitarios sirvieron como participantes y se les mostró ejemplos de imágenes agradables y desagradables. Para inducir el miedo, se le dijo a un grupo de estudiantes que podrían recibir una descarga eléctrica en algún momento cuando vieran las imágenes agradables, pero no cuando vieran las imágenes desagradables. El segundo grupo de participantes recibió una amenaza de descarga asociada con las imágenes desagradables

pero no con las imágenes agradables. La descarga nunca fue suministrada a alguno de los participantes, pero para hacer la amenaza creíble, fueron equipados con electrodos. Para medir el sobresalto potenciado por el miedo, se midió la magnitud de la respuesta de parpadeo a un soplo de aire durante la presentación de las imágenes.

En la figura 2.11 se muestran los resultados. Consideremos en primer lugar la reacción de sobresalto durante las presentaciones de las imágenes agradables. Si las imágenes agradables se asociaron con la amenaza de la descarga, la respuesta de parpadeo fue sustancialmente mayor que si las imágenes eran seguras. Esto representa el efecto de sobresalto potenciado por el temor. Los resultados con las imágenes desagradables eran un poco diferentes. Con las imágenes desagradables la respuesta de sobresalto fue elevada aun si las imágenes se asociaron o no con la amenaza de una descarga. Esto sugiere que las imágenes desagradables eran suficientemente incómodas para sensibilizar la respuesta de parpadeo defensivo independientemente de cualquier amenaza de descarga.

El sobresalto potenciado por el miedo es sólo un ejemplo de una categoría más amplia de los resultados que muestran que la magnitud de la reacción de sobresalto puede ser alterada por los estados emocionales. Debido a esto, la respuesta de sobresalto es una técnica útil para el estudio de los trastornos psicológicos que tienen un fuerte componente emocional, como pánico y trastornos de ansiedad y depresión (Vaidyanathan, Patrick y Cuthbert, 2009). De hecho, el sobresalto potenciado por el miedo es una mejor medida del miedo en las personas con trastorno de estrés postraumático que la medida de la respuesta galvánica de la piel (RGP) más familiar (Glover *et al*, 2011).

## Adaptabilidad y capacidad de habituación y sensibilización

Los organismos están constantemente experimentando una serie de estímulos. Considere el hecho de sentarse en su escritorio. Incluso una situación tan simple implica una gran cantidad de sensaciones. Usted está expuesto al color, la textura y el brillo de la pintura de las paredes; los sonidos del sistema de aire acondicionado; los ruidos de otras habitaciones; los olores en el aire; el color y la textura de la mesa; las sensaciones táctiles de la silla contra sus piernas, el asiento y el respaldo, etc. Si respondiera a todos estos estímulos, su conducta sería desorganizada y caótica. Los efectos de habituación y sensibilización ayudan a descifrar qué estímulos

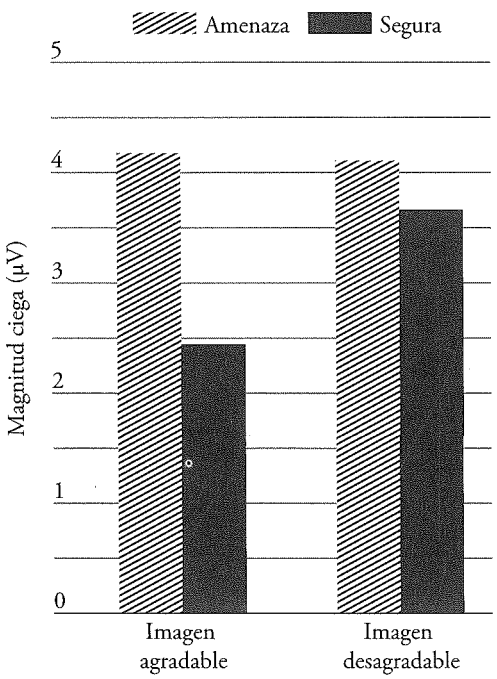



**FIGURA 2.11**
Magnitud de la respuesta de parpadeo de los estudiantes universitarios a las imágenes agradables y desagradables que señalaban descarga o eran seguras. (Basado en Bradley, Moulder y Lang, 2005.)

ignorar y a cuáles responder. Los efectos de habituación y sensibilización son los productos finales de los procesos que ayudan a priorizar y enfocar la conducta en el mundo bullicioso y en pleno auge de estímulos que los organismos viven.

Hay numerosos casos de habituación y sensibilización en la experiencia humana común (Simons, 1996). Considere un reloj de péndulo. La mayoría de las personas que posee un reloj de éstos no se da cuenta cada vez que repican las campanas. Se ha habituado completamente a los sonidos del reloj. De hecho, es más probable que note cuando el reloj pierde un timbre programado. Esto es lamentable, ya que algunos pueden haber comprado el reloj porque les gustaba su sonido. Las personas que viven en una calle muy transitada o cerca de una vía de tren a menudo se vuelven completamente habituados a los ruidos que con frecuencia se entrometen en su hogar. Los visitantes que no han escuchado los sonidos tan a menudo son mucho más propensos a ser molestados por ellos.

Conducir un vehículo implica la exposición a una gran variedad de complejos estímulos visuales y auditivos. Al convertirse en conductora experimentada, una persona se habitúa a los numerosos estímulos que son irrelevantes para la conducción, tales como detalles del color y la textura de la carretera, el tipo de postes de teléfono que recubren los lados de la carretera, las sensaciones táctiles del volante y los ruidos de rutina del motor. La habituación a estímulos irrelevantes es particularmente importante durante los viajes largos en automóvil. En un largo viaje en auto, es probable que usted se vuelva ajeno a todo tipo de estímulos en la carretera, lo que puede causar somnolencia y falta de atención. Si se encuentra con un accidente o llega a una nueva ciudad, es probable que "despierte" y una vez más preste atención a varias cosas que usted había estado ignorando. Al pasar un accidente grave o llegar a una nueva ciudad, se estará despertando y sensibilizando a las respuestas de orientación a las que se estaba habituando previamente.

La habituación también determina cuánto nos gusta algo. En su popular libro, *Stumbling on Happiness*, Daniel Gilbert (2006) señala que "Entre las verdades más crueles de la vida está ésta: las cosas maravillosas son especialmente maravillosas la primera vez que ocurren, pero lo maravilloso mengua con la repetición" (p. 130). Él también escribió: "Cuando tenemos la experiencia de escuchar una sonata en particular, hacer el amor con una persona en particular, observar la puesta de sol desde una ventana en particular con una determinada persona en sucesivas ocasiones, comenzamos rápidamente a adaptarnos, y la experiencia produce menos placer cada vez" (p. 130).

Los efectos de habituación y sensibilización pueden ocurrir en cualquier situación que implique la exposición repetida a un estímulo. Por tanto, una apreciación de los efectos de habituación y de sensibilización es fundamental para los estudios del aprendizaje. Como se describirá en el capítulo 3, la habituación y la sensibilización son de interés primordial en el diseño de procedimientos de control para el condicionamiento pavloviano. La habituación y sensibilización también juegan un papel en el condicionamiento operante (McSweeney y Murphy, 2009).

## Habituación *versus* adaptación sensorial y fatiga de la respuesta

La característica clave de los efectos de habituación es una disminución en la respuesta que se obtuvo inicialmente por un estímulo. Sin embargo, no todos los casos en los que las repeticiones de un estímulo resultan en una disminución de la respuesta representan habituación. Para entender las fuentes alternativas de decremento de la respuesta tenemos que volver al concepto de reflejo. Un reflejo consta de tres componentes. En primer lugar, un estímulo activa uno de los órganos de los sentidos, tales como los ojos o los oídos. Esto genera impulsos neuronales sensoriales que se retransmiten al sistema nervioso central (médula espinal y cerebro). El segundo componente incluye retransmisión de los mensajes sensoriales a través de interneuronas a los nervios motores. Finalmente, los impulsos neuronales en los nervios motores, a su vez, activan los músculos que crean la respuesta observada.

Teniendo en cuenta los tres componentes de un reflejo, hay varias razones por las que una respuesta provocada puede dejar de ocurrir (figura 2.12). No se observará la respuesta si, por

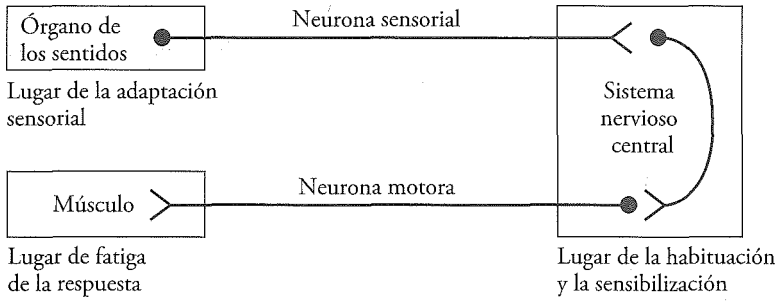



**FIGURA 2.12**
Diagrama de un reflejo simple. La adaptación sensorial se produce en los órganos de los sentidos, y la fatiga de la respuesta se produce en los músculos efectores. En contraste, la habituación y la sensibilización se producen en el sistema nervioso.

alguna razón, los órganos de los sentidos se incapacitan. Por ejemplo, una persona puede ser cegada temporalmente por una luz brillante, o sufrir una pérdida temporal de la audición debido a la exposición a ruidos fuertes. Tales disminuciones en la sensibilidad reciben el nombre de **adaptación sensorial**, y son diferentes de la habituación. La respuesta tampoco se producirá si los músculos implicados quedan incapacitados por la **fatiga**. La adaptación sensorial y la fatiga son impedimentos para responder que se producen fuera del sistema nervioso en los órganos de los sentidos y los músculos. Por tanto, no representan la habituación.

Los términos *habituación* y *sensibilización* se limitan a los cambios neurofisiológicos que dificultan o facilitan la transmisión de los impulsos nerviosos desde las neuronas sensoriales a las neuronas motoras. En la habituación, el organismo deja de responder, aunque permanece plenamente capaz de detectar el estímulo y hacer los movimientos musculares necesarios para la respuesta. La respuesta falla debido a los cambios que alteran la neurotransmisión que involucra a las interneuronas.

En los estudios de habituación, la adaptación sensorial está descartada por la evidencia de que la habituación es una *respuesta específica*. Un organismo puede dejar de responder a un estímulo en un aspecto de su conducta sin dejar de responder al estímulo de otras maneras. Cuando el profesor hace un anuncio mientras usted está concentrado en tomar una examen, es posible que aparte la vista de su examen en un primer momento, pero sólo brevemente. Sin embargo, usted continuará escuchando el anuncio hasta que se haya terminado. Por tanto, su respuesta de orientación se habitúa rápidamente, pero persisten otras respuestas de atención a los estímulos.

La fatiga de la respuesta como causa de la habituación es descartada por la evidencia de que la *habituación es específica del estímulo*. Una respuesta habituada se recuperará rápidamente cuando se introduzca un nuevo estímulo. Esto se ilustra en el estudio de habituación gustativa resumido en la figura 2.5. Después de la salivación y las respuestas hedónicas habituadas durante los primeros 10 ensayos, la presentación alternada del sabor en el ensayo 11 resultó en una recuperación de ambas medidas de respuesta. La especificidad del estímulo de la habituación es también clave para usar la tarea de atención visual para estudiar la percepción y la cognición en los bebés pre-verbales. Al examinar cómo un estímulo debe ser alterado para producir la recuperación de la respuesta de la atención visual, los investigadores pueden averiguar sobre qué aspectos del estímulo habituado aprendieron los infantes.

## La teoría del proceso dual de habituación y sensibilización

Los efectos de habituación y sensibilización son cambios en la conducta o en el desempeño. Estas son manifestaciones conductuales externas a las presentaciones del estímulo. ¿Qué factores son los responsables de estos cambios? Para responder esta pregunta tenemos que cambiar nuestro nivel de análisis de la conducta al presunto proceso o teoría subyacente. Los efectos de la habituación se pueden explicar satisfactoriamente mediante una teoría de un solo factor que

caracteriza la forma en que las repeticiones de un estímulo cambian la eficacia de ese estímulo (por ejemplo, Schöner y Thelen, 2006). Sin embargo, debe introducirse un segundo factor para explicar por qué la respuesta mejora en condiciones de activación. La explicación dominante de la habituación y la sensibilización sigue siendo la teoría del proceso dual de Groves y Thompson (1970; Thompson, 2009).

La teoría del proceso dual asume que los diferentes tipos de procesos neuronales subyacentes son responsables de los aumentos y disminuciones en la capacidad de respuesta a la estimulación. Un proceso neuronal reduce la capacidad de respuesta. Esto se denomina **proceso de habituación**. Otro produce aumentos en la capacidad de respuesta. Esto se denomina **proceso de sensibilización**. Los procesos de habituación y sensibilización no son mutuamente excluyentes. De hecho, a menudo ambos son activados al mismo tiempo. El resultado final o resultado de la conducta observada refleja el efecto neto de los dos procesos. Es desafortunado que los procesos subyacentes que suprimen y facilitan la respuesta tengan los mismos nombres (habituación y sensibilización) que los cambios conductuales resultantes observados. Por ejemplo, se puede estar tentado a pensar que la disminución de la respuesta o un efecto de habituación es un reflejo directo del proceso de habituación. Sin embargo, la disminución de la respuesta puede ocurrir en condiciones que también implican un aumento de la activación o la sensibilización, pero la activación sólo puede hacer decrecer la tasa de disminución de respuesta. De hecho, todos los efectos de habituación y sensibilización son la suma, o resultado neto, de ambos procesos de habituación y sensibilización. Si el resultado neto es un aumento o una disminución en la conducta, dependerá de qué proceso subyacente es más fuerte en una situación particular. La distinción entre los *efectos* y *procesos* de habituación y sensibilización es análoga a la distinción entre el *desempeño* y el *aprendizaje* analizada en el capítulo 1. Los efectos se refieren a la conducta observable y los procesos se refieren a los mecanismos subyacentes.

Sobre la base de la investigación neurofisiológica, Groves y Thompson (1970) sugirieron que los procesos de habituación y sensibilización se producen en diferentes partes del sistema nervioso (véase también Thompson, 2009). Se supone que los procesos de habituación ocurren en lo que se llama el **sistema E–R**. Este sistema consiste en el camino neural más corto que conecta los órganos de los sentidos activados por el estímulo provocador y los músculos implicados en la realización de la respuesta provocada. El sistema E–R puede ser visto como el arco reflejo. Cada presentación de un estímulo provocador activa el sistema E–R y causa cierta acumulación de habituación.

Supuestamente, los procesos de sensibilización ocurren en lo que se conoce como **sistema de estado**. Este sistema consiste en partes del sistema nervioso que determinan el nivel general de respuesta del organismo o disposición para responder. En contraste con el sistema E–R, que es activado cada vez que se produce un estímulo provocador, sólo los eventos activadores accionan el sistema de estado. El sistema de estado está relativamente inactivo durante el sueño, por ejemplo. Las drogas, como los estimulantes o los depresores, pueden alterar el funcionamiento del sistema de estado y por tanto cambiar la capacidad de respuesta. El sistema de estado también se ve alterado por las experiencias emocionales. Por ejemplo, la mayor reactividad que acompaña el miedo es causada por la activación del sistema de estado y es la base para la respuesta de sobresalto potenciado por el miedo (Davis *et al*, 2008).

## Aplicaciones de la teoría del proceso dual

Los ejemplos de habituación y sensibilización (ilustrados en la evidencia experimental I revisada previamente) pueden ser interpretados fácilmente en términos de la teoría del proceso dual. La exposición repetida al patrón 4 × 4 del tablero de ajedrez produjo un decremento en la orientación visual de los bebés (figura 2.7). Se supone que esto ocurrió debido a que el patrón 4 × 4 del estímulo no creó mucha activación. Más bien, el patrón de estímulo 4 × 4 activó principalmente el sistema E–R y, por tanto, el proceso de habituación. El patrón más complejo del tablero de ajedrez de 12 × 12 produjo un mayor nivel de activación, que accionó el sistema de estado, y esto se tradujo en el incremento de la atención visual que se produjo después de la primera presentación del patrón de 12 × 12. Sin embargo, el proceso de activación o sensi-

bilización no fue lo suficientemente fuerte como para contrarrestar totalmente los efectos de la habituación. Como resultado, después de unos cuantos ensayos la atención visual también se redujo en respuesta al patrón de estímulo de 12 × 12 .

Es necesario un tipo diferente de aplicación de la teoría del proceso dual para los efectos de habituación y sensibilización que se señalan en la reacción de sobresalto de las ratas (figura 2.10). Cuando éstas se pusieron a prueba con un ruido de fondo relativamente tranquilo (60 dB), había poco para despertarlas. Por tanto, podemos suponer que los procedimientos experimentales no activaron el sistema de estado. Las presentaciones repetidas del tono de sobresalto simplemente activan el sistema E–R, lo que resulta en la habituación de la respuesta de sobresalto.

El resultado opuesto ocurrió cuando los animales fueron probados en presencia de un ruido de fondo alto (80 dB). En este caso, las reacciones de sobresalto más fuertes ocurrieron a las presentaciones sucesivas del tono. Debido a que se usó el tono idéntico para ambos grupos, la diferencia en los resultados no se puede atribuir al tono. Más bien, hay que asumir que el ruido de fondo fuerte aumentó la activación o la disposición a responder en el segundo grupo. Esta sensibilización del sistema de estado fue presuntamente responsable del aumento de la reacción de sobresalto al tono en el segundo grupo. La activación del sistema de estado, sin duda, fue también responsable de la mayor respuesta de sobresalto que ocurrió cuando los participantes se pusieron a prueba en condiciones de amenaza y en la presencia de una imagen desagradable (figura 2.11).

## Implicaciones de la teoría del proceso dual

Las interpretaciones anteriores de los efectos de habituación y sensibilización ilustran varias características importantes de la teoría del proceso dual. Debido a que el proceso de habituación reside en el sistema E–R, que se activa cada vez que un estímulo provoca una respuesta, la habituación es una característica universal de la conducta provocada. Por el contrario, el sistema de estado se involucra sólo en circunstancias especiales. Algunos eventos extraños, como un intenso ruido de fondo, pueden aumentar el estado de alerta del individuo y sensibilizar el sistema estatal. Alternativamente, el sistema de estado puede ser sensibilizado por las presentaciones repetidas del mismo estímulo de prueba si ese estímulo es suficientemente intenso o excitatorio (como ocurrió con el patrón de 12 × 12 del tablero de ajedrez en comparación con el patrón de 4 × 4). Si el estímulo activador se repite lo suficientemente pronto de modo que la segunda presentación se produzca mientras el organismo queda sensibilizado del ensayo anterior, se observará un aumento en la respuesta.

En teoría, el proceso de habituación y el proceso de sensibilización decaen con el paso del tiempo sin estimulación. Por tanto, la *recuperación espontánea* se produce con ambos procesos. La recuperación espontánea de la habituación y la sensibilización sirve para devolver la respuesta a los niveles de referencia (de ahí el término *recuperación*).

Debido a que la habituación reside en el circuito E–R, la teoría del proceso dual predice que la *habituación será específica del estímulo.* Si después de la formación de la habituación se cambia el estímulo provocador, el nuevo estímulo provocará una respuesta no habituada porque activa un circuito E–R diferente. Vimos este resultado en el experimento de la habituación de la salivación y valoraciones hedónicas gustativas (figura 2.5). Después de que la salivación y las respuestas afectivas a un estímulo de sabor (por ejemplo, lima) se habían habituado sustancialmente (ensayos 1 a 10), las respuestas mostraron una recuperación total cuando se presentó un sabor diferente (limón) (ensayo 11). La especificidad del estímulo de habituación también fue evidente en el estudio de la percepción de la cara en los recién nacidos. Efectos similares se producen en la experiencia común. Por ejemplo, después de haberse habituado completamente a los sonidos del motor de su auto, es probable que su atención al motor vuelva si funciona mal y comienza a hacer nuevos ruidos.

A diferencia de la habituación, la sensibilización no es específica de un estímulo grande. Tal como lo ilustra el fenómeno de sobresalto potenciado por el miedo, si usted se activa por el miedo, esto aumentará su respuesta de sobresalto a una bocanada de aire (figura 2.11) o a una explosión de ruido (Davis *et al*, 2008). En ratas de laboratorio, el dolor inducido por las

descargas en las patas aumenta la reactividad de las ratas a las dos señales auditivas y visuales. Por el contrario, los sentimientos de enfermedad o malestar hacen a las ratas más reactivas o suspicaces de comer nuevos alimentos. Sin embargo, curiosamente, la sensibilización inducida por descargas parece limitarse a señales exteroceptivas, y la sensibilización inducida por enfermedad se limita a los estímulos gustativos (Miller y Domjan, 1981). Así, el dolor cutáneo y el malestar interno parecen activar sistemas de sensibilización separados.

## RECUADRO 2.2

### *Aprendizaje en un invertebrado*

¿Cómo hace el cerebro para adquirir, almacenar y recuperar la información? Para responder esta pregunta tenemos que saber cómo funcionan las neuronas y cómo son modificados los circuitos neuronales por la experiencia. El estudio de estas cuestiones requiere que nos adentremos en la maquinaria neural para registrar y manipular sus operaciones. Naturalmente, la gente no está interesada en ser voluntaria para tales experimentos. Por tanto, este tipo de investigación tiene que ser llevada a cabo utilizando otras especies. Se puede aprender mucho de los vertebrados (ratas, ratones), que se utilizan normalmente en los estudios de la conducta y el aprendizaje. Sin embargo, en un nivel neural, incluso una rata plantea desafíos técnicos para un neurobiólogo. Por tanto, los neurobiólogos se centran en criaturas con sistemas nerviosos más simples. Los invertebrados son atractivos debido a que algunas de sus neuronas son muy grandes, y tienen sistemas nerviosos mucho más simples. Con este enfoque, Eric Kandel y sus colegas han descubierto los mecanismos que median algunos procesos de aprendizaje básicos en el caracol marino **Aplysia**. Aquí se proporciona una visión general de los mecanismos que subyacen en la habituación y la sensibilización (para comentarios recientes, ver Hawkins, Kandel y Bailey, 2006; Kandel *et al*, 2013).

El Aplysia tiene dos aletas en forma de alas (el parapodio) en la superficie de su parte trasera (dorsal). Estas aletas cubren las branquias y otros componentes del aparato respiratorio (figura 2.13A). La branquia se encuentra debajo de un manto escudo, y un sifón ayuda a hacer circular el agua a través de las branquias. En estado relajado, las branquias se extienden, maximizando el intercambio químico a través de su superficie. Éstas constituyen un órgano frágil que debe ser protegido. Por esta razón, la naturaleza ha dado al Aplysia un reflejo de protección por retracción. Este reflejo puede ser provocado por un ligero toque aplicado al sifón o al manto. En el laboratorio, el reflejo es a menudo provocado por un chorro de agua producido a partir de un irrigador. Mientras que los mecanismos que subyacen en este reflejo se pueden estudiar en el Aplysia intacto, a menudo es más fácil estudiar el sistema subyacente después de que se han removido los componentes esenciales y colocado en un baño de nutrientes que sustenta el tejido (una preparación "en vidrio", del latín *in vitro*).

Con esta sencilla preparación, demostrar la habituación y la sensibilización es un asunto fácil. La habituación puede ser producida mediante la aplicación del estímulo táctil varias veces al sifón. Con la exposición continua, la magnitud del reflejo de retracción se hace más pequeña (se habitúa). Curiosamente, esta experiencia no tiene efecto sobre la magnitud de la retracción de la branquia provocada por tocar el manto escudo. Por el contrario, si tocamos varias veces el manto, la respuesta de retracción observada se habitúa sin afectar la respuesta provocada por tocar el sifón. Una modificación en una vía estímulo-respuesta (E–R) no tiene efecto sobre el vigor de respuesta en el otro. En los vertebrados, un shock doloroso se acopla a un mecanismo que generalmente sensibiliza la conducta, aumentando una variedad de sistemas de respuesta, incluyendo aquellos que generan una respuesta de sobresalto (Davis, 1997). Un efecto similar se puede demostrar en el Aplysia. Si se aplica una descarga de estímulo a la cola, esto sensibiliza la respuesta de retracción de la branquia provocada al tocar el manto o el sifón (Walters, 1994). Este es un efecto general que aumenta la reactividad conductual en los circuitos del manto y el sifón.

Los componentes neurales esenciales que subyacen en la respuesta de retracción de la branquia a un toque del sifón se ilustran en la figura 2.13B. Un diagrama similar se puede extraer de las neuronas que subyacen en la retracción de la branquia al tocar el manto.

Tocar la piel del sifón vincula un receptor mecánico que está acoplado a una neurona sensorial. Aquí sólo se ilustra un receptor, pero los receptores y neuronas adicionales inervan las regiones contiguas a la piel del sifón. El grado en que un receptor particular se acopla dependerá de su proximidad al lugar de estimulación, siendo la estimulación máxima en el centro y debilitándose a medida que aumenta la distancia. Esto produce el equivalente neural a un gradiente de generalización, con la actividad máxima producida por la neurona que proporciona la inervación principal para el campo receptivo estimulado.

Los receptores mecánicos que detectan un toque involucran una respuesta dentro de las dendritas de la neurona sensorial. Esta respuesta neural se transmite al cuerpo celular (soma), y bajo una proyección neuronal, el *axón*, a la neurona motora. La neurona sensorial es la *célula presináptica*. La neurona motora es la célula postsináptica. La

(*Continúa*)

## RECUADRO 2.2 (continuación)

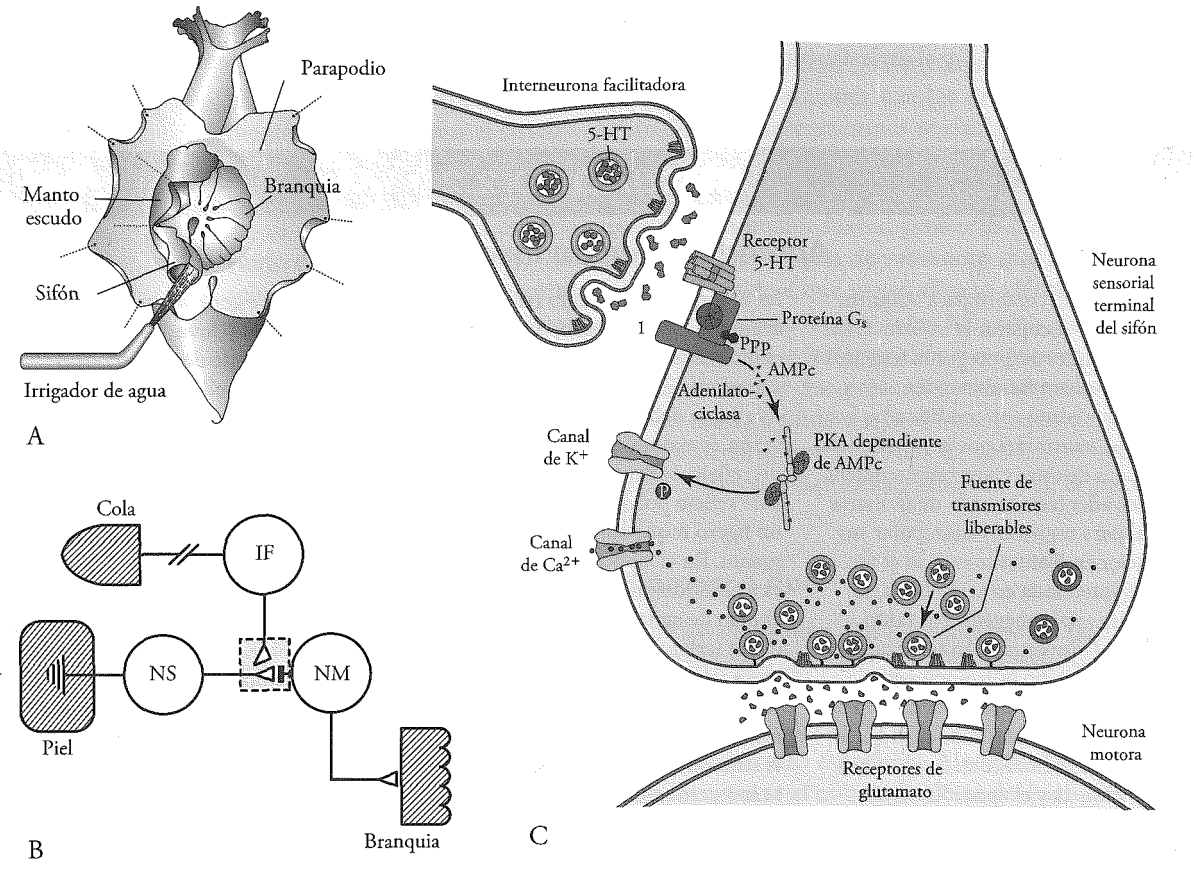



**FIGURA 2.13** (A) El reflejo de retracción de la branquia en el *Aplysia*. Un toque aplicado al sifón o manto hace que la branquia se retraiga (adaptado de Kandel *et al*, 2013). (B) El circuito neuronal que media la habituación y la sensibilización. Un toque involucra una neurona sensorial (NS), enlazada a una neurona motora (NM), que contribuye a la retirada de la branquia. Una descarga a la cola activa una interneurona facilitadora (IF), que inerva presinápticamente la neurona sensorial. La caja sombreada indica la región representada en el panel C (adaptado de Dudai, 1989). (C) Una vía neuroquímica, que contribuye a la sensibilización neuronal. La liberación de serotonina de la interneurona facilitadora involucra receptores de serotonina en la neurona sensorial. Esto activa una proteína G y el adenilato ciclasa, dando lugar a la producción de AMPc y acoplando una quinasa dependiente de la AMPc (proteína quinasa A [PKA]). La PKA altera un subconjunto de los canales de $K^+$ mediante la adición de un grupo fosfato (fosforilación), que reduce el flujo de salida de $K^+$. Esto prolonga el potencial de acción, aumentando el flujo de $Ca^{++}$ en la célula y la liberación del transmisor (adaptado de Kandel *et al*, 2013).

neurona motora se acopla mediante la liberación de una sustancia química (*neurotransmisor*) desde la neurona sensorial. A su vez, la neurona motora lleva la señal a los músculos que producen la respuesta de retracción. Aquí, la liberación del neurotransmisor activa las fibras musculares que causan que las branquias se retraigan.

Un shock sensibilizante a la cola se acopla a neuronas que activan un tipo de neurona conocido como *interneurona facilitadora*. Como se aprecia en la figura, la interneurona facilitadora incide sobre el extremo de la neurona sensorial presináptica. En términos más técnicos, la interneurona facilitadora inerva presinápticamente la neurona sensorial. Debido a esto, la interneurona facilitadora puede alterar el funcionamiento de la neurona sensorial.

La magnitud de la respuesta de retracción de la branquia depende de la cantidad de neurotransmisor liberado desde las neuronas motoras. Cuanto más se libera, más fuerte es la respuesta. Del mismo modo, la probabilidad de que una respuesta se vincule a la neurona motora y el número de neuronas motoras que se acoplan, depende de la cantidad de neurotransmisor liberado desde la neurona sensorial. El aumento de la cantidad liberada por lo general mejora la respuesta de la neurona motora y la respuesta de retracción.

La investigación ha demostrado que con estimulaciones repetidas de la neurona sensorial no hay ningún cambio en el potencial de acción generado dentro de la neurona sensorial,

(*Continúa*)

## RECUADRO 2.2 (continuación)

pero menos transmisor es liberado, produciendo el fenómeno de conducta de habituación (Kandel *et al*, 2013). Cuando un potencial de acción llega a la sinapsis, hace que los canales de calcio en la superficie de la membrana se abran, lo que permite que el ión calcio cargado positivamente ($Ca^{++}$) fluya al interior de la célula (figura 1.6C). Esto a su vez desencadena eventos intracelulares que inician la liberación del transmisor. La habituación inactiva algunos de los canales de $Ca^{++}$ y reduce la cantidad de $Ca^{++}$ que entra en la célula. Como resultado, se libera menos transmisor y se produce una respuesta motora menos vigorosa.

La sensibilización se acopla a la interneurona facilitadora, lo que produce un cambio dentro de la neurona sensorial que causa que se libere más neurotransmisor. Debido a que se libera más transmisor, las neuronas motoras se acoplan en mayor medida, y la respuesta de retracción es más vigorosa. La interneurona facilitadora libera un neurotransmisor (*serotonina*) que activa los receptores en la superficie de la neurona sensorial. Estos receptores se acoplan a una cascada bioquímica que inactiva canales de potasio ($K^+$). La duración de un potencial de acción se determina por la velocidad a la que se permite el flujo de $K^+$ fuera de la célula. La inactivación de algunos de los canales de $K^+$ retarda este proceso y, como resultado, el potencial de acción dura un poco más. Esto es importante debido a que la duración del potencial de acción determina el tiempo que los canales del $Ca^{++}$ permanecen abiertos. La reducción del flujo de $K^+$ de la neurona sensorial causa un aumento en la duración del potencial de acción, lo que a su vez aumenta la cantidad de $Ca^{++}$ que entra en la célula. El permitir que más $Ca^{++}$ entre en la célula incrementa la liberación del transmisor y aumenta el vigor de la respuesta motora, produciendo sensibilización conductual. Los procesos adicionales también contribuyen, incluyendo una forma de *potenciación a largo plazo* (véase el recuadro 8.2; Glanzman, 2008).

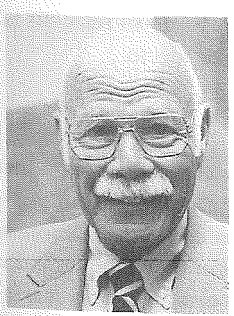
Proteínas preexistentes subyacen en las modificaciones sinápticas que producen habituación y la sensibilización a corto plazo. Si se continúa la estimulación, las señales intracelulares inician la expresión de los genes que generan productos proteínicos que dan lugar a modificaciones estructurales (recuadro 9.1; Bailey y Kandel, 2008). Por ejemplo, la habituación a largo plazo se asocia con una reducción en el número de conexiones sinápticas. Por el contrario, la exposición repetida a un estímulo sensibilizante produce un aumento en las conexiones sinápticas, lo que promueve la iniciación de una respuesta en la célula postsináptica.

*J. W. Grau*

**Aplysia** Una babosa de mar invertebrada, aproximadamente del tamaño de una rata, que vive en las zonas de marea de las aguas tropicales. Las *Aplysia* se han utilizado para estudiar la neurobiología del aprendizaje porque tienen un sistema nervioso simple y relativamente invariante, con neuronas de gran tamaño.

# Habituación y sensibilización de las emociones y conducta motivada

Hasta este punto, nuestra discusión sobre los cambios producidos por repeticiones de un estímulo provocador se ha limitado a las respuestas relativamente simples. Sin embargo, los estímulos también pueden evocar emociones complejas como el amor, el miedo, la euforia, el terror, o la satisfacción. Ya se ha descrito la habituación de una respuesta emocional a las presentaciones repetidas de un sabor (figura 2.5). Los conceptos de habituación y sensibilización también se han extendido a los cambios en las emociones más complejas (Solomon y Corbit, 1974) y las diversas formas de la conducta motivada, incluido el comer, el beber, la exploración, la agresión, el cortejo y la conducta sexual (McSweeney y Swindell, 1999). Un área de especial interés es la adicción a las drogas (por ejemplo, Baker *et al*, 2004; Koob, 2009; Koob y Le Moal, 2008).



Cortesía de Donald A. Dewsbury

R. L. Solomon

## Reacciones emocionales y sus secuelas

En su revisión histórica de ejemplos de respuestas emocionales a diversos estímulos, incluidos los medicamentos, Solomon y Corbit (1974) observaron un par de características llamativas. En primer lugar, las reacciones emocionales intensas son a menudo bifásicas. Una emoción se produce durante el estímulo provocador, y se observa la emoción opuesta cuando se termina el estímulo. Consideremos, por ejemplo, los efectos psicoactivos del alcohol. Alguien que está bebiendo vodka se vuelve afable y relajado a medida que bebe. Estos sentimientos, que son generalmente agradables, reflejan los principales efectos sedantes del alcohol. Por el contrario,

algo muy distinto ocurre después de beber durante una noche. Una vez que se han disipado los efectos sedantes del alcohol, es probable que la persona se vuelva irritable y pueda experimentar dolores de cabeza y náusea. Los agradables efectos sedantes del alcohol dan paso a las sensaciones desagradables de una resaca. Ambos efectos dependen de la dosis. Cuanto más se bebe, más sedado o ebrio se vuelve, y más intensa será la resaca después. Otros fármacos producen respuestas bifásicas similares. Por ejemplo, con las anfetaminas, la presencia de la droga lo hace sentir alerta, enérgico y seguro de sí mismo. Después de que el medicamento ha desaparecido, es probable que la persona se sienta cansada, deprimida y somnolienta.

Otra característica común de las reacciones emocionales es que cambian con la experiencia. La reacción primaria se hace más débil y la reacción posterior se vuelve más fuerte. Los bebedores habituales no están tan debilitados por unas cervezas como alguien que bebe por primera vez. Sin embargo, los bebedores habituales experimentan síntomas de abstinencia más graves si dejan de beber.

La habituación de una reacción farmacológica primaria se llama **tolerancia a las drogas**. La tolerancia a las drogas se refiere a una disminución de la eficacia de un fármaco por exposiciones repetidas. Los usuarios habituales de todas las drogas psicoactivas (por ejemplo, alcohol, nicotina, heroína, cafeína, pastillas para dormir, medicamentos contra la ansiedad) no están tan afectados al tomar la droga como los usuarios de primera vez. Un fuerte vodka tonic que pondría un poco ebrio a un bebedor ocasional no es probable que tenga el mismo efecto en un bebedor frecuente. (Vamos a revisar el rol de los procesos contrarios de la tolerancia a las drogas en el capítulo 4.)

Debido al desarrollo de la tolerancia, los usuarios de drogas habituales a veces no disfrutan de tomar la droga tanto como los usuarios ingenuos. Por ejemplo, las personas que fuman con frecuencia no obtienen mucho placer al hacerlo (por ejemplo, Hogarth, Dickinson y Duka, 2010). Acompañando esta disminución en la reacción primaria a la droga está un aumento en la subsecuente reacción opuesta. En consecuencia, los consumidores de drogas habituales experimentan resacas mucho más graves cuando la droga desaparece que los usuarios poco experimentados. Un fumador habitual que haya pasado mucho tiempo sin un cigarrillo experimenta dolores de cabeza, irritabilidad, ansiedad, tensión e insatisfacción general. Un bebedor empedernido que deja de consumir alcohol es probable que experimente alucinaciones, pérdida de memoria, agitación psicomotriz, *delirium tremens* y otras alteraciones fisiológicas. Para un usuario habitual de anfetaminas, la fatiga y la depresión que caracterizan el efecto posterior opuesto pueden ser lo suficientemente graves como para producir pensamientos suicidas.

Solomon y Corbit (1974) observaron que patrones similares de reacción emocional ocurren con todos los estímulos activadores de la emoción. Consideremos, por ejemplo, el amor y el apego. Los recién casados suelen estar muy entusiasmados con los demás y son muy cariñosos cuando están juntos. Esta reacción emocional primaria se habitúa conforme pasan los años. Poco a poco, la pareja se instala en una cómoda forma de interacción que carece de la emoción de la luna de miel. Sin embargo, esta habituación de la reacción emocional primaria es acompañada de un fortalecimiento de la reacción posafectiva. Las parejas que han estado juntas por muchos años se vuelven más intensamente infelices si son separadas por la muerte o la enfermedad. En las parejas que han estado juntas desde hace varias décadas, la muerte de uno causa una reacción de dolor intenso en el sobreviviente. Esta fuerte reacción afectiva (posefecto) subsecuente es notable, teniendo en cuenta que por esta etapa de su relación la pareja puede haber cesado por completo la muestra de signos evidentes de afecto.

## La teoría motivacional del proceso oponente

Los ejemplos anteriores ilustran tres características comunes de las reacciones emocionales: (1) Las reacciones emocionales son bifásicas; una reacción primaria es seguida por un posefecto opuesto. (2) La reacción primaria se hace más débil o se habitúa con estimulaciones repetidas. (3) El debilitamiento de la reacción primaria con la repetición está acompañado por un fortalecimiento de la reacción posterior. Estas características son el núcleo de la *teoría motivacional del proceso oponente* (Solomon y Corbit, 1974). Más recientemente, los investi-

gadores han logrado avances significativos en la delineación de los mecanismos neurales de los procesos oponentes (por ejemplo, Koob, 2009; Radke, Rothwell y Gewirtz, 2011).

La teoría del proceso oponente asume que los mecanismos neurofisiológicos implicados en la conducta emocional sirven para mantener la estabilidad emocional. Así, la teoría del proceso oponente es una teoría *homeostática*. Está basada en la premisa de que una función importante de los mecanismos que controlan las emociones es que nos mantenga en equilibrio y minimice las altas y las bajas. El concepto de homeostasis se introdujo originalmente para explicar la estabilidad de nuestra fisiología interna, tal como la temperatura corporal. Desde entonces, el concepto también se ha vuelto importante en el análisis de la conducta. (Hablaremos de otros tipos de teorías homeostáticas en capítulos posteriores.)

¿Cómo podrían los mecanismos fisiológicos mantener la estabilidad emocional e impedir que lleguemos a emocionarnos demasiado? El mantenimiento de cualquier sistema en un estado estable requiere que se cumpla la condición de que una perturbación que mueve el sistema en una dirección sea contrarrestada por una fuerza opuesta a la perturbación. Por ejemplo, consideremos tratar de mantener nivelado un balancín. Si hay algo que empuja un extremo del balancín hacia abajo, el otro extremo va a subir. Para mantener nivelado el balancín, la fuerza que empuja un extremo hacia abajo tiene que ser contrarrestada por una fuerza opuesta en el otro extremo.

La idea de fuerzas contrarias que sirven para mantener un estado estable es fundamental para la teoría del proceso oponente de la motivación. La teoría supone que un estímulo activador de la emoción empuja el estado emocional de una persona lejos de la neutralidad. Este alejamiento de la neutralidad emocional desencadena un proceso oponente que contrarresta el cambio. Los patrones de conducta emocional observados antes y después de una amplia experiencia con un estímulo son el resultado neto de los efectos directos de un estímulo que activa la emoción y el proceso oponente que se activa para contrarrestar este efecto directo.

La presentación de un estímulo activador de la emoción inicialmente provoca lo que se llama **proceso primario**, o **proceso *a***, que es responsable de la calidad del estado emocional (por ejemplo, felicidad) que se produce ante la presencia del estímulo. El primario, o proceso *a*, provoca, a su vez, un **proceso oponente**, o **proceso *b***, que genera la reacción emocional opuesta (por ejemplo, irritabilidad y melancolía). Debido a que el proceso oponente es activado por la reacción primaria, éste va a la zaga de la perturbación emocional primaria.

***Mecanismos oponentes durante la exposición al estímulo inicial*** La figura 2.14 muestra cómo los procesos primarios y oponentes determinan las respuestas iniciales de un organismo a un estímulo de activación emocional. Los procesos primarios y oponentes subyacentes están representados en la parte inferior de la figura. Los efectos netos de estos procesos (las reacciones emocionales observadas) están representados en el panel superior. Cuando se presenta por primera vez el estímulo, el proceso *a* se produce sin la oposición del proceso *b*. Esto permite que la reacción emocional primaria alcance su pico de forma rápida. Entonces, el proceso *b* se activa y comienza a oponerse al proceso *a*. Sin embargo, el proceso *b* no es lo suficientemente fuerte como para contrarrestar por completo la respuesta emocional primaria, y la respuesta emocional primaria persiste durante el estímulo provocador. Cuando se retira el estímulo, el proceso vuelve rápidamente a la línea de base, pero el proceso *b* persiste por un tiempo. En este punto no hay nada a lo cual se oponga el proceso *b*. Por tanto, las respuestas emocionales características del proceso oponente se hacen evidentes por primera vez en este punto.

***Mecanismos oponentes después de una exposición prolongada al estímulo*** La figura 2.15 muestra cómo operan los procesos primarios y oponentes después de numerosas exposiciones previas a un estímulo. Como se ha señalado anteriormente, un estímulo muy familiar no provoca fuertes reacciones emocionales cuando se presenta, pero la reacción afectiva posterior tiende a ser mucho más fuerte. La teoría del proceso oponente explica este resultado asumiendo que el proceso *b* se fortalece con la exposición repetida. Como resultado de este fortalecimiento, el proceso *b* se activa más pronto después de la aparición del estímulo,

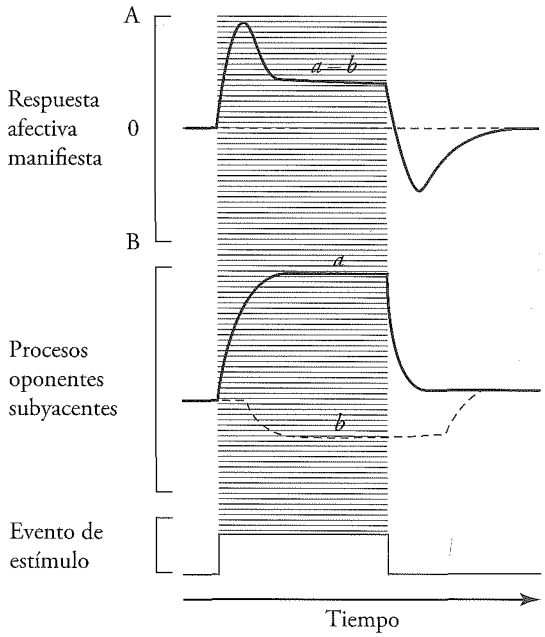



**FIGURA 2.14**
Mecanismo del proceso oponente durante la presentación inicial de un estímulo activador de la emoción. Las reacciones emocionales observadas están representadas en el panel superior. Los procesos oponentes subyacentes están representados en el panel inferior. Observe que el proceso *b* comienza un poco después de la aparición del proceso *a*. Además, el proceso *b* termina mucho más tarde que el proceso *a*. Esta última característica permite que las emociones opuestas dominen después de la finalización del estímulo. (De "An Opponent Process Theory of Motivation: I. The Temporal Dynamics of Affect", R. L. Solomon y J. D. Corbit, 1974, *Psychological Review*, *81*, pp 119-145.)

su máxima intensidad se vuelve mayor, y su decaimiento se hace más lento cuando el estímulo cesa. Debido a estos cambios, las respuestas emocionales primarias se contrarrestan de manera más eficaz mediante el proceso oponente. Una consecuencia asociada del crecimiento del proceso opuesto es que la reacción afectiva posterior se hace más fuerte cuando el estímulo se retira (figura 2.15).

***Posefectos oponentes y motivación*** Si los efectos placenteros primarios de una droga psicoactiva se han ido para los usuarios habituales, ¿por qué siguen tomándola? ¿Por qué son adictos? La teoría del proceso oponente sugiere que la drogadicción es principalmente un intento de reducir la aversión de la reacción afectiva posterior a las drogas, tales como las malas resacas, los "bajones" por anfetaminas y la irritabilidad que viene de no fumar el cigarrillo habitual. Basados en su extensa revisión de la investigación sobre la emoción y la cognición, Baker y sus colegas (2004) proponen un modelo de procesamiento afectivo de la adicción a las drogas que se basa en los conceptos del proceso oponente, y concluyen que "los consumidores de drogas adictos mantienen su consumo de drogas en gran medida para gestionar su sufrimiento " (p. 34) (véase también Ettenberg, 2004).

La interpretación del proceso oponente de la drogadicción como escape al sufrimiento de la abstinencia también es apoyada por un gran cuerpo de evidencia de la neurociencia. En su revisión de esta evidencia, Koob y Le Moal (2008) llegaron a la conclusión de que el uso intenso de drogas resulta en menor actividad en los circuitos cerebrales asociados con la recompensa y el fortalecimiento de los mecanismos neurales opuestos, proceso al que se refieren como el circuito *anti-recompensa*. El comportamiento de búsqueda de drogas se refuerza en parte por el hecho de que la toma del fármaco reduce la actividad en el circuito anti-recompensa. Como Koob y Le Moal señalaron, "La combinación de una disminución en la función de recompensa del neurotransmisor y el reclutamiento de los sistemas anti-recompensa proporciona una poderosa fuente de refuerzo negativo que contribuye a la conducta compulsiva de búsqueda de droga y a la dependencia" (p. 38). Por tanto, los adictos a las drogas no son "atrapados" por el placer que deriva de la droga. Más bien, ellos toman la droga para reducir los dolores de la abstinencia. (En los capítulos siguientes se considerarán otros factores implicados en la adicción a las drogas.)

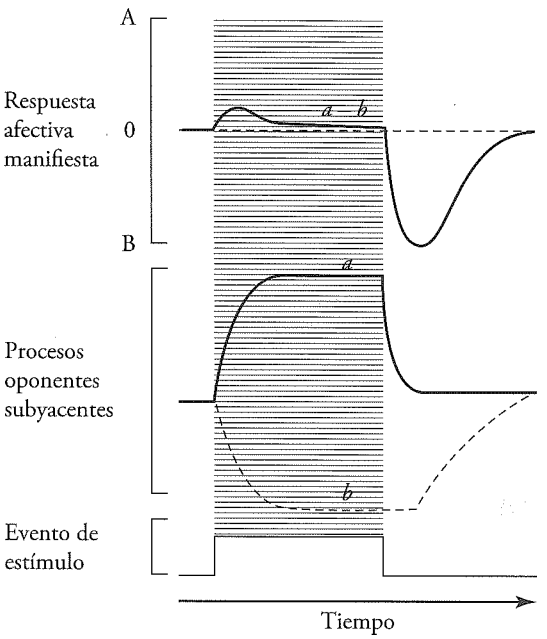



**FIGURA 2.15**
Mecanismo del proceso oponente que produce los cambios afectivos a un estímulo habituado. Las reacciones emocionales observadas están representadas en el panel superior. Los procesos subyacentes oponentes están representados en el panel inferior. Observe que el proceso *b* se inicia inmediatamente después de la aparición del proceso *a* y es mucho más fuerte que en la figura 2.14. Además, el proceso *b* termina mucho más tarde que el proceso *a*. Debido a estos cambios en el proceso *b*, la respuesta emocional primaria es casi invisible durante el estímulo, pero la reacción afectiva posterior es muy fuerte. (De "An Opponent Process Theory of Motivation: I. The Temporal Dynamics of Affect", R. L. Solomon y J. D. Corbit, 1974, *Psychological Review, 81*, pp. 119-145.)

## Comentarios finales

La calidad de vida y la supervivencia misma depende de cómo se coordina la conducta con las complejidades del entorno. La conducta provocada representa una de las formas fundamentales en las que la conducta de todos los animales, desde organismos unicelulares hasta personas, se ajusta a los acontecimientos ambientales.

La conducta provocada toma muchas formas, que van desde simples reflejos mediados por sólo tres neuronas, a reacciones emocionales complejas. Aunque la conducta provocada se produce como una reacción a un estímulo, no es rígida e invariable. De hecho, una de sus características distintivas es que la conducta provocada se ve alterada por la experiencia. Si un estímulo provocador no activa el organismo, las presentaciones repetidas del estímulo evocarán respuestas progresivamente más débiles (un efecto de habituación). Si el organismo está en un estado de activación, aumentará la respuesta provocada (un efecto de sensibilización).

Las presentaciones repetidas de un estímulo provocador producen cambios en las respuestas simples, así como en las reacciones emocionales más complejas. Los organismos tienden a minimizar los cambios en el estado emocional causados por estímulos externos. De acuerdo con la teoría motivacional del proceso oponente, las respuestas emocionales provocadas por un evento ambiental son contrarrestadas por un proceso oponente en el organismo. Si la emoción provocada original es gratificante, el proceso oponente activa circuitos anti-recompensa y genera un estado aversivo. El proceso compensatorio u oponente es más fuerte cada vez que se activa. La adicción a las drogas implica esfuerzos para reducir al mínimo la naturaleza aversiva de los procesos oponentes o anti-recompensa asociados al consumo repetida de la droga.

La habituación, la sensibilización y los cambios en la intensidad de los procesos oponentes son los mecanismos más simples en los que los organismos adaptan sus reacciones a los acontecimientos ambientales con base en su experiencia pasada.

## Preguntas de estudio

1. Describa cómo puede estar involucrada la conducta provocada en las interacciones sociales complejas, como la lactancia materna.
2. Describa los estímulos signo que intervienen en el control de la conducta humana.
3. Compare la conducta apetitiva y consumatoria y describa cómo se relacionan con la búsqueda general, la búsqueda focalizada y el manejo de los alimentos.
4. Describa los componentes de la respuesta de sobresalto y la forma en que esta respuesta puede experimentar sensibilización.
5. Describa la diferencia entre habituación, adaptación sensorial y la fatiga de la respuesta.
6. Describa los dos procesos de la teoría del proceso dual de la habituación y la sensibilización, y las diferencias entre estos procesos.
7. Describa cómo la habituación y la sensibilización están involucradas en la regulación de la emoción y la adicción a las drogas.

## Términos clave

**adaptación sensorial** Reducción temporal de la sensibilidad de los órganos de los sentidos causada por la estimulación repetida o excesiva.

**conducta apetitiva** Conducta que se produce al inicio de una secuencia natural de conducta; sirve para poner al organismo en contacto con un estímulo de liberación. (Véase también *modo de búsqueda general* y *modo de búsqueda focalizada.*)

**conducta consumatoria** Conducta que sirve para llevar una secuencia natural de conducta a la consumación o finalización. Las respuestas consumatorias generalmente son patrones de acción modal típicos de la especie. (Ver también *modo de manipulación de ingestión de alimentos.*)

**efecto de habituación** Disminución progresiva en el vigor de la conducta provocada que puede ocurrir con las presentaciones repetidas del estímulo provocador.

**efecto de sensibilización** Aumento en el vigor de la conducta provocada que puede resultar de presentaciones repetidas del estímulo provocador o de la exposición a un fuerte estímulo extraño.

**estímulo liberador** Es lo mismo que *estímulo signo.*

**estímulo signo** Característica específica de un objeto o animal que provoca un patrón de acción modal. También se le llama *estímulo liberador.*

**estímulo supranormal** Estímulo signo cuyas características se han mejorado artificialmente o exagerado para producir un patrón de acción modal anormalmente grande.

**fatiga** Disminución temporal de la conducta causada por el uso repetido o excesivo de los músculos implicados en la conducta.

**interneurona** Neurona en la médula espinal que transmite impulsos a las neuronas aferentes (o sensoriales) o eferentes (o motoras).

**modo de búsqueda focalizada** Segundo componente de la secuencia de conducta de alimentación que sigue a la búsqueda general, en la que el organismo se involucra en la conducta enfocada en un lugar determinado o estímulo que es indicativo de la presencia de alimentos. La búsqueda focalizada es una forma de conducta apetitiva que está más estrechamente relacionada con comida que con la búsqueda general de alimentos.

**modo de búsqueda general** Primer componente de la secuencia de conducta de alimentación, en la que el organismo se involucra en la conducta locomotora no dirigida. La búsqueda general es una forma de conducta apetitiva.

**modo de manipulación e ingestión de alimentos** Último componente de la secuencia de conducta de alimentación, en la que el organismo maneja y consume la comida. Esto es similar a lo que los etólogos denominan *conducta consumatoria.*

**neurona aferente** Neurona que transmite mensajes de los órganos de los sentidos al sistema nervioso central. También se le llama *neurona sensorial.*

**neurona eferente** Neurona que transmite impulsos a los músculos. También se le llama *neurona motora.*

**neurona motora** Es lo mismo que *neurona eferente.*

**neurona sensorial** Es lo mismo que *neurona aferente.*

**patrón de acción modal (PAM)** Patrón de respuesta exhibido de forma similar por la mayoría, si no todos, los miembros de una especie. Los patrones de acción modal se utilizan como unidades básicas de conducta en las investigaciones etológicas de la conducta.

**proceso *a*** Es lo mismo que *proceso primario* en la teoría motivacional del proceso oponente.

**proceso *b*** Es lo mismo que el *proceso oponente* en la teoría motivacional del proceso oponente.

**proceso de habituación** Mecanismo neural activado por las repeticiones de un estímulo que reduce la magnitud de las respuestas provocadas por ese estímulo.

**proceso de sensibilización** Mecanismo neural que aumenta la magnitud de las respuestas provocadas por un estímulo.

**proceso oponente** Mecanismo compensatorio que se produce en respuesta al proceso primario provocado por eventos biológicamente significativos. El proceso oponente causa cambios fisiológicos y conductuales que son lo contrario de los causados por el proceso primario. También se le llama proceso *b*.

**proceso primario** Primer proceso en la teoría motivacional del proceso oponente que es provocado por un estímulo biológicamente significativo. También se le llama proceso *a*.

**recuperación espontánea** Retorno de la respuesta a los niveles fundamentales producidos por un periodo de descanso después de la habituación o la sensibilización.

**reflejo** Relación estrecha entre el estímulo provocador y una respuesta resultante que está mediada por un circuito neuronal (el arco reflejo) que une las neuronas aferentes activadas por el estímulo con las neuronas eferentes que desencadenan la respuesta de salida. Como consecuencia, el estímulo provocador por lo general produce la respuesta refleja, y rara vez ocurre lo contrario.

**sistema de estado** Estructuras neuronales que determinan el nivel general de la capacidad de respuesta, o la activación del organismo.

**sistema E–R** Vía neural más corta que conecta los órganos de los sentidos estimulados por un estímulo provocador y los músculos que intervienen en la generación de la respuesta provocada.

**tolerancia a las drogas** Reducción de la eficacia de un fármaco como resultado de su uso repetido.

CAPÍTULO 3

# Condicionamiento clásico: fundamentos

**Los primeros años del condicionamiento clásico**
Los descubrimientos de Vul'fson y Snarskii
El paradigma del condicionamiento clásico
**Situaciones experimentales**
Condicionamiento del miedo
Condicionamiento del parpadeo
Seguimiento de señales y seguimiento de objetivos
Aprendizaje de preferencias y aversiones gustativas
**Métodos pavlovianos de condicionamiento excitatorio**
Procedimientos comunes del condicionamiento pavloviano
Medición de respuestas condicionadas
Procedimientos de control para el condicionamiento clásico
Eficacia de los procedimientos comunes de condicionamiento
**Condicionamiento pavloviano inhibitorio**
Procedimientos para el condicionamiento inhibitorio
Medición de la inhibición condicionada
**Prevalencia del condicionamiento clásico**
**Comentarios finales**
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PREVIA DEL CAPÍTULO

El capítulo 3 proporciona una introducción a otra forma básica de aprendizaje, es decir, el condicionamiento clásico. Las investigaciones sobre condicionamiento clásico se inician con el trabajo de Pavlov, que estudió cómo los perros aprenden a anticipar la comida. Desde entonces, la investigación se ha extendido a una variedad de otros organismos y sistemas de respuesta. Algunos procedimientos de condicionamiento clásico establecen una asociación excitatoria entre dos estímulos y sirven para activar la conducta. Otros procedimientos promueven el aprendizaje para inhibir el funcionamiento de las asociaciones excitatorias. Se describirán dos procedimientos de condicionamiento excitatorio e inhibitorio, y se analizará cómo están involucrados en diversas e importantes experiencias de la vida.

En el capítulo 2 se describió cómo los eventos ambientales pueden provocar la conducta y cómo ésta puede ser modificada por la sensibilización y la habituación. Estos procesos relativamente simples ayudan a llevar la conducta de los organismos en sintonía con su entorno. Sin embargo, si los animales humanos y no humanos sólo tuvieron los mecanismos de conducta que se describen en el capítulo 2, seguirían estando bastante limitados en el tipo de cosas que podrían hacer. En su mayor parte, la habituación y la sensibilización involucran

aprender acerca de un solo estímulo. Sin embargo, los acontecimientos en el mundo no ocurren de manera aislada. Más bien, la mayor parte de nuestra experiencia consiste en secuencias predecibles y organizadas de estímulos. Cada evento significativo (por ejemplo, el abrazo de un amigo) es precedido por otros eventos (su amigo se acerca con los brazos extendidos) que forman parte de lo que lleva al resultado objetivo.

Las relaciones de causa y efecto en el mundo aseguran que ciertas cosas ocurran en combinación con otras. El motor de su auto no funciona a menos que el encendido se haya manipulado; no se puede caminar a través de una puerta a menos que la puerta se abra primero; no llueve a menos que haya nubes en el cielo. Las instituciones sociales y las costumbres también aseguran que los eventos ocurran en un orden predecible. Las clases están programadas en horarios predecibles; las personas se visten mejor para ir a la iglesia que para un día de campo; es más probable que una persona que sonríe actúe de una manera amistosa que una que frunce el ceño. Aprender a predecir eventos en el medio ambiente y aprender qué estímulos tienden a ocurrir juntos nos ayudarán a interaccionar más eficazmente con nuestro medio ambiente. Imagine la cantidad de problemas que tendría si no se pudiera predecir cuánto tiempo se tarda en hacer el café, cuándo abrirán las tiendas, o si su clave funcionará para desbloquear su apartamento.

El mecanismo más simple mediante el cual los organismos aprenden sobre las relaciones entre un evento y otro es el condicionamiento clásico. El condicionamiento clásico permite a los animales humanos y no humanos aprovechar la secuencia ordenada de acontecimientos en su mundo para tomar las medidas oportunas en previsión de lo que está a punto de suceder. El condicionamiento clásico es el proceso por el cual aprendemos a predecir cuándo y lo que podríamos comer, cuándo estamos propensos a enfrentar un peligro, y cuándo a estamos a salvo. También participa de manera integral en el aprendizaje de nuevas reacciones emocionales (por ejemplo, el miedo o el placer) a los estímulos que se han asociado con un evento significativo.

## Los primeros años del condicionamiento clásico

Los estudios sistemáticos del condicionamiento clásico se iniciaron con la obra del gran fisiólogo ruso Pavlov (recuadro 3.1). El condicionamiento clásico también fue descubierto independientemente por Edwin Twitmyer en una tesis doctoral presentada en la Universidad de Pennsylvania en 1902 (ver Twitmyer, 1974). Twitmyer probó en varias ocasiones el reflejo rotuliano de estudiantes universitarios haciendo sonar una campana 0.5 segundos antes de golpear el tendón patelar justo debajo de la rótula de la rodilla. Después de varios ensayos de este tipo, la campana fue suficiente para provocar el reflejo rotuliano en algunos de los estudiantes. Sin embargo, Twitmyer no exploró las implicaciones más amplias de sus descubrimientos, y sus conclusiones inicialmente no atrajeron mucha atención.

Los estudios de Pavlov sobre el condicionamiento clásico fueron una extensión de su investigación sobre los procesos de la digestión. Pavlov hizo importantes avances en el estudio de la digestión mediante el desarrollo de técnicas quirúrgicas que permitieron a los perros sobrevivir durante muchos años con fístulas artificiales que favorecían la recopilación de diversos jugos digestivos. Por ejemplo, con el uso de una fístula de estómago, Pavlov fue capaz de recoger las secreciones del estómago en los perros que de otro modo vivían normalmente. Los técnicos en el laboratorio pronto descubrieron que los perros secretaban los jugos gástricos en respuesta a ver la comida, o incluso sólo al ver a la persona que por lo general les daba de comer. El laboratorio producía considerables cantidades de jugo gástrico de esta manera y vendía el exceso al público en general. La popularidad de este jugo como un remedio para diversas dolencias estomacales ayudó a complementar los ingresos del laboratorio.

Los asistentes en el laboratorio se referían a las secreciones estomacales provocadas por estímulos relacionados con la alimentación como las *secreciones psíquicas*, ya que parecía ser una respuesta a la expectativa o idea de la comida. Sin embargo, el fenómeno de las secreciones psíquicas generó poco interés científico hasta que Pavlov reconoció que podría ser utilizado para estudiar los mecanismos de aprendizaje de asociación y podría informarnos acerca de las funciones del sistema nervioso (Pavlov, 1927). Por tanto, como muchos grandes científicos, las contribuciones de Pavlov eran importantes no sólo porque descubrió algo nuevo, sino porque él descubrió la manera de colocar el descubrimiento en un marco conceptual convincente.

## Los descubrimientos de Vul'fson y Snarskii

Los primeros estudios sistemáticos del condicionamiento clásico se llevaron a cabo por S. G. Vul'fson y A. T. Snarskii en el laboratorio de Pavlov (Boakes, 1984; Todes, 1997). Ambos estudiantes se centraron en las glándulas salivales, las cuales son las primeras glándulas digestivas que intervienen en la descomposición de los alimentos. Algunas de las glándulas salivales son bastante grandes y tienen conductos que son accesibles y pueden ser fácilmente externalizados con una fístula (figura 3.1). Vul'fson estudió las respuestas salivales a diversas sustancias colocadas en el hocico: comida seca, comida húmeda, agua ácida y arena. Después de que los perros habían experimentado estas cosas puestas en su hocico, la simple visión de las sustancias fue suficiente para que los perros salivaran.

Mientras Vul'fson utilizó materiales de origen natural en sus estudios, Snarskii amplió estas observaciones a sustancias artificiales. En un experimento, Snarskii dio a sus perros aguas ácidas (tales como el jugo de limón fuerte) que se habían coloreado artificialmente de negro. Después de varios encuentros con el agua ácida negra, los perros también salivaron al agua simple negra o al ver una botella que contenía un líquido negro.

Las sustancias ensayadas por Vul'fson y Snarskii pudieron ser identificadas a cierta distancia por la vista. Ambos también produjeron diferentes sensaciones de textura y sabor en el hocico. Tales sensaciones reciben el nombre de *estímulos orosensoriales*. La primera vez que se colocó arena en el hocico de un perro, la sola sensación de la arena provocó la salivación. Sin embargo, después de que la arena había sido colocada en el hocico varias veces, la visión de la arena (sus características visuales) también llegó a provocar la salivación. El perro aprendió a asociar las características visuales de la arena con sus características orosensoriales. La asociación de una característica de un objeto con otro se denomina **aprendizaje de objeto**.

El estudio de los mecanismos de aprendizaje asociativo requiere que los estímulos que se van a asociar sean manipulados independientemente uno de otro. Esto es difícil de hacer cuando los dos estímulos son propiedades del mismo objeto. Por tanto, en los estudios posteriores del condicionamiento, Pavlov utilizó procedimientos en los que los estímulos que serían asociados provenían de fuentes diferentes. Esto llevó a los métodos experimentales que siguen dominando los estudios del condicionamiento clásico hasta nuestros días. Sin embargo, los estudios contemporáneos ya no se llevan a cabo con perros.

## El paradigma del condicionamiento clásico

El procedimiento básico de Pavlov para el estudio de la salivación condicionada es conocido por muchos. El procedimiento implica dos estímulos. Uno de ellos es un tono o una luz que no provoca salivación al principio del experimento. El otro estímulo es la comida o el sabor amargo de una solución colocada en la boca. En contraste con la luz o el tono, la comida o el sabor amargo provoca salivación vigorosa incluso la primera vez que se presenta.

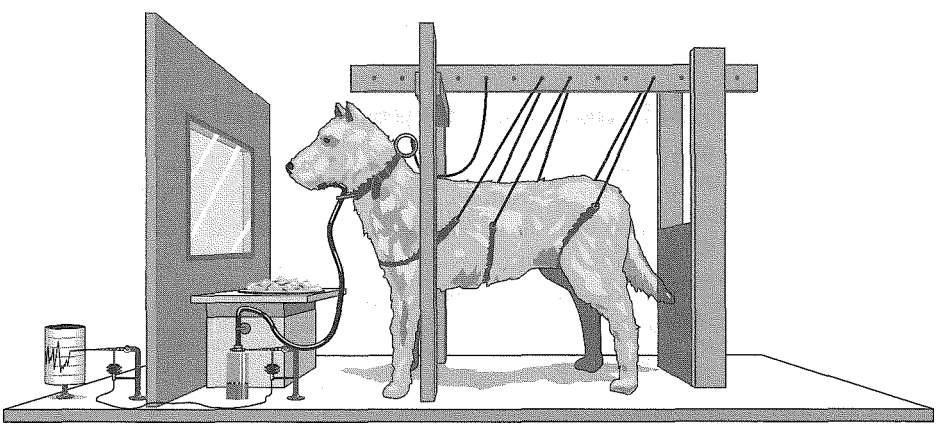


**FIGURA 3.1** Diagrama de la preparación del condicionamiento salival pavloviano. Una cánula unida al conducto salival del animal envía gotas de saliva a un dispositivo de registro de datos. ("The Method of Pavlov in Animal Psychology", R. M. Yerkes y S. Morgulis, 1909, *Psychological Bulletin*, 6, pp. 257-273.)

## RECUADRO 3.1

### *Iván P. Pavlov: semblanza*

Nacido en 1849 en Rusia en la familia de un clérigo, Pavlov dedicó su vida a la enseñanza y la investigación. Recibió su primera educación en un seminario teológico local y planeaba una carrera de servicio religioso. Sin embargo, sus intereses cambiaron pronto, y cuando tenía 21 años ingresó en la Universidad de San Petersburgo, donde sus estudios se centraron en la química y la fisiología de los animales. Después de obtener el equivalente a un título de licenciatura, ingresó a la Academia Imperial Médico-Quirúrgica en 1875 para continuar su educación en fisiología. Ocho años más tarde recibió su título de doctorado por sus investigaciones sobre los nervios eferentes del corazón, y entonces comenzó a investigar varios aspectos de la fisiología digestiva. En 1888 descubrió los nervios que estimulan las secreciones digestivas del páncreas, un hallazgo que inició una serie de experimentos por los que Pavlov fue galardonado con el Premio Nobel de Fisiología en 1904.

Pavlov hizo un gran trabajo de investigación original mientras era un estudiante de posgrado, así como después de obtener su doctorado. Sin embargo, él no tuvo un puesto en la facultad o su propio laboratorio sino hasta 1890, cuando, a la edad de 41 años, fue nombrado profesor de farmacología en la Academia Médica Militar de San Petersburgo. Cinco años más tarde se convirtió en profesor de fisiología en la misma institución. Pavlov se mantuvo activo en el laboratorio hasta cerca de su muerte en 1936. De hecho, gran parte de la investigación por la que es famoso hoy se llevó a cabo después de haber recibido el Premio Nobel.

Pavlov se refirió al tono o a la luz como **estímulo condicional** debido a que la eficacia de este estímulo para provocar la salivación dependía de (o estaba *condicionada* a) emparejarlo varias veces con la presentación de los alimentos. Por el contrario, llamó a la comida o al sabor amargo **estímulo incondicional** debido a su eficacia en la obtención de la salivación, que no dependía de ningún tipo de formación previa. La salivación que con el tiempo llegó a ser provocada por el tono o la luz recibió el nombre de **respuesta condicional**, y a la salivación que siempre fue provocada por la comida o el sabor amargo se le denominó **respuesta incondicional**. Por tanto, los estímulos y respuestas cuyas propiedades no dependen de la formación previa fueron llamados *incondicionales*, y a los estímulos y respuestas cuyas propiedades surgen sólo después del entrenamiento se les denominó *condicionales*.

En la primera traducción al inglés de los escritos de Pavlov, el término incondicion*al* fue traducido erróneamente como incondicion*ado*, y el término condicion*al* fue traducido como condicion*ado*. El sufijo *ado* se utilizó exclusivamente en los escritos en inglés por muchos años, y nuestro uso seguirá esa tradición. Sin embargo, no debemos olvidar que el término condicion*ado* no captura el significado original de Pavlov de "dependiente" con la mayor precisión que el término condicion*al* (Gantt, 1966).

Debido a que los términos *estímulo condicionado* e *incondicionado* y *respuesta condicionada* e *incondicionada* se utilizan con frecuencia en los debates sobre el condicionamiento clásico, a menudo se abrevian. Estímulo condicionado y respuesta condicionada se abrevian como **EC** y **RC**, respectivamente. A su vez, estímulo incondicionado y respuesta incondicionada se abrevian **EI** y **RI**, respectivamente.

## Situaciones experimentales

El condicionamiento clásico se ha investigado en una variedad de situaciones y de especies (por ejemplo, Domjan, 2005; Turkkan, 1989). Pavlov hizo sus experimentos con perros, a menudo usando la técnica de fístula salival. Los experimentos contemporáneos sobre el condicionamiento pavloviano se llevan a cabo con muchas especies diferentes (ratas, ratones, conejos, palomas, codornices, y participantes humanos) utilizando procedimientos desarrollados principalmente por los científicos de América del Norte durante la segunda mitad del siglo XX.

## Condicionamiento del miedo

Tras los primeros trabajos de Watson y Rayner (1920/2000), un enfoque importante de los investigadores del condicionamiento pavloviano ha sido el condicionamiento de las reacciones emocionales. Watson y Rayner creían que al principio los bebés están limitados en su reactividad emocional. Ellos asumieron que "debe haber algún método sencillo mediante el cual la gama de estímulos que pueden hacer salir estas emociones y sus compuestos sea mucho mayor". Ese método sencillo era el condicionamiento pavloviano. En una famosa demostración, Watson y Rayner condicionaron una respuesta de miedo a la presencia de una dócil rata blanca de laboratorio en un bebé de nueve meses de edad, llamado Albert.

No había casi nada de lo que Albert tuviera miedo. Sin embargo, después de probar una variedad de estímulos, Watson y Rayner encontraron que el pequeño Albert reaccionó con inquietud cuando oyó el ruido fuerte de una barra de acero golpeada por un martillo detrás de su cabeza. Watson y Rayner utilizaron este ruido atemorizante incondicionado para condicionar el miedo a una rata blanca. Cada ensayo de condicionamiento consistió en presentar la rata a Albert y luego golpear la barra de acero. Al principio Albert se acercó a la rata cuando se le presentó. Pero, después de sólo dos ensayos de condicionamiento, se volvió reacio a tocar a la rata. Después de cinco ensayos de condicionamiento adicionales, Albert mostró fuertes respuestas de miedo. Él gimió y lloró, se inclinó lo más lejos que pudo de la rata, y en ocasiones se cayó y se alejó a cuatro patas. Significativamente, estas respuestas de miedo no fueron evidentes cuando se le presentó a Albert con sus bloques de juguete. Sin embargo, el miedo condicionado se generalizó a otras cosas peludas (un conejo, un abrigo de piel, lana de algodón, un perro y una máscara de Santa Claus).

El miedo y la ansiedad son fuentes considerables de malestar humano, y si son lo suficientemente severos, pueden dar lugar a graves problemas psicológicos y de conducta. Para comprender mejor y tratar estos trastornos, los científicos están trabajando para averiguar cómo se adquieren el miedo y la ansiedad, cuáles son los mecanismos neuronales del miedo, y cómo puede ser atenuado con técnicas conductuales y farmacológicas (por ejemplo, Craske, Hermans y Vansteenwegen, 2006; Oehlberg y Mineka, 2011). Muchas de estas preguntas no se pueden abordar de forma experimental utilizando sujetos humanos. Por tanto, gran parte de la investigación sobre el condicionamiento del miedo se ha llevado a cabo con ratas y ratones de laboratorio. En estos estudios, el EI aversivo es una breve descarga eléctrica suministrada a través de un suelo de rejilla metálica. Se utiliza una descarga porque se puede regular con gran precisión y su intensidad se puede ajustar para evitar cualquier daño físico. Es aversivo principalmente porque es sorprendente, diferente a todo lo que el animal ha encontrado antes. El EC puede ser un estímulo discreto (como un tono o una luz) o las claves contextuales del lugar donde se encuentra el estímulo aversivo.

A diferencia del pequeño Albert, quien mostró signos de temor gimiendo y llorando, las ratas muestran su temor inmovilizándose. La inmovilización (congelación) es una respuesta común de defensa que se produce en una variedad de especies en anticipación de la estimulación aversiva (véase el capítulo 10). La congelación probablemente evolucionó como una conducta defensiva porque los animales que permanecen inmóviles no son fácilmente vistos por sus depredadores. Por ejemplo, en el bosque, es difícil ver a un venado cuando se queda quieto debido a que su coloración se mezcla bien con los colores de la corteza y las hojas. Sin embargo, tan pronto como el venado empieza a moverse, se puede decir dónde está.

La congelación se define como la inmovilidad del cuerpo (excepto para respirar) y la ausencia de movimiento de los bigotes asociado con la inhalación (Bouton y Bolles, 1980). La medición de la inmovilización como un índice del miedo condicionado se ha vuelto popular en los últimos años, sobre todo en los estudios neurobiológicos del miedo (por ejemplo, Jacobs, Cushman y Fanselow, 2010). Los sistemas automatizados ahora están disponibles para cuantificar el grado de congelación exhibido por las ratas y los ratones. Estos sistemas identifican la congelación por la cantidad de movimiento que se detecta a través de cuadros sucesivos de una grabación de vídeo.

La figura 3.2 muestra un ejemplo de la adquisición de congelación en respuesta a un EC auditivo (ruido blanco) en ratas de laboratorio. Las ratas recibieron 10 ensayos de condicionamiento. En cada ensayo, el EC se presentó durante 46 segundos y terminó en una leve

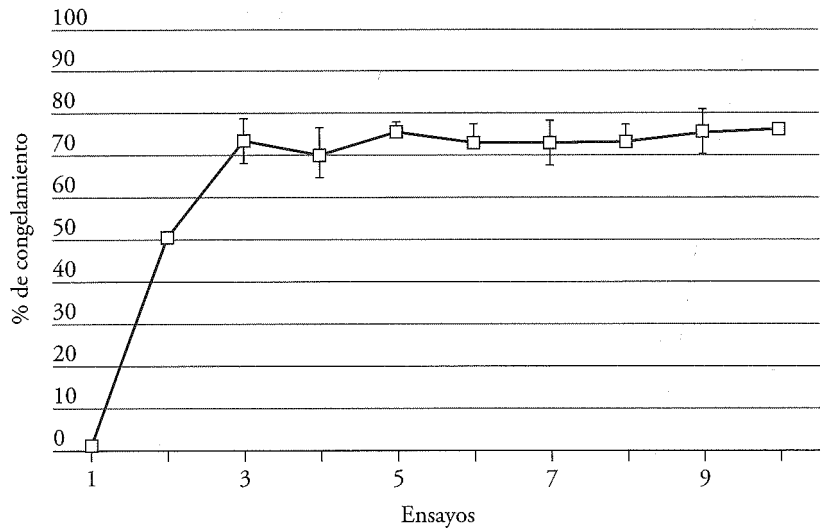



**FIGURA 3.2**
Adquisición de congelamiento condicionado a un EC auditivo (ruido blanco) en ratas de laboratorio durante los ensayos de condicionamiento ruido-descarga. Cada punto de datos muestra el porcentaje de tiempo que se observó congelación en las ratas durante cada presentación del EC. (Basado en Reger *et al*, 2012.)

descarga (0.5 miliamperes) en las patas durante 2 segundos. Los ensayos de condicionamiento fueron separados por un intervalo entre ensayos de 210 segundos. Observe que había un poco de congelación durante la primera presentación del ruido EC, antes de que las ratas recibieran su primera descarga. El porcentaje de tiempo que pasaron congeladas durante los ensayos de condicionamiento posteriores aumentó bastante rápido. Para el tercer ensayo de condicionamiento, las ratas estaban congeladas aproximadamente 70% del tiempo, que era la asíntota o límite de aprendizaje evidente en este experimento.

Además de la congelación, en las investigaciones de condicionamiento del miedo también se utilizan otras dos medidas indirectas de la inmovilidad inducida por el miedo. Ambas implican la supresión de la conducta en curso y, por tanto, se hace referencia a los procedimientos como de **supresión condicionada**. En un caso, la conducta en curso es lamer un pivote del bebedero. En estos experimentos, las ratas y ratones son ligeramente privados de agua y por tanto lamen fácilmente cuando se colocan en una cámara experimental. Si se presenta un miedo EC (por ejemplo, un tono), su conducta de lamer se suprime, y se toman más tiempo para hacer un número determinado de lengüetazos. Por tanto, esta técnica se denomina **procedimiento de supresión del lengüeteo**.

En otra variación de la técnica de supresión condicionada, las ratas son entrenadas para presionar primero una palanca de respuesta para obtener una recompensa de alimento en una pequeña cámara experimental. Esta actividad de presionar la palanca proporciona la línea de base de conducta para la medición del miedo. Una vez que las ratas están presionando la palanca a un ritmo constante, el condicionamiento del miedo se lleva a cabo por el emparejamiento de un tono o una luz con una breve descarga. A medida que los participantes adquieren el miedo condicionado, llegan a suprimir la presión de la palanca durante el EC (Ayres, 2012).

El procedimiento de supresión condicionada también se ha adaptado para los experimentos con participantes humanos. En ese caso, la línea de base del comportamiento es proporcionada por una actividad en curso, tal como jugar un juego de vídeo (por ejemplo, Nelson y Del Carmen Sanjuan, 2006).

## Condicionamiento del parpadeo

Como ya se ha mencionado en el capítulo 2, el reflejo de parpadeo (o palpebral) es un componente inicial de la respuesta de sobresalto y se presenta en una gran variedad de especies. Para conseguir que alguien parpadee, todo lo que se tiene que hacer es aplaudir cerca de la cabeza de la persona o soplarle hacia los ojos. Si cada soplo está precedido por un breve tono, la respuesta de parpadeo se volverá condicional y la persona parpadeará en respuesta al tono.

Debido a su simplicidad, el parpadeo condicionado fue investigado ampliamente en los estudios con participantes humanos al inicio del desarrollo de la teoría del aprendizaje (ver

Kimble, 1961). El condicionamiento del parpadeo continúa siendo un área muy activa de investigación, ya que proporciona una poderosa herramienta para el estudio de problemas del desarrollo, el envejecimiento, la enfermedad de Alzheimer, el síndrome de alcoholismo fetal, y otros trastornos (Brown y Woodruff-Pak, 2011; Freeman y Nicholson, 2004; Steinmetz, Tracy y Green, 2001). De este modo, el condicionamiento del parpadeo es una técnica importante para la investigación traslacional que implica el condicionamiento clásico. El condicionamiento del parpadeo también sigue atrayendo un gran interés, ya que se ha utilizado ampliamente en los estudios de la neurobiología del aprendizaje (Freeman y Steinmetz, 2011).

Un estudio del condicionamiento del parpadeo en bebés de cinco meses de edad (Ivkovich *et al*, 1999) ilustra la técnica. Cada niño se sentó en el regazo de uno de sus padres frente a una plataforma con objetos de colores brillantes que mantuvieron la atención del niño durante las sesiones experimentales. Los parpadeos fueron grabados por una cámara de video. El EC fue un tono de 1,000 cps presentado por 750 milisegundos, y el EI fue un soplo suave de aire suministrado al ojo derecho a través de un tubo de plástico. Para un grupo de lactantes, el EC siempre terminaba con el soplo de aire, y el condicionamiento de estos ensayos se produjo con diferencia de 12 segundos en promedio. El segundo grupo recibió el mismo número y distribución de presentaciones de EC y de EI, pero para ellos, los EC y los EI fueron espaciados con 4-8 segundos de diferencia en una manera explícita no apareada. Por tanto, el segundo grupo sirvió como control. Cada participante recibió dos sesiones de entrenamiento, con una semana de diferencia.

Los resultados del experimento se presentan en la figura 3.3 en términos del porcentaje de ensayos en los que los lactantes parpadearon durante el EC. La tasa de parpadeo de los dos grupos no difirió estadísticamente durante la primera sesión experimental. Sin embargo, el grupo con estímulos apareados respondió al EC a una tasa significativamente más alta desde el principio de la segunda sesión. Este experimento ilustra una serie de puntos importantes sobre el aprendizaje. En primer lugar, muestra que el condicionamiento clásico requiere el apareamiento de un EC y el EI. La respuesta al EC no se desarrolló en el grupo control no apareado. En segundo lugar, el aprendizaje no era observable en un primer momento. Los niños en el grupo de estímulos apareados no respondieron mucho en la primera sesión, pero mostraron un aumento dramático cuando fueron devueltos a la situación experimental para la segunda sesión. Esto proporciona un ejemplo de la diferencia aprendizaje/desempeño que

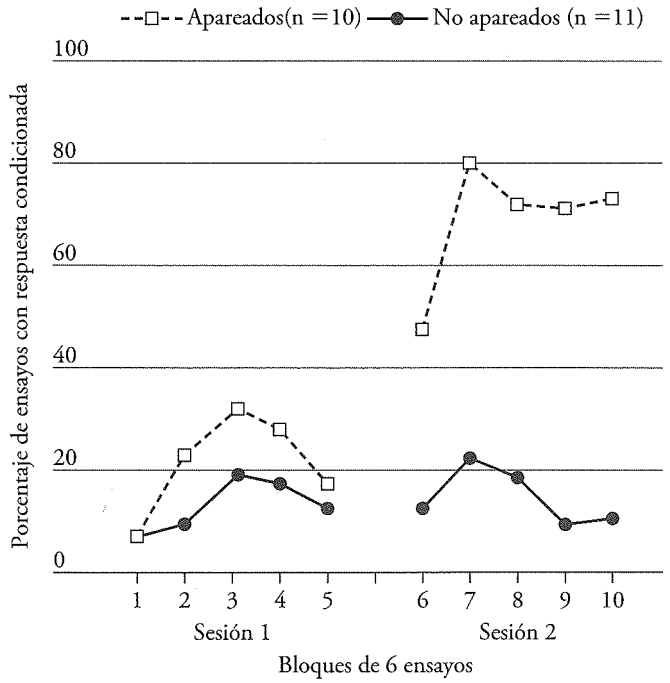
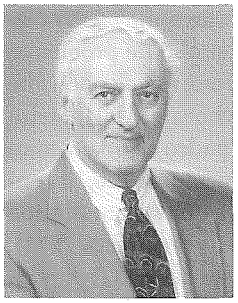



**FIGURA 3.3** Parpadeo condicionado en lactantes de cinco meses de edad. Para los recién nacidos en el grupo apareado, un tono EC terminó en un suave soplo de aire en el ojo. Para los recién nacidos en el grupo no apareado, el tono y el soplo de aire nunca ocurrieron juntos. (Basado en D. Ivlovich, K. L. Collins, C. O. Eckerman, N. A. Krasnegor y M. E. Stanton (1999). "Classical Delay Eyeblink Conditioning in Four and Five Month Old Human Infants", *Psychological Science, 10*, figura 1, p. 6.)



Cortesía de I. Gormezano

I. Gormezano

se discutió en el capítulo 1. Los bebés comenzaron a aprender que el EC se relacionaba con el EI durante la primera sesión, pero su aprendizaje no fue evidente sino hasta el comienzo de la segunda sesión.

El interés contemporáneo en el condicionamiento del parpadeo en los seres humanos se deriva del hecho de que se han hecho progresos sustanciales en la comprensión de los sustratos neurobiológicos de este tipo de aprendizaje (recuadro 3.2). Las investigaciones neurobiológicas del parpadeo condicionado se han llevado a cabo principalmente en estudios con conejos domésticos. La preparación del parpadeo del conejo fue desarrollada por Gormezano (ver Gormezano, Kehoe y Marshall, 1983). Los conejos domésticos son ideales para este tipo de investigación, ya que son sedentarios y rara vez parpadean en ausencia de un soplo de aire o irritación del ojo. Por tanto, los aumentos en la respuesta condicionada se pueden detectar fácilmente.

## RECUADRO 3.2

### *Parpadeo condicionado y la búsqueda del engrama*

Cuando un organismo aprende algo, los resultados de este aprendizaje se deben almacenar en el cerebro. De alguna manera, la red de neuronas que compone el sistema nervioso central es capaz de codificar la relación entre los acontecimientos de importancia biológica y utilizar esta información para guiar la selección de las RC. Esta memoria biológica se conoce como **engrama**. La visión tradicional es que el engrama para una RC discreta se almacena en una región localizada del cerebro. Esto plantea una pregunta básica en neurobiología: ¿cómo y dónde se almacena el engrama?

Como estudiante, su tarea sería más fácil si la naturaleza proporcionara sólo una respuesta. Sin embargo, este no es el caso; cómo se codifica una experiencia y es almacenada por el sistema nervioso varía entre las tareas de aprendizaje. Como regla general, los problemas más difíciles requieren las partes más avanzadas de su cerebro y, como es lógico, desentrañar cómo se resuelven estos problemas a nivel neuronal ha demostrado ser una tarea difícil. Ante esto, los neurobiólogos han gravitado hacia las tareas de aprendizaje más simples, donde las condiciones que generan el aprendizaje y su efecto conductual están bien definidas.

Richard Thompson y sus colegas reconocieron que el condicionamiento pavloviano de una respuesta de parpadeo proporciona un paradigma atractivo para desentrañar cómo y dónde se almacena un engrama (Fanselow y Poulos, 2005; Steinmetz, Gluck y Solomon, 2001; Thompson, 2005). El trabajo previo había mostrado que un EC (por ejemplo, un tono) que se aparea repetidamente con un soplo de aire en el ojo (el EI) adquiere la capacidad de provocar parpadeo como una respuesta defensiva. Décadas de trabajo han definido las circunstancias en las que ocurre este aprendizaje, y se ha especificado con precisión la salida motora.

La búsqueda del engrama comenzó con el **hipocampo**. Estudios de los seres humanos con daño en esta región revelaron que la capacidad de recordar conscientemente un evento reciente depende del hipocampo (recuadro 8.2). Pequeños electrodos se encajaron en el hipocampo de los animales de laboratorio, y se registró la actividad neuronal durante el condicionamiento del parpadeo. Estos estudios revelaron que las células en esta región reflejan el aprendizaje de una asociación EC–EI. Sin embargo, para sorpresa de muchos investigadores, eliminar el hipocampo no eliminó la capacidad del animal para adquirir y retener una respuesta de parpadeo condicionado. De hecho, la eliminación de todas las estructuras del cerebro por encima del *mesencéfalo* (figura 1.6D) tuvo poco efecto en el condicionamiento del parpadeo con un procedimiento de condicionamiento de demora. Esto sugiere que la circuitería esencial para el condicionamiento de parpadeo se encuentra dentro de las estructuras neuronales inferiores del *tallo cerebral* y el **cerebelo**. Experimentos posteriores mostraron claramente que la adquisición de una respuesta de parpadeo condicionado oportuna depende de un circuito neuronal que se encuentra dentro del cerebelo (Ohyama *et al*, 2003; Mauk y Buonomano, 2004).

La RI provocada por un soplo de aire en el ojo está mediada por las neuronas que se proyectan hacia una región del tallo cerebral conocida como *núcleo trigeminal* (figura 3.4A). A partir de ahí, las neuronas viajan a lo largo de dos rutas, ya sea directamente o a través de la *formación reticular*, al *núcleo motor craneal*, donde se organiza la salida conductual. Se utilizaron tres técnicas básicas para definir esta vía. Los primeros registros **electrofisiológicos** involucrados permitieron verificar que las neuronas en este circuito neuronal se dedican a la respuesta al EI. La segunda técnica implicó la inactivación de los núcleos dentro del circuito de forma permanente (al matar las células) o temporal (por medio de un fármaco o de enfriamiento), para mostrar que la región desempeña un papel esencial (*necesario*) en el parpadeo de la RI.

(*Continúa*)

## RECUADRO 3.2 (continuación)

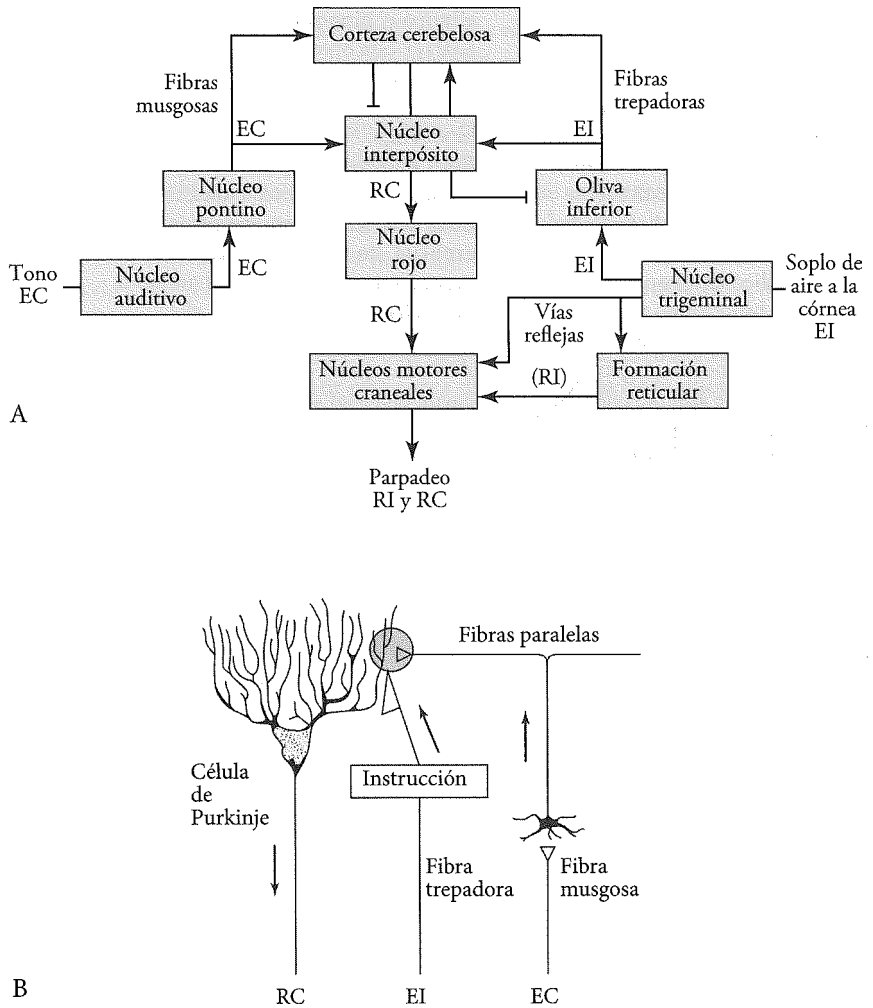



**FIGURA 3.4**
(A) Diagrama del bloque A del circuito cerebral requerido para el condicionamiento del párpado (adaptado de Thompson, 1993 y 2005). (B) Plasticidad estructural dentro de la corteza cerebelosa. La entrada de fibra musgosa de la sinapsis EC sobre las fibras paralelas se proyecta a través de la superficie cortical. Cada célula de Purkinje recibe el aporte de muchas fibras paralelas (EC), pero sólo uno de la fibra trepadora (el EI). La entrada del EI proporciona una forma de instrucción que selecciona el patrón de actividad apropiado de la fibra paralela (EC) para conducir la RC (adaptado de Dudai, 1989).

Finalmente, los núcleos específicos fueron estimulados artificialmente para mostrar que la actividad en estas áreas es *suficiente* para producir la respuesta conductual.

Se han utilizado las mismas técnicas (eléctrica, de registro, inactivación y de estimulación) para definir la vía neural que media la adquisición y el desempeño de la RC. Como se ilustra en la figura 3.4A, la entrada EC viaja a una región del tallo cerebral conocida como *núcleo pontino*. A partir de ahí es transportada mediante *fibras musgosas* que transmiten la señal al cerebelo. La señal EI es transmitida al cerebelo a través de las *fibras trepadoras*. Estas dos señales se encuentran en la *corteza cerebelosa* donde la actividad coincidente provoca una modificación sináptica que altera la salida neural del cerebelo. En esencia, las fibras trepadoras actúan como maestros, seleccionando un subconjunto de conexiones a ser modificadas (figura 3.4B). Este cambio define las propiedades de estímulo (las características del EC) que se acoplan para una salida motora discreta. La salida está mediada por las neuronas que se proyectan desde el *núcleo interpósito* al *núcleo rojo*, y finalmente al *núcleo motor craneal*.

Mientras se adquiere una RC de parpadeo, la actividad condicionada se desarrolla dentro del núcleo interpósito. Las neuronas de este núcleo se proyectan al trayecto del EI e inhiben la señal del EI dentro de la *oliva inferior*. Esto proporciona una forma de retroalimentación negativa que disminuye la eficacia del EI. Muchos investigadores creen que fenómenos como el bloqueo y el

(*Continúa*)

## RECUADRO 3.2 (continuación)

ensombrecimiento ocurren porque un EC previsto es menos eficaz. En el paradigma de parpadeo, esto puede ocurrir debido a que se inhibe la entrada del EI en la oliva inferior. De acuerdo con esta predicción, Kim y colaboradores (1998) mostraron que la eliminación de esta fuente de inhibición elimina el efecto de bloqueo.

Ya se indicó antes que no es necesario el hipocampo para un condicionamiento simple de demora. Sin embargo, es necesario para formas más complejas de aprendizaje. Un ejemplo es proporcionado por el condicionamiento de huella, en el que se inserta una demora temporal entre el final del EC y el inicio del EI. Un animal normal puede adquirir fácilmente un parpadeo condicionado a un EC que termina 0.5 segundos antes que el EI. Sin embargo, si se elimina el hipocampo, no puede abarcar esta brecha. Un patrón similar de resultados se observa en pacientes amnésicos que tienen daños en el hipocampo (Clark y Squire, 1998). Estos pacientes no pueden recordar conscientemente la relación EC–EI. En la ausencia de esta memoria explícita, no logran aprender con un procedimiento de condicionamiento de huella. El aprendizaje en el procedimiento de demora no se ve afectado a pesar de que el paciente no puede recordar conscientemente la relación EC–EI de una sesión a la siguiente. Curiosamente, lo que altera la conciencia en una persona normal socava la apreciación de la relación EC–EI con el procedimiento de huella. Una vez más, las personas que no pueden informar de manera explícita la relación no logran aprender.

*J. W. Grau*

**cerebelo** Estructura neural que se encuentra en la parte inferior del cerebro, detrás del tallo cerebral y en los hemisferios cerebrales. El cerebelo desempeña un papel en la coordinación motora y el aprendizaje motor (por ejemplo, el parpadeo condicionado).

**electrofisiología** Técnica experimental que utiliza sondas (electrodos) para supervisar las propiedades eléctricas de las neuronas.

**engrama** Representación y almacenamiento neurobiológico de la información aprendida en el cerebro.

**hipocampo** Región subcortical del sistema límbico que juega un papel importante en el aprendizaje espacial, el condicionamiento de huella y la memoria episódica. La degeneración de esta área contribuye a la enfermedad de Alzheimer.

## Seguimiento de señales y seguimiento de objetivos

Las investigaciones de Pavlov se concentraron en la salivación y otras respuestas altamente reflejas. Esto animó la creencia de que el condicionamiento clásico se produce sólo en sistemas de respuesta refleja. Sin embargo, en los últimos años tal punto de vista restrictivo del condicionamiento pavloviano ha sido abandonado. Un paradigma experimental que ha contribuido significativamente a este cambio de pensamiento es el **seguimiento de señal**, o paradigma de **automodelamiento**.

Con frecuencia los animales se acercan y entran en contacto con los estímulos que señalan la disponibilidad de alimentos. En el entorno natural, la disponibilidad de comida puede ser anticipada sobre la base de las señales que se originan desde la fuente de comida, pero son detectables a distancia. Por ejemplo, para un halcón, la vista y el ruido de un ratón a cierta distancia son las señales que indican la posibilidad de una comida. Al acercarse y ponerse en contacto con estos estímulos, es probable que el halcón termine cazando al ratón. Del mismo modo, una ardilla puede predecir la disponibilidad de bellotas basada en la forma de las hojas y de los árboles de roble en los que crecen las bellotas.

A menudo el seguimiento de señal es investigado en el laboratorio mediante la presentación de un estímulo visual discreto, localizado justo antes de cada entrega de una pequeña cantidad de comida. El primer experimento de este tipo fue realizado por Brown y Jenkins (1968) con palomas. Las palomas fueron colocadas en una cámara experimental que tenía una pequeña tecla circular que podría estar iluminada y que las palomas podían picotear (similar a lo que se mostró en la figura 1.8). Periódicamente, a las aves se les dio acceso a los alimentos por un periodo corto (4 segundos). La luz de la tecla se encendía durante 8 segundos inmediatamente antes de cada entrega de alimento.

Los pájaros no tenían que hacer nada para que la comida les fuera entregada. Debido a que tenían hambre, se podría predecir que cuando vieran la luz de la tecla, irían al plato de comida y esperarían la comida que se avecinaba. Curiosamente, eso no es lo que pasó. En lugar de utilizar la luz de la tecla para decirles cuándo debían ir al plato de comida, las palomas empezaron a picotear la tecla. Esta conducta fue notable, ya que no era obligatoria para tener acceso a la

comida. La presentación de la luz principal de forma aleatoria o no apareada con alimentos no conducía al picoteo (por ejemplo, Gamzu y Williams, 1973), lo que indica que para que se produjera el picoteo condicionado, la luz de la tecla tenía que ser apareada con la comida.


Cortesía de M. Burns

M. Burns

El seguimiento de las señales de los alimentos se ilustra dramáticamente por casos en los que la señal se encuentra muy lejos del comedero. En el primer experimento de este tipo (ver Hearst y Jenkins, 1974) el comedero se encontraba a unos 3 pies (90 cm) de la tecla con luz. Sin embargo, las palomas fueron a la tecla con luz en lugar de ir al comedero cuando se presentó el EC. Burns y Domjan (2000) extendieron este procedimiento de "caja larga" a los estudios de condicionamiento sexual. La codorniz domesticada macho, que copula fácilmente en cautiverio, fue útil en el experimento. El EC fue un bloque de madera bajado desde el techo 30 segundos antes de que se introdujera una pareja hembra para copular. La característica inusual del experimento fue que el EC y la hembra se presentaron en los extremos opuestos de una cámara de 2.43 m de largo (figura 3.5). A pesar de esta gran distancia, cuando se presentó el EC a las aves, éstas se acercaron al EC en lugar de a la puerta donde estaba la hembra para ser liberada. El apareamiento del EC con el refuerzo sexual hizo del EC un estímulo tan atractivo que las aves eran atraídas por éste cerca de 2.43 m lejos de la puerta de la hembra.

Aunque el seguimiento de señal es un resultado frecuente en el condicionamiento pavloviano, no siempre se observa. Bajo ciertas condiciones experimentales, no puede haber una variación considerable en la que los animales desarrollen el seguimiento de señal y el grado de seguimiento de señal que exhiben. Históricamente, las diferencias individuales en la respuesta condicionada fueron ignoradas en los estudios de condicionamiento, ya que fueron atribuidas a un mal control experimental. Sin embargo, ese ya no es el caso, ya que las diferencias individuales en el seguimiento de señal se correlacionan con las diferencias individuales en la impulsividad y vulnerabilidad al abuso de drogas (Tomie, Grimes y Pohorecky, 2008). Esto ha hecho del seguimiento de señal un valioso sistema modelo para el estudio de los procesos de aprendizaje y los mecanismos neuronales que contribuyen al desarrollo de la adicción a las drogas.

Las diferencias individuales en el seguimiento de señal se examinan típicamente usando ratas de laboratorio. En la figura 3.6 se ilustra una situación experimental común. Las ratas son colocadas en una pequeña cámara experimental que tiene un comedero en medio de una de las paredes. A cada lado del comedero hay una ranura a través de la cual se puede insertar una palanca de respuesta. La presentación de la palanca sirve como el EC, y una bolita de comida entregada en el comedero sirve como EI. Cada ensayo condicionado consiste en insertar una de las palancas por un breve lapso (por ejemplo, 8 segundos). La palanca se retira entonces y la bolita de alimento es entregada.

Los ensayos condicionados en los que una palanca de respuesta está apareada con alimentos no producen el mismo resultado en todas las ratas (ver parte inferior de la figura 3.6).

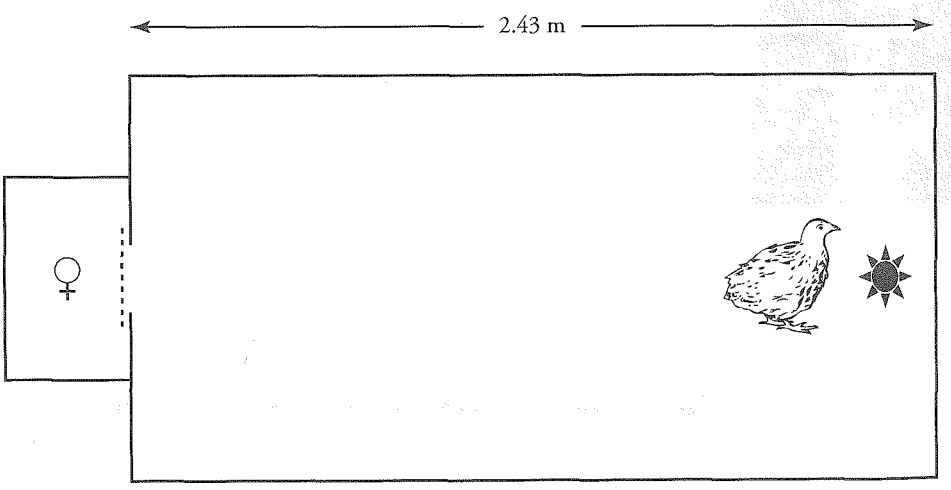



**FIGURA 3.5** Prueba de seguimiento de señal en el condicionamiento sexual de una codorniz macho domesticada. El EC fue presentado en un extremo de una cámara de 2.43 m largo antes de la liberación de una hembra desde el otro extremo. A pesar de esta distancia, los machos fueron al EC cuando apareció. (Basado en Burns y Domjan, 2000.)

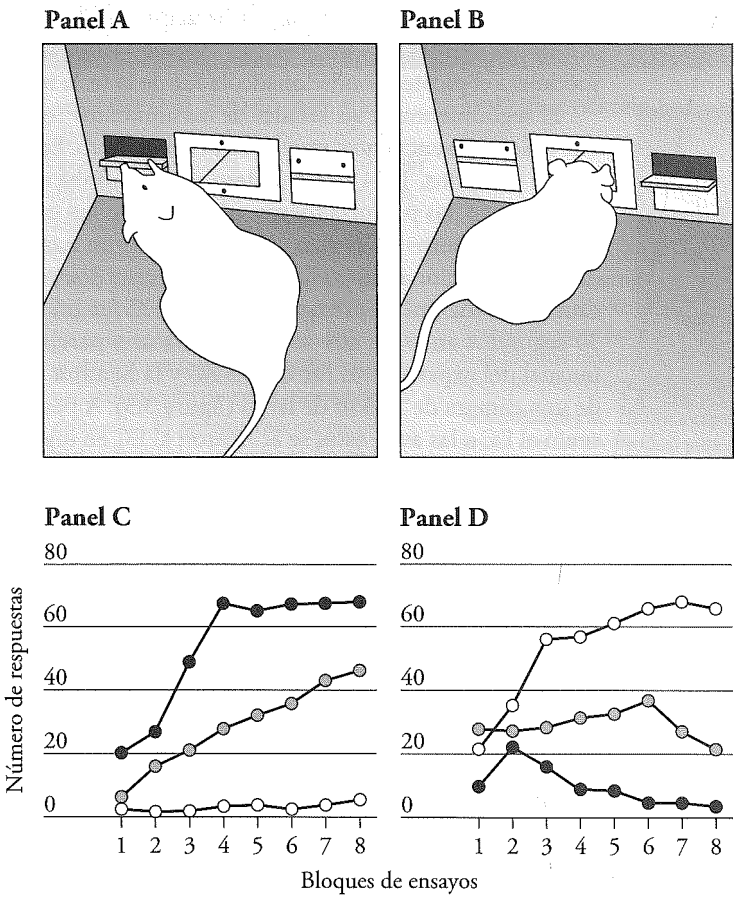



**FIGURA 3.6** Ratas en una cámara experimental con un comedero empotrado en el centro y una ranura a cada lado del comedero a través de la cual se puede insertar una palanca de respuesta. La presentación de la palanca a la izquierda o derecha era el EC. Una bolita de comida en el comedero era el EI. El seguimiento de señal fue medido mediante los contactos con la palanca EC (panel A). El seguimiento del objetivo se midió mediante los contactos con el comedero (panel B). Aproximadamente un tercio de las ratas (panel C) desarrolló seguimiento de señal como RC (círculos negros) y un tercio de las ratas (panel D) desarrolló el seguimiento de objetivo como la RC (círculos blancos). Las ratas restantes mostraron algo de cada conducta (círculos grises). Los resultados se muestran en bloques de 50 ensayos de condicionamiento. (Basado en Flagel, Akil y Robinson, 2009.)

Aproximadamente un tercio de las ratas se vuelve para seguir el EC. Acercarse a los rastreadores, tocarlos y, a veces, roer la palanca de respuesta sirve como el EC. Otro tercio de las ratas ignora la palanca pero se acerca y mete la cabeza en el comedero cuando se presenta el EC. Este tipo de conducta condicionada se llama **seguimiento de objetivo**, ya que realiza un seguimiento del objeto meta, que es la comida. Las ratas restantes muestran una combinación de respuestas de seguimiento de señal y de seguimiento de objetivo.

Estas diferencias individuales en el seguimiento de señal y el seguimiento de objetivo son de considerable interés porque los dos subconjuntos de ratas también difieren en otros aspectos que están asociados con la susceptibilidad al abuso de drogas (Flagel, Akil y Robinson, 2009). Los seguidores de señal muestran mayor sensibilización psicomotora a la cocaína, una mayor activación del circuito de recompensa de la dopamina, y elevados niveles de corticosterona en plasma. Estas diferencias individuales están fundamentadas genéticamente. Las ratas criadas selectivamente para una alta capacidad de respuesta del aparato locomotor en un entorno nuevo presentan seguimiento de señal, mientras que las que se crían para una baja capacidad de respuesta del aparato locomotor presentan seguimiento de objetivo. Además, estas diferencias genéticas están acompañadas por las diferencias en la liberación de dopamina en el circuito de recompensa del cerebro en respuesta al EC que señala el alimento (Flagel *et al*, 2011). Los estudios de las diferencias individuales en el seguimiento de señal y seguimiento de objetivo son emocionantes, ya que algún día nos dirán de qué forma el aprendizaje y la experiencia regulan la expresión de genes para producir la conducta impulsiva y el abuso de drogas.



Cortesía de Shelly Flagel

Shelly Flagel

## Aprendizaje de preferencias y aversiones gustativas

El curso normal de la alimentación ofrece numerosas oportunidades para el aprendizaje de asociaciones. En esencia, cada episodio de alimentación es un **ensayo de condicionamiento**. Cada vez que comemos, la vista, el gusto y el olor de la comida son experimentados antes de

ingerir y digerir la comida. Los aspectos sensoriales de la comida sirven como los EC que se asocian con las consecuencias posingestionales de comer, que son los EI. A través de este proceso, las señales de los alimentos vienen a indicar qué, cuándo y cuánto comemos (Polivy, Herman y Girz, 2011).

El condicionamiento pavloviano puede conducir a la formación de preferencias y aversiones alimentarias. Una preferencia por el sabor se aprende si un sabor está apareado con saciedad nutricional u otras consecuencias positivas (por ejemplo, Capaldi, Hunter y Lyn, 1997). Por el contrario, una aversión condicionada al sabor se aprende si la ingestión del sabor nuevo es seguida por una consecuencia aversiva, como indigestión o intoxicación por alimentos (Reilly y Schachtman, 2009). El aprendizaje de aversiones y preferencias del sabor ha sido investigado ampliamente en diversas especies animales. Un creciente cuerpo de evidencia indica que muchas aversiones gustativas humanas son también el resultado del condicionamiento pavloviano (Scalera, 2002). Gran parte de esta evidencia ha sido proporcionada mediante estudios por cuestionario (por ejemplo, Logue, 1985, 1988). Las personas dicen haber adquirido al menos una aversión a la comida durante su vida. La típica aversión por experiencia de aprendizaje implica comer una comida con un sabor diferente y luego enfermarse. Tal experiencia de sabor-enfermedad puede producir una aversión a la comida condicionada con un sola ocasión, y el aprendizaje puede ocurrir incluso si la enfermedad se retrasa varias horas después de la ingestión del alimento. Otro hallazgo interesante es que en aproximadamente 20% de los casos, los individuos estaban seguros de que su enfermedad no fue causada por la comida que comían. Sin embargo, aprendieron una aversión a la comida. Esto indica que el aprendizaje de aversión a la comida puede ser independiente de los procesos del pensamiento racional y puede ir en contra de las conclusiones propias de una persona acerca de las causas de la enfermedad.

Los estudios por cuestionario pueden proporcionar datos de la causa del pensamiento, pero se requiere investigación experimental sistemática para aislar el mecanismo de aprendizaje-aversión a la comida. Los estudios experimentales se han llevado a cabo con personas en situaciones en las que se encuentran con la enfermedad durante el curso del tratamiento médico. La quimioterapia para el cáncer es una de esas situaciones. La quimioterapia a menudo causa náuseas como un efecto secundario. Los pacientes de cáncer, adultos y niños, han demostrado la adquisición de aversiones a alimentos que comen antes de una sesión de quimioterapia (Bernstein y Webster, 1980; Scalera y Bavieri, 2009). Tales aversiones condicionadas pueden contribuir a la falta de apetito, que es un efecto secundario común de la quimioterapia.

Las aversiones alimentarias condicionadas también pueden contribuir a la anorexia nerviosa, un desorden caracterizado por la pérdida de peso severa y crónica (Bernstein y Borson, 1986). Evidencia sugestiva indica que las personas que sufren anorexia nerviosa experimentan trastornos digestivos que pueden aumentar la probabilidad del aprendizaje de las aversiones alimentarias. El aumento de la susceptibilidad al aprendizaje de aversión a la comida también puede contribuir a la pérdida de apetito observado en personas que sufren depresión severa.

Muchas de nuestras ideas sobre el aprendizaje de aversión al alimento en las personas tienen sus raíces en la investigación con animales de laboratorio. En el procedimiento típico, los participantes reciben un alimento o bebida con sabor diferente, y luego se les hace sentir enfermos con la inyección de un medicamento o la exposición a la radiación. Como resultado de la vinculación sabor-enfermedad, los animales adquieren una aversión al sabor y suprimen su posterior ingesta de ese sabor. Aunque el aprendizaje aversivo gustativo es similar a otras formas de condicionamiento clásico en muchos aspectos (por ejemplo, Domjan, 1983), también tiene algunas características especiales. En primer lugar, fuertes aversiones gustativas pueden ser aprendidas con un solo apareamiento del sabor y la enfermedad. Aunque el aprendizaje de un ensayo también se produce en el condicionamiento del miedo, tal aprendizaje rápido se observa raramente en el condicionamiento del parpadeo, el condicionamiento salival, o el seguimiento de señal.

La segunda característica única del aprendizaje aversivo gustativo es que ocurre incluso si la enfermedad no se produce sino hasta varias horas después de la exposición al sabor nuevo (Garcia, Ervin y Koelling, 1966; Revusky y Garcia, 1970). A menudo, las sustancias peligrosas en los alimentos no producen efectos de enfermedad sino hasta que el alimento ha sido dige-

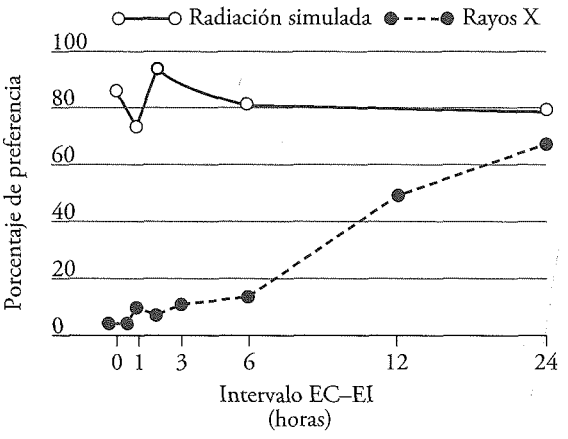
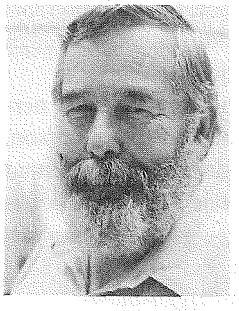



**FIGURA 3.7** Porcentaje promedio de preferencia por el sabor de la sacarina (EC) durante una sesión de prueba realizada después de que el sabor del EC fue apareado con radiación X (el EI) o con la exposición simulada. El porcentaje de preferencia es el porcentaje de la ingesta total del líquido por participante (solución de agua con sacarina), que consistía en la solución de sacarina. Durante el condicionamiento, el intervalo entre la exposición al EC y el EI varió de 0 a 24 horas para los diferentes grupos de ratas. (Basado en "Trace Conditioning with X-rays as an Aversive Stimulus", J. C. Smith y D. L. Roll, *Psychonomic Science*, 1967, *9*, pp. 11-12.)

rido, absorbido en el torrente sanguíneo y distribuido a varios tejidos del cuerpo. Este proceso toma tiempo. *La demora en el tiempo del aprendizaje* de aversiones gustativas probablemente evolucionó para permitir que los animales humanos y de otro tipo eviten los alimentos venenosos demorando sus efectos nocivos.

La demora en el tiempo de aprendizaje de aversiones gustativas fue reportada en un primer estudio por Smith y Roll (1967). Las ratas de laboratorio fueron adaptadas primero a un horario de privación de agua para que bebieran fácilmente cuando una botella de agua fuera colocada en su jaula. En el día del condicionamiento, el agua se condimentó con el edulcorante artificial sacarina (para hacer una solución de sacarina al 0.1%). En diversos momentos después de la presentación de la sacarina, que van desde 0 a 24 horas, los diferentes grupos de ratas fueron expuestos a la radiación de una máquina de rayos X para inducir la enfermedad. Los grupos control de ratas también fueron llevados a la máquina de rayos X, pero no fueron irradiados. Éstos fueron llamados *grupos de radiación simulada*. Un día después de la radiación o el tratamiento simulado, a cada rata se le dio la opción de beber de la solución de sacarina o simplemente agua durante 2 días.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

J. Garcia

En la figura 3.7 se muestra la preferencia de cada grupo de ratas por la solución de sacarina. Los animales expuestos a la radiación en las 6 horas después de probar la solución de sacarina mostraron una profunda aversión al sabor de sacarina en la prueba posterior al condicionamiento. Bebieron menos de 20% de su consumo total de líquidos del tubo de agua endulzada con sacarina. Mucho menos de una aversión fue evidente en los animales irradiados 12 horas después de la exposición a la sacarina, y casi ninguna aversión fue observada en las ratas irradiadas 24 horas después de la exposición gustativa. En contraste con este gradiente de evitación de la sacarina en las ratas irradiadas, todos los grupos con radiación simulada prefieren fuertemente la solución de sacarina. Bebieron más de 70% de su consumo total de líquidos del tubo de sacarina.

También se puede hacer que sea difícil de aceptar un sabor por el apareamiento con otro que ya se detestaba. En forma análoga, el apareamiento de un sabor neutro con alguno que ya se disfruta aumentará la preferencia por ese sabor. Por ejemplo, en un estudio con estudiantes de pregrado, Dickinson y Brown (2007) utilizaron el plátano y la vainilla como sabores neutros. Para inducir una aversión o preferencia al sabor, los estudiantes recibieron estos sabores mezclados con una sustancia amarga (para condicionar una aversión) o azúcar (para condicionar una preferencia). En pruebas posteriores con los sabores EC, los estudiantes universitarios informaron mayor agrado por el sabor que había sido apareado con el azúcar y la disminución del agrado por el sabor que se había apareado con el sabor amargo.

Estos ejemplos de cómo las personas aprenden el gusto o no por sabores inicialmente neutros es parte del fenómeno general de **condicionamiento evaluativo** (De Houwer, 2011; Hoffmann *et al*, 2010). En el condicionamiento evaluativo, nuestra evaluación o agrado respecto de un estímulo cambia por la asociación de ese estímulo con algo que ya nos gusta o nos disgusta. El condicionamiento evaluativo es responsable de muchos de nuestros gustos y disgustos. Es la base de gran parte de lo que se hace en la industria de la publicidad. El producto

que el anunciante está promoviendo es apareado con cosas que a la gente ya le gustan, en un esfuerzo por inducir una preferencia por el producto (Schachtman, Walker y Fowler, 2011). El condicionamiento evaluativo también puede estar implicado en cómo llegamos a gustarle a alguien. Si participamos en las actividades que disfrutamos con una persona en particular, nos va a llegar a gustar esa persona a través de la asociación de sus características con las actividades agradables.

# Métodos pavlovianos de condicionamiento excitatorio

Lo que hemos estado discutiendo hasta ahora son casos de condicionamiento pavloviano excitatorio. En el condicionamiento excitatorio, los organismos aprenden una relación entre un EC y un EI. Como resultado de este aprendizaje, la presentación del EC activa la actividad conductual y neural relacionada con el EI en ausencia de la presentación real del EI. Por tanto, las palomas aprenden a acercarse y a picotear una tecla luminosa que había sido apareada con la comida; las ratas aprenden a congelarse con un sonido que precedía una descarga en las patas; los bebés aprenden a parpadear en respuesta a un tono que anticipaba un soplo de aire, y la gente aprende a evitar un sabor que fue seguido por el malestar en una ocasión anterior.

## Procedimientos comunes del condicionamiento pavloviano

Uno de los principales factores que determinan el curso del condicionamiento clásico es el tiempo relativo entre el EC y el EI. A menudo, las pequeñas y aparentemente insignificantes variaciones en la forma en la que un EC se aparea con un EI puede tener efectos profundos en el vigor con el que el participante presenta una respuesta condicionada y en qué momento ocurre.

En la figura 3.8 se ilustran cinco procedimientos de condicionamiento clásico comunes. La distancia horizontal en cada diagrama representa el paso del tiempo; los desplazamientos verticales representan cuándo comienza y termina un estímulo. Cada configuración del EC y del EI representa un único ensayo condicionado.

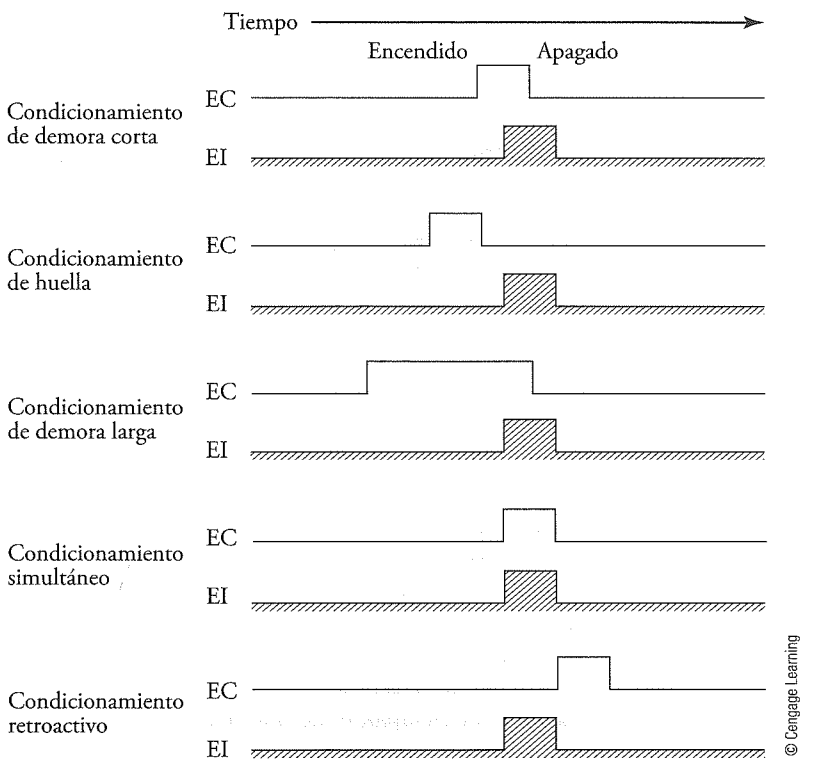



**FIGURA 3.8** Cinco procedimientos de condicionamiento clásico comunes.

En un típico experimento de condicionamiento clásico, los episodios EC–EI se repiten un número de veces durante una sesión experimental. El tiempo desde el final de un ensayo de condicionamiento hasta el comienzo de la siguiente prueba se llama **intervalo entre ensayos**. En contraste, el tiempo desde el inicio del EC hasta el inicio del EI dentro de un ensayo de condicionamiento se llama **intervalo entre estímulos** o **intervalo EC–EI**. Para desarrollar una respuesta condicionada es recomendable hacer el intervalo entre estímulos mucho más corto que el intervalo entre ensayos (por ejemplo, Sunsay y Bouton, 2008). En muchos experimentos, el intervalo entre estímulos es de unos pocos segundos, mientras que el intervalo entre ensayos puede ser de 2 a 3 minutos o más.

1. *Condicionamiento de demora corta.* El procedimiento más frecuentemente utilizado para el condicionamiento pavloviano implica demorar el inicio del EI ligeramente después del inicio del EC en cada ensayo. Este procedimiento se llama **condicionamiento de demora corta**. La característica fundamental del condicionamiento de demora corta es que el EC se inicia en cada ensayo, y el EI se presenta después de una breve (menos de 1 minuto) demora. El EC puede continuar durante el EI o terminar cuando comience el EI.
2. *Condicionamiento de huella.* El procedimiento de **condicionamiento de huella** es similar al procedimiento de demora corta en que el EC se presenta primero y es seguido por el EI. Sin embargo, en el condicionamiento de huella, el EI no se presenta sino hasta algún tiempo después de que el EC ha terminado. Esto deja una brecha entre el EC y el EI. La brecha se llama **intervalo de huella**.
3. *Condicionamiento de demora larga.* El procedimiento de **condicionamiento de demora larga** es también similar al condicionamiento de demora corta en el que el EC se inicia antes del EI. Sin embargo, en este caso el EI se demora mucho más tiempo (5 a 10 minutos o más) que en el procedimiento de demora corta. Es importante destacar que el procedimiento de demora larga no incluye un intervalo de huella. El EC dura hasta que comienza el EI.
4. *Condicionamiento simultáneo.* Tal vez la manera más obvia de exponer a los sujetos a un EC y un EI es presentar los dos estímulos al mismo tiempo. Este procedimiento se denomina **condicionamiento simultáneo**. La característica fundamental del condicionamiento simultáneo es que el EC y el EI se presentan al mismo tiempo.
5. *Condicionamiento retroactivo.* El último procedimiento se representa en la figura 3.8 y se diferencia de los otros en que el EI ocurre poco *antes*, y no después, del EC. Esta técnica se llama **condicionamiento retroactivo** debido a que el EC y el EI se presentan en un orden "inverso" en comparación con los otros procedimientos.

## Medición de respuestas condicionadas

Pavlov, y otros después de él, llevaron a cabo investigaciones sistemáticas de procedimientos como los representados en la figura 3.8 para averiguar cómo el condicionamiento de un EC depende de la relación temporal entre el EC y la presentación del EI. Para hacer comparaciones entre los diversos procedimientos se debe usar un método para medir el condicionamiento que es igualmente aplicable a todos los procedimientos. Esto se hace típicamente con el uso de un **ensayo de prueba**. Éste consiste en la presentación del EC por sí mismo (sin el EI). Las respuestas producidas por el EC pueden ser observadas sin la contaminación de las respuestas provocadas por el EI. Tales ensayos de prueba del EC sólo se pueden introducir periódicamente durante el curso del entrenamiento para seguir el progreso del aprendizaje.

La conducta durante el EC puede cuantificarse de varias maneras. Un aspecto de la conducta condicionada es cuánto de ésta se produce. Esto se conoce como la **magnitud** de la RC. Por ejemplo, Pavlov midió el número de gotas de saliva que se produjeron por un EC. Otros ejemplos de la magnitud de las RC son la cantidad de congelación o la supresión de respuesta que se da en el condicionamiento del miedo (figura 3.2) y el grado de disminución en la preferencia de sabor que se observa en el aprendizaje de aversión gustativa (figura 3.7).

El vigor de la respuesta también se puede medir por la frecuencia con la que el EC provoca una RC. Por ejemplo, podemos medir el porcentaje de ensayos en los que una RC es provo-

cada por el EC. Esta medición se utiliza con frecuencia en los estudios de condicionamiento del parpadeo (figura 3.3) y refleja la posibilidad o **probabilidad** de la respuesta. A veces, los investigadores también miden qué tan pronto se produce la RC después del inicio del EC. Esto se conoce como la **latencia** de la RC.

En los procedimientos de condicionamiento de demora y huella, el EC se produce por sí mismo al inicio de cada ensayo (figura 3.8). Cualquier conducta condicionada que se produce durante este periodo inicial de EC único no está contaminado por la conducta provocada por el EI, y por tanto se puede utilizar como una medida de aprendizaje. Por el contrario, responder durante el EC en los procedimientos de condicionamiento simultáneo y de demora está obligado a ser contaminado por la respuesta al EI o a la reciente presentación del EI. Por tanto, los ensayos de prueba son esenciales para evaluar el aprendizaje en el condicionamiento simultáneo y retroactivo.

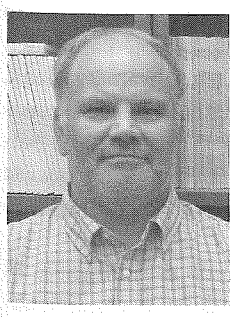
## Procedimientos de control para el condicionamiento clásico

La elaboración de un ensayo de prueba eficaz no es suficiente para obtener pruebas concluyentes de condicionamiento clásico. Como se señaló en el capítulo 1, el aprendizaje es una inferencia sobre las causas de la conducta basada en una comparación de al menos dos condiciones. Los participantes que reciben un procedimiento de condicionamiento deben ser comparados con los participantes en un grupo control que no reciben el entrenamiento. Si el grupo control no recibe el procedimiento de condicionamiento, ¿qué tratamiento debe recibir? En los estudios de la habituación y la sensibilización sólo nos interesaban los efectos de la exposición previa a un estímulo. Por tanto, el procedimiento de comparación o control era bastante simple: consistía en que no hay exposiciones previas al estímulo. En los estudios de condicionamiento clásico, nuestro interés se centra en cómo el EC y el EI llegan a asociarse. Concluyendo, una vez que se ha establecido una asociación, se requieren procedimientos de control más cuidadosamente diseñados.

Una asociación entre un EC y un EI implica que los dos eventos se han conectado de alguna manera. Una asociación requiere algo más que la familiaridad con el EC y el EI. Presumiblemente depende de tener los dos estímulos presentados de una manera especial que lleve a una conexión entre ellos. Por tanto, al concluir que se ha establecido una asociación, hay que asegurarse de que los cambios observados en la conducta no podrían haber sido producidos previamente por presentaciones separadas del EC o del EI.

Como se describió en el capítulo 2, el aumento de la respuesta a un estímulo puede ser resultado de la sensibilización, lo cual no es un proceso asociativo. Las presentaciones de un estímulo activador, como el alimento a un animal hambriento, pueden aumentar la conducta provocada por un estímulo más inocuo, como una señal visual, sin tener una asociación establecida entre los dos estímulos. El aumento de la respuesta observada con repetidos apareamientos EC–EI a veces puede resultar de la exposición sólo al EI. Si la exposición al EI sólo produce un aumento en la respuesta a un estímulo previamente ineficaz, recibe el nombre de **pseudocondicionamiento**. Se requieren procedimientos de control para determinar si las respuestas que se desarrollan para un EC representan una verdadera asociación EC–EI en lugar de sólo un pseudocondicionamiento.

Los investigadores han debatido largo y tendido sobre cuál es el procedimiento de control adecuado para el condicionamiento clásico. Idealmente, un procedimiento de control debe incluir el mismo número y distribución de presentaciones del EC y del EI que en el procedimiento experimental, pero con los EC y EI dispuestos de modo que no se asocien. Una posibilidad es presentar el EI en momentos aleatorios durante el EC y el intervalo entre ensayos, asegurando que la probabilidad del EI sea la misma durante el intervalo entre ensayos, que durante el EC. Este procedimiento recibe el nombre de **procedimiento de control aleatorio**. El procedimiento de control aleatorio era prometedor cuando fue propuesto por primera vez (Rescorla, 1967). Sin embargo, no ha resultado ser un método útil porque no impide el desarrollo de la respuesta condicionada (por ejemplo, Kirkpatrick y Church, 2004; Williams *et al*, 2008).


Cortesía de Doug Williams

Doug Williams

Un procedimiento de control más exitoso implica la presentación del EC y el EI en ensayos separados. Este procedimiento se llama **control explícitamente no apareado**. En el control explícitamente no apareado, el EC y el EI se presentan lo suficientemente separados para

evitar su asociación, pero el número total de presentaciones es el mismo que en el grupo condicionado apareado. El tiempo que debe separar las presentaciones del EC y el EI depende del sistema de respuesta. En el aprendizaje de aversión al sabor es necesario separar mucho más tiempo el EC y el EI que en otras formas de condicionamiento. En una variación del control explícitamente no apareado, sólo se presentan los EC durante una sesión y sólo se presentan los EI durante una segunda sesión.

## Eficacia de los procedimientos comunes de condicionamiento

Ha habido un interés considerable en la determinación de cuál de los procedimientos descritos en la figura 3.8 produce la evidencia más fuerte de aprendizaje. Este interés fue motivado por una búsqueda para encontrar el "mejor" procedimiento para la producción de condicionamiento pavloviano. Sin embargo, esto ha resultado ser la pregunta equivocada. La investigación ha demostrado que con el condicionamiento de demora, simultáneo, de huella, y retroactivo se puede producir aprendizaje fuerte y respuesta condicionada vigorosa (por ejemplo, Albert y Ayres, 1997; Akins y Domjan, 1996; Marchand y Kamper, 2000; Romaniuk y Williams, 2000; Schreurs, 1998; Williams y Hurlburt, 2000). Sin embargo, diferentes mecanismos conductuales y neuronales se acoplan en estos diferentes procedimientos. Por ejemplo, en el condicionamiento del miedo, el EC provoca congelamiento condicionado si se utiliza un procedimiento de demora corta, pero con un procedimiento de condicionamiento simultáneo la RC es un movimiento alejándose del EC, o de escape (Esmorís-Arranz, Pardo-Vázquez y Vázquez-Garcia, 2003). (Estos temas serán revisados en el capítulo 4.)

Los procedimientos de condicionamiento de huella han sido de especial interés, ya que pueden tener el mismo intervalo EC–EI que los procedimientos de demora. Sin embargo, en los procedimientos de huella el EC se apaga poco tiempo antes de que ocurra el EI, lo que resulta en un *intervalo de huella*. Esta brecha temporal entre el EC y el EI activa diferentes mecanismos conductuales y neurales. El intervalo de huella hace que la terminación del EC sea un mejor predictor del EI que el comienzo del EC. Como consecuencia, las RC que reflejan la anticipación del EI tienen más probabilidades de ocurrir durante el intervalo de huella que durante el EC. Además, el condicionamiento de huella involucra neuronas corticales del prosencéfalo medio que no están involucradas en el condicionamiento de demora (Kalmbach *et al*, 2009; Woodruff-Pak y Disterhoft, 2008). Debido a esta diferencia, las lesiones de la corteza prefrontal que interrumpen el condicionamiento de huella no interrumpen el condicionamiento de demora. Curiosamente, mientras que el condicionamiento de demora y el condicionamiento de huella muestran una disminución con la edad, el descenso es menos grave en el condicionamiento de demora (Woodruff-Pak *et al*, 2007).

Otro procedimiento que ha despertado interés especial es el condicionamiento retroactivo. El condicionamiento retroactivo produce resultados mixtos. Algunos investigadores observaron respuestas excitatorias con apareamientos demorados de un EC y un EI (por ejemplo, Spetch, Wilkie y Pinel, 1981). Otros informaron de la inhibición de la respuesta condicionada con el condicionamiento retroactivo (por ejemplo, Maier, Rapaport y Wheatley, 1976; Siegel y Domjan, 1971). Para hacer las cosas aún más confusas, en un experimento bastante notable, Tait y Saladin (1986) encontraron efectos de condicionamiento activadores e inhibidores resultantes del mismo procedimiento de condicionamiento retroactivo (véase también McNish *et al*, 1997).

Una razón de por qué no hay un "mejor" procedimiento de condicionamiento pavloviano es que en lugar de aprender sólo una asociación EC–EI, los participantes también aprenden *cuándo* se produce el EI en relación con el EC (Balsam, Drew y Yang, 2001; Ohyama y Mauk, 2001). De hecho, algunos han sugerido que el aprender *cuándo* se produce el EI puede ser más importante que aprender que un EC está apareado con un EI (Balsam y Gallistel, 2009; Balsam, Drew y Gallistel, 2010). La opinión de que el condicionamiento clásico no sólo consiste en aprender qué esperar, sino cuándo esperar, recibe el nombre de **hipótesis de codificación temporal** (Amundson y Miller, 2008).

Una demostración particularmente elegante de aprendizaje de cuándo se produce el EI es proporcionada por un estudio en el que el EC era un tono de 1 segundo en el condiciona-

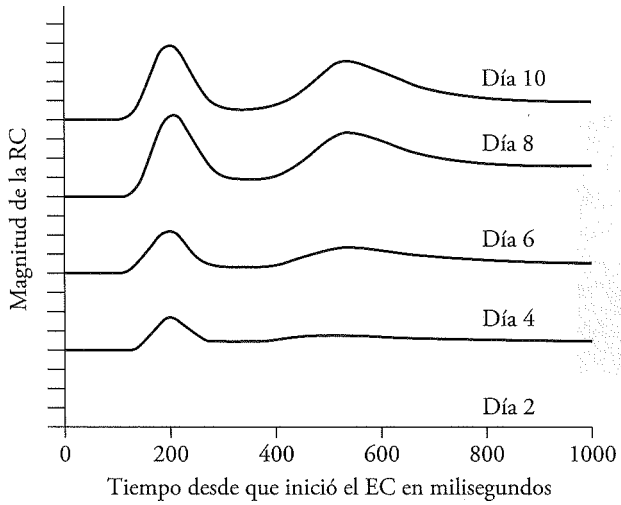



**FIGURA 3.9** Tiempo de la respuesta condicionada durante los ensayos de prueba con un estímulo condicionado de tono de 1 segundo en el condicionamiento de la membrana nictitante. Durante los ensayos de condicionamiento, los EI podrían producirse 150 o 500 milisegundos después del inicio del EC. (Basado en Dudeney, Olsen y Kehoe, 2007.)

miento de la membrana nictitante en la respuesta de los conejos (Dudeney, Olsen y Kehoe, 2007). (La membrana nictitante es un párpado "extra" en los conejos.) Durante cada sesión, éstos recibieron 20 ensayos en los que el EI se produjo 150 milisegundos después de la aparición del EC, y 20 ensayos en los que el EI se produjo 500 milisegundos después del EC. También se incluyeron ensayos adicionales sin el EI para medir la respuesta al EC por sí misma. Los investigadores estaban interesados en determinar si el momento de la RC en los ensayos de prueba se correspondería con los dos posibles puntos de tiempo cuando el EI se produjo durante el EC.

Las medidas de la magnitud de la RC en diferentes puntos durante el EC se muestran en la figura 3.9. No se observó una pronta respuesta condicionada en el entrenamiento, pero los conejos desarrollaron una respuesta después. Observe que cuando surgió la RC, ocurrió en los puntos durante el EC cuando los EI se habían entregado. La primera respuesta se desarrolló en alrededor de 150 milisegundos. Durante el día 6, también la respuesta fue evidente en torno a 500 milisegundos. El resultado final fue que había dos picos en la RC que corresponden a los dos momentos en los que pudo haber fugas del EI durante el tono del EC de 1 segundo. Esto muestra claramente que los conejos aprendieron no sólo que los EI podían ocurrir, sino que ocurrían exactamente cuando el EI iba a suceder. Por otra parte, estas dos formas de aprendizaje se desarrollaron en la misma proporción.

## Condicionamiento pavloviano inhibitorio

Hasta ahora se ha analizado el condicionamiento pavloviano en términos de aprender a predecir cuándo se producirá un evento significativo o EI. Pero hay otro tipo de condicionamiento pavloviano, el **condicionamiento inhibitorio**, en el que se aprende a predecir la *ausencia* del EI. ¿Por qué alguien debería querer predecir la ausencia de algo?

Considere estar en un ambiente donde cosas desagradables le suceden sin previo aviso. La población civil de la guerra puede encontrarse con bombas en las carreteras o terroristas suicidas sin mucho aviso. Un niño en un hogar abusivo experimenta episodios impredecibles de gritos, portazos, y de ser golpeado por ninguna razón en particular. Recibir empujones en una multitud también implica el surgimiento de peligro sin mucha advertencia y es independiente de lo que uno puede estar haciendo. La investigación con animales de laboratorio ha demostrado que la exposición a la estimulación aversiva impredecible es altamente perturbadora y provoca úlceras en el estómago y otros síntomas fisiológicos del estrés. Si uno tiene que estar expuesto a la estimulación aversiva, son preferibles los estímulos aversivos previsibles o indi-



Cortesía de Michelle Craske

Michelle Craske

cados que un estímulo aversivo impredecible (Mineka y Henderson, 1985), sobre todo entre las personas propensas a la ansiedad (Lejuez *et al*, 2000).

El beneficio de la previsibilidad es evidente incluso en el caso de un ataque de pánico. Un ataque de pánico es una repentina sensación de miedo o incomodidad acompañada de síntomas físicos (por ejemplo, palpitaciones del corazón) y una sensación de muerte inminente. Se dice que un individuo padece trastorno de pánico si este tipo de ataques son bastante frecuentes y se convierten en fuente de considerable ansiedad. A veces, las personas con trastorno de pánico son capaces de predecir la aparición de un ataque de pánico. En otras ocasiones, pueden experimentar un ataque sin previo aviso. En un estudio de personas que experimentaron ataques de pánico predecibles e impredecibles, Craske, Glover y DeCola (1995) midieron la ansiedad general de los participantes antes y después de cada tipo de ataque. Los resultados se resumen en la figura 3.10. Antes del ataque, las calificaciones de ansiedad fueron similares si el ataque era previsible o si no lo era. Sin embargo, curiosamente la ansiedad aumentó significativamente después de un ataque de pánico inesperado y disminuyó después de uno previsto. Estos resultados indican que la angustia generada por la experiencia de un ataque de pánico se produce principalmente debido a su imprevisibilidad.

La capacidad de predecir las cosas desagradables es muy útil, ya que también permite predecir cuándo éstas no sucederán. De acuerdo con este razonamiento, muchas técnicas de reducción de estrés eficaces, tales como terapias de relajación o meditación, implican la creación de un periodo predecible de seguridad o un momento en el que se puede estar seguro de que nada malo va a pasar. Consultores de manejo del estrés reconocen que es imposible eliminar de la vida los eventos aversivos juntos. Por ejemplo, un maestro supervisor en un parque infantil con niños en edad preescolar está obligado a encontrarse con el estrés inesperado de un niño que se cae o golpea a otro niño. Uno no puede evitar accidentes o asegurarse de que los niños no van a golpearse entre sí. Sin embargo, la introducción de periodos cortos, incluso de seguridad predecible (por ejemplo, al permitir que el maestro tome un descanso) puede reducir considerablemente el estrés. Ahí es donde entra en juego la inhibición condicionada. Un inhibidor condicionado es una señal de la ausencia del EI.

Aunque Pavlov descubrió el condicionamiento inhibitorio a principios del siglo XX, este tipo de aprendizaje no guió seriamente la atención de los psicólogos sino hasta décadas más tarde (Rescorla, 1969*b*; Williams, Overmier y LoLordo, 1992). Describiremos dos procedimientos principales usados para producir la inhibición condicionada y las pruebas especiales que son necesarias para detectarla y medirla.

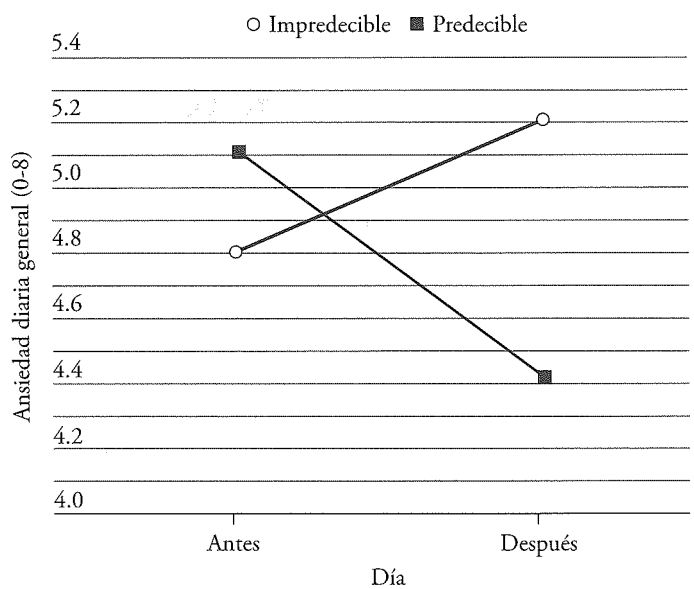



**FIGURA 3.10**
Promedio de ansiedad general en personas con trastorno de pánico antes y después de los ataques de pánico predichos e imprevistos. (M. G. Craske, D. Glove, y J. DeCola, 1995, "Predicted versus Unpredicted Panic Attacks: Acute versus General Distress", *Journal of Abnormal Psychology, 104,* figura 1, p. 219.)

## Procedimientos para el condicionamiento inhibitorio

A diferencia del condicionamiento excitatorio, que puede proceder sin condiciones previas especiales, el condicionamiento inhibitorio tiene un requisito previo importante. Para que la ausencia de un EI sea un hecho relevante, éste tiene que ocurrir periódicamente en la situación. Hay muchas señales de la ausencia de eventos en nuestra vida cotidiana. Señales como "cerrado", "fuera de servicio" y "no entre", son todas de este tipo. Sin embargo, estas señales proporcionan información significativa e influyen en lo que hacemos sólo si indican la ausencia de algo que de otra manera esperamos ver. Por ejemplo, si se encontrara con el cartel de "No hay gasolina" en una estación de servicio, es posible que se sienta frustrado y decepcionado. El aviso "No hay gasolina" ofrece información importante aquí, ya que esperamos que las estaciones de servicio tengan combustible. El mismo aviso no nos dice nada de interés si se encuentra en la ventana de un almacén de madera, y no es probable que nos desanime para ir a comprar madera de construcción. Esto ilustra la regla general de que el condicionamiento inhibitorio y el control inhibitorio de la conducta se producen sólo si hay un contexto excitatorio para los EI en cuestión (por ejemplo, LoLordo y Fairless, 1985). Este principio hace al condicionamiento inhibitorio muy diferente del condicionamiento excitatorio, que no tiene este tipo de requisitos previos.

***Procedimiento de Pavlov para la inhibición condicionada*** Pavlov reconoció la importancia de un contexto excitatorio para el condicionamiento de la inhibición y tuvo la precaución de proporcionar dicho contexto en su procedimiento de entrenamiento inhibitorio estándar (Pavlov, 1927). El procedimiento que utilizó, diagramado en la figura 3.11, implica dos EC y dos tipos de ensayos de condicionamiento: uno para el condicionamiento excitatorio y el otro para el condicionamiento inhibitorio. Los EI se presentan en ensayos de condicionamiento excitatorio (ensayo tipo A en la figura 3.11), y siempre que se produzca el EI, es anunciado por un estímulo etiquetado como EC+ (por ejemplo, un tono). Debido a sus apareamientos con el EI, el EC+ se convierte en una señal para el EI y puede entonces proporcionar el contexto excitatorio para el desarrollo de la inhibición condicionada.

Durante ensayos de condicionamiento inhibitorio (ensayo tipo B en la figura 3.11), el EC+ se presenta junto con el segundo estímulo llamado EC– (por ejemplo, una luz), y el EI no se produce. Así, el EC– se presenta en el contexto excitatorio proporcionado por el EC+, pero el EC– no está enlazado con el EI. Esto convierte el EC– en un inhibidor condicionado o en la señal de ausencia del EI. Durante el transcurso del entrenamiento, los ensayos tipo A y tipo B se alternan aleatoriamente. A medida que el participante recibe ensayos de EC+, seguido por los EI y EC+/EC– sin ser seguido por el EI, el EC– adquiere gradualmente propiedades inhibidoras (por ejemplo, Campolattaro, Schnitker y Freeman, 2008).

El procedimiento de inhibición condicionada de Pavlov es análogo a una situación en la que se introduce algo que impide un resultado que se produciría de otro modo. Una luz roja del semáforo en una intersección ocupada es una señal de peligro potencial porque avanzar con la luz roja podría causar un accidente. Sin embargo, si un oficial de la policía indica que

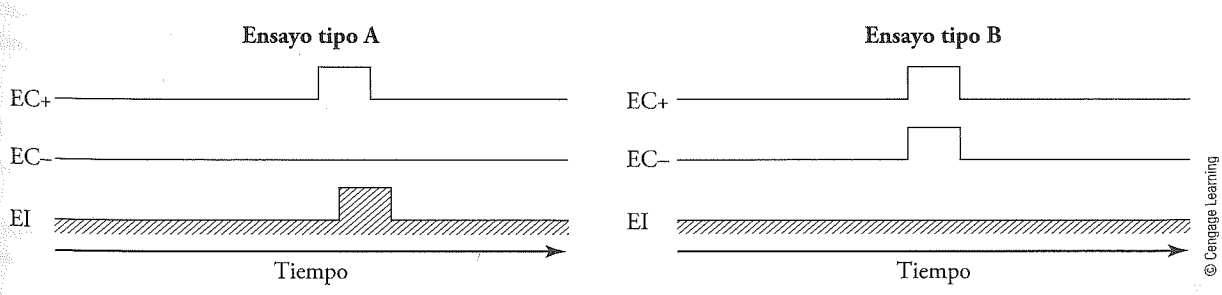



**FIGURA 3.11** Procedimiento de Pavlov para la inhibición condicionada. En algunos ensayos (tipo A), el EC+ se aparea con el EI. En otros ensayos (tipo B), el EC+ se presenta con el EC–, y el EI se omite. Ensayos tipo A y tipo B se presentan repetidamente en alternancia aleatoria. El procedimiento es efectivo en propiedades inhibidoras condicionadas al EC–.

usted debe cruzar la intersección a pesar de la luz roja (tal vez debido a que el semáforo no está funcionando bien), es probable que no tenga un accidente. Aquí la luz roja es el EC+ y los gestos del oficial constituyen el EC–. Los gestos inhiben, o bloquean, su vacilación para cruzar la intersección debido a la luz roja.

Un EC– actúa como una señal de seguridad en un contexto de peligro. Los niños que tienen miedo se refugian en los brazos de un padre porque el padre les sirve como una señal de seguridad. Los adultos que están ansiosos también usan señales de seguridad para reducir o inhibir el miedo o la ansiedad. La gente confía en la oración, un amigo, un terapeuta o un alimento reconfortante en momentos de estrés (Barlow, 1988). Éstos funcionan en parte porque hemos aprendido que las cosas desagradables no suceden en su presencia.

***Contingencia o correlación negativa del EC–EI*** Otro procedimiento común para la producción de inhibición condicionada no implica un estímulo excitatorio explícito o EC+. Más bien se trata de sólo un EC– que se correlaciona negativamente con el EI. Una correlación o contingencia negativa significa que es menos probable que los EI ocurran después del EC que en otras ocasiones. Por tanto, el EC indica una reducción en la probabilidad de que se produzca el EI. Una disposición de muestra que cumple con este requisito se esquematiza en la figura 3.12. Los EI se presentan periódicamente por sí mismos. Sin embargo, cada aparición del EC es seguida por la ausencia previsible del EI por un tiempo.

Considere un niño que periódicamente es molestado o intimidado por sus compañeros de clase cuando el maestro está fuera del aula. Esto es como recibir periódicamente un estímulo aversivo o EI. Cuando el maestro regresa, el niño puede estar seguro de que no será molestado. De este modo, el profesor sirve como EC– que señala un periodo libre de acoso, o la ausencia del EI.

La inhibición condicionada se observa de forma fiable en los procedimientos en los que el único EC explícito se correlaciona negativamente con el EI (Rescorla, 1969*a*). ¿Qué ofrece el contexto excitatorio para esta inhibición? En este caso, las señales ambientales de la cámara experimental proporcionan el contexto excitatorio (Dweck y Wagner, 1970). Debido a que el EI se produce periódicamente en la situación experimental, las claves contextuales de la cámara experimental adquieren propiedades excitatorias. Esto a su vez permite que el EC adquiera propiedades inhibitorias. (Para un estudio del papel del contexto en el condicionamiento inhibitorio, ver Chang, Blaisdell y Miller, 2003.)

En un procedimiento de contingencia negativa EC–EI, el EI aversivo puede ocurrir poco después del EC de vez en cuando, pero es mucho más probable que se produzca en ausencia del EC, que es lo que define la contingencia negativa EC–EI. Sin embargo, incluso en ausencia del EC, el momento exacto del EI no se puede predecir con exactitud porque se produce probabilísticamente en varios momentos. Esto contrasta con el procedimiento de Pavlov para el condicionamiento inhibitorio. En el procedimiento de Pavlov, el EI siempre se produce al final del EC+, pero nunca se produce cuando el EC– se presenta junto con el EC+. Debido a que el procedimiento de Pavlov permite predecir el momento exacto del EI, también permite predecir exactamente cuándo *no se producirá*. El EI no se producirá al final del EC+ si el EC+ se presenta con el EC–. Las pruebas de aprendizaje temporal han demostrado que en el procedimiento de Pavlov los participantes aprenden la inhibición condicionada exactamente cuando se omite el EI (Denniston, Blaisdell y Miller, 2004; Williams, Johns y Brindas, 2008).

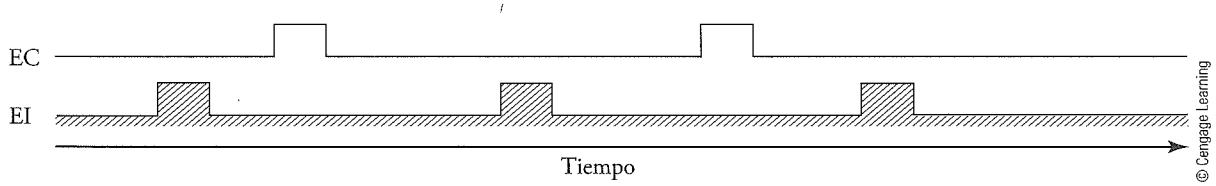



**FIGURA 3.12** Un procedimiento de contingencia negativa EC–EI para el condicionamiento de propiedades inhibidoras del EC. Observe que el EC siempre es seguido por un periodo sin el EI.

## Medición de la inhibición condicionada

¿Cómo se manifiestan los procesos inhibitorios condicionados en la conducta? En el caso de la excitación condicionada, la respuesta a este tipo de pregunta es sencilla. Los estímulos excitatorios provocan nuevas RC, tales como salivación, aproximación o parpadeo. Se podría esperar que los estímulos de condicionamiento inhibitorio provoquen lo contrario de estas reacciones; a saber, la supresión de la salivación, de la aproximación o del parpadeo, pero ¿cómo vamos a medir esas respuestas contrarias?

***Sistemas de respuesta bidireccional*** La identificación de una tendencia de respuesta contraria es fácil con los sistemas de respuesta que pueden cambiar en direcciones opuestas desde la línea de base o el desempeño normal. La frecuencia cardiaca, la respiración y la temperatura pueden aumentar o disminuir desde una línea de base. Ciertas respuestas conductuales también son bidireccionales. Por ejemplo, los animales pueden aproximarse o retirarse de un estímulo o beber más o menos de una solución con sabor. En estos casos, la excitación condicionada resulta en un cambio en la conducta en una dirección, y la inhibición condicionada resulta en un cambio conductual en la dirección opuesta.

Desafortunadamente, muchas respuestas no son bidireccionales. Considere la congelación o la supresión de la respuesta como una medida del miedo condicionado. Un estímulo condicionado excitatorio provocará la congelación, pero un inhibidor condicionado no producirá actividad por encima de los niveles normales. Un problema similar se plantea en el condicionamiento del parpadeo. Un EC+ provocará un aumento en el parpadeo, pero los efectos inhibitorios de un EC– son difíciles de detectar debido a que de entrada la tasa de referencia de parpadeo es baja. Es difícil ver la inhibición del parpadeo por debajo de una línea de base de por sí baja. Debido a estas limitaciones, la inhibición condicionada se mide típicamente de forma indirecta mediante la prueba del estímulo-compuesto y la prueba del retraso de adquisición.

***Prueba del estímulo compuesto o de sumación*** La prueba del **estímulo compuesto** (o **prueba de sumación**) era particularmente popular con Pavlov, y sigue siendo uno de los procedimientos más ampliamente aceptados para la medición de la inhibición condicionada. La prueba se basa en la simple idea de que la inhibición condicionada contrarresta o inhibe la excitación condicionada. Por tanto, para observar la inhibición condicionada hay que medir la forma en que la presentación de un EC– interrumpe o suprime las respuestas que normalmente serían provocadas por un EC+.

Una manifestación particularmente bien controlada de la inhibición condicionada mediante la prueba del estímulo compuesto o de la sumación fue reportada por Cole, Barnet y Miller (1997). El experimento se llevó a cabo utilizando el procedimiento de supresión del lengüeteo con ratas de laboratorio. Las ratas recibieron condicionamiento inhibitorio en el que la presentación de una luz intermitente por sí misma siempre terminaba en una breve descarga (A+), y la presentación de una señal auditiva (X) junto con la luz terminaba sin descarga (AX–). Por tanto, se utilizó el procedimiento de Pavlov para la inhibición condicionada, y se esperaba que X se convirtiera en un inhibidor del miedo. Un total de 28 pruebas A+ y 56 ensayos AX– se llevaron a cabo a lo largo de siete sesiones. Las ratas también recibieron entrenamiento con otro estímulo auditivo (B) en una cámara experimental diferente, y este estímulo siempre terminaba con una breve descarga (B+). La intención de estos procedimientos fue establecer condicionamiento excitatorio para A y B y la inhibición condicionada para X.

Cole y sus colegas se preguntaron entonces si el supuesto inhibidor X suprimiría la respuesta a los estímulos excitatorios A y B. Los resultados de estos ensayos se resumen en la figura 3.13. Se midió por cuánto tiempo las ratas acumulaban 5 segundos bebiendo ininterrumpidamente. Se esperaba que el miedo condicionado redujera el ritmo de beber. Observe que cuando los estímulos excitatorios, A y B, se presentaron solos, las ratas requirieron cantidades sustanciales de tiempo para completar los 5 segundos del criterio de beber. En contraste, cuando los estímulos excitatorios se presentaron junto con el inhibidor condicionado (pruebas AX y BX), el requisito de beber se completó mucho más rápido. Por tanto, la

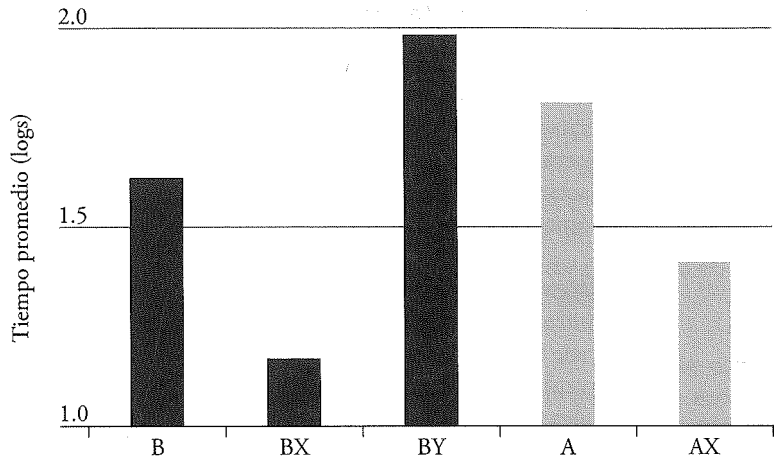



**FIGURA 3.13** Prueba de inhibición del estímulo compuesto en un experimento de supresión del lengüeteo. Los estímulos A y B se condicionaron como estímulos excitatorios al ser presentados solos con una descarga (A+ y B+). El estímulo X se condicionó como un inhibidor al ser presentado con un estímulo A sin descarga (AX–). El estímulo Y fue un estímulo de control que no participó en el condicionamiento excitatorio o inhibitorio. A era una luz intermitente; B, X y Y eran señales auditivas (un click, ruido blanco, y un zumbador, que se contrabalancearon entre los participantes). A y AX fueron probados en el contexto del entrenamiento inicial. B, BX y BY se probaron en un contexto diferente. (Basado en Cole, R. P., Barner, R. C. y Miller, R. R., 1997, "An Evaluation of Conditioned Inhibition as Defined by Rescorla's Two-Testing Strategy", *Learning and Motivation*, *28*, p. 333, copyright 1997, Elsevier Science [EUA].)

presentación del estímulo X con A y B redujo la supresión de beber que se produjo cuando A y B se presentaron solos. El estímulo X inhibió el miedo condicionado provocado por A y B.

La figura 3.13 incluye otra prueba de condicionamiento: el estímulo B probado con otra señal auditiva, Y. El estímulo Y no estaba condicionado previamente como un inhibidor, y se presentó para asegurar que la introducción de un nuevo estímulo con el estímulo B no causaría la interrupción de la respuesta de miedo condicionado debido sólo a la novedad. Como ilustra la figura 3.13, no hay tal interrupción con el estímulo Y. Por tanto, la inhibición del miedo condicionado se limitó al estímulo (X) que recibió el entrenamiento de inhibición condicionada. Otro aspecto importante de estos resultados es que X fue capaz de inhibir el miedo condicionado no sólo para el excitador con el que fue entrenado (A), sino también para otro excitador (B) que nunca se había presentado con X durante el entrenamiento. Por tanto, X se convirtió en una señal de seguridad general.

El ensayo del estímulo compuesto para la inhibición condicionada indica que la presentación de un inhibidor condicionado o una señal de seguridad puede reducir los efectos estresantes de una experiencia aversiva. Esta predicción se ha probado con pacientes que eran propensos a experimentar ataques de pánico (Carter *et al*, 1995). Los pacientes con ataques de pánico fueron invitados al laboratorio y acompañados por alguien con quien se sentían seguros. El pánico fue inducido experimentalmente en los participantes por la inhalación de una mezcla de gas que contenía niveles elevados de dióxido de carbono. Luego se le pidió a los participantes que informaran sobre sus niveles de percepción de ansiedad y la idea catastrófica provocada por la exposición al dióxido de carbono. La manipulación experimental fue la presencia de otra persona con la que los participantes se sentían seguros (el inhibidor condicionado). La presencia segura de un conocido reduce la ansiedad e idea catastrófica asociada con el ataque de pánico. Estos resultados explican por qué los niños son menos temerosos durante un examen médico en caso de que vayan acompañados de uno de los padres o se les permita llevar un juguete favorito o una manta.

***Prueba del retraso en la adquisición*** Otra prueba indirecta de uso frecuente de la inhibición condicionada es la **prueba del retraso en la adquisición** (Rescorla, 1969*b*). La base de esta prueba es sencilla. Si un estímulo inhibe activamente una respuesta particular, entonces debería ser especialmente difícil que se vuelva un estímulo excitatorio condicionado EC. En otras palabras, la tasa del condicionamiento excitatorio debe retrasarse si se estableció previamente el EC como un inhibidor condicionado. Esta predicción fue probada por Cole y sus colegas (1997) en un experimento muy similar a su estudio de prueba de sumación descrito antes.

Después del mismo tipo de condicionamiento inhibidor que produjo los resultados resumidos en la figura 3.13, Cole y sus colegas tomaron el estímulo X (que había sido condicionado como inhibidor ) y el estímulo Y (que no se había utilizado en un procedimiento

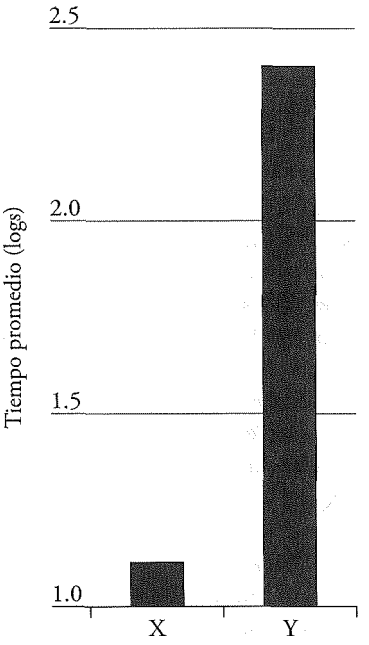



**FIGURA 3.14** Efectos de una prueba de retraso en la adquisición de la inhibición en un experimento de supresión del lengüeteo después de que la misma clase de condicionamiento inhibitorio se llevó a cabo para producir los resultados presentados en la figura 3.13. El estímulo X se condicionó previamente como un estímulo inhibitorio, y el estímulo Y no recibió previamente ningún entrenamiento. (Basado en Cole, R. P., Barner, R. C. y Miller, R. R., 1997, "An Evaluation of Conditioned Inhibition as Defined by Rescorla's Two-Testing Strategy", *Learning and motivation*, *28*, p. 333, copyright 1997, Elsevier Science [EUA].)

de condicionamiento antes) y llevaron a cabo una prueba de retraso en la adquisición por el apareamiento de cada estímulo con descarga en tres ocasiones. (Tres ensayos de adquisición fueron suficientes, ya que el miedo condicionado se aprende más rápido que la inhibición del miedo.) Los estímulos X y Y fueron analizados para ver cuál causaría una mayor supresión de la acción de beber. Los resultados se presentan en la figura 3.14. El tiempo para completar los 5 segundos de beber fue mucho más largo en la presencia del estímulo Y de control que en la presencia del estímulo X, que previamente había sido formado como un inhibidor condicionado. Esto indica que Y suscitó mayor miedo condicionado que el estímulo X. Evidentemente, el entrenamiento inhibitorio inicial de X retrasó la adquisición del condicionamiento excitatorio del miedo.

La inhibición condicionada puede ser difícil de distinguir de otros procesos conductuales. Por tanto, la mejor estrategia es utilizar más de una prueba y asegurarse de que todos los resultados apunten a la misma conclusión. Rescorla (1969*b*) abogó por el uso de la prueba de estímulo compuesto y la prueba de restraso en la adquisición. Esta estrategia de doble prueba ha mantenido su popularidad desde entonces.

## Prevalencia del condicionamiento clásico

El condicionamiento clásico se investigó típicamente en situaciones de laboratorio. Sin embargo, no tenemos que saber mucho sobre él para darnos cuenta de que también se produce en una amplia gama de situaciones fuera del laboratorio. El condicionamiento clásico es más propenso a desarrollarse cuando un evento precede a otro de forma confiable con un apareamiento EC–EI de demora corta. Esto ocurre en muchos aspectos de la vida. Como se mencionó al principio del capítulo, los estímulos en el medio ambiente se producen en una secuencia temporal ordenada, en gran parte debido a las limitaciones físicas de la causalidad. Algunos eventos simplemente no pueden suceder si antes no han ocurrido otras cosas. Los huevos no pueden hervir con fuerza sino hasta que hayan sido puestos en agua hirviendo. Las instituciones sociales y las costumbres también aseguran que las cosas sucedan en un orden predecible. Cada vez que un estímulo precede a otro de forma confiable, se puede producir el condicionamiento clásico.

Un área de investigación que ha sido de particular interés es cómo la gente viene a juzgar que un evento es la causa de otro. En los estudios de juicio causal humano, los participantes

están expuestos a las ocurrencias repetidas de dos eventos (fotos de una flor que florece y una regadera se presentan brevemente en una pantalla de computadora) en varios arreglos temporales. Por ejemplo, en una condición, el riego siempre puede ocurrir antes de la flor; en otra puede ocurrir en momentos aleatorios relativos a la flor. Después de observar numerosas apariciones de ambos objetos, se le pidió a los participantes que indicaran su juicio acerca de la fuerza de la relación causal entre ellos. Los estudios de juicio causal humano son análogos a los estudios de condicionamiento pavloviano en que ambos implican experiencias repetidas y respuestas basadas en dos eventos en la medida en que esos dos eventos se enlazan entre sí. Dada esta correspondencia, se podría sospechar que hay una considerable coincidencia en los resultados del juicio causal y los experimentos de condicionamiento pavloviano. Esa predicción se ha apoyado en numerosos estudios, lo que sugiere que los mecanismos asociativos de Pavlov no se limitan a sus perros, sino que pueden jugar un papel en los numerosos juicios de causalidad que todos hacemos durante el curso de nuestra vida cotidiana (ver Allan, 2005).

Como se describió antes en este capítulo, el condicionamiento pavloviano puede resultar en el condicionamiento de preferencias y aversiones alimentarias. También puede resultar en la adquisición del miedo. Las respuestas de miedo condicionado han sido de especial interés, ya que pueden contribuir de manera significativa a los trastornos de ansiedad, fobias y el trastorno de pánico (Craske, Hermans y Vansteenwegen, 2006; Oehlberg y Mineka, 2011). Como se analizará más a fondo en el capítulo 4, el condicionamiento pavloviano también está implicado en la tolerancia a las drogas y la adicción. Las señales que acompañan de forma confiable el consumo de drogas pueden provocar respuestas relacionadas con las drogas a través del condicionamiento. En la discusión de este tipo de aprendizaje entre los adictos al *crack*, el doctor Scott Lukas, del Hospital McLean en Massachusetts, describió los efectos de los estímulos condicionados con las drogas diciendo que "estas señales se convierten en recuerdos relacionados con el *crack*, y los adictos responden como los perros de Pavlov" (*Newsweek*, 12 de febrero de 2001, p. 40).

El condicionamiento pavloviano también está involucrado en las respuestas infantiles y maternas en la lactancia. La succión consiste en la estimulación mutua para el bebé y la madre. Para una lactancia exitosa, la madre tiene que sostener al bebé en una posición particular que ofrece señales especiales táctiles y olfativas para el bebé y la madre. Los estímulos táctiles experimentados por el niño pueden condicionarse para provocar respuestas de orientación y lactantes de parte del bebé (Blass, Ganchrow y Steiner, 1984). Las señales olfativas que experimenta el bebé durante el amamantamiento también pueden llegar a condicionarse. En un estudio (Allam *et al*, 2010), los niños prefirieron jugar con objetos que tenían el olor de la manzanilla si su madre solía usar previamente una loción perfumada de manzanilla sobre su pecho. Curiosamente, esta preferencia era evidente más de un año después de que las madres habían dejado de usar la loción.

Los estímulos táctiles proporcionados por el niño a la madre también pueden llegar a condicionarse, en este caso para provocar la respuesta de la bajada de la leche en anticipación a la succión infantil. Las madres que amamantan a sus bebés experimentan el reflejo de bajada de la leche cuando el bebé llora o cuando el tiempo habitual para la lactancia llega. Todos estos estímulos (señales táctiles especiales, el llanto del bebé y el tiempo de alimentación normal) preceden confiablemente a la succión por parte del bebé. Por tanto, pueden llegar a ser condicionados por el estímulo de succión para provocar la bajada de la leche como una RC. La respuesta condicionada anticipatoria de orientación y succión y la respuesta condicionada anticipatoria de la bajada de la leche hacen que la experiencia de lactancia sea más exitosa para el bebé y la madre.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

K. L. Hollis

El condicionamiento pavloviano también es importante en situaciones sexuales. Los estudios han demostrado que la conducta sexual puede ser moldeada por las experiencias y el aprendizaje en las personas y en varias especies animales (Hoffmann, 2011; Woodson, 2002). En estos estudios, los machos normalmente sirven como los participantes en la investigación, y el EI se proporciona ya sea por la visión de una hembra sexualmente receptiva o por el acceso físico a una hembra. Los machos condicionados se acercan a los estímulos que indican la disponibilidad de una pareja sexual (Burns y Domjan, 1996; Hollis, Cadieux y Colbert, 1989). Como describiremos en el capítulo 4, un EC sexual también facilita diversos aspectos de la

conducta reproductiva. Lo más importante, la presentación de un EC+ pavloviano antes de un encuentro sexual aumenta en gran medida el número de crías que resultan de la conducta reproductiva. Este efecto pavloviano de fertilidad condicional se demostró originalmente en una especie de pez (Hollis, 1997), pero desde entonces ha sido también encontrado en estudios con la codorniz domesticada (Domjan, Mahometa y Matthews, 2012). En uno de los experimentos más espectaculares, el condicionamiento pavloviano determinó el resultado de la competencia espermática en la codorniz domesticada (Matthews *et al*, 2007). Para observar esta competencia, a dos codornices macho se les permitió a copular con la misma hembra. Una interacción copulatoria en la codorniz puede fertilizar hasta 10 de los huevos que la hembra produce después del encuentro sexual. Si dos machos copulan con la misma hembra sucesivamente, el macho cuya cópula es señalada por un EC+ pavloviano procrea significativamente la mayoría de las crías resultantes. Al influir en qué genes del macho están representados en la siguiente generación, el condicionamiento pavloviano puede sesgar los cambios evolutivos que resultan de la competencia sexual.

## Comentarios finales

En este capítulo se continuó la discusión de la conducta provocada desplazando la atención de la habituación y la sensibilización al condicionamiento clásico. El condicionamiento clásico es un poco más complejo, ya que implica la conducta provocada mediada por mecanismos asociativos. De hecho, el condicionamiento clásico es una de las principales técnicas para la investigación de la forma en que se aprenden las asociaciones. Como hemos visto, el condicionamiento clásico puede estar implicado en muchos aspectos importantes de la conducta. Dependiendo del procedimiento utilizado, el aprendizaje puede ocurrir rápida o lentamente. Con algunos procedimientos se aprenden las respuestas excitatorias; con otros procedimientos, el organismo aprende a inhibir una tendencia de respuesta excitatoria. El condicionamiento excitatorio e inhibitorio ocurren en muchos aspectos de la experiencia común y sirven para ayudar a interaccionar más eficazmente con los eventos biológicos significativos (EI).

## Preguntas de estudio

1. Describa las similitudes y diferencias entre la habituación, la sensibilización y el condicionamiento clásico.
2. ¿Qué es el aprendizaje de objeto, y en qué es similar o diferente del condicionamiento clásico convencional?
3. ¿Por qué es difícil identificar el tipo de procedimiento de condicionamiento que produce el mejor condicionamiento?
4. ¿Qué es un procedimiento de control de condicionamiento excitatorio, y qué proceso trata de descartar el procedimiento de control?
5. ¿Están relacionados el condicionamiento excitatorio y la inhibición condicional? Si es así, ¿cómo?
6. Describa los procedimientos para el condicionamiento y la medición de la inhibición condicionada.
7. Describa cuatro razones por las cuales el condicionamiento clásico es de interés para los psicólogos.

## Términos clave

**aprendizaje de objeto** Aprendizaje de las asociaciones entre diferentes características de estímulo de un objeto, como por ejemplo, qué parece y cómo sabe.

**automodelamiento** Es lo mismo que el *seguimiento de señal.*

**condicionamiento de demora corta** Procedimiento de condicionamiento clásico en el que el EC se inicia poco antes del EI en cada ensayo de condicionamiento.

**condicionamiento de demora larga** Procedimiento de condicionamiento en el que el EI se produce varios minutos después del inicio del EC, como en el aprendizaje de aversión al sabor.

**condicionamiento de huella** Procedimiento de condicionamiento clásico en el que el EI se presenta poco después de que el EC ha terminado.

**condicionamiento evaluativo** Cambio del valor hedónico o el gusto por un estímulo inicialmente neutro asociándolo con algo que ya gustaba o disgustaba.

**condicionamiento inhibitorio** Tipo de condicionamiento clásico en el que el EC se convierte en una señal de la ausencia del EI.

**condicionamiento retroactivo** Procedimiento en el que el EC se presenta poco después del EI en cada ensayo.

**condicionamiento simultáneo** Procedimiento de condicionamiento clásico en el que el EC y el EI se presentan al mismo tiempo en cada ensayo de condicionamiento.

**control explícitamente no apareado** Procedimiento en el que se presentan el EC y el EI, pero con el tiempo suficiente entre ellos para que no se asocien entre sí.

**ensayo de condicionamiento** Prueba de entrenamiento que incluye la presentación de un EC con (o sin) EI.

**ensayo de prueba** Prueba en la que el EC se presenta sin el EI. Esto permite la medición de la RC en ausencia de la RI.

**estímulo condicional o condicionado (EC)** Estímulo que no provoca una respuesta particular al principio; lo llega a hacer como consecuencia de su asociación con un EI.

**estímulo incondicional o incondicionado (EI)** Estímulo que provoca una respuesta particular sin necesidad de entrenamiento previo.

**hipótesis de codificación temporal** La idea de que los procedimientos de condicionamiento de Pavlov no sólo llevan al aprendizaje de que el EI ocurre, sino exactamente cuándo se produce en relación con el EC. El EC representa (o codifica) el momento en que se presenta el EI.

**intervalo de huella** Intervalo entre el final del EC y el inicio del EI en los ensayos de condicionamiento de huella.

**intervalo EC–EI** Es lo mismo que el *intervalo entre estímulos.*

**intervalo entre ensayos** Cantidad de tiempo que transcurre entre dos ensayos sucesivos.

**intervalo entre estímulos** Cantidad de tiempo que transcurre entre el inicio del EC y el inicio del EI durante un ensayo de condicionamiento clásico. También es llamado *intervalo EC–EI.*

**latencia** Tiempo transcurrido entre un estímulo (o el inicio de un ensayo) y la respuesta que se da ante el estímulo.

**magnitud de una respuesta** Medida del tamaño, vigor, o extensión de una respuesta.

**probabilidad de una respuesta** Probabilidad de producir una respuesta, por lo general representada en términos del porcentaje de ensayos en los que se produce.

**procedimiento de control aleatorio** Procedimiento en el que el EC y el EI se presentan en momentos aleatorios uno con respecto al otro.

**procedimiento de supresión del lengüeteo** Procedimiento para la prueba de condicionamiento del miedo en el que la presentación de un estímulo condicionado de miedo disminuye la rapidez del acto de beber.

**prueba de estímulo compuesto** Procedimiento de prueba que identifica un estímulo como un inhibidor condicionado si éste reduce la respuesta provocada por un estímulo condicionado excitatorio. También recibe el nombre de *prueba de sumación.*

**prueba de retraso en la adquisición** Procedimiento de prueba que identifica un estímulo como un inhibidor condicionado si ese estímulo es más lento para adquirir propiedades excitatorias que un estímulo de comparación.

**prueba de sumación** Es lo mismo que *prueba de estímulo compuesto.*

**pseudocondicionamiento** Aumento de respuesta que puede ocurrir ante un estímulo cuyas presentaciones se entremezclan con presentaciones de un EI en ausencia de una asociación entre el estímulo y el EI.

**respuesta condicional o condicionada (RC)** Respuesta que se produce ante el estímulo condicionado como resultado del condicionamiento clásico.

**respuesta incondicional o incondicionada (RI)** Respuesta que se produce ante un estímulo sin necesidad de entrenamiento previo.

**seguimiento de objetivo** Conducta condicionada provocada por un EC que consiste en acercarse a la ubicación en la que por lo general se presenta el EI.

**seguimiento de señales** Acercamiento y posible contacto con un estímulo que indica la disponibilidad de un reforzador positivo, como el alimento. También se le llama *automodelamiento.*

**supresión condicionada** Supresión de la conducta en curso (por ejemplo, beber o presionar una palanca para obtener comida) producida por la presentación de un EC que ha sido condicionado para provocar miedo a través de la asociación con un EI aversivo.

CAPÍTULO 4

# Condicionamiento clásico: mecanismos


**¿Qué hace eficaces los estímulos condicionado e incondicionado?**

Respuestas iniciales a los estímulos

Novedad de los estímulos condicionado e incondicionado

Intensidad y saliencia del EC–EI

Relevancia o pertinencia del EC–EI

Aprendizaje sin un estímulo incondicionado

**¿Qué determina la naturaleza de la respuesta condicionada?**

El EI como un factor determinante para la RC

El EC como un factor determinante para la RC

El intervalo EC–EI como un factor determinante para la RC

Respuesta condicionada y sistemas de conducta

Aprendizaje E–R *versus* E–E

Condicionamiento pavloviano como modificación de las respuestas al estímulo incondicionado

**¿Cómo se asocian los estímulos condicionado e incondicionado?**

El efecto de bloqueo

El modelo Rescorla-Wagner

Modelos atencionales del condicionamiento

Modelos teóricos de estimación temporal e información

La hipótesis del comparador

**Comentarios finales**

Preguntas de estudio

Términos clave


## VISTA PREVIA DEL CAPÍTULO

Este capítulo 4 continúa la discusión del condicionamiento clásico centrándose en los mecanismos y los resultados de este tipo de aprendizaje. El debate está organizado en torno a tres cuestiones clave. En primer lugar, se describirán las características de los estímulos que determinan su eficacia como estímulos condicionados e incondicionados. A continuación se hablará de los factores que determinan los tipos de respuesta que llegan a presentarse ante los estímulos condicionados y cómo el condicionamiento altera la forma en la que los organismos responden al estímulo incondicionado. En la tercera y última sección del capítulo se discutirán los mecanismos de aprendizaje involucrados en el desarrollo de la respuesta condicionada. Gran parte del debate se ocupará de cómo se establecen las asociaciones y cómo se expresan en la conducta. Sin embargo, también se describirá un modelo de aprendizaje no asociativo basado en la teoría de la información.

# ¿Qué hace eficaces los estímulos condicionado e incondicionado?

Esta es quizás la pregunta más básica que uno se puede hacer sobre el condicionamiento clásico. La cuestión fue planteada por primera vez por Pavlov, pero sigue atrayendo la atención de los investigadores contemporáneos.

## Respuestas iniciales a los estímulos

La respuesta de Pavlov respecto de qué hace eficaces los estímulos condicionados e incondicionados está implícita en sus definiciones de los términos *condicionado* e *incondicionado*. De acuerdo con estas definiciones, el EC no provoca la respuesta condicionada al principio, pero llega a hacerlo como consecuencia de quedar asociado con el EI. Por el contrario, el EI es eficaz en provocar la respuesta objetivo desde el principio (incondicionadamente) sin ningún entrenamiento especial.

Las definiciones de Pavlov fueron establecidas en términos de la provocación de la respuesta a ser condicionada. Debido a esto, la identificación de los EC y EI potenciales requiere la comparación de las respuestas provocadas por cada estímulo antes del condicionamiento. Tal comparación hace que la identificación de los EC y los EI sea *relativa*. Un evento en particular puede servir como un EC respecto de un estímulo y como EI en relación con otro.

Considere, por ejemplo, bolitas de comida con sabor a sacarosa. El sabor de los gránulos de sacarosa puede servir como un EC en un procedimiento de condicionamiento de aversión al sabor en el que los ensayos de condicionamiento consisten en el emparejamiento de los gránulos de sacarosa con la enfermedad. Como resultado de tales emparejamientos, los participantes adquirirán una aversión a comer las bolitas de sacarosa.

En un experimento diferente, Franklin y Hall (2011) utilizaron bolitas de sacarosa como EI en un experimento de seguimiento de señal con las ratas. En este caso, los ensayos de condicionamiento involucraron la inserción de una palanca de respuesta (EC) antes de cada entrega del gránulo de sacarosa (EI). Después de una serie de ensayos de este tipo, las ratas comenzaron a acercarse y a presionar la palanca de respuesta. Por tanto, los gránulos de sacarosa podrían ser un EI o un EC en función de cómo estaban relacionadas las presentaciones de los gránulos con otros estímulos en la situación.

## Novedad de los estímulos condicionado e incondicionado

Como vimos en los estudios sobre la habituación, el impacto conductual de un estímulo depende de su novedad. Estímulos altamente familiares provocan reacciones menos vigorosas que los estímulos nuevos. La novedad también es importante en el condicionamiento clásico. Si bien el estímulo condicionado e incondicionado es muy familiar, el aprendizaje se produce más lentamente que si el EC y el EI son nuevos.

***Inhibición latente o efecto de preexposición al EC*** Numerosos estudios han demostrado que si un estímulo es muy familiar, no será tan efectivo como un EC nuevo. Este fenómeno se conoce como **efecto de inhibición latente** o **efecto de preexposición al EC** (Hall, 1991; Lubow y Weiner, 2010). Los experimentos sobre el efecto de inhibición latente implican dos fases. Primero, a los participantes se les entrega presentaciones repetidas del EC por sí mismo. Esto se conoce como *fase de preexposición*, ya que viene antes de los ensayos de condicionamiento pavloviano. La preexposición al EC hace que éste sea muy familiar y no tiene importancia especial porque en este momento el EC se presenta solo. Después de la fase de preexposición, el EC es emparejado con un EI usando procedimientos de condicionamiento clásico convencionales. El resultado común es que los participantes son más lentos para adquirir una respuesta debido a la preexposición al EC. Por tanto, la preexposición al EC interrumpe o retrasa el aprendizaje (por ejemplo, De la Casa, Marquez y Lubow, 2009). El efecto es llamado *inhibición latente* para distinguirlo del fenómeno de la inhibición condicionada descrito en el capítulo 3.

La inhibición latente es similar a la habituación. Ambos fenómenos sirven para limitar el procesamiento y la atención a los estímulos que se presentan sin EI y son, por tanto, intras-

cendentes. Como señaló Lubow (2011), la inhibición latente "parece proteger al organismo de la sobrecarga de información, atenuando el procesamiento de los estímulos previamente irrelevantes" (p. 154).

Aunque fue descubierto originalmente en los estudios con ovejas (Lubow y Moore, 1959), el efecto de inhibición latente ha sido de gran interés en el análisis de la conducta humana, en especial en lo relacionado con la esquizofrenia. La explicación teórica principal de la inhibición latente es que la preexposición al EC reduce la atención sobre el EC (por ejemplo, Schmajuk, 2010). Un síntoma importante de la esquizofrenia es la incapacidad para suprimir la atención a estímulos irrelevantes, y las personas con esquizofrenia muestran una alteración del efecto de inhibición latente. La inhibición latente y la esquizofrenia también comparten algunos de los mismos mecanismos neurobiológicos dopaminérgicos. Debido a estas similitudes, la inhibición latente se ha convertido en una herramienta importante para el estudio de las disfunciones cognitivas que acompañan la esquizofrenia (Lubow, 2011).

***El efecto de preexposición al EI*** Los experimentos sobre la importancia de la novedad del EI son similares en diseño a los experimentos de preexposición al EC. Por ejemplo, en un estudio, las ratas recibieron primero 80 presentaciones de uno de los dos tipos de gránulos de comida con sabor (tocino o chocolate) durante 5 días, para un total de 400 ensayos de preexposición al EI (Franklin y Hall, 2011). Los gránulos fueron entregados en una taza de comida que se encontraba entre dos palancas retráctiles (como en la figura 3.6). Después de la fase de preexposición al EI, se llevaron a cabo 20 ensayos de condicionamiento pavloviano. Al comienzo de un ensayo, una de las palancas de respuesta se insertó en la cámara experimental durante 10 segundos, seguida por el gránulo con sabor a tocino. En otros ensayos, la otra palanca de respuesta se presentó emparejada con el gránulo de sabor chocolate.

Los resultados de la fase de condicionamiento pavloviano se presentan en la figura 4.1. El condicionamiento procedió más rápido para la palanca emparejada con el nuevo alimento que para la palanca emparejada con el alimento conocido. Esto se conoce como **efecto de preexposición al EI**. El efecto de preexposición al EI se ha observado no sólo en el condicionamiento del apetito, sino también en una variedad de otras situaciones, incluyendo el condicionamiento del miedo, el aprendizaje de la aversión al sabor y el condicionamiento a las drogas (por ejemplo, Randich y LoLordo, 1979; Hall, 2009).

## Intensidad y saliencia del EC–EI

Otra importante estímulo variable para el condicionamiento clásico es la intensidad de los estímulos condicionados e incondicionados. La mayoría de los efectos biológicos y fisiológicos de la estimulación está relacionada con la intensidad de la entrada del estímulo. Esto también es cierto en el condicionamiento pavloviano. Se produce una respuesta condicionada más

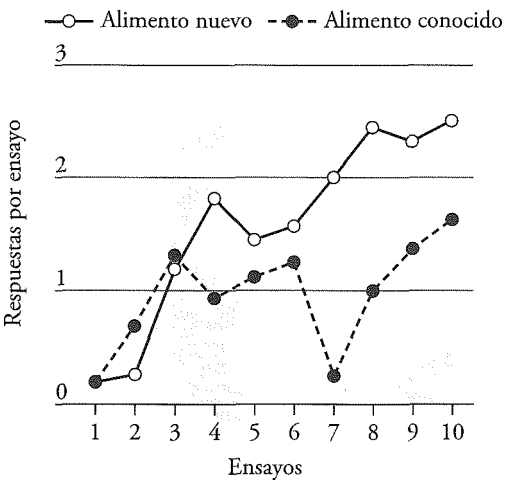



**FIGURA 4.1** Tasa de contactos con una palanca de respuesta cuyas presentaciones fueron emparejadas con un gránulo de sabor a los alimentos conocidos, frente a una palanca de respuesta cuyas presentaciones se aparearon con un gránulo de alimento con sabor nuevo. La rápida adquisición de esta respuesta de seguimiento de señal con los gránulos nuevos ilustra el efecto de preexposición al EI. (Basado en Franklin y Hall, 2011.)

vigorosa cuando se utilizan estímulos condicionados e incondicionados más intensos (por ejemplo, Bevins *et al*, 1997; Kamin, 1965; Scavio y Gormezano, 1974).

La intensidad del estímulo es un factor que contribuye a lo que generalmente se llama **saliencia del estímulo**. El término *saliencia* no está bien definido, pero corresponde aproximadamente a *significación* o *vistosidad*. Las teorías del aprendizaje generalmente asumen que el aprendizaje se producirá más rápidamente con estímulos más sobresalientes (por ejemplo, McLaren y Mackintosh, 2000; Pearce y Hall, 1980). Un estímulo se puede volver más relevante o significativo haciéndolo más intenso y, por tanto, llamará más la atención. Un estímulo también se puede volver más relevante haciéndolo más significativo para las necesidades biológicas del organismo. Por ejemplo, los animales se vuelven más atentos al sabor de la sal si sufren una deficiencia nutricional de sal (Krieckhaus y Wolf, 1968). De acuerdo con este resultado, Sawa, Nakajima e Imada (1999) encontraron que las ratas con deficiencia de sodio aprenden aversiones fuertes al sabor de la sal más que los sujetos de control sin deficiencias.

Otra manera de aumentar la saliencia de un EC es hacer que sea más similar a los tipos de estímulos que es probable que se encuentren en el entorno natural de un animal. Los estudios de condicionamiento sexual con codornices domesticadas ilustran este principio. En el experimento típico, el acceso a una codorniz hembra sirve como reforzador sexual, o EI, para un macho, y esta oportunidad sexual se indica mediante la presentación de un EC. El EC puede ser una señal arbitraria, como una luz o un bloque de madera. Alternativamente, puede ser más natural o sobresaliente mediante la adición de señales parciales de una hembra. Los estudios han demostrado que si se utiliza un EC naturalista en el condicionamiento sexual, el aprendizaje procede más rápidamente, más componentes de la conducta sexual se vuelven condicionados y el aprendizaje no es tan fácilmente interrumpido al aumentar el intervalo de EC–EI (Cusato y Domjan, 2012; Domjan *et al*, 2004).

## Relevancia o pertinencia del EC–EI

Otra variable que regula la rapidez del condicionamiento clásico es el grado en el que el EC es relevante para o *pertinente* con los EI. La importancia de la relevancia EC–EI fue primero claramente demostrada en un experimento clásico de Garcia y Koelling (1966). Trabajando con ratas de laboratorio, los investigadores compararon el aprendizaje sobre el dolor periférico (inducido por una descarga en la pata) y el aprendizaje sobre la enfermedad (inducida por irradiación o una inyección de fármacos).

En su ambiente natural, las ratas son propensas a enfermarse después de comer un alimento venenoso. Por el contrario, es probable que sientan dolor periférico después de ser perseguidas y mordidas por un depredador que pueden oír y ver. Para representar las señales relacionadas con los alimentos, Garcia y Koelling utilizaron una solución de agua saborizada como EC; para representar las señales relacionadas con los depredadores, utilizaron un EC audiovisual.

El experimento, diagramado en la figura 4.2, implicó ratas que bebían de un tubo bebedero antes de la administración de cualquiera de los EI de descarga o enfermedad. El tubo del bebedero estaba lleno de agua con sabor, ya sea salado o dulce. Además, cada lengüetazo en el tubo activaba un breve estímulo audiovisual (un clic y un destello de luz). Por tanto, las ratas encontraron el sabor y el estímulo audiovisual al mismo tiempo. Después de la exposición a estos EC, los animales recibieron una breve descarga a través del piso de rejilla o se les hacía que enfermaran.

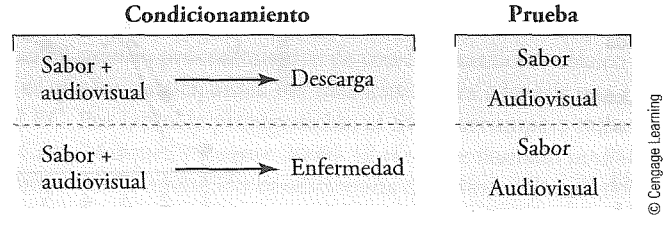



**FIGURA 4.2** Diagrama del experimento de Garcia y Koelling (1966). Un estímulo compuesto sabor-audiovisual se empareja primero con la descarga o la enfermedad para los grupos separados de ratas de laboratorio. Los sujetos fueron analizados con el sabor y el estímulo audiovisual por separado.

Debido a que los dos EI eran aversivos, se esperaba que las ratas aprendieran una aversión de algún tipo. Para observar estas aversiones, el EC de sabor y el EC audiovisual se presentaron individualmente después del condicionamiento. Durante las pruebas del EC de sabor, el agua se saborizó como antes, pero ahora el lengüeteo no activaba la señal audiovisual. Durante las pruebas del EC audiovisual, el agua no tenía sabor, pero la señal audiovisual fue brevemente encendida cada vez que el animal lengüeteaba el tubo. Las aversiones condicionadas se infieren a partir de la supresión del acto de beber.

Los resultados del experimento se resumen en la figura 4.3. Los animales condicionados con una descarga subsecuente suprimieron mucho más su forma de beber cuando se probaron con el estímulo audiovisual que cuando se probaron con el EC de sabor. El resultado opuesto ocurrió para los animales que habían sido condicionados con la enfermedad. Estas ratas suprimieron su forma de beber mucho más cuando se presentó el EC de sabor que cuando lo hicieron como resultado del estímulo audiovisual.

El experimento de Garcia y Koelling demuestra el principio de *relevancia* o *pertinencia* EC–EI. El aprendizaje depende de la relevancia del EC o del EI. El sabor llegó a ser asociado fácilmente con la enfermedad, y las señales audiovisuales se asociaron rápidamente con el dolor periférico. El aprendizaje rápido ocurrió sólo si el EC se combinaba con el EI apropiado. El EC audiovisual no era generalmente más eficaz que el EC de sabor. Más bien, el EC audiovisual fue más eficaz sólo cuando la descarga sirvió como EI. En consecuencia, el EI de la descarga no fue en general más eficaz que el EI de la enfermedad. Más bien, la descarga condicionó aversiones más fuertes que la enfermedad sólo cuando la señal audiovisual servía como EC.

El efecto de relevancia EC–EI obtenido por Garcia y Koelling no fue aceptado fácilmente en un primer momento. Sin embargo, numerosos estudios posteriores han confirmado los hallazgos originales (por ejemplo, Domjan, 1983; Rescorla, 2008). El efecto de selectividad de la asociación se produce incluso en las ratas con un día de nacidas (Gemberling y Domjan, 1982). Esta observación indica que no es necesaria una amplia experiencia con sabores y enfermedad (o señales audiovisuales y dolor periférico) para el efecto de la relevancia del estímulo. Más bien, el fenómeno parece reflejar una predisposición genética para el aprendizaje selectivo de ciertas combinaciones de estímulos condicionados e incondicionados. (Para pruebas de relevancia del estímulo en el aprendizaje de aversión a la comida humana, véase Logue *et al*, 1981; Pelchat y Rozin, 1982.)

También se han documentado efectos de la relevancia del estímulo en otras situaciones. En el capítulo 8 se verá un ejemplo de la relevancia del estímulo comparando el aprendizaje de eventos del apetito frente a eventos aversivos. Los efectos de la relevancia del estímulo

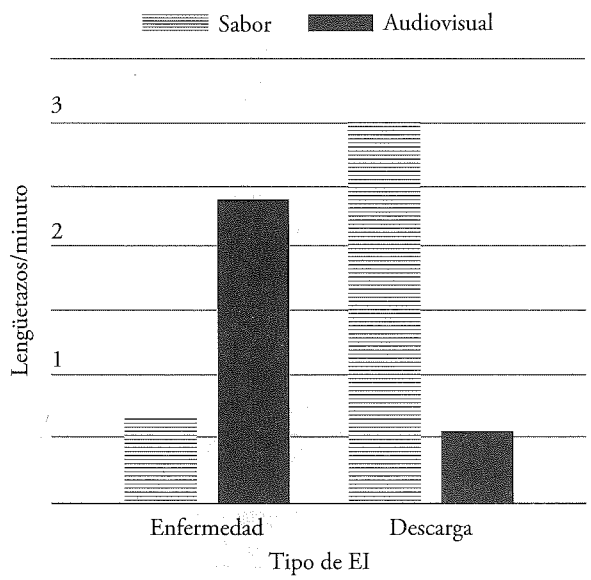



**FIGURA 4.3**
Resultados del experimento de Garcia y Koelling. Las ratas condicionadas con enfermedad aprendieron una aversión más fuerte a las señales de sabor que a las audiovisuales. Por el contrario, las ratas condicionadas por la descarga aprendieron una aversión más fuerte a las señales audiovisuales que a las de sabor. (Adaptado de Garcia y Koelling, 1966.)

también ocupan un lugar destacado en la adquisición del miedo en los primates (Öhman y Mineka, 2001; Mineka y Öhman, 2002). Los experimentos con monos rhesus y personas ha demostrado que el condicionamiento del miedo avanza más rápidamente con señales relevantes de miedo (ver una serpiente) que con las señales irrelevantes de miedo (ver una flor u hongos). Sin embargo, no se observa esta diferencia si se utiliza un EI apetitivo. Esta ventaja selectiva del estímulo de la serpiente en el condicionamiento del miedo no requiere conocimiento consciente (por ejemplo, Öhman *et al*, 2007) y parece reflejar una adaptación evolutiva para detectar rápidamente los estímulos biológicamente peligrosos y adquirir el miedo a este tipo de señales. De acuerdo con esta conclusión, los niños tan pequeños de 8 a 14 meses se orientan con mayor rapidez a las imágenes de serpientes que con imágenes de flores (LoBue y DeLoache, 2010). Como Mineka y Öhman (2002) señalaron, "el condicionamiento del miedo se produce más fácilmente en situaciones de amenazas recurrentes para la supervivencia en la evolución de los mamíferos" (p. 928).

## Aprendizaje sin un estímulo incondicionado

Hasta ahora hemos estado discutiendo el condicionamiento clásico en situaciones que incluyen un EI: un estímulo incondicionado que tiene un gran impacto conductual sin entrenamiento previo. Si el condicionamiento pavloviano se aplicara sólo a situaciones que implican un EI, estaría un tanto limitado. Ocurriría sólo si usted recibe alimentos o una descarga, o si tuviese relaciones sexuales. ¿Y el resto del tiempo, cuando usted no está comiendo o teniendo relaciones sexuales? Como resultado, el condicionamiento pavloviano también puede tener lugar en situaciones en las que usted no encuentre un EI. Hay dos formas diferentes de condicionamiento clásico sin EI. Una de ellas es el *condicionamiento de orden superior* y la otra es el *precondicionamiento sensorial.*

***Condicionamiento de orden superior*** Los miedos irracionales a menudo se aprenden con el **condicionamiento de orden superior**. Por ejemplo, Wolpe (1990) describió el caso de una señora que desarrolló un miedo a las multitudes. Por tanto, para ella una multitud era un EC que provocaba miedo condicionado. Cómo aprendió originalmente este miedo, se desconoce. Tal vez fue empujada en una multitud (el EC) y sufrió una lesión (el EI). Para no despertar su miedo, la dama iba al cine sólo en el día, cuando pocas personas estaban en la sala. En una de esas visitas, la sala de repente se llenó de estudiantes. La señora llegó a estar extremadamente trastornada por esto y llegó a asociar las señales de la sala de cine con las multitudes. Por tanto, un EC (multitudes) había condicionado el miedo a otro (el cine) que anteriormente no le provocaba ningún miedo. El aspecto notable de esta transferencia de temor es que la dama nunca experimentó lesiones corporales o un EI aversivo en la sala de cine. En ese sentido, su nuevo miedo a las salas de cine era irracional.

Como ilustra este estudio de caso, el condicionamiento de orden superior se produce en dos fases. Durante la primera fase, una señal (la llamaremos $EC_1$) se empareja con un EI a menudo suficiente para condicionar una fuerte respuesta al $EC_1$. En el caso del estudio anterior, los estímulos de multitudes constituyen el $EC_1$. Una vez que el $EC_1$ provocó la respuesta condicionada, el emparejamiento del $EC_1$ con un nuevo estímulo $EC_2$ (señales de la sala de cine) fue capaz de condicionar el $EC_2$ para provocar también la respuesta condicionada. El condicionamiento del $EC_2$ se produjo en ausencia del EI. La figura 4.4 resume estas etapas de aprendizaje que resultan en un condicionamiento de orden superior. Como el término "orden

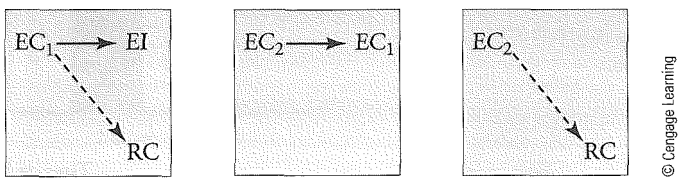



**FIGURA 4.4**
Procedimiento de condicionamiento de orden superior. El $EC_1$ se empareja primero con el EI y llega a provocar la respuesta condicionada. Un nuevo estímulo ($EC_2$) está emparejado entonces con el $EC_1$. Pruebas posteriores muestran que también el $EC_2$ viene a provocar la respuesta condicionada.

superior" indica, el condicionamiento puede funcionar a diferentes niveles. En el ejemplo anterior, la experiencia de las multitudes ($EC_1$) emparejada con la lesión (el EI) es un *condicionamiento de primer orden*. El emparejamiento del $EC_2$ (salas de cine) con el $EC_1$ (multitudes) es un *condicionamiento de segundo orden*. Si después de haberse condicionado, $EC_2$ se utiliza para condicionar otro estímulo, $EC_3$, habría un *condicionamiento de tercer orden*.

El procedimiento para el condicionamiento de segundo orden mostrado en la figura 4.4 es similar al procedimiento estándar para el condicionamiento inhibitorio que se describe en el capítulo 3 (figura 3.11). En ambos casos, un estímulo condicionado ($EC_1$ o EC+) se empareja con los EI ($EC_1 \rightarrow$ EI o EC+ $\rightarrow$ EI), y un segundo EC ($EC_2$ o EC–) se empareja con el primero pero sin el estímulo incondicionado ($EC_1/EC_2 \rightarrow$ no EI o EC+/EC– $\rightarrow$ no EI). ¿Por qué un procedimiento de este tipo produce una inhibición condicionada en algunos casos y un condicionamiento excitatorio de segundo orden en otros? Un factor importante parece ser el número de ensayos no reforzados o donde no está presente el EI. Con relativamente pocos ensayos no EI ocurre un condicionamiento excitatorio de segundo orden. Con un mayor entrenamiento, se desarrolla la inhibición condicionada (Yin, Barnet y Miller, 1994). Otra variable importante es si los estímulos de primer y segundo orden se presentan de forma simultánea o secuencial (uno después del otro). Presentaciones simultáneas de $EC_1$ y $EC_2$ en ensayos no reforzados favorecen el desarrollo de la inhibición condicionada del $EC_2$ (Stout, Escobar y Miller, 2004; véase también Wheeler, Sherwood y Holland, 2008).

Aunque no hay duda de que el condicionamiento de segundo orden es un fenómeno sólido (por ejemplo, Rescorla, 1980; Witnauer y Miller, 2011), se ha hecho poca investigación para evaluar los mecanismos de condicionamiento de tercer orden y de órdenes superiores. Sin embargo, incluso la existencia del condicionamiento de segundo orden es de gran importancia, ya que aumenta en gran medida la gama de situaciones en las que el condicionamiento clásico puede tener lugar. Con el condicionamiento de segundo orden puede ocurrir condicionamiento clásico sin un EI primario. El único requisito es la disponibilidad de un estímulo previamente condicionado.

Muchos casos de condicionamiento en la experiencia humana implican condicionamiento de orden superior. Por ejemplo, el dinero es un poderoso estímulo condicionado ($EC_1$) para la conducta humana debido a su asociación con dulces, juguetes, películas y otras cosas que el dinero puede comprar (los EI). Un niño puede llegar a encariñarse con su tío ($EC_2$) si el tío le da al niño un poco de dinero en cada visita. La respuesta emocional positiva que se condiciona al tío se desarrolla porque el niño asocia al tío con el dinero, en un caso de condicionamiento de segundo orden.

Las campañas de publicidad también hacen uso del condicionamiento de orden superior. Un nuevo producto ($EC_2$) se aparea con algo que ya hemos aprendido que nos gusta ($EC_1$) para crear una preferencia por el nuevo producto (Schachtman, Walker y Fowler, 2011).

***Precondicionamiento sensorial*** Las asociaciones también pueden ser aprendidas entre dos estímulos, cada uno de los cuales sólo provoca una ligera respuesta de orientación antes del condicionamiento. Consideremos, por ejemplo, dos sabores (es decir, vainilla y canela) que a menudo se encuentran juntos en los pasteles sin efectos nocivos. Debido a este apareamiento, los sabores de vainilla y canela pueden llegar a estar asociados uno con el otro. ¿Qué pasaría si después se adquiriera una aversión a la canela a través de una intoxicación alimentaria o una enfermedad? Es probable que la aversión adquirida a la canela lleve a rechazar también las cosas con sabor de vainilla debido a la asociación previa de la vainilla con la canela. Este es un ejemplo de **precondicionamiento sensorial**.

Como con el condicionamiento de orden superior, el precondicionamiento sensorial implica un proceso de dos etapas (figura 4.5). Los sabores de canela y vainilla se asocian uno con otro en la primera fase cuando no hay enfermedad o EI. Llamemos a estos estímulos $EC_1$ y $EC_2$. La asociación entre $EC_1$ y $EC_2$ que se establece durante la fase de precondicionamiento sensorial por lo general no es evidente en las respuestas de conducta porque ningún EC ha sido emparejado con un EI todavía y, por tanto, no hay ninguna razón para responder.

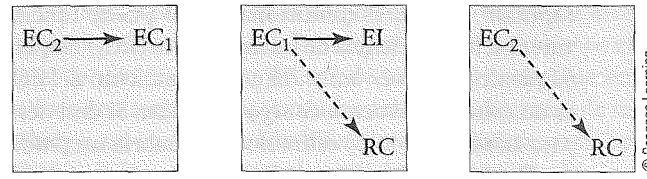



**FIGURA 4.5**
Procedimiento para el precondicionamiento sensorial. En primer lugar, el $EC_2$ se empareja con el $EC_1$ sin un EI en la situación. Después, el $EC_1$ se empareja con un EI y provoca una respuesta condicionada (RC). En una sesión de prueba posterior, también se encuentra que el $EC_2$ provoca la RC, aunque el $EC_2$ nunca fue emparejado con el EI. Observe que el procedimiento de precondicionamiento sensorial es similar al procedimiento de condicionamiento de segundo orden, pero las dos primeras fases se presentan en el orden opuesto.

Durante la segunda fase, el sabor de canela ($EC_1$) se empareja con la enfermedad (el EI), y una aversión condicionada (RC) se desarrolla para el $EC_1$. Una vez que este condicionamiento de primer orden se ha completado, los participantes se prueban con el $EC_2$ y ahora muestran una aversión al $EC_2$ por primera vez. La respuesta al $EC_2$ es digna de mención porque el $EC_2$ *nunca fue directamente vinculado con un EI.* (Para ejemplos recientes de precondicionamiento sensorial, ver Dunsmoor, White y LaBar, 2011; Leising, Sawa y Blaisdell, 2007; Rovee-Collier y Giles, 2010.)

El precondicionamiento sensorial y el condicionamiento de orden superior ayudan a dar sentido a las cosas que parecen gustar o disgustar sin razón aparente. Lo que queremos decir con "sin razón aparente" es que estos estímulos no estaban directamente asociados con un EI positivo o negativo. En tales casos, la preferencia o aversión condicionada probablemente se desarrolla a través del precondicionamiento sensorial o condicionamiento de orden superior.

## ¿Qué determina la naturaleza de la respuesta condicionada?

El condicionamiento clásico se identifica generalmente por el desarrollo de una nueva respuesta al estímulo condicionado. Como hemos visto, una gran variedad de respuestas puede llegar a ser condicionada, incluyendo salivación, parpadeo de los ojos, el miedo, la aproximación o el alejamiento locomotor, y las respuestas de aversión. ¿Por qué un conjunto de respuestas se vuelve condicionado en una situación, pero en otra son desarrolladas respuestas al EC?

### El EI como un factor determinante para la RC

El factor más obvio que determina la naturaleza de la respuesta condicionada es el estímulo incondicionado que se utiliza. Los animales aprenden a salivar si esto se condiciona con los alimentos y a parpadear cuando se condiciona con un soplo de aire en el ojo. La salivación no está condicionada en experimentos de parpadeo y las respuestas de parpadeo no están condicionadas en experimentos de salivación condicionada.

Curiosamente, incluso pequeñas variaciones en la naturaleza de los EI pueden producir cambios en la naturaleza de la RC. En un famoso experimento, Jenkins y Moore (1973) compararon el condicionamiento pavloviano en palomas con alimento *versus* agua como el EI. Cuando se presenta la semilla, las palomas hacen movimientos rápidos y duros picoteos dirigidos a la semilla con su pico abierto. Por el contrario, cuando se presenta el agua, las

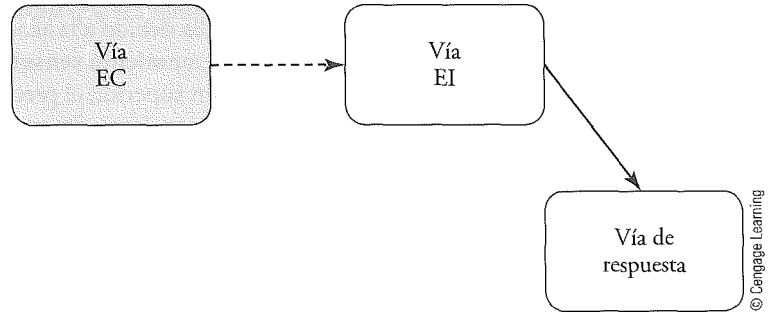



**FIGURA 4.6** Diagrama del modelo de sustitución de estímulo de Pavlov. La flecha sólida indica las conexiones neuronales preexistentes. La flecha punteada indica las conexiones neuronales establecidas por el condicionamiento. Debido a estas nuevas conexiones funcionales, el EC trata de obtener respuestas previamente provocadas por el EI.

palomas bajan su pico casi cerrado en el agua. Una vez que el pico está bajo el agua, éste se abre periódicamente para permitir que el ave pueda sorber el agua (Klein, LaMon y Zeigler, 1983). Por tanto, las respuestas incondicionadas de comer y beber se diferencian en la velocidad y la forma.

Jenkins y Moore encontraron que las respuestas condicionadas a una tecla luminosa EC emparejada con comida y agua difieren de una manera similar. Cuando la semilla era el EI, las palomas picoteaban la tecla luminosa como si comieran: los picotazos eran rápidos con el pico abierto en el momento del contacto. Cuando el agua era el EI, los movimientos del picoteo condicionado eran más lentos, de hecho con el pico cerrado, y a menudo se acompañaban de movimientos de deglución. Por tanto, la forma de las respuestas condicionadas se parecía a la forma de las respuestas incondicionadas a los alimentos y el agua (véase también Allan y Zeigler, 1994; Ploog y Zeigler, 1996; Spetch, Wilkie y Skelton, 1981). Resultados similares se han obtenido con bolitas de comida y leche como estímulos incondicionados con ratas de laboratorio (Davey y Cleland, 1982; Davey, Phillips y Cleland, 1981).

El hecho de que la forma de la respuesta condicionada es determinada por el EI alentó a Pavlov a proponer el modelo de **sustitución de estímulo**. De acuerdo con este modelo, la asociación de un EC con un EI torna el estímulo condicionado en un sustituto EI. El estímulo condicionado viene a funcionar igual que el EI anteriormente. Por tanto, el EC se asume para activar los circuitos neuronales activados previamente sólo por el EI y obtener respuestas similares a las provocadas por el EI (figura 4.6).

El modelo de sustitución de estímulo enfatiza correctamente que la naturaleza de la RC depende en gran medida del EI que se utiliza en un procedimiento de condicionamiento. Sin embargo, en muchas situaciones la RC no se parece a la RI. Por ejemplo, la descarga en la pata hace que las ratas salten en el aire, pero la respuesta condicionada a un tono apareado con una descarga a la pata es la congelación y la inmovilidad. Además, como veremos, en muchas situaciones la consecuencia biológicamente importante del condicionamiento pavloviano no es un cambio en la respuesta al EC, sino un cambio en la forma en que el organismo responde al EI.

## El EC como un factor determinante para la RC

Otro factor importante que determina la forma de la RC es la naturaleza del estímulo condicionado. Esto fue demostrado por primera vez en un experimento sorprendente por Timberlake y Grant (1975), quienes investigaron el condicionamiento clásico en ratas de laboratorio con los alimentos como el EI. Sin embargo, en lugar de una luz convencional o tono, Timberlake y Grant presentaron otra rata como el EC justo antes de la entrega de alimentos. Un

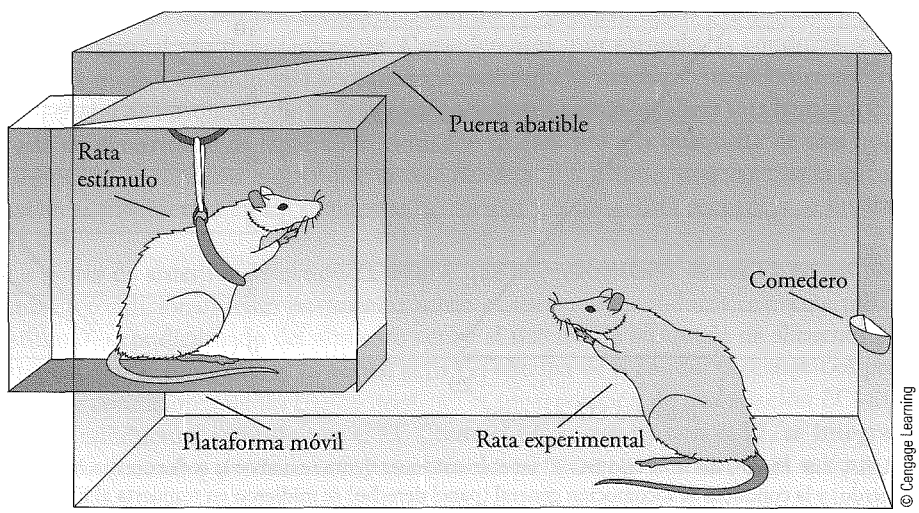



**FIGURA 4.7** Diagrama del experimento de Timberlake y Grant (1975). El EC para la alimentación fue la presentación de una rata estímulo en una plataforma móvil a través de una puerta abatible en un lado de la cámara experimental.

lado de la cámara experimental estaba equipado con una plataforma deslizante que podía ser movida dentro y fuera de la cámara a través de una puerta de aleta (figura 4.7). Una rata viva fue mantenida suavemente en la plataforma. Diez segundos antes de cada entrega de alimento, la plataforma se trasladaba a la cámara experimental, transportando de este modo a la rata de estímulo a través de la puerta abatible.

El modelo de sustitución de estímulo predice que los emparejamientos EC–EI generarán respuestas al EC que son similares a las respuestas provocadas por los alimentos al EI. Debido a que los alimentos provocan roer y morder, también se espera que estas respuestas sean provocadas por el EC. En contra de esta predicción, como la rata EC fue emparejada en varias ocasiones con la comida, llegó a provocar respuestas sociales afiliativas (orientación, aproximación, olfateo y contactos sociales). Tales respuestas no se desarrollaron si la rata EC a veces era presentada en momentos no relacionados con los alimentos.

El resultado de este experimento no es compatible con cualquier modelo que explica la forma de la respuesta condicionada únicamente en términos del EI que se utiliza. Las respuestas sociales condicionadas provocadas por la rata EC sin duda fueron determinadas por tener otra rata sirviendo como el EC. Como vimos en el capítulo 3, si la extensión de una palanca de respuesta en la cámara experimental sirve como el EC para el alimento, las ratas tocan y mordisquean la palanca (muestran seguimiento de señal) o van al comedero (muestran seguimiento de objetivo). No responden a la palanca de EC con respuestas sociales afiliativas. La naturaleza del EC también es importante en el condicionamiento sexual con codornices. Un objeto EC que la codorniz macho puede montar y copular tiene más probabilidades de provocar respuestas copulatorias condicionadas que una luz o un bloque de madera como EC (ver fotografía que muestra una codorniz con un fetiche sexual condicionado al final del libro). (Para otras investigaciones de cómo el EC determina la naturaleza de la respuesta condicionada, ver Holland, 1984;. Kim *et al*, 1996; Sigmundi y Bolles, 1983.)

## El intervalo EC–EI como un factor determinante para la RC

Otra variable que es un factor importante en el tipo de respuestas que se vuelven condicionadas es el intervalo entre el estímulo condicionado y el estímulo incondicionado. Ver un automóvil que viene hacia usted es un EC para sufrir una lesión potencial. La forma en que reaccione a este peligro dependerá de la rapidez con la que el automóvil se aproxima a usted (el intervalo EC–EI). Si el vehículo está a 1 o 2 segundos de alcanzarlo, usted entrará en

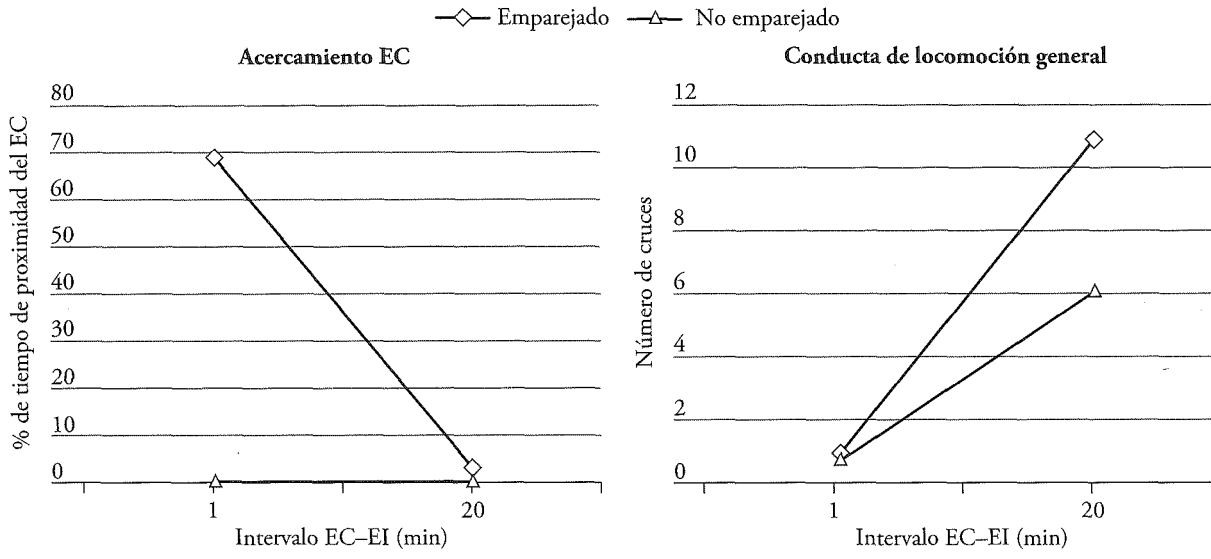



**FIGURA 4.8** Efectos del intervalo EC–EI en el condicionamiento sexual de la codorniz macho. La aproximación EC (panel izquierdo) y la conducta de locomoción general (panel derecho) se midieron en respuesta al EC en grupos que recibieron presentaciones EC–EI emparejadas o no emparejadas. (Basado en Akins, 2000.)

pánico y saltará fuera del camino. Por el contrario, si el automóvil está a 15 o 20 segundos antes de llegar hasta usted, se preocupará y tomará una acción evasiva, pero no entrará en pánico y saltará. Generalmente, el condicionamiento con un corto intervalo de EC–EI activa respuestas que son apropiadas para tratar inmediatamente con el EI. En contraste, el condicionamiento con un largo intervalo EC–EI activa respuestas que preparan al organismo para el EI en un horizonte de tiempo más largo. De acuerdo con este punto de vista, los estudios de laboratorio con ratas han mostrado que el miedo condicionado o pánico es más probable con un corto intervalo de EC–EI, mientras que la ansiedad condicionada es más probable con un largo intervalo EC–EI (Waddell, Morris y Bouton, 2006; ver también Esmorís-Arranz, Pardo-Vázquez y Vázquez García 2003).

Se han obtenido resultados análogos en situaciones de apetito condicionado. Por ejemplo, en el condicionamiento sexual de la codorniz macho, el acceso a una pareja hembra para la cópula es el EI. La mayoría de los estudios de condicionamiento sexual emplea un intervalo EC–EI bastante corto (1 minuto o menos) y mide la aproximación al EC o seguimiento de señal como la respuesta condicionada (capítulo 3). En un estudio de los efectos del intervalo EC–EI en el condicionamiento sexual, Chana Akins (2000) condicionó diferentes grupos de codornices con un intervalo EC–EI de un 1 minuto o de 20 minutos, y midió no sólo las respuestas de aproximación del EC, sino también en general la conducta de locomoción (estimulación entre la mitad de la cámara experimental y la otra). Los grupos control fueron expuestos al EC y al EI de una manera no emparejada.


Cortesía de C. K. Akins
C. K. Akins

Los resultados del experimento se presentan en la figura 4.8. Con un intervalo EC–EI de 1 minuto, el procedimiento de condicionamiento se tradujo en conducta de EC de aproximación, pero no aumentó la locomoción. En contraste, con el intervalo EC–EI de 20 minutos, la respuesta condicionada predominante fue el incremento de la conducta de locomoción en lugar del EC de aproximación.

## Respuesta condicionada y sistemas de conducta

¿Cómo dar sentido al hecho de que la respuesta condicionada depende no sólo de los EI, sino también del EC y del intervalo EC–EI? El modelo de sustitución de estímulo de Pavlov no puede manejar claramente un rico patrón de tales hallazgos. Para entender este tipo de resultados tenemos que salir del marco fisiológico restringido en el que trabajó Pavlov y considerar cómo podría funcionar el condicionamiento pavloviano en la historia natural de los organismos. El marco de mayor éxito para abordar estas cuestiones hasta ahora ha sido la teoría de sistemas de conducta (Domjan, 1997; Timberlake, 2001; Rau y Fanselow, 2007).

Los diferentes sistemas conductuales han evolucionado para permitir a los animales llevar a cabo diversas tareas importantes, tales como la adquisición e ingestión de alimentos, la defensa de su territorio, el evitar la depredación, la producción y el aumento de la descendencia, y así sucesivamente. Como se mencionó en el capítulo 2, un sistema conductual consiste en una serie de modos de respuesta, cada uno con sus propios estímulos y respuestas de control, dispuestos espacial y/o temporalmente. Consideremos, por ejemplo, la conducta sexual de la codorniz macho. Cuando está sexualmente motivado, el macho se involucrará en una respuesta general de búsqueda que lo lleve a un área donde pueda localizar una hembra. Una vez que está en el territorio de la hembra, el macho se dedicará a la búsqueda de una respuesta más enfocada en localizar efectivamente a la hembra. Por último, una vez que la encuentra, el macho se involucrará en las respuestas de cortejo y cópula. Esta secuencia se ilustra en la figura 4.9.

La teoría de sistemas de conducta asume que la presentación de un EI en un procedimiento de condicionamiento pavloviano activa el sistema de conducta relevante para el EI. El estímulo incondicionado del alimento activa el sistema de búsqueda de alimento y la alimentación. Por el contrario, el EI sexual activa el sistema de la conducta sexual. Los procedimientos de condicionamiento clásico implican la superposición de una relación EC–EI sobre el sistema conductual activado por el EI. Como el EC se asocia con el EI, se integra en el sistema conductual y provoca componentes de ese sistema. Por tanto, el estímulo con-

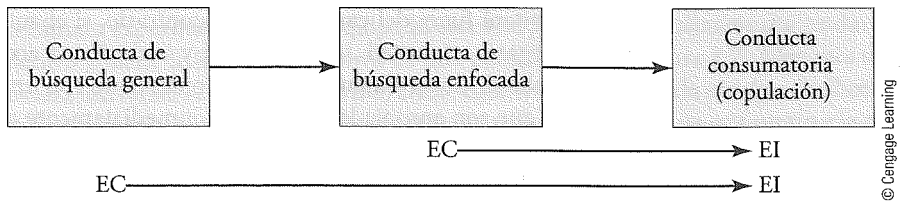



**FIGURA 4.9**
Secuencia de respuestas, comenzando con la búsqueda general y terminando con la conducta copulatoria, que caracteriza el sistema de la conducta sexual. Un procedimiento de condicionamiento se superpone sobre el sistema de conducta. El intervalo de EC–EI determina el momento en que el EC se incorpora en la secuencia conductual.

dicionado de alimento provoca componentes del sistema de alimentación, y el estímulo condicionado sexual provoca componentes del sistema de la conducta sexual.

La teoría de sistemas de conducta explica fácilmente por qué el EI es un determinante importante de la RC. La teoría también es consistente con el hecho de que la naturaleza de la RC depende del tipo de EC que se emplea. Como vimos en nuestra discusión de la relevancia EC–EI (ver páginas 90 a 92), diferentes EC pueden variar en función de la facilidad con que pueden llegar a ser incorporados a un sistema conductual. Además, la naturaleza del EC determinará qué tipos de respuestas condicionadas pueden desarrollarse. Por ejemplo, las respuestas de aproximación EC sólo se producirán si el EC está muy localizado. Un estímulo difuso (cambio en el nivel general de ruido) no puede generar aproximación EC como una respuesta condicionada.

La predicción más innovadora de la teoría de sistemas de conducta es que la forma de la RC también dependerá del intervalo EC–EI que se utilice. El intervalo de EC–EI se asume para determinar dónde el EC se incorpora en la secuencia de respuestas que constituye el sistema de conducta. Por ejemplo, consideremos el experimento de condicionamiento sexual de Akins (2000) en el que los diferentes grupos se entrenaron con un intervalo de EC–EI corto (1 minuto) o largo (20 minutos). Como se ilustra en la figura 4.9, con un intervalo corto de EC–EI, el EC se produce justo antes de que la hembra esté disponible, y por ende se incorpora en el sistema de conducta en la etapa de búsqueda focalizada. Por tanto, el EC se predice para provocar una conducta de búsqueda focalizada: el macho debe acercarse y permanecer cerca del EC. En contraste, con un intervalo largo de EC–EI, el EC se incorpora en una parte inicial del sistema conductual y provoca la conducta de búsqueda general. La conducta de búsqueda general se manifiesta en el aumento de la locomoción no dirigida.

Los resultados obtenidos por Akins (figura 4.8) confirman estas predicciones. El intervalo EC–EI de 1 minuto condicionó la aproximación EC, pero no la conducta general de locomoción, mientras que el intervalo EC–EI de 20 minutos condicionó la conducta de locomoción pero no la aproximación EC. Pruebas similares en apoyo de la teoría de sistemas de conducta se han obtenido en el condicionamiento apetitivo con alimentos (Silva y Timberlake, 1997) y el condicionamiento aversivo con descarga (Esmorís-Arranz, Pardo-Vázquez y Vázquez-García, 2003; Waddell, Morris y Bouton, 2006). En todos estos casos, la respuesta condicionada que refleja la anticipación del EI depende de cuánto tiempo se debe esperar antes de que el EI se presente. Por tanto, como Balsam y colegas (2009) dijeron, "No hay una sola respuesta que represente una medida pura de la anticipación" (p. 1755).

## Aprendizaje E–R *versus* E–E

Hasta ahora hemos estado analizado varias cuestiones de la naturaleza de la conducta condicionada sin decir mucho acerca de cómo un EC produce una respuesta. Vayamos a la pregunta siguiente.

Históricamente, la conducta condicionada fue vista como una respuesta provocada directamente por el EC. De acuerdo con esta idea, el condicionamiento establece un nuevo *estímulo-respuesta*, o la conexión E–R entre el EC y la RC. Una visión alternativa importante es que los sujetos aprenden una conexión nueva *estímulo-estímulo* (E–E) entre el EC y el EI. Según esta interpretación, los participantes responden al EC no porque provoque una RC directamente, sino porque el EC activa una representación o memoria del EI. Se supone que la respuesta condicionada refleja el estado de la representación del EI activado.


Cortesía de Donald A. Dewsbury

R. A. Rescorla

¿Cómo podemos decidir entre los mecanismos de **aprendizaje E–R** y **aprendizaje E–E**? Un popular método de investigación que se ha utilizado para decidir entre estas alternativas implica la técnica de **devaluación del EI**. Esta técnica se ha utilizado para responder muchas preguntas importantes en la teoría de la conducta. (Se describirán las aplicaciones de la misma en el condicionamiento instrumental en el capítulo 7.) Por tanto, es importante para entender su fundamento.

La estrategia básica de un experimento de devaluación del EI se ilustra en la figura 4.10. La estrategia se utilizó en un experimento clásico de Holland y Rescorla (1975). Dos grupos de ratas ligeramente privadas de comida recibieron condicionamiento en el que un tono se apareó repetidamente con bolitas de alimento. Se asumió esta fase inicial del experimento para establecer una asociación entre el EC del tono y el EI de la comida, así como para lograr que las ratas representaran la comida utilizada. La respuesta condicionada fue evidente en el aumento de la actividad provocada por el tono.

En la siguiente fase, el grupo experimental recibió un tratamiento diseñado para hacer el EI menos valioso. Esta devaluación del EI se llevó a cabo al dar a las ratas suficiente comida libremente para satisfacer por completo su hambre. Presumiblemente la saciedad reduce el valor de los alimentos y por tanto devalúa la representación del EI. El estado de privación del grupo control no se modificó en la fase 2 y, por tanto, la representación del EI permaneció intacta para esas ratas (figura 4.10). Ambos grupos recibieron luego una serie de ensayos de prueba con el tono EC. Durante estas pruebas, el grupo experimental mostró significativamente menos respuesta condicionada que el grupo control.

Si el condicionamiento hubiera establecido una nueva conexión de E–R entre el EC y la RC, la RC se habría suscitado cada vez que se produjera el EC, independientemente del valor de la comida. Eso no sucedió. Más bien, la devaluación del EI redujo la respuesta al EC. Este resultado sugiere que el condicionamiento dio lugar a una asociación entre el EC y una representación del EI (aprendizaje E–E). La presentación del EC activó la representación del EI, y la RC fue determinada por el estado actual de esa representación del EI.

Experimentos de devaluación del EI han presentado pruebas de aprendizaje E–E en una amplia gama de situaciones de condicionamiento clásico (por ejemplo, Colwill y Motzkin, 1994; Delamater *et al*, 2006; Hilliard *et al*, 1998; Storsve, McNally y Richardson, 2012). Sin embargo, no todos los casos de condicionamiento clásico implican el aprendizaje E–E. En

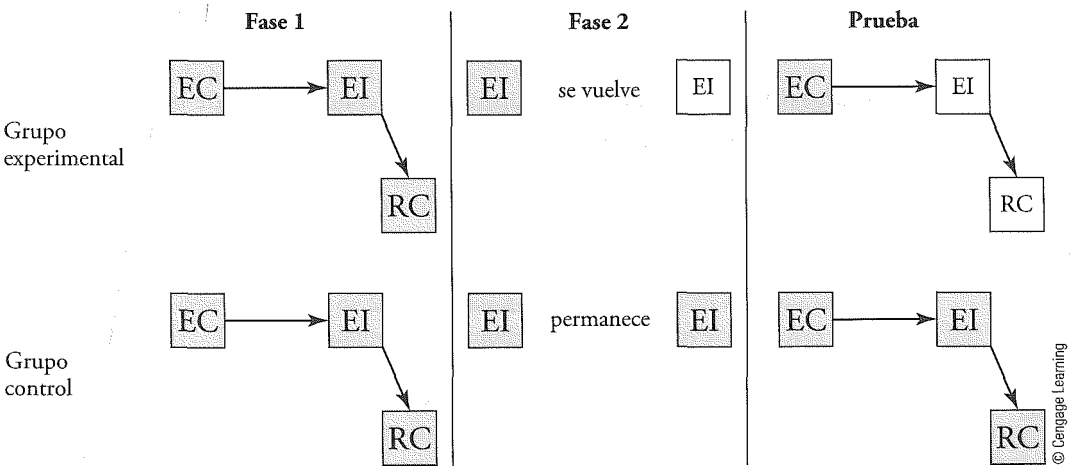



**FIGURA 4.10** Estrategia básica y fundamentos involucrados en los experimentos de la devaluación del EI. En la fase 1, los grupos experimental y control reciben condicionamiento convencional para establecer una asociación entre el EC y el EI, y para conducir a los participantes a que formen una representación del EI. En la fase 2, la representación del EI se devalúa para el grupo experimental, pero se mantiene sin cambios para el grupo control. Si la RC se provoca por medio de la representación del EI, la devaluación de la representación del EI debe reducir la respuesta al EC.

algunos casos los participantes parecen aprender una asociación directa E–R entre el EC y la RC. Se hablará más acerca del aprendizaje E–R en el capítulo 7.

## Condicionamiento pavloviano como modificación de las respuestas al estímulo incondicionado

Hasta ahora hemos seguido la convención de enfocarnos en cómo las nuevas respuestas son provocadas por un estímulo condicionado pavloviano. De hecho, las definiciones estándar de condicionamiento pavloviano hacen hincapié en que el EC trata de provocar una nueva respuesta como resultado de ser apareado con un EI. Sin embargo, el aprendizaje para responder a un EC es útil para un organismo sólo si la RC ayuda a hacer frente al EI. Ya sea que se trate de alimentos, un depredador, o una pareja sexual, el EI es el evento biológicamente significativo que el organismo tiene que tratar con eficacia. Para ser de beneficio biológico, el condicionamiento pavloviano debería permitir al organismo interaccionar con el EI de manera más efectiva. La salivación condicionada que Pavlov observó, ayudó a que sus perros se prepararan para la comida que se acercaba, y les permitió digerir los alimentos de manera más eficiente. De hecho, si la comida no se entregaba, la salivación condicionada era una salida inútil.

En la figura 4.11 se describen dos diseños experimentales diferentes que se utilizan para demostrar la modificación condicionada de la RI. En el *diseño de las pruebas comunes* se comparan dos grupos. Durante el entrenamiento, un grupo recibe un estímulo condicionado (A) emparejado con el EI, mientras que el otro grupo recibe el estímulo A y el EI no emparejado. A raíz de estas historias contrastantes, ambos grupos reciben el estímulo A seguido por el EI durante un ensayo de prueba. Sin embargo, en lugar de enfocarse en cómo los organismos responden a A, los investigadores miden la respuesta durante el EI. En el *diseño del entrenamiento común* todos los participantes reciben un procedimiento en el que el estímulo A se empareja con el EI, y el estímulo B se presenta no emparejado. Después de este entrenamiento común, la respuesta al EI se evalúa siguiendo las presentaciones de los estímulos A y B.

La investigación ha demostrado que el condicionamiento pavloviano modifica la respuesta al EI en una amplia gama de situaciones (Domjan, 2005). El efecto fue reportado por Kimble y Ost (1961) en un experimento de parpadeo temprano con participantes humanos. Los ensayos de condicionamiento consistían en la presentación de la luz EC justo antes de un ligero soplo de aire a los ojos. Una vez que el EC quedó condicionado, la presentación del EC redujo el vigor con el que los participantes parpadearon cuando recibieron el soplo de aire. A este fenómeno se le ha nombrado **disminución condicionada de la RI**. (Para un estudio de los mecanismos cerebrales del efecto de disminución condicionada, véase el recuadro 3.2 y Knight *et al*, 2010.)

***Analgesia condicionada*** La disminución condicionada de la RI es un fenómeno importante en el condicionamiento aversivo y en experimentos de condicionamiento donde

| Fase de condicionamiento | Fase de prueba |
|---|---|
| *Diseño de pruebas comunes* | |
| Grupo experimental | |
| A → EI (emparejado) | A → EI |
| Grupo control | |
| A/EI (no emparejado) | |
| *Diseño de entrenamientos comunes* | |
| A → EI (emparejado) | A → EI |
| B/EI (no emparejado) | B → EI |

**FIGURA 4.11**
Diseños experimentales utilizados para demostrar la modificación condicionada de la respuesta incondicionada.

© Cengage Learning, 2015

los agentes farmacológicos sirven como estímulos incondicionados. En ambos casos, un estímulo condicionado provoca procesos fisiológicos que sirven para contrarrestar los efectos del EI.

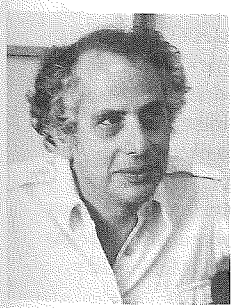
Ya antes se habló de cómo un estímulo aversivo activa el sistema de conducta defensiva. Respuestas defensivas como huir o contraatacar a un depredador pueden ser eficaces para hacer frente a un ataque. Sin embargo, para participar en las respuestas defensivas activas, el organismo no puede ser debilitado por el dolor. Curiosamente, la exposición a un estímulo aversivo o lesión física da como resultado la liberación de opiáceos endógenos que contrarrestan el dolor inducido por la lesión. Los opiáceos endógenos se producen en el interior del cuerpo y funcionan como la morfina o la heroína para reducir la sensibilidad al dolor y proporcionar analgesia.

La liberación de opiáceos endógenos puede llegar a ser condicionada a las señales asociadas a un estímulo aversivo o lesión. Es decir, un EC que ha sido apareado con la descarga en las patas va a estimular la liberación de opiáceos endógenos, lo que resulta en la analgesia condicionada. A través de este proceso, la descarga en las patas se vuelve menos dolorosa con pruebas sucesivas de condicionamiento (Zelikowsky y Fanselow, 2011). Este es un ejemplo prominente de disminución condicionada de la RI.

***Tolerancia a las drogas condicionada*** Otro ejemplo importante de disminución condicionada de la RI proviene de estudios de la **tolerancia a las drogas** condicionada. Se dice que se desarrolla la tolerancia a una droga cuando las administraciones repetidas de ésta tienen cada vez menos efecto. Debido a esto, es necesario aumentar la dosis para producir los mismos resultados. La tolerancia se desarrolla con casi todas las drogas psicoactivas. Una cerveza o dos pueden tener un efecto sustancial en los bebedores primerizos, pero no en los bebedores habituales, que pueden requerir de cuatro a seis cervezas para sentir el mismo nivel de intoxicación. Las personas que toman pastillas para el dolor o pastillas para dormir tienen experiencias similares. Las pastillas son muy eficaces al principio, pero con el uso repetido se requieren dosis mayores para producir los mismos efectos.

Ahora hay pruebas sustanciales de que la tolerancia a la droga puede ser resultado del condicionamiento pavloviano. El condicionamiento pavloviano está involucrado, ya que cada vez que se administra un fármaco, esto constituye un ensayo condicionado en el que las señales que acompañan la administración de la droga se emparejan con los efectos farmacológicos de la droga. Por tanto, las señales de administración de fármacos constituyen el EC, y los efectos farmacológicos son el EI. Por ejemplo, la cafeína es una droga utilizada comúnmente, cuyos efectos farmacológicos generalmente están precedidos por el olor y el sabor del café. Por tanto, el sabor y el olor del café pueden servir como un estímulo condicionado que es predictivo de los efectos fisiológicos de la cafeína (por ejemplo, Flaten y Blumenthal, 1999).

Una perspectiva pavloviana ve el desarrollo de la tolerancia a las drogas como otro ejemplo de disminución condicionada de la RI (Siegel, 1999). Teniendo en cuenta que cada episodio de consumo de drogas es un ensayo de condicionamiento, los estímulos condicionados que preceden a cada administración de la droga se emparejan con sus efectos fisiológicos. Una consecuencia de este aprendizaje es que el EC provoca procesos fisiológicos que contrarrestan el efecto de la droga. El proceso se ilustra en la figura 4.12 y se relaciona con la teoría del proceso oponente de la motivación que analizamos en el capítulo 2.


Cortesía de Donald A. Dewsbury

S. Siegel

Como señalamos en el capítulo 2, los eventos activadores de la emoción (incluyendo medicamentos que inducen emociones) desencadenan una secuencia de dos procesos. El primero de ellos es el *proceso a* primario, que representa los efectos iniciales de la droga. Para el alcohol, éstos son los síntomas de la intoxicación y la sedación. El *proceso a* es seguido por el *proceso b* oponente, que es contrario y contrarresta el *proceso a*. Para el alcohol, el *proceso b* causa la irritabilidad y el malestar de una resaca. De acuerdo con los mecanismos de la tolerancia condicionada a las drogas, el proceso oponente o compensatorio llega a ser provocado por un estímulo condicionado a las drogas, y es por eso que el efecto de la droga se reduce sustancialmente si ésta se administra después del EC.

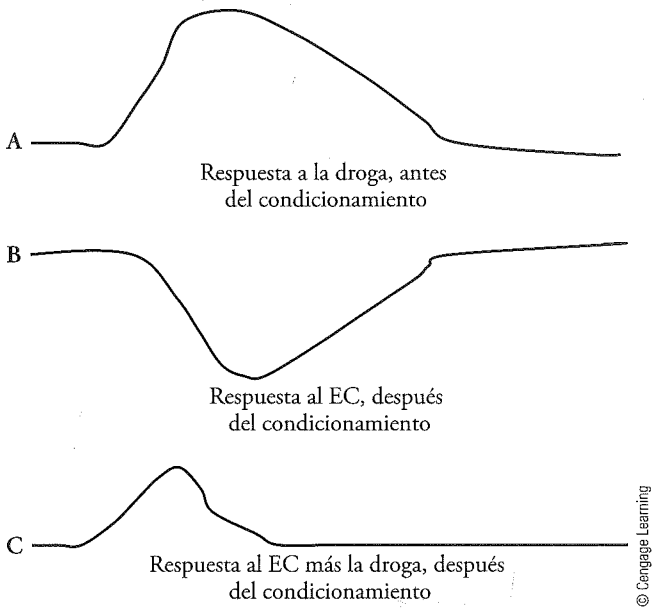



**FIGURA 4.12**
Ilustración del modelo de condicionamiento de tolerancia a las drogas. La magnitud de una reacción farmacológica se ilustra por la desviación del nivel horizontal. (A) Reacción primaria a la droga antes del condicionamiento, lo que ilustra los efectos iniciales de la droga (sin ningún tipo de ajustes homeostáticos). (B) Reacción compensatoria homeostática a las drogas que queda condicionada al EC predictivo a la droga después de administraciones repetidas. (C) La respuesta neta atenuada al fármaco que se observa cuando el fármaco se administra con el EC condicionado a las drogas. Esta respuesta neta atenuada ilustra el fenómeno de la tolerancia a las drogas.

Una predicción clave de estos mecanismos es que la tolerancia a los fármacos se reducirá si los participantes reciben la droga bajo circunstancias nuevas o en ausencia de las señales habituales de predicción de drogas. El modelo también sugiere que varios factores (como preexposición al EC y extinción pavloviana) que atenúan el desarrollo de la respuesta condicionada también atenúan el desarrollo de la tolerancia a las drogas. Un gran cuerpo de investigación ha confirmado estas y otras predicciones del modelo de condicionamiento en estudios de laboratorio con numerosos medicamentos, incluyendo opiáceos (por ejemplo, morfina y heroína), el alcohol, la escopolamina, benzodiazepinas y anfetaminas (ver opiniones en Siegel, 2005, 2008). La tolerancia condicionada a las drogas es una de las formas en que los procesos de aprendizaje están involucrados en la adicción a las drogas (McCarthy *et al*, 2011).

## RECUADRO 4.1

### *"Sobredosis" de medicamentos causada por la ausencia de estímulos de condicionamiento a las drogas*

Según el modelo de tolerancia condicionada a las drogas, el impacto de un fármaco se reducirá si éste se consume en la presencia de señales que estaban condicionadas previamente para provocar **respuestas compensatorias condicionadas**. Considere el caso de un adicto a la heroína que por lo general sale al mismo lugar, tal vez con los mismos amigos. Ese lugar y compañía llegarán a ser condicionantes para provocar reacciones fisiológicas que reducen los efectos de la heroína, lo que obliga al adicto a inyectarse mayores dosis para obtener el mismo efecto. Mientras el adicto sale al lugar de siempre y con los amigos de siempre, está protegido contra el impacto total del aumento de la dosis de heroína por las respuestas compensatorias condicionadas. Pero ¿y si el adicto visita una nueva parte de la ciudad y sale con nuevos conocidos? En ese caso, el EC habitual estará ausente, al igual que las respuestas condicionadas compensatorias de protección. Por tanto, el adicto va a conseguir el impacto completo de la heroína que está utilizando, y puede sufrir una "sobredosis". La palabra "sobredosis" está entre comillas porque el problema no es que consuma una dosis demasiado alta de heroína, sino que la droga fue tomada en ausencia del EC habitual. Sin el EC, una dosis de heroína con la que el adicto nunca tuvo problemas podría matarlo en esta ocasión. La evidencia de esta interpretación se ha obtenido en la investigación experimental con animales de laboratorio y en los casos en humanos con sobredosis de drogas (Siegel, Baptista, Kim, McDonald y Weise-Kelly, 2000).

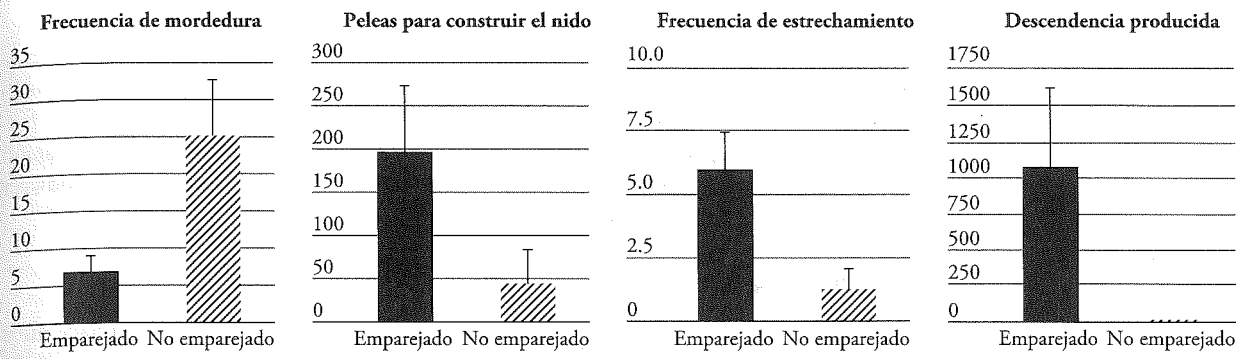



**FIGURA 4.13** Interacciones entre macho y hembra gourami después de la exposición a un EC pavloviano para los machos que anteriormente tenían el EC emparejado o no emparejado con acceso visual a una hembra. (Basado en Hollis *et al*, 1997.)

***Reproducción y fertilidad condicionadas*** El condicionamiento pavloviano también se traduce en cambios en la respuesta al EI en situaciones de condicionamiento del apetito. Estos efectos se han examinado más ampliamente en estudios de condicionamiento sexual. En un experimento histórico con una especie de pez, el gourami azul, Hollis y sus colegas (1997) realizaron ensayos de condicionamiento en el que un EC luminoso fue presentado al gourami macho durante 10 segundos, seguido por la exposición visual a una hembra detrás de una barrera durante 5 minutos como el estímulo incondicionado. Para un grupo control, el EC y el EI se presentaron no emparejados. Después de 18 ensayos de condicionamiento, todos los peces recibieron un ensayo de prueba en el que la exposición al EC durante 10 segundos fue seguido por la eliminación de la barrera que separaba al macho de la hembra de manera que los dos podrían interaccionar. Observe que esta era la primera vez que se eliminó la barrera entre los compartimentos del macho y la hembra. Se permitió que los peces interaccionaran durante seis días en los cuales se cortejaron, construyeron un nido y copularon.

La manera en que los machos interaccionaron con la hembra (el EI en este experimento) durante el ensayo de prueba se resume en la figura 4.13. Básicamente, los machos que recibieron acceso a una hembra después de la exposición al EC pavloviano mostraron interacciones de cortejo y copulación mucho más eficaces con la hembra que los machos en el grupo control no emparejado. Los machos pavlovianos mostraron menos agresión hacia la hembra, pasaron más tiempo en la construcción de un nido, estrecharon a la hembra más a menudo y, lo más importante, produjeron mucho más descendencia. Observe que ninguna de éstas eran respuestas al EC, que duró sólo 10 segundos antes de que la barrera entre el macho y la hembra se retirara. Más bien, todos estos cambios conductuales alteraron la respuesta al EI o al gourami hembra.

Resultados similares a los obtenidos por Hollis y sus colegas (1997) se han observado en numerosos experimentos sobre el condicionamiento sexual con codornices domesticadas. Al igual que con el gourami, la exposición a un EC sexualmente condicionado produce cambios generalizados en la conducta sexual de la codorniz. Estos cambios incluyen el aumento de la receptividad de las hembras para ser montadas por un macho, copulación más rápida y más eficiente, aumento de la liberación de espermatozoides durante la copulación, aumento de la fertilización de los huevos, y la producción de un mayor número de descendientes (por ejemplo, Domjan y Akins, 2011; Domjan, Mahometa y Matthews, 2012).

## ¿Cómo se asocian los estímulos condicionado e incondicionado?

Se han descrito numerosas situaciones en las que se produce el condicionamiento clásico, y se han discutido diversos factores que determinan cómo la conducta (tanto para el EC como para el EI) cambia como resultado de este aprendizaje. Sin embargo, todavía se debe abordar en detalle la cuestión fundamental de cómo se asocian los estímulos condicionados y los in-

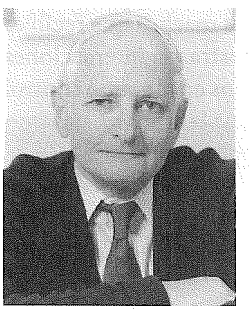
condicionados. ¿Cuáles son los mecanismos de aprendizaje, o los procesos subyacentes que son activados por los procedimientos de condicionamiento para producir el aprendizaje? Esta cuestión ha sido objeto de un intenso trabajo académico. La evolución de las teorías de condicionamiento clásico continúa en la actualidad, ya que los investigadores se esfuerzan por formular teorías integrales que puedan abarcar todos los diversos resultados de la investigación en el condicionamiento pavloviano. (Para una revisión, véase Pearce y Bouton, 2001; Mowrer y Klein, 2001; Vogel, Castro y Saavedra, 2004.)

## El efecto de bloqueo

La era moderna de las teorías del condicionamiento pavloviano se puso en marcha hace unos 45 años con el descubrimiento de varios fenómenos provocativos que estimularon la aplicación de las ideas del procesamiento de información para el análisis del condicionamiento clásico (por ejemplo, Rescorla, 1967*b*, 1969*a*; Wagner, Logan, Haberlandt y Price, 1968). Uno de los más destacados fue el **efecto de bloqueo**.

Para obtener una idea intuitiva del efecto de bloqueo, considere el siguiente escenario. Cada domingo por la tarde visita a su abuela, que siempre sirve budín de pan que a usted no le gusta. No queriendo molestarla, se come el budín cortésmente durante cada visita y, en consecuencia, adquiere una aversión al budín de pan. Una de las visitas cae en un día festivo, y para hacer la ocasión un poco más agradable, su abuela hace una salsa especial para servir con el budín de pan. Usted amablemente come el budín de pan con la salsa y, como de costumbre, se siente un poco mal del estómago. ¿Ahora desarrollará una aversión a la salsa? Probablemente no. Sabiendo que el budín de pan no le gusta, es probable que atribuya su malestar a la culpabilidad probada y no aprenda el desagrado a la salsa recién agregada.

El ejemplo anterior ilustra la secuencia básica de eventos que produce el efecto de bloqueo (figura 4.14). Dos estímulos condicionados son empleados (en el ejemplo anterior fueron el sabor del budín de pan y el sabor de la salsa especial). En la fase 1, el grupo experimental recibe emparejamientos repetidos de uno de los estímulos (A) con el EI. Esta fase de entrenamiento se continúa hasta que se desarrolla una fuerte RC al estímulo A. En la siguiente fase del experimento, el estímulo B se presenta junto con el estímulo A y emparejado con el EI. Después de varios de estos ensayos de condicionamiento, el estímulo B se presenta solo en un ensayo de prueba para ver si también provoca la RC. Curiosamente, hay muy poca respuesta al estímulo B a pesar de que éste fue emparejado en varias ocasiones con el EI durante la fase 2.



Cortesía de L. J. Kamin

L. J. Kamin

En la fase 2 del diseño de bloqueo, el grupo control recibe el mismo tipo de ensayos de condicionamiento (A + B emparejados con el EI) que el grupo experimental (figura 4.14). Sin embargo, para el grupo control el estímulo A no se condicionó antes de estos ensayos con el estímulo compuesto. Por el contrario, durante la fase 1 el grupo control recibió presentaciones del estímulo A y el EI de una manera no emparejada. En muchas repeticiones de este diseño, el estímulo B produce invariablemente menos respuesta condicionada en el grupo experimental que en el grupo control. (Para una discusión más detallada del control para el bloqueo, ver Taylor *et al*, 2008.)

El efecto de bloqueo se investigó inicialmente en el condicionamiento del miedo usando la técnica de supresión condicionada con ratas (Kamin, 1968, 1969). Posteriormente, el fenómeno ha sido demostrado en varias otras preparaciones condicionadas con participantes humanos y animales de laboratorio (por ejemplo, Bradfield y McNally, 2008; Holland y Kenmuir, 2005; Mitchell *et al*, 2006). Un área de gran interés contemporáneo es acerca del bloqueo en el aprendizaje de las señales geométricas (Miller y Shettleworth, 2007). En un estudio reciente con estudiantes universitarios, los estímulos condicionados eran señales geométricas proporcionadas por dos triángulos diferentes que se referirán como A y B. La historia planteada fue que los triángulos representaban el plano del piso de una habitación que tenía comida en una de las esquinas y que los participantes tenían que encontrar.

El experimento es descrito en la figura 4.15. En la fase I, el grupo de bloqueo recibió entrenamiento con el triángulo A (un triángulo isósceles). Uno de los ángulos internos de este

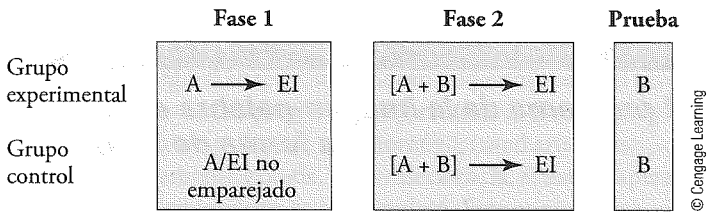



**FIGURA 4.14**
Diagrama del procedimiento de bloqueo. Durante la fase 1, el estímulo A se condicionó con el EI en el grupo experimental, mientras que el grupo control recibió el estímulo A presentado sin emparejarlo con el EI. Durante la fase 2, los grupos experimental y control recibieron ensayos de condicionamiento en el que el estímulo A se presentó simultáneamente con el estímulo B y se emparejaron con el EI. Una prueba posterior sólo del estímulo B mostró menos respuesta condicionada al estímulo B en el grupo experimental que en el grupo control.

triángulo (señalado con + en la figura 4.15) fue designado como "correcto". Al hacer clic en este ángulo se produce un sonido de aplausos. Al hacer clic en cualquiera de las otras esquinas se produce el sonido de una explosión, lo que indica que la respuesta es incorrecta. El triángulo se presentó en diferentes orientaciones, de modo que un lugar en particular en la pantalla no se correlacionara con la respuesta correcta. Durante la fase 2, el grupo de bloqueo recibió el estímulo previamente condicionado (A) en combinación con un nuevo triángulo, B, con la esquina correcta como se indica en la figura 4.15. El procedimiento de bloqueo se comparó con dos procedimientos de control. El grupo control 1 recibió entrenamiento sólo con la combinación de triángulos A y B, sin ningún entrenamiento previo con el triángulo A. El grupo control 2 recibió entrenamiento sólo con el triángulo B en la fase 2. Al igual que en la fase 1, la orientación de los triángulos utilizados en la fase 2 estuvo sujeta a variaciones entre los ensayos.

Al final del experimento los tres grupos se pusieron a prueba para ver si habían aprendido cuál era la esquina correcta para encontrar el alimento en el triángulo B. Como era de esperarse, el grupo control 2, que recibió formación sólo con el triángulo B, respondió muy bien (92% correcto) cuando se probó con el triángulo B. El grupo control 1 respondió casi igual de bien (79% de respuestas correctas). El alto desempeño del grupo control 1 indica que el aprendizaje de la ubicación correcta en el triángulo B no fue interrumpida por la presentación del triángulo B en combinación con el triángulo A durante el entrenamiento. Sin embargo, se producía una interrupción importante en el desempeño si había un entrenamiento previo con el triángulo A antes de ser presentado con el B. Los participantes en el grupo de bloqueo respondieron correctamente durante los ensayos de prueba con el triángulo B sólo en 20% del tiempo. Esto ilustra el efecto de bloqueo.

Desde los tiempos de Aristóteles, la contigüidad temporal ha sido considerada el principal medio por el cual los estímulos se asocian. El efecto de bloqueo es un fenómeno histórico en el condicionamiento clásico, ya que pone en cuestión la suposición de que la contigüidad

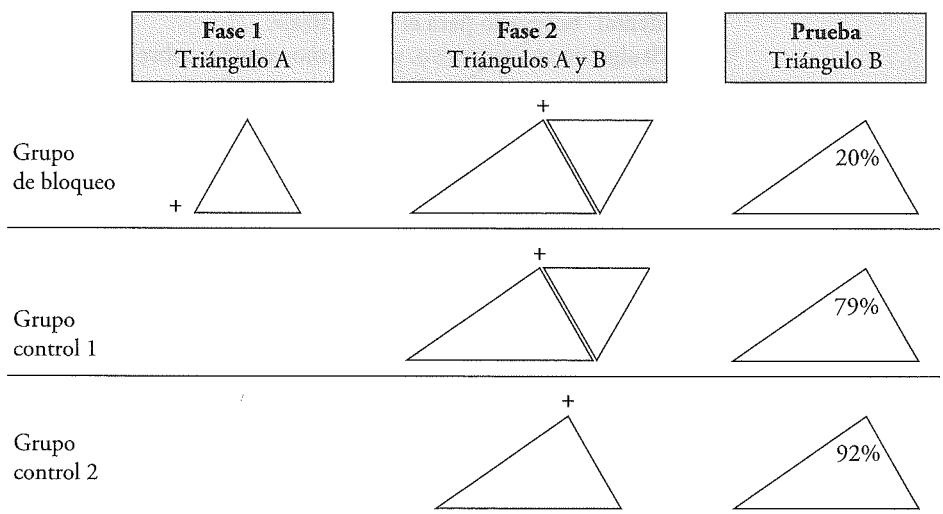



**FIGURA 4.15**
El bloqueo en el aprendizaje humano sobre señales geométricas. Los participantes humanos tuvieron que mover un cursor a la posición geométrica correcta (señalada con + en cada triángulo) en ensayos de condicionamiento en la fase 1 (para el grupo de bloqueo) y en la fase 2 (para todos los grupos). El porcentaje de aciertos durante los ensayos de prueba se indica en la tercera columna. (Basado en Prados, 2011.)

## RECUADRO 4.2

### *El problema de la imagen-palabra en la enseñanza de la lectura: una forma de bloqueo*

La enseñanza temprana de la lectura a menudo implica mostrar a los niños una palabra escrita junto con una imagen de lo que representa esa palabra. Por tanto, se presentan juntos dos estímulos. Los niños ya han aprendido el nombre de la imagen (por ejemplo, un caballo). Por tanto, los dos estímulos en el compuesto imagen-palabra incluyen uno que ya se ha aprendido (la imagen) y uno que no (la palabra). Esto hace que el compuesto imagen-palabra sea similar al estímulo compuesto en un experimento de bloqueo: un estímulo previamente entrenado se presenta junto con uno nuevo que el niño no conoce todavía. La investigación sobre el efecto de bloqueo predice que la presencia de la imagen previamente entrenada debe interrumpir el aprendizaje acerca de la palabra. Singh y Solman (1990) encontraron que en realidad éste es el caso en un estudio de la lectura con estudiantes que tenían discapacidades intelectuales leves.

A los niños se les enseñaba a leer palabras tales como *cuchillo*, *limón*, *radio*, *estampa* y *tiza*. Algunas de las palabras les fueron enseñadas usando una variación del diseño de bloqueo en la que la imagen del objeto se presentó por primera vez y se le pidió al niño que la nombrara. A continuación se presentó la imagen junto con su palabra escrita, y se le preguntó al niño: "¿Qué es esa palabra?" En otras condiciones, las palabras se presentaron sin sus correspondientes imágenes. Los ocho participantes mostraron el aprendizaje más lento para las palabras que se enseñaban con las imágenes correspondientes presentes. Por el contrario, seis de los ocho niños mostraron aprendizaje rápido de las palabras que fueron enseñadas sin sus correspondientes imágenes. (Los dos participantes restantes aprendieron más rápidamente con un procedimiento modificado.) Estos resultados sugieren que pueden ocurrir procesos similares al bloqueo en el aprendizaje de la lectura. Los resultados también sugieren que los indicadores pictóricos se deben utilizar con precaución en la enseñanza de la lectura, ya que pueden alterar el aprendizaje en lugar de facilitarlo. (Véase también Didden, Prinsen y Sigafoos, 2000; Dittlinger y Lerman, 2011.)

temporal es suficiente para el aprendizaje. El efecto de bloqueo muestra claramente que los emparejamientos de un EC con un EI no son suficientes para desarrollar una respuesta condicionada. Durante la fase 2 del experimento de bloqueo, el $EC_B$ está emparejado con el EI de una manera idéntica para los grupos experimental y control. Sin embargo, el $EC_B$ provoca una respuesta condicionada vigorosa sólo en el grupo control.

¿Por qué la presencia del estímulo A previamente condicionado bloquea la adquisición de la respuesta a la señal B añadida? Kamin, que descubrió el efecto del bloqueo, explicó el fenómeno por el que se propone que un EI tiene que ser sorprendente para ser eficaz en la producción de aprendizaje. Si el EI se señala mediante un estímulo previamente condicionado (A), no será sorprendente. Kamin dedujo que si el EI no es sorprendente, no se activará el "esfuerzo mental" necesario para el aprendizaje.

Si algo no es sorpresivo, ya sabemos mucho sobre él y por tanto tenemos poco que aprender. Es necesario el aprendizaje con eventos inesperados porque lo que hace algo inesperado es que no sabemos lo suficiente como para hacer buenas predicciones al respecto. La idea básica de que el aprendizaje se produce cuando algo es sorpresivo es un concepto fundamental en la teoría del aprendizaje. Por ejemplo, en la discusión de un enfoque bayesiano para el aprendizaje, Courville y colegas señalaron que "el cambio aumenta la incertidumbre y acelera el aprendizaje posterior, haciendo la evidencia pasada menos relevante para las circunstancias actuales" (Courville, Daw y Touretzky, 2006).

## El modelo Rescorla-Wagner

La idea de que la eficacia de un EI está determinada por cuán sorprendente es, forma la base de un modelo matemático formal de condicionamiento propuesto por Robert Rescorla y Allan Wagner (Rescorla y Wagner, 1972; Wagner y Rescorla, 1972). Con el uso de este modelo los investigadores han ampliado las implicaciones del concepto de EI sorpresivo para una amplia variedad de fenómenos de condicionamiento. El modelo Rescorla-Wagner se ha convertido en un punto de referencia para todas las teorías de aprendizaje posteriores (Siegel y Allen,


Cortesía de Donald A. Dewsbury

A. R. Wagner

1996), y sus hipótesis básicas están siendo identificadas en los estudios de los mecanismos neurales de aprendizaje (por ejemplo, Spoormaker *et al*, 2011; Zelikowsky y Fanselow, 2011).

¿Qué significa decir que algo es sorpresivo? ¿Cómo podemos medir el nivel de sorpresa de un EI? Por definición, un *evento es sorpresivo si es diferente de lo que se espera*. Si espera un pequeño regalo para su cumpleaños y obtiene un automóvil, usted estará muy sorprendido. Esto es análogo a un EI inesperadamente grande. En consecuencia, si usted espera un automóvil y recibe una caja de dulces, usted también se sorprenderá. Esto es análogo a un EI inesperadamente pequeño. De acuerdo con el modelo Rescorla-Wagner, un EI inesperadamente grande es la base del condicionamiento excitatorio y un EI inesperadamente pequeño (o la ausencia del EI) es la base para el condicionamiento inhibitorio.

Rescorla y Wagner asumieron que el nivel de sorpresa, y por tanto la eficacia de un EI, depende de cómo éste es diferente de lo que espera el individuo. Además, asumieron que la expectativa del EI está relacionada con las propiedades condicionadas o asociativas de los estímulos que preceden al EI. Una fuerte respuesta condicionada indica una alta expectativa del EI; una débil respuesta condicionada indica una baja expectativa del EI.

Estas ideas pueden expresarse matemáticamente mediante el uso de $\lambda$ para representar el EI que se entrega en un ensayo dado, y $V$ para representar el valor asociativo de los estímulos que preceden al EI. El nivel del EI sorpresa será entonces $(\lambda - V)$, o la diferencia entre lo que ocurre $(\lambda)$ y lo que se espera $(V)$. En el primer ensayo de condicionamiento, lo que ocurre $(\lambda)$ es mucho mayor que lo que se espera $(V)$, y el factor sorpresa $(\lambda - V)$ será grande (figura 4.16). A medida que avanza el aprendizaje, las expectativas $(V)$ vendrán en línea con lo que ocurre $(\lambda)$, y el término sorpresa $(\lambda - V)$ se hace más y más pequeño. Con el tiempo, $V$ crecerá hasta coincidir con $\lambda$. En el límite o asíntota de aprendizaje, $V = \lambda$ y el término sorpresa $(\lambda - V)$ es igual a cero.

El aprendizaje en un ensayo de condicionamiento dado es el cambio en el valor asociativo de un estímulo. Ese cambio se puede representar como $\Delta V$. La idea de que el aprendizaje depende del nivel de sorpresa del EI puede expresarse como sigue:

$$\Delta V = k(\lambda - V), \tag{4.1}$$

donde $k$ es una constante relacionada con la relevancia del EC y del EI. Esta es la ecuación fundamental del modelo Rescorla-Wagner. También se conoce como la *regla delta*, en refe-

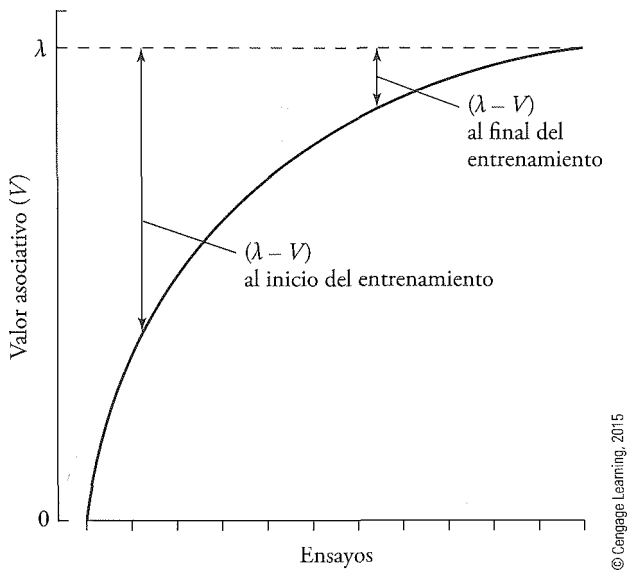



**FIGURA 4.16**
Crecimiento del valor asociativo $(V)$ durante el curso del condicionamiento hasta que la asíntota del aprendizaje $(\lambda)$ es alcanzada. Observe que la medida de la sorpresa $(\lambda - V)$ es mucho más grande al inicio que al final del entrenamiento.

rencia al símbolo griego delta ($\Delta$) para referirse a los cambios en el valor asociativo de un estímulo como resultado de un ensayo de condicionamiento.

La regla delta indica que la cantidad de aprendizaje ($\Delta V$) es proporcional a qué tanto las predicciones del EI ($V$) difieren de lo que ocurre en realidad ($\lambda$), o qué tan grande es el error en la predicción del EI. El error de predicción ($\lambda - V$) es grande al principio, pero se elimina gradualmente a medida que avanza el aprendizaje. Por tanto, la ecuación Rescorla-Wagner es un mecanismo de *corrección de errores*. Alguna forma de la regla delta es común en las teorías del aprendizaje y también se utiliza ampliamente en la robótica, donde se requieren correcciones de errores para llevar un sistema ($V$) en línea con un objetivo ($\lambda$).

***Aplicación de la ecuación Rescorla-Wagner para el modelo de efecto de bloqueo*** El modelo Rescorla-Wagner predice claramente el efecto de bloqueo. Al aplicar el modelo es importante tener en cuenta que las expectativas del EI se basan en todas las señales disponibles durante el ensayo condicionado. Como se muestra en la figura 4.14, el grupo experimental en el diseño del bloqueo recibe primero un extenso condicionamiento al estímulo A de tal forma que adquiere una expectativa perfecta de que el EI se producirá siempre que encuentre el estímulo A. Por tanto, para el final de la fase 1, $V_A$ será igual a la asíntota de aprendizaje, o $V_A = \lambda$.

En la fase 2, el estímulo B se presenta junto con el estímulo A, y los dos EC son seguidos por el EI. Para predecir lo que será aprendido acerca del estímulo B, debe aplicarse la ecuación básica Rescorla-Wagner al estímulo B: $\Delta V_B = k(\lambda - V)$. Al llevar a cabo este cálculo, tenga en cuenta que $V$ se basa en todos los estímulos presentes en un ensayo. En la fase 2 hay dos señales: A y B. Por tanto, $V = V_A + V_B$. Debido a la fase 1 de entrenamiento, $V_A = \lambda$ al inicio de la fase 2. En contraste, $V_B$ comienza en cero. Por tanto, en el inicio de la fase 2, $V_A + V_B$ es igual a $\lambda + 0$, o $\lambda$. Sustituyendo este valor en la ecuación para $\Delta V_B$, resulta un valor para $\Delta V_B$ de $k(\lambda - \lambda)$, o $k(0)$, que es igual a cero. Esto indica que el estímulo B no adquirirá valor asociativo en la fase 2. Por tanto, el condicionamiento del estímulo B será bloqueado.

***Pérdida del valor asociativo a pesar de los emparejamientos con el EI*** El modelo Rescorla-Wagner se ha convertido en una teoría importante de aprendizaje, ya que hace algunas predicciones inusuales. Una predicción inusual es que el valor asociativo de un EC puede disminuir a pesar de que continúe emparejado con el EI. ¿Cómo puede suceder esto? Se prevé que los estímulos pierdan valor asociativo si se presentan juntos en un estudio condicionado después de haber sido entrenados por separado. Tal experimento se describe en la figura 4.17.

La figura 4.17 muestra un experimento de tres fases. En la fase 1, los estímulos A y B se combinan con el mismo EI (por ejemplo, una bolita de comida) en ensayos separados. Esto continúa hasta que A y B predicen perfectamente una bolita de alimento del EI. Por tanto, al final de la fase 1, tanto $V_A$ como $V_B$ serán iguales a $\lambda$. En la fase 2, los estímulos A y B se presentan simultáneamente por primera vez, y este estímulo compuesto es seguido sólo por la bolita de alimento habitual. ¿Qué pasa con las propiedades condicionadas de A y B como resultado de la formación de la fase 2?

Observe que el mismo EI que se utilizó en la fase 1 se sigue presentando en la fase 2. Teniendo en cuenta que no hay ningún cambio en el EI, la reflexión informal sugiere que las propiedades condicionadas de A y B también deberían permanecer sin cambios. En contraste con esta predicción de sentido común, el modelo Rescorla-Wagner predice que las propiedades de las señales condicionadas individuales A y B disminuirán en la fase 2.

Como resultado del entrenamiento en la fase 1, A y B predicen la única bolita de comida del EI ($V_A = \lambda$; $V_B = \lambda$). Cuando A y B se presentan simultáneamente por primera vez en la fase 2, se añaden las expectativas basadas en los estímulos individuales juntos, con el resultado de que se predicen dos bolitas de comida en lugar de una ($V_{A+B} = V_A + V_B = 2\lambda$). Esta es una sobreexpectativa porque el EI sigue siendo sólo una bolita de comida. El EI en la fase 2 es sorprendentemente pequeño. Para conducir la expectativa del EI a la línea de lo que real-

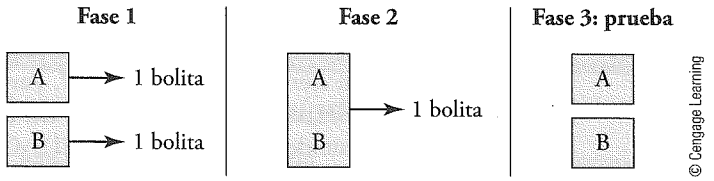



**FIGURA 4.17** Diagrama del experimento de la sobreexpectativa. En la fase 1, los estímulos A y B están condicionados por separado hasta llegar a una asíntota con una bolita como EI. En la fase 2 se crea una sobreexpectativa mediante la presentación de A y B al mismo tiempo y el emparejamiento del estímulo compuesto con una bolita como EI. En la fase 3, A y B fueron probados individualmente y se encontró que han perdido valor asociativo debido a la sobreexpectativa en la fase 2.

mente ocurre en la fase 2, los participantes tienen que disminuir su expectativa del EI sobre la base de los estímulos A y B. Por tanto, se predice que A y B perderán valor asociativo a pesar de presentaciones continuas del mismo EI. La pérdida en el valor asociativo continuará hasta que la suma de las expectativas basadas en A y B sea igual a una bolita de comida. La pérdida prevista de la RC a las señales individuales en este tipo de procedimiento es muy contraria a la intuición, pero ha sido verificada en una serie de experimentos (por ejemplo, Kehoe y White, 2004; Lattal y Nakajima, 1998; véase también Sissons y Miller, 2009).

***Inhibición condicionada*** ¿Cómo explica el modelo Rescorla-Wagner el desarrollo de la inhibición condicionada? Consideremos, por ejemplo, el procedimiento de Pavlov para el condicionamiento inhibitorio (figura 3.11). Este procedimiento consiste en dos tipos de ensayos: uno en el que se presenta el EI (ensayos reforzados), y uno en el que el EI se omite (ensayos no reforzados). En los ensayos reforzados se presenta un estímulo excitatorio condicionado (EC+) y se combina con el EI. En ensayos no reforzados, se presenta el EC+ junto con el estímulo inhibidor condicionado EC–, y el compuesto es seguido por la ausencia del EI.

La aplicación del modelo Rescorla-Wagner a un procedimiento de este tipo requiere considerar ensayos reforzados y no reforzados por separado. Para anticipar con precisión el EI en los ensayos reforzados, el EC+ tiene que ganar propiedades excitatorias. El desarrollo de tal excitación condicionada se ilustra en el panel de la izquierda de la figura 4.18. El condicionamiento excitatorio implica la adquisición del valor asociativo positivo, y cesa una vez que el organismo predice el EI perfectamente en cada ensayo reforzado.

En ensayos no reforzados, el EC+ y EC– se presentan juntos. Una vez que el EC+ ha adquirido cierto grado de excitación condicionada (por su presentación en ensayos reforzados) el

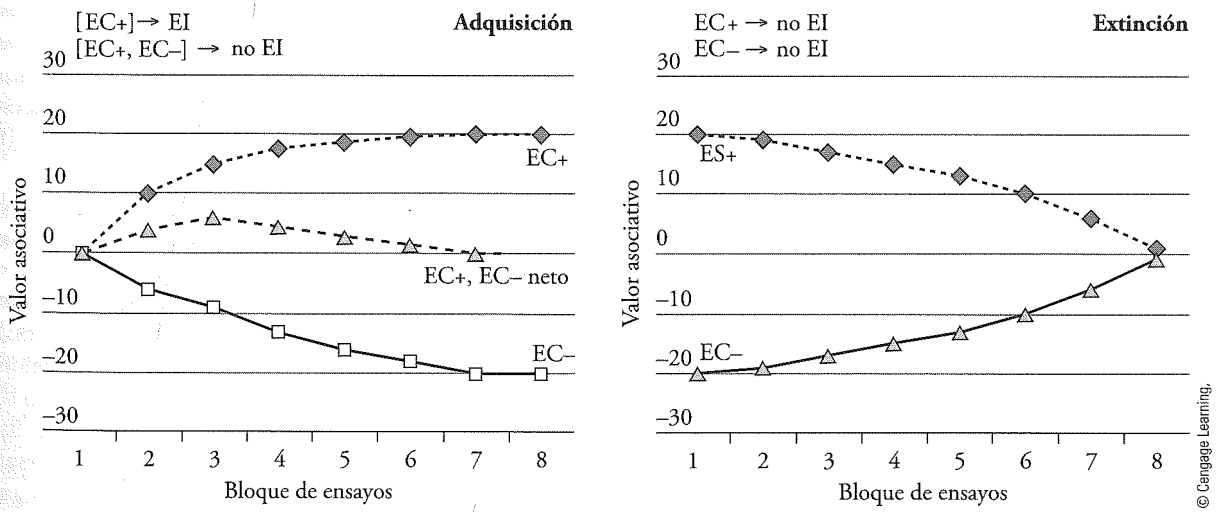



**FIGURA 4.18** Panel izquierdo: adquisición de excitación condicionada por el EC+ e inhibición condicionada por el EC–. La curva *neta* es el valor asociativo del EC+ y el EC– presentados simultáneamente. Panel derecho: la extinción prevista de excitación para el EC+ e inhibición del EC– cuando estas señales se presentan en varias ocasiones sin el EI, de acuerdo con el modelo Rescorla-Wagner.

organismo esperará el EI siempre que se produzca el EC+, incluso en ensayos no reforzados. Sin embargo, el EI no ocurre en ensayos no reforzados. Por tanto, este es un caso de sobreexpectativa similar al ejemplo en la figura 4.17. Para predecir con precisión la ausencia del EI en ensayos no reforzados, el valor asociativo del EC+ y el valor del EC– tienen que sumar cero (el valor representado por la ausencia del EI). ¿Cómo se puede lograr esto? Dado el valor asociativo positivo del EC+, la única manera de lograr una expectativa neta cero del EI en ensayos no reforzados es hacer que el valor asociativo del EC– sea negativo. Por tanto, el modelo Rescorla-Wagner explica la inhibición condicionada por el supuesto de que el EC– adquiere valor asociativo negativo (véase el panel de la izquierda de la figura 4.18).

***Extinción de la excitación y de la inhibición*** En un procedimiento de extinción, el EC se presenta en varias ocasiones sin el EI (capítulo 9). Las predicciones del modelo Rescorla-Wagner para la extinción se ilustran en el panel de la derecha de la figura 4.18. Si un EC ha adquirido propiedades excitatorias, habrá una sobreexpectativa del EI la primera vez que el EC+ se presente sin el EI en la extinción. Las presentaciones no reforzadas repetidas del EC+ se traducirán en una reducción progresiva del valor asociativo del EC+ hasta que $V_{EC+}$ llegue a cero.

El modelo Rescorla-Wagner predice un escenario análogo para la extinción de la inhibición condicionada (panel de la derecha de la figura 4.18). Al inicio de la extinción, el EC– tiene un valor asociativo negativo. Esto puede ser pensado como la creación de una sub-predicción del EI: el organismo predice menos del EI cero que se produce en ensayos de extinción. Para alinear las expectativas con la ausencia del EI, el valor asociativo negativo del EC– se reduce gradualmente y el EC– termina con fuerza asociativa cero.

***Problemas con el modelo Rescorla-Wagner*** El modelo Rescorla-Wagner estimuló una gran cantidad de investigaciones y llevó al descubrimiento de muchos fenómenos nuevos e importantes en el condicionamiento clásico (Siegel y Allen, 1996). Sin embargo, como era de esperarse, el modelo también ha encontrado una serie de dificultades (véase Miller, Barnet y Grahame, 1995).

Una de las dificultades con el modelo es que su análisis de la extinción de la inhibición condicionada no es correcto. Como se indica en la figura 4.18, el modelo predice que las presentaciones repetidas de un inhibidor condicionado (EC–) por sí mismo dará lugar a la pérdida de la inhibición condicionada. Sin embargo, esto no sucede (Zimmer-Hart y Rescorla, 1974; Witcher y Ayres, 1984). De hecho, algunos investigadores han encontrado que la repetición no reforzada de un EC– puede mejorar sus propiedades inhibitorias condicionadas (por ejemplo, DeVito y Fowler, 1987; Hallam *et al*, 1992). Curiosamente, un procedimiento eficaz para la reducción de las propiedades inhibitorias de un EC– condicionado no implica la presentación del EC– en absoluto. Más bien, se trata de la extinción de las propiedades excitatorias del EC+ con las que el EC– se presentó durante el entrenamiento inhibitorio (Best *et al*, 1985; Lysle y Fowler, 1985).

Otra dificultad es que el modelo Rescorla-Wagner ve la extinción como el reverso de la adquisición, o el retorno del valor asociativo de un EC a cero. Sin embargo, como veremos en el capítulo 9, un creciente cuerpo de evidencia indica que la extinción no debe ser vista simplemente como el reverso de la adquisición. Más bien la extinción parece involucrar el aprendizaje de una nueva relación entre el EC y el EI (a saber, que el EI ya no sigue al EC).

La elaboración de una teoría integral del condicionamiento clásico es un reto formidable. Teniendo en cuenta que el condicionamiento clásico se ha estudiado durante más de un siglo, una teoría integral debe dar cuenta de muchas y diversas conclusiones. Ninguna teoría disponible hoy en día ha sido totalmente exitosa en lograrlo. Sin embargo, las nuevas e interesantes ideas sobre el condicionamiento clásico continúan siendo propuestas y examinadas. Algunas de estas propuestas complementan el modelo Rescorla-Wagner. Otras son incompatibles con este modelo y mueven el debate teórico en nuevas direcciones.

## RECUADRO 4.3

### *Condicionamiento y la amígdala cerebral*

Nuestra reacción emocional a los estímulos es modulada por un grupo de estructuras conocido como **sistema límbico**, que se encuentra debajo de la corteza cerebral y rodea el tallo cerebral superior ([iii] en figura al final del libro). Dos componentes de este sistema son especialmente importantes para el aprendizaje y la memoria: la amígdala y el hipocampo. El *hipocampo* está implicado en el aprendizaje de las relaciones complejas, las configuraciones de estímulo que codifican lugares y episodios particulares en el tiempo (Wang y Morris, 2010). La naturaleza de este aprendizaje y los mecanismos neurobiológicos subyacentes serán discutidos en el recuadro 8.2. Aquí nos enfocamos en la **amígdala** (*almendra*, por su raíz latina) **cerebral**, una estructura que juega un papel clave en la vinculación de nuevas respuestas afectivas a los estímulos previamente neutrales (Fanselow y Poulos, 2005; Johansen, Caín, Ostroff y LeDoux 2011).

El interés en la amígdala cerebral se deriva de las primeras observaciones que implican esta estructura en la regulación del miedo. Aunque es poco frecuente, las personas que han sufrido daños en esta estructura neuronal exhiben una falta peculiar de temor a los estímulos que señalan peligro. Los escáneres cerebrales han revelado que el procesamiento de los estímulos relacionados con el miedo (por ejemplo, las fotos de unas caras temerosas) activa la amígdala cerebral, y la estimulación eléctrica de esta región produce sentimientos de miedo y aprensión.

La causa de que la amígdala cerebral sea especialmente interesante es que hace algo más que organizar nuestra respuesta conductual a los estímulos que provocan el miedo innato; también interviene en el condicionamiento del miedo a las señales de peligro. La forma como esto se ha afinado a través de nuestra historia biológica nos predispone a mostrar miedo elevado a clases particulares de estímulos (por ejemplo, serpientes, alturas). Ordinariamente, este tipo de aprendizaje ofrece una función adaptativa, motivando al organismo a evitar situaciones peligrosas. Sin embargo, a veces el nivel del temor suscitado puede crecer fuera de proporción respecto del nivel real de peligro, produciendo una respuesta fóbica que puede interferir con la función de todos los días.

Los estudios de laboratorio han demostrado que las regiones específicas de la amígdala cerebral cumplen funciones distintas. Para nuestros propósitos, tres regiones son de particular interés: lateral (lado), basal (inferior) y los núcleos centrales. Como en el cerebelo, estos núcleos se pueden distinguir en criterios anatómicos y funcionales. Además, su papel en el aprendizaje ha sido estudiado utilizando métodos similares (estimulación, inactivación o lesión, y registro). Por ejemplo, la estimulación eléctrica del núcleo central produce una serie de respuestas fisiológicas y conductuales indicativas de miedo, incluyendo la congelación, aumento del sobresalto a un estímulo acústico ruidoso, y un cambio en la frecuencia cardiaca (figura 4.19A). Por el contrario, lesionar la amígdala cerebral produce una criatura sin miedo que ya no evita situaciones peligrosas. Las ratas normalmente muestran signos de temor ante la presencia de un depredador (por ejemplo, un gato). Después de tener la amígdala cerebral lesionada, una rata se acercará a un gato como si fuera un amigo perdido hace mucho tiempo.

Lesionar la amígdala cerebral también interrumpe el aprendizaje sobre las señales (EC) que se han vinculado con un evento aversivo (por ejemplo, un EI de descarga) en un paradigma pavloviano. Como usted ya ha aprendido, los animales pueden asociar un gran número de diferentes tipos de estímulos con la descarga. En algunos casos, la señal puede ser relativamente simple, tal como una luz discreta o un tono. En otros casos, una constelación de señales, como el contexto ambiental en el que se produce la descarga, puede estar asociada con ésta. En ambos casos, la vinculación con el estímulo de descarga produce miedo condicionado, indicado por un aumento en la congelación y la sorpresa a causa de un EC inducido.

En el condicionamiento del miedo, las señales neuronales producidas por el EC y el EI convergen dentro de la amígdala cerebral lateral (figura 4.19A). La información sobre el EI es proporcionada por una serie de circuitos neuronales distintos, cada uno de los cuales es suficiente para apoyar el condicionamiento (Lanuza, Nader y LeDoux, 2004). Del mismo modo, múltiples vías pueden transmitir información acerca del EC. Un camino relativamente directo desde el *tálamo* sensorial ofrece una entrada gruesa que sacrifica estímulo detallado por velocidad. Entradas adicionales de EC llegan de la *corteza* y es probable que proporcionen una representación lenta, pero más precisa, de las características del EC. Incluso más abajo, el hipocampo puede proporcionar una señal basada en la configuración actual de los estímulos sensoriales, permitiendo que el organismo aprenda un contexto particular del medio ambiente o señales de localización espacial de peligro (recuadro 8.2).

La evidencia sugiere que las neuronas dentro de las regiones lateral y basal de la amígdala cerebral (conjuntamente conocidas como *amígdala cerebral basolateral*) proporcionan un enlace biológico que dota a un EC con la capacidad para provocar miedo. A lo largo del sistema nervioso, muchas formas de aprendizaje dependen de un tipo de canal cerrado conocido como *receptor NMDA*. Como se analizará en una sección posterior (recuadro 8.2), la participación de este receptor puede iniciar un proceso celular que mejora la conectividad sináptica, lo que permite a una señal previamente neutral (EC) provocar una nueva respuesta. El desbloqueo de la puerta del NMDA requiere una entrada fuerte, tal como la proporcionada por un EI de descarga. En estas condiciones, la señal de entrada a la amígdala

(*Continúa*)

## RECUADRO 4.3 (continuación)

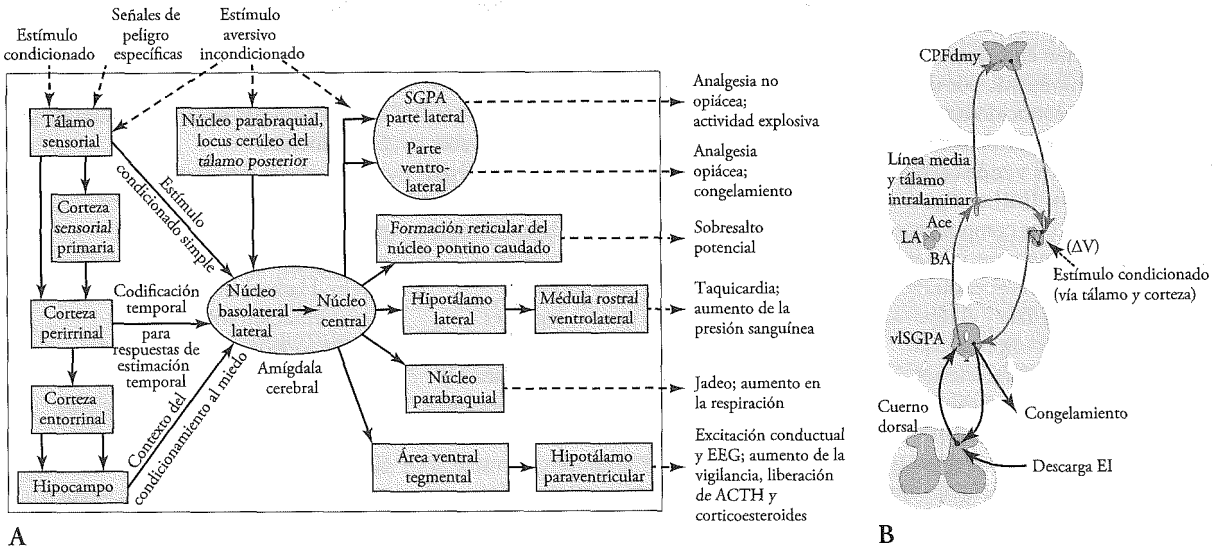



**FIGURA 4.19** (A) Diagrama de bloques que ilustra algunos de los componentes neurales que median el miedo y la conducta defensiva. Un EI aversivo involucra vías paralelas que se proyectan hacia la amígdala cerebral lateral/basolateral. La información sobre el EC se transporta desde el tálamo sensorial, la corteza, o por medio de un proceso dependiente del hipocampo. La salida se canaliza a través del núcleo central de la amígdala, que organiza la expresión al miedo mediada conductualmente. Resultados conductuales distintos son producidos por las proyecciones a diferentes estructuras cerebrales (adaptado de Fendt y Fanselow, 1999). (B) Modelo hipotético para el cálculo de una señal de error en el condicionamiento del miedo. La SGPA recibe información sensorial desde el EI a través de fibras ascendentes de la médula espinal. También recibe información respecto de la expectativa del EI de la amígdala cerebral central (Ace) a través de fibras descendentes. La expectativa condicionada del EI impulsa la conducta de congelación y una analgesia condicionada que puede reducir la señal de dolor entrante. Se propone de salida ascendente desde la vlSGPA para reflejar la diferencia entre la entrada de EI (lambda) y lo que se esperaba (Vt), proporcionando una señal de error (delta V) que se envía a las porciones del cerebro anterior (CPFdmy ABL) a través del tálamo (adaptado de McNally, Johansen y Blair, 2011).

basolateral (EC) causa que pueda obtener la capacidad para manejar la maquinaria neural que genera miedo (la RC). La evidencia de esto proviene de estudios que demuestran que el condicionamiento dota a un EC con la capacidad de comprometer la actividad celular dentro de la amígdala cerebral basolateral. Además, inactivando químicamente esta región, o microinyectando un medicamento que interrumpa la función del receptor NMDA, se bloquea el condicionamiento al miedo.

La salida del circuito del miedo se canaliza a través del núcleo central de la amígdala, que organiza la expresión del miedo. Éste puede manifestarse en una variedad de formas, dependiendo de factores tales como la intensidad del EI, la expectativa relativa, y el contexto ambiental. La diversidad de las salidas desde el núcleo central permite que la respuesta al miedo sea sintonizada con el contexto y el nivel de peligro.

Una vía de salida proyecta a una región del cerebro medio conocida como **sustancia gris periacueductal (SGPA)**. Aquí también, diferentes regiones se han relacionado con funciones distintas. La porción que se encuentra a lo largo de los lados superior (SGPA dorsolateral) organiza comportamientos defensivos activos necesarios para la lucha y la huida. Estos comportamientos alrededor del ataque están comprometidos por contacto directo con un estímulo nocivo, o amenaza a la vida. La parte inferior (ventral) de la SGPA media el EC provocando la conducta de congelación. Las ratas que tienen lesiones limitadas a la SPGA ventral exhiben otras conductas provocadas por el miedo, pero no se congelan.

Una premisa fundamental del modelo Rescorla-Wagner (Rescorla y Wagner, 1972) es que los eventos inesperados (sorprendentes) engendran más procesamiento que aquellos que se esperaban. Estudios de imagen en humanos y animales han demostrado que los eventos inesperados inducen una mayor actividad neural dentro de la amígdala cerebral (McNally *et al*, 2011). Esto sugiere que la entrada a la amígdala está regulada por una forma de error de predicción que determina si se produce el aprendizaje. Esta entrada instructiva puede ser proporcionada por la SGPA, que recibe tanto la entrada sensorial respecto de la magnitud del EI como una señal dependiente del EC de la amígdala cerebral que es proporcional a la expectativa actual

(*Continúa*)

## RECUADRO 4.3 (continuación)

del EI (figura 4.19B). La señal del EC a la SGPA ventral puede amortiguar la entrada del EI mediante la participación de una analgesia condicionada que reduce el dolor a través de la liberación de un opioide fabricado internamente (endógeno). Esta liberación del opioide condicionado reduce el dolor de la descarga y con ello su eficacia en la generación de nuevos conocimientos dentro de la amígdala. De acuerdo con lo anterior, la microinyección de un opioide en la SGPA interfiere con el aprendizaje. Por el contrario, la administración de un fármaco (un antagonista opiáceo) que impide la acción de un opioide puede restablecer el aprendizaje sobre un EI esperado en un paradigma de bloqueo (McNally *et al*, 2011).

La amígdala también está involucrada en el aprendizaje acerca de los eventos del apetito, pero su papel en el condicionamiento apetitivo difiere en algunos aspectos fundamentales. Por ejemplo, lesionar la amígdala cerebral basolateral elimina la RC provocada por un EC que ha sido emparejado con un EI aversivo, pero no afecta la respuesta provocada por una señal que predice un EI apetitivo (Holland y Gallagher, 1999). Sin embargo, la lesión evita que un EC apetitivo actúe como un refuerzo tanto en el condicionamiento de segundo orden como en el reforzamiento secundario con un alimento o fármaco como recompensa (recuadro 7.1). La función del núcleo central también difiere. En lugar de organizar la conducta de salida para los EC apetitivos, la región parece modular las conductas relacionadas con el procesamiento de la atención. Por ejemplo, las ratas tienden a orientarse hacia una señal que predice los alimentos. También, un acontecimiento inesperado puede aumentar la atención a un EC, produciendo una mejora en la asociatividad que aumenta el aprendizaje (Pearce y Hall, 1980). La lesión del núcleo central elimina estos dos efectos.

*J. W. Grau*

**amígdala cerebral** Estructura en forma de almendra que es parte del sistema límbico. Los núcleos (grupos de neuronas) dentro de la amígdala cerebral desempeñan un papel en el condicionamiento emocional, la regulación de la conducta y la atención relacionada con el miedo.

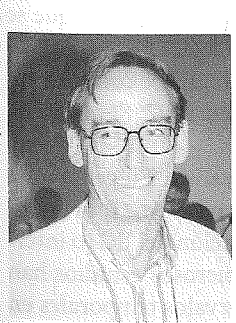
**sistema límbico** Conjunto de estructuras del cerebro anterior, que incluye la amígdala cerebral y el hipocampo, involucrado en la regulación de las emociones y la conducta motivada.

**sustancia gris periacueductal (SGPA)** Región del cerebro medio que juega un papel en la regulación de la conducta relacionada con el miedo (por ejemplo, la congelación) y el dolor.

## Modelos atencionales del condicionamiento

En el modelo Rescorla-Wagner, cuánto se aprende en un ensayo de condicionamiento depende de la eficacia del EI en ese ensayo. Los psicólogos norteamericanos han favorecido las teorías del aprendizaje que se centran en los cambios de la efectividad del EI. Por el contrario, los psicólogos británicos se han acercado a fenómenos como el efecto de bloqueo postulando cambios en la forma en que el EC capta la atención. La hipótesis es que el aumento de la atención facilita el aprendizaje acerca de un estímulo, mientras que los procedimientos que perturban la atención a un EC interrumpen el aprendizaje (Mitchell y Le Pelley, 2010).

Las teorías de la atención difieren en sus suposiciones sobre qué determina la cantidad de atención prestada a un EC en un ensayo de condicionamiento. Las primeras teorías postulan un solo mecanismo atencional. Por ejemplo, Pearce y Hall (1980) propusieron que la cantidad de atención que un animal presta a un EC se determina por qué tan sorprendente fue el EI del ensayo previo (véase también Hall, Kaye y Pearce, 1985; McLaren y Mackintosh, 2000). Los animales tienen mucho que aprender si el EI fue sorprendente, por lo que aumentará la atención al EC en la siguiente prueba. Por el contrario, si un EC fue seguido por un EI esperado, no es necesario mucho aprendizaje y el EC requerirá menos atención en el próximo ensayo. (Para los mecanismos neurales relacionados, consulte Roesch *et al*, 2012.)



Cortesía de Donald A. Dewsbury

N. J. Mackintosh

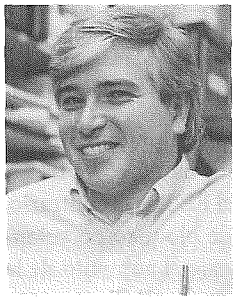
En contraste con las teorías clásicas, las teorías de atención más recientes suponen que hay varias formas diferentes de atención pertinentes para el aprendizaje y la conducta condicionada. Por ejemplo, Hogarth, Dickinson y Duka (2011) sugirieron que hay tres tipos de atención. La primera categoría, "en busca de la acción", es la atención captada por un estímulo después de que se ha convertido en un buen predictor del EI y puede generar una RC con esfuerzo cognitivo mínimo. La búsqueda de la acción es similar al mecanismo atencional de Mackintosh (1975) y refleja el control de la conducta por señales bien entrenadas. La segunda categoría, denominada "en busca de aprendizaje", es el tipo de atención que está involucrado en el

procesamiento de las señales que aún no son buenos predictores del EI, por lo que hay mucho por aprender. Por tanto, *la búsqueda del aprendizaje* es similar al mecanismo atencional de Pearce y Hall (1980) descrito anteriormente. La tercera categoría, "en busca del agrado", se refiere a la atención que los estímulos provocan debido a su valor emocional (cuánto agradan o desagradan). Además de especificar las diferentes categorías de la atención, los investigadores están empezando a identificar los circuitos neuronales responsables de estas diferencias (por ejemplo, Holland y Maddux, 2010).

Una característica importante de las teorías de la atención es que asumen que el resultado de un ensayo dado altera el grado de atención captado por el EC en ensayos futuros. Por ejemplo, si el ensayo 10 termina en un EI sorprendente, éste aumenta la forma de la atención en la *búsqueda de aprendizaje* en el ensayo 11. Por tanto, se supone que el EI sorpresivo tiene una influencia *prospectiva* o *proactiva* en la atención y el condicionamiento. Este es un importante contraste con los modelos de reducción del EI, tales como el modelo Rescorla-Wagner, en el que lo "sorpresivo" del EI en un ensayo dado determina lo que se aprende en éste.

La hipótesis de que el resultado de un ensayo dado influye en lo que se aprende en el próximo ensayo ha hecho modelos de atención únicos para explicar una serie de conclusiones interesantes (por ejemplo, Macintosh, Bygrave y Picton, 1977). Sin embargo, los modelos de atención no pueden explicar un ensayo de bloqueo. La presencia del $EC_A$ previamente condicionado en la fase 2 del diseño de bloqueo hace el EI totalmente esperado. Cualquier reducción en la atención al $EC_B$ resultante de esto sólo se manifestará en ensayos posteriores de la fase 2. El $EC_B$ debe demandar toda la atención en la primera prueba de la fase 2, y el aprendizaje sobre el $EC_B$ debería proceder normalmente. Sin embargo, eso no ocurre. El condicionamiento del $EC_B$ puede ser bloqueado por el $EC_A$, incluso en el primer ensayo de la fase 2 (por ejemplo, Azorlosa y Cicala, 1986; Dickinson, Nicholas y Mackintosh, 1983; Gillan y Domjan, 1977).

## Modelos teóricos de estimación temporal e información



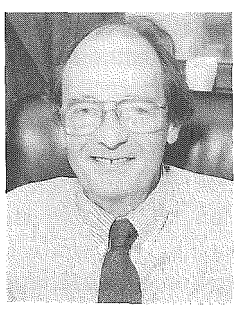
Cortesía de Donald A. Dewsbury

P. D. Balsam

Ni el modelo Rescorla-Wagner ni los modelos de atención fueron diseñados para explicar los efectos del tiempo en el condicionamiento. Sin embargo, el tiempo es obviamente un factor crítico. Una variable temporal importante es el intervalo EC–EI. Como se ilustra en la figura 4.8, las respuestas de búsqueda focalizada han sido condicionadas con un intervalo EC–EI relativamente corto, mientras que las respuestas de búsqueda general se condicionan con un intervalo EC–EI largo. La mayoría de los estudios clásicos de medición de respuestas condicionadas se relaciona estrechamente con el EI. Por tanto, la conducta menos condicionada es evidente con los aumentos en el intervalo EC–EI.

La opinión generalmente aceptada ahora es que en un procedimiento de Pavlov los participantes aprenden no sólo que un EC se empareja con un EI, sino cuándo ocurrirá el EI (por ejemplo, Balsam, Drew y Yang, 2001; Balsam, Drew y Gallistel, 2010). Con base en sus hallazgos, Williams y sus colegas (2008) fueron aún más lejos al afirmar que el aprendizaje de *cuándo* se produce el EI triunfa *si* el aprendizaje ocurre.

La idea de que los participantes aprenden sobre el momento en el que se produce el EI se llama *codificación temporal*. La *hipótesis de codificación temporal* establece que los participantes aprenden cuándo se produce el EI en relación con un EC y utilizan esta información en el bloqueo, condicionamiento de segundo orden, y otros paradigmas en los cuales lo que se aprende en una fase de entrenamiento influye en lo que se aprende en una fase posterior. Numerosos estudios han confirmado las interesantes predicciones de la hipótesis de codificación temporal (por ejemplo, Amundson y Miller, 2008; Cole, Barnet y Miller, 1997; Savastano y Miller, 1998).



Cortesía de J. Gibbon

J. Gibbon

Otra variable temporal importante es el intervalo entre ensayos sucesivos. En general, se observaron más respuestas condicionadas con intervalos más largos entre ensayos (por ejemplo, Sunsay y Bouton, 2008). Además, el intervalo entre ensayos y la duración del EC (o intervalo EC–EI) actúan en combinación para determinar la respuesta. Numerosos estudios han demostrado que el factor crítico es la duración relativa de estos dos intervalos temporales en lugar del valor absoluto de cualquiera de ellos por sí mismo (Gallistel y Gibbon, 2000; Balsam

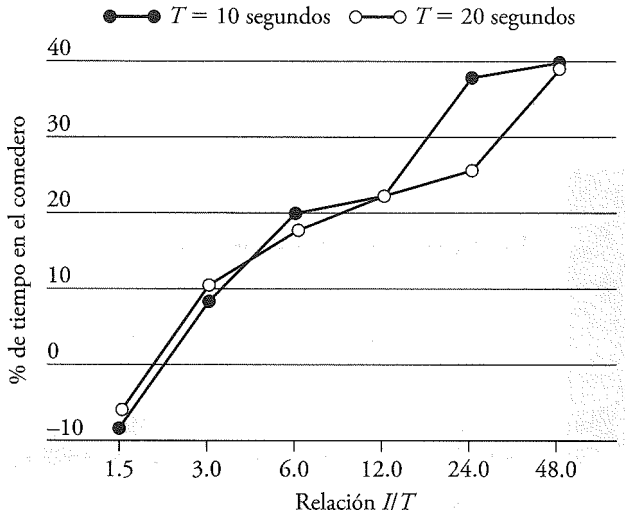



**FIGURA 4.20**
Porcentaje de tiempo que las ratas pasaron olfateando el comedero durante un EC auditivo en el condicionamiento, ya sea con 10 segundos o con 20 segundos en la duración de la prueba (*T*) y varios intervalos entre ensayos (*I*) que crearon relaciones *I*/*T*, con rangos que van desde 1.5 hasta 48.0. Los datos se muestran en relación con la respuesta durante periodos de línea de base cuando el EC estaba ausente. (Basado en "Trial and Intertribal Durations in Appetitive Conditioning in Rats", P. C. Holland, 2000, *Animal Learning and Behavior, 28*, figura 2, p. 125.)

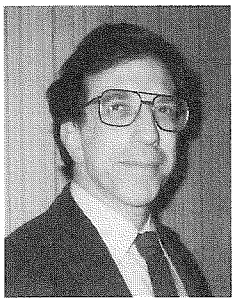
y Gallistel, 2009). Un particular y claro ejemplo de esta relación fue reportado por Holland (2000), basado en un experimento con ratas de laboratorio.

Los ensayos de condicionamiento comprendieron una señal auditiva (ruido blanco) presentada justo antes de la entrega de alimento en el comedero. La respuesta condicionada que se desarrolló para el EC fue el olfateo del comedero (seguimiento de objetivo). Cada grupo se condicionó con una de las dos duraciones del EC, ya sea 10 o 20 segundos, y uno de seis intervalos entre ensayos (que van de 15 a 960 segundos). (Los intervalos entre ensayos se midieron a partir de una entrega del EI a la siguiente.) Cada procedimiento podía caracterizarse en términos de la relación entre el intervalo entre ensayos (*I*) y la duración del EC, que Holland llamó *duración del ensayo* (*T*). Los resultados del experimento se resumen en la figura 4.20. El tiempo utilizado olfateando el comedero durante el EC es mostrado como una función del valor relativo del intervalo entre ensayos (*I*) y la duración del ensayo (*T*) para cada grupo. Observe que la respuesta condicionada estaba directamente relacionada con la relación *I*/*T*. En cada relación *I*/*T*, los grupos que recibieron el EC de 10 segundos respondieron de manera similar a los que recibieron el EC de 20 de segundos. (Para otros tipos de resultados que involucran la relación *I*/*T*, consulte Burns y Domjan, 2001; Kirkpatrick y Church, 2000; Lattal, 1999.)

¿Por qué la respuesta condicionada es determinada por la relación *I*/*T*? Una relación sugiere una comparación, en este caso entre los eventos durante el intervalo entre ensayos (*I*) y el ensayo de condicionamiento (*T*). Lo que se está comparando se ha expresado en diversas formas a lo largo de los años (Gibbon y Balsam, 1981; Gallistel y Gibbon, 2000). De acuerdo con la **hipótesis del tiempo de espera relativo** (Jenkins, Barnes y Barrera, 1981), la comparación es entre qué tanto tiempo se tiene que esperar al EI durante el EC, y cuánto tiempo hay que esperar al EI durante el intervalo entre ensayos (el intervalo de una presentación del EI a la siguiente). Cuando el tiempo de espera del EI durante el EC es mucho más corto que durante el intervalo entre ensayos, la relación *I*/*T* es alta. Bajo estas circunstancias, el EC es muy informativo sobre la siguiente aparición del EI y los altos niveles de respuesta que ocurren. En contraste, con una baja relación *I*/*T* el tiempo de espera del EI durante el intervalo entre ensayos es similar al tiempo de espera del EI durante el EC. En este caso, el EC contiene poca información nueva sobre el siguiente EI, y no se desarrolla mucha respuesta condicionada.

La idea de que la respuesta condicionada depende del valor de la información del EC fue desarrollada con mayor detalle matemático por Balsam y Gallistel (2009). Basándose en estos cálculos, Balsam y Gallistel concluyeron que "el EC es asociable con un EI... sólo en la medida en que se reduce el tiempo de espera al siguiente EI" (p. 77). Aunque esta conclusión nos ayu-

da a comprender los efectos de la relación *I/T* en la respuesta condicionada, es principalmente aplicable a las situaciones que involucran múltiples ensayos de condicionamiento (donde hay un "próximo EI"). Estas y otras ideas relacionadas (por ejemplo, Gallistel y Gibbon, 2000) son difíciles de aplicar a situaciones en las que el aprendizaje se produce en un solo ensayo (por ejemplo, el aprendizaje de aversión al sabor o el miedo condicionado) y donde no hay "próximo EI" (véase también Domjan, 2003).



Cortesía de R. R. Miller

R. R. Miller

## La hipótesis del comparador

La hipótesis del tiempo de espera relativo y teorías relacionadas fueron desarrolladas para explicar los efectos de los factores temporales en el condicionamiento excitatorio. Una de sus contribuciones importantes fue hacer hincapié en que la respuesta condicionada no sólo depende de lo que sucede durante el EC, sino también de lo que sucede en otros aspectos de la situación experimental. La idea de que ambos factores influyen en el desempeño aprendido también es fundamental para la **hipótesis del comparador** y sus desarrollos posteriores por Ralph Miller y colaboradores (Denniston, Savastano y Miller, 2001; Miller y Matzel, 1988; Stout y Miller, 2007).

La hipótesis del comparador fue motivada por un interesante conjunto de resultados conocidos como *efectos de revaluación*. Consideremos, por ejemplo, el fenómeno del bloqueo (figura 4.14). Los participantes reciben primero una fase de entrenamiento en el que el $EC_A$ se empareja con el EI. A continuación se presenta el $EC_A$ de forma simultánea con el $EC_B$, y este estímulo compuesto se empareja con el EI. Pruebas posteriores de $EC_B$ muestran por sí mismas poca respuesta al $EC_B$. Como ya se ha comentado, el modelo Rescorla-Wagner interpreta el efecto de bloqueo como un fracaso del aprendizaje del $EC_B$. La presencia del $EC_A$ bloquea el condicionamiento del $EC_B$.

La hipótesis del comparador tiene un enfoque diferente. Supone que lo que está bloqueado es la respuesta al $EC_B$, no el aprendizaje sobre el $EC_B$. Si eso es cierto, entonces la respuesta al $EC_B$ debe hacerse evidente si el bloqueo se retira de alguna manera. ¿Cómo puede lograrse esto? Pues resulta que una manera para retirar el bloqueo del $EC_B$ es eliminar la respuesta al $EC_A$ después del condicionamiento compuesto por la presentación repetida del $EC_A$ sin el EI. Varios estudios han demostrado que tal extinción de $EC_A$ siguiendo el procedimiento de bloqueo desenmascara respuestas condicionadas al $EC_B$ (por ejemplo, Blaisdell, Gunther y Miller, 1999; Boddez *et al*, 2011). Esto recibe el nombre de *efecto de revaluación* porque implica cambiar el valor de un estímulo ($EC_A$) que estuvo presente durante el entrenamiento del estímulo objetivo $EC_B$. El desenmascaramiento de la respuesta al $EC_B$ muestra que el bloqueo no impidió el condicionamiento del $EC_B$, pero interrumpió el desempeño de la respuesta al $EC_B$.

Inspirada por los efectos de revaluación, la hipótesis del comparador es una teoría de desempeño más que de aprendizaje. Se supone que la respuesta condicionada no sólo depende de las asociaciones entre un EC objetivo y el EI, sino también de asociaciones que pueden ser aprendidas entre el EI y otros estímulos que estaban presentes cuando el EC objetivo estaba siendo condicionado. Estos otros estímulos son llamados *señales del comparador*, e incluyen el contexto experimental y otros EC discretos. En el experimento de bloqueo, el estímulo objetivo es el $EC_B$ y la señal del comparador primario es el $EC_A$ previamente entrenado que está presente durante el condicionamiento del $EC_B$.

Otro supuesto clave de la hipótesis del comparador es que sólo permite la formación de asociaciones excitatorias con el EI. Se presume que el hecho de que la respuesta condicionada refleje excitación o inhibición está determinado por las fuerzas relativas de la excitación condicionada al EC objetivo, en comparación con el valor de los estímulos excitatorios del comparador que estaban presentes con el EC objetivo durante el entrenamiento.

El proceso del comparador está representado por la balanza en la figura 4.21. Como muestra dicha figura, se hace una comparación entre el valor excitatorio del EC objetivo y el valor excitatorio de las señales del comparador que están presentes durante el entrenamiento del

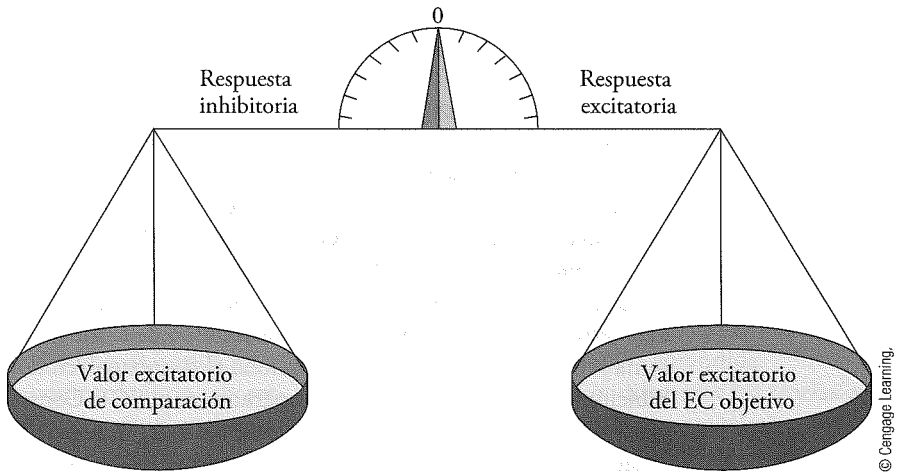



**FIGURA 4.21**
Ilustración de la hipótesis del comparador. Que el EC objetivo provoque una respuesta inhibitoria o excitatoria depende de si la balanza se inclina hacia la izquierda o la derecha. Si el valor excitatorio del EC objetivo es mayor que el valor excitatorio de las señales del comparador que estuvieron presentes durante el entrenamiento del objetivo, la balanza se inclina a la derecha, a favor de una respuesta excitatoria. Conforme el valor asociativo del estímulo del comparador aumenta, la balanza llega a ser menos favorable para una respuesta excitatoria y puede inclinarse a la izquierda, a favor de la respuesta inhibitoria.

EC objetivo. Si el valor excitatorio del EC objetivo supera el valor excitatorio de las señales del comparador, la balanza de la comparación se inclinará a favor de la respuesta excitatoria. En contraste, si el valor excitatorio de las señales del comparador excede el valor excitatorio del EC objetivo, la balanza se inclinará a favor de la respuesta inhibitoria al EC objetivo.

A diferencia de la hipótesis de tiempo de espera relativo, la hipótesis del comparador hace más hincapié en las asociaciones que en el tiempo. En su forma más simple, la teoría asume que los organismos aprenden tres asociaciones durante el curso del condicionamiento. Estos se ilustran en la figura 4.22. La primera asociación (enlace 1 en la figura 4.22) es entre el EC objetivo (X) y el EI. La segunda asociación (enlace 2) es entre el EC objetivo (X) y las señales del comparador. Por último, existe una asociación entre los estímulos del comparador y el EI (enlace 3). Con los tres vínculos en su lugar, una vez que el EC se presenta, se activa la representación del EI directamente (a través del enlace 1) e indirectamente (a través de los enlaces 2 y 3). La comparación de las activaciones directas e indirectas determina el grado de las respuestas excitadoras o inhibidoras que se producen (para una elaboración adicional, ver Stout y Miller, 2007).

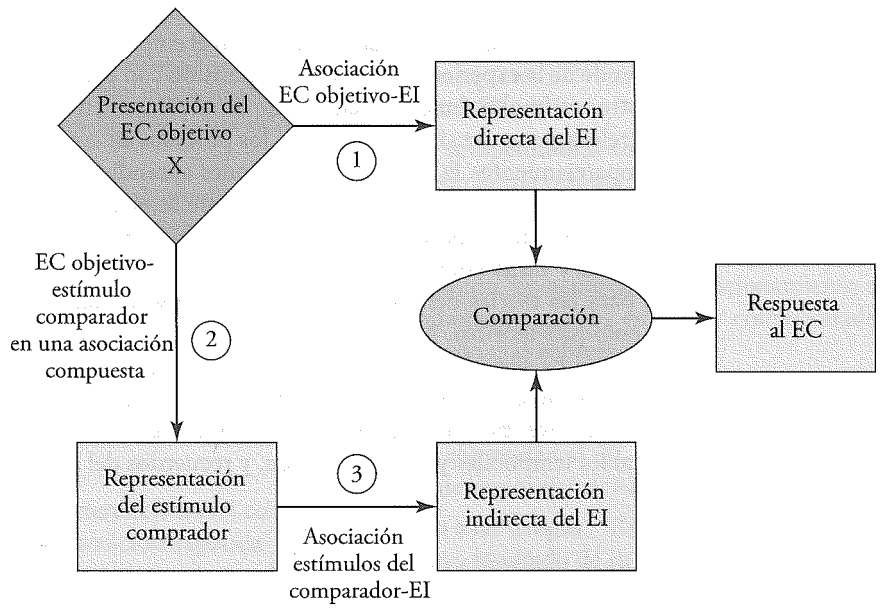



**FIGURA 4.22**
Estructura asociativa de la hipótesis del comparador. El EC objetivo se representa como X. Las asociaciones excitatorias resultan en la activación de la representación del EI, ya sea directamente por el objetivo (enlace 1) o indirectamente (a través de los enlaces 2 y 3). (Basado en Friedman, *et al*, 1998, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2, p. 454.)

Un corolario importante de la teoría es que la comparación que determina la respuesta se hace cuando los participantes se probaron para determinar su conducta condicionada. Debido a este supuesto, la hipótesis del comparador hace la predicción inusual de que la extinción de las asociaciones comparador-EI después del entrenamiento de un EC objetivo mejorará la respuesta a ese EC objetivo. Es a través de este mecanismo que la hipótesis del comparador es capaz de predecir que el efecto de bloqueo puede ser revertido por el estímulo de extinción del bloqueo ($EC_A$). (Para ejemplos adicionales de tales efectos de revaluación, véase McConnell, Urushihara y Miller, 2010; Miguez, Witnauer y Miller, 2012.)

La hipótesis del comparador también se ha probado en estudios de inhibición condicionada. En un procedimiento de inhibición condicionada (por ejemplo, véase la figura 3.11), el objetivo es el EC–. Durante el entrenamiento de la inhibición condicionada, el EC– se presenta junto con un EC+ que proporciona el contexto excitatorio para el aprendizaje de la inhibición. Por tanto, el estímulo comparador es el EC+. Considere la balanza de comparación presentada en la figura 4.21. Según esta balanza, la respuesta inhibitoria ocurrirá al (EC–) objetivo, ya que tiene menos poder excitatorio que su comparador (EC+). Por tanto, la hipótesis del comparador predice la respuesta inhibitoria en situaciones donde la asociación del EC objetivo con el EI es más débil que la asociación de las señales del comparador con el EI. La inhibición condicionada no se considera como el resultado del valor asociativo negativo sino como el resultado de que la balanza de la comparación se incline lejos del objetivo y en favor del estímulo comparador. Una consecuencia interesante de la teoría es que la extinción del EC+ comparador que sigue al condicionamiento inhibitorio reducirá la respuesta inhibitoria. Como se señaló antes en la discusión de la extinción de la inhibición condicionada, esta inusual predicción ha sido confirmada (por ejemplo, Best *et al*, 1985; Lysle y Fowler, 1985).

## Comentarios finales

Inicialmente, algunos psicólogos consideraron el condicionamiento clásico como un tipo de aprendizaje relativamente simple y primitivo que está implicado sólo en la regulación de las respuestas glandulares y viscerales, como la salivación. Se suponía que el establecimiento de asociaciones EC–EI ocurre completa y automáticamente con el emparejamiento de un EC y un EI. Dada la naturaleza simple y automática de los condicionamientos, no se consideraba tan importante en la explicación de la complejidad y riqueza de la experiencia humana. Claramente, esta visión del condicionamiento clásico ya no es sostenible.

La investigación revisada en los capítulos 3 y 4 ha demostrado que el condicionamiento clásico implica numerosos procesos complejos y está implicado en el control de una amplia variedad de respuestas, incluyendo no sólo las respuestas al EC, sino también modificaciones en la forma en que el organismo responde al estímulo incondicionado. El condicionamiento clásico no se produce automáticamente con el emparejamiento de un EC con un EI. Más bien, depende de la experiencia previa del organismo con cada uno de estos estímulos, la presencia de otros estímulos durante el ensayo de condicionamiento, y la medida en la que el EC y el EI son relevantes entre sí. Por otra parte, los procesos de condicionamiento clásico no se limitan a emparejamientos EC–EI. Las asociaciones aprendidas pueden ocurrir entre dos estímulos biológicamente débiles (precondicionamiento sensorial) o en ausencia de un EI (condicionamiento de orden superior).

Estas y otras complejidades del condicionamiento clásico han creado retos importantes para las teorías del aprendizaje. Los últimos 40 años han producido una rica variedad de enfoques teóricos. Ninguna teoría ofrece una relación completa de todos los datos, pero cada una ha servido para poner de relieve la importancia de diversos factores en cómo el condicionamiento altera las propiedades de los estímulos condicionados e incondicionados. Estos factores incluyen los mecanismos de corrección de errores, mecanismos de atención, variables temporales y de información, y recuerdos del EI activados por el EC objetivo y sus

comparadores. La riqueza de los mecanismos de condicionamiento clásico hace que sean muy relevantes para comprender la riqueza y complejidad de la experiencia humana.

## Preguntas de estudio

1. ¿Cuáles son, si los hay, los límites que existen en los tipos de estímulos que pueden servir como estímulos condicionados e incondicionados en el condicionamiento pavloviano?
2. Describa varios ejemplos de cómo el condicionamiento pavloviano puede modificar la forma de responder al estímulo incondicionado. ¿Cuál es el significado adaptativo de este tipo de aprendizaje?
3. Describa un diseño experimental que permita a los investigadores distinguir entre el aprendizaje E–R y E–E.
4. Describa la idea básica del modelo Rescorla-Wagner. ¿Qué aspecto del modelo le permiten explicar el efecto de bloqueo y hacer algunas predicciones inusuales?
5. Describa tres diferentes tipos de atención que son relevantes para la conducta aprendida.
6. ¿En qué aspectos son diferentes las teorías atencionales del aprendizaje de otras teorías?
7. ¿Cómo influye en el aprendizaje el intervalo entre ensayos?
8. ¿Cómo explica la hipótesis del comparador el efecto de bloqueo?

## Términos clave

**aprendizaje estímulo-estímulo (E–E)** Aprendizaje de una asociación entre dos estímulos, con el resultado de que la exposición a uno de los estímulos llega a activar la representación, o "imagen mental", del otro estímulo.

**aprendizaje estímulo-respuesta (E–R)** Aprendizaje de una asociación entre un estímulo y una respuesta, con el resultado de que el estímulo llega a provocar directamente la respuesta.

**condicionamiento de orden superior** Procedimiento mediante el cual un estímulo previamente condicionado ($EC_1$) se utiliza para condicionar un nuevo estímulo ($EC_2$).

**devaluación del EI** Reducción en el atractivo de un estímulo incondicionado, por lo general alcanzado por condicionamiento de aversión o por saciedad.

**disminución condicionada de la RI** Reducción en la magnitud de la respuesta a un estímulo incondicionado causada por la presentación de un EC que había sido condicionado con ese EI.

**efecto de bloqueo** Interferencia con el condicionamiento de un estímulo nuevo debido a la presencia de un estímulo previamente condicionado.

**efecto de inhibición latente** Es lo mismo que el *efecto de preexposición al EC.*

**efecto de preexposición al EC** Interferencia con el condicionamiento producido por exposiciones repetidas al EC antes de los ensayos de condicionamiento. También se le llama *efecto de inhibición latente.*

**efecto de preexposición al EI** Interferencia con el condicionamiento producido por la exposición repetida al estímulo incondicionado antes de los ensayos de condicionamiento.

**hipótesis del comparador** La idea de que la respuesta condicionada depende de una comparación entre la fuerza asociativa del estímulo condicionado (EC) y la fuerza asociativa de otras señales presentes durante el entrenamiento del EC objetivo.

**hipótesis del tiempo de espera relativo** La idea de que la respuesta condicionada depende de cuánto tiempo los organismos tienen que esperar el EI en presencia del EC, en comparación con el tiempo que tienen que esperar el EI en la situación experimental independiente del EC.

**precondicionamiento sensorial** Procedimiento por el cual un estímulo biológicamente débil ($EC_2$) está emparejado en varias ocasiones con otro estímulo biológicamente débil ($EC_1$). Entonces, el $EC_1$ está condicionado con un estímulo incondicionado. Después, en un ensayo de prueba el $EC_2$ también provocará la respuesta condicionada aunque el $EC_2$ nunca fue emparejado directamente con el EI.

**respuesta compensatoria condicionada** Respuesta condicionada en forma opuesta a la reacción provocada por el EI y que, por tanto, compensa esta reacción.

**saliencia del estímulo** Importancia o lo sobresaliente de un estímulo. En general, el condicionamiento avanza más rápidamente con los estímulos condicionado y no condicionado más sobresalientes.

**sustitución de estímulo** Idea teórica según la cual, como un resultado del condicionamiento clásico, los participantes responden al EC en gran medida de la misma manera que responden al EI.

**tolerancia a las drogas** Reducción de la eficacia de una droga como resultado de su uso repetido.

CAPÍTULO 5

# Condicionamiento instrumental: fundamentos

**Primeras investigaciones sobre condicionamiento instrumental**
**Enfoques modernos para el estudio del condicionamiento instrumental**
Procedimientos de ensayo discreto
Procedimientos de operante libre
**Procedimientos de condicionamiento instrumental**
Reforzamiento positivo
Castigo
Reforzamiento negativo
Entrenamiento de omisión o castigo negativo
**Elementos fundamentales del condicionamiento instrumental**
La respuesta instrumental
El reforzador instrumental
La relación respuesta-reforzador
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PREVIA DEL CAPÍTULO

Este capítulo comienza nuestra discusión sobre el condicionamiento instrumental y la conducta dirigida a una meta. Este es el tipo de condicionamiento que está implicado en la formación de un mariscal de campo para que lance un pase de anotación o para que un niño salte la cuerda. En este tipo de condicionamiento, la obtención de una meta o reforzador depende de la ocurrencia previa de una respuesta designada. Primero se describirán los orígenes de la investigación sobre el condicionamiento instrumental y los métodos de investigación utilizados en la investigación contemporánea. Esta discusión sienta las bases para la siguiente sección, en la que se describen los cuatro tipos básicos de procedimientos de condicionamiento instrumental. El capítulo concluye con las discusiones sobre tres elementos fundamentales del paradigma de condicionamiento instrumental: la respuesta instrumental, el evento reforzador o meta, y la relación entre la respuesta instrumental y el evento meta.

En los capítulos anteriores se han analizado diversos aspectos de cómo las respuestas son provocadas por estímulos diferenciados. Todos los estudios de habituación, sensibilización y condicionamiento clásico están interesados en los mecanismos de conducta provocada. Debido a este énfasis, los procedimientos utilizados en los experimentos sobre la habituación,

la sensibilización y el condicionamiento clásico no requieren que el participante lleve a cabo una respuesta particular para obtener alimento u otros estímulos incondicionados o condicionados. El condicionamiento clásico refleja cómo los organismos se adaptan a los acontecimientos de su entorno que no controlan directamente. En este capítulo nos volvemos hacia el análisis de las situaciones de aprendizaje en las que los estímulos que enfrenta un organismo son el resultado o consecuencia de su conducta. Tal conducta se conoce comúnmente como *dirigida a una meta* o *instrumental* porque es necesario responder para producir un resultado medioambiental deseado.

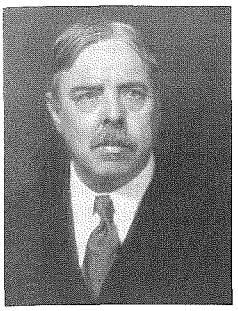
Estudiando duro, un estudiante puede obtener una mejor calificación; girando la llave del automóvil hasta el encendido, un conductor puede poner en marcha el motor; colocando una moneda en una máquina expendedora, un niño puede obtener un caramelo. En todos estos casos, algún aspecto de la conducta del individuo es instrumental en la producción de un estímulo o resultado significativo. Además, la conducta se produce porque acciones similares produjeron el mismo tipo de resultado en el pasado. Los estudiantes no estudiarían si el hacerlo no les diera mejores calificaciones; los conductores no girarían la llave de encendido si esto no pusiera en marcha el motor; y los niños no pondrían monedas en una máquina expendedora si no consiguieran un caramelo a cambio. La conducta que se produce debido a que anteriormente fue eficaz para producir ciertas consecuencias se llama **conducta instrumental**.

El hecho de que las consecuencias de una acción pueden determinar si usted responderá de nuevo es obvio para todos. Si por casualidad usted encuentra un billete de un dólar cuando echa un vistazo hacia abajo, seguirá buscando en el suelo al caminar. La forma como influye tal consecuencia en la conducta futura no es tan evidente. Muchos de los próximos capítulos de este libro están dedicados a los mecanismos responsables del control de la conducta por medio de sus consecuencias. En este capítulo se describirá algo de la historia, las técnicas básicas, procedimientos y temas en el análisis experimental de la conducta instrumental o dirigida a una meta.

¿Cómo puede investigarse la conducta instrumental? Una forma sería ir al entorno natural y buscar ejemplos. Sin embargo, es probable que este enfoque no conduzca a resultados definitivos porque los factores responsables de la conducta dirigida a una meta son difíciles de aislar sin manipulación experimental. Consideremos, por ejemplo, un perro que se sienta cómodamente en su patio. Cuando un intruso se acerca, el perro empieza a ladrar con fuerza, y el intruso se va. Debido a que los ladridos del perro son seguidos por la salida del intruso, se puede concluir que el perro ladró para producir este resultado, que los ladridos fueron dirigidos a una meta. Sin embargo, una posibilidad igualmente probable es que los ladridos fueron causados por la novedad del intruso y persistieran mientras este estímulo provocador estuvo presente. La salida del intruso pudo haber sido incidental a los ladridos del perro. Decidir entre esas alternativas es difícil sin manipulaciones experimentales de la relación entre los ladridos y sus consecuencias. (Para un análisis experimental de una situación similar en una especie de pez, consulte Losey y Sevenster, 1995.)

## Primeras investigaciones sobre condicionamiento instrumental

Los análisis teóricos y de laboratorio del condicionamiento instrumental comenzaron de manera formal con el trabajo del psicólogo estadounidense E. L. Thorndike. La intención original de Thorndike fue estudiar la inteligencia animal (Thorndike, 1898, 1911; para un comentario más reciente, ver Lattal, 1998). Como se señaló en el capítulo 1, la publicación de la teoría de la evolución de Darwin animó a los científicos a pensar acerca de en qué medida las capacidades intelectuales humanas estaban presentes en los animales. Thorndike persiguió esta cuestión a

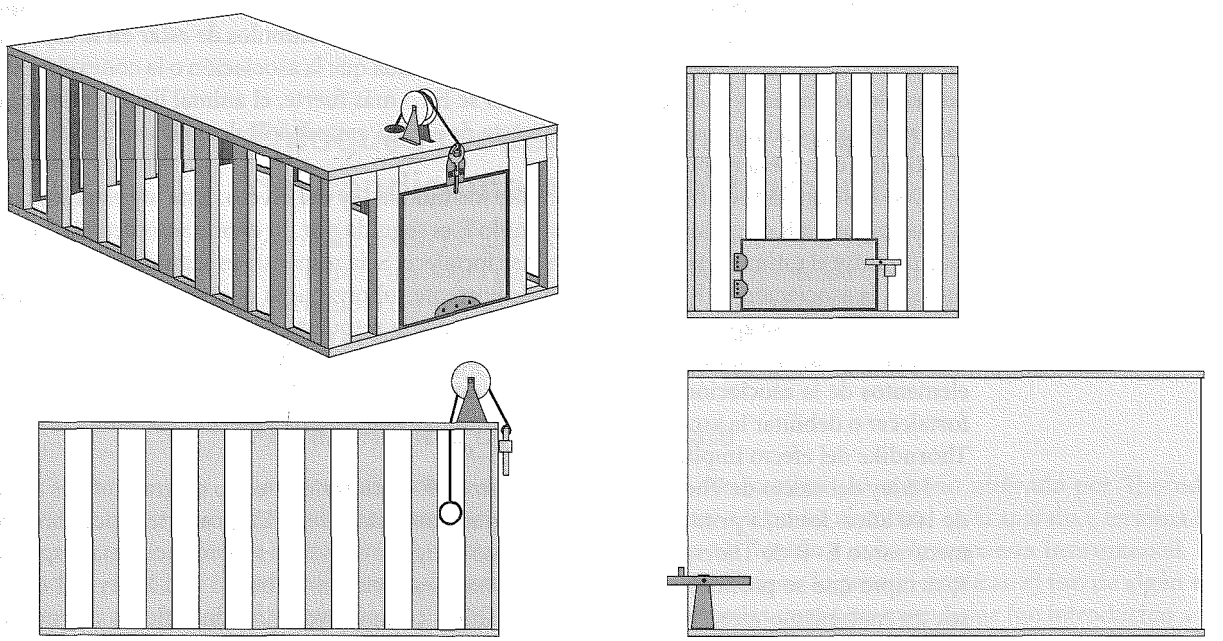

Science Source

E. L. Thorndike

través de la investigación empírica. Él ideó una serie de cajas problema para sus experimentos. Su procedimiento de entrenamiento consistió en colocar a un animal hambriento (a menudo un gato joven) en la caja problema con un poco de comida colocada fuera de la vista del sujeto. La tarea para el animal era aprender cómo salir de la caja y conseguir la comida.

Diferentes cajas problema requirieron diferentes respuestas para salir. Algunas eran más fáciles que otras. La figura 5.1 ilustra dos de las cajas problema más fáciles. En la caja A, la respuesta requerida era tirar de un anillo para liberar un pestillo que bloqueaba la puerta en el exterior. En la caja I, la respuesta requerida era empujar hacia abajo una palanca, que liberaba un pestillo. Inicialmente los gatos eran lentos para responder correctamente, pero con la práctica continuada de la tarea, sus latencias se volvieron cada vez más cortas. La figura 5.2 muestra las latencias de un gato para salir de la caja A en pruebas sucesivas. El gato tomó 160 segundos para salir de la caja A en el primer ensayo. Más tarde, su latencia más corta fue de 6 segundos (Chance, 1999).

El cuidadoso enfoque empírico de Thorndike fue un avance significativo en el estudio de la inteligencia animal. Otra contribución importante de Thorndike fue evitar en forma estricta interpretaciones antropomórficas de la conducta observada. Aunque él tituló su tratado como *Inteligencia animal*, muchos aspectos de la conducta le parecían a Thorndike muy poco inteligentes. No creía que sus animales llegaran a escapar más rápido de una caja problema porque ganaran una percepción de la tarea o descubrieran cómo estaba diseñado el mecanis-



Caja A Caja I

**FIGURA 5.1** Dos cajas problema de Thorndike, A e I. En la caja A, el participante tenía que tirar de un anillo para abrir la puerta. En la caja I, al pisar una palanca se liberaba un pestillo en el otro lado. (*Izquierda:* basado en "Thorndike's Puzzle Boxes and the Origins of the Experimental Analysis of Behavior", P. Chance, 1999, *Journal of the Experimental Analysis of Behaviour, 72,* pp. 433-440. *Derecha:* basado en Thorndike, *Animal Intelligence Experimental Studies,* 1898.)

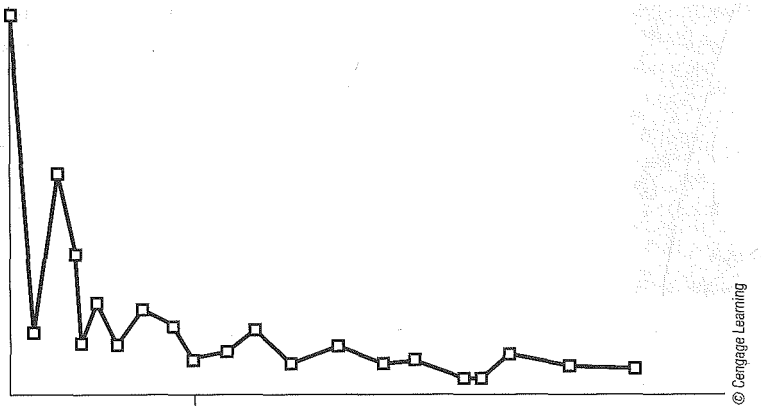



**FIGURA 5.2** Latencias para escapar de la caja A durante ensayos sucesivos. La latencia más larga fue de 160 segundos; la más corta fue de 6 segundos. (Observe que los ejes no están etiquetados, como en el informe original de Thorndike.)

mo de liberación. Más bien, él interpretó los resultados de sus estudios como un reflejo del aprendizaje de una nueva asociación E–R. Cuando colocó inicialmente a un gato en una caja, éste mostró una variedad de respuestas típicas de un animal confinado. Finalmente, algunas de estas respuestas resultaron en la apertura de la puerta. Thorndike creía que estos **escapes** exitosos llevaron a la formación de una asociación entre los estímulos de estar en la caja problema (E) y la respuesta de escape efectiva (R). A medida que la asociación o la conexión entre las señales de la caja y el éxito de la respuesta se hizo más fuerte, el animal llegó a responder más rápido. La consecuencia de una respuesta de escape exitoso fortaleció la asociación entre el estímulo caja y esa respuesta.

Con base en su investigación, Thorndike formuló la **ley del efecto**. Esta ley establece que si una respuesta R en presencia de un estímulo E es seguida por un *evento satisfactorio*, la asociación entre el estímulo E y la respuesta R se fortalece. Si la respuesta es seguida por un *evento molesto*, la asociación E–R se debilita. Es importante subrayar aquí que, de acuerdo con la ley del efecto, lo que se aprende es una asociación entre la respuesta y los estímulos presentes en el momento de la respuesta. Observe que la consecuencia de la respuesta no es uno de los elementos de la asociación. La consecuencia satisfactoria o molesta simplemente sirve para fortalecer o debilitar la asociación entre el estímulo y la respuesta anterior. Por tanto, la ley de Thorndike del efecto implica el *aprendizaje E–R*.

La ley del efecto de Thorndike y el aprendizaje E–R continúa siendo de gran interés a más de 100 años desde la primera vez que se propusieron estas ideas. Una característica clave del mecanismo E–R de Thorndike consiste en que obliga al organismo a producir una respuesta R siempre que se produce un estímulo E. Esta característica ha hecho que la ley del efecto sea un mecanismo atractivo para explicar hábitos compulsivos que son difíciles de romper, como morderse las uñas, comer bocadillos, o fumar cigarrillos. Una vez que comience con una bolsa de palomitas de maíz mientras ve una película, no podrá dejar de comer porque la vista y el olor de las palomitas de maíz (E) le obligan a tomar un poco más de palomitas de maíz y comer (R). La naturaleza compulsiva de comer palomitas de maíz es tal que continúa comiendo más allá del punto de disfrutar el sabor. Una vez aprendido, se producen respuestas habituales debido a que son provocadas por un estímulo antecedente y no porque resulten en una consecuencia deseada (Everitt y Robbins, 2005; Wood y Neal, 2007). Un fumador habitual que sabe que fumar es perjudicial continuará fumando porque los mecanismos E–R lo obligan a encender un cigarrillo independientemente de las consecuencias de la respuesta.

## RECUADRO 5.1

### *E. L. Thorndike: semblanza*

Edward Lee Thorndike nació en 1874 y murió en 1949. Como estudiante en la Universidad de Wesleyan, se interesó en la obra de William James, que estaba entonces en la Universidad de Harvard. Thorndike mismo entró a Harvard como estudiante de posgrado en 1895. Durante su estancia comenzó sus investigaciones sobre la conducta instrumental usando al principio polluelos. Debido a que no había espacio en el laboratorio del departamento de psicología de la universidad, fundó su proyecto en el sótano de la casa de William James. Poco después se le ofreció una beca en la Universidad de Columbia. Esta vez su laboratorio estaba ubicado en el ático de la residencia del psicólogo James Cattell.

Thorndike recibió su doctorado de la Universidad de Columbia en 1898 por su trabajo titulado *Animal Intelligence: An Experimental Analysis of Associative Processes in Animals*. Esto incluía los famosos experimentos de la caja de trucos. La disertación de Thorndike ha resultado ser una de las tesis más famosas en más de un siglo de la psicología moderna. Después de obtener su doctorado, Thorndike pasó un breve periodo en la Universidad Western Reserve en Cleveland, y luego regresó a Columbia, donde se desempeñó por muchos años como profesor de psicología de la educación en el Teachers College. Entre otras cosas, trabajó para aplicar a los niños los principios del aprendizaje por ensayo y error que había descubierto con los animales. También se interesó en las pruebas psicológicas y se convirtió en un líder en ese campo recién formado. A su retiro, él había escrito 507 trabajos académicos (sin un procesador de palabras o computadora), incluyendo cerca de 50 libros (Cumming, 1999). Varios años antes de su muerte, Thorndike regresó a Harvard como conferencista William James, un honor apropiado teniendo en cuenta los orígenes de sus intereses en la psicología.

# Enfoques modernos para el estudio del condicionamiento instrumental

Thorndike utilizó 15 cajas problema diferentes en sus investigaciones. Cada caja requería diferentes manipulaciones para que el gato saliera. A medida que más científicos se involucraron en el estudio del aprendizaje instrumental, la gama de tareas utilizadas se hizo más pequeña. Algunas de ellas se volvieron "estándar" y se han utilizado varias veces para facilitar la comparación de los resultados obtenidos en diferentes experimentos y laboratorios.

## Procedimientos de ensayo discreto

Los **procedimientos de ensayo discreto** son similares al método utilizado por Thorndike en que cada ensayo de formación comienza con poner al animal en el aparato y termina con la remoción del animal después de que se ha llevado a cabo la respuesta instrumental. Los procedimientos de ensayo discreto en estos días por lo general implican el uso de algún tipo de laberinto. El uso de laberintos en las investigaciones de aprendizaje fue introducido a comienzos del siglo XX por el psicólogo estadounidense W. S. Small (1899, 1900). Small estaba interesado en estudiar a las ratas y se animó a usar un laberinto por un artículo que leyó en la revista *Scientific American*, el cual describía el complejo sistema de túneles subterráneos que las ratas canguro construyen en su hábitat natural. Small razonó que un laberinto aprovecharía la "propensión de las ratas a crear pequeños pasajes sinuosos".

La figura 5.3 muestra dos laberintos de uso frecuente en la investigación contemporánea. El corredor o callejón recto es un laberinto que contiene una caja de inicio en un extremo y una caja de meta en el otro. La rata se coloca en la caja de inicio al comienzo de cada ensayo. Entonces se levanta la barrera que separa la caja de inicio de la sección principal del corredor. A la rata se le permite hacer su camino por el corredor hasta llegar a la caja de la meta, que por lo general contiene un reforzador, como la comida o el agua.

La conducta en un corredor puede ser cuantificada mediante la medición de la rapidez con que el animal va de la caja de inicio a la caja de la meta. Esto se conoce como la **veloci-**

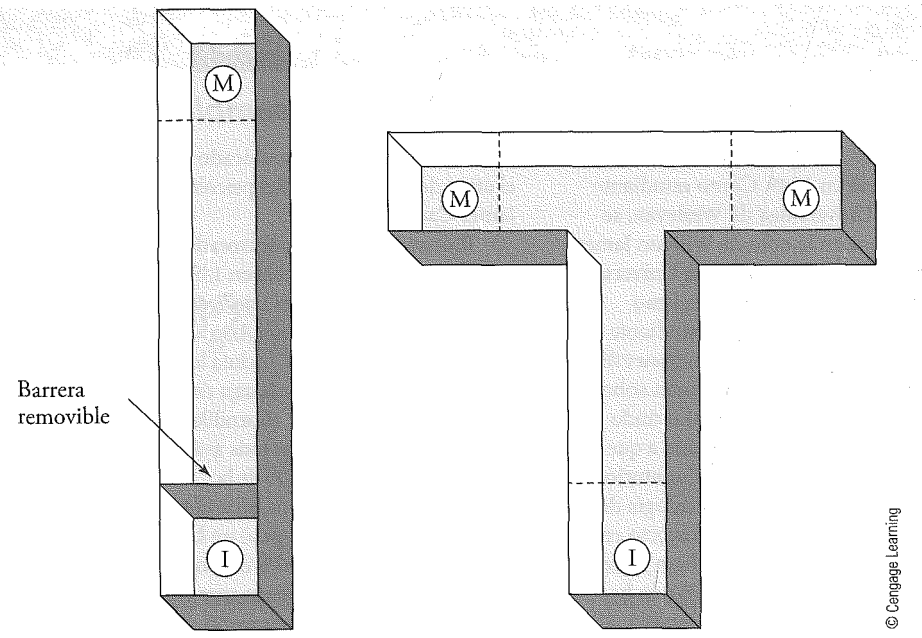



**FIGURA 5.3** Vista superior de un corredor y un laberinto T. La caja de inicio es I; la caja meta es M.

**dad de carrera**. La velocidad de carrera típicamente aumenta con ensayos de entrenamiento repetidos. Otra medida común de conducta en los corredores es la **latencia** de respuesta. La latencia es el tiempo que el animal tarda en salir de la caja de inicio y comenzar a correr por el callejón. Por lo general, las latencias se hacen más cortas a medida que el entrenamiento progresa.

Otro laberinto que se ha utilizado en muchos experimentos es el laberinto T, que se muestra a la derecha en la figura 5.3. El laberinto T consiste en una caja de inicio y callejones dispuestos en forma de una T. Una caja de meta está situada en el extremo de cada brazo de la T. Debido a que el laberinto T tiene dos brazos de elección, puede ser usado para estudiar cuestiones más complejas. Por ejemplo, Panagiotaropoulos y sus colegas (2009) estaban interesados en saber si las ratas con menos de dos semanas de edad (y aún lactantes) podrían saber dónde se encuentra su madre y cómo diferenciarla de otra hembra. Para responder esta pregunta, colocaron a la rata madre en la caja de meta del brazo derecho de un laberinto T, y a una rata hembra virgen en la caja de meta del brazo izquierdo de la T. Las crías de las ratas aprendieron a girar a la derecha en lugar de al brazo izquierdo del laberinto con ensayos sucesivos. Por otra parte, esta preferencia condicionada persistió cuando las crías fueron probadas al final del entrenamiento sin una hembra en cualquiera de las cajas de meta. Los resultados muestran que las crías de rata lactantes pueden distinguir a su madre de una hembra virgen y pueden aprender a ir a donde se encuentra.

## Procedimientos de operante libre

En una pasarela o un laberinto T, después de llegar a la caja de meta el animal es retirado del aparato por un tiempo antes de volver a la caja de inicio para su próximo ensayo. De este modo, el animal ha limitado las oportunidades para responder, y esas oportunidades están programadas por el experimentador. Por el contrario, los **procedimientos de operante libre** permiten al animal repetir la respuesta instrumental sin limitación una y otra vez sin ser extraído del aparato sino hasta el final de una sesión experimental. El método de operante libre fue inventado por B. F. Skinner (1938) para estudiar la conducta de una manera más continua de lo que permiten los laberintos.

Skinner (figura 5.4) estaba interesado en el análisis en el laboratorio de una forma de conducta que sería representativa de toda la actividad en curso que ocurre de forma natural. Sin


Bettmann/CORBIS

**FIGURA 5.4** B. F. Skinner (1904-1990).

embargo, él reconoció que antes de que la conducta pueda ser analizada experimentalmente, debe definirse una unidad mensurable de conducta. La observación casual sugiere que la conducta en curso es continua; una actividad lleva a la otra. La conducta no cae perfectamente en unidades, al igual que las moléculas de una solución química o los ladrillos en una acera. Skinner propuso el concepto de *el operante* como una manera de dividir la conducta en unidades medibles significativas.

La figura 5.5 muestra una caja de Skinner típica utilizada para estudiar la conducta de operante libre en ratas. (Una caja de Skinner utilizada para estudiar el picoteo de las palomas fue presentada en la figura 1.8). La caja es una pequeña cámara que contiene una palanca que la rata puede empujar hacia abajo varias veces. La cámara también tiene un mecanismo

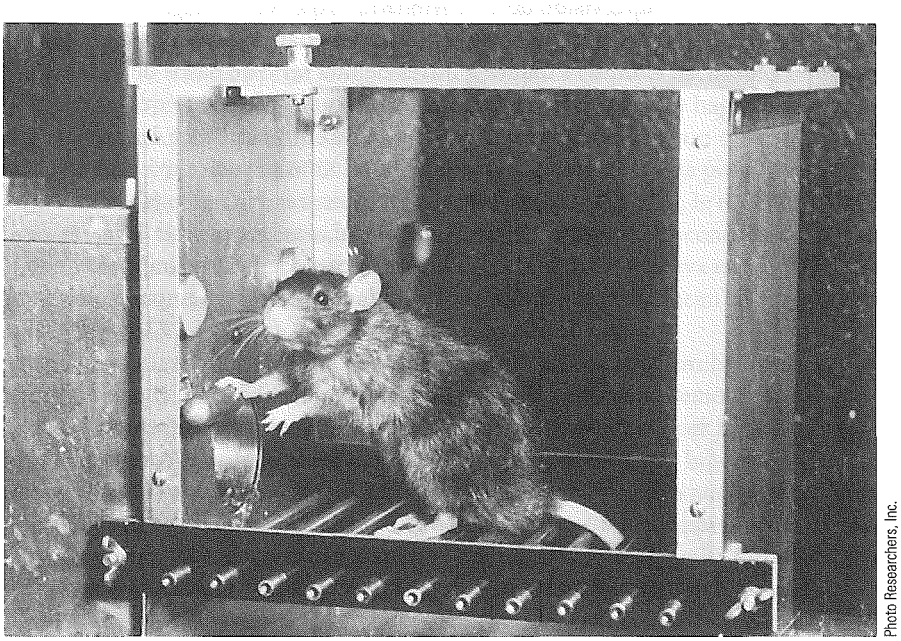

Photo Researchers, Inc.

**FIGURA 5.5** Una caja de Skinner equipada con una palanca de respuesta y dispositivo de entrega de alimentos. El equipo electrónico se utiliza para programar los procedimientos y registrar automáticamente las respuestas.

que puede ofrecer un refuerzo, como comida o agua, en una taza. La palanca está conectada electrónicamente al sistema de suministro de alimento, de modo que cuando la rata presiona la palanca, una bolita de alimento cae automáticamente en la taza del alimento.

Una **respuesta operante**, como presionar la palanca, se define en términos del efecto que la conducta tiene en el entorno. Las actividades que tienen el mismo efecto ambiental se consideran instancias de la misma respuesta operante. La conducta no está definida en términos de movimientos musculares particulares, sino en términos de cómo *opera* en el entorno. El operante *presión de palanca* se define típicamente como la presión suficiente de la palanca para activar un sensor de registro. La rata puede presionar la palanca con su pata derecha, su pata izquierda, o con la cola. Estos diferentes movimientos musculares constituyen el mismo operante si todos hacen descender la palanca lo suficiente como para activar el sensor y producir una bolita de comida. Se supone que diversas formas de presionar la palanca son funcionalmente equivalentes debido a que todas tienen el mismo efecto sobre el entorno.

En el transcurso de nuestra vida cotidiana realizamos numerosos operantes. En la apertura de una puerta, no importa si usamos nuestra mano derecha o la mano izquierda para girar la perilla de la puerta, el resultado operativo (abrir la puerta) es la medida fundamental de éxito. Del mismo modo, en el baloncesto o el béisbol, el resultado operacional es el que cuenta —cómo introducir el balón en la canasta o golpear la pelota en el campo abierto— en lugar de la forma en que la tarea se lleva a cabo. Con una definición operativa del éxito de la conducta no es necesario un juez sofisticado para determinar si la conducta se ha realizado con éxito. El resultado del entorno lleva la puntuación. Esto contrasta con conductas tales como el patinaje artístico o la gimnasia. En esos casos, la forma en que se realiza algo es tan importante como el impacto de la conducta en el entorno. Conseguir una pelota en la canasta es una conducta operante. La realización de una salida graciosa de las barras paralelas no lo es. Sin embargo, cualquier respuesta que se requiere para producir una consecuencia deseada es una *respuesta instrumental* porque es "instrumento" en la producción de un resultado particular.

***Entrenamiento del compartimento y moldeamiento*** Cuando los niños intentan tirar por primera vez una pelota de baloncesto en la canasta, no tienen mucho éxito. Muchos intentos terminan con la pelota rebotando en el tablero o ni siquiera aterrizan cerca de la canasta. Del mismo modo, una rata colocada en una caja de Skinner no presiona de inmediato la palanca que proporciona una bolita de comida. La formación exitosa de una respuesta operante o instrumental a menudo requiere pasos de entrenamiento cuidadosamente diseñados que mueven al estudiante de un estado de novato al de un experto. Este es claramente el caso de un campeonato de patinaje artístico que requiere horas de práctica diaria bajo la cuidadosa supervisión de un entrenador experto. La mayoría de los padres no gasta dinero en contratar un entrenador experto para enseñar a un niño a jugar baloncesto. Sin embargo, incluso allí, el niño se mueve a través de una serie de pasos de entrenamiento que pueden comenzar con una pelota pequeña y un juego de baloncesto que es mucho más bajo que el normal y más fácil de alcanzar. La canasta de entrenamiento también es ajustable para que pueda elevarse gradualmente a medida que el niño se vuelve más hábil.

También hay pasos preliminares para el establecimiento de la respuesta de una rata de laboratorio de presionar la palanca. En primer lugar, la rata tiene que aprender cuándo la comida está disponible en el comedero. Esto implica el condicionamiento clásico: el sonido del dispositivo de entrega de alimento está emparejado en repetidas ocasiones con el lanzamiento de una bola de comida en el comedero. El dispositivo de entrega de alimentos se llama *compartimento de comida*. Después de suficientes emparejamientos del sonido del compartimento de comida con la entrega del alimento, el sonido provoca una respuesta condicionada de enfoque clásico: el animal va a la taza del alimento y recoge la bolita. Esta fase preliminar de condicionamiento se llama **entrenamiento del compartimento**.

Después del entrenamiento del compartimento, la rata está lista para aprender la respuesta operante necesaria. En este punto, la comida se proporciona si la rata hace cualquier cosa remotamente relacionada con presionar la palanca. Por ejemplo, en un primer momento se le puede administrar una bolita de alimento cada vez que se levanta sobre sus patas traseras en cualquier lugar en la cámara experimental. Una vez que la respuesta de pararse sobre las patas traseras ha

sido establecida, la bolita de comida puede darse sólo si la rata lleva a cabo dicha respuesta sobre la palanca de respuesta. Ya no se reforzó esa conducta en otras partes de la cámara. Una vez que la respuesta sobre la palanca se ha establecido, la bolita de comida puede darse sólo si la rata toca y hace descender la palanca. Tal secuencia de pasos de entrenamiento recibe el nombre de **moldeamiento de la respuesta**.

Como muestran los ejemplos anteriores, el moldeamiento de una nueva respuesta operante requiere componentes de entrenamiento o aproximaciones a la conducta final. Ya sea que esté tratando de enseñar a un niño a lanzar una pelota en una canasta, o a una rata para que presione una palanca de respuesta, en un primer momento cualquier respuesta que se aproxime remotamente al resultado final puede ser reforzada. Una vez que el niño se convierte en experto en meter la pelota en una cesta colocada a la altura del hombro, la altura de la canasta puede elevarse gradualmente. A medida que continúa el proceso de moldeamiento, se requiere más y más, hasta que el reforzador se da sólo si se lleva a cabo la respuesta objetivo final.

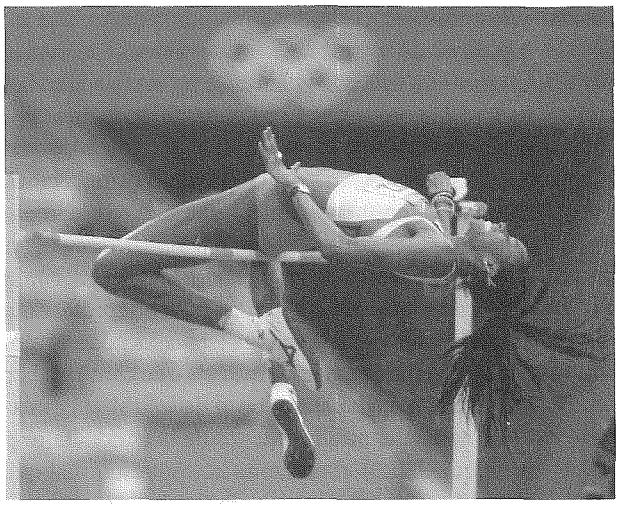
El éxito del moldeamiento de la conducta implica tres componentes. En primer lugar, se tiene que definir claramente la respuesta final que se desea que el entrenando realice. En segundo lugar, se tiene que valorar claramente el nivel de inicio del desempeño, no importa lo lejos que esté de la respuesta final que interesa. En tercer lugar, hay que dividir la progresión desde el punto de inicio hasta la conducta objetivo final en pasos de entrenamiento adecuados o aproximaciones sucesivas. Las aproximaciones sucesivas conforman el plan de entrenamiento. La ejecución del plan de entrenamiento implica dos tácticas complementarias: *el reforzamiento de aproximaciones sucesivas* a la conducta final y *el no reforzamiento para las formas de respuesta anteriores.*

Aunque los principios que intervienen en el moldeamiento de la conducta no son difíciles de entender, su aplicación puede ser complicada. Si los pasos de moldeamiento están demasiado separados, o se pasa demasiado tiempo en una etapa en particular, el progreso puede no ser satisfactorio. Los entrenadores deportivos, los profesores de piano y los instructores de educación vial son conscientes de lo difícil que puede ser el diseño de las más eficaces medidas de entrenamiento o aproximaciones sucesivas. Los mismos principios de moldeamiento están involucrados en el entrenamiento de un niño para que se ponga sus calcetines o beba de una taza sin derramar el contenido, pero el entrenamiento en esos casos se organiza de manera menos formal. (Para un estudio de la formación de la conducta de abstinencia a las drogas en los consumidores de cocaína, véase Preston, Umbricht, Wong y Epstein, 2001.)

***Moldeamiento y conducta nueva*** Los procedimientos de moldeamiento se utilizan a menudo para generar nuevas conductas, pero exactamente ¿cómo son esas nuevas respuestas? Consideremos, por ejemplo, la respuesta de presionar la palanca de una rata. Para presionarla, la rata tiene que acercarse a la barra, pararse frente a ella, levantar sus patas delanteras, y luego llevar las patas a la barra con la fuerza suficiente para empujar hacia abajo. Todos estos componentes de la respuesta son las cosas que la rata probablemente haga en un momento u otro en otras situaciones (mientras explora su jaula, interacciona con otra rata, o maneja materiales para construir un nido). En el entrenamiento de la rata para presionar la barra no le estamos enseñando nuevos componentes de la respuesta. Más bien, le estamos enseñando cómo combinar las respuestas conocidas en una nueva actividad. El condicionamiento instrumental a menudo implica la construcción, o la síntesis, de una nueva unidad de conducta a partir de los componentes preexistentes de respuesta que ya se producen en el repertorio del organismo (Balsam *et al*, 1998).

El condicionamiento instrumental también se puede utilizar para producir respuestas diferentes de cualquier cosa que el entrenando haya hecho antes. Consideremos, por ejemplo, lanzar un balón de fútbol 60 yardas campo abajo. Se necesita más que poner juntos componentes conductuales conocidos para lograr tal hazaña. La fuerza, la velocidad y la coordinación involucradas en el lanzamiento de un balón de fútbol 60 yardas no se parece a nada que un individuo no entrenado podría hacer. Es una respuesta totalmente nueva. El desempeño de expertos en el deporte, en tocar un instrumento musical, o en el ballet, todos implican tales formas de respuesta nuevas. Estas respuestas nuevas también se crean por el moldeamiento (figura 5.6).

La creación de nuevas respuestas por moldeamiento depende de la variabilidad inherente a la conducta. Si un aprendiz requiere una nueva etapa de moldeamiento para lanzar un ba-



Ryan Remiorz/AP Photo

**FIGURA 5.6**
El moldeamiento es necesario para aprender habilidades especiales, como el salto con pértiga.

lón 30 yardas, es probable que cada uno de los lanzamientos sea algo diferente. El aprendiz puede lanzar el balón 25, 32, 29 o 34 yardas en intentos sucesivos. Esta variabilidad permite al entrenador establecer la siguiente aproximación sucesiva en 33 yardas y más. Con ese nuevo objetivo, el aprendiz comenzará a hacer más lanzamientos. Cada lanzamiento volverá a ser diferente, pero ahora la mayoría será de 33 yardas y más. El cambio de la distribución para lanzamientos más largos permitirá al entrenador volver a elevar el criterio de respuesta, tal vez a 36 yardas en esta ocasión. Con iteraciones graduales de este proceso, el aprendiz hará más y más lanzamientos logrando distancias que de otra manera él o ella nunca habría realizado. El proceso de moldeamiento se aprovecha de la variabilidad de la conducta para mover gradualmente la distribución de las respuestas lejos del punto de inicio del entrenando y hacia respuestas que son completamente nuevas en el repertorio del aprendiz. A través de este proceso se aprenden nuevas y espectaculares hazañas de rendimiento en los deportes, el baile o las artes visuales. (Para los estudios de laboratorio de configuración, consulte Deich, Allan y Zeigler, 1988; Stokes, Mechner y Balsam, 1999.)

***Tasa de respuesta como medida de la conducta operante*** En contraste con las técnicas de ensayos discretos para el estudio de la conducta instrumental, el método de operante libre permite la observación continua de la conducta durante largos periodos. Con oportunidad continua para responder, el organismo, en lugar del experimentador, determina la frecuencia de su respuesta instrumental. Por tanto, las técnicas de operante libre ofrecen una oportunidad especial para observar los cambios en la probabilidad de la conducta en el tiempo.

¿Cómo podemos aprovechar esta oportunidad y medir la probabilidad de una respuesta operante? Las medidas de latencia y velocidad de respuesta que se utilizan comúnmente en los procedimientos de ensayo discreto no describen la probabilidad de repeticiones de una respuesta. Skinner propuso que la *tasa de ocurrencia* de la conducta operante (por ejemplo, la frecuencia de la respuesta por minuto) se utilizara como una medida de la probabilidad de respuesta. Las respuestas altamente probables ocurren con frecuencia y tienen una tasa alta. Por el contrario, las respuestas improbables ocurren rara vez y tienen una tasa baja. La tasa de respuesta se ha convertido en la principal medida en los estudios que emplean procedimientos de operante libre.

## Procedimientos de condicionamiento instrumental

En todas las situaciones de condicionamiento instrumental, el participante da una respuesta y por tanto produce un resultado o consecuencia. Pagar al niño vecino para que corte el césped, gritarle a un gato para que abandone el mostrador de la cocina, cerrar una ventana para evitar que la lluvia entre, y la revocación de los privilegios para usar el automóvil a un adolescente

por llegar tarde, todas son formas de condicionamiento instrumental. Dos de estos ejemplos implican eventos agradables (obtener un pago, conducir un automóvil), mientras que los otros dos implican estímulos desagradables (el sonido de gritos y la lluvia entrando por la ventana). Un evento agradable se denomina técnicamente **estímulo apetitivo**. Un estímulo desagradable se denomina técnicamente **estímulo aversivo**. La respuesta instrumental puede producir el estímulo, como cuando cortar el césped resulta en un pago. Alternativamente, la respuesta instrumental puede desactivar o eliminar un estímulo, como en el cierre de una ventana para detener la entrada de la lluvia. El que el resultado de un procedimiento de condicionamiento sea un aumento o una disminución en la tasa de respuesta dependerá de si un estímulo apetitivo o aversivo está involucrado y si la respuesta produce o elimina el estímulo. En la tabla 5.1 se describen cuatro procedimientos básicos de condicionamiento instrumental.

## Reforzamiento positivo

Un padre da a su hija una galleta cuando ella guarda sus juguetes; un maestro felicita a un estudiante por entregar un buen reporte; un empleado recibe un cheque de bonificación por un buen desempeño en el trabajo. Todos estos son ejemplos de **reforzamiento positivo**. El reforzamiento positivo es un procedimiento en el que la respuesta instrumental produce un estímulo apetitivo. Si se produce la respuesta, se presenta el estímulo apetitivo; si no se produce la respuesta, no se presenta el estímulo apetitivo. Por tanto, existe una contingencia positiva entre la respuesta instrumental y el estímulo apetitivo. Los procedimientos de reforzamiento positivo producen un aumento en la tasa de respuesta. Exigir a una rata hambrienta que presione una palanca para obtener una bolita de comida como respuesta es un ejemplo común de reforzamiento positivo en el laboratorio.

## Castigo

Una madre regaña a su hijo por correr en la calle; el jefe critica a su subalterno por haber llegado tarde a una reunión; un profesor da a un estudiante una calificación reprobatoria por responder demasiadas preguntas de la prueba de forma incorrecta. Estos son ejemplos de **castigo** (también llamados **castigo positivo**). En un procedimiento de castigo, la respuesta instrumental produce un estímulo desagradable o aversivo. Hay una contingencia positiva entre la respuesta instrumental y el resultado del estímulo (la respuesta produce el resultado), pero el resultado es aversivo. Los procedimientos eficaces de castigo producen una disminución en la tasa de respuesta instrumental.

**TABLA 5.1 TIPOS DE PROCEDIMIENTOS DE CONDICIONAMIENTO INSTRUMENTAL**

| NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO | CONTINGENCIA DE RESPUESTA-RESULTADO | RESULTADO DEL PROCEDIMIENTO |
|---|---|---|
| Reforzamiento positivo | *Positivo*: la respuesta produce un estímulo apetitivo | *Reforzamiento* o aumento en la tasa de respuesta |
| Castigo (castigo positivo) | *Positivo*: la respuesta produce un estímulo aversivo | *Castigo* o disminución en la tasa de respuesta |
| Reforzamiento negativo (escape o evitación) | *Negativo*: la respuesta elimina o previene la aparición de un estímulo aversivo | *Reforzamiento* o aumento en la tasa de respuesta |
| Entrenamiento de omisión (RDO) o castigo negativo | *Negativo*: la respuesta elimina o previene la aparición de un estímulo apetitivo | *Castigo* o disminución en la tasa de respuesta |

© Cengage Learning

## Reforzamiento negativo

Abrir un paraguas para detener la lluvia que lo moja, colocarse el cinturón de seguridad para silenciar las campanadas en su auto, y ponerse sus gafas para protegerse de la luz del sol son ejemplos de **reforzamiento negativo**. En todos estos casos, la respuesta instrumental elimina un estímulo aversivo. Por tanto, existe una *contingencia negativa* entre la respuesta instrumental y el estímulo aversivo. Los procedimientos de reforzamiento negativo aumentan la respuesta instrumental. Es más probable que abra un paraguas, ya que hace que deje de mojarse cuando llueve.

La gente tiende a confundir el reforzamiento negativo y el castigo. En ambos procedimientos se utiliza un estímulo aversivo. Sin embargo, la relación de la respuesta instrumental al estímulo aversivo es drásticamente diferente. En los procedimientos de castigo, la respuesta instrumental produce el evento aversivo, mientras que en el reforzamiento negativo la respuesta elimina el evento aversivo. Esta diferencia en la contingencia respuesta-resultado produce consecuencias muy diferentes. La conducta instrumental se reduce en el castigo y se incrementa en el reforzamiento negativo.

## Entrenamiento de omisión o castigo negativo

En el entrenamiento de omisión o castigo negativo, la respuesta instrumental resulta en la eliminación de un estímulo agradable o apetitivo (Sanabria, Sitomer y Killeen, 2006). El entrenamiento de omisión se utiliza cuando a un niño se le da un tiempo fuera (por ejemplo, Donaldson y Vollmer, 2011) o se le dice que vaya a su habitación después de hacer algo malo. No hay nada de aversión en la habitación del niño. Más bien, al enviar al niño a la habitación, el padre retira las fuentes de reforzamiento positivo, como jugar con amigos o ver la televisión. La suspensión de la licencia de manejo a alguien por conducir ebrio también constituye **entrenamiento de omisión** o **castigo negativo** (retirar el placer y el privilegio de conducir). El entrenamiento de omisión o castigo negativo implica una contingencia negativa entre la respuesta y un evento ambiental (de ahí el término "negativo") y resulta en una disminución en la respuesta instrumental (de ahí el término "castigo"). Con frecuencia se prefiere el castigo negativo al castigo positivo como un método desalentador de la conducta humana, ya que no implica la entrega de un estímulo aversivo.

## RECUADRO 5.2

### *El RDO como tratamiento para la conducta autolesiva y otros problemas de conducta*

La conducta autolesiva es un hábito problemático que es evidente en algunos individuos con discapacidades del desarrollo. Bridget era una mujer de 50 años de edad con retraso mental profundo, cuya conducta autolesiva era agredir su cuerpo golpeando su cabeza contra los muebles, paredes y pisos. Las evaluaciones preliminares indican que el golpearse la cabeza se mantuvo por la atención que recibió de los demás cuando se golpeó la cabeza contra una superficie dura. Para desalentar la conducta autolesiva, fue puesto en marcha un procedimiento de entrenamiento de omisión, o RDO (reforzamiento diferencial de otras conductas) (Lindberg, Iwata, Kahng y DeLeon, 1999). El procedimiento de entrenamiento se llevó a cabo en sesiones de 15 minutos. Durante la fase de adiestramiento de omisión, Bridget fue ignorada cuando se golpeó la cabeza contra una superficie dura, pero recibió atención periódicamente si ella no se golpeaba la cabeza. La atención consistió en que el terapeuta hablaba con Bridget durante 3 a 5 segundos y, ocasionalmente, le acariciaba el brazo o la espalda. Los resultados del estudio se presentan en la figura 5.7. Durante las primeras 19 sesiones, cuando Bridget recibió atención por su conducta autolesiva, la tasa de golpes en la cabeza fluctuó en torno a seis respuestas por minuto. La primera fase de formación de RDO (sesiones 20 a 24) dio lugar a una rápida disminución de golpes en la cabeza. La conducta autolesiva volvió durante las sesiones 25 a 31 cuando se reintrodujo el estado básico. El entrenamiento de RDO se reanudó en la sesión 32 y se mantuvo en vigor por el resto del estudio. Estos resultados

*(Continúa)*

## RECUADRO 5.2 (continuación)

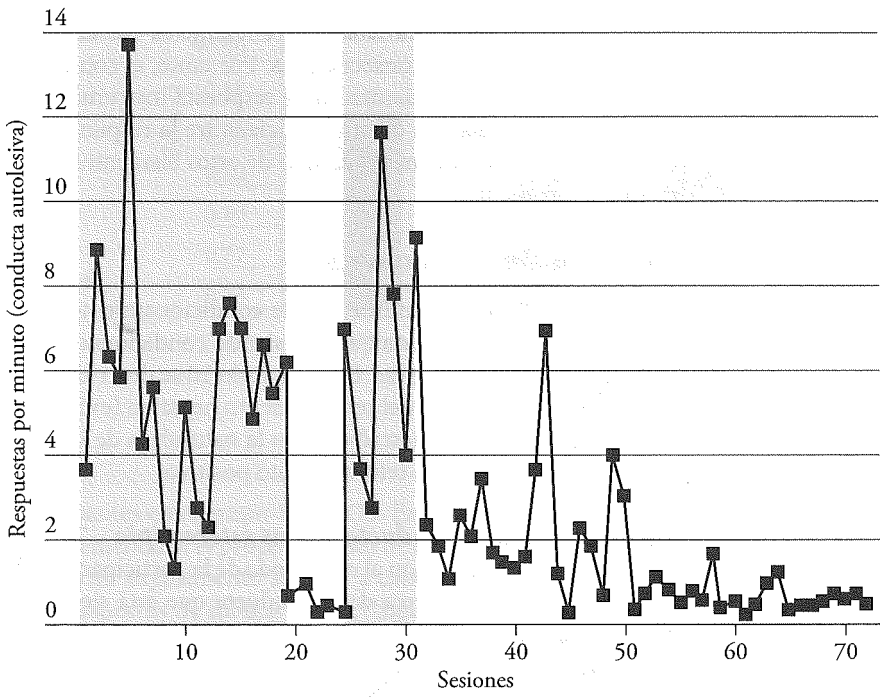



**FIGURA 5.7**
Cambio de conducta autolesiva de Bridget durante las sesiones del estado básico (1 a 19 y 25 a 31) y durante las sesiones en las que una contingencia de RDO estaba vigente (20 a 24 y 32 a 72). (Basado en Lindberg *et al*, 1999.)

muestran que la conducta de autolesión se redujo en el procedimiento de RDO. El estudio con Bridget ilustra varios principios generales. Uno de ellos es que la atención es un reforzador muy poderoso para la conducta humana. La gente hace todo tipo de cosas por atención. Al igual que con Bridget, incluso las respuestas que son perjudiciales para el individuo pueden desarrollarse si estas respuestas resultan en atención. Desafortunadamente, algunas respuestas son difíciles de ignorar, pero atendiéndolas, uno puede realmente animarlas. Un niño que se porta mal en una tienda o restaurante es difícil de ignorar, pero prestarle atención va a servir para animar la mala conducta. Al igual que con Bridget, el mejor enfoque es ignorar la conducta negativa y prestar atención cuando el niño está haciendo otra cosa. Reforzar deliberadamente otra conducta no es fácil y requiere un esfuerzo consciente de los padres.

Nadie cuestiona la necesidad de tal esfuerzo consciente en el entrenamiento de respuestas complejas en los animales. Como señaló Amy Sutherland (2008), los entrenadores de animales "no consiguieron que un león marino saludara por regañarlo. Tampoco enseñan a un babuino a voltear dirigiéndole críticas, ni a un elefante a pintar señalándole todo lo que hizo mal... Los entrenadores de animales recompensan progresivamente la conducta que quieren e, igualmente importante, ignoran la conducta que no desean" (p. 59). En su interesante libro, *What Shamu Taught Me About Life, Love, and Marriage*, Amy Sutherland afirma que se pueden utilizar provechosamente los mismos principios para lograr mejores resultados con su cónyuge no regañándolo por dejar sus calcetines sucios en el suelo, sino proporcionando atención y reforzamiento social para las respuestas diferentes a los malos hábitos.

Los procedimientos de entrenamiento de omisión también reciben el nombre de **reforzamiento diferencial de otras conductas (RDO)**. Este término pone de relieve el hecho de que en el entrenamiento de omisión, el individuo recibe periódicamente el estímulo apetitivo siempre y cuando realice una conducta diferente a la respuesta especificada por el procedimiento. Haciendo que la respuesta meta resulte en la omisión del reforzador que habría sido entregado, se logra que el individuo lleve a cabo alguna *otra* conducta. Por tanto, el entrenamiento de omisión implica el reforzamiento de otras conductas.

# Elementos fundamentales del condicionamiento instrumental

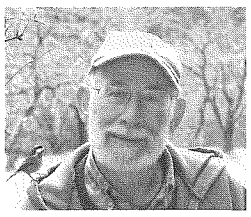
Como se verá en los capítulos siguientes, el análisis del condicionamiento instrumental implica numerosos factores y variables. Sin embargo, la esencia de la conducta instrumental es que está controlada por sus consecuencias. Por tanto, el condicionamiento instrumental implica fundamentalmente tres elementos: la respuesta instrumental, el resultado de la respuesta (el reforzador), y la relación o contingencia entre la respuesta y el resultado. En el resto de este capítulo se describirá cómo cada uno de estos elementos influye en el curso del condicionamiento instrumental.

## La respuesta instrumental

El resultado de los procedimientos de condicionamiento instrumental depende en parte de la naturaleza de la respuesta que está siendo condicionada. Algunas respuestas son más fácilmente modificadas que otras. En el capítulo 10 se describirá cómo la naturaleza de la respuesta influye en el resultado del reforzamiento negativo (**evitación**) y los procedimientos de castigo. En esta sección se describe cómo la naturaleza de la respuesta determina los resultados de los procedimientos de reforzamiento positivo.

***Variabilidad de la conducta* versus *estereotipia*** Thorndike describió la conducta instrumental haciendo alusión al *estampado* de la participación de una asociación E–R, mientras que Skinner escribió acerca de la conducta que está siendo fortalecida o *reforzada*. Ambos pioneros hicieron hincapié en que el reforzamiento aumenta la probabilidad de que la respuesta instrumental se repita en el futuro. Este énfasis alentó la creencia de que el condicionamiento instrumental produce repeticiones de la misma respuesta generando uniformidad o estereotipia en la conducta. La estereotipia en la respuesta se desarrolla si es permitida o requerida por el procedimiento de condicionamiento instrumental (por ejemplo, Schwartz, 1988). Sin embargo, esto no quiere decir que el condicionamiento instrumental no pueda ser utilizado para producir respuestas creativas o variables.

Estamos acostumbrados a pensar en la necesidad de que el reforzamiento sea una acción observable, como pulsar una palanca o golpear una pelota de béisbol. Sin embargo, curiosamente los criterios de reforzamiento también pueden definirse en términos de dimensiones más abstractas de conducta, tales como su novedad. La conducta requerida para el reforzamiento se puede definir como hacer algo diferente de lo que el participante hizo en los cuatro o cinco ensayos previos. Para satisfacer este requisito, el participante tiene que llevar a cabo cada ensayo de manera diferente. En tal procedimiento, la *variabilidad de la respuesta* es la base para el reforzamiento instrumental.



Cortesía de A. Neuringer

A. Neuringer

Numerosos experimentos con ratas de laboratorio, palomas y participantes humanos han demostrado que la variabilidad de respuesta aumenta si la variabilidad es la dimensión de respuesta necesaria para ganar reforzamiento (Neuringer, 2004; Neuringer y Jensen, 2010). En un estudio, se pidió a los estudiantes universitarios que dibujaran rectángulos sobre una pantalla de computadora (Ross y Neuringer, 2002). Se les dijo que tenían que dibujar rectángulos para obtener puntos, pero no se les dijo qué tipo de rectángulos debían dibujar. Para un grupo de participantes se dispensaba un punto si el rectángulo dibujado en un ensayo dado se diferenciaba de otros rectángulos que el estudiante dibujó previamente. El nuevo rectángulo tenía que ser novedoso en tamaño, forma y ubicación en la pantalla. Este grupo fue designado VAR para el requisito de *var*iabilidad. Los estudiantes de otro grupo fueron emparejados o unidos a los estudiantes en el grupo VAR, y recibieron un punto por cada ensayo en el que sus socios en el grupo VAR fueron reforzados. Sin embargo, los participantes UNIDOS no tenían requisitos sobre el tamaño, la forma o la ubicación de sus rectángulos.

Los resultados del experimento se muestran en la figura 5.8. Los estudiantes en el grupo VAR mostraron considerablemente mayor variabilidad en los rectángulos que dibujaron que

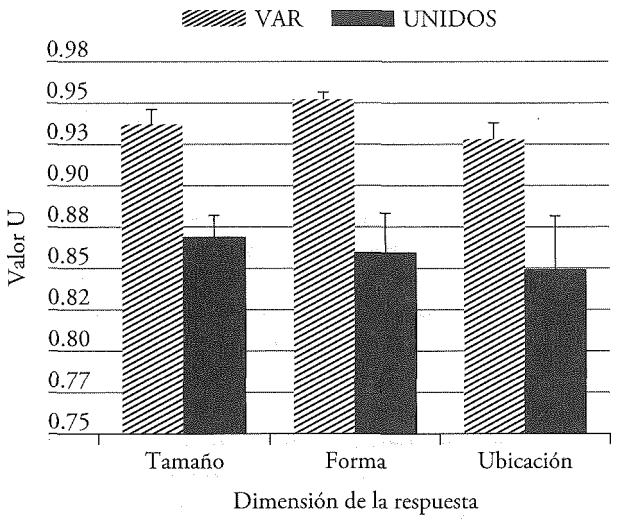



**FIGURA 5.8** Grado de variabilidad de la respuesta considerando tres dimensiones al dibujar un rectángulo (tamaño, forma y ubicación) para los participantes humanos que fueron reforzados para variar el tipo de rectángulos que dibujaron (VAR) o que recibieron el reforzamiento de las mismas pruebas pero sin ningún requisito para variar la naturaleza de sus dibujos (UNIDOS). Los valores más altos de U indican una mayor variabilidad en la respuesta. (Basado en Ross y Neuringer, 2002.)

los participantes en el grupo UNIDOS. Esto demuestra que la variabilidad de la respuesta se puede incrementar si el procedimiento de reforzamiento instrumental requiere una conducta variable. Otro experimento llevado a cabo por Ross y Neuringer (2002) demostró que los diferentes aspectos de dibujar un rectángulo (el tamaño, la forma y la ubicación) se pueden controlar independientemente uno de otro por contingencias de reforzamiento. Por ejemplo, los participantes a los que se pide dibujar rectángulos del mismo tamaño aprenderán a hacerlo, pero pueden variar la ubicación y la forma de los rectángulos que dibujan. En contraste, los participantes que deben elaborar la misma forma de rectángulo aprenderán a hacerlo mientras varían el tamaño y la ubicación de sus rectángulos.

Estos experimentos muestran que la variabilidad de la respuesta se puede aumentar con el condicionamiento instrumental. Estos experimentos también han demostrado que en ausencia de un reforzamiento explícito de la variabilidad, la respuesta se vuelve más estereotipada con un condicionamiento instrumental continuo (por ejemplo, Page y Neuringer, 1985). Por tanto, Thorndike y Skinner acertaron parcialmente al decir que la respuesta se hace más estereotipada con un condicionamiento instrumental continuo. Sin embargo, se equivocaron al sugerir que este es un resultado inevitable. Novedosas formas de respuesta pueden ser pro-

## RECUADRO 5.3

### *Efectos perjudiciales de la recompensa: más mito que realidad*

Los procedimientos de reforzamiento se han vuelto comunes en los centros educativos como una forma de alentar a los estudiantes a leer y hacer sus tareas. Sin embargo, algunos se han preocupado porque el reforzamiento pueda socavar el interés y la voluntad intrínseca de un niño para realizar una tarea una vez que se elimina el procedimiento de reforzamiento. Se han expresado preocupaciones similares acerca de los posibles efectos perjudiciales del reforzamiento en la creatividad y la originalidad. Una amplia investigación sobre estas cuestiones ha producido resultados inconsistentes. Sin embargo, metaanálisis más recientes de los resultados de numerosos estudios indican que en la mayoría de las circunstancias el reforzamiento aumenta las respuestas creativas sin reducir la motivación intrínseca (Akin-Little *et al*, 2004; Byron y Khazanchi, 2012; Cameron, Banko y Pierce, 2001). La investigación con niños también indica que el reforzamiento hace que los niños respondan con menos originalidad sólo bajo circunstancias limitadas (por ejemplo, Eisenberger y Shanock, 2003). Como en los experimentos con palomas y ratas de laboratorio, el reforzamiento puede aumentar o disminuir la variabilidad de la respuesta dependiendo del criterio para el reforzamiento. Si se requiere que la respuesta sea muy original para obtener reforzamiento, aumenta la originalidad, a condición de que el reforzador no sea tan relevante como para distraer al participante de la tarea. (Para una discusión más general de la creatividad, ver Stokes, 2006.)

ducidas fácilmente por el condicionamiento instrumental si la variación de la respuesta es un requisito para el reforzamiento.

***Relevancia o pertinencia en el condicionamiento instrumental*** Como la sección anterior mostró, el condicionamiento instrumental puede actuar sobre dimensiones abstractas de la conducta, como su variabilidad. ¿Qué tan lejos se extienden estos principios? ¿Hay alguna limitación en los tipos de nuevas unidades de conducta o dimensiones de respuesta que pueden ser modificados por el condicionamiento instrumental? Un creciente cuerpo de evidencia indica que hay limitaciones importantes.

En el capítulo 4 se describió cómo ocurre el condicionamiento clásico a ritmos diferentes en función de la combinación de los estímulos condicionados e incondicionados utilizados. Por ejemplo, las ratas aprenden fácilmente a asociar los sabores con la enfermedad, pero las asociaciones entre los sabores y la descarga no se aprenden tan fácilmente. Para que el condicionamiento se produzca rápidamente, el EC tiene que ser pertinente o relevante para el EI. En el condicionamiento instrumental se producen relaciones análogas de pertinencia y relevancia. Como Jozefowiez y Staddon (2008) comentaron: "Una conducta no puede ser reforzada por un reforzador si no está naturalmente ligada a ese reforzador en el repertorio del animal" (p. 78).

Este tipo de vinculación natural fue observado por primera vez por Thorndike. En muchos de sus experimentos con cajas problema, el gato tuvo que manipular un pestillo o cuerda para escapar de la caja. Sin embargo, Thorndike también trató de que los gatos se rascaran o bostezaran para que los dejaran salir de una caja problema. Los gatos pueden aprender a realizar estas respuestas. Sin embargo, la forma de las respuestas cambió a medida que el entrenamiento avanzó. En un primer momento, el gato se rascaba vigorosamente para que lo dejaran salir de la caja. En ensayos posteriores, sólo haría los movimientos de rascado inconclusos. Podía poner su pata trasera sobre su cuerpo, pero no sería una verdadera respuesta de rascado. Se obtuvieron resultados similares en los intentos de condicionar el bostezo. Conforme el entrenamiento avanzaba, el animal abriría la boca, pero no daría un bostezo *genuino*.

Thorndike utilizó el término **pertinencia** para explicar sus fracasos en el entrenamiento del rascado y el bostezo como respuestas instrumentales. Según este concepto, ciertas respuestas son naturalmente *pertinentes con* el reforzador debido a la historia evolutiva del animal. El manejo de un pestillo y jalar de una cadena son respuestas de manipulación que están naturalmente relacionadas con la liberación del confinamiento. Por el contrario, el rascado y el bostezo característicamente no ayudan a los animales a escapar de su encierro, y por tanto no son *pertinentes con* la liberación de una caja problema.

El concepto de pertinencia en el condicionamiento instrumental está muy bien ilustrado por un estudio más reciente que involucra una pequeña especie de peces, el pez espinoso (*Gasterosteus aculeatus*). Cada primavera durante la época de celo, los peces espinosos machos establecen territorios en los que cortejan a las hembras pero ahuyentan y combaten a otros machos. Sevenster (1973) utilizó la presentación de otro macho o una hembra como reforzador en el condicionamiento instrumental de los peces espinosos machos. En un grupo de peces se requería que mordieran una varilla para obtener acceso al reforzador. Cuando el reforzador era otro macho, la conducta de morder aumentó; el acceso a otro macho era un reforzador efectivo para la respuesta de morder. Por el contrario, el morder no aumentó cuando se reforzaba con la presentación de un pez hembra. Sin embargo, la presentación de una hembra era un reforzador efectivo para otras respuestas, como nadar a través de un anillo. Morder "es pertinente con" la defensa del territorio y puede ser reforzado por la presentación de un macho potencialmente competidor. Por el contrario, el morder no es pertinente para la presentación de una hembra, que normalmente provoca el cortejo en lugar de la agresión.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

M. Breland-Bailey

Las dificultades de Thorndike en el condicionamiento del rascado y el bostezo no tuvieron mucho impacto en la teoría de la conducta hasta que ejemplos de mala conducta fueron documentados por Breland y Breland (1961). Los Breland establecieron un negocio para entrenar a los animales a realizar cadenas de respuesta de entretenimiento para pantallas de parques de atracciones y parques zoológicos. Durante el curso de este trabajo ellos observaron cambios

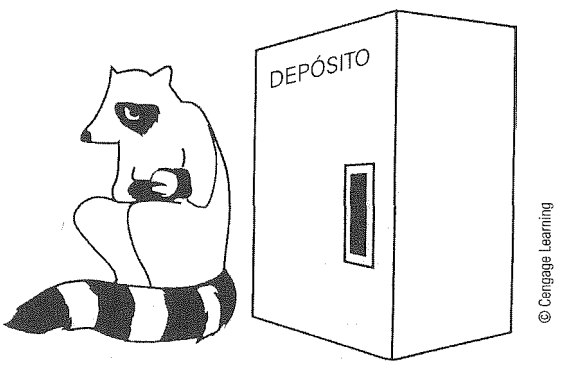
de conducta dramáticos que no eran congruentes con los procedimientos de reforzamiento que estaban usando. Por ejemplo, describieron a un mapache que fue reforzado para recoger una moneda y depositarla en un cajón de monedas:

> *Empezamos reforzándolo para recoger una sola moneda. A continuación se introdujo el recipiente metálico con el requisito de que depositara la moneda en el recipiente. Aquí nos encontramos con la primera dificultad: el mapache parecía tener una gran cantidad de problemas para dejar la moneda. Se frotaba contra el interior del recipiente, tiraba de él hacia atrás, y se agarraba firmemente durante varios segundos. Sin embargo, finalmente la soltaba y recibía su reforzamiento con comida. Entonces la contingencia definitiva: nosotros [necesitábamos] que recogiera [dos] monedas y las pusiera en el recipiente.*
>
> *Ahora el mapache realmente tenía problemas (y también nosotros). No sólo no iba a soltar las monedas, sino que pasó segundos, incluso minutos, frotándolas (de la manera más avara) y sumergiéndolas en el recipiente. Continuó esta conducta hasta el punto de que la aplicación práctica que teníamos en mente —una pantalla presentando un mapache colocando el dinero en una alcancía— no era viable. La conducta de frotar fue empeorando con el paso del tiempo a pesar del no reforzamiento* (p. 682).

"The Misbehavior of Organisms", K. Breland y Breland M., 1961, *American Psychologist, 16*, p. 682.

Los Breland tenían dificultades similares con otras especies. Por ejemplo, los cerdos tampoco podían aprender a poner monedas en una alcancía. Después del entrenamiento inicial, empezaron a esparcir las monedas por el suelo. Los Breland llaman al desarrollo de este tipo de respuestas **deriva instintiva**. Como el término lo indica, las respuestas adicionales que se desarrollaron en estas situaciones de reforzamiento alimenticio eran actividades que los animales instintivamente realizan en la obtención de comida. Los cerdos esparcen objetos por el suelo en relación con la alimentación, y los mapaches frotan y remojan objetos relacionados con los alimentos. Estas respuestas naturales relacionadas con los alimentos eran aparentemente muy fuertes y compitieron con las respuestas requeridas por los procedimientos de entrenamiento. Los Breland insisten en que tales tendencias de respuesta instintiva tienen que ser tomadas en cuenta en el análisis de la conducta.

***Sistemas de conducta y restricciones en el condicionamiento instrumental*** Las limitaciones de respuesta en el condicionamiento instrumental descritas anteriormente son consistentes con la teoría de los sistemas de conducta. Se ha descrito previamente esta teoría en el capítulo 4, en las discusiones sobre la naturaleza de la respuesta condicionada (ver Timberlake, 2001; Timberlake y Lucas, 1989). Según la teoría de los sistemas de conducta, cuando un animal es privado de comida y se encuentra en una situación en la que podría encontrar alimento, su sistema de alimentación se activa y comienza a participar en la búsqueda de comida y otras actividades relacionadas con la alimentación. Sobre este sistema de conducta




Es difícil condicionar mapaches con reforzamiento alimenticio para que dejen caer una moneda en una ranura.

se superpone un procedimiento de condicionamiento instrumental. La eficacia del procedimiento en el aumento de una respuesta instrumental dependerá de la compatibilidad de esta respuesta con la organización preexistente del sistema de alimentación. Además, la naturaleza de otras respuestas que surgen durante el curso del entrenamiento (o la deriva instintiva) dependerá de los componentes conductuales del sistema de alimentación que se activan por el procedimiento de condicionamiento instrumental.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

S. J. Shettleworth

De acuerdo con el enfoque de los sistemas de conducta, debemos ser capaces de predecir qué respuestas aumentarán con el reforzamiento alimenticio mediante el estudio de qué hacen los animales cuando su sistema de alimentación se activa en ausencia de condicionamiento instrumental. Esta predicción se ha confirmado de varias maneras. Por ejemplo, en un estudio de los efectos de la privación de alimentos en hámsters, Shettleworth (1975) encontró que las respuestas que se hacen más probables cuando el animal tiene hambre son reforzadas fácilmente con los alimentos, mientras que las respuestas que se hacen menos probables cuando el animal tiene hambre son difíciles de entrenar como respuestas instrumentales.

Otra forma de diagnosticar si una respuesta es parte de un sistema de conducta es llevar a cabo un experimento de condicionamiento clásico. A través del condicionamiento clásico un EC desencadena componentes del sistema de conducta activados por el EI. Si la *deriva instintiva* refleja las respuestas del sistema de conducta en un experimento de condicionamiento clásico, las respuestas similares a la deriva instintiva deben ser evidentes. Timberlake y sus colegas (ver Timberlake, 1983; Timberlake, Wahl y King, 1982) confirmaron esta predicción en estudios con ratas.

## El reforzador instrumental

Varios aspectos de un reforzador determinan sus efectos sobre el aprendizaje y el desempeño de la conducta instrumental. Primero se considerarán los efectos directos de la cantidad y calidad de un reforzador sobre la conducta instrumental. Después se discutirá cómo la respuesta a una cantidad y tipo de recompensa particular depende de la experiencia pasada del organismo con otros reforzadores.

***Cantidad y calidad del reforzador*** La cantidad y calidad de un reforzador son variables obvias que se esperaría que determinaran la efectividad del reforzamiento positivo. Esto es especialmente cierto en el extremo. Si un reforzador es muy pequeño y de mala calidad, no aumentará la respuesta instrumental. De hecho, los estudios llevados a cabo en callejones rectos generalmente muestran carreras más rápidas con reforzadores más grandes y más apetecibles (ver Mackintosh, 1974, para una revisión).

La magnitud del reforzador también influye en la tasa de respuesta del operante libre. Chad, un niño de 5 años de edad con diagnóstico de autismo, fue participante en un estudio de los efectos de la cantidad del reforzamiento sobre la respuesta del operante libre (Trosclair-Lasserre *et al*, 2008). La evaluación preliminar indicaba que la atención social era un reforzador efectivo para Chad. La atención consistía en alabanza, cosquillas, abrazos, canciones, cuentos y juegos interactivos. Si Chad apretaba un botón el tiempo suficiente para producir un clic audible, recibía atención social para 10, 105 o 120 segundos. Chad prefería reforzadores de 120 segundos sobre reforzadores de tan sólo 10 segundos.

Se utilizó un programa de razón progresiva de reforzamiento para evaluar los efectos de la magnitud del reforzador. Los programas de reforzamiento serán descritos con mayor detalle en el capítulo 6. Por ahora basta con señalar que en un programa de razón progresiva el participante tiene que hacer un mayor número de respuestas para obtener el reforzador. Al inicio de cada sesión, Chad sólo tuvo que pulsar un botón para obtener el reforzador, pero a medida que avanzaba la sesión, el número de pulsaciones de botones necesario para cada reforzador aumentó progresivamente (de ahí el nombre de *programa de razón progresiva*). El requisito de respuesta fue alcanzado de entre 1 pulsación hasta 2, 5, 10, 20, 30 y, finalmente, 40 pulsaciones por reforzador.

Los resultados del experimento se presentan en la figura 5.9 en términos de la cantidad de veces que Chad obtuvo cada reforzador en función de la cantidad de veces que tenía que

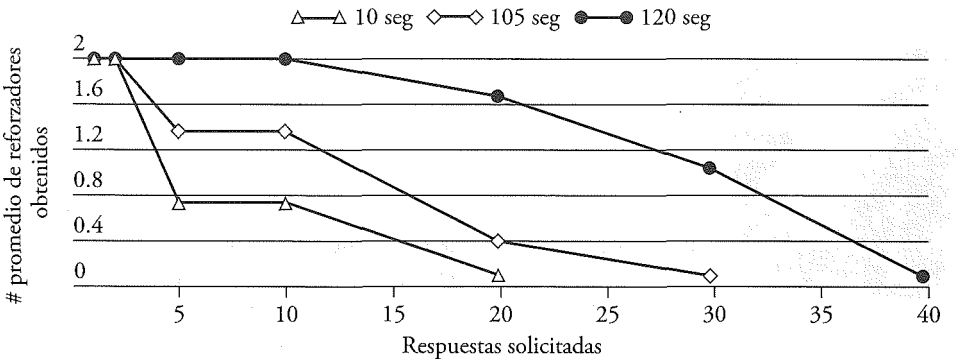



**FIGURA 5.9** Número promedio de reforzadores obtenidos por Chad por sesión a medida que la respuesta solicitada se incrementó de 1 a 40. (El máximo posible era dos reforzadores por sesión en cada respuesta solicitada.) Observe que la respuesta se mantuvo mucho más eficaz frente al aumento de la respuesta solicitada cuando el reforzador fue de 120 segundos de duración. (Trosclair-Lasserre *et al*, 2008, figura 3, p. 215.)

presionar el botón. Como era de esperar, el aumento del número de pulsaciones necesarias se tradujo en un menor número de reforzadores obtenidos para las tres magnitudes del reforzador. El aumento de la respuesta solicitada de 1 a 20 produjo un rápido descenso en el número de reforzadores obtenidos si el reforzador fue de 10 segundos. La disminución fue menos evidente si el reforzador era de 105 segundos. Cuando el reforzador fue de 120 segundos, apenas una disminución fue evidente hasta que la respuesta solicitada se elevó a 30 o 40 pulsaciones de botón para cada reforzador. Por tanto, el reforzador ya era mucho más eficaz en el mantenimiento de la respuesta instrumental.

También se ha encontrado que la magnitud del reforzador es un factor importante en los programas de vales para el reforzamiento de la abstinencia en el tratamiento del trastorno por abuso de sustancias. Las personas que son adictas a la cocaína, las metanfetaminas, opiáceos u otras drogas han sido tratadas con éxito en los programas basados en los principios del condicionamiento instrumental (Higgins, Heil y Sigmon, 2012). La respuesta objetivo en estos programas es la ausencia del consumo de drogas, que se ha verificado por pruebas toxicológicas realizadas dos o tres veces por semana. El reforzamiento se proporciona en forma de vales que pueden ser canjeados por dinero.

Un metaanálisis de estudios exitosos de los programas de reforzamiento con vales indicó que la magnitud del reforzador contribuyó significativamente a la abstinencia (Lussier *et al*, 2006). Estudios en los que los individuos podían ganar más de 10 dólares por día por mantenerse libres de drogas mostraron un mayor éxito en el fomento de la abstinencia que aquellos que ganaron pagos más pequeños. Proporcionar el reforzador poco después de la evidencia de la abstinencia era también importante. Obtener un pago justo después de la prueba de drogas fue más eficaz que obtenerlo uno o dos días después. Se hablará más acerca de la importancia del reforzamiento inmediato más adelante en este capítulo.

***Cambios en la calidad o cantidad del reforzador*** La efectividad de un reforzador depende no sólo de su calidad y cantidad, sino también de lo que el sujeto recibió previamente. Si un adolescente recibe un subsidio de 25 dólares por semana, una disminución de $10 puede ser una gran decepción. Pero si él o ella nunca se acostumbró a recibir $25 por semana, un subsidio de $10 puede parecerle bien. Como sugiere este ejemplo, la efectividad de un reforzador depende no sólo de sus propiedades, sino también de la forma en que el reforzador se compara con otros que el individuo recibió en el pasado reciente.

En el capítulo 4 se vio que la eficacia de un EI en el condicionamiento clásico depende de cómo se compara el EI con las expectativas de la persona sobre la base de la experiencia previa. Esta idea fue la base del modelo Rescorla-Wagner. Si el EI es más grande (o más intenso) de lo esperado, apoyará el condicionamiento excitatorio. Por el contrario, si es más pequeño (o más débil) de lo esperado, el EI apoyará el condicionamiento inhibitorio. Efectos análogos ocurren en el condicionamiento instrumental. Numerosos estudios han demostrado que los efectos de una cantidad y tipo de reforzador particular dependen de la cantidad y la calidad



Cortesía de Donald A. Dewsbury

C. F. Flaherty

de los reforzadores que el individuo experimentó previamente. Hablando en términos vagos, una gran recompensa es tratada como especialmente buena después del reforzamiento con una pequeña recompensa, y una pequeña recompensa se considera especialmente mala después del reforzamiento con una gran recompensa (para una revisión completa, consulte Flaherty, 1996). Estos fenómenos se denominan efectos positivos y negativos del **contraste conductual**.

Los efectos de contraste conductual fueron descritos por primera vez por Crespi (1942) y desde entonces se han documentado en una variedad de situaciones. Un claro ejemplo de contraste conductual negativo fue reportado recientemente por Ortega y sus colaboradores (2011). A las ratas de laboratorio se les dio a beber una solución de sacarosa durante 5 minutos cada día. Para un grupo de ratas, la solución de sacarosa fue siempre al 4% durante todo el experimento. Para un segundo grupo, la solución de sacarosa era mucho más sabrosa (al 32%) en los primeros 10 ensayos, y luego se redujo al 4% para los cuatro ensayos restantes.

La cantidad de tiempo que las ratas pasaron lamiendo la solución de sacarosa en cada ensayo se resume en la figura 5.10. Observe que durante los primeros 10 ensayos las ratas pasaron un poco más de tiempo lamiendo la solución de sacarosa al 32% más sabrosa que la solución al 4%. Sin embargo, cuando la solución de 32% se cambió a 4%, estas ratas mostraron una disminución dramática en el tiempo que pasaban lamiendo. De hecho, el grupo cambiado lamió significativamente menos de la sacarosa al 4% en los ensayos 11 y 12 que el grupo que recibió sacarosa al 4% todo el tiempo. Esto ilustra el fenómeno del *contraste conductual negativo.*

Los efectos del contraste conductual pueden ocurrir ya sea debido a un cambio en la magnitud de una recompensa previa (como en la figura 5.10) o debido a una recompensa anticipada. El contraste de conducta debido a una gran recompensa esperada puede explicar una paradoja de larga permanencia en la literatura sobre el uso indebido de drogas. La paradoja surge de dos resultados aparentemente contradictorios. La primera es que el abuso de drogas, como la cocaína, apoyará el condicionamiento de un lugar de preferencia en animales de laboratorio. Las ratas que recibieron la cocaína en una cámara distintiva elegirán esa zona a un lugar donde no la recibían. Esto sugiere que la cocaína es reforzante. El hallazgo en conflicto es que las ratas tratadas con una solución de sacarina para beber antes de recibir la cocaína suprimen su ingesta de sacarina. Por tanto, la cocaína puede condicionar una aversión al sabor a pesar de que parece ser reforzante en el condicionamiento de la preferencia de lugar. Grigson y sus colegas han realizado una serie de estudios que sugieren que la aversión a la sacarina condicionada por la cocaína refleja un efecto de contraste anticipatorio (Grigson *et al*, 2008). Debido a que la cocaína es tan altamente reforzante y ocurre después de la exposición a la sacarina, el sabor de la sacarina pierde su valor hedónico en anticipación del valor hedónico mucho mayor de la cocaína. Este tipo de *contraste anticipatorio negativo* puede explicar por qué las personas adictas a la cocaína obtienen poca satisfacción de los reforzadores convencionales (una comida sabrosa) que otros disfrutan a diario.

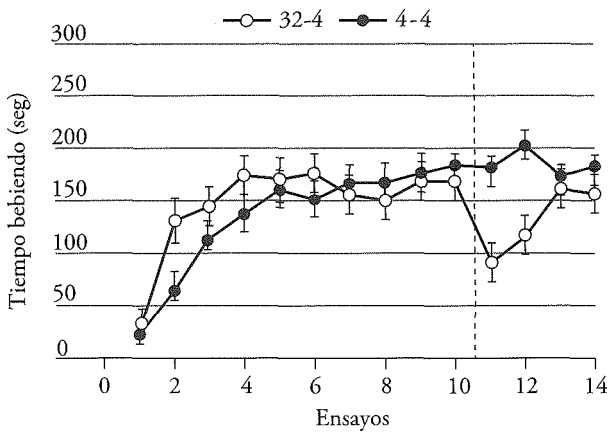



**FIGURA 5.10** Tiempo dedicado por las ratas a beber cuando la solución de sacarosa era al 32% o al 4%. Las ratas en el grupo 32-4 fueron cambiadas al de sacarosa al 4% después del ensayo 10. (Basado en Ortega *et al*, 2011.)

## La relación respuesta-reforzador

El sello distintivo de la conducta instrumental es que es producida y controlada por sus consecuencias. En algunos casos hay una fuerte relación entre lo que una persona hace y las consecuencias de esa acción. Si coloca un dólar en una máquina de refrescos, recibirá una lata de refresco. Mientras la máquina está funcionando, usted recibirá su lata de refresco cada vez que coloque el dinero necesario. En otros casos no existe una relación entre la conducta y un resultado. Usted puede usar su sombrero de la suerte para un examen y obtener una buena calificación, pero la calificación no estaría causada por el sombrero. La relación entre la conducta y sus consecuencias también puede ser probabilística. Por ejemplo, es posible que tenga que marcar varias veces antes de llegar a hablar con su amigo por teléfono.

El humano y otros animales realizan una corriente continua de respuestas y se encuentran con todo tipo de eventos ambientales. Uno siempre está haciendo algo, incluso si sólo está sentado, y las cosas están sucediendo continuamente en el entorno. Algunas de las cosas sí tienen consecuencias; otras no. No tiene sentido trabajar duro para hacer salir el Sol cada mañana porque eso va a suceder de todos modos. En su lugar, usted debe dedicar su energía para preparar el desayuno o trabajar por un sueldo: cosas que no suceden sin su esfuerzo. Para ser eficaz, usted tiene que saber cuándo tiene que hacer algo para obtener un reforzador y cuándo es probable que lo reciba independientemente de sus acciones. La conducta instrumental eficiente requiere sensibilidad a la relación respuesta-reforzador.

En realidad, hay dos tipos de relaciones entre una respuesta y un reforzador (Williams, 2001). Uno de ellos es la **relación temporal**. La relación temporal se refiere al tiempo entre la respuesta y el reforzador. Un caso especial de relación temporal es la **contigüidad temporal**. La contigüidad temporal se refiere a la entrega del reforzador inmediatamente después de la respuesta. El segundo tipo de relación entre una respuesta y el reforzador es la *relación causal* o la **contingencia respuesta-reforzador**. La contingencia respuesta-reforzador se refiere a la medida en que la respuesta instrumental es necesaria y suficiente para producir el reforzador.

Los factores temporales y causales son independientes el uno del otro. Una relación temporal fuerte no requiere una relación causal fuerte, y viceversa. Por ejemplo, hay una fuerte relación causal entre enviar la ropa a la tintorería y tener ropa limpia de nuevo. Sin embargo, el retardo temporal puede ser un día o dos.

***Efectos de la relación temporal*** Después del primer trabajo de Grice (1948), los psicólogos del aprendizaje han enfatizado correctamente que el condicionamiento instrumental requiere proporcionar el reforzador inmediatamente después de la ocurrencia de la respuesta instrumental. Grice informó que el aprendizaje instrumental puede ser interrumpido por demoras de tan sólo 0.5 segundos. Investigaciones más recientes han indicado que el condicionamiento instrumental es posible con demoras de hasta 30 minutos (Critchfield y Lattal, 1993; Okouchi, 2009). Sin embargo, el hecho es que el reforzamiento inmediato es mucho más eficaz.

Los efectos del reforzamiento demorado en el aprendizaje de la respuesta de presionar una palanca en ratas de laboratorio se muestran en la figura 5.11 (Dickinson, Watt y Griffiths, 1992). Cada vez que las ratas presionaron la palanca se generó una bolita de comida para ser entregada después de una demora fija. Para algunas ratas la demora fue corta (2-4 segundos). Para otras la demora fue considerable (64 segundos). Si la rata presionaba la palanca de nuevo durante el intervalo de demora, la nueva respuesta daba lugar a otra bolita de comida después de la demora especificada. (En otros estudios, tales respuestas *extra* se programaron para restablecer el intervalo de demora.) La figura 5.11 muestra las tasas de respuesta como una función de la demora promedio del reforzamiento experimentado por cada grupo. La respuesta disminuyó con bastante rapidez con aumentos en la demora del reforzamiento. En este experimento, el aprendizaje no fue evidente bajo 64 segundos de demora del reforzamiento.

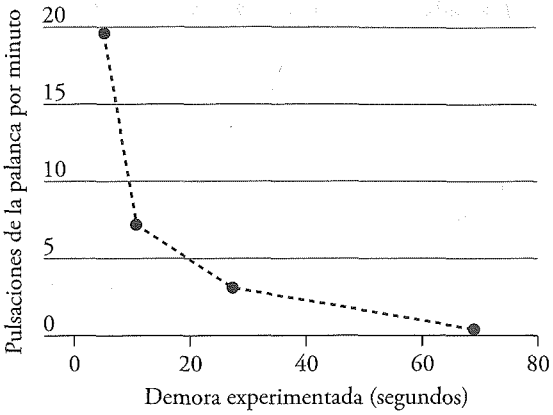
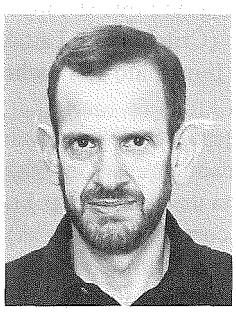



**FIGURA 5.11** Efectos de la demora del reforzamiento en la adquisición de la presión de la palanca en ratas. (Basado en "Free-Operant Acquisition with Delayed Reinforcement", A. Dickinson, A. Watt, y W. J. H Griffiths, 1992, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 45B*, pp. 241-258.)

¿Por qué el condicionamiento instrumental es tan sensible a una demora del reforzamiento? Un gran culpable es el problema de la asignación-crédito. Con el reforzamiento demorado es difícil averiguar qué respuesta merece el crédito para la entrega del reforzador. Como se señaló anteriormente, la conducta es un flujo constante, continuo, de actividades. Cuando el reforzamiento se demora después de la ejecución de una respuesta específica, R1, el participante no deja de hacer cosas. Después de realizar R1, el participante puede realizar R2, R3, R4, y así sucesivamente. Si el reforzador es producido por R1 y no ha sido entregado sino hasta algún tiempo después, el reforzador puede ocurrir inmediatamente después de alguna otra respuesta, digamos R6. Para asociar R1 con el reforzador, el participante tiene que tener alguna forma de distinguir R1 de las otras respuestas que realiza durante el intervalo de demora.

Hay un par de maneras de superar el problema de la asignación de crédito. La primera técnica, utilizada por los adiestradores de animales y los entrenadores durante siglos, es proporcionar un reforzador secundario o condicionado inmediatamente después de la respuesta instrumental, incluso si no se puede producir el reforzador primario sino hasta un tiempo después (Cronin, 1980; Winter y Perkins, 1982). Un **reforzador condicionado o secundario** es un estímulo condicionado que se asoció anteriormente con el reforzador. Estímulos verbales en el entrenamiento, como "bueno", "sigue adelante" y "esa es la forma" son reforzadores condicionados que pueden proporcionar un reforzamiento inmediato de la conducta apropiada. En la metodología *clicker* para el entrenamiento de los animales, el sonido de un *clicker* está vinculado en primer lugar con la entrega de alimentos para hacer que el *clicker* sea un reforzador condicionado eficaz. Entonces el *clicker* se puede entregar inmediatamente después de una respuesta deseada, incluso si el reforzador comida principal se demora. Los entrenadores efectivos y los adiestradores de animales están constantemente brindando retroalimentación verbal inmediata como reforzadores condicionados.



Cortesía de D. A. Lieberman

D. A. Lieberman

Otra técnica que facilita el aprendizaje con el reforzamiento demorado consiste en *marcar* de alguna manera la respuesta instrumental objetivo para que sea distinguible de las otras actividades del organismo. El marcado se puede lograr mediante la introducción de un breve destello de luz o ruido después de la respuesta objetivo, o levantar al animal e introducirlo a una caja de retención durante el intervalo de demora. David Lieberman y sus colegas (Lieberman, McIntosh y Thomas, 1979) fueron los primeros en demostrar la eficacia de un **procedimiento de marcado**, y desde entonces ha sido replicado en otros estudios (por ejemplo, Thomas y Lieberman, 1990; Urcuioli y Kasprow, 1988).

En una variación interesante del procedimiento de marcado, Williams (1999) comparó en tres grupos de ratas el aprendizaje de una respuesta de presión sobre una palanca. Para cada grupo, el reforzador de alimento se demoró 30 segundos después de una pulsación de la palanca de respuesta. (Se ignoró cualquier pulsación de palanca adicional durante el intervalo de demora.) El grupo sin señal recibió este procedimiento sin un estímulo marcado. Para el grupo marcado se presentó una luz por 5 segundos justo después de cada presión de

la palanca. Para un tercer grupo de sujetos (llamado grupo *de bloqueo*), la luz se presentó por 5 segundos al final del intervalo de demora, justo antes de la entrega de alimento.

Los resultados del experimento se muestran en la figura 5.12. Las ratas en el grupo sin señal mostraron poca respuesta durante los primeros tres bloques de dos ensayos y sólo alcanzaron niveles modestos de presión de la palanca después de esto. En contraste, el grupo marcado mostró un aprendizaje mucho más robusto. Claramente, la introducción de un breve destello de luz para marcar cada respuesta de presión de la palanca facilitó sustancialmente el aprendizaje con la demora del reforzamiento de 30 segundos. En contraste, la colocación de la luz al final del intervalo de demora, justo antes de la comida, tenía el efecto opuesto. Las ratas en el grupo de bloqueo nunca aprendieron la respuesta de presionar la palanca. Para esos animales, la luz llegó a estar asociada con la comida, y esto bloqueó el condicionamiento de la respuesta instrumental. (Para una discusión adicional del reforzamiento demorado, ver Lattal, 2010.)



Cortesía de B. A. Williams

B. A. Williams

***Contingencia respuesta-reforzador*** Como se señaló anteriormente, la contingencia respuesta-reforzador se refiere a la medida en que la entrega del reforzador depende de la ocurrencia previa de la respuesta instrumental. En los estudios de la demora en el reforzamiento existe una relación causal perfecta entre la respuesta y el reforzador, pero el aprendizaje se interrumpe. Esto demuestra que una relación causal perfecta entre la respuesta y el reforzador no es suficiente para producir una respuesta instrumental vigorosa. Incluso con una relación causal perfecta, el condicionamiento no se produce si el reforzamiento se demora mucho tiempo. Estos datos alentaron a los primeros investigadores a concluir que la contigüidad respuesta-reforzador, en lugar de la contingencia, es el factor crítico que produce el aprendizaje

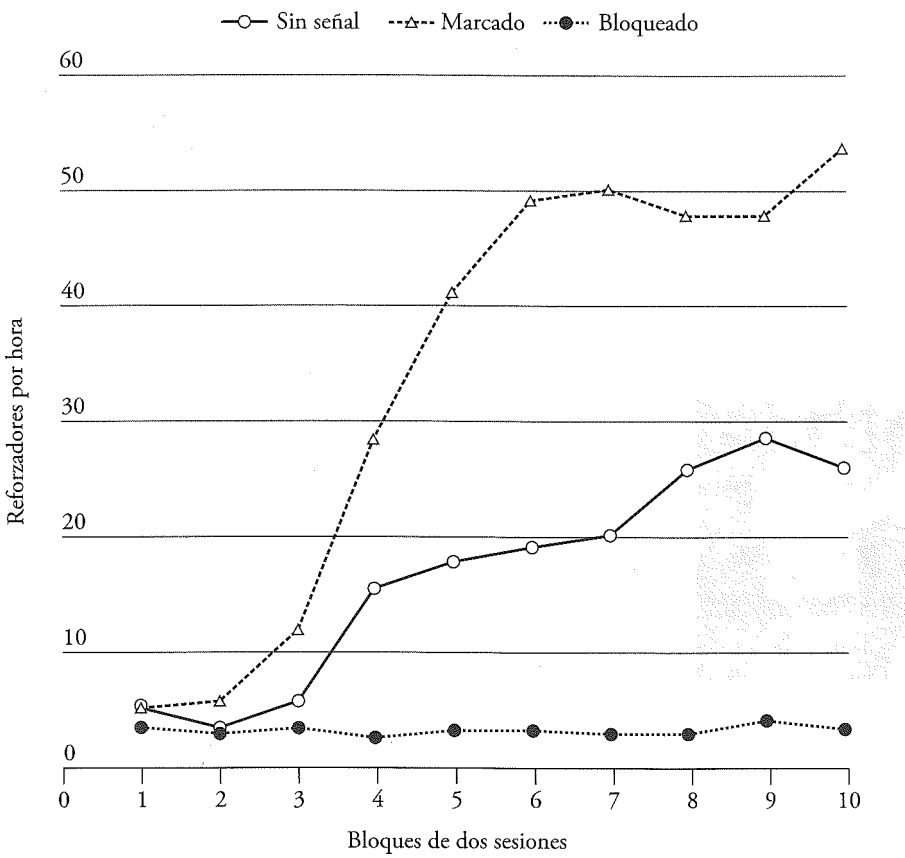



**FIGURA 5.12**
Adquisición de presionar una palanca en ratas con una demora de 30 segundos en el refuerzo. Para el grupo marcado se presentó una luz durante 5 segundos al principio del intervalo de demora, justo después de la respuesta instrumental. Para el grupo de bloqueo, la luz se introdujo al final del intervalo de demora, justo antes de la entrega de alimento. (Basado en Williams, 1999.)

instrumental. Sin embargo, este punto de vista ha resultado ser incorrecto. La contingencia respuesta-reforzador también es importante.

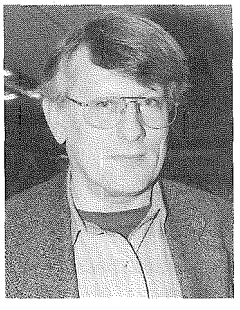
***Experimento de superstición de Skinner*** El papel de la **contigüidad** frente a la contingencia en el aprendizaje instrumental se convirtió en un problema importante con el experimento de superstición de Skinner (Skinner, 1948). Skinner colocó palomas en cámaras experimentales separadas y preparó el equipo para ofrecer un poco de comida cada 15 segundos, independientemente de lo que las palomas estuvieran haciendo. Las aves no estaban obligadas a picotear una tecla o a realizar cualquier otra respuesta para conseguir la comida. Después de algún tiempo, Skinner volvió a ver lo que sus aves estaban haciendo. Describió algo de lo que vio de la siguiente manera:

> *En seis de los ocho casos las respuestas resultantes fueron tan claramente definidas que dos observadores pudieron ponerse de acuerdo perfectamente en el conteo de los casos. Un pájaro estaba condicionado para girar en sentido contrario de las manecillas del reloj por la jaula, haciendo dos o tres vueltas entre reforzamientos. Otro empujaba repetidamente su cabeza en una de las esquinas superiores de la jaula. Un tercio desarrolló una respuesta de "sacudimiento", como si colocara la cabeza debajo de una barra invisible y la levantara repetidamente.* (p. 168)

Las palomas parecían estar respondiendo como si su conducta controlara la entrega del reforzador cuando, de hecho, el alimento se proporcionó independientemente de lo que las palomas hicieran. En consecuencia, Skinner llamó a esto **conducta supersticiosa**.

La explicación de Skinner de la conducta supersticiosa se basa en la idea del **reforzamiento accidental** o **fortuito**. El reforzamiento fortuito se refiere al emparejamiento accidental de una respuesta con la entrega del reforzador. Los animales siempre están haciendo algo, aunque no se requieran respuestas particulares para obtener alimento. Skinner sugirió que cualquier respuesta que una paloma llevó a cabo justo antes de que consiguiera el alimento gratuito quedó fortalecida y posteriormente aumentó en frecuencia debido al reforzamiento fortuito. Un emparejamiento accidental de una respuesta con el alimento aumentó la probabilidad de que se produjera la misma respuesta justo antes de la próxima entrega de alimento. A medida que se repitió este proceso, la respuesta se llevó a cabo con la suficiente frecuencia para ser identificada como conducta supersticiosa.

La interpretación de Skinner era atractiva y coherente con opiniones del reforzamiento que habían sido ampliamente difundidas en ese momento. Impresionados por los estudios de demora del reforzamiento, los conductistas pensaban que la contigüidad temporal era el principal factor responsable del aprendizaje. El experimento de Skinner apareció para apoyar este punto de vista, y sugirió que una contingencia respuesta-reforzador positiva no era necesaria para el condicionamiento instrumental.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

J. E. R. Staddon

***Reinterpretación del experimento de superstición*** La atrevida afirmación de Skinner de que la contigüidad temporal, en lugar de la contingencia respuesta-reforzador, es más importante para el condicionamiento instrumental fue impugnada por evidencia empírica posterior. En un estudio de referencia, Staddon y Simmelhag (1971) repitieron el experimento de Skinner. Sin embargo, hicieron observaciones más extensas y sistemáticas. Definieron una variedad de respuestas, tales como orientación hacia el comedero, picoteo de la tecla de respuesta, aleteo, giro en cuartos de círculo y acicalamiento. Entonces registraron la frecuencia de cada respuesta según el momento en que se produjo durante el intervalo entre las entregas sucesivas gratuitas de alimento.

La figura 5.13 muestra los datos obtenidos por Staddon y Simmelhag para varias respuestas de una paloma. Claramente, algunas de las respuestas ocurrieron predominantemente hacia el final del intervalo entre reforzadores sucesivos. Por ejemplo, R1 y R7 (orientación del compartimento de alimento y algo de picoteo en la pared del compartimento) se produjeron al final del intervalo alimento-alimento con más frecuencia que en otras ocasiones. Staddon

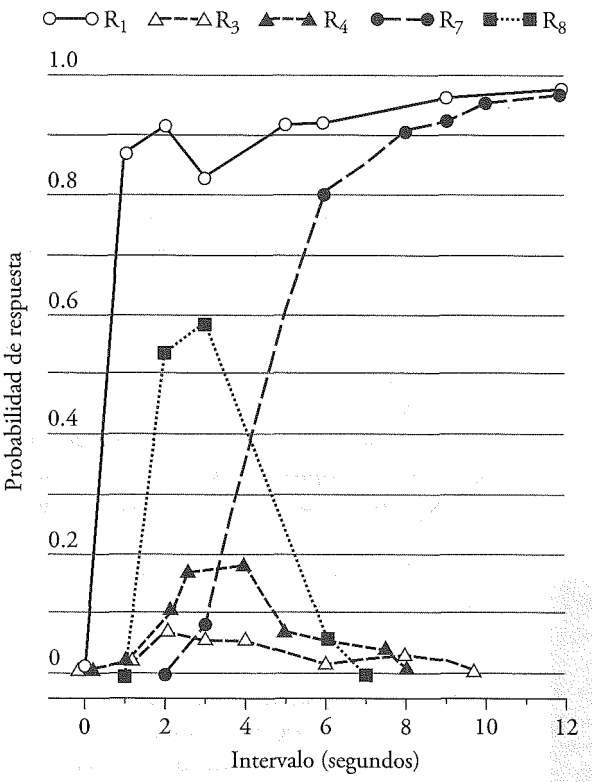



**FIGURA 5.13**
Probabilidad de varias respuestas como una función del tiempo entre las entregas sucesivas de un reforzador de alimento. R1 (orientación hacia la pared del compartimiento de comida) y R7 (algo de picoteo en la pared del compartimento) son respuestas terminales que tienen sus probabilidades más altas al final del intervalo entre las entregas de alimento. R3 (algo de picoteo en el suelo), R4 (un cuarto de círculo), y R8 (movimiento a lo largo de la pared del compartimento) son respuestas interinas que tienen sus probabilidades más altas en algún lugar cerca de la mitad del intervalo entre las entregas de alimento. ("The 'Superstition' Experiment: A Reexamination of Its Implications for the Principles of Adaptive Behavior", J. E. R. Staddon y V. L. Simmelhag, 1971, *Psychological Review, 78*, pp. 3-43.)

y Simmelhag llamaron a éstas **respuestas terminales**. Otras actividades aumentaron en frecuencia después de la entrega de alimento, y luego disminuyeron a medida que se acercaba el momento para la próxima entrega de alimento. Las palomas eran más propensas a participar en R8 y R4 (movimiento a lo largo de la pared del compartimento y hacer un cuarto de círculo) en algún lugar cerca de la mitad del intervalo entre las entregas de alimento. Estas actividades fueron llamadas **respuestas interinas**.

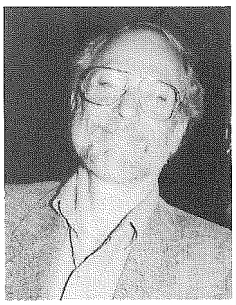
Qué acciones fueron respuestas terminales y cuáles fueron respuestas interinas no variaron mucho de una paloma a otra. Además, Staddon y Simmelhag no lograron encontrar evidencia de los efectos del reforzamiento accidental. Las respuestas no siempre aumentan en frecuencia simplemente porque ocurrieron en coincidencia con la entrega de alimento. La entrega de alimento parecía influir sólo en la fuerza de las respuestas terminales, incluso en las fases iniciales del entrenamiento.

La investigación posterior ha proporcionado mucha evidencia adicional de que las presentaciones de un reforzador a intervalos fijos producen regularidades de conducta, con ciertas respuestas predominando al final en el intervalo entre sucesivas presentaciones de alimento y otras respuestas predominantes previas al intervalo alimento-alimento (Anderson y Shettleworth, 1977; Innis, Simmelhag-Grant y Staddon, 1983; Silva y Timberlake, 1998). No está claro por qué Skinner no observó tales regularidades en su experimento. Una posibilidad es que se centró en distintos aspectos conductuales de diferentes aves en un esfuerzo por documentar que cada ave respondió de una manera única. Por ejemplo, es posible que se haya enfocado en la respuesta terminal de un ave y las respuestas interinas en otras. Investigadores posteriores también han observado algunas variaciones en la conducta entre los individuos, pero han hecho hincapié en las similitudes más llamativas en sus respuestas interinas y terminales.

***Explicación de la periodicidad de las respuestas interinas y terminales*** ¿A qué se debe el desarrollo similar de respuestas terminales e interinas en los animales expuestos a la misma programación de respuesta independiente de las presentaciones de alimento? Staddon

y Simmelhag (1971) sugirieron que las respuestas terminales son respuestas típicas de la especie que reflejan la anticipación del alimento conforme se acerca el momento de la próxima presentación de éste. Por el contrario, vieron las respuestas interinas como el reflejo de otras fuentes de motivación que son tempranamente prominentes en el intervalo entre alimentos, cuando es poco probable la presentación de la comida.

Investigadores posteriores han ampliado las ideas de Staddon y Simmelhag en el marco más exhaustivo de la teoría de los sistemas de conducta (Timberlake y Lucas, 1985; Silva y Timberlake, 1998). La idea fundamental es que las entregas periódicas de alimento activan el sistema de alimentación y las respuestas preorganizadas típicas de la especie de búsqueda de alimento y alimentación. Diferentes conductas se producen en función de cuándo fue la última entrega de comida y cuándo ocurrirá otra vez. Justo después de la entrega de alimento, se supone que el organismo mostrará respuestas de *búsqueda focalizada posterior a la comida* que involucren actividades cerca del comedero. A la mitad del intervalo entre las entregas de alimento (cuando los sujetos tienen menos probabilidades de obtenerlo), es evidente que las respuestas de *búsqueda general* llevarán al animal lejos del comedero. A medida que se acerca el momento de la próxima entrega de alimento, el sujeto mostrará respuestas de *búsqueda focalizada* que se concentran de nuevo cerca del comedero. En la figura 5.13, las respuestas terminales R1 y R7 se distribuyeron en el tiempo en la forma esperada de conducta de búsqueda focalizada, y R4 y R8 se distribuyeron de la manera esperada de las respuestas de búsqueda general.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

S. F. Maier

***Efectos de la capacidad de control de los reforzadores*** Una contingencia fuerte entre una respuesta instrumental y un reforzador significa esencialmente que la respuesta controla el reforzador. Con una contingencia fuerte, la ocurrencia del reforzador depende de si se ha producido la respuesta instrumental. Los estudios de los efectos de control sobre los reforzadores han proporcionado el más extenso cuerpo de evidencia de la sensibilidad de la conducta a las contingencias respuesta-reforzador. Algunos de estos estudios han implicado el reforzamiento positivo (por ejemplo, Job, 2002). Sin embargo, la mayor parte de la investigación se ha centrado en los efectos de control sobre la estimulación aversiva.

La investigación contemporánea sobre este problema se originó con los estudios pioneros de Overmier y Seligman (1967) y Seligman y Maier (1967), que investigaron los efectos de la exposición a la descarga incontrolable en el aprendizaje posterior de escape-evitación en los perros. El principal hallazgo fue que la exposición a descargas incontrolables interrumpe el aprendizaje posterior. Este fenómeno ha sido llamado **efecto de indefensión aprendida.**

El efecto de indefensión aprendida sigue siendo el foco de una gran cantidad de investigación (LoLordo y Overmier, 2011), pero ya no se utilizan perros en los experimentos. En cambio, la mayor parte de la investigación se lleva a cabo con ratas y ratones de laboratorio y participantes humanos. La investigación requiere la exposición de los animales a eventos estresantes, y debido a eso algunos pueden encontrar la investigación objetable. Sin embargo, esta línea de trabajo ha resultado ser altamente informativa sobre los mecanismos de estrés y afrontamiento en los niveles de conducta, hormonales y neurofisiológicos.

***El diseño triádico*** Por lo general, los experimentos de indefensión aprendida se llevan a cabo utilizando el *diseño triádico* presentado en la tabla 5.2. El diseño consta de dos fases: una fase de exposición y una fase de condicionamiento. Durante la fase de exposición, un grupo

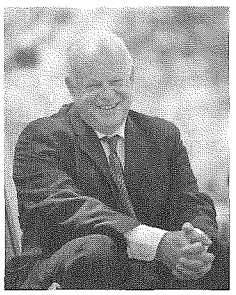
**TABLA 5.2 DISEÑO TRIÁDICO UTILIZADO EN LOS ESTUDIOS DEL EFECTO DE INDEFENSIÓN APRENDIDA**

| GRUPO | FASE DE EXPOSICIÓN | FASE DE CONDICIONAMIENTO | RESULTADO |
|---|---|---|---|
| Grupo E | Descarga evitable | Entrenamiento de escape-evitación | Rápido aprendizaje de evitación |
| Grupo U | Descarga ineludible unida | Entrenamiento de escape-evitación | Lento aprendizaje de evitación |
| Grupo R | Restringido a los aparatos | Entrenamiento de escape-evitación | Rápido aprendizaje de evitación |

© Cengage Learning

de ratas (E, por escape) está expuesto a las descargas periódicas que pueden ser terminadas por la realización de una respuesta de escape (por ejemplo, la rotación de una rueda pequeña o un interruptor). A cada sujeto en el segundo grupo (U, por unido) se le asigna un socio en el grupo E, y recibe la misma duración y distribución de las descargas que su socio en el grupo E. Sin embargo, los animales del grupo U no pueden apagar las descargas. Para ellos, las descargas son inevitables. El tercer grupo (R, por restringido) no recibe descargas durante la fase de exposición, pero es restringido al aparato tanto tiempo como los grupos E y U. Durante la fase de condicionamiento, los tres grupos reciben entrenamiento de escape-evitación. Esto normalmente se lleva a cabo en un aparato de transporte que tiene dos compartimentos adyacentes (véase la figura 10.3). Los animales tienen que ir y venir entre los dos compartimentos para evitar descargas (o escapar a cualquier descarga que no pudieron evitar).

El hallazgo más importante en los experimentos sobre el efecto de indefensión aprendida es que el impacto de la estimulación aversiva durante la fase de exposición depende de si la descarga es evitable. La exposición a una descarga incontrolable (grupo U) produce una interrupción grave en el aprendizaje posterior de escape-evitación. En la fase de condicionamiento del experimento, el grupo U muestra típicamente un desempeño escape-evitación mucho más pobre que el grupo E y el grupo R. Por el contrario, poco o nada de efectos deletéreos se observan después de la exposición a la descarga evitable. Con frecuencia, el grupo E aprende la tarea posterior escape-evitación tan rápidamente como el grupo R, que no recibió una descarga durante la fase de exposición. Se han reportado efectos perjudiciales similares a los de la exposición a la descarga ineludible unida sobre la posterior respuesta para el reforzamiento alimenticio (por ejemplo, Rosellini y DeCola, 1981).



Cortesía de M. E. P. Seligman

M. E. P. Seligman

El hecho de que el grupo U muestre un déficit en el aprendizaje posterior en comparación con el grupo E indica que los animales son sensibles a las diferencias de procedimiento entre las descargas evitables y las inevitables unidas. La principal diferencia entre los grupos E y U es la presencia de una contingencia reforzador-respuesta para el grupo E pero no para el grupo U durante la fase de exposición. Por tanto, la diferencia en la tasa de aprendizaje entre estos dos grupos muestra que los animales son sensibles a la contingencia reforzador-respuesta.

***Hipótesis de indefensión aprendida*** La **hipótesis de indefensión aprendida** fue la primera explicación importante de los resultados de los estudios que emplean el diseño triádico (Maier y Seligman, 1976; Maier, Seligman y Solomon, 1969). La hipótesis de la indefensión aprendida asume que durante la exposición a descargas incontrolables, los animales aprenden que las descargas son independientes de su conducta, que no hay nada que puedan hacer para controlarlas. Además, llegan a esperar que los reforzadores seguirán siendo independientes de su conducta en el futuro. Esta expectativa de una futura falta de control socava su capacidad para aprender una nueva respuesta instrumental. El déficit de aprendizaje se produce por dos razones. En primer lugar, la expectativa de la falta de control reduce la motivación para realizar una respuesta instrumental. En segundo lugar, incluso si llevan a cabo la respuesta y quedan reforzados en la fase de condicionamiento, la expectativa previamente aprendida de falta de control hace que sea más difícil para los sujetos aprender que su conducta es ahora eficaz en la producción del reforzamiento.

Es importante distinguir la *hipótesis* de indefensión aprendida del *efecto* de indefensión aprendida. El efecto es el patrón de los resultados obtenidos con el diseño triádico (interrupción del condicionamiento instrumental causada por la exposición previa a la descarga inevitable). El efecto-indefensión aprendida ha sido replicado en numerosos estudios y es un hallazgo firmemente establecido. Por el contrario, la hipótesis de la indefensión aprendida es una explicación o interpretación del efecto, la cual ha sido provocadora y polémica desde su introducción (LoLordo y Overmier, 2011).

***Alternativas a la hipótesis de la indefensión*** *La hipótesis del déficit de actividad.* De acuerdo con la *hipótesis del déficit de actividad*, los animales del grupo U muestran un déficit

de aprendizaje enseguida de la exposición a la descarga inevitable debido a que las descargas inevitables orillan a los animales a ser inactivos o a congelarse. Como ya se comentó en el capítulo 3, la congelación es una respuesta común al miedo.

La hipótesis del déficit de actividad recibió algún apoyo empírico temprano en la historia de la investigación sobre el efecto de la indefensión aprendida. Sin embargo, no puede explicar los casos en los que la exposición a la descarga ineludible perturba el aprendizaje elegido. Por ejemplo, Jackson, Alexander y Maier (1980) encontraron que después de la exposición a la descarga inevitable, las ratas fueron deficientes en el aprendizaje de una respuesta de escape que consistió en seleccionar el brazo correcto de un laberinto Y. El fracaso para aprender esta respuesta de elección no fue debido a la falta de actividad, sino a la elección incorrecta del brazo del laberinto.

*La hipótesis de déficit de atención.* De acuerdo con la *hipótesis de déficit de atención*, la exposición a la descarga inevitable reduce el grado en que los animales prestan atención a su propia conducta, y es por eso que estos animales presentan un déficit de aprendizaje. La hipótesis de déficit de atención ha sido considerablemente más exitosa como una alternativa a la hipótesis de la indefensión aprendida que la hipótesis del déficit de actividad. Por ejemplo, se ha descubierto que las manipulaciones que aumentan la atención para responder generan señales para reducir los efectos perjudiciales de la exposición previa a la descarga inevitable (Maier, Jackson y Tomie, 1987).



Cortesía de N. K. Dess

N. K. Dess

*Relaciones de estímulo en el condicionamiento de escape.* En otra línea de investigación que ha desafiado la hipótesis de indefensión, los investigadores reformularon la cuestión básica dirigida por el diseño triádico. En lugar de enfocarse en por qué la descarga inevitable interrumpe el aprendizaje posterior, se preguntaron por qué la exposición a descargas *evitables* no es tan mala (Menor, Dess y Overmier, 1991). ¿Qué tiene la capacidad de llevar a cabo una respuesta de escape que hace menos debilitante la exposición a la descarga? Esta pregunta ha estimulado una mirada más cercana a las relaciones de estímulo en el condicionamiento de escape.

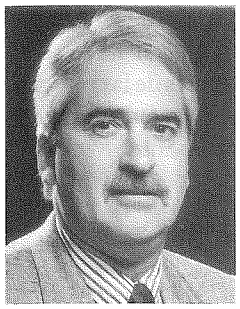
La característica definitoria de la conducta de escape son los resultados de la respuesta instrumental en la terminación de un estímulo aversivo. La terminación de una descarga es un evento de estímulo externo. Sin embargo, el acto de realizar cualquier respuesta esquelética también proporciona señales internas de retroalimentación sensorial. Por ejemplo, usted puede sentir que está levantando su mano incluso si sus ojos están cerrados. Debido a la producción de estas señales internas de respuesta propia, no tiene que ver que su brazo se eleva para saber que está levantándolo.

## RECUADRO 5.4

### *Indefensión, depresión y trastorno de estrés postraumático*

El hecho de que una historia de falta de control sobre los reforzadores pueda perturbar gravemente la ejecución instrumental posterior tiene implicaciones importantes para la conducta humana. El concepto de *indefensión* ha sido ampliado y elaborado para una variedad de áreas concernientes a la vida humana, incluyendo el envejecimiento, el rendimiento deportivo, el dolor crónico, los logros académicos, la susceptibilidad a los ataques al corazón, y la victimización y el duelo (por ejemplo, Overmier, 2002; Peterson, Maier y Seligman, 1993). Quizá la zona más prominente a la que se ha aplicado el concepto de indefensión es la depresión (Abramson, Metalsky y Alloy, 1989; Pryce *et al*, 2011).

La investigación sobre la incontrolabilidad y la imprevisibilidad de los estímulos aversivos con animales también está adquiriendo importancia para la comprensión del trastorno de estrés postraumático o TEPT humano (Foa, Zinbarg y Rothbaum, 1992). Las víctimas de asalto o estrés de combate tienen síntomas que corresponden a los efectos de la descarga crónica incontrolable e impredecible en animales. Por ejemplo, la exposición a descargas inevitables facilita en gran medida la posterior adquisición del miedo y hace que sea más difícil de extinguir el miedo condicionado (por ejemplo, Baratta *et al*, 2007). La reactividad reforzada al miedo es uno de los principales síntomas del TEPT. El reconocimiento de estas similitudes entre los modelos animales y los síntomas humanos del TEPT promete proveer conocimientos sobre su origen y tratamiento. Los modelos animales de indefensión también han contribuido a la comprensión de los efectos a largo plazo del abuso sexual y la revictimización (Bargai, Ben-Shakhar y Shalev, 2007; Marx, Heidt y Gold, 2005).



Cortesía de T. R. Minor

T. R. Minor

Llevar a cabo una respuesta de escape tal como presionar una palanca resulta de manera similar en sensaciones internas o señales de retroalimentación de respuesta. Esto se ilustra en la figura 5.14. Algunos de los estímulos de respuesta producidos se experimentan en el inicio de la respuesta de escape, justo antes de que se termine la descarga. Esto recibe el nombre de *señales de retroalimentación de cese de la descarga.* Otros estímulos productores de respuesta son experimentados a medida que el animal completa la respuesta, justo después de que la descarga se ha terminado al inicio del intervalo entre ensayos. Esto se denomina *señales de retroalimentación de la señal de seguridad.*

Al principio, las investigaciones de los factores de estímulo involucrados con la descarga evitable se enfocaban en el posible significado de las señales de retroalimentación de las señales de seguridad. La retroalimentación de las señales del indicador de seguridad es seguida de forma fiable por el intervalo entre ensayos y por tanto por la ausencia de la descarga. Por ende, este tipo de señales de retroalimentación pueden convertirse en inhibidores condicionados del miedo, y limitan o inhiben el miedo provocado por señales contextuales de la cámara experimental. (Para un análisis de la inhibición condicionada, consulte el capítulo 3). No existen tales señales de seguridad para los animales que recibieron la descarga unida e inevitable porque para ellos las descargas y los periodos libres de descarga no son predecibles. Por tanto, las señales contextuales de la cámara en la que se entregan las descargas son más propensas a ser condicionadas para provocar el miedo con la descarga inevitable.

Estas consideraciones han animado a analizar el diseño triádico en términos de diferencias de grupo en las señales de seguridad en lugar de hacerlo en términos de las diferencias en si la descarga es evitable o no. Por ejemplo, en un experimento de Jackson y Minor (1988), un grupo de ratas recibió las descargas inevitables usuales en la fase de exposición del diseño triádico. Sin embargo, al final de cada presentación de la descarga, las luces de la sala se apagaron durante 5 segundos como una señal de seguridad. La introducción de esta señal de seguridad eliminó totalmente los efectos perjudiciales de la exposición a la descarga en el posterior aprendizaje del traslado de escape. Otro estudio (Menor, Trauner, Lee y Dess, 1990) también empleó descargas inevitables, pero esta vez se introdujo una señal audiovisual durante los últimos 3 segundos de cada presentación de la descarga. Con ello se pretendía imitar las señales para el cese de la descarga. La introducción de estas señales para cesar la descarga también eliminó en gran medida el efecto de indefensión (véase también Christianson *et al*, 2008).

Los estudios antes mencionados indican que las diferencias significativas en cómo los animales hacen frente a la estimulación aversiva pueden ser resultado de diferencias en la capacidad de predecir cuándo terminarán las descargas y cuándo comenzará un intervalo entre ensayos seguro sin descargas. Aprender a predecir el cese de la descarga y la ausencia de ésta puede ser tan importante como ser capaz de escapar de las descargas. Esta es una buena noticia. En la vida nos encontramos con muchos eventos aversivos que no podemos controlar (por ejemplo, el aumento del precio del gas o un nuevo jefe exigente). Afortunadamente, el control de un evento estresante no tiene que ser nuestra única estrategia de afrontamiento.

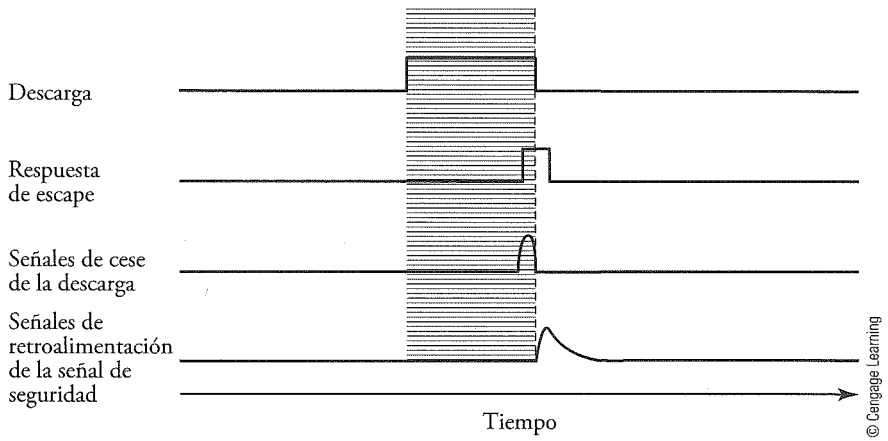



**FIGURA 5.14**
Relaciones de estímulo en un ensayo de escape condicionado. Las señales de retroalimentación de cese de la descarga son experimentadas al inicio de la respuesta de escape, justo antes de la terminación de la descarga. Las señales de retroalimentación de la señal de seguridad son experimentadas justo después del cese de la descarga, al inicio del intervalo entre ensayos.

Aprender a predecir cuándo nos encontraremos con el evento estresante (y cuándo no) puede ser igual de eficaz en la reducción de los efectos nocivos del estrés.

***Contigüidad y contingencia: comentarios finales*** Como hemos visto, los organismos son sensibles a la contigüidad, así como a la contingencia entre una respuesta instrumental y un reforzador. Por lo general, estos dos aspectos de la relación entre la respuesta y el reforzador actúan conjuntamente para producir el aprendizaje (Williams, 2001). Ambos factores sirven para concentrar los efectos del reforzamiento de la respuesta instrumental. La relación causal, o contingencia, se asegura de que el reforzador se entregue sólo después de la aparición de la respuesta instrumental especificada. La relación de contigüidad asegura que otras actividades no se introduzcan entre la respuesta especificada y el reforzador para interferir con el condicionamiento de la respuesta objetivo.

## RECUADRO 5.5

### *Indefensión aprendida: papel de la corteza prefrontal y del rafe dorsal*

Hemos visto que la estimulación aversiva puede afectar al organismo de diferentes maneras, dependiendo de si la estimulación se da de una manera controlable o incontrolable. En general, la exposición a la estimulación incontrolable induce una constelación de efectos de conducta que socava la capacidad del sujeto para enfrentar una situación, fenómeno conductual conocido como *indefensión aprendida* (Maier y Seligman, 1976). Es importante destacar que estos efectos adversos no se observan en individuos que pueden controlar (por ejemplo, cancelar) el estímulo aversivo. Además, la exposición a la estimulación controlable tiene un efecto protector duradero que bloquea la inducción de la indefensión si el organismo se encuentra posteriormente con la estimulación incontrolable. El control de la conducta y la indefensión son de interés clínico debido a que estos fenómenos pueden contribuir a condiciones tales como el trastorno de estrés postraumático y la depresión (Forgeard *et al*, 2011; Hammack, Cooper y Lezak, 2012).

A nivel neuronal, la investigación sugiere que las consecuencias a largo plazo de la estimulación incontrolable dependen de una región del cerebro medio conocida como **núcleo del rafe dorsal** (NRD). El NRD se encuentra justo ventral a otra región clave, la sustancia gris periacueductal (SGPA), analizada en el recuadro 4.3. Al igual que la SGPA, el NRD puede regular la actividad neuronal en otras regiones del sistema nervioso central (figura 5.15). Lo hace a través de las neuronas que liberan el neurotransmisor serotonina (5 HT). Debido a que estas neuronas 5-HT proyectan las regiones implicadas en el estrés y el miedo (Graeff, Viana y Mora, 1997), Maier y sus colegas plantearon la hipótesis de que el NRD está involucrado en la indefensión (Maier y Watkins, 1998, 2005). Para apoyar esto, demostraron que la exposición a descargas incontrolables activa las neuronas 5-HT en el NRD y tiene un efecto sensibilizador, mejorando el aumento de la cantidad de 5-HT liberada en sitios distantes. Es importante destacar que estos efectos no se observaron después de una exposición equivalente a la estimulación controlable. Además, mostraron que la inhibición farmacológica del NRD durante la estimulación incontrolable bloqueó la inducción de la indefensión aprendida. Por el contrario, la activación farmacológica del NRD tuvo un efecto de conducta similar al observado después de la estimulación incontrolable. En conjunto, estas observaciones sugieren que la activación del NRD es necesaria y suficiente para producir indefensión aprendida.

Maier y Watkins (2010) plantearon la hipótesis de que el control de la conducta regula la actividad del NRD a través de las neuronas que se proyectan desde las regiones prelímbicas e infralímbicas de la corteza prefrontal ventral media (CPFvm) (figura 5.15). Estas neuronas excitatorias involucran interneuronas GABAérgicas en el NRD que tienen un efecto inhibidor. Como resultado, la activación farmacológica de la CPFvm inhibe la actividad neuronal 5-HT en el NRD, y bloquea el desarrollo de la indefensión aprendida. Si el control de la conducta inhibe el NRD a través de la CPFvm, entonces interrumpir farmacológicamente la función de la CPFvm debería eliminar el efecto protector del control instrumental. Sin la acción de amortiguación de la entrada de la CPFvm, la estimulación aversiva controlable debe atraer neuronas 5-HT al NRD y paradójicamente producir un efecto de indefensión similar. La investigación ha demostrado que alterar la función de la CPFvm tiene exactamente este efecto.

Una de las características más interesantes y clínicamente relevantes del control de la conducta es que tiene un efecto duradero que inmuniza conductualmente al organismo de de volverse indefenso cuando más adelante se exponga a la estimulación incontrolable. Aquí también, la CPFvm

(*Continúa*)

## RECUADRO 5.5 (continuación)

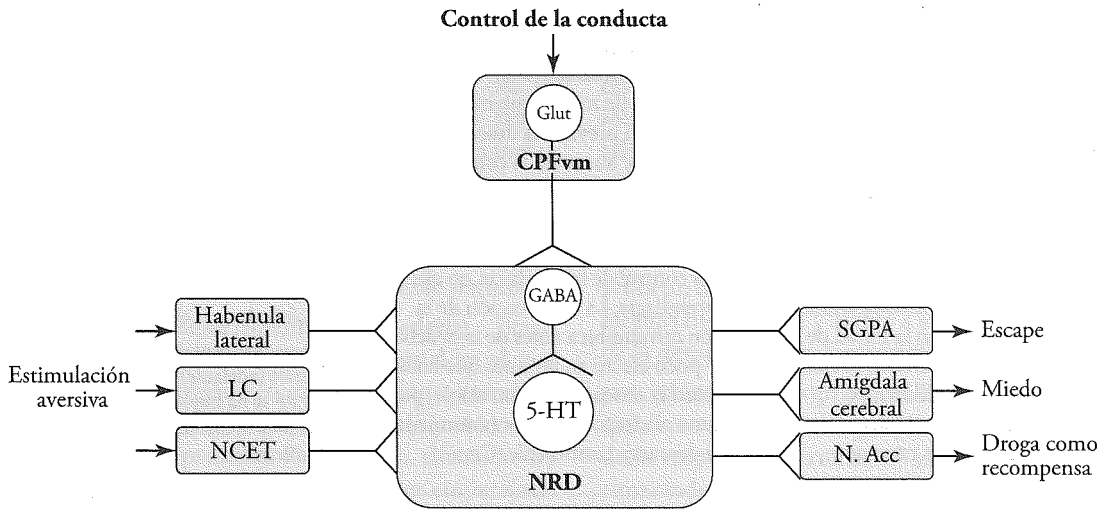



**FIGURA 5.15** Modelo de cómo la estimulación aversiva y el control de la conducta regulan las respuestas fisiológicas al estrés. La estimulación aversiva acopla estructuras tales como la habenula lateral (L. habenula), locus coeruleus (LC) y la cama núcleo de la estría terminal (NCET), que se proyectan a los núcleos del rafe dorsal (NRD). Esto involucra fibras serotoninérgicas (5-HT) que activan regiones neurales implicadas en la respuesta defensiva (sustancia gris periacueductal [SGPA] y amígdala cerebral) y de recompensa (núcleo accumbens [N. Acc]). El control de la conducta activa las neuronas excitatorias glutamatérgicas (Glut) dentro de la corteza prefrontal ventral media (CPFvm) que proyectan el NRD, donde se acoplan las neuronas inhibitorias (GABA), que reducen la actividad de las 5-HT (adaptado de Maier y Watkins, 2010).

juega un papel clave. Esto se demostró primero mediante la exposición de los animales a la descarga controlable. Una semana después, los animales fueron expuestos a la descarga incontrolable, que sólo indujo indefensión. Como era de esperarse, la exposición previa a la estimulación controlable bloqueó la inducción de la indefensión. Más importante aún, este efecto protector no se observó cuando la CPFvm fue inhibida durante la estimulación incontrolable. Sin la CPFvm, la descarga incontrolable indujo la indefensión en ratas que habían recibido previamente estimulación controlable.

Si la CPFvm es crítica, entonces la activación farmacológica debe sustituirse por el control de la conducta y transformarse en una entrada de aversión incontrolable que afecte el sistema nervioso. Ya sabemos que la activación de la CPFvm evitará que descargas incontrolables induzcan la indefensión. La afirmación más fuerte es que la activación de la CPFvm induce un efecto a largo plazo análogo al producido por el control instrumental. Como se predijo, la combinación de la activación de la CPFvm con descargas incontrolables produce un efecto equivalente a la estimulación controlable, con la participación de un efecto protector que bloquea la posterior inducción de la indefensión.

La estimulación controlable e incontrolable también tiene efectos divergentes sobre el condicionamiento pavloviano del miedo. La estimulación incontrolable generalmente mejora el condicionamiento, mientras que la estimulación controlable tiene un efecto inhibidor. Como vimos en el recuadro 4.3, el condicionamiento del miedo depende de las neuronas en la amígdala cerebral. De entrada, el EC y el EI parecen estar asociados dentro de la región basolateral de la amígdala cerebral, mientras que el desempeño de la RC está orquestado por el núcleo central. La evidencia sugiere que la estimulación incontrolable mejora las RC relacionadas con el miedo a través de las neuronas 5-HT que se proyectan hacia la amígdala basolateral (Amat, Matus-Amat, Watkins y Maier, 1998). El efecto calmante de la estimulación controlable se ha ligado de nuevo a la CPFvm y, más específicamente, a la región infralímbica que envía una proyección a la región celular intercalada de la amígdala cerebral (Maier y Watkins, 2010). Esta porción de la amígdala cerebral se compone de células inhibidoras (GABAérgicas) que se proyectan hacia el núcleo central. En consecuencia, la participación de la región infralímbica inhibe la salida desde el núcleo central y las conductas de miedo.

Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, Maier y sus colegas plantearon la hipótesis de que la salida de la zona infralímbica de la CPFvm actúa para inhibir el desempeño de las RC provocadoras del miedo (dentro del núcleo central) en lugar del aprendizaje (dentro del núcleo basolateral). Para explorar

(*Continúa*)

## RECUADRO 5.5 (continuación)

esta idea, a las ratas se les aplicó una descarga controlable o incontrolable. Un tercer grupo permaneció sin tratar. Las ratas se condicionaron una semana más tarde mediante la administración de una descarga en un contexto nuevo. Al día siguiente se pusieron a prueba para ver si el contexto provocó miedo condicionado (congelación). Para explorar el papel de la zona infralímbica, los investigadores inactivaron esta región en la mitad de los sujetos mediante la administración del agonista muscimol GABA, ya sea antes del condicionamiento o antes de la prueba. En las ratas que recibieron el fármaco solo, se obtuvo el patrón habitual de los resultados: la descarga controlable redujo los signos de conducta de miedo, mientras que la exposición previa a la descarga incontrolable aumentó la congelación condicionada. La inhibición de la región infralímbica antes del condicionamiento no tuvo ningún efecto, lo que sugiere que el control de la conducta no afecta el aprendizaje. La inactivación de la región infralímbica antes de la prueba tuvo poco efecto en las ratas que habían recibido la descarga incontrolable, pero eliminó el efecto calmante (antimiedo) de la descarga controlable. Como hipótesis, parece que una historia de control conductual reduce la expresión de miedo, pero no su adquisición.

*J. W. Grau*

---

**núcleo del rafe dorsal (NRD)** Región del cerebro medio que regula la actividad neuronal en las estructuras (por ejemplo, la sustancia gris periacueductal, la amígdala) relacionadas con el estrés y la emoción.

**corteza prefrontal (CPF)** Región más anterior (adelante) de los lóbulos frontales. La CPF se ha implicado en el control ejecutivo, la memoria de trabajo y la planificación.

## Preguntas de estudio

1. Compare y contraste los métodos de operante libre y de ensayo discreto para el estudio de la conducta instrumental.
2. ¿Cuáles son las similitudes y diferencias entre el reforzamiento positivo y negativo?
3. ¿Qué se piensa actualmente sobre el reforzamiento instrumental y la creatividad, y cuál es la evidencia experimental relevante?
4. ¿De qué modo el estado actual de un reforzador depende de la experiencia previa con ese u otros reforzadores?
5. ¿Cuáles son los efectos de la demora del reforzamiento en el aprendizaje instrumental, y qué ocasiona estos efectos?
6. ¿Cuál era el propósito del experimento de superstición de Skinner? ¿Cuáles fueron los resultados y cómo se han reinterpretado?
7. Describa las explicaciones alternativas al efecto de indefensión aprendida.

## Términos clave

**castigo** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que hay una contingencia positiva entre la respuesta instrumental y un estímulo aversivo. Si el participante realiza la respuesta instrumental, recibe el estímulo aversivo; si el participante no lleva a cabo la respuesta instrumental, no recibe el estímulo aversivo.

**castigo negativo** Es lo mismo que *entrenamiento de omisión* o *reforzamiento diferencial de otras conductas.*

**castigo positivo** Es lo mismo que *castigo.*

**conducta instrumental** Actividad que ocurre debido a que es eficaz para producir una consecuencia o reforzador particular.

**conducta supersticiosa** Conducta que aumenta en frecuencia a causa del emparejamiento accidental entre la entrega de un reforzador con la presentación de la conducta.

**contigüidad** Ocurrencia de dos eventos, tales como una respuesta y un reforzador, al mismo tiempo o muy cerca en el tiempo. También se le llama *contigüidad temporal.*

**contigüidad temporal** Es lo mismo que *contigüidad.*

**contingencia respuesta-reforzador** Relación de una respuesta con un reforzador definida en términos de la probabilidad de ser reforzada por la realización de la respuesta en comparación con la probabilidad de ser reforzada en ausencia de la respuesta.

**contraste conductual** Cambio en el valor de un reforzador producido por la experiencia previa con un reforzador de un valor superior o inferior. La experiencia previa con un reforzador de menor valor aumenta el valor reforzador (contraste positivo de conducta), y la experiencia previa con un reforzador de mayor valor reduce el valor reforzador (contraste negativo de conducta).

**deriva instintiva** Deriva gradual de la conducta instrumental lejos de las respuestas requeridas para el reforzamiento hacia respuestas típicas o instintivas de las especies, respuestas relacionadas con el reforzador y otros estímulos en la situación experimental.

**efecto de indefensión aprendida** Interferencia con el aprendizaje de nuevas respuestas instrumentales como resultado de la exposición a la estimulación aversiva ineludible e inevitable.

**escape** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que la respuesta instrumental termina un estímulo aversivo. (Véase también *reforzamiento negativo.*)

**entrenamiento de compartimento (o comedero)** Etapa preliminar del condicionamiento instrumental en el que un estímulo está emparejado en varias ocasiones con el reforzador para que el participante aprenda a ir y obtener el reforzador cuando se presenta. Por ejemplo, el sonido del dispositivo de entrega de alimento puede ser emparejado repetidamente con el alimento para que el animal aprenda a ir al comedero cuando se entrega la comida.

**entrenamiento de omisión** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que la respuesta instrumental impide la entrega de un estímulo reforzador. (Véase también *reforzamiento diferencial de otras conductas.*)

**estímulo apetitivo** Estímulo agradable o satisfactorio que se puede utilizar para reforzar positivamente una respuesta instrumental.

**estímulo aversivo** Estímulo desagradable o molesto que puede ser utilizado para castigar una respuesta instrumental.

**evitación** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que la respuesta instrumental impide la entrega de un estímulo aversivo.

**hipótesis de indefensión aprendida** Propuesta que plantea el hecho de que la exposición a la estimulación aversiva ineludible e inevitable reduce la motivación para responder e interrumpe el condicionamiento instrumental posterior porque los participantes aprenden que su conducta no controla los resultados.

**latencia** Tiempo entre el inicio de un ensayo (o el comienzo de un estímulo) y la respuesta instrumental.

**ley del efecto** Mecanismo de conducta instrumental, propuesto por Thorndike, que establece que si una respuesta (R) es seguida por un evento satisfactorio en presencia de un estímulo (E), la asociación entre el estímulo y la respuesta (E–R) lo hará reforzar la cooperación; si la respuesta es seguida por un evento molesto, la asociación E–R se debilitará.

**moldeamiento de la respuesta** Reforzamiento de las aproximaciones sucesivas a una respuesta instrumental deseada.

**pertinencia** Concepto propuesto originalmente por Thorndike según el cual la historia evolutiva de un organismo hace que ciertas respuestas se ajusten o sean pertinentes con determinados reforzadores. La pertinencia facilita el aprendizaje.

**procedimiento de ensayo discreto** Método de condicionamiento instrumental en el que el participante puede realizar la respuesta instrumental sólo durante periodos específicos, generalmente determinados ya sea por la colocación de los participantes en una cámara experimental o mediante la presentación de un estímulo.

**procedimiento de marcado** Procedimiento en el que la respuesta instrumental es seguida inmediatamente por un evento distintivo (el participante se levanta o se presenta un destello de luz) que hace la respuesta instrumental más memorable y ayuda a superar los efectos nocivos de la demora en el reforzamiento.

**procedimiento de operante libre** Método de condicionamiento instrumental que permite repetir el desempeño de la respuesta instrumental sin que intervenga el experimentador. (Compárese con el *procedimiento de ensayo discreto.*)

**reforzador condicionado** Estímulo que se convierte en un reforzador eficaz debido a su asociación con un reforzador primario o incondicionado. También se le llama *reforzador secundario.*

**reforzador secundario** Es lo mismo que *reforzador condicionado.*

**reforzamiento accidental** Instancia en la que la entrega de un reforzador coincide con una respuesta particular a pesar de que la respuesta no sea responsable de la presentación del reforzador. También se le llama *reforzamiento fortuito.* Este tipo de reforzamiento fue considerado responsable de la conducta "supersticiosa".

**reforzamiento diferencial de otras conductas (RDO)** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que un reforzador positivo se entrega periódicamente sólo si el participante hace algo que no sea la respuesta objetivo.

**reforzamiento fortuito** Es lo mismo que *reforzamiento accidental.*

**reforzamiento negativo** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que hay una contingencia negativa entre la respuesta instrumental y un estímulo aversivo. Si se lleva a cabo la respuesta instrumental, el estímulo aversivo es terminado o cancelado; si no se realiza la respuesta instrumental, se presenta el estímulo aversivo.

**reforzamiento positivo** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que hay una contingencia positiva entre la respuesta instrumental y un estímulo del apetito o reforzador. Si el participante realiza la respuesta, recibe el reforzador; si el participante no lleva a cabo la respuesta, no recibe el reforzador.

**relación temporal** Intervalo de tiempo entre una respuesta instrumental y el reforzador.

**respuesta interina** Respuesta que tiene su más alta probabilidad en el centro del intervalo entre las sucesivas presentaciones de un reforzador cuando no es probable que el reforzador ocurra.

**respuesta operante** Respuesta definida por el efecto que produce en el entorno. Los ejemplos incluyen presionar una palanca y la apertura de una puerta. Cualquier secuencia de movimientos que empuje hacia abajo la palanca o abra la puerta constituye un caso de este operante particular.

**respuesta terminal** Respuesta que es más probable al final del intervalo entre refuerzos sucesivos que se presentan a intervalos fijos.

**velocidad de carrera** Qué tan rápido (por ejemplo, en pies por segundo) se mueve un animal por un corredor.

CAPÍTULO 6

# Programas de reforzamiento y elección de conducta

**Programas simples de reforzamiento intermitente**
Programas de razón
Programas de intervalo
Comparación de los programas de razón y de intervalo
**Elección conductual: programas concurrentes**
Medidas de elección conductual
La ley de igualación
Mecanismos de la ley de igualación
**Elección compleja y autocontrol**
Programas concurrentes encadenados
Elección de autocontrol y descuento por demora
**Comentarios finales**
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PREVIA DEL CAPÍTULO

Las respuestas instrumentales rara vez se refuerzan cada vez que ocurren. Este capítulo continúa nuestra discusión sobre la importancia de la relación reforzador-respuesta en la conducta instrumental mediante la descripción de los efectos de programas de reforzamiento intermitente. Un programa de reforzamiento es un programa o regla que determina que la aparición de la respuesta instrumental es seguida por la entrega del reforzador. Los programas de reforzamiento son importantes porque determinan la tasa, patrón y persistencia de la conducta instrumental. Para empezar, se describirán la razón fija simple y la relación variable, el intervalo fijo, los programas de intervalo variable y los patrones de la respuesta instrumental que son producidos por estos programas. Después se describirá cómo los programas de reforzamiento determinan las elecciones que los organismos hacen entre diferentes alternativas de respuesta. Los programas de reforzamiento concurrente y concurrente encadenado son técnicas que han sido ampliamente utilizadas para examinar los mecanismos de elección en experimentos de laboratorio. Una forma particularmente interesante de la elección ocurre entre modestas ganancias a corto plazo frente a grandes ganancias a largo plazo debido a que estas alternativas representan el dilema del autocontrol.

En la descripción de diversos procedimientos de condicionamiento instrumental en el capítulo 5, puede haberse dado la impresión de que cada ocurrencia de la respuesta instrumental invariablemente resulta en la entrega del reforzador. La reflexión informal sugiere que tal contingencia perfecta entre la respuesta y el reforzador es rara en el mundo real. No le dan

una alta calificación en una prueba cada vez que estudia. Usted no consigue una respuesta inmediata de un amigo cada vez que le envía un mensaje de texto, e ir a una cita con alguien no siempre se traduce en un buen momento. De hecho, en la mayoría de los casos la relación entre las respuestas instrumentales y el consiguiente reforzamiento es bastante compleja. Las investigaciones de laboratorio han estado examinando cómo estas complejas relaciones determinan la tasa y el patrón de la conducta instrumental.

Un **programa de reforzamiento** es un programa o regla que determina cuál ocurrencia de una respuesta es seguida por el reforzador. Hay un número infinito de formas en que podría crearse un programa de este tipo. La entrega de un reforzador podría depender de que ocurra cierto número de respuestas, el paso del tiempo, la presencia de ciertos estímulos, la aparición de otras respuestas, o cualquier número o combinación de otros factores. Se podría esperar que la catalogación de los efectos conductuales posibles producidos por diferentes programas de reforzamiento sería difícil. Sin embargo, hasta ahora la investigación ha demostrado que el trabajo es bastante manejable. Los programas de reforzamiento que implican relaciones similares entre las respuestas y los reforzadores suelen producir patrones conductuales similares. La tasa exacta de respuesta puede variar de una situación a otra, pero el patrón conductual es muy predecible. Esta regularidad ha hecho el estudio de programas de reforzamiento interesante y muy útil.

Los programas de reforzamiento influyen en la forma en que se aprende una respuesta instrumental y cómo es mantenida después por reforzamiento. Sin embargo, tradicionalmente los investigadores que estudian los efectos del programa se han preocupado principalmente por el mantenimiento de la conducta. Por tanto, los efectos del programa son muy importantes para la motivación de la conducta. Si alguien trabaja duro o es perezoso, esto depende menos de su personalidad que del programa de reforzamiento que está en vigor.

Los programas de reforzamiento son importantes para los gerentes que tienen que asegurarse de que sus empleados sigan realizando un trabajo después de haberlo aprendido. Incluso los maestros de escuelas públicas a menudo se ocupan de fomentar la realización de respuestas ya aprendidas en lugar de enseñar otras nuevas. Muchos de los estudiantes que van mal en la escuela saben cómo hacer su tarea y cómo estudiar, pero simplemente eligen no hacerlo. Los programas de reforzamiento se pueden utilizar para motivar con más frecuencia la conducta estudiosa.

Los estudios que se centran en programas de reforzamiento han proporcionado información importante sobre el proceso de reforzamiento y también "líneas de base útiles para el análisis de otros fenómenos de conducta" (Lattal, 2013). Los efectos conductuales de las drogas, lesiones cerebrales, o la manipulación de los sistemas de neurotransmisores a menudo dependen del programa de reforzamiento que esté en vigor durante el ensayo de conducta. Esto hace que la comprensión del desempeño del programa sea crítico para el estudio de una variedad de otros problemas en la teoría de la conducta y la neurociencia conductual.

Los estudios de laboratorio de los programas de reforzamiento normalmente se llevan a cabo utilizando una caja de Skinner que tiene una respuesta claramente definida, la cual puede ocurrir en varias ocasiones, por lo que los cambios en la tasa de respuesta pueden ser observados y analizados fácilmente (Ferster y Skinner, 1957). La manera en que una rata presiona la palanca o la respuesta de picotazo de una paloma sobre una tecla está conformada inicialmente, y el condicionamiento suele ser de poco interés. Más bien, la atención se centra en los factores del programa que controlan el tiempo y la repetición de la respuesta operante (ver Morgan, 2010, para una revisión reciente).

## Programas simples de reforzamiento intermitente

En los programas simples, un solo factor determina que la aparición de la respuesta instrumental sea reforzada. El único factor puede ser cuántas respuestas se han producido o cuánto tiempo ha pasado antes de que la respuesta objetivo sea reforzada.

## Programas de razón

La característica que define un **programa de razón** consiste en que el reforzamiento sólo depende de la cantidad de respuestas que el organismo tiene que realizar. Un programa de razón requiere simplemente contar el número de respuestas que se han producido y entregar el reforzador cada vez que se alcanza el número requerido. Si el número requerido es 1, cada respuesta resulta en la entrega del reforzador. Dicho programa recibe técnicamente el nombre de **reforzamiento continuo (RFC)**.

Los programas de manejo de contingencias utilizados en el tratamiento del abuso de drogas a menudo emplean un programa de reforzamiento continuo. Se le pide a los clientes que asistan a la clínica varias veces a la semana para hacerse la prueba de consumo de drogas. Si la prueba indica que no han consumido drogas desde la última visita, reciben un bono, que puede ser canjeado por dinero. En una variación efectiva de este procedimiento, la cantidad de dinero que se paga aumenta con las sucesivas pruebas libres de drogas, y se pone en cero si los participantes recaen (Roll y Newton, 2008).

El reforzamiento continuo se produce fuera del laboratorio, donde hay una relación de causalidad directa entre la respuesta instrumental y el resultado. Abrir la puerta de su automóvil le permite entrar en él, digitar el código correcto al usar su tarjeta en un cajero automático le permite retirar dinero del cajero, y abrir el agua caliente en la ducha le permite tomar un baño confortable. Salvo cualquier mal funcionamiento, todos estos son ejemplos de reforzamiento continuo. Sin embargo, si el seguro de las puertas del automóvil funciona mal, o si usted no tiene suficiente dinero en su cuenta de banco, su conducta instrumental no será reforzada cada vez. Situaciones en las que la respuesta se refuerza sólo algunas veces se dice que implican **reforzamiento parcial** o **reforzamiento intermitente**. Los siguientes son programas simples de reforzamiento intermitente.

***Programa de razón fija*** Consideremos, por ejemplo, la entrega del reforzador después de cada 10 respuestas de presión de la palanca en un estudio con ratas de laboratorio. En un programa de este tipo habría una razón fija entre el número de respuestas que la rata hizo y el número de reforzadores que obtuvo (10 respuestas por reforzador). Esto hace del procedimiento un **programa de razón fija (RF)**. Más específicamente, el procedimiento se llama *razón fija 10* o *RF 10*.

Los programas de RF se encuentran en la vida cotidiana donde se requiere un número fijo de respuestas o una cantidad fija de esfuerzo para el reforzamiento. A las personas que distribuyen volantes se les paga una cierta cantidad por cada lote de 50 folletos que pongan en las puertas de los apartamentos. Este es un programa de reforzamiento RF 50. La comprobación de la asistencia a clase con la lectura de la lista está en un programa de RF, establecido por el número de estudiantes en la lista de la clase. La realización de una llamada de teléfono también incluye un programa de RF, ya que cada número de teléfono incluye un número predeterminado de dígitos.

Un programa de reforzamiento continuo es también un programa de RF. El reforzamiento continuo implica una razón fija de una respuesta por reforzador. En un programa de reforzamiento continuo, los organismos suelen responder a un ritmo constante y moderado. Sólo se producen pausas breves e impredecibles. Se produce un patrón de respuesta muy diferente cuando un programa de RF es, en efecto, el que requiere un mayor número de respuestas. No es probable que usted haga una pausa en medio de la marcación de un número de teléfono. Sin embargo, puede tomar un tiempo para empezar a hacer la llamada. Este es el patrón típico de los programas RF. Hay una tasa constante y elevada de respuesta una vez que la conducta se pone en marcha. Pero puede haber una pausa antes del comienzo del número requerido de respuestas. Estas características de la respuesta son claramente evidentes en un **registro acumulativo** de la conducta.

Un *registro acumulativo* es una manera especial de representar cómo se repite una respuesta en el tiempo. Se muestra el número total (o acumulativo) de las respuestas que se han dado hasta un punto determinado en el tiempo. Cuando Ferster y Skinner (1957) hicieron su investigación sobre los programas de reforzamiento, los registros acumulados fueron obtenidos con el uso de un registrador gráfico (figura 6.1). El dispositivo de registro consiste en

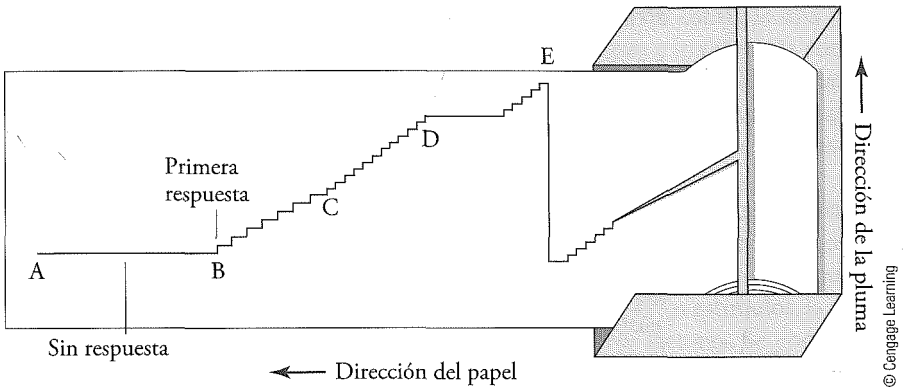



**FIGURA 6.1** Trazado de un registro acumulativo mediante un registrador para la toma continua de la conducta. El papel se mueve hacia la izquierda fuera de la máquina a una velocidad constante. Cada respuesta hace que la pluma se mueva hacia arriba en el papel un solo paso. No hay respuestas producidas entre los puntos A y B. Una tasa moderada de respuesta ocurre entre los puntos B y C, y un ritmo rápido se produce entre los puntos C y D. En el punto E, la pluma regresa a la parte inferior de la página.

un tambor giratorio que tira del papel hacia afuera del registrador a una velocidad constante. Sobre la superficie del papel está apoyada una pluma. Si no han ocurrido respuestas, la pluma se mantiene en el mismo nivel y traza una línea horizontal conforme el papel sale de la máquina. Si la paloma lleva a cabo una respuesta de picoteo de la tecla, la pluma se mueve un paso verticalmente en el papel. Debido a que cada respuesta picotazo-tecla causa que la pluma se mueva verticalmente en el papel, la distancia vertical total recorrida por la pluma representa el número acumulado (o total) de respuestas que los participantes realizan. Debido a que el papel sale del registrador a una velocidad constante, la distancia horizontal en el registro acumulativo proporciona una medida de cuánto tiempo ha transcurrido en la sesión. La pendiente de la línea hecha por el registrador acumulativo representa la *tasa de respuesta* del participante (número de respuestas por unidad de tiempo).

El registro acumulativo proporciona una representación visual completa de cuándo y con qué frecuencia el participante responde durante una sesión. Por ejemplo, en el registro de la figura 6.1, el participante no llevó a cabo la respuesta entre los puntos A y B, y entre los puntos B y C presentó una tasa de respuesta baja. Entre los puntos C y D las respuestas fueron más frecuentes, pero el participante hizo una pausa en D. Después de reanudar la respuesta, la pluma llega a la parte superior de la página (en el punto E) y vuelve a la parte inferior para respuestas adicionales.

La figura 6.2 muestra el registro acumulativo de una paloma cuya respuesta se había estabilizado en un programa de reforzamiento que requería 120 picotazos por cada entrega del reforzador (un programa RF 120). Cada entrega de alimento se indica mediante las pequeñas desviaciones hacia abajo de la pluma registradora. El ave dejó de responder después de cada entrega de alimento, como se esperaba. Sin embargo, cuando se reanudó el picoteo, respondió a una tasa alta y constante. La tasa cero de respuesta que por lo general se produce justo después del reforzamiento en un programa de razón fija recibe el nombre de **pausa posreforzamiento**. La tasa de respuesta alta y constante que completa cada requisito de relación se llama **carrera de razón**.

Si el requisito de la razón es incrementado un poco (por ejemplo, de RF 120 a RF 150), la tasa de respuesta durante la carrera de razón puede seguir siendo la misma. Sin embargo, con los requisitos de razón más altos ya se producen pausas posreforzamiento (por ejemplo, Felton y Lyon, 1966; Williams, Saunders y Perone, 2008). Si el requisito de razón aumenta de repente una gran cantidad (por ejemplo, de RF 120 a RF 500), es probable que el animal haga una pausa periódicamente antes de la finalización del requisito de razón (por ejemplo, Stafford y Branch, 1998). Este efecto se denomina **tensión de razón**. En casos extremos, la tensión de razón puede ser tan grande que el animal deja de responder por completo. Para evitar la tensión de razón durante el entrenamiento hay que tener cuidado de no elevar demasiado rápido el requisito de razón para acercarse a la exigencia de respuesta RF deseada.

Aunque la pausa que se produce antes de la carrera de razón en los programas RF históricamente ha sido llamada *pausa posreforzamiento*, la investigación ha demostrado que la

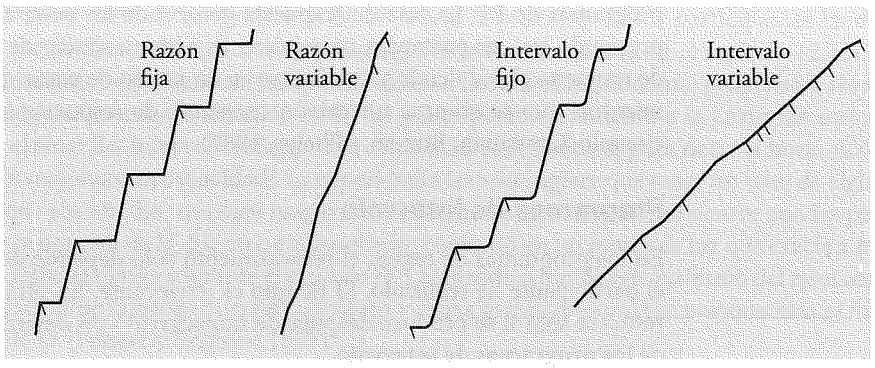



**FIGURA 6.2** Muestra de registros acumulativos de diferentes palomas picoteando una tecla de respuesta en cuatro programas simples de reforzamiento con alimento: razón fija 120, razón variable 360, intervalo fijo de 4 minutos, e intervalo variable de 2 minutos. (Basado en *Schedules of Reinforcement*, C. B. Ferster y B. F. Skinner, 1957, Appleton-Century Crofts.)

duración de la pausa es controlada por el próximo requisito de razón (por ejemplo, Baron y Herpolsheimer, 1999; véase también Wade-Galuska, Perone y Wirth, 2005). Por ejemplo, considere lavar su automóvil a mano en lugar de llevarlo a un autolavado. Lavar un auto a mano es una tarea de RF, ya que requiere un número determinado de respuestas y una cantidad de esfuerzo cada vez, según lo determinado por el tamaño del vehículo. Si pospone las cosas antes de empezar a lavar el auto, es porque no está muy dispuesto a abordar el trabajo, no porque esté descansando desde la vez anterior que lo hizo. Por tanto, la *pausa posreforzamiento* debería etiquetarse más correctamente como *pausa prerazón*.

***Programa de razón variable*** En un programa de RF se requiere un número predecible de respuestas o cantidad de esfuerzo para cada reforzador. Esta previsibilidad puede ser interrumpida por la variación del número de respuestas necesarias para el reforzamiento de una ocasión a la siguiente, que sería el caso si usted trabajó en un autolavado donde había que trabajar en automóviles de diferentes tamaños. Esta situación sigue siendo un programa de razón porque lavar cada vehículo sigue dependiendo de un número determinado de respuestas o esfuerzo. Sin embargo, ahora se requiere un número diferente de respuestas para obtener reforzadores sucesivos. Este procedimiento se llama **programa de razón variable (RV)**. Por ejemplo, podemos requerir que una paloma lleve a cabo 10 respuestas para ganar el primer reforzador, 13 para ganar el segundo, 7 para el siguiente, y así sucesivamente. Un programa de este tipo requiere un promedio de 10 respuestas por reforzador y sería un programa de razón variable 10 (RV 10).

Los programas de RV se encuentran en la vida cotidiana siempre que se requiere una cantidad impredecible de esfuerzo para obtener un reforzador. Por ejemplo, cada vez que un conserje entra en una habitación durante su ronda, él o ella sabe que será necesaria una cierta cantidad de limpieza, pero desconoce exactamente cuán sucia estará la habitación. Los jugadores que juegan en una máquina tragamonedas también están respondiendo en un programa de RV. Ellos tienen que jugar con la máquina para ganar. Sin embargo, nunca se sabe cuántas jugadas producirán la combinación ganadora. Los programas de RV también son comunes en los deportes. Siempre se requiere cierto número de golpes para terminar un hoyo en el golf. Pero la mayoría de los jugadores no puede estar seguro de cuántos golpes necesitará cuando empieza un hoyo.

Debido a que el número de respuestas requeridas para el reforzador no es predecible, las pausas predecibles en la tasa de respuesta son menos probables con los programas de RV que con los programas de RF. Más bien, los organismos responden a un ritmo bastante constante en los programas de RV. La figura 6.2 muestra un registro acumulativo para una paloma cuya conducta de picoteo se mantuvo en un programa de reforzamiento de RV 360. Hay que observar que a pesar de que, en promedio, el programa de RV 360 requiere muchos más picotazos para cada reforzador que el programa de RF 120 mostrado en la figura 6.2, el programa de RV 360 mantiene un patrón mucho más constante de respuesta.

Aunque pueden ocurrir pausas posreforzamiento en los programas de RV (por ejemplo, Schlinger, Blakely y Kaczor, 1990), estas pausas son más largas y más prominentes con los

programas de RF. La tasa de respuesta general de los programas de RF y de RV es similar previendo que, en promedio, se requiere un número similar de respuestas. Sin embargo, la tasa de respuesta global tiende a distribuirse en un patrón de pausa-carrera con los programas de RF, mientras que se observa un patrón constante de respuesta con los programas de RV (por ejemplo, Crossman, Bonem y Phelps, 1987).

## Programas de intervalo

En los programas de razón, el reforzamiento sólo depende de la cantidad de respuestas que el participante ha realizado. El tiempo es irrelevante. En otras situaciones, una respuesta se refuerza sólo si se produce después de transcurrido un determinado periodo. Este es el caso de los **programas de intervalo**.

***Programa de intervalo fijo*** En un programa de intervalo simple, una respuesta es reforzada sólo si se presenta una vez transcurrida una cantidad de tiempo establecida después de un punto de referencia: la última entrega del reforzador o el inicio del ensayo. En un **programa de intervalo fijo (IF),** la cantidad de tiempo que tiene que pasar antes de que una respuesta sea reforzada es constante de un ensayo al siguiente. Por ejemplo, una máquina de lavado opera en un programa de intervalo fijo. Se requiere una cantidad fija de tiempo para completar el ciclo de lavado. Sin importar cuántas veces abra la lavadora antes de que haya transcurrido el tiempo necesario, usted no se verá reforzado con la ropa limpia. Una vez que el ciclo ha terminado, la ropa está limpia, y la puede tomar en cualquier momento después de esto.

En el laboratorio se pueden configurar contingencias similares. Por ejemplo, consideremos un programa de intervalo fijo de 4 minutos (IF 4 min) para el picoteo en las palomas. En este caso se requieren 4 minutos para configurar el reforzador. Una paloma conseguiría un reforzador para el primer picotazo después de finalizar el tiempo de configuración de 4 minutos. Debido a que en el ensayo los picotazos hechos con menos de 4 minutos nunca se refuerzan, las palomas aprenderán a esperar para responder hasta el final del intervalo fijo (figura 6.2). A medida que se acerca el momento para la disponibilidad del próximo reforzador, la tasa de respuesta aumenta. Este aumento en la tasa de respuesta se evidencia como una aceleración en el registro acumulativo hacia el final de cada intervalo fijo, y recibe el nombre de **festón del intervalo fijo**.

## RECUADRO 6.1

### *Pausa posreforzamiento y postergación*

La pausa posreforzamiento que se produce en programas de RF en el laboratorio también es evidente en la experiencia humana común. Como se señaló anteriormente, la pausa se produce debido a que se requiere un gran número previsible de respuestas para producir la próxima recompensa. Tal postergación es legendaria en el comportamiento humano. Por ejemplo, consideremos un semestre en el que usted tiene varios artículos académicos que escribir. Es probable que trabaje para terminar un artículo a la vez. Sin embargo, cuando haya completado un artículo, es probable que no empiece a trabajar de inmediato en el próximo. Más bien, habrá una pausa posterior de reforzamiento. Después de completar un proyecto grande, la gente encuentra difícil saltar directamente al siguiente. De hecho, la postergación entre las tareas o antes de iniciar un nuevo trabajo es la regla y no la excepción.

El desempeño de un programa RF en el laboratorio indica que una vez que los animales comienzan a responder sobre una carrera de razón, responden a un ritmo alto y constante hasta que completan la razón estipulada. Esto sugiere que si de alguna manera consiguió empezar en una tarea, es probable que no tenga dificultades para seguir adelante. Sólo el comienzo es duro. Una técnica que funciona muy bien es que se diga a sí mismo que va a comenzar sólo haciendo un poco del trabajo. Si usted está tratando de escribir un documento, dígase que va a escribir un solo párrafo, para empezar. Usted puede encontrar que una vez que haya completado el primer párrafo, será más fácil escribir el segundo, luego otro después de ése, y así sucesivamente. Si usted está postergando la limpieza general en lugar de pensar en hacer todo el trabajo, comience con una pequeña parte, como lavar el piso de la cocina. Entonces el resto vendrá más fácilmente. (Para una discusión más amplia de la dilación, ver Steel, 2007.)

El desempeño en un programa de IF refleja la precisión de los participantes en decir la hora. (Se hablará más acerca de la psicología de la sincronización en el capítulo 12.) Si el participante era completamente incapaz de decir la hora, sería igualmente propenso a responder en cualquier momento del ciclo de IF. La pausa posreforzamiento y la posterior aceleración hacia el final del intervalo reflejan una capacidad rudimentaria para decir la hora. ¿Cómo se podría mejorar esta capacidad? La experiencia común sugiere que tener un reloj de algún tipo hace que sea mucho más fácil juzgar intervalos de tiempo. Lo mismo ocurre con las palomas en un programa de IF. En un estudio, el reloj consistió en un punto de luz que crecía a medida que pasaba el tiempo durante el ciclo de IF. La introducción de este estímulo del reloj aumenta la duración de la pausa posreforzamiento y causa que la respuesta se acerque más al final del ciclo de IF (Ferster y Skinner, 1957).

Es importante darse cuenta de que un programa de IF no garantiza que el reforzador se proporcione en un punto determinado en el tiempo. Las palomas en un programa de IF de 4 min no reciben automáticamente el acceso al grano cada cuatro minutos. El intervalo determina sólo cuándo el reforzador *está disponible*, no cuándo se entrega. Para recibir el reforzador después de que se dispensa, el participante todavía tiene que llevar a cabo la respuesta instrumental. (Para revisiones de sincronización IF y la conducta operante, consulte Staddon y Cerutti, 2003; Jozefowiez y Staddon, 2008.)

La programación de los exámenes en cursos universitarios tiene importantes similitudes con el esquema básico IF. Por lo general, sólo hay dos o tres exámenes, y éstos se distribuyen uniformemente durante el curso. El patrón de estudio al que invita tal programación es muy similar a lo que se observa con un programa de IF en el laboratorio. Los estudiantes se esfuerzan poco para estudiar al inicio del semestre o justo después del examen de mitad de periodo. Más bien comienzan a estudiar una o dos semanas antes de cada examen, y la tasa de estudio aumenta rápidamente a medida que el día del examen se acerca. Curiosamente, los miembros del Congreso de Estados Unidos se comportan de la misma manera, escribiendo proyectos de ley a tasas mucho más altas a medida que se acerca el final de los periodos de sesión del Congreso (Critchfield *et al*, 2003).

***Programa de intervalo variable*** En los programas de IF las respuestas se refuerzan si se producen después de que ha pasado una cantidad fija de tiempo luego del inicio del ensayo o ciclo del programa. Los programas de intervalos también pueden ser impredecibles. Con un **programa de intervalo variable (IV)** el tiempo requerido para configurar el reforzador varía de un ensayo al siguiente. El sujeto tiene que responder para obtener el reforzador que se ha establecido, pero ahora el tiempo de preparación no es tan predecible.

Los programas de IV se encuentran en situaciones donde se requiere una cantidad impredecible de tiempo para preparar el reforzador. Un mecánico que no puede decirle cuánto tiempo se tardará en reparar su vehículo ha impuesto un programa de IV en usted. El auto no estará listo por algún tiempo, durante el cual los intentos por conseguirlo no serán reforzados. Cuánto tiempo tiene que pasar antes de que el vehículo esté listo es impredecible. Un empleado de mostrador en una panadería también está en un programa de IV de reforzamiento. Tiene que pasar algún tiempo después de esperar a un cliente antes de que otro entre en la tienda a comprar algo. Sin embargo, el intervalo entre los clientes es impredecible.

En un estudio de laboratorio se podría establecer un programa de IV en el que la primera bolita de alimento esté disponible cuando al menos haya pasado 1 minuto desde el inicio de la sesión; la segunda bolita de alimento estará disponible cuando hayan pasado al menos 3 minutos desde la bolita previa, y el tercer reforzador quedará disponible cuando hayan pasado al menos 2 minutos desde la bolita anterior. En este procedimiento, el tiempo medio de puesta a punto para el reforzador es de 2 minutos. Por tanto, el procedimiento recibe el nombre de programa de IV de dos minutos o IV 2 min.

Al igual que en los programas de IF, el participante tiene que realizar la respuesta instrumental para obtener el reforzador. No se le dan reforzadores sólo porque ha transcurrido una

cierta cantidad de tiempo. Más bien, éstos se entregan si el individuo responde después de que ha caducado el intervalo variable. Al igual que con los programas de RV, los programas de IV mantienen las tasas de respuesta constantes y estables sin pausas regulares (figura 6.2).

***Programas de intervalo y espera limitada*** En los programas de intervalo simple, una vez que el reforzador está disponible, sigue estando disponible hasta que se lleva a cabo la respuesta necesaria, no importa el tiempo que pueda tomar. Por ejemplo, en un programa IF 2 min el reforzador está disponible 2 minutos después del inicio del ciclo del programa. Si el animal responde exactamente en este tiempo, será reforzado. Si espera y responde 90 minutos más tarde, todavía conseguirá reforzamiento. Una vez que se ha preparado el reforzador, permanece disponible hasta que se produzca la respuesta.

Con programas de intervalo fuera del laboratorio es más común que los reforzadores estén disponibles por periodos limitados. Consideremos, por ejemplo, una cafetería del dormitorio. Las comidas se sirven en momentos fijos del día. Por tanto, ir a la cafetería se refuerza sólo después de que ha pasado una cierta cantidad de tiempo desde la última comida (el tiempo de preparación). Sin embargo, una vez que se dispone de una comida, usted tiene una cantidad limitada de tiempo para conseguirla. Este tipo de restricción en el tiempo que un reforzador permanece disponible se llama **espera limitada**. Se pueden añadir restricciones de espera limitada a cualquiera de los programas de IF o de IV.

## Comparación de los programas de razón y de intervalo

Hay similitudes sorprendentes entre los patrones de respuesta mantenidos por los programas de razón simple y los programas de intervalo. Como hemos visto, en los programas tanto de RF como de IF hay una pausa posreforzamiento después de cada entrega del reforzador. Además, los programas de RF e IF producen altas tasas de respuesta justo antes de la entrega del siguiente reforzador. Por el contrario, los programas de RV e IV mantienen estables las tasas de respuesta y sin pausas predecibles. ¿Significa esto que los programas de intervalo y de razón motivan la conducta de la misma manera? ¡De ningún modo! Las similitudes superficiales ocultan diferencias fundamentales en los mecanismos motivacionales subyacentes en los programas de intervalo y de razón.

Las primeras evidencias de las diferencias fundamentales entre los programas de razón y de intervalo fueron provistas por un importante experimento de Reynolds (1975). Reynolds comparó la tasa de picoteo en palomas reforzadas con programas de RV e IV. Dos palomas fueron entrenadas para picotear la tecla de respuesta para el reforzador de alimento. Una de las aves fue reforzada en un programa de RV. Por tanto, para esta paloma la frecuencia de reforzamiento fue totalmente determinada por la cantidad de respuestas que hizo. La otra ave fue reforzada en un programa de IV. Para asegurar que las oportunidades de reforzamiento serían idénticas para las dos aves, el programa de IV fue controlado por la conducta del ave reforzada en el programa de RV. Cada vez que la RV de la paloma fue sólo una respuesta corta de la necesidad de reforzamiento en ese ensayo, el investigador creó el reforzador para el ave IV. Con esta disposición, se reforzó la siguiente respuesta de cada ave. Por tanto, la frecuencia de reforzamiento era virtualmente idéntica para los dos animales.

La figura 6.3 muestra el registro acumulativo del picoteo exhibido por cada ave. A pesar de que las dos palomas recibieron la misma frecuencia y distribución de los reforzadores, se comportaron de manera muy diferente. La paloma reforzada en el programa de RV respondió a una tasa mucho más alta que la paloma reforzada en el programa de IV. El programa de RV motivó una conducta instrumental mucho más vigorosa. Este hallazgo básico ya se ha replicado en numerosos estudios y ha estimulado un animado análisis teórico.

También se han encontrado resultados similares a los que Reynolds observó con palomas en los estudiantes de pregrado (por ejemplo, Raia *et al*, 2000). La tarea era similar a un videojuego. En una pantalla de computadora aparecía un blanco y los estudiantes tenían que maniobrar una nave espacial y "disparar" al objetivo con un *joystick* como respuesta instrumental. Por un tiro directo al objetivo los participantes recibieron 5¢. Sin embargo, no todos

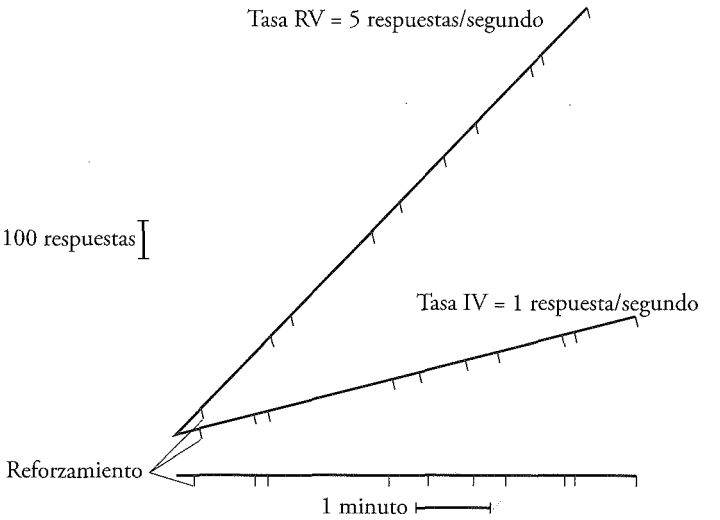



**FIGURA 6.3** Registros acumulados para dos palomas, una reforzada en un programa de RV y la otra unida a ésta en un programa de IV. Aunque las dos palomas recibieron la misma tasa de reforzamiento, el ave sometida a RV respondió cinco veces más rápido que el ave IV. (Basado en *A Primer of Operant Conditioning*, G. S. Reynolds. 2a. ed.)

los "tiros" fueron reforzados. Cuál ocurrencia de la respuesta instrumental fue reforzada, dependió del programa de reforzamiento programado en el *software*. Los estudiantes fueron asignados en pares, pero cada uno trabajó en un cubículo separado y no sabía que él o ella tenía una pareja. Uno de los miembros de cada par recibió reforzamiento en un programa de RV. El otro miembro de la pareja fue reforzado en un programa de IV que fue unido al programa de RV. Por tanto, como en el experimento de la paloma, los reforzadores estuvieron disponibles para ambos participantes al mismo tiempo, pero uno controlaba el acceso al reforzador a través de un programa de RV y el otro no lo hacía.

Raia y colegas (2000) estudiaron los efectos del moldeamiento de la respuesta, las instrucciones y la presencia de una respuesta consumatoria en el desempeño sobre el procedimiento de unir los programas RV–IV. (La respuesta consumatoria consistía en recolectar el reforzador de 5¢ cada vez que se entregaba y ponerlo en una alcancía.) Un conjunto de condiciones era bastante similar a los estudios con palomas: los estudiantes fueron conformados para llevar a cabo la respuesta instrumental, recibieron instrucciones mínimas y se les pidió que realizaran la respuesta consumatoria. Curiosamente, en estas condiciones los estudiantes universitarios se desempeñaron igual que las palomas. Las tasas más altas de respuesta ocurrieron para el estudiante de cada pareja que fue reforzado en el programa de RV.

Las tasas de respuesta más altas que se producen en los programas de razón comparados con los programas de intervalo ilustran poderosamente cómo los programas pueden alterar la motivación de la conducta instrumental. Una teoría simplista podría suponer que la tasa de respuesta es sólo una función de la cantidad de reforzadores que el participante gana. Pero en estos experimentos las tasas de reforzamiento fueron idénticas con los programas de razón y de intervalo. Sin embargo, los programas de razón producen mucho más conducta. Esta es una noticia importante si usted es un gerente intentando obtener el mayor esfuerzo de sus empleados. El reforzador en una situación de empleo es proporcionado por los salarios que los individuos ganan. El experimento de Reynolds le dice que usted puede conseguir que los empleados trabajen más por el mismo sueldo si los salarios se proporcionan en un programa de razón en lugar de en un programa de intervalo.

***Reforzamiento de los tiempos entre respuestas*** ¿Por qué los programas de razón podrían producir mayores tasas de respuesta que los programas de intervalo? Según una explicación, el factor crítico es el reforzamiento de tiempos cortos entre respuestas. El **tiempo entre respuestas (TER)** es el intervalo entre las respuestas sucesivas. En el capítulo 5 se señaló que diversas características de conducta se pueden aumentar mediante el reforzamiento. El

TER es una de tales características de la conducta. Si el participante se ve reforzado por una respuesta que se produce poco después de la anterior, entonces un breve TER se refuerza y los TER cortos serán más probables en el futuro. Por otro lado, si el participante se refuerza con una respuesta que termina en un largo TER, entonces se refuerza un largo TER y los TER largos serán más probables en el futuro. Un participante que tiene en su mayoría TER cortos estará respondiendo a un ritmo elevado. Por el contrario, un participante que tiene en su mayoría TER largos estará respondiendo a una tasa baja.

¿De qué manera los programas de razón y de intervalo determinan el reforzamiento de los TER? Considere un programa de razón. Con un programa de razón no hay limitaciones de tiempo, y entre más rápido el participante complete el requisito de razón, más rápido él o ella recibirá el reforzador. Por tanto, un programa de razón no favorece largas esperas entre las respuestas. Favorece los TER cortos. De hecho, los programas de razón refuerzan diferencialmente los TER cortos.

Por el contrario, los programas de intervalo proporcionan poca ventaja para los TER cortos. Más bien, los programas de intervalo favorecen esperas más largas entre las respuestas. Por ejemplo, consideremos un programa IF 2 min de reforzamiento con alimento. Cada bolita de alimento está disponible 2 minutos después de que la última fue entregada. Si con frecuencia el participante responde antes de que la bolita de alimento esté configurada, no se reforzarán esas respuestas y los TER cortos. Por otro lado, si el participante espera mucho tiempo entre respuestas (emisores de TER largos), es más probable que estas respuestas ocurran después de que se han agotado los 2 minutos y sean más proclives a ser reforzadas. Por tanto, los programas de intervalo refuerzan diferencialmente los TER largos y, por tanto, dan lugar a menores tasas de respuesta que los programas de razón (Baum, 1993; Cole, 1994, 1999; Tanno y Sakagami, 2008).

***Funciones de retroalimentación*** La segunda explicación principal de las mayores tasas de respuesta en programas de razón se centra en la relación entre las tasas de respuesta y de reforzamiento calculadas sobre la totalidad de una sesión experimental o un periodo prolongado (por ejemplo, Reed, 2007*a*, *b*). Esta relación se denomina *función de retroalimentación*, porque se considera que el reforzamiento es la retroalimentación o consecuencia de responder.

A largo plazo, ¿cuál es la relación entre la tasa de respuesta y la velocidad de reforzamiento en programas de razón? La respuesta es bastante sencilla. Debido a que el único requisito para el reforzador en un programa de razón es hacer cierto número de respuestas, el participante completa más rápido el requisito de razón, y más rápido obtiene el siguiente reforzador. Por tanto, la tasa de respuesta está directamente relacionada con la tasa de reforzamiento. Cuanto mayor sea la tasa de respuesta, más serán los reforzadores que el participante gane, y mayor será su tasa de reforzamiento. Además, no hay límite a esta función creciente. No importa cuán rápidamente el participante responda, si puede aumentar aún más su tasa de respuesta, disfrutará de un aumento correspondiente en la tasa de reforzamiento. Por tanto, la función de retroalimentación para un programa de razón es una función lineal creciente sin límite.

¿Qué hay de la función de retroalimentación para un programa de intervalo? Los programas de intervalo tienen un límite superior en el número de reforzadores que un participante puede ganar. Por ejemplo, en un programa IV 2 min, si el participante obtiene cada reforzador tan pronto como esté disponible, puede obtener un máximo de 30 reforzadores por hora. Debido a que cada reforzador requiere una cierta cantidad de tiempo para generarse, hay un límite superior en el número de reforzadores que un participante puede ganar. Un participante no puede aumentar su tasa de reforzamiento por encima de este límite, no importa cuánto él o ella aumente la tasa de respuesta.

Los médicos, abogados y peluqueros en la práctica privada son pagados en un programa de razón con una función de retroalimentación que aumenta linealmente. Sus ganancias dependen de la cantidad de clientes que atienden o de los procedimientos que realicen cada día. Entre más clientes vean, más dinero ganan, y no hay límite a esta función. No importa la cantidad de dinero que estén ganando, si pueden obtenerlo de otro cliente, pueden ganar otra

cuota. Esto contrasta con los empleados asalariados en un supermercado o en la oficina postal, que no pueden aumentar sus ingresos con la misma facilidad aumentando sus esfuerzos. Su única esperanza es que su diligencia sea reconocida cuando los empleados son considerados para un ascenso o promoción. La escala salarial para los empleados asalariados tiene fuertes componentes de un programa de intervalo.

## Elección conductual: programas concurrentes

Los programas de reforzamiento descritos hasta ahora se han centrado en una sola respuesta y el reforzamiento de esa respuesta. La sencillez de las situaciones de una sola respuesta facilita el descubrimiento científico, pero los experimentos en los que se está midiendo sólo una respuesta ignoran parte de la riqueza y la complejidad del mundo real. Incluso en una situación simple como una caja de Skinner, los organismos participan en una variedad de actividades y están optando siempre entre posibles alternativas. Una paloma puede picotear la única tecla de respuesta en la caja, o acicalarse, o moverse alrededor de la cámara. Constantemente la gente también está teniendo que tomar decisiones acerca de qué hacer. ¿Iría al cine o se quedaría en casa y vería la televisión? Si se queda en casa, ¿qué programa de televisión vería?, ¿y lo podría ver hasta el final o cambiaría de canal antes del final? La comprensión de los mecanismos de elección es fundamental para entender la conducta, porque gran parte de lo que hacemos es el resultado de la elección de una actividad sobre otra.

Las situaciones de elección pueden ser bastante complicadas. Por ejemplo, una persona puede tener una selección de 12 actividades diferentes (jugar un videojuego, ver la televisión, enviar mensajes de texto a un amigo, jugar con el perro, y similares), cada una de las cuales produce un tipo diferente de reforzador de acuerdo con un programa de reforzamiento diferente. Analizar todos los factores que controlan las opciones de alguien puede ser una tarea formidable, si no es que imposible. Por tanto, los psicólogos han comenzado las investigaciones experimentales de los mecanismos de elección con el estudio de las situaciones más simples. La situación de elección más simple es una que tiene dos alternativas de respuesta, y cada respuesta es seguida por un reforzador de acuerdo con su propio programa de reforzamiento.

Numerosos estudios de elección se han realizado en cajas de Skinner equipadas con dos teclas que una paloma puede picotear. En el experimento típico, la respuesta en cada tecla se refuerza con algún programa de reforzamiento. Los dos programas están en vigor al mismo tiempo (o concurrentemente), y la paloma es libre de cambiar de una tecla a otra. Este tipo de procedimiento se denomina **programa concurrente**. Los programas concurrentes permiten la medición continua de la elección debido a que el organismo es libre de cambiar hacia atrás y hacia adelante entre las alternativas de respuesta en cualquier momento.

Jugar en las máquinas tragamonedas en un casino está en un programa concurrente, con montones de opciones de respuesta. Cada tipo de máquina opera en un programa de reforzamiento diferente, y se puede jugar en cualquiera de las máquinas. Además, usted está en libertad de cambiar de una máquina a otra en cualquier momento. Más cerca, en casa, el uso del control remoto para el televisor está también en un programa concurrente. Puede seleccionar cualquiera de una serie de canales para ver programas diversos. Algunos canales son más interesantes que otros, lo que indica que su conducta observadora es reforzada en diferentes programas de reforzamiento. Al igual que con las máquinas tragamonedas, usted puede cambiar su selección en cualquier momento. Hablar con varias personas en una fiesta implica contingencias similares. Usted puede hablar con quien quiera y moverse para hablar con otra persona si una conversación se vuelve aburrida, lo que indica una reducción del tipo de reforzador.

La figura 6.4 muestra un ejemplo de laboratorio de un programa concurrente. Si la paloma picotea la tecla de la izquierda, recibe alimento de acuerdo con un segundo programa IV 60. Los picotazos sobre la tecla derecha producen alimento de acuerdo con un programa RF 10. La paloma es libre para picotear cualquier lado en cualquier momento. El punto del experimento es ver cómo la paloma distribuye sus picotazos en las dos teclas y cómo el programa de reforzamiento en cada tecla influye en sus decisiones.

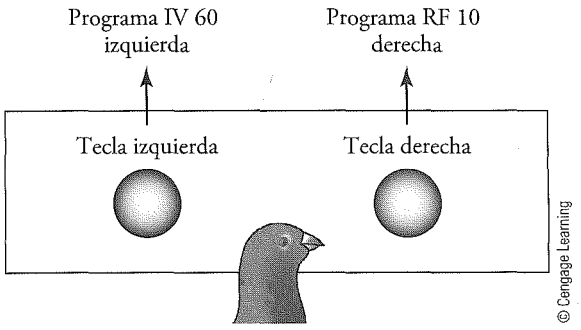



**FIGURA 6.4** Diagrama de un programa concurrente para palomas. Los picotazos en la tecla izquierda son reforzados de acuerdo con un programa de reforzamiento IV 60. Los picotazos en la tecla derecha son reforzados de acuerdo con un programa de reforzamiento RF 10.

## Medidas de elección conductual

La elección del individuo en un programa concurrente se refleja en la distribución de su conducta (*C*) entre las dos alternativas de respuesta. Esto se puede medir de varias maneras. Una técnica común es calcular la *tasa relativa de respuesta* en cada alternativa. Por ejemplo, la tasa relativa de respuesta sobre la tecla izquierda se calcula dividiendo la tasa de respuesta de la izquierda por la tasa total de respuesta (la tecla izquierda más la tecla derecha). Para expresar esto matemáticamente, designaremos $C_I$ al picoteo o la conducta sobre la izquierda, y $C_D$ a la conducta sobre la derecha. Entonces, la tasa relativa de respuesta sobre la izquierda es

$$\frac{C_I}{(C_I + C_D)} \tag{6.1}$$

Si la paloma picotea por igual todas las veces sobre las dos teclas de respuesta, esta relación será de 0.5. Si la tasa de respuesta sobre la izquierda es mayor que la tasa de respuesta sobre la derecha, la proporción será mayor que 0.5. Por otro lado, si la tasa de responder a la izquierda es menor que la tasa de responder a la derecha, la relación será menor que 0.5. La tasa relativa de responder a la derecha ($C_D$) se puede calcular de una manera comparable.

Como se puede sospechar, la forma en que un organismo distribuye su conducta entre las dos alternativas de respuesta está muy influenciada por el programa de reforzamiento en efecto para cada respuesta. Por ejemplo, si el mismo programa de reforzamiento de IV está disponible para cada alternativa de respuesta, como en un procedimiento concurrente IV 60 segundos, IV 60 segundos, la paloma picotea las dos teclas con la misma frecuencia. La tasa relativa de respuesta para los picotazos en cada lado será de 0.5. Este resultado es intuitivamente razonable. Debido a que el programa de IV disponible en cada lado es el mismo, no hay ninguna ventaja más en la respuesta de un lado que del otro.

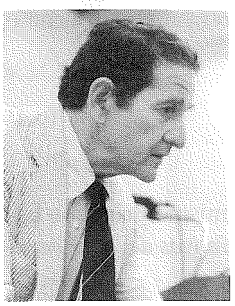
Al responder con la misma frecuencia en cada lado de un programa concurrente IV 60 segundos, IV 60 segundos, la paloma también ganará reforzadores con la misma frecuencia en cada lado. La tasa relativa de reforzamiento obtenida para cada alternativa de respuesta se puede calcular de una manera comparable a la tasa relativa de respuesta. Designaremos $r_I$ como la tasa de reforzamiento de la izquierda, y $r_D$ como la tasa de reforzamiento de la derecha. Entonces, la tasa relativa de reforzamiento de la izquierda será $r_I$ dividida por la tasa total de reforzamiento (la suma de la tasa de recompensa ganada en la izquierda y la tasa de recompensa ganada en la derecha). Esto se expresa en la fórmula

$$\frac{r_I}{(r_I + r_D)} \tag{6.2}$$

En un programa concurrente IV 60 segundos, IV 60 segundos, la tasa relativa de reforzamiento para cada alternativa de respuesta será de 0.5 porque el participante gana reforzadores con la misma frecuencia en cada lado.

## La ley de igualación

Como hemos visto, con un programa concurrente IV 60 segundos, IV 60 segundos, la tasa relativa de respuesta y la tasa relativa de reforzamiento para cada alternativa de respuesta es de 0.5. Por tanto, la tasa relativa de respuesta es igual a la tasa relativa de refuerzo. ¿Esta igualdad también ocurrirá si las dos alternativas de respuesta no se refuerzan de acuerdo con el mismo programa? Esta importante cuestión fue formulada por Herrnstein (1961).



Cortesía de Donald A. Dewsbury

R. J. Herrnstein

Herrnstein estudió la distribución de las respuestas en diferentes programas concurrentes IV–IV en los que la tasa total máxima de reforzamiento que podían ganar las palomas se fijó en 40 por hora. Dependiendo del valor exacto de cada programa de IV, podrían obtenerse diferentes proporciones de los 40 reforzadores por picoteo de las teclas izquierda y derecha. Por ejemplo, consideremos un programa concurrente IV 6 min, IV 2 min. Con un programa tal, podrían obtenerse un máximo de 10 reforzadores por hora al responder en la alternativa de IV 6 min, y un máximo de 30 reforzadores por hora al responder en la alternativa IV 2 min.

No hubo restricción sobre qué lado podían picotear las palomas en los distintos programas concurrentes IV–IV que Herrnstein probó. Las palomas podían responder exclusivamente en un lado o el otro, o podían dividir sus picotazos entre las dos partes en diversas proporciones. Al final resultó que las palomas distribuyeron sus respuestas de manera muy predecible. Los resultados, que se resumen en la figura 6.5, indican que la tasa relativa de respuesta a una alternativa dada fue siempre cerca de la tasa relativa del reforzamiento ganado en esa alternativa. Si las palomas ganaron una mayor proporción de sus reforzadores en la izquierda, en correspondencia hicieron una mayor proporción de sus respuestas en ese lado. La tasa relativa de respuesta en una alternativa se correspondía con la tasa relativa de reforzamiento en esa alternativa. La obtención de resultados similares en otros numerosos experimentos fue lo que alentó a Herrnstein a llamar a esta relación **ley de igualación**. (Para revisiones recientes, consulte Dallery y Soto, 2013; Grace y Hucks, 2013.)

Hay dos expresiones matemáticas comunes de la ley de igualación. En una formulación, la tasa de respuesta o conducta ($C$) y la tasa de refuerzo ($r$) de una sola opción

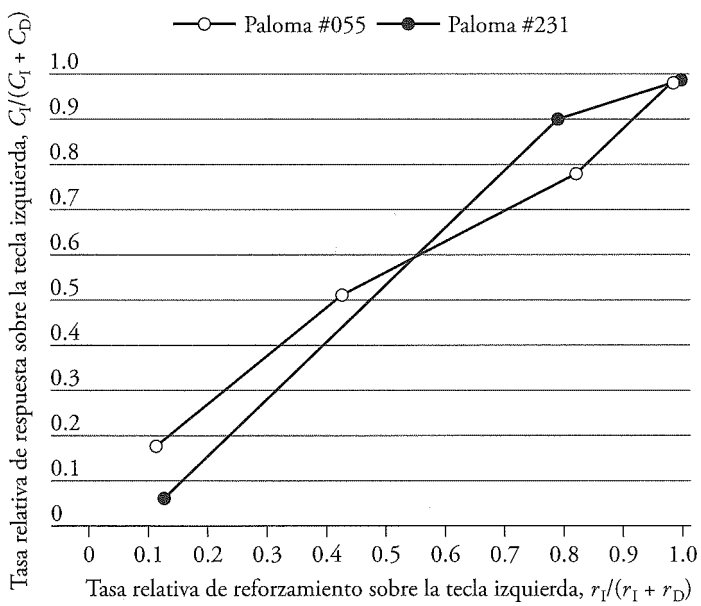



**FIGURA 6.5**
Resultados de diferentes programas concurrentes IV–IV probados con las palomas. Observe que en todo el rango de los programas, la tasa relativa de respuesta es casi igual a la tasa relativa de refuerzo (la iguala). (Basado en "Relative and Absolute Strength of Response as a Function of Frequency of Reinforcement", R. J. Herrnstein, 1961, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 4*, pp. 267-272.)

alternativa se expresan como una proporción de las tasas de respuesta y refuerzo totales como sigue:

$$\frac{C_I}{(C_I + C_D)} = \frac{r_I}{(r_I + r_D)} \tag{6.3}$$

La segunda forma de la ley de igualación es más simple, pero matemáticamente equivalente a la ecuación 6.3. En la segunda versión, las tasas de respuesta y refuerzo en una alternativa se expresan como una proporción de las tasas de respuesta y refuerzo en la otra alternativa como sigue:

$$\frac{C_I}{C_D} = \frac{r_I}{r_D} \tag{6.4}$$

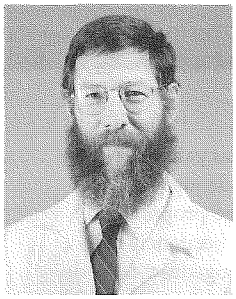
Ambas expresiones matemáticas de la ley de igualación representan el mismo principio básico; a saber, que las *tasas relativas de respuesta coinciden con las tasas relativas de los reforzamiento.*

La ley de igualación ha tenido un profundo impacto en la forma en que los científicos piensan acerca de la conducta instrumental. La idea principal que ofrece la ley de igualación es que la tasa de una respuesta particular no depende de la tasa de reforzamiento de esa respuesta sola. La frecuencia con la que se produce una conducta o no depende no sólo de su propio programa de reforzamiento, sino también de las tasas de reforzamiento de otras actividades que la persona puede realizar. Dado que un programa simple de reforzamiento es altamente eficaz en un entorno empobrecido de recompensas, puede tener poco impacto si hay numerosas fuentes alternativas de refuerzo. Por tanto, la forma de capacitar y motivar una respuesta particular (por ejemplo, el estudio entre los estudiantes de secundaria) tiene que considerar otras actividades y fuentes de reforzamiento que los individuos tienen a su disposición.

La importancia de las fuentes alternativas de reforzamiento ha proporcionado una visión útil de conductas problemáticas, tales como el sexo sin protección entre los adolescentes, lo que da lugar a embarazos no deseados, abortos y enfermedades de transmisión sexual. Con base en los conceptos de la ley de igualación, Bulow y Meller (1998) predijeron que "las adolescentes que viven en un entorno de reforzamiento estéril son más propensas a involucrarse en comportamientos sexuales que aquellas chicas cuyos entornos les ofrecen una gama más amplia de oportunidades de reforzamiento" (p. 586). Para probar esta predicción, se administró una encuesta a las adolescentes en la que se les preguntó acerca de las cosas que encontraban reforzantes. A partir de estos datos, los investigadores calcularon las tasas de actividad sexual y el uso de anticonceptivos, y las tasas de reforzamiento procedentes de actividades sexuales y otras actividades. Estos datos se ingresaron en las ecuaciones de la ley de igualación. Los resultados fueron impresionantes. La ley de igualación predijo la frecuencia de la actividad sexual con una precisión de 60%, y el uso de anticonceptivos con 67% de precisión. Estos hallazgos sugieren que los esfuerzos para reducir el sexo sin protección entre los adolescentes tienen que considerar no sólo sus actividades sexuales, sino otras cosas que pueden aprender a disfrutar (como practicar un deporte o un instrumento musical). (Para una investigación crítica de la traslación que implica la ley de igualación, véase Jacobs, Borrero y Vollmer, 2013.)

***Subigualación, sobreigualación y sesgo en la respuesta*** La ley de igualación indica claramente que las elecciones no se hacen caprichosamente. Más bien, la elección es una función ordenada de las tasas de refuerzo. Aunque la ley de igualación ha tenido un éxito considerable y ha guiado muchas investigaciones en los últimos 50 años, las tasas relativas de respuesta no siempre se igualan exactamente con las tasas relativas de reforzamiento.

La mayoría de los casos en los que la elección conductual no corresponde perfectamente con la relación de igualación, puede ser acomodada por una forma generalizada de la ley de



Cortesía de W. M. Baum

W. M. Baum

igualación (Baum, 1974). La ley de igualación generalizada tiene dos parámetros, $p$ y $s$, que se agregan a la ecuación 6.4 y se expresan como sigue:

$$C_I / C_D = p\left(\frac{r_I}{r_D}\right)^s \tag{6.5}$$

El exponente $s$ representa la sensibilidad de elección de la conducta en las tasas relativas de reforzamiento para las alternativas de respuesta o la discriminabilidad de las alternativas. Cuando se produce una correspondencia perfecta, $s$ es igual a 1. La desviación más común de la concordancia perfecta implica una reducida sensibilidad del comportamiento de elección para las tasas relativas de reforzamiento. Tales resultados se conocen como **subigualación**, y pueden ser acomodados por la ecuación 6.5 al hacer el exponente $s$ menor que 1. Observe que si el exponente $s$ es menor que 1, el valor del término que representa las tasas relativas del reforzador, $(r_A/r_B)$, se hace más pequeño, lo que indica una sensibilidad reducida a la tasa relativa de reforzamiento.

Se han encontrado numerosas variables que influyen en el parámetro de sensibilidad, incluyendo las especies ensayadas, el esfuerzo o la dificultad de cambiar de una alternativa a la otra, y los detalles de cómo se construyen los programas alternativos.

El parámetro $p$ en la ecuación 6.5 representa el *sesgo de la respuesta*. En el experimento original de Herrnstein (y en la mayoría de los otros que le han seguido), los animales eligieron entre dos respuestas del mismo tipo (picotear una u otra tecla de respuesta), y cada respuesta se vio reforzada por el mismo tipo de reforzador (breve acceso al alimento). El sesgo de la respuesta se produce cuando las alternativas de respuesta requieren diferentes cantidades de esfuerzo o si el reforzador previsto para una respuesta es mucho más atractivo que el reforzador para la otra respuesta. Una preferencia (o sesgo) para una respuesta o un reforzador sobre los otros resulta en más de una respuesta en el lado preferido, y está representada por los valores más altos del parámetro de sesgo $p$.

## Mecanismos de la ley de igualación

La ley de igualación describe cómo los organismos distribuyen sus respuestas en una situación de elección, pero no explica qué mecanismos son los responsables de estas opciones. Esta es una ley descriptiva de la naturaleza y no una ley mecanicista. Los factores que pueden ser responsables de la igualación en situaciones de elección han sido objeto de continua experimentación y debate teórico (ver Davison y McCarthy, 1988; Grace y Hucks, 2013).

La ley de igualación se expresa en términos de tasas de respuesta y refuerzo promediadas sobre toda la duración de las sesiones experimentales. No tiene en cuenta cuándo se hacen las respuestas individuales. Algunas teorías de igualación son similares en que ignoran lo que podría ocurrir a nivel de las respuestas individuales. A tales explicaciones se les llama *teorías molares*. Estas teorías explican conglomerados de respuestas. Se ocupan de la distribución de las respuestas y reforzadores en situaciones de elección durante toda una sesión experimental.

En contraste con las teorías molares, otras explicaciones de la relación de igualación operan en un marco de tiempo más corto y se centran en lo que sucede en el nivel de las respuestas individuales. A tales explicaciones se les llama *teorías moleculares*, las cuales ven la relación de igualación como el resultado neto de estas elecciones individuales. Anteriormente se describieron las explicaciones moleculares y molares de por qué los programas de razón producen tasas de respuesta más altas que los programas de intervalo. La explicación que hizo hincapié en el reforzamiento de tiempos entre la respuesta fue un reporte molecular o local. En contraste, la explicación que enfatizó las funciones de retroalimentación de los programas de razón y de intervalo fue una teoría molar. (Para una discusión detallada de los enfoques molecular *versus* molar en el análisis de la conducta, véase Baum, 2002.)

***Maximización de las tasas de reforzamiento*** Las explicaciones más ampliamente investigadas de la elección conductual se basan en la idea intuitivamente razonable de que los organismos distribuyen sus acciones entre las alternativas de respuesta con el fin de recibir

## RECUADRO 6.2

### *La ley de igualación y la conducta humana compleja*

Se ha encontrado que la ley de igualación y sus implicaciones se pueden aplicar a una amplia gama de conductas humanas, incluida la conversación social (Borrero *et al*, 2007), el cortejo y la selección de pareja (Takeuchi, 2006), y las decisiones que conducen al abuso de sustancias (por ejemplo, Frisher y Beckett, 2006; Vuchinich y Tucker, 2006). En un reciente e interesante estudio, Vollmer y Bourret (2000) examinaron las decisiones que los jugadores de baloncesto universitario hicieron durante el curso de los juegos intercolegiales. Un jugador de baloncesto puede elegir tirar a la canasta desde una zona cercana a ésta y de ese modo conseguir dos puntos, o tirar desde una zona más alejada y con ello conseguir tres puntos. Los equipos compilan estadísticas sobre el número de tiros de dos y de tres puntos intentados por los jugadores individualmente. Estos datos proporcionan información sobre las tasas relativas de la selección de cada alternativa de respuesta. Las estadísticas del equipo también incluyen información sobre el éxito de cada intento, y estos datos pueden ser utilizados para calcular la tasa de reforzamiento para cada alternativa de respuesta. Vollmer y Bourret examinaron datos de 13 jugadores en el equipo masculino y 13 jugadores del equipo femenino de una universidad, y encontraron que la elección relativa de los diferentes tipos de tiros fue proporcional a las tasas relativas de refuerzo para esos tiros. Por tanto, la conducta de elección de estos atletas durante los juegos regulares siguió la ley de igualación.

La ley de igualación también se ha utilizado para analizar la elección de jugadas en los partidos de fútbol profesional de la American National Football League (Reed, Critchfield y Martins, 2006). Se analizaron los datos sobre jugadas de corrida frente a las jugadas de pase en términos de la cantidad de yardas ganadas como consecuencia de cada jugada. Esta forma de ver el juego proporciona tasas de respuesta (frecuencia de uno u otro tipo de jugada) y tasas de reforzamiento (yardas ganadas). La ley de igualación generalizada representó 75% de la elección de jugadas. El parámetro de sensibilidad mostró que la frecuencia relativa de jugadas de pase frente a jugadas de corrida subajustaba las yardas relativas ganadas por estas jugadas. Por tanto, la elección de las jugadas no saca el máximo provecho de la ganancia de yardas que podrían haber sido obtenidas. El parámetro de sesgo de respuesta en la ley de igualación generalizada indicó que no había un sesgo significativo a favor de las jugadas de corrida. Curiosamente, los equipos cuya vocación de juego seguía la ley de igualación más de cerca tenían mejores registros ganadores que los equipos que se desviaron significativamente de la igualación.

la cantidad máxima de reforzamiento posible. De acuerdo con esta idea, los animales oscilan entre alternativas de respuesta a fin de recibir la mayor cantidad de reforzadores como les sea posible. Se ha utilizado la idea de que los organismos maximizan el reforzamiento para explicar la elección conductual en ambos niveles de análisis molecular y molar.

***Maximización molecular*** De acuerdo con las teorías moleculares de maximización, los organismos siempre eligen cualquier respuesta alternativa que sea más probable de ser reforzada en un momento dado en el tiempo. Una primera versión de la igualación molecular (por ejemplo, Shimp, 1969) afirma que cuando dos programas (A y B) son, en efecto, simultáneos, el participante pasará del programa A al programa B cuando la probabilidad de reforzamiento en el programa B se hace mayor que en el programa A. El participante volverá a A cuando la probabilidad de reforzamiento en A se vuelve mayor que en B. Por tanto, este modelo afirma que la relación de igualación es un subproducto de una conducta de conmutación prudente que sigue los cambios momentáneos en la probabilidad de reforzamiento. Los estudios detallados de los patrones de cambio de una respuesta a otra no siempre han apoyado este tipo de mecanismo de maximización molecular. Sin embargo, los científicos se han mantenido interesados en las explicaciones moleculares de igualación.

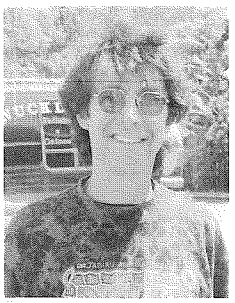
De acuerdo con una teoría molecular más reciente, una situación que involucra dos respuestas alternativas A y B implica en realidad cuatro opciones diferentes de conducta: quedarse con la alternativa A, cambiar de A a B, permanecer con la alternativa B, y cambiar de B a A. Cada una de estas cuatro opciones de conducta se refuerza en varios momentos. Se supone que la distribución relativa de las respuestas en A y B dependerá de la tasa relativa de reforza-

miento para permanecer en cada lado frente a cambiar de un lado a otro (MacDonall, 2000, 2005). (Para otros análisis de los efectos locales del reforzamiento de elección, ver Davison y Baum, 2003; Krägeloh, Davison y Elliffee, 2005.)

***Maximización molar*** Las teorías de maximización molar asumen que los organismos distribuyen sus respuestas entre varias alternativas a fin de maximizar la cantidad de reforzamiento que obtienen en el largo plazo. Cuánto tiempo es suficiente para ser considerado un *largo plazo* no está claramente especificado. Sin embargo, en contraste con las teorías moleculares, las teorías molares se centran en los agregados de conducta sobre un cierto periodo, generalmente la duración total de una sesión experimental, más que en las respuestas de elección individual.

La teoría de maximización molar fue formulada originalmente para explicar la elección de los programas concurrentes formados por los componentes de razón. En los programas concurrentes de razón, los animales rara vez oscilan entre alternativas de respuesta. Más bien, responden exclusivamente en el componente de razón que requiere la menor cantidad de respuestas. Por ejemplo, en un programa concurrente RF 20, RF 10, es probable que la paloma responda sólo en la alternativa RF 10. De esta manera se maximiza su tasa de reforzamiento con el menor esfuerzo.

En muchas situaciones, la maximización molar predice con precisión los resultados de los procedimientos de elección. Sin embargo, ciertos hallazgos presentan dificultades. Una dificultad surge de los resultados de programas concurrentes IV–IV. En un programa concurrente IV–IV, los participantes pueden obtener casi todos los reforzadores disponibles en ambas opciones IV siempre que de vez en cuando prueben cada alternativa. Por tanto, la cantidad total de reforzamiento obtenido en un programa concurrente IV–IV puede ser casi la misma a pesar de las amplias variaciones en la forma en que la respuesta se distribuye entre las dos alternativas. La relación de igualación es sólo una de las muchas posibilidades diferentes que resultan cercanas a la tasa máxima de reforzamiento sobre programas concurrentes IV–IV.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

E. Fantino

Otro desafío para la igualación molar es proporcionada por los estudios que involucran una elección entre un programa de RV y uno de IV. En un programa de RV el participante puede obtener reforzamiento en cualquier momento haciendo el número requerido de respuestas. Por el contrario, en un programa de IV el participante sólo tiene que responder de vez en cuando para obtener cerca del número máximo de reforzadores posibles. Para obtener el máximo resultado en un programa concurrente RV–IV, los participantes deben concentrar sus respuestas en la alternativa de RV y responder sólo de vez en cuando en el componente de IV. La evidencia muestra que tanto las palomas como los estudiantes universitarios favorecen el componente de RV, pero no siempre es tan fuerte como lo predijo la maximización molar (por ejemplo, Heyman y Herrnstein, 1986; Savastano y Fantino, 1994).

***Mejoramiento*** El tercer principal mecanismo de elección, el **mejoramiento**, opera en una escala de tiempo entre mecanismos molares y moleculares. En lugar de agregar los datos a través de una sesión completa o de concentrarse en las respuestas individuales, la teoría de mejoramiento se centra en las tasas locales de respuesta y reforzamiento.

Las *tasas locales* se calculan sólo sobre el periodo que un participante dedica a una alternativa de elección particular. Por ejemplo, con dos opciones (A y B), la tasa local de respuesta en A se calcula dividiendo la frecuencia de respuestas sobre el A por el tiempo que el participante pasa en el lado A. Esto contrasta con la *tasa global*, que se calcula dividiendo la frecuencia de respuesta en A entre la duración total de una sesión experimental.

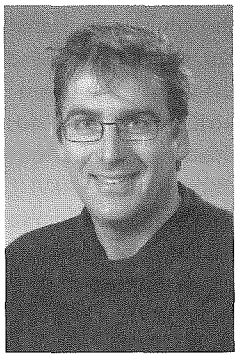
Las tasas locales siempre son superiores a las tasas globales. Por ejemplo, si usted obtiene 10 reforzadores en una sesión de 60 minutos respondiendo sobre la tecla de respuesta izquierda, la tasa global de reforzamiento de la izquierda será de 10 por hora. Sin embargo, si sólo pasa 15 minutos en el lado izquierdo, la tasa local de reforzamiento de la izquierda será de 10 por cada 15 minutos o 40 por hora.

El término *mejoramiento* significa hacer que algo sea mejor. La teoría de mejoramiento predice que los participantes cambian su conducta hacia cualquier elección alternativa que ofrece la más alta (o mejor) tasa local de reforzamiento. Sin embargo, cualquier cambio en el

tiempo gastado en una opción alternativa probablemente cambiará la tasa local de reforzamiento para esa alternativa. El mejoramiento asume que los ajustes en la distribución de la conducta entre elección de alternativas continuarán hasta que el participante obtenga la misma tasa local de reforzamiento en cada alternativa (Herrnstein, 1997; Vaughan, 1981). Una vez logrado esto, no hay incentivo para más cambios en la asignación de respuesta. Se puede demostrar matemáticamente que cuando los participantes distribuyen sus respuestas a fin de obtener la misma tasa local de reforzamiento en cada alternativa, se están comportando de acuerdo con la ley de igualación. Por tanto, el mecanismo de mejoramiento resulta en igualación. (Para un estudio humano de elección congruente con el mejoramiento, ver Madden, Peden y Yamaguchi, 2002.)

## Elección compleja y autocontrol

En un programa estándar de reforzamiento concurrente, dos alternativas (o más) de respuesta están disponibles al mismo tiempo, y cambiar de una a otra puede ocurrir en cualquier momento. Por ejemplo, en una cena compartida, si no le gusta lo que está comiendo, puede cambiar en cualquier momento a otra cosa. Del mismo modo, se puede visitar uno u otro stand en una feria y hacer una nueva selección en cualquier momento. Ese no es el caso cuando elige una película en un complejo de cines. Una vez que haya pagado su boleto y empiece a ver la película, no puede cambiar de opinión y ir a ver a otra en cualquier momento. La elección de una película hace que las demás no estén disponibles hasta que compre otro boleto.



Cortesía de R. C. Grace

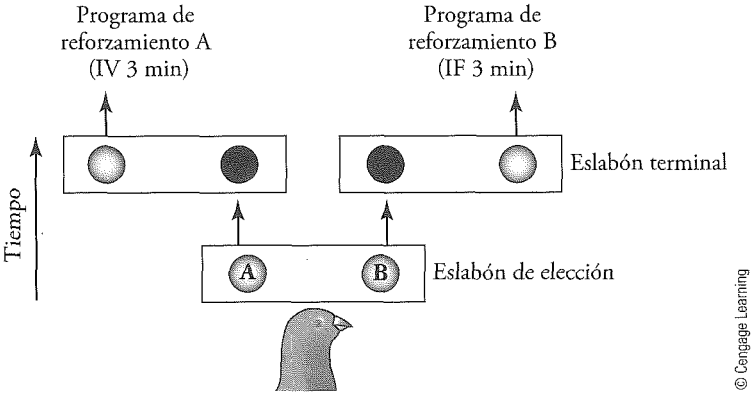
R. C. Grace

Muchas de las complejas decisiones humanas limitan sus opciones una vez que ha tomado una decisión. Cuando usted está acabando el bachillerato y contemplando a qué universidad ingresar, es posible que tenga un número de opciones disponibles. Sin embargo, después de haber seleccionado y haberse matriculado en una universidad en particular, las otras escuelas ya no están disponibles sino hasta el próximo semestre o el año siguiente. Elegir dónde ir de vacaciones o qué automóvil comprar igualmente implica elección con compromiso. Una vez hecha la selección, las otras alternativas ya no están disponibles por un tiempo.

### Programas concurrentes encadenados

Para el estudio de la forma como los organismos toman decisiones que implican el compromiso de una u otra alternativa, los investigadores desarrollaron el **programa de reforzamiento concurrente encadenado** (Kyonka y Grace, 2010; Mazur, 2006).

Un programa de reforzamiento concurrente encadenado consta de dos fases o eslabones (figura 6.6). El primero se llama *eslabón de elección*. En este eslabón se le permite al participante elegir entre dos programas alternativos al hacer una de dos respuestas. En el ejemplo esquematizado en la figura 6.6, la paloma hace su elección picoteando la tecla de respuesta de la izquierda o de la derecha. Picotear la tecla izquierda produce la alternativa A, la oportunidad




© Cengage Learning

**FIGURA 6.6** Diagrama de un programa concurrente encadenado. Picotear la tecla izquierda en el eslabón de elección activa el programa de reforzamiento A en el eslabón terminal. Picotear la tecla derecha en la elección activa el programa de reforzamiento B en el eslabón terminal

de picotear la tecla izquierda en un programa de reforzamiento IV 3 min. Si la paloma picotea la tecla derecha en el eslabón de elección, se produce la alternativa B, que es la oportunidad para picotear la tecla derecha en un programa IF de 3 min.

Responder en cualquiera de las dos teclas durante el eslabón de elección no produce alimento. La oportunidad para el refuerzo se produce sólo después de que la elección inicial se ha hecho y el pichón ha entrado en el eslabón *terminal*. Otra característica importante del programa concurrente encadenado es que una vez que el participante ha hecho una elección, se ha quedado ligado con esa alternativa hasta el final del eslabón terminal del programa o el final de la prueba. Por tanto, los programas concurrentes encadenados implican *elección con compromiso*.

El patrón de respuesta que se produce en el componente terminal de un programa concurrente encadenado es característico de cualquier programa de reforzamiento en vigor durante ese componente. En nuestro ejemplo, si la paloma selecciona la alternativa A, su patrón de picoteo durante el componente terminal será similar al patrón de respuesta habitual para un programa IV 3 min. Si la paloma selecciona la alternativa B, su patrón de picoteo durante el componente terminal será característico de un programa IF 3 min.

Todos hemos oído que la *variedad es la sal de la vida*. Los estudios sobre programas concurrentes encadenados nos pueden decir si esa declaración es apoyada por la evidencia empírica. Si la variedad es la sal de la vida, entonces los participantes deberán preferir un programa variable a un programa fijo que resulta en la misma tasa global de refuerzo. Los estudios sobre programas concurrentes encadenados con componentes terminales IV e IF han mostrado que los participantes prefieren la alternativa de programa variable. De hecho, las palomas favorecen la alternativa IV sobre la alternativa IF incluso si el programa de IV requiere más tiempo en promedio para que el reforzador esté disponible (por ejemplo, Andrzejewski *et al*, 2005). Esto indica que la variedad es la sal de la vida en programas concurrentes encadenados.

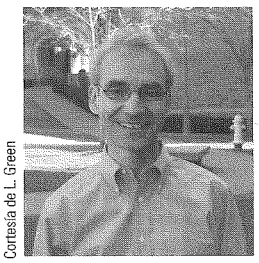
Como se ha señalado, la consecuencia de responder durante el eslabón de elección en un programa concurrente no es el reforzador primario (la comida). Más bien, es entrar en uno de los eslabones terminales, cada uno de los cuales está normalmente designado por un color particular en la tecla de picoteo. Por tanto, la consecuencia inmediata de un eslabón inicial de respuesta es un estímulo que está asociado con el eslabón terminal que se ha elegido. Debido a que el estímulo está presente cuando se suministra el reforzador primario, el estímulo del enlace terminal se convierte en un reforzador *condicionado*. En consecuencia, un programa concurrente se puede considerar como uno en el que las respuestas de eslabón inicial se ven reforzadas por la presentación de un reforzador condicionado. Las diferencias en el valor del reforzador condicionado determinan entonces la tasa relativa de cada respuesta de elección en el enlace inicial. Debido a esto, los programas concurrentes encadenados proporcionan una herramienta importante para el estudio del reforzamiento condicionado (Jimenez-Gomez y Shahan, 2012; Savastano y Fantino, 1996).

Aunque muchos estudios de los programas concurrentes encadenados representan esfuerzos para determinar cómo los organismos eligen entre diferentes situaciones representadas por los eslabones terminales, el consenso de opinión es que la elección conductual se rige por el eslabón terminal de los programas, y cualquier programa que esté en vigor en el eslabón inicial. Se han propuesto modelos diferentes para explicar cómo las variables relacionadas con los eslabones inicial y terminal actúan en conjunto para determinar el desempeño de la elección concurrente (por ejemplo, Christensen y Grace, 2010).

## Elección de autocontrol y descuento por demora

El autocontrol es una forma especialmente importante de elección compleja. El autocontrol es una cuestión de elegir una gran recompensa demorada sobre una pequeña recompensa inmediata. ¿Debe salir de la cama cuando suena su alarma e ir a clase, o apagar la alarma y dormir una hora extra? El ir a clase le ayudará a su promedio de calificaciones y le ayudará a obtener un título universitario. Esas son ventajas muy importantes, pero no se puede disfrutar de ellas sino hasta algún momento en el futuro. Permanecer en la cama durante una hora extra pro-

porciona un beneficio mucho más pequeño, pero es uno que se puede disfrutar de inmediato. Del mismo modo, el autocontrol en el comer consiste en la selección de la gran recompensa demorada de mantener un peso saludable sobre la pequeña recompensa inmediata de comer un pedazo de pastel. Muchas opciones involucradas en un estilo de vida saludable requieren la selección de una mayor recompensa demorada (estar sano) sobre una recompensa inmediata más pequeña (tomar una taza de café con amigos en vez de ir al gimnasio).



Cortesía de L. Green

L. Green

¿Por qué es tan difícil estar motivado para trabajar para las grandes, pero demoradas recompensas? Ese es el *quid* de la cuestión del autocontrol. La respuesta, que se originó en los primeros estudios sobre los programas concurrentes encadenados (Rachlin y Green, 1972), se basa en el concepto de **descuento por demora**. El descuento por demora es uno de los mayores avances contemporáneos en nuestro pensamiento sobre el reforzamiento, y se refiere a la idea de que el valor de un reforzador disminuye en función de cuánto tiempo se tiene que esperar para obtenerlo.

Si se le preguntara si prefiere $25 hoy o $25 la próxima semana, no hay duda de que va a elegir obtener el dinero hoy. Esto muestra que el valor de $25 es menor si usted tiene que esperar una semana para conseguirlo. ¿Cuánto menos? Podemos determinar que, al plantear una serie de opciones que enfrentan $25 la próxima semana contra diversas cantidades más pequeñas hoy, dada una serie de tales opciones, podríamos determinar que para usted conseguir $10 hoy es equivalente a obtener $25 la próxima semana. Tal resultado mostraría que para usted una semana de demora resulta en la reducción del valor de $25 a $10.

Las funciones de descuento por demora han sido examinadas en numerosos estudios con participantes humanos, así como con varias especies de animales (por ejemplo, Calvert, Green y Myerson, 2011; Madden y Bickel, 2010). A los animales de laboratorio no se les puede hacer preguntas hipotéticas sobre su elección entre los reforzadores monetarios que difieren en cantidad y demora. Más bien, tienen que ser utilizados los reforzadores ingeribles. Cuando los reforzadores ingeribles también se prueban con los participantes humanos, se obtienen funciones de descuento similares.

La figura 6.7 muestra los resultados de un estudio con estudiantes de pregrado dadas las opciones entre diferentes cantidades de su jugo preferido y la demora en la entrega (Jimura *et al*, 2011). Observe que el valor subjetivo tanto de 16 mL como de 8 mL de jugo disminuyó con el aumento de las demoras. Esto ilustra el fenómeno básico de descuento por demora. La figura 6.7 muestra también que la recompensa más pequeña (8 ml) perdió su valor más rápido que la recompensa más grande (16 ml).

El descuento por demora no es un fenómeno bien establecido. Ya no hay ninguna duda de que los reforzadores pierden su valor cuanto más tiempo uno tiene que esperar por ellos. Sin embargo, la forma matemática exacta de la *función de descuento de valor* ha tomado un poco

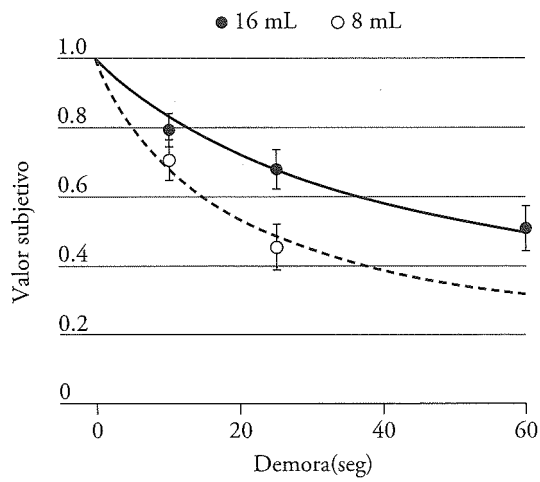



**FIGURA 6.7** Valor subjetivo de 16 mL y de 8 mL de jugo en función de la demora en los estudiantes universitarios. Las curvas representan funciones hiperboloides de mejor ajuste. (Basado en Jimura *et al*, 2009.)



Cortesía de James E. Mazur

James E. Mazur

de esfuerzo empírico para concretarse. El consenso actual es que el valor de un reforzador ($V$) está directamente relacionado con la magnitud ($M$) de la recompensa e inversamente relacionado con la demora ($D$) de la recompensa de acuerdo con la fórmula

$$V = \frac{M}{(1 + kD)} \tag{6.6}$$

donde $k$ es el parámetro de tasa de descuento (Mazur, 1987). La ecuación 6.6 se llama *función de decaimiento hiperbólico*. (Para una versión generalizada de la función de decaimiento hiperbólico, ver Grace, 1999.) De acuerdo con esta ecuación, si el reforzador se entrega sin demora ($D = 0$), el valor del reforzador está directamente relacionado con su magnitud (reforzadores más grandes tienen valores mayores). Cuanto más larga es la demora del reforzador, menor es su valor.

Se ha señalado antes que el concepto de *descuento por demora* ofrece la clave para entender el problema del autocontrol, que implica la elección entre una pequeña recompensa disponible pronto frente a una recompensa mucho más grande disponible después de una larga demora. Pero, ¿cómo puede ser eso? Dado que los reforzadores pierden rápidamente su valor con mayores demoras, ¿los participantes no siempre seleccionan la pequeña recompensa más inmediata? No necesariamente. En función del tamaño del reforzador y qué tan rápido es descontado su valor, se producen diferentes resultados.

Al analizar el problema del autocontrol es útil graficar funciones de descuento por demora hacia atrás, como se presenta en la figura 6.8. En esta figura, el eje vertical muestra una vez más el valor percibido del reforzador, y el tiempo está representado por el eje horizontal. La cifra representa el valor de una recompensa grande y una pequeña en función de cuánto tiempo usted tendría que esperar para recibir la recompensa. La barra de la recompensa grande está a la derecha de la barra para la recompensa pequeña, porque usted tiene que esperar más tiempo para recibir la recompensa grande. $T_1$ y $T_2$ identifican diferentes momentos de cuándo es posible que elija su respuesta.

El dilema habitual del autocontrol ocurre si su elección se hace en $T_1$. En ese momento ($T_1$) hay una muy corta espera para la recompensa pequeña y una espera más larga para la recompensa grande. Esperar por cada recompensa reduce su valor. Debido a que al principio el valor de la recompensa disminuye rápidamente, dadas las demoras involucradas en $T_1$, el valor de la recompensa grande es menor que el valor de la recompensa pequeña. Por tanto, el modelo predice que si la elección se produce en $T_1$, seleccionará la recompensa pequeña (la opción impulsiva). Sin embargo, las funciones de descuento cruzan con más demoras. El valor de ambas recompensas es menor en $T_2$ que en $T_1$ porque $T_2$ implica mayores demoras. Sin embargo, observe que en $T_2$ el valor de la recompensa grande es ahora mayor que el de la recompensa pequeña. Por tanto, al elegir en $T_2$ tendría que seleccionar la recompensa grande (la opción de autocontrol).

Las funciones de descuento por demora ilustradas en la figura 6.8 predicen los resultados de numerosos estudios de autocontrol. Lo más importante, las funciones muestran que el aumento

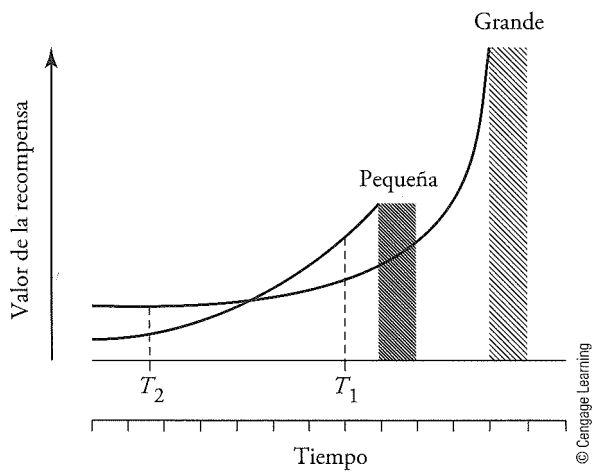



**FIGURA 6.8**
Relaciones hipotéticas entre el valor de la recompensa y el tiempo para su entrega para una recompensa pequeña y una recompensa grande presentado en algún momento posterior.



Cortesía de A. W. Logue

A. W. Logue

en la demora tanto de la recompensa pequeña como de la grande (al pasar de $T_1$ a $T_2$) hace que sea más fácil mostrar autocontrol. Debido a que las funciones de descuento por demora cruzan con más demoras, la recompensa demorada más grande se vuelve más atractiva con mayor demora. (Para una discusión más amplia sobre estos temas, ver Logue, 1995; Rachlin, 2000.)

***Descuento por demora en las relaciones humanas*** Como se señaló anteriormente, el parámetro $k$ en la ecuación 6.6 indica cómo el valor de la recompensa disminuye rápidamente en función de la demora. La más pronunciada función de descuento por demora de una persona es la mayor dificultad que tendrá para mostrar autocontrol porque la recompensa grande más remota parecerá mucho menos valiosa. La falta de autocontrol es potencialmente asociada con una amplia gama de problemas humanos. Participar en relaciones sexuales sin protección, beber demasiado en una fiesta, conducir en estado de ebriedad, y lanzar un puñetazo en lugar de alejarse de una discusión son todos ejemplos de falta de autocontrol. ¿Las personas que se enganchan a este tipo de conductas problemáticas son más aptas para el descuento por demora en las recompensas? Esta pregunta ha estimulado una gran cantidad de investigación sobre el descuento por demora humano (por ejemplo, Madden y Bickel, 2010).

Una cuestión fundamental en este ámbito es la estabilidad de las funciones de descuento por demora. Sólo si estas funciones son muy estables pueden ser utilizadas para comprender mejor los patrones repetidos de conductas de riesgo. Kirby (2009) probó en dos ocasiones el descuento por demora para los reforzadores monetarios hipotéticos en estudiantes universitarios. Para un grupo, las dos evaluaciones fueron separadas por 5 semanas. Para otro grupo, las dos evaluaciones eran con más de un año de diferencia (57 semanas). La fiabilidad evaluación-reevaluación se redujo un poco de 5 a 57 semanas. Sin embargo, la fiabilidad evaluación-reevaluación de las tasas de descuento por demora era casi la misma que la fiabilidad evaluación-reevaluación de los rasgos de personalidad estándar (Kirby, 2009). Por tanto, las diferencias individuales en el descuento de la recompensa pueden ser tratadas como una variable de personalidad.

Otros estudios han examinado los cambios en el descuento por demora a través de diferentes edades. Por ejemplo, en un estudio se midió el descuento de recompensas monetarias hipotéticas en estudiantes universitarios y en adultos mayores (media de 71 años de edad). Los resultados se presentan en la figura 6.9. Tenga en cuenta que la tasa de descuento de los premios monetarios disminuye en función del mes. Esto contrasta con el descuento mucho más rápido que nos encontramos para recompensas ingeribles (figura 6.7). La figura 6.9 también muestra que la tasa de descuento es sustancialmente más lenta entre los adultos mayores que entre los adultos jóvenes. Curiosamente, no se encontraron diferencias en la tasa de descuento de un reforzador ingerible (jugo) en estas edades.

Además de la edad, los investigadores han examinado numerosas variables para ver la forma en que pueden estar relacionadas con la tasa de descuento de recompensa (ver Odum y Baumann, 2010, para una revisión). Estos estudios han demostrado que las personas con mayor coeficiente intelectual, mayor nivel de educación y mayores ingresos tienden a mostrar un descuento de recompensa más lento. Curiosamente, el promedio de calificaciones y los grados en cursos específicos también tienen una correlación negativa con la tasa de descuento de recompensa (por ejemplo, Kirby, Winston y Santiesteban, 2005). A los estudiantes que

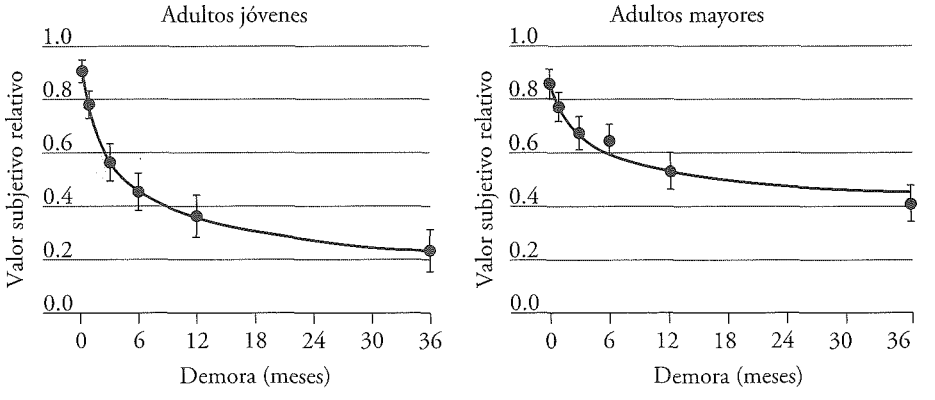
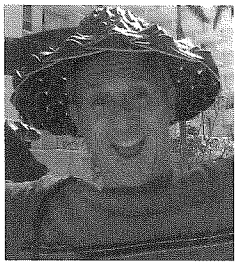



**FIGURA 6.9**
Descuento por demora hipotético de recompensas monetarias entre estudiantes universitarios y adultos mayores (media de 71 años de edad). Observe que la tasa de descuento es significativamente más lenta entre los participantes de mayor edad. (Basado en Jimura *et al*, 2011.)



Cortesía de T. S. Critchfield

T. S. Critchfield

son menos propensos a descontar recompensas demoradas les va mejor en su curso. En otro estudio, se encontró que los estudiantes universitarios que participan en relaciones sexuales sin protección tienen funciones de descuento más pronunciadas que los que usan condones. Estos y otros estudios relacionados muestran que el descuento de recompensa refleja una característica importante de la conducta que es relevante para el autocontrol en una amplia gama de situaciones (Critichfield y Kollins, 2001).

Quizá el aspecto más ampliamente investigado de la conducta humana que se ha examinado desde el punto de vista del descuento por demora es la drogadicción y el abuso de drogas (Yi, Mitchell y Bickel, 2010). Por ejemplo, un metaanálisis reciente de los consumidores de drogas concluyó que las personas con conductas adictivas que involucran alcohol, tabaco, estimulantes y opiáceos, todas mostraron funciones de descuento significativamente más pronunciadas que los participantes de control que no estaban usando estos fármacos (MacKillop *et al*, 2011). Aunque audaz, tal evidencia no revela la dirección de la causalidad. Puede ser que los individuos con abrupto descuento por demora de las recompensas sean más propensos a consumir drogas de abuso. Alternativamente, la drogadicción puede causar un descuento de recompensas más rápido.

Si el descuento por demora contribuye al desarrollo del abuso de drogas o es un síntoma de éste, puede determinarse por estudios longitudinales o experimentos con animales de laboratorio. Ambas estrategias han implicado el descuento rápido como causal para el consumo de drogas. Por ejemplo, Audrain-McGovern y sus colegas (2009) estudiaron una muestra de 947 adolescentes de 15 a 20 años de edad y encontraron que los que mostraban las funciones de descuento por demora más pronunciadas a la edad de 15 años eran más propensos a empezar a fumar. En otro estudio reciente, se entrevistó a los estudiantes y a sus padres y maestros cada año desde el 6º al 11º grado para obtener información sobre el autocontrol, dificultades en la atención y el consumo de drogas. Las mayores dificultades con el autocontrol en el 6º grado fueron predictivas de alcohol, la marihuana y el consumo de cigarrillos en la escuela secundaria (King *et al*, 2011). Curiosamente, en este estudio las dificultades atencionales también fueron predictivas del uso posterior de drogas.

En lo que es probablemente el estudio más ambicioso y exhaustivo de la relación entre el autocontrol temprano en la vida y la conducta posterior, realizado en Nueva Zelanda, cerca de 1,000 niños fueron seguidos desde el nacimiento hasta la edad de 32 años (Moffitt *et al*, 2011). Se obtuvo un número de diferentes medidas de autocontrol durante los primeros 10 años de vida y se relacionaron con diversos resultados de la vida durante los siguientes 22 años. Los niveles más altos de autocontrol en la infancia fueron predictivos de una mejor salud, menores tasas de consumo de drogas, los niveles de ingresos más altos, las tasas más bajas de familias monoparentales, y las tasas más bajas de conducta criminal. Una muestra de estos resultados se presenta en la figura 6.10.



Cortesía de M. E. Carroll

M. E. Carroll

Los experimentos con animales de laboratorio han confirmado que la tasa de descuento de la recompensa está relacionada con la ingesta y el posible uso indebido de drogas (ver Carroll *et al*, 2010, para una revisión). Normalmente las ratas sirven como participantes en estos experimentos, aunque también se han estudiado otras especies. El descuento por demora se evalúa primero usando alimento como reforzador. Basándose en estas pruebas, las ratas se clasifican a partir de si muestran una tasa de descuento pronunciada o superficial. En un estudio, los dos grupos se sometieron a pruebas de diversos procedimientos de autoadministración de drogas. Se encontró que las ratas que muestran el descuento por demora pronunciado para tomar posteriormente más alcohol o cocaína, manifiestan una mayor escalada de la ingesta de drogas cuando se les da la oportunidad, y son más propensas a la recaída en el consumo después de la extinción. Por tanto, demorar el descuento es predictivo de muchos aspectos del abuso de drogas en estos modelos de laboratorio.

***¿El autocontrol puede ser entrenado?*** Como hemos visto, la falta de autocontrol se asocia con graves resultados negativos de la vida. ¿Cómo podrían ser evitados? Una posibilidad es establecer el autocontrol mediante el entrenamiento. De hecho, algunos han sugerido que el autocontrol es un componente crítico de socialización y adaptación emocional.

La evidencia sugiere que el autocontrol puede ser entrenado. Por ejemplo, en un estudio (Eisenberger y Adornetto, 1986), estudiantes de segundo y tercer grado en una escuela pri-

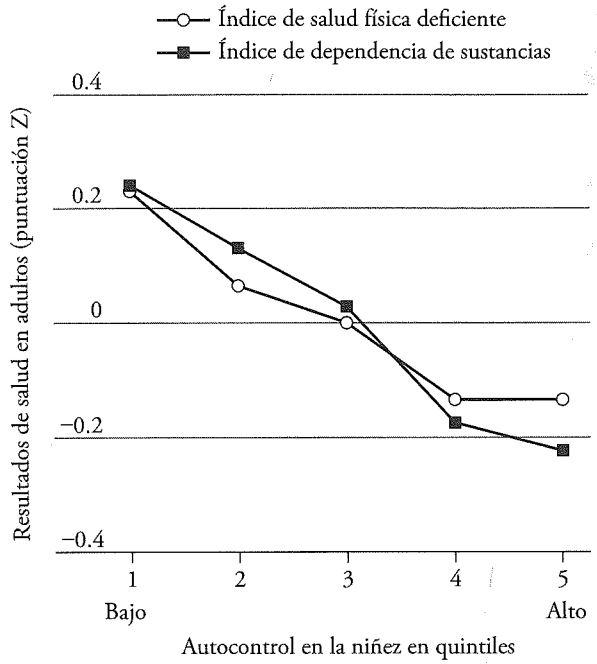



**FIGURA 6.10** Relación entre el autocontrol en la niñez y la salud física y dependencia de sustancias en la adultez temprana. (Basado en Moffitt *et al*, 2011.)

maria pública fueron probados por primera vez para el autocontrol al preguntarles si querían conseguir 2¢ inmediatamente o 3¢ al final del día. A los niños que eligieron la recompensa inmediata se les entregó los 2¢. Para los que eligieron la recompensa demorada, los 3¢ se colocaron en una copa para ser entregada a los niños más tarde. El procedimiento se repitió ocho veces para completar la prueba preliminar. Después los niños recibieron tres sesiones de entrenamiento ya sea con una recompensa inmediata o demorada.

Durante cada sesión de entrenamiento se presentaron varios problemas (contar objetos en una tarjeta, la memorización de las imágenes y relacionar formas). Para la mitad de los estudiantes, las respuestas correctas fueron reforzadas inmediatamente con 2¢. Para el resto de los alumnos, las respuestas correctas resultaron en 3¢ que se colocaron en una copa que se le dio al niño al final del día. Después de la tercera sesión de entrenamiento, la preferencia por una pequeña recompensa inmediata *versus* una recompensa mayor demorada se midió como en la preevaluación. Previendo que las tareas de formación implican poco esfuerzo, el entrenamiento con recompensa demorada aumentó la preferencia posterior de los niños por la recompensa demorada más grande.

Otra estrategia para la formación del autocontrol implica un procedimiento de moldeamiento en el que el gran premio es presentado inicialmente sin demora, el cual se incrementa gradualmente entre los ensayos (por ejemplo, Schweitzer y Sulzer-Azaroff, 1988). Cuando no hay demora en una elección entre una recompensa pequeña y una grande, el participante selecciona invariablemente la recompensa más grande. Esta opción se puede sostener si en la recompensa grande la demora se incrementa en pequeños pasos.

Otra técnica que facilita el autocontrol es la introducción de una tarea de distracción durante la demora para la recompensa grande, o distraer la atención de la recompensa grande durante el periodo de demora (por ejemplo, Mischel, Ebbesen y Zeiss, 1972). En algunos ejemplos de entrenamiento exitoso, el otorgamiento de una respuesta intervencionista se combina con el aumento gradual de la demora para la recompensa grande (por ejemplo, Dixon *et al*, 1998; Dixon y Holcomb, 2000).

Aunque los investigadores han identificado algunos procedimientos eficaces para el entrenamiento del autocontrol, aún queda mucho trabajo por hacer en esta área. La investigación futura debe identificar qué factores son fundamentales para el aprendizaje del dominio de sí mismo y cómo maximizar la efectividad de dichas variables. Además, tenemos que entender mejor qué factores son responsables de la generalización de las habilidades de autocontrol y la forma de promover la generalización del autocontrol de una situación a otra.

## RECUADRO 6.3

### *La neuroeconomía: hábito de imágenes y control ejecutivo*

En su forma más simple, la conducta instrumental está determinada por las recompensas y los estímulos que señalan recompensa. Esto requiere un mecanismo para representar la recompensa (su magnitud y valencia) y un sistema para la codificación de señales de recompensa. Al monitorear cómo estos eventos están relacionados con la conducta, estos mecanismos neuronales pueden moldear lo que hacemos fomentando respuestas adaptativas (go) y la inhibición de la conducta inadaptada (no-go). Estos procesos por sí solos parecen suficientes para guiar el desarrollo de hábitos sencillos, en los que la recompensa es inmediata y las opciones de respuesta están restringidas.

Sin embargo, las situaciones naturales suelen ser mucho más complejas que esto, lo que permite una gama de posibles respuestas y resultados, tanto inmediatos como diferidos. Para organizar la conducta en situaciones tan complejas, el organismo debe representar no sólo la recompensa (la ventaja inmediata de retribución por el resultado de un comportamiento), sino también su valor (una estimación de la cantidad de recompensa o castigo que se ganará de la elección ahora y en el futuro) (Montague, King-Casas y Cohen, 2006). Para sopesar estas alternativas se requiere una forma de *memoria de trabajo* que permita seleccionar entre las opciones de elección y las expectativas de actualización frente a la nueva información. Este punto de vista extiende la conducta instrumental a los problemas relacionados con la fijación de objetivos y la planificación, para ayudarnos a entender cómo los seres humanos toman decisiones que equilibran las ganancias a largo plazo con los costos a corto plazo. Aquí se consideran estas cuestiones en el marco de la **neuroeconomía**, una disciplina que se nutre de la neurociencia, la economía y la psicología para explorar los mecanismos cerebrales que subyacen en la toma de decisiones y la elección (Bickel *et al*, 2007).

El campo de la neuroeconomía se basa en la investigación con animales para explicar la elección conductual en los seres humanos. El propósito es emparejar datos conductuales con observaciones neurobiológicas. En las especies no humanas estos problemas se exploran mediante técnicas que alteran la función de una determinada región, o involucran el registro de las neuronas utilizando electrodos colocados dentro del cerebro del animal. A menos que lo justifiquen problemas médicos, tales procedimientos no se pueden utilizar con los seres humanos y, como consecuencia, el progreso en esta área ha sido lento. Un importante punto de inflexión fue el desarrollo de un método no invasivo para obtener imágenes del cerebro mediante **imágenes por resonancia magnética funcional** (**IRMf**). La IRMf toma ventaja del hecho de que la actividad cerebral requiere oxígeno, que se transporta en la sangre por la hemoglobina. Cuando la hemoglobina se une al oxígeno para formar la *oxihemoglobina*, altera las propiedades magnéticas de la molécula. Este cambio es detectado por un escáner de resonancia magnética, permitiendo a los investigadores monitorear el flujo de oxihemoglobina en el cerebro. A medida que aumenta la actividad neural, más oxihemoglobina es dirigida a la región, produciendo una señal del *nivel de oxigenación de la sangre dependiente* (*BOLD*) (Bickel *et al*, 2007).

Con el uso de IRMf, los investigadores han demostrado que la presentación de la recompensa se involucra constantemente con la actividad neural dentro de un conjunto común de estructuras neuronales que incluye la *corteza orbitofrontal* (*COF*), *la amígdala, el cuerpo estriado* y *el núcleo accumbens* (McClure, York y Montaque, 2004 ). El cuerpo estriado y el núcleo accumbens son parte de los **ganglios basales**, un grupo subcortical de estructuras que también incluye el *globo pálido*, los componentes del tálamo (el *núcleo subtalámico*), y una región del mesencéfalo (la *sustancia negra*) (EP-7 al final del libro). La corteza orbitofrontal se encuentra directamente por encima de las cuencas de los ojos (órbitas) y representa la porción ventral (inferior) de la *corteza prefrontal* (*CPF*) (EP-6 al final del libro). Aquí nos enfocaremos en sólo tres componentes: la amígdala, el cuerpo estriado y la COF.

Anteriormente se habló de cómo la amígdala cerebral juega un papel importante en el procesamiento de estímulos biológicamente significativos, como el apetitivo y el aversivo (recuadro 4.3). También vimos que la *amígdala basolateral* (*ABL*) contribuye al aprendizaje sobre las relaciones pavlovianas. En lo que respecta al aprendizaje instrumental, la amígdala parece desempeñar dos papeles importantes. En primer lugar, la actividad neuronal en esta región ofrece un índice de magnitud y valencia de la recompensa. En segundo lugar, la transformación en la amígdala dota a las señales neutrales con un código afectivo que puede motivar la conducta y reforzar nuevos aprendizajes. Veremos más adelante que las señales asociadas con drogas pueden facilitar el uso de éstas, y este refuerzo secundario es eliminado si se lesiona la ABL. Del mismo modo, lesionar la ABL altera la conducta instrumental motivada por el escape a una señal de temor provocado. En una tarea de apetencia, devaluar un premio de comida (por ejemplo, mediante su asociación con un agente inductor de malestar) normalmente reduce la respuesta instrumental. La devaluación no tiene ningún efecto sobre el rendimiento de los participantes con lesiones en la ABL.

El cuerpo estriado y su núcleos asociados proporcionan un sistema para la integración de los resultados positivos y negativos a través de múltiples ensayos para modificar los hábitos de conducta. La investigación sugiere que lo hace a través de dos vías que se proyectan al tálamo (figura 6.11), una ruta directa que envía una señal "go" para facilitar la

(*Continúa*)

## RECUADRO 6.3 (continuación)

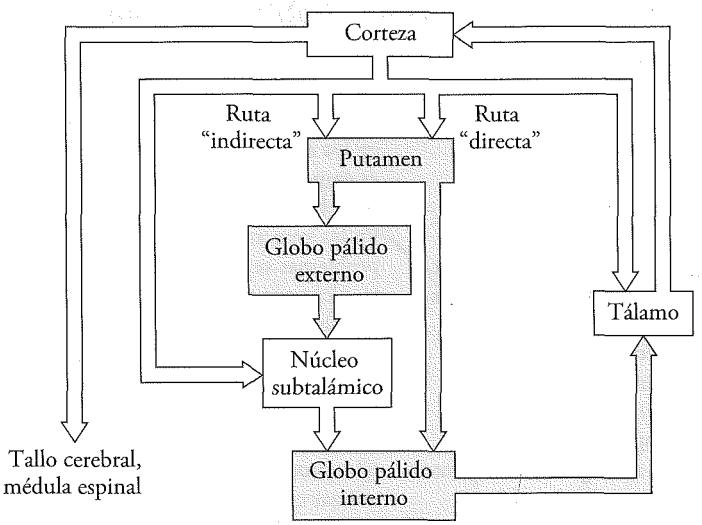



**FIGURA 6.11** Modelo de la función de los ganglios basales. Una ruta de salida directa es propuesta para generar una señal de "go" que facilita las respuestas conductuales. Una ruta indirecta envía una señal de "no-go" que suprime las respuestas que compiten. (Adaptado de Kolb y Wishaw, 2008.)

ejecución de una respuesta, y una ruta indirecta que envía una señal "no-go" para suprimir las respuestas que compiten (Frank y Claus, 2006). Estos efectos diferenciales están mediados, en parte, por la acción del neurotransmisor *dopamina* (DA), que puede iniciar ya sea el receptor excitatorio D1(go), o el receptor inhibitorio D2 (no-go). Como veremos más adelante (recuadro 7.1), la actividad de la DA es modulada por la previsibilidad, proporcionando una señal de error que da forma a la conducta. La evidencia de que el cuerpo estriado está implicado en la recompensa proviene de estudios que demuestran que las ratas encuentran muy gratificante la estimulación eléctrica y la microinyección de DA dentro de esta región. Por el contrario, las lesiones estriatales socavan la respuesta habitual y aumentan la sensibilidad a la devaluación del reforzador (McClure *et al*, 2004). En los seres humanos, una pérdida de entrada de DA de la sustancia negra (un resultado de la enfermedad de Parkinson) causa una perturbación en la conducta motora.

La COF se encuentra dentro de la CPF, una región del cerebro evolutivamente más joven encontrada en seres humanos y mamíferos superiores (Bickel *et al*, 2007). La investigación sugiere que la CPF juega un papel en las funciones cerebrales superiores, como la planificación y toma de decisiones. La COF corresponde a la región ventral de la CPF y está anatómicamente conectada con estructuras implicadas en la recompensa, tales como la amígdala y el cuerpo estriado. La COF parece proporcionar una forma de control ejecutivo que permite al organismo sopesar el valor relativo de las elecciones alternativas. Curiosamente, hay cierta evidencia de una división del trabajo dentro de la COF, con acciones recompensadas (enfoque) que suscitan una mayor actividad neuronal en las regiones mediales, y acciones castigadas (inhibición de respuesta) en la que intervienen zonas más laterales (McClure *et al*, 2004). El daño a la COF interfiere con el aprendizaje cuando las contingencias de recompensa ya no se aplican (por ejemplo, cuando las contingencias de reforzamiento se invierten). Del mismo modo, los seres humanos con daño en la COF no pueden utilizar el valor de un resultado predicho para guiar su conducta en una tarea de juegos (Saddoris, Gallagher y Schoenbaum, 2005).

El trabajo antes reseñado sugiere que el aprendizaje instrumental es guiado por dos sistemas de competencia. Uno refleja un tipo de aprendizaje habitual. Se basa en estructuras de nivel inferior, tales como la amígdala y el cuerpo estriado, y el aprendizaje de una manera gradual, guiado por la previsibilidad y la señal de error. El otro se basa en la COF y proporciona una forma de control ejecutivo que puede sesgar rápidamente la conducta frente a la nueva información. Es el sistema ejecutivo que evalúa los posibles resultados, sopesa el beneficio de la demora de la recompensa y establece metas (Bickel *et al*, 2007). Las personas que han interrumpido la función ejecutiva (a partir de daños en la COF) tienen problemas para incorporar la retroalimentación negativa de la conducta anterior para que guíe la conducta futura. Como resultado, su conducta se rige por la amígdala impulsiva.

Se ha caracterizado el funcionamiento de estos sistemas mediante los tipos de reforzadores típicamente utilizados en estudios de laboratorio. Sin embargo, el sistema no está limitado de esta manera. Una amplia gama de estímulos, incluyendo olores y señales sexuales, activan el sistema de recompensas. Lo mismo sucede con el dinero y la recompensa social (por ejemplo, la retroalimentación positiva). Del mismo modo, los estímulos condicionados (EC) arbitrarios que predicen recompensa involucran un patrón similar de actividad neural (McClure *et al*, 2004). Incluso la administración del castigo a un desertor merecedor puede provocar

(*Continúa*)

## RECUADRO 6.3 (continuación)

una recompensa neural relacionada con la actividad (Montague *et al*, 2006). Como sugirieron McClure y sus colegas (2004), la representación de la recompensa en términos de un patrón común de la actividad neuronal puede facilitar la comparación de los resultados alternativos que difieren en múltiples dimensiones (calidad, inmediatez, magnitud y valencia).

La competencia entre el sistema impulsivo basado en hábitos y la vigilancia ejecutiva pueden ayudar a entender cómo los organismos sopesan el valor relativo de una recompensa demorada. Éstos a menudo eligen una recompensa inmediata pequeña sobre una demorada mayor, fenómeno conocido como *descuento por demora* (Rachlin, 2006). Los investigadores sugieren que la COF nos permite retrasar la gratificación para elegir una recompensa con mayor demora. En apoyo de esto, una lesión en la COF sesga la conducta hacia la recompensa inmediata (Roesch, Calu, Burke y Shoenbaum, 2007). Contrariamente, el daño en el núcleo accumbens incrementa el descuento por demora (Peter y Büchel, 2001). Estudios de imágenes revelan que la elección de una recompensa inmediata genera gran actividad en la región límbica, mientras que una recompensa demorada estimula mayor actividad en la corteza frontal.

En la conducta adictiva los individuos eligen repetidamente un resultado inmediato de frente al conocimiento de que el hacerlo es probable que implique consecuencias negativas a largo plazo. Este patrón sugiere una deficiencia al sopesar el valor de los resultados en el tiempo para proyectar mentalmente que la elección de la alternativa demorada dará una mayor recompensa. En apoyo de esto, la investigación ha demostrado que los adictos a opiáceos descuentan más (es decir, infravaloran una recompensa tardía) que los individuos no adictos. Por otra parte, si el resultado es la heroína, los adictos (sorprendentemente) descuentan aún más. Se ha propuesto que la adicción surge porque el sistema impulsivo hiperreactivo supera la influencia del sistema ejecutivo, con un énfasis correspondiente en la recompensa inmediata (Bickel *et al*, 2007). Como aprenderemos en el capítulo 7 (recuadro 7.1), el abuso de drogas se involucra artificialmente con los sistemas de recompensa y, con la experiencia, sensibiliza el circuito de recompensa, además de empujarlo hacia una elección impulsiva. Este punto de vista sugiere que el tratamiento para la adicción requerirá un enfoque multifacético para amortiguar la reactividad de las drogas y fortalecer el control ejecutivo.

La investigación ha puesto de manifiesto una notable similitud en la forma en que el cerebro procesa un conjunto diverso de recompensas, desde la comida hasta las recompensas sociales. A través de estos dominios, el aprendizaje instrumental se ve reforzado por sistemas neuroquímicos comunes y regulado por una señal de error, cuya existencia está bien predicha por los modelos formales (por ejemplo, Rescorla y Wagner, 1972). Estas observaciones sugieren un notable grado de conservación de la estructura y función en relación con el aprendizaje por reforzamiento (Montaque *et al*, 2006).

*J. W. Grau*

**ganglios basales** Grupo subcortical de las estructuras implicadas en la conducta instrumental y la evaluación de los tiempos. La degeneración de esta área contribuye al trastorno de Parkinson.

**imágenes por resonancia magnética funcional (IRMf)** Procedimiento no invasivo que se puede utilizar para medir la actividad cerebral basada en los cambios en el flujo sanguíneo.

**neuroeconomía** Enfoque interdisciplinario para el estudio de elección y toma de decisiones basado en observaciones conductuales y neurobiológicas.

# Comentarios finales

El principio básico del condicionamiento instrumental es muy simple: el reforzamiento aumenta (y el castigo disminuye) la probabilidad futura de una respuesta instrumental. Sin embargo, como hemos visto, el análisis experimental de la conducta instrumental puede ser bastante complicado. Muchos aspectos importantes de esta conducta se determinan por el programa de reforzamiento. Hay numerosos programas que pueden ser utilizados para el reforzamiento conductual. Éste puede depender de cuántas respuestas se han producido, cuánto tiempo ha pasado, o una combinación de estos factores. Además, más de un programa de reforzamiento puede estar disponible al mismo tiempo para el organismo. El patrón de conducta instrumental, así como las opciones entre diferentes alternativas de respuesta, están fuertemente determinados por los programas de reforzamiento que están en vigor. Todos estos descubrimientos nos han dicho mucho sobre los controles de reforzamiento conductual en una variedad de circunstancias, y han animado numerosas aplicaciones de gran alcance de los principios de reforzamiento a importantes aspectos de la conducta humana, tales como el autocontrol.

## Preguntas de estudio

1. Compare y contraste los programas de razón y de intervalo en términos de cómo se establecen las contingencias de reforzamiento y los efectos que tienen en la respuesta instrumental.
2. Describa cómo están diseñados los programas de refuerzo concurrentes y cuáles son los resultados típicos con programas concurrentes.
3. Describa la ecuación de la ley de igualación generalizada y explique cada uno de sus parámetros.
4. Describa diversas explicaciones teóricas de la ley de igualación.
5. ¿Cuál es la diferencia entre los programas concurrentes encadenados y los programas concurrentes, y qué tipo de preguntas de investigación requiere el uso de programas concurrentes encadenados?
6. ¿Qué es una función de descuento por recompensa, y cómo se relaciona con el problema de autocontrol?
7. ¿Cómo nos informan los estudios del autocontrol sobre otros aspectos importantes de la conducta humana?

## Términos clave

**carrera de razón** Tasa alta e invariable de respuestas observadas después de la pausa posrefuerzo en programas de RF. La carrera de razón termina cuando se ha completado el requisito de razón y el participante se ve reforzado.

**descuento por demora** Disminución en el valor de un reforzador en función del tiempo que se tiene que esperar para obtenerlo.

**espera limitada** Restricción en el tiempo que un reforzador permanece disponible. Para que una respuesta sea reforzada, tiene que ocurrir antes del final del periodo limitado de retención.

**festón del intervalo fijo** Tasa de aumento gradual de la respuesta que se da entre reforzamientos sucesivos en un programa de intervalo fijo.

**ley de igualación** Regla de conducta instrumental propuesta por R. J. Herrnstein, que establece que la tasa relativa de respuesta en una alternativa de respuesta particular es igual a la tasa relativa de refuerzo para esa alternativa.

**mejoramiento** Mecanismo para lograr la coincidencia de las respuestas a fin de mejorar las tasas locales de refuerzo para alternativas de respuesta.

**pausa posreforzamiento** Pausa en la respuesta que se produce normalmente después de la entrega del reforzador en los programas de reforzamiento de RF e IF.

**programa concurrente** Complejo procedimiento de reforzamiento en el que el participante puede elegir cualquiera de dos o más programas de reforzamiento simple que están disponibles simultáneamente. Los programas concurrentes permiten la medición directa de elección entre alternativas de programa simple.

**programa de intervalo** Programa de reforzamiento en el que se requiere cierta cantidad de tiempo para configurar el reforzador. Una respuesta es reforzada sólo si se produce después de que se ha establecido el reforzador.

**programa de intervalo fijo (IF )** Programa de reforzamiento en el que el reforzador se entrega para la primera respuesta que se produce después de una cantidad fija de tiempo tras el último reforzador o el inicio del ensayo.

**programa de intervalo variable (IV)** Programa de reforzamiento en el que se proporciona el reforzamiento para la primera respuesta que se produce después de una cantidad variable de tiempo desde el último reforzador o el inicio del ensayo.

**programa de razón** Programa en el que el refuerzo depende sólo de la cantidad de respuestas que el participante realiza, independientemente de cuándo se producen esas respuestas.

**programa de razón fija (RF)** Programa de reforzamiento en el que debe producirse un número fijo de respuestas para que la siguiente respuesta sea reforzada.

**programa de razón variable (RV)** Programa de reforzamiento en el que el número de respuestas necesarias para producir el reforzamiento varía de un ensayo a otro. El valor del programa se refiere al número promedio de respuestas requerido para obtener el reforzador.

**programa de reforzamiento** Programa o regla que determina cómo y cuándo la ocurrencia de una respuesta será seguida por la entrega del reforzador.

**programa de reforzamiento concurrente encadenado** Complejo procedimiento de reforzamiento en el que se permite que el participante elija durante el primer eslabón cuál de los diferentes programas de reforzamiento simple estará en vigor en el segundo eslabón. Una vez que se ha hecho una elección, las alternativas rechazadas no estarán disponibles hasta el comienzo de la siguiente prueba. Los programas concurrentes encadenados permiten el estudio de elección con compromiso.

**reforzamiento continuo (RFC)** Programa de reforzamiento en el que cada ocurrencia de la respuesta instrumental produce el reforzador.

**reforzamiento intermitente** Programa de reforzamiento en el que sólo se refuerzan algunas de las presentaciones

de la respuesta instrumental. La respuesta instrumental se refuerza ocasionalmente o de manera intermitente. También se le llama *reforzamiento parcial.*

**reforzamiento parcial** Es lo mismo que el *reforzamiento intermitente.*

**registro acumulativo** Representación gráfica de cómo se repite una respuesta en el tiempo, con el paso del tiempo representado por la distancia horizontal (o eje *x*), y el número total o acumulativo de las respuestas que se han producido hasta un punto particular en el tiempo, representado por la distancia vertical (o eje *y*).

**subigualación** Menor sensibilidad a la tasa relativa de reforzamiento de lo previsto por la ley de igualación.

**tensión de razón** Interrupción de la respuesta que se produce en los programas de razón cuando el requisito de respuesta se incrementa demasiado rápido.

**tiempo entre respuestas (TER)** Intervalo entre una respuesta y la siguiente. Los TER se pueden reforzar diferencialmente en la misma forma que otros aspectos de la conducta, como la fuerza de respuesta o la variabilidad de la respuesta.

CAPÍTULO 7

# Condicionamiento instrumental: mecanismos motivacionales

**La estructura asociativa del condicionamiento instrumental**
La asociación E–R y la ley del efecto
Expectativa de la recompensa y la asociación E–C
Relaciones R–C y E(R–C) en el condicionamiento instrumental
**Regulación de la respuesta y economía conductual**
Antecedentes del enfoque de regulación de la respuesta
El enfoque de la regulación conductual
Economía conductual
Aportes del enfoque de la regulación conductual y la economía conductual
**Comentarios finales**
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PRELIMINAR DEL CAPÍTULO

Este capítulo está dedicado a la discusión de los procesos que motivan y dirigen la conducta instrumental. En los esfuerzos por comprender por qué se produce la conducta instrumental se han perseguido dos enfoques claramente diferentes. El primero de ellos es el enfoque tradicional de Thorndike y Pavlov, y se centra en la identificación de la estructura asociativa del condicionamiento instrumental. El enfoque asociativo considera mecanismos moleculares en lugar de la meta a largo plazo o la función de la conducta instrumental. La segunda estrategia consiste en el arraigado enfoque de Skinner, y considera la conducta instrumental en el contexto más amplio de cómo los organismos se distribuyen o regulan su conducta entre varias opciones de respuesta. El enfoque de regulación de la respuesta considera los efectos de reforzamiento que son una consecuencia de las restricciones impuestas en las opciones de respuesta por un procedimiento de condicionamiento instrumental. Se analiza la forma en que se regula la conducta frente a estas limitaciones utilizando conceptos de la ecología conductual y de la economía conductual. Los enfoques asociativos y de asignación de respuesta proporcionan una ilustración interesante del curso a veces turbulento de la investigación científica. Los investigadores que estudian los sustratos de motivación de la conducta instrumental se han movido con audacia para explorar nuevas concepciones radicales cuando las ideas más antiguas no satisfacen los desafíos planteados por los nuevos hallazgos empíricos.

En los capítulos 5 y 6 se definió la conducta instrumental señalando cómo se investiga este tipo de aprendizaje, y se describió cómo la conducta instrumental está influenciada por diversas manipulaciones experimentales, incluyendo los programas de reforzamiento. En el camino no se ha dicho mucho sobre qué motiva la respuesta instrumental, tal vez porque la respuesta parecía obvia. La reflexión informal sugiere que los individuos realizan respuestas instrumentales porque están motivados por obtener la meta o el reforzador que resulta de la conducta. ¿Es esto cierto?, y ¿qué significa *estar motivado para obtener el reforzador*? Por otra parte, ¿cuál es el impacto de la creación de una situación en la que el reforzador sólo puede obtenerse ejecutando la respuesta instrumental que se requiere? Las respuestas a estas preguntas han ocupado a los científicos durante más de un siglo y han abarcado algunas de las investigaciones más importantes e interesantes en el análisis de la conducta.

La motivación de la conducta instrumental ha sido considerada desde dos perspectivas radicalmente diferentes. La primera se originó con Thorndike, e implica el análisis de la estructura asociativa del *condicionamiento instrumental*. Como indica esta designación, este enfoque se basa en gran medida en el concepto de las asociaciones y, por tanto, es compatible con la tradición teórica del condicionamiento pavloviano. De hecho, gran parte de la investigación relacionada con la estructura asociativa del condicionamiento instrumental fue estimulada por los esfuerzos por identificar el papel de los mecanismos de Pavlov en el aprendizaje instrumental. Además, los experimentos sobre la estructura asociativa del condicionamiento instrumental a menudo han empleado métodos que se han desarrollado para estudiar el condicionamiento pavloviano.

El enfoque asociativo toma una perspectiva molecular. Se centra en las respuestas individuales y los antecedentes de estímulos específicos, y en los resultados de esas respuestas. Para lograr este nivel de detalle, el enfoque asociativo examina el aprendizaje instrumental en preparaciones aisladas de conducta, no muy diferente de estudiar algo en un tubo de ensayo o en una placa de Petri. Debido a que las asociaciones pueden estar fundamentadas en el sistema nervioso, el enfoque asociativo también proporciona un marco adecuado para el estudio de los mecanismos neurales del condicionamiento instrumental (por ejemplo, Balleine y Ostlund, 2007).

La segunda estrategia para el análisis de los procesos de motivación en el aprendizaje instrumental es el *enfoque de la regulación o distribución de la respuesta*. Este enfoque fue desarrollado en la tradición de Skinner, e implica considerar el condicionamiento instrumental en el contexto más amplio de las numerosas actividades que los organismos están haciendo constantemente. En particular, el enfoque de la regulación de la respuesta tiene que ver con la forma en la que un procedimiento de condicionamiento instrumental limita el libre flujo de las actividades de un organismo y las consecuencias de esta limitación. A diferencia del enfoque asociativo, la regulación de la respuesta considera la motivación de la conducta instrumental desde una perspectiva más molar. Considera objetivos a largo plazo y cómo los organismos logran alcanzar dichos objetivos en el contexto de todas sus opciones de conducta. Por tanto, el enfoque de regulación de la respuesta considera a la conducta instrumental desde una perspectiva más funcional.

Hasta la fecha, los enfoques asociativos y de regulación de la respuesta han procedido casi independientemente uno de otro. Cada enfoque ha identificado temas importantes, pero se ha hecho evidente que tampoco se puede estar solo. La esperanza es que en algún momento los análisis moleculares del enfoque asociativo harán contacto suficiente con los análisis funcionales más molares de regulación de la respuesta para proporcionar una explicación completa e integrada de la motivación de la conducta instrumental.

## La estructura asociativa del condicionamiento instrumental

Edward Thorndike fue el primero en reconocer que el condicionamiento instrumental implica algo más que una respuesta y un reforzador. La respuesta instrumental se produce en el contexto de estímulos ambientales específicos. La conducta instrumental de enviar un men-

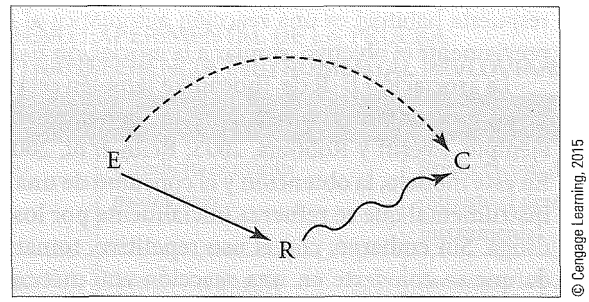



**FIGURA 7.1** Diagrama del condicionamiento instrumental. La respuesta instrumental (R) se produce en presencia de estímulos distintivos (E) y la consecuencia o reforzador (C). Esto permite la creación de varios tipos diferentes de asociaciones.

saje de texto se produce en el contexto de los estímulos táctiles proporcionados al sostener su teléfono celular, y de las señales visuales proporcionadas por mirar el teclado. Girar la llave en el encendido de su vehículo se produce en el contexto de su posición al estar instalado en el asiento del conductor y sostener la llave entre los dedos. Se pueden identificar tales estímulos ambientales en cualquier situación instrumental. Por tanto, hay tres eventos a considerar en un análisis de aprendizaje instrumental: el contexto del estímulo (E), la respuesta instrumental (R) y la consecuencia o resultado de respuesta (C), o reforzador. Skinner también suscribió la idea de que hay tres eventos que se deben considerar en un análisis de condicionamiento instrumental u operante. Describió el condicionamiento instrumental en términos de una *contingencia de tres términos*, que involucra E, R y C (Davison y Nevin, 1999). La relación entre estos tres términos se presenta en la figura 7.1.

## La asociación E–R y la ley del efecto

La estructura básica de un procedimiento de condicionamiento instrumental permite el desarrollo de varios tipos de asociaciones. El primero de ellos fue postulado por Thorndike y es una asociación entre los estímulos contextuales (E) y la respuesta instrumental (R): la *asociación* E–R. Thorndike consideró la asociación E–R como la clave para el aprendizaje instrumental y central en su *ley del efecto*. De acuerdo con la ley del efecto, el condicionamiento instrumental implica la creación de una asociación E–R entre la respuesta instrumental (R) y los estímulos contextuales (E) que están presentes cuando se refuerza la respuesta. El papel del reforzador es "erradicar" o fortalecer esta asociación E–R. Thorndike pensó que, una vez establecida, esta asociación E–R era la única responsable de la ocurrencia de la conducta instrumental. Por tanto, el impulso básico, o motivación, para la conducta instrumental era la activación de la asociación E–R mediante la exposición del participante a los estímulos contextuales (E), en presencia de los cuales la respuesta fue reforzada previamente.

Una implicación importante de la ley del efecto indica que el condicionamiento instrumental no involucra el aprendizaje sobre el reforzador (C) o la relación entre la respuesta y la consecuencia reforzante (la asociación R–C). La ley del efecto asume que la única función del reforzador es fortalecer la asociación E–R. El reforzador en sí no es una parte o un participante en esta asociación.

El mecanismo E–R de la ley del efecto desempeñó un papel dominante en la teoría de la conducta durante muchos años, pero cayó en desgracia durante la revolución cognitiva que barrió sobre la psicología durante la última parte del siglo XX. Sin embargo, ha habido un resurgimiento del interés en los mecanismos E–R en los recientes esfuerzos por caracterizar la conducta habitual en las personas. Los hábitos son cosas que hacemos de forma automática y de la misma manera cada vez sin pensar. Se estima que los hábitos constituyen alrededor de 45% de la conducta humana. Wood y Neal (2007) propusieron un modelo integral de los hábitos humanos que supone que éstos "surgen cuando la gente usa repetidamente un medio conductual particular en contextos particulares para alcanzar sus objetivos. Sin embargo, una vez adquiridos, los hábitos se realizan sin la mediación de un objetivo"(p. 844). Más bien, la

respuesta habitual es una reacción automática al contexto del estímulo en el que se obtuvo previamente el objetivo, similar a la asociación E–R de Thorndike.

La asociación E–R de Thorndike también está siendo seriamente considerada como uno de los mecanismos que se encarga de la naturaleza habitual de la adicción a las drogas (por ejemplo, Everitt y Robbins, 2005; Belin *et al*, 2009; Zapata, Minney y Shippenberg, 2010). En este modelo, la obtención y el consumo de una droga de abuso son vistos como conducta instrumental que se refuerza inicialmente por los aspectos positivos de la experiencia de la droga. Sin embargo, con el uso repetitivo, tomar la droga se vuelve habitual en el sentido de que se convierte en una reacción automática a las señales ambientales que provocan su búsqueda y consumo sin tener en cuenta sus consecuencias. Comer compulsivamente, el juego o la conducta sexual pueden ser considerados de la misma manera. Lo que hace compulsivas estas conductas es que la persona "no puede evitar" hacerlas dadas las señales contextuales desencadenantes, a pesar de que las actividades pueden tener graves consecuencias negativas. Según el mecanismo E–R, esas consecuencias no son relevantes. Tomando prestada la terminología de Wood y Neal (2007), la asociación E–R "estipula una externalización del control conductual a las señales contextuales que fueron, en el pasado, contiguas con el desempeño" (p. 844).

## Expectativa de la recompensa y la asociación E–C

La idea de que la expectativa de una recompensa podría motivar la conducta instrumental no se consideró seriamente sino hasta unos 40 años después de la formulación de la ley del efecto. ¿Cómo podemos captar la idea de que los individuos aprenden a esperar el reforzador durante el curso del condicionamiento instrumental? Usted puede esperar que algo importante sucederá cuando se encuentra con un estímulo que activa el recuerdo del evento significativo o que le permite predecir que el evento ocurrirá. El condicionamiento pavloviano es el proceso básico del aprendizaje de la señal. Por tanto, una manera de ver la expectativa de la recompensa es considerar cómo los procesos pavlovianos pueden estar implicados en el aprendizaje instrumental.

Como muestra la figura 7.1, la especificación de una respuesta instrumental asegura que el participante siempre experimentará ciertos estímulos distintivos (E) en relación con la realización de la respuesta. Estos estímulos pueden implicar el lugar donde se realiza la respuesta, la textura del objeto que el participante manipula, o señales olfativas o visuales distintivas. Cualesquiera que sean los estímulos, el refuerzo de la respuesta instrumental se traducirá inevitablemente en el emparejamiento de estos estímulos (E) con el reforzador o consecuencia de la respuesta (C). Tales emparejamientos proporcionan el potencial para el condicionamiento clásico y el establecimiento de una asociación entre E y C. Esta asociación E–C está representada por la línea discontinua en la figura 7.1 y es uno de los mecanismos de la expectativa de una recompensa en el condicionamiento instrumental.

Uno de los primeros y más influyentes recuentos del papel del condicionamiento clásico en la conducta instrumental fue ofrecido por Clark Hull (1930, 1931) y más tarde elaborado por Kenneth Spence (1956). Su propuesta consistía en que la respuesta instrumental aumenta durante el curso del condicionamiento instrumental por dos razones. En primer lugar, la presencia del E viene a evocar la respuesta instrumental directamente a través de la asociación E–R de Thorndike. En segundo lugar, la respuesta instrumental también viene a ser realizada en respuesta a una asociación E–C que crea la expectativa de una recompensa. La manera exacta en cómo la asociación E–C viene a motivar la conducta instrumental ha sido objeto de considerable debate e investigación experimental. Una formulación particularmente influyente fue la *teoría de los dos procesos* de Rescorla y Solomon (1967).

***Teoría de los dos procesos*** La teoría de los dos procesos asume que hay dos tipos distintos de aprendizaje: condicionamiento pavloviano e instrumental —nada demasiado radical aquí. La teoría asume, además, que estos dos procesos de aprendizaje están relacionados de una manera especial. En particular, durante el curso del condicionamiento instrumental los estímulos (E) en presencia de los cuales la respuesta instrumental es reforzada, llegan a ser

**TABLA 7.1 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PRUEBA DE TRANSFERENCIA INSTRUMENTAL PAVLOVIANA**

| FASE I | FASE II | PRUEBA DE TRANSFERENCIA |
|---|---|---|
| Condicionamiento instrumental | Condicionamiento pavloviano | Presentación del EC pavloviano durante el desempeño de la respuesta instrumental |
| Presionar la palanca → alimento | Tono → alimento | Presionar la palanca → alimento tono *versus* no tono |

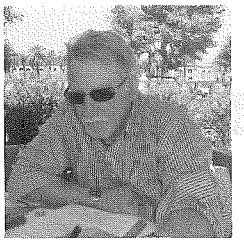
© Cengage Learning

asociados con la consecuencia de la respuesta (C) a través del condicionamiento pavloviano, y esto se traduce en una asociación E–C. Rescorla y Solomon asumieron que la asociación E–C activa un estado emocional que motiva la conducta instrumental. Se supuso que el estado emocional podía ser positivo o negativo, dependiendo de si el reforzador era un estímulo apetitivo o aversivo (por ejemplo, alimento o descarga). De este modo, se adjudicaron diversos reforzadores del apetito (por ejemplo, alimento y agua) para llevar a un estado emocional positivo, y diversos estímulos aversivos fueron adjudicados para conducir a una emoción negativa común.

¿Cómo podríamos probar la idea de que una asociación E–C (y las expectativas o emociones que tal asociación activa) puede motivar la conducta instrumental? El diseño experimental básico para evaluar esta hipótesis se ha dado en llamar *experimento de transferencia instrumental pavloviana*. El experimento implica tres fases separadas (tabla 7.1). En una fase, los participantes reciben el condicionamiento instrumental estándar (por ejemplo, el pulsado de la palanca se refuerza con alimento). En la siguiente fase reciben un procedimiento de condicionamiento pavloviano puro (la palanca de respuesta se retira de la cámara experimental y un tono está emparejado con alimento). La etapa de transferencia crítica se produce en la fase 3, donde a los participantes se les permite volver a realizar la respuesta de presión de la palanca, pero ahora el EC pavloviano se presenta periódicamente. Si una asociación pavloviana E–C motiva la conducta instrumental, entonces la tasa de pulsación de la palanca debe aumentar cuando se presenta el tono EC. El experimento recibe el nombre de *prueba de transferencia instrumental pavloviana*, ya que determina la forma en que se han establecido de forma independiente transferencias pavlovianas EC para influir o motivar la respuesta instrumental.

La fase 1 puede preceder o seguir a la fase 2 en un experimento de transferencia instrumental pavloviana. Las dos fases de entrenamiento también pueden llevarse a cabo en diferentes cámaras experimentales. De hecho, con frecuencia es así. El requisito básico es establecer un EC pavloviano para activar una asociación E–C y luego ver cómo este EC influye en el desempeño de una respuesta instrumental durante la prueba de transferencia.

La teoría de los dos procesos ha estimulado una gran cantidad de investigación que utiliza el diseño de transferencia instrumental pavloviana. Como se predijo, la presentación de un EC pavloviano para el alimento aumenta la velocidad de la respuesta instrumental para la alimentación (por ejemplo, Estes, 1948; Lovibond, 1983). Se supone que esto se debe a que la emoción positiva evocada por el EC+ para el alimento se suma a la motivación del apetito que está implicada en la pulsación de una palanca para obtener el alimento. El resultado opuesto (una supresión de la respuesta) se predice si el EC pavloviano provoca una emoción negativa. Tal resultado fue descrito en el capítulo 3, donde se explicó el procedimiento de supresión condicionada. En ese caso, el EC pavloviano fue emparejado con la descarga (y llegó a provocar miedo condicionado). Entonces se puso a prueba la presentación del EC+ para la descarga cuando los sujetos presionaban una palanca para el alimento. El resultado fue que el EC pavloviano suprimió la conducta de presionar la palanca (Ayres, 2012; Blackman, 1977). De acuerdo con la teoría de los dos procesos, la supresión condicionada se produce porque el EC+ para la descarga provoca un estado emocional (miedo) que es contrario a la emoción positiva o expectativa (esperanza) que se establece en el condicionamiento instrumental con el alimento. (Para una discusión más detallada de otras predicciones de la teoría de los dos procesos, ver Domjan, 1993.)



Cortesía de Marvin Krank

Marvin Krank

***Interacciones de la respuesta en la transferencia instrumental pavloviana*** Los estímulos condicionados clásicamente provocan no sólo estados emocionales, sino también respuestas manifiestas como seguimiento de señal (capítulo 3). En consecuencia, las respuestas manifiestas provocadas por un EC pavloviano pueden influir en los resultados de un experimento de transferencia instrumental pavloviana. Esto está muy bien ilustrado en un reciente estudio de los efectos de un EC pavloviano de alcohol en la respuesta instrumental reforzada por el alcohol (Krank *et al*, 2008). El experimento se realizó con ratas de laboratorio en una cámara que tenía dos palancas de respuesta, una a cada lado de un pozo de agua. Las ratas fueron entrenadas para presionar primero cualquiera de las palancas de respuesta reforzada con una gota de agua endulzada artificialmente. Una vez que las ratas estaban presionando las dos palancas, el edulcorante fue gradualmente reemplazado por el etanol, que luego sirvió como reforzador. Un programa concurrente de IV de 20 segundos, IV de 20 segundos estableció una respuesta estable para el etanol en cada palanca de respuesta.

El condicionamiento pavloviano se llevó a cabo durante las siguientes ocho sesiones. El EC era una luz presentada por encima de cada una de las palancas de respuesta. Sin embargo, durante las sesiones de condicionamiento pavloviano las palancas de respuesta fueron retiradas de las cámaras. En un ensayo dado, el EC apareció durante 10 segundos ya sea a la derecha o a la izquierda, y fue emparejado con la presentación de 0.2 mL de etanol. Para el grupo control no emparejado, las presentaciones del EC y el etanol fueron separadas por 10 segundos. Como es común en este tipo de condicionamiento pavloviano, la luz EC llegó a provocar una respuesta de seguimiento de señal si ésta era emparejada con el reforzador. Las ratas se acercaron y olfatearon la luz, ya fuera a la derecha o a la izquierda.

Tras la fase de condicionamiento pavloviano, se colocaron de nuevo las palancas de respuesta en las cámaras y nuevamente se le permitió a las ratas presionar la palanca para el reforzador de etanol. Para las pruebas de transferencia instrumental pavloviana, la luz EC fue presentada periódicamente mientras las ratas estaban respondiendo para el etanol. En algunos ensayos de prueba, el EC se presentó encima de la palanca derecha; en otros ensayos, apareció encima de la palanca izquierda.

Los resultados de las pruebas de transferencia se presentan en la figura 7.2. Las ratas presionaron cada palanca de respuesta alrededor de dos veces por minuto antes de que el EC fuera presentado. Para el grupo no emparejado, la presión de la palanca no cambió mucho cuando el EC fue presentado a la derecha o a la izquierda. En contraste, el grupo emparejado mostró un aumento significativo en la presión de la palanca durante el periodo de EC si éste se presentaba en el mismo lado de la palanca que la rata estaba presionando. Estos resultados muestran que un EC pavloviano para el etanol aumentará la respuesta instrumental reforzada por el etanol. El aumento de la presión de la palanca durante el EC muestra que una asociación E–C creada de forma independiente puede facilitar la respuesta instrumental reforzada por ese resultado. Debido a que las palancas de respuesta fueron retiradas de las cámaras durante la fase pavloviana, no hay asociaciones E–R que podrían haber sido aprendidas durante esa fase.

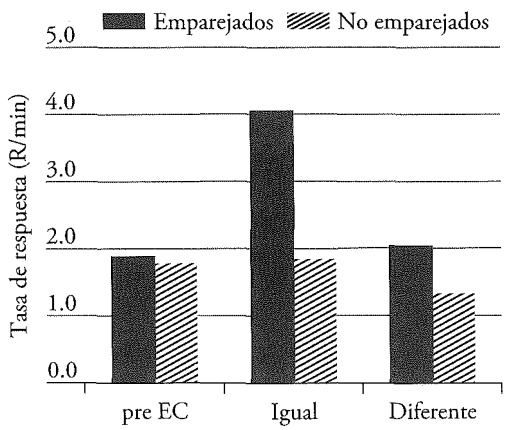



**FIGURA 7.2** Tasa de pulsaciones de una palanca para el etanol en una prueba de transferencia instrumental pavloviana. La respuesta se muestra durante el periodo de pre EC y durante el EC, cuando éste estaba en el mismo lado que la palanca que se presionaba o en la alternativa o lado diferente. (Basado en Krank *et al*, 2008).

Otro aspecto importante de los resultados muestra que la facilitación de la respuesta instrumental ocurrió sólo si el EC pavloviano se presentaba en el mismo lado de la palanca que la rata estaba presionando. Si la rata estaba presionando la palanca a la derecha y el EC aparecía por la izquierda, la rata se acercaba y olfateaba la luz a la izquierda, impidiendo así el aumento de pulsaciones de la palanca en el lado derecho. Por tanto, los resultados de la prueba de transferencia dependen de la compatibilidad del RC pavloviano y la respuesta instrumental. (Para una discusión más detallada de estos temas y su importancia para el estudio de las bases neurales de los efectos de transferencia instrumental pavloviana, ver Holmes, Marchand y Coutureau, 2010.)

## RECUADRO 7.1

### *El papel de la dopamina en la adicción y la recompensa*

La drogadicción es un problema social desde hace mucho tiempo. ¿Qué subyace en el uso compulsivo de la droga, y por qué las personas con antecedentes de consumo de drogas son tan propensas a la recaída? Las respuestas a estas preguntas requieren una comprensión de cómo el aprendizaje influye en la conducta de consumo de drogas. En la actualidad se reconoce que las drogas de abuso usurpan el control sobre los circuitos neuronales que median el aprendizaje acerca de las recompensas naturales, produciendo una "subida" artificial que engaña al cerebro para que siga un camino que conduce a consecuencias de mala adaptación (para revisiones, ver Berridge y Krinelbach, 2008; Hyman, Malenka y Nestler, 2006; Koob y Le Moal, 2008; Lee, Seo y Jung, 2012). La comprensión de cómo las drogas ejercen sus efectos a nivel neurobiológico debería ayudar a abordar el problema de la adicción y arrojar luz sobre los mecanismos que subyacen en el aprendizaje acerca de las recompensas naturales.

La comprensión de la adicción requiere algo de experiencia en **psicofarmacología**, el estudio de la forma en que las drogas afectan el sistema nervioso para influir en los estados psicológico y conductal. Hay muchas maneras en las que esto puede ocurrir, pero para nuestros propósitos podemos enfocarnos en cómo las drogas influyen en la comunicación neuronal en la *sinapsis* (EP-2 en la parte final del libro). Las drogas pueden influir en la comunicación sináptica en múltiples sitios. Por ejemplo, un agonista puede sustituir el endógeno químico (fabricado internamente), que se une al receptor en la célula sináptica y produce un efecto celular similar. Por el contrario, los *antagonistas de la droga* se unen al receptor pero no realizan las mismas consecuencias celulares. En lugar de ello, el antagonista actúa como una especie de barrera que impide eficazmente al agonista tener su efecto usual en la célula sináptica. Los medicamentos también pueden influir en la función de una manera menos directa. Por ejemplo, algunos medicamentos aumentan la disponibilidad del neurotransmisor mediante la mejora de la liberación o el bloqueo de su reabsorción (o *recaptación*) en la neurona presináptica.

En general, las drogas de abuso impactan el sistema nervioso mediante la promoción de la liberación de un neurotransmisor en particular o mediante la emulación de su acción. Por ejemplo, los *psicoestimulantes* influyen en el neurotransmisor *dopamina* (*DA*) al bloquear su recaptación (por ejemplo, la cocaína) o la promoción de su liberación (por ejemplo, anfetaminas). Los opiáceos, como la morfina y la heroína, tienen su efecto mediante la emulación de opioides endógenos (*endorfinas*) que se acoplan el receptor $\mu$-opioide. Otra sustancia adictiva común, la nicotina, involucra receptores de acetilcolina, mientras que los sedantes (alcohol, valium) actúan, en parte, a través de su impacto en las neuronas GABAérgicas.

Las drogas de abuso parecen promover la adicción al influir en las neuronas en regiones particulares del cerebro, como el **núcleo accumbens (NA)** (figura 7.3A). Muchas de las neuronas en esta región tienen campos dendríticos espinosos que permiten múltiples contactos sinápticos (Hyman *et al*, 2006). Estas *neuronas espinosas medianas* reciben aportes de las neuronas que liberan un opioide endógeno que se acopla con el $\mu$-receptor. Además, las neuronas dopaminérgicas se proyectan desde una región del cerebro medio (el *área tegmental ventral* [ATV]) e inervan las neuronas espinosas a medida que pasan hacia otras regiones (por ejemplo, la corteza prefrontal). Otras drogas psicoactivas influyen en la actividad de las neuronas dentro del núcleo accumbens (NA) mediante la modulación opioide o la liberación de dopamina, o al repercutir en la acción inhibidora de las neuronas GABAérgicas que regulan la actividad neural (figura 7.3B).

Las neuronas en el núcleo accumbens también reciben aportes de otras regiones, como la corteza. Estas neuronas liberan el neurotransmisor excitatorio *glutamato*. Como se analiza en el recuadro 8.2, los cambios en la manera como una célula postsináptica responde al glutamato pueden producir un cambio duradero (por ejemplo, una potenciación a largo plazo) en el funcionamiento de un circuito neuronal, una alteración fisiológica que ha sido vinculada al aprendizaje y la memoria. Dentro del núcleo accumbens, las neuronas

(*Continúa*)

## RECUADRO 7.1 (continuación)

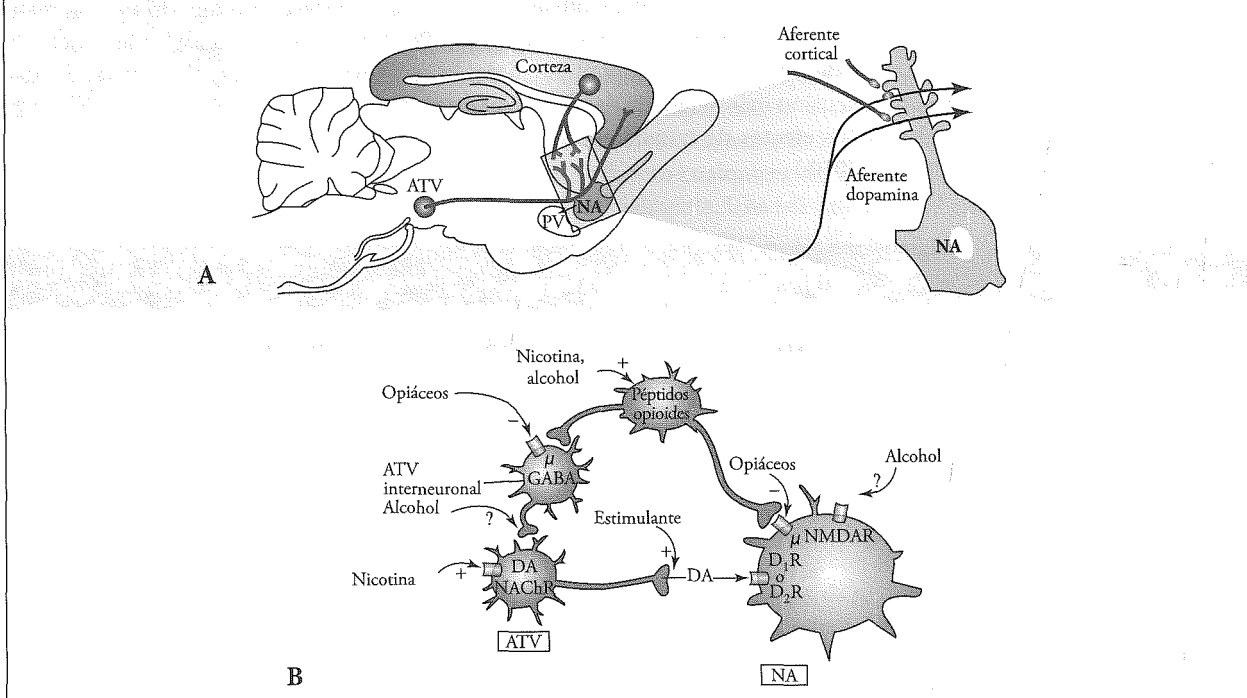



**FIGURA 7.3** (A) Las neuronas dopaminérgicas del área tegmental ventral (ATV) se proyectan a través del núcleo accumbens (NA) y de la sinapsis en las dendritas de las neuronas espinosas medias. Estas neuronas también reciben el aporte de las neuronas corticales. Las neuronas del núcleo accumbens se proyectan al pallidum ventral (PV) (adaptado de Hyman *et al*, 2006). (B) Las neuronas que liberan un opioide o dopamina afectan directamente las neuronas en el núcleo accumbens. La liberación de estos neuroquímicos está influida por otras drogas psicoactivas, como el alcohol y la nicotina (adaptado de Hyman *et al*, 2006).

corticales que liberan glutamato proporcionan una rica entrada al núcleo accumbens, una entrada que se cree que transporta información acerca de los detalles específicos de los sistemas sensoriales involucrados. Al mismo tiempo, la entrada dopaminérgica a estas neuronas proporciona una entrada difusa que puede indicar el estado de motivación del organismo. Cuando es emparejada, esta entrada dopaminérgica puede ayudar a seleccionar el patrón relevante de entrada glutaminérgica, actuando como una especie de preceptor que une los atributos sensoriales con el valor de la recompensa, mejorando de este modo la importancia motivacional de estas señales (Hyman *et al*, 2006).

¿En qué momento el preceptor dopaminérgico instruye al núcleo accumbens para aprender? Para responder esta pregunta, los investigadores examinaron la actividad neuronal en monos mientras trabajaban por la recompensa (por ejemplo, un sorbo de jugo de frutas). Los electrodos fueron colocados en la fuente de la entrada dopaminérgica, las neuronas dentro del área tegmental ventral (Schultz, 2007). Estas neuronas presentan un bajo nivel de actividad tónica. Cuando el animal recibió una recompensa inesperada, las neuronas mostraron una ráfaga de disparos. Si el animal fue entrenado con la recompensa señalada, la señal comenzó a provocar una explosión de actividad. La recompensa esperada por sí misma no produce ningún efecto. Sin embargo, si la recompensa esperada fue omitida, se presentó una inhibición de la actividad neuronal en el momento de la recompensa. Lo que estas observaciones sugieren es que la actividad de la dopamina no es simplemente informar si ha habido o no una recompensa. En cambio, la actividad de la dopamina parece codificar el "error de predicción de la recompensa", la desviación entre lo que recibe el animal y lo que espera (Schultz, 2006):

> Respuesta de dopamina = recompensa recibida − recompensa anticipada

La noción de que el aprendizaje es una función de la discrepancia entre lo que el animal recibió y lo que esperaba es paralela a la regla de aprendizaje propuesta por Rescorla y Wagner (1972). Como se discutió en el capítulo 4, el aprendizaje parece ocurrir cuando un evento es inesperado. El mejor ejemplo de

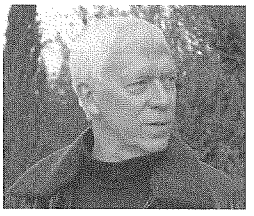
(*Continúa*)

## RECUADRO 7.1 (continuación)



Cortesía de K. C. Berridge

K. C. Berridge



Cortesía de T. E. Robinson

T. E. Robinson

esto se observa en el paradigma de bloqueo, donde el aprendizaje previo de una señal (por ejemplo, un tono) predice el bloqueo del aprendizaje del EI sobre una señal añadida (por ejemplo, una luz). Curiosamente, las neuronas dopaminérgicas dentro del tegmento ventral exhiben este fenómeno produciendo una explosión de actividad ante la señal emparejada originalmente, pero no ante la añadida. Observe también que éste representa otro ejemplo en el que una parte del cerebro medio (el área tegmental ventral) actúa como un instructor informado para promover el aprendizaje en el cerebro anterior. Anteriormente se atribuía una función similar a la sustancia gris periacueductal (recuadro 4.3) y al núcleo del rafe dorsal (recuadro 5.5)

Las drogas de abuso pueden animar a un ciclo de dependencia debido a que tienen una ventaja farmacológica. Por ejemplo, los psicoestimulantes conducen artificialmente la actividad dopaminérgica, y de esta manera actúan como una especie de *caballo de Troya* que engaña al sistema nervioso produciendo un aumento en la actividad de la dopamina, que el cerebro interpreta como un error de predicción positivo (Hyman *et al*, 2006). Esto refuerza el nuevo aprendizaje y vincula las señales sensoriales asociadas con la administración de fármacos a la recompensa, atribuyéndoles un valor motivacional que alimenta el ansia por la droga adquirida y predispone a un adicto a la recaída. Las personas que han dejado de fumar se puede decir que son más débiles y más propensas a la recaídas cuando son reexpuestas a las señales asociadas con el tabaquismo. Las personas que no han fumado durante meses pueden experimentar un impulso irresistible a fumar de nuevo si entran en un bar donde otras personas están fumando. Estas observaciones sugieren que las señales asociadas con el consumo de drogas adquieren un valor de incentivo que puede alimentar el ansia por la droga.

Curiosamente, el deseo que alimenta el consumo de drogas parece ser fisiológica y psicológicamente distinto del proceso que subyace en qué tanto "gusta" conscientemente una sustancia adictiva (Berridge, Robinson y Aldridge, 2009; Robinson y Berridge, 2003). El gusto se relaciona con el estado hedónico provocado por la recompensa y puede ser inferido conductualmente a partir de expresiones faciales. Por ejemplo, los seres humanos y las ratas exhiben un patrón estereotipado de la actividad oral (una respuesta "yum" o de agrado) cuando se coloca una sustancia dulce en la lengua. Curiosamente, la microinyección de un opioide en regiones pequeñas (*puntos calientes hedónicos*) del núcleo accumbens mejora las señales de agrado. Se ha identificado un segundo punto caliente hedónico dentro de una región contigua, el *pallidum ventral* (*PV*). Aquí también la infusión local de un agonista opioide potencia la respuesta para una disolución dulce. Observaciones como éstas han llevado a los investigadores a sugerir que el componente placentero de la recompensa está vinculado a la actividad opioide en el núcleo accumbens y en el pallidum ventral (Berridge y Krinelbach, 2008).

Durante muchos años los investigadores han asumido que la liberación de dopamina juega un papel clave en la mediación del placer. Ante esto, es sorprendente que la completa destrucción de las neuronas dopaminérgicas que inervan el núcleo accumbens no tuviera efecto en el gusto opioide inducido (Robinson y Berridge, 2003). Por el contrario, las reacciones de agrado a los sabores dulces no son provocadas por manipulaciones que involucren las neuronas dopaminérgicas. Estas observaciones sugieren que la actividad de la dopamina no es requerida (necesaria) ni suficiente para generar agrado. Sin embargo, es bien sabido que las manipulaciones que impactan las neuronas dopaminérgicas pueden afectar drásticamente la conducta de consumo de drogas (Koob, 1999; Hyman *et al*, 2006). Por ejemplo, la autoadministración de un psicoestimulante es bloqueada por un tratamiento previo con un antagonista de la dopamina o una manipulación fisiológica que destruye las neuronas dopaminérgicas en esta región. A través de una serie de tareas, en ausencia de dopamina las ratas no pueden utilizar la información acerca de las recompensas para motivar la conducta dirigida a un objetivo; no pueden actuar sobre sus preferencias.

Robinson y Berridge han sugerido que las manipulaciones del sistema de dopamina afectan la motivación, ya que impactan la calidad diferenciada de la recompensa (Berridge, Robinson y Aldridge, 2009; Robinson y Berridge, 2003). Proponen que en vez de influir en la cantidad de la recompensa que el animal disfruta conscientemente, la actividad de la dopamina está asociada a un proceso inconsciente que ellos llaman *deseo*. Ellos ven el deseo en relación con el valor de motivación subyacente en la recompensa, que codifica el grado en que el organismo es impulsado a obtener y consumir la recompensa independientemente de si el consumo engendra placer. Desde esta perspectiva, las señales emparejadas con la recompensa ganan una saliencia de incentivo que impulsa una forma de deseo, haciendo atractivas las señales sensoriales de recompensa, las metas deseadas. Estas señales actúan como imanes

(*Continúa*)

## RECUADRO 7.1 (continuación)

motivacionales que inconscientemente jalan al animal para acercarse a la recompensa. Más formalmente, un error de predicción positivo involucra actividad de la dopamina y actúa como un preceptor fomentando la asociación de las señales sensoriales con la recompensa. Desde este punto de vista, la actividad de la dopamina en el núcleo accumbens une las propiedades hedónicas de una meta con la motivación, dirigiendo el deseo que puede alimentar el ansia por la droga. En apoyo de esto, la investigación ha demostrado que las señales emparejadas con drogas adquieren valor condicionado, y apoyarán nuevos aprendizajes instrumentales en una prueba de transferencia instrumental pavloviana. Este efecto depende de la actividad de la dopamina y el aprendizaje dentro de la amígdala basolateral (recuadro 4.3).

*J. R. Graw*

**núcleo accumbens** Parte de los ganglios basales relacionada con la gratificación, la adicción y el aprendizaje por reforzamiento.

**psicofarmacología** Estudio de la forma en que las drogas afectan los procesos psicológicos y de conducta.

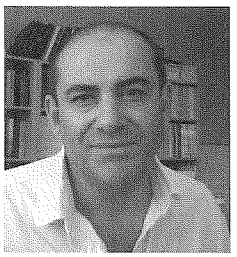
***¿Estados emocionales condicionados o expectativas de recompensa específica?*** La teoría de los dos procesos asume que el condicionamiento clásico media la conducta instrumental a través del condicionamiento de las emociones positivas o negativas, dependiendo de la valencia emocional del reforzador. Sin embargo, durante el condicionamiento instrumental y clásico los organismos también adquieren expectativas específicas de recompensa en lugar de sólo emociones positivas o negativas categóricas (Peterson y Trapold, 1980). Además, en algunos casos las expectativas y la recompensa específica parecen determinar el resultado de los experimentos de transferencia instrumental pavloviana (por ejemplo, Urcuioli, 2005).

Por ejemplo, en un estudio se utilizaron bolitas sólidas de comida y una solución de azúcar como EI en una prueba de transferencia instrumental pavloviana con ratas (Kruse *et al*, 1983). Durante la fase de transferencia, el EC+ de las bolitas de alimento facilitó la respuesta instrumental reforzada con bolitas mucho más que la conducta instrumental reforzada con la solución azucarada. Correspondientemente, un EC+ para el azúcar aumentó la conducta instrumental reforzada con azúcar más que la conducta instrumental reforzada con bolitas de comida. Por tanto, en general las expectativas de recompensas específicas en lugar de un estado emocional positivo determinan los resultados en la prueba de transferencia. (Para expectativas de recompensa específica en la conducta humana de búsqueda de drogas, consulte Hogarth *et al*, 2007.)

## Relaciones R–C y E(R–C) en el condicionamiento instrumental

Hasta ahora hemos considerado dos asociaciones diferentes que pueden motivar la conducta instrumental, la asociación E–R de Thorndike y la asociación E–C, que activan una expectativa de recompensa específica o estado emocional. Sin embargo, la instigación de la conducta instrumental implica algo más que estas dos asociaciones. Tenga en cuenta que ni la asociación E–R ni la E–C implican una relación directa entre la respuesta (R) y el reforzador o consecuencia (C). Esto es contrario a la intuición. Si le preguntara a su compañera de cuarto por qué peina su cabello, ella respondería que espera que al peinarse el cabello (R) mejore su apariencia (C). Del mismo modo, pone una película porque espera ver algo que será entretenido, y abre el refrigerador porque anticipa que al hacerlo le permitirá conseguir algo de comer. Todas estas cuestiones son las descripciones de asociaciones R–C entre la respuesta instrumental y la consecuencia o refuerzo. Aunque nuestras explicaciones informales de la conducta instrumental destacan las asociaciones R–C, no existen tales asociaciones en los modelos de dos procesos.

***Evidencia de asociaciones R–C*** La técnica más común que se utiliza para demostrar la existencia de asociaciones R–C implica la devaluación del reforzador después del condicionamiento. La devaluación del reforzador implica hacer el reforzador menos atractivo. Por


Cortesía de B. Balleine

B. Balleine

ejemplo, si el reforzador es la comida, se puede hacer que la comida sea menos atractiva por el condicionamiento aversivo al sabor de la comida. Si la respuesta instrumental se produce debido a una asociación R–C, la devaluación del reforzador debe reducir la velocidad de la respuesta instrumental.

El procedimiento de devaluación del reforzador utilizado en el condicionamiento instrumental es similar al procedimiento de devaluación del EI que anteriormente se describió en los estudios de condicionamiento pavloviano (capítulo 4). Allí se utilizó la devaluación del EI para determinar si la respuesta condicionada está mediada por el recuerdo del EI. Si la devaluación del EI altera la capacidad del EC para obtener una RC, se puede concluir que el EC activa el recuerdo del EI y que se declinó responder porque el recuerdo del EI ya no era tan atractivo. A raíz de una lógica similar, si la devaluación del reforzador altera la conducta instrumental, esto demuestra que el recuerdo de la consecuencia (C) o refuerzo participa en la motivación de la conducta instrumental.

Durante muchos años los estudios sobre el papel de las asociaciones R–C en el condicionamiento instrumental fueron realizados principalmente con ratas de laboratorio (para revisiones, véase Colwill y Rescorla, 1986; Ostlund, Winterbauer y Balleine, 2008). Sin embargo, más recientemente también se han examinado las asociaciones de R–C en experimentos con participantes humanos. Muchos de estos experimentos se han llevado a cabo como parte de los esfuerzos por comprender mejor los mecanismos de aprendizaje que contribuyen a la conducta de búsqueda de drogas.

Por ejemplo, un estudio reciente se llevó a cabo con estudiantes de la Universidad de Nottingham que fumaban al menos varias veces por semana (Hogarth y Chase, 2011). Se utilizó un programa concurrente de dos elecciones de reforzamiento. Las dos respuestas consistieron en presionar dos teclas diferentes en un teclado de computadora. Presionar una de las teclas se reforzó con la imagen de una cuarta parte de un cigarrillo en la pantalla, mientras que presionar la otra tecla se reforzó con la imagen de una cuarta parte de una barra de chocolate. Cada respuesta tenía 50% de posibilidades de ser reforzada en cualquier ensayo dado. Los cigarrillos y las barras de chocolate obtenidos se sumaron entre los ensayos, y el número correspondiente de cada elemento se colocó en una cesta sobre la mesa del participante.

Después de 60 ensayos de adquisición, los participantes fueron asignados a uno de dos grupos de devaluación del resultado. Para un grupo se redujo el valor del resultado del cigarrillo. En el otro se devaluó el valor del resultado de la barra de chocolate. La devaluación fue realizada para saciar a los participantes con el reforzador correspondiente. A los participantes en el grupo de la devaluación del chocolate se les permitió comer hasta ocho barras de chocolate en 10 minutos. A los participantes en el grupo de la devaluación del cigarrillo se les permitió fumar todo un cigarrillo.

Inmediatamente después del procedimiento de devaluación los participantes fueron evaluados de nuevo en el programa concurrente, pero esta vez se les dijo que a pesar de que continuarían ganando cigarrillos y barras de chocolate, no podrían averiguar cuántos de cada uno obtuvieron sino hasta el final de la sesión. Esto fue pensado para mantener la respuesta sobre la base de la situación actual del recuerdo de cada reforzador.

La figura 7.4 muestra la frecuencia con la que los participantes eligieron presionar la respuesta reforzada con cigarrillos durante la fase de entrenamiento y después del procedimiento de devaluación. Durante el entrenamiento, aproximadamente 50% de las respuestas se hicieron en la tecla de cigarrillos, con las respuestas restantes realizadas para las barras de chocolate. Esto indica que los dos resultados fueron igualmente preferidos antes de la devaluación. Cuando se devaluó el resultado del tabaco, la respuesta en la tecla de cigarrillos se redujo significativamente. En contraste, cuando se devaluó el resultado del chocolate, la respuesta en la tecla de cigarrillos aumentó, lo que indica una disminución en la respuesta para el chocolate. Por tanto, la devaluación produjo un descenso en la conducta de la respuesta específica cuyo reforzador había sido devaluado.

El resultado de las pruebas de devaluación indica que el entrenamiento estableció una asociación R–C vinculando cada respuesta con su reforzador específico. Los resultados no pueden ser explicados por las asociaciones E–R porque las asociaciones E–R no son influen-

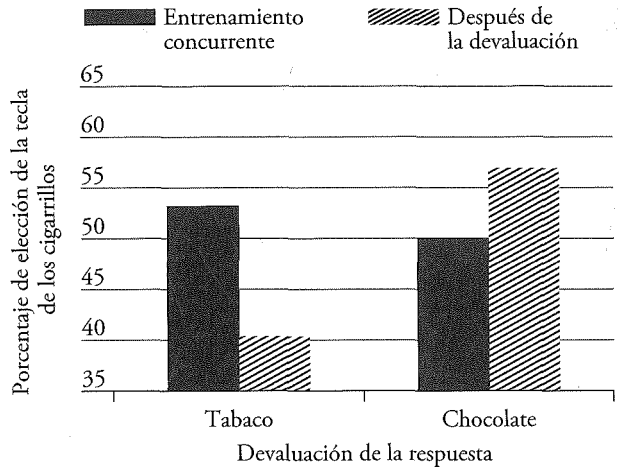



**FIGURA 7.4** Porcentaje de respuestas en la tecla del cigarrillo durante el entrenamiento inicial, y después de la devaluación del resultado de cualquier respuesta al tabaco o chocolate. (Basado en Hogarth y Chase, 2011.)

ciadas por la devaluación del reforzador. Los resultados tampoco pueden ser explicados por las asociaciones E–C, porque las asociaciones E–C no explican la especificidad de respuesta de los efectos de la devaluación que fueron observados.

Los presentes resultados indican que las asociaciones R–C están involucradas en la conducta instrumental de búsqueda de drogas. Esta afirmación parece entrar en contradicción con la descripción anterior de la drogadicción impulsada por mecanismos E–R. Como resultado, ambos puntos de vista son correctos y se han incorporado a una teoría que sugiere que los mecanismos R–C predominan en situaciones de operantes libres, mientras que los mecanismos E–R se activan cuando el consumo de drogas es una respuesta a las señales relacionadas con las drogas (Hogarth y Chase, 2011; Hogarth, Dickinson y Duka, 2010).

***Relaciones jerárquicas E(R–C)*** La evidencia antes citada muestra claramente que los organismos aprenden a asociar una respuesta instrumental con su consecuencia. Sin embargo, las asociaciones R–C no pueden actuar solas para producir la conducta instrumental. Como señalaron Mackintosh y Dickinson (1979), el hecho de que la respuesta instrumental active una expectativa del reforzador no es suficiente para decirnos qué provocó la respuesta en primer lugar. Se requiere un factor adicional para activar la asociación R–C. Una posibilidad es que la asociación R–C sea activada por los estímulos (E) que están presentes cuando se refuerza la respuesta. De acuerdo con este punto de vista, además de activar directamente la R, el E también activa la asociación R–C. Dicho de manera informal, el sujeto trata de pensar en la asociación R–C cuando se encuentra con E y esto lo motiva para llevar a cabo la respuesta instrumental.

Skinner (1938) propuso hace muchos años que en el condicionamiento instrumental E, R y C se conectan a través de una relación condicional E(R–C), que él llamó *contingencia de tres términos*. La idea de que la conducta instrumental está mediada por la relación E(R–C) fue perseguida vigorosamente a finales del siglo XX por los investigadores que trabajan en la tradición asociacionista. El cuerpo de la evidencia acumulada tanto con animales de laboratorio como con los participantes humanos ha establecido firmemente que las asociaciones E(R–C) se aprenden durante el curso del condicionamiento instrumental (por ejemplo, Colwill y Rescorla, 1990; Gámez y Rosas, 2007). Los experimentos sobre asociaciones E(R–C) suelen utilizar complicados procedimientos de entrenamiento en discriminación que están más allá del alcance de la presente discusión. En el capítulo 8 se describirán los procedimientos de entrenamiento en discriminación.

## Regulación de la respuesta y economía conductual

Aunque los análisis asociativos contemporáneos de motivación instrumental van mucho más allá de la ley del efecto de Thorndike, son parte de la tradición de Thorndike y Pavlov que ve el mundo de la conducta en términos de estímulos, respuestas y asociaciones. El enfoque de regulación de la respuesta se basa en una visión del mundo radicalmente diferente. En lugar de considerar el condicionamiento instrumental en términos del refuerzo de una respuesta

en presencia de ciertos estímulos, la regulación de la respuesta es un enfoque molar que se enfoca en cómo los procedimientos de condicionamiento instrumental ponen limitaciones a las actividades de un organismo y causan redistribuciones de conducta entre las opciones de respuesta disponibles.

## Antecedentes del enfoque de regulación de la respuesta

Los reforzadores fueron considerados inicialmente para constituir un tipo especial de estímulo. Por ejemplo, Thorndike caracteriza un reforzador como un estímulo que produce un *estado satisfactorio de las atenciones*. Se hicieron varias propuestas acerca de las características especiales que el estímulo debe tener para servir como un reforzador. Aunque hubo diferencias de opinión, alrededor de medio siglo después de la ley del efecto de Thorndike, los teóricos están de acuerdo en que los reforzadores son estímulos especiales que fortalecen la conducta instrumental.

***Teoría de la respuesta consumatoria*** El primer desafío a la idea de que los reforzadores son estímulos provino de Fred Sheffield y sus colegas, quienes formularon la **teoría de la respuesta consumatoria**. Muchos reforzadores, como los alimentos y el agua, causan respuestas incondicionadas típicas de la especie, como masticar, lamer y tragar. La teoría de la respuesta consumatoria atribuye el reforzamiento a estas conductas típicas de la especie. Afirma que las respuestas consumatorias típicas de la especie (comer, beber, y similares) son en sí mismas la función crítica de los reforzadores. En apoyo de esta idea, Sheffield, Roby y Campbell (1954) mostraron que la sacarina, un edulcorante artificial, puede servir como un reforzador eficaz a pesar de que no tiene valor nutritivo y por tanto no puede satisfacer una necesidad biológica. Las propiedades reforzantes de los edulcorantes artificiales ofrecen ahora las bases de una floreciente industria alimentaria dietética. Sin embargo, aparte de su valor comercial, los edulcorantes artificiales fueron importantes en el avance de nuestra forma de pensar acerca de la motivación instrumental.

La teoría de la respuesta consumatoria fue una innovación radical, ya que trasladó la búsqueda de reforzadores de los tipos especiales de estímulos a los tipos especiales de respuestas. Se asumió que la respuesta reforzante era especial porque implicaba la consumación, o la terminación, de una secuencia de conducta instintiva. (Véase el análisis de la conducta consumatoria en el capítulo 2.) La teoría asume que las respuestas consumatorias (por ejemplo, la masticación y la deglución) son fundamentalmente diferentes de varias posibles respuestas instrumentales, como correr, abrir un pestillo o presionar una palanca. David Premack se opuso a esto y sugirió que las respuestas reforzantes son especiales sólo porque tienen más probabilidad de ocurrir que las respuestas instrumentales que siguen.

***El principio de Premack*** Premack señaló que las respuestas que acompañan a los reforzadores utilizados implican actividades que los individuos son altamente propensos a realizar. En un experimento de reforzamiento de alimentos, los participantes son típicamente privados de comida y, por tanto, son altamente propensos a comer. Por el contrario, las respuestas instrumentales son típicamente actividades de baja probabilidad. Por ejemplo, es mucho menos probable que una rata experimentalmente ingenua presione una palanca de respuesta para comer. Premack (1965) propuso que esta diferencia en la probabilidad de respuesta es fundamental para el reforzamiento. Formalmente, el **principio de Premack** puede enunciarse como sigue:

> *Dadas dos respuestas de probabilidad distinta, A y B, la oportunidad de realizar la respuesta de probabilidad más alta (A) después de la respuesta de menor probabilidad (B) resultará en un reforzamiento de la respuesta B. (B → A refuerza B.) La oportunidad de realizar la respuesta de baja probabilidad (B) después de la respuesta de probabilidad más alta (A) no dará lugar a un reforzamiento de la respuesta A. (A → B no refuerza A.)*

El principio de Premack se enfoca en la diferencia en la probabilidad de la respuesta instrumental y reforzante. Por tanto, también se le llama **principio de probabilidad diferencial**. Comer reforzará la presión de la barra porque comer es generalmente más probable que pre-

sionar la barra. Más allá de esto, la teoría de Premack niega que haya algo especial acerca de la comida o de la conducta alimentaria.

El principio de Premack se ha demostrado repetidamente en estudios con participantes humanos y animales de laboratorio. El poder del principio de Premack de radica en predecir que cualquier actividad potencialmente de alta probabilidad puede ser un reforzador eficaz para una respuesta que el individuo no está inclinado a realizar. Por ejemplo, en ratas de laboratorio, beber una gota de sacarosa es una respuesta de alta probabilidad y, como se podría predecir, la sacarosa es eficaz en el fortalecimiento de la pulsación de la palanca. Correr en una rueda giratoria también es una respuesta de alta probabilidad en las ratas. De este modo, se podría predecir que correr sería también un reforzador eficaz para la pulsación de la palanca. Numerosos estudios han confirmado esta predicción. Por ejemplo, Belke y Hancock (2003) compararon la presión de la palanca en un programa de intervalo fijo de 30 segundos, con el reforzador de sacarosa o la oportunidad de correr en una rueda durante 15 segundos. En diferentes fases del experimento las ratas se pusieron a prueba con diferentes concentraciones de sacarosa como reforzador.

La presión de la palanca en el programa de IF de 30 segundos se resume en la figura 7.5 para el reforzador rueda para correr y para concentraciones de sacarosa que van de 0 a 10%. Los datos se presentan en términos de la tasa de pulsación de la palanca en periodos sucesivos de 5 segundos del programa de IF de 30 segundos. Como era de esperarse con un programa de intervalo fijo, aumentaron las tasas de respuesta más cerca del final del periodo de 30 segundos. La rueda para correr como reforzador fue tan efectiva como la sacarosa al 2.5%. La rueda para correr fue más eficaz que la sacarosa al 0%, pero a una concentración de sacarosa al 10%, la respuesta para la sacarosa superó la respuesta para correr.

***Aplicaciones del principio de Premack*** El principio de Premack tuvo un impacto duradero en el diseño de procedimientos de reforzamiento utilizados para ayudar a diversas poblaciones clínicas, y sigue siendo la base para varios sistemas de puntos y sistemas de vales usados en entornos de tratamiento residenciales. En una aplicación temprana, Mitchell y Stoffelmayr (1973) estudiaron a dos pacientes hospitalizados con esquizofrenia crónica que se negaron a todos los reforzadores tangibles que se les ofrecieron (caramelos, cigarrillos, fruta y galletas). Los otros pacientes en la sala participaron en un proyecto de trabajo que implicó desmontar el hilo de cobre de una bobina. Los dos participantes en este estudio no

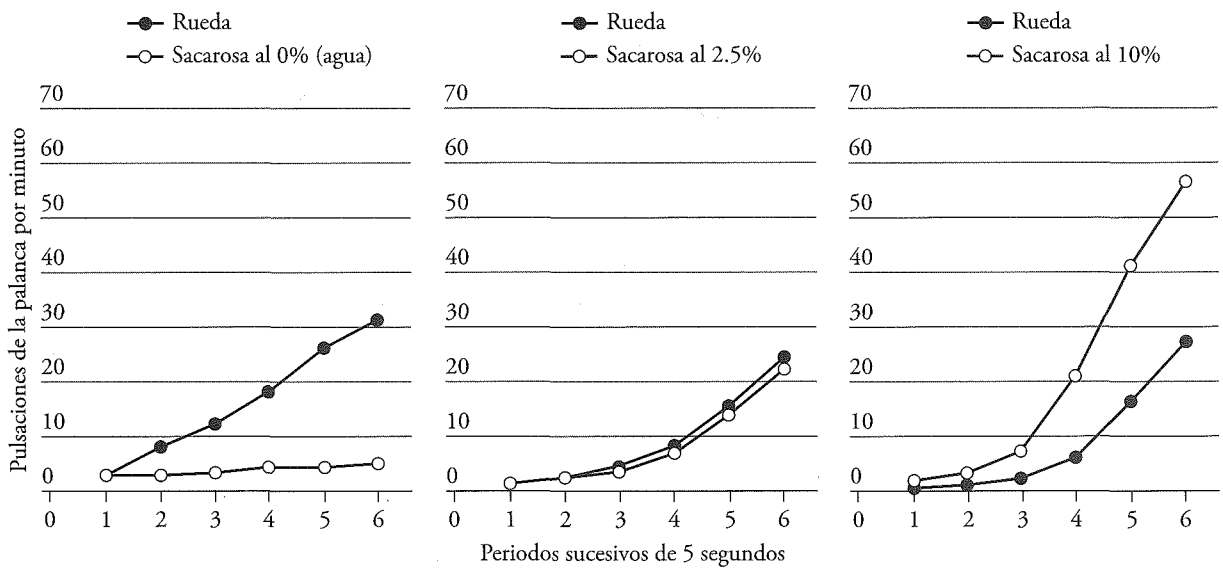



**FIGURA 7.5** Tasa de pulsaciones de la de palanca durante periodos de 5 minutos sucesivos en un programa de intervalo fijo de 30 segundos con el reforzador de acceso a una rueda para correr o acceso a diversas concentraciones de sacarosa. (Basado en Belke y Hancock, 2003.)

tomaron parte en el proyecto de desmonte de la bobina y pasaron la mayor parte de su tiempo sentados. Dado este limitado repertorio conductual, ¿cuál podría ser un reforzador efectivo? El principio de Premack sugiere que la oportunidad de sentarse debe ser un buen reforzador para estos pacientes teniendo en cuenta la cantidad de tiempo que pasan sentados. Para probar esta idea, los investigadores dieron a los pacientes una oportunidad de sentarse sólo si trabajaban un poco en la tarea de desmonte de la bobina.

Cada participante fue entrenado por separado. Al inicio de cada ensayo se le pidió permanecer de pie. Entonces se colocó en sus manos un pedazo de cable. Si llevaba a cabo las respuestas de desmonte de la bobina requeridas se le permitía sentarse durante unos 90 segundos, y luego el siguiente comenzaba el nuevo ensayo. Este procedimiento tuvo un gran éxito. Mientras la contingencia instrumental estaba en vigor, los dos pacientes trabajaron a un ritmo mucho mayor que cuando simplemente se les dijo que participaran en el proyecto de desmonte de la bobina. Las instrucciones normales y las amonestaciones para participar en la tarea eran totalmente ineficaces, pero aprovechar la alta probabilidad de la respuesta de estar sentado funcionó muy bien.

Se han llevado a cabo otros estudios interesantes en niños con autismo ocupados en conductas repetitivas inusuales o estereotipadas. Una de esas conductas, llamada *ecolalia demorada*, implica la repetición de palabras. Por ejemplo, a un niño autista se le oyó decir una y otra vez, "¡Ding!, ¡ding!, ¡ding! Usted gana de nuevo" y "Juegue el partido 83". Otra forma de conducta estereotipada, la *conducta perseverante*, implica la manipulación persistente de un objeto. Por ejemplo, el niño puede manejar varias veces sólo algunos juguetes de plástico.

La alta probabilidad de ecolalia y conducta perseverante en niños con autismo sugiere que estas respuestas pueden usarse eficazmente como reforzadores en procedimientos de tratamiento. Charlop, Kurtz y Casey (1990) compararon la eficacia de diferentes formas de reforzamiento en el entrenamiento de diversas habilidades académicas relacionadas en varios niños con autismo (véase también Hanley *et al*, 2000). Las tareas incluían la identificación de cuál de los diferentes objetos era el mismo o diferente del levantado por el profesor, sumar monedas y responder correctamente a las frases diseñadas para aprender los pronombres receptivos o las preposiciones. En una condición experimental, un alimento preferido (por ejemplo, un pequeño trozo de chocolate, cereales o una galleta) sirvió como reforzador en ausencia de la privación de alimentos programada. En otra condición, la oportunidad de realizar una respuesta estereotipada por 3-5 segundos sirvió como reforzador.

Algunos resultados del estudio se ilustran en la figura 7.6. Cada panel representa los datos de un estudiante diferente. Observe que, en cada caso, la oportunidad de participar en una respuesta estereotipada frecuente resultó en un mejor rendimiento en las tareas de entrenamiento que el reforzador alimenticio. La ecolalia demorada y la conducta perseverante sirven para aumentar el rendimiento de trabajo por arriba de lo observado con el reforzador alimenticio. Estos resultados indican que las respuestas de alta probabilidad pueden servir para reforzar las respuestas de probabilidad más baja incluso si las respuestas reforzadoras no son características de la conducta normal.

El principio de Premack adelantó de forma significativa nuestro pensamiento sobre el reforzamiento. Alentó a pensar en los reforzadores como respuestas y no como estímulos, y se amplió considerablemente la gama de actividades que los investigadores comenzaron a utilizar como reforzadores. Con el principio de Premack, cualquier conducta podría servir como un reforzador siempre que fuera más probable que la respuesta instrumental. La probabilidad diferencial como la clave para el reforzamiento allanó el camino para las aplicaciones de los procedimientos de reforzamiento a todo tipo de trastornos humanos. Sin embargo, los problemas con la medición de la probabilidad de respuesta y una mirada más de cerca a los procedimientos de condicionamiento instrumental llevaron los desarrollos teóricos posteriores más allá del principio de Premack.

***La hipótesis de privación de la respuesta*** En la mayoría de los procedimientos de condicionamiento instrumental, la probabilidad de la actividad reforzadora se mantiene en un nivel alto al restringir el acceso al reforzador. Típicamente, a las ratas de laboratorio reforza-

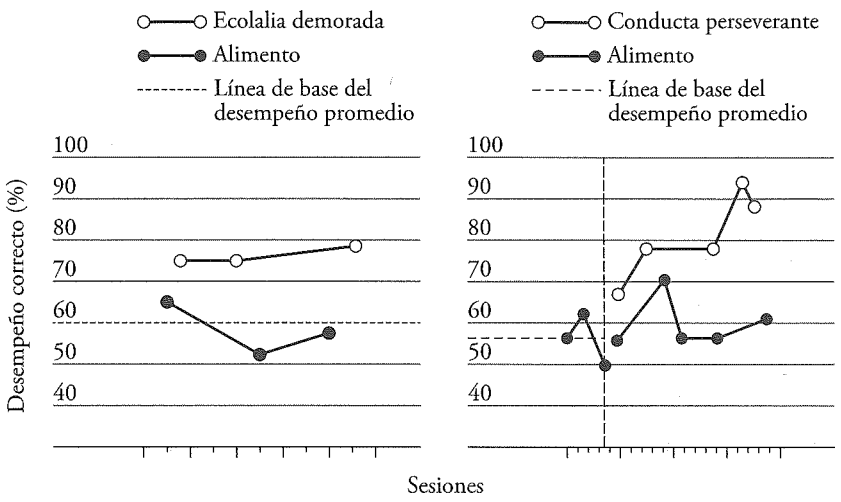
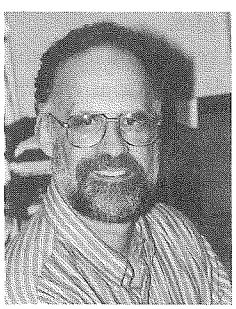



**FIGURA 7.6**
Rendimiento en tareas para dos niños con autismo. La conducta de un estudiante fue reforzada con el alimento o la oportunidad de participar en la ecolalia demorada. La conducta del otro estudiante se reforzó con el alimento o la oportunidad de participar en la respuesta perseverante. (La respuesta durante los periodos de referencia también se reforzó con alimento.) (Basado en "Using Aberrant Behaviors as Reinforcers for Autistic Children", M. H. Charlop, P. F. Kurtz y F. G. Casey, *Journal of Applied Behavior Analysis, 23*, pp. 163-181.)

das con comida no se les proporcionaba alimento antes de la sesión experimental, y recibían una pequeña bolita de comida por cada respuesta de pulsación de la palanca. Estas limitaciones en el acceso al alimento (y a comer) son muy importantes. Si tuviéramos que dar a la rata una comida completa para una pulsación de la palanca, lo más probable es que no respondería más de una vez o dos veces al día. Por lo general, las restricciones a la oportunidad de participar en la respuesta reforzante aumenta su eficacia como reforzador.

Premack (1965) reconoció la importancia de restringir el acceso al reforzador, pero no era la idea principal detrás de su teoría. Por el contrario, Timberlake y Allison (1974; véase también Allison, 1993) abandonaron el principio de probabilidad diferencial completamente y argumentaron que la restricción de la actividad reforzante era el factor crítico para el reforzamiento instrumental. Esta propuesta recibe el nombre de **hipótesis de privación de la respuesta**.



Cortesía de W. Timberlake

W. Timberlake

En pruebas particularmente decisivas de la hipótesis de privación de la respuesta, varios investigadores encontraron que incluso una respuesta de baja probabilidad puede servir como reforzador a condición de que los participantes estén limitados a realizar esa respuesta (Timberlake y Allison, 1974; Eisenberger *et al*, 1967). Johnson y sus colegas (2003) probaron esta predicción en un salón de clases con estudiantes que tenían retraso mental de moderado a severo. Para cada estudiante, los maestros identificaron cosas que no eran propensos a hacer. Por ejemplo, tarjetas de presentación y el trazado de letras fueron las respuestas de baja probabilidad de Édgar, pero el trazado fue el menos probable de las dos respuestas. Sin embargo, la oportunidad de trazar se convirtió en un reforzador eficaz para la presentación conductual si el acceso al trazado se restringía por abajo de los niveles de la línea de base. Este resultado es contrario al principio de Premack y muestra que la privación de respuesta es más básica para los efectos del reforzamiento que la respuesta de probabilidad diferencial.

La hipótesis de privación de la respuesta proporciona una nueva estrategia sencilla para crear reforzadores, es decir, la restricción del acceso a la actividad reforzante. Es interesante observar que alguna restricción es inherente a todos los procedimientos de condicionamiento instrumental. Todos los procedimientos de este tipo requieren retener el reforzador hasta que se haya realizado la respuesta instrumental especificada. La hipótesis de privación de la respuesta señala que esta característica definitoria de condicionamiento instrumental es crítica para producir un efecto de reforzamiento.

Las opiniones tradicionales de reforzamiento suponen que un reforzador es algo que existe independientemente de un procedimiento de condicionamiento instrumental. Por ejemplo, se pensaba que el alimento era un reforzador si se utilizaba o no para reforzar la presión de la palanca. La hipótesis de privación de la respuesta hace explícita la idea radicalmente diferente de que un reforzador es producido por la propia contingencia instrumental. La forma en que las contingencias instrumentales crean refuerzos e incrementos en la respuesta instrumental se ha mantenido como un tema de gran interés para los científicos de la conducta (por ejemplo, Baum, 2012).

## El enfoque de la regulación conductual

El enfoque de la regulación conductual considera el problema del reforzamiento y el condicionamiento instrumental desde una perspectiva más amplia que el principio de Premack o la hipótesis de privación de la respuesta. En lugar de centrarse sólo en las respuestas instrumentales y el reforzador, dicho enfoque considera la amplia gama de actividades que siempre están disponibles para un individuo. Durante el transcurso de un día, usted dedica tiempo a vestirse, comer, caminar, conducir, escuchar música, hablar con los amigos, ir a clase estudiar, tomar una siesta, y así sucesivamente. Incluso, mientras está sentado en una clase puede escuchar al profesor, mirar las diapositivas en la pantalla, soñar con lo que va a hacer la noche del sábado, tomar notas, o echar un vistazo a los mensajes de texto. La regulación conductual se refiere a cómo un individuo distribuye sus respuestas entre las diferentes opciones que están disponibles.



Cortesía de J. Allison

J. Allison

Los científicos que emplean el enfoque de regulación conductual examinan cómo se altera la distribución de las respuestas cuando se introduce un procedimiento de condicionamiento instrumental, y qué factores determinan la naturaleza de la reasignación de la respuesta (por ejemplo, Allison, 1993; Timberlake, 1980, 1995). El punto de partida de este análisis es la *línea de base libre o sin restricciones*. La línea de base libre es la manera como el individuo regula sus respuestas a las diversas opciones conductuales cuando no hay restricciones y, presumiblemente, refleja las preferencias únicas de cada individuo. Piense en cómo puede pasar el tiempo cuando está de vacaciones de verano y no tiene que ir a la escuela. Usted puede quedarse en la cama, dormir más tarde en la mañana, jugar videojuegos, visitar amigos, ir a pescar, o pasar el tiempo tomando el sol, pero es probable que no pase mucho tiempo leyendo libros de texto o tomando notas. Esa es la línea de base libre sin restricciones.

La línea de base libre queda seriamente perturbada cuando comienza el nuevo año escolar y hay que empezar a asistir a clases de nuevo. Ahora ya no puede permitirse el lujo de dormir tan tarde en la mañana o pasar tiempo visitando tantos amigos. Además, es probable que dedique más esfuerzos a estudiar y a tomar notas. En una forma análoga, la introducción de un procedimiento de condicionamiento instrumental interrumpe la línea de base libre de un organismo y causa una redistribución de las respuestas.

Por ejemplo, consideremos cómo un estudiante de secundaria puede distribuir sus actividades entre estudiar e interaccionar con amigos en *Facebook*. La figura 7.7 representa el tiempo dedicado a *Facebook* en el eje vertical y el tiempo dedicado al estudio en el eje horizontal. En ausencia de restricciones, el estudiante probablemente pasará mucho más tiempo en *Facebook* que estudiando. Esto está representado por el círculo hueco en la figura 7.7 y es la línea de base sin restricciones en esta situación. Sin restricciones, el estudiante pasa 60 minutos en *Facebook* por cada 15 minutos de estudio. La línea de base libre a veces también se llama **punto de deleite** o **éxtasis conductual**. El término *punto de deleite* está tomado de la economía y se refiere a la regulación de una respuesta preferida en ausencia de restricciones.

***Imposición de una contingencia instrumental*** ¿Cómo alteraría la introducción de una contingencia instrumental la regulación conductual del estudiante entre estudiar y estar en *Facebook*? El pronóstico depende de la naturaleza de la contingencia. La figura 7.7 muestra una línea de programación que comienza en el origen y aumenta en un ángulo de 45°. Esta línea define un programa de reforzamiento según el cual se le permite al estudiante estar en *Facebook* durante el tiempo que él o ella pasa estudiando. Si el alumno estudia durante 10 minutos, tendrá 10 minutos en *Facebook*; si estudia durante una hora, el alumno llegará a estar por una hora en *Facebook*. ¿Cuáles podrían ser las consecuencias de tal programa de restricción?

Las personas por lo general defienden la regulación de su conducta contra los desafíos a la línea de base sin restricciones o la condición de punto de deleite. Sin embargo, lo interesante radica en que la regulación conductual de la línea de base por lo general no puede ser restable-

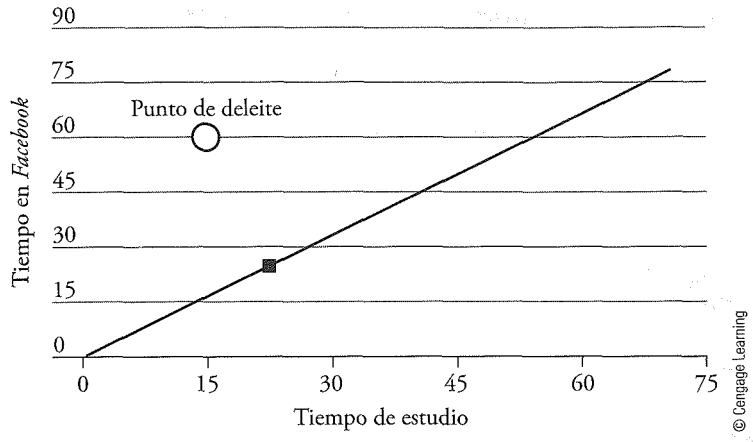



**FIGURA 7.7**
Regulación de la conducta entre el gasto de tiempo en *Facebook* y en el estudio. El círculo abierto muestra la asignación óptima, o punto de deleite conductual, que se obtiene cuando no hay restricciones sobre cualquier actividad. La línea del programa representa un programa de reforzamiento en el que el estudiante está obligado a estudiar la misma cantidad de tiempo que él o ella pasa en *Facebook*. Observe que una vez impuesto este programa de reforzamiento, ya no es posible para el estudiante lograr el punto de deleite conductual. El programa priva al estudiante de tiempo en *Facebook* y fuerza o motiva un incremento en el estudio.

cida después de que se ha introducido una contingencia instrumental. En nuestro ejemplo, el punto de la línea de base libre fue de 60 minutos en *Facebook* por cada 15 minutos de estudio. Una vez que se impone la contingencia instrumental, no hay manera de que el estudiante pueda estar en *Facebook* durante 60 minutos y sólo estudiar durante 15 minutos. Si insiste en estar en *Facebook* durante 60 minutos, entonces tendrá que tolerar la adición de 45 minutos para su tiempo de estudio. Por otro lado, si el estudiante insiste en pasar sólo 15 minutos en sus estudios (como en la condición de la línea de base), tendrá que estar 45 minutos menos en *Facebook*. Defender el tiempo de estudio de la línea de base o defender la línea de base de *Facebook* tiene sus desventajas. Este es a menudo el dilema planteado por una contingencia instrumental. Cómo se resuelve este dilema, es el tema central del enfoque de regulación conductual (asignación de la respuesta).

Dado que la contingencia instrumental mostrada en la figura 7.7 hace que sea imposible volver a la línea de base libre, la redistribución de las respuestas entre las conductas instrumentales y contingentes se convierte en una cuestión de compromiso. La razón de una respuesta se pone tan cerca como sea posible de su nivel preferido sin mover la otra respuesta demasiado lejos de su nivel preferido.

Por ejemplo, Staddon propuso un **modelo de desviación mínima** de la regulación conductual para resolver el dilema de las restricciones del programa (Staddon, 1983/2003). Según este modelo, la introducción de una contingencia entre respuesta y reforzador hace que los organismos redistribuyan su conducta entre las respuestas instrumentales y las contingentes de tal manera que se minimice la desviación total de las dos respuestas de la línea de base libre o punto de deleite. El punto de desviación mínima se muestra por el símbolo relleno en el esquema de la figura 7.7. Para situaciones en las que la línea de base libre no se puede lograr frente a una restricción de programa, el modelo de desviación mínima ofrece una visión de cómo los organismos se conforman con la segunda mejor opción.

***Explicación de los efectos del reforzamiento*** ¿Cómo se producen los efectos del reforzamiento de acuerdo con el enfoque de la regulación conductual? Un efecto del reforzamiento se identifica por un aumento en la aparición de una respuesta instrumental por arriba del nivel de la conducta en ausencia de la contingencia respuesta-reforzador. El esquema mostrado en la figura 7.7 implica el tiempo restringido en *Facebook* por debajo del nivel especificado en el punto de referencia. Para avanzar hacia el nivel básico preferido, el estudiante tiene que aumentar su estudio con el fin de ganar más tiempo en *Facebook*. Esto es precisamente lo que ocurre en los procedimientos típicos de condicionamiento instrumental. El acceso al reforzador está restringido; para merecer más oportunidades de participar en la respuesta reforzante, el individuo tiene que realizar más de la respuesta instrumental. Por tanto, un mayor rendimiento de la respuesta instrumental (un efecto de reforzamiento) es resultado de una regulación conductual que minimiza las desviaciones de la línea de base libre o punto de deleite.

## RECUADRO 7.2

### *El enfoque de la regulación conductual y la terapia conductual*

Considerar el condicionamiento instrumental como una cuestión de regulación conductual no sólo proporciona nuevos conocimientos sobre cuestiones teóricas milenarias referentes al reforzamiento, sino que también sugiere enfoques alternativos a la terapia conductual (Farmer-Dougan, 1998; Timberlake y Farmer-Dougan, 1991). Por ejemplo, se nos obliga a considerar el contexto conductual más amplio en el que se introduce una contingencia instrumental. Dependiendo de ese contexto conductual, un procedimiento de reforzamiento puede aumentar o disminuir la respuesta objetivo. Por tanto, el enfoque de regulación conductual puede proporcionar conocimientos sobre situaciones en las que la introducción de un procedimiento de reforzamiento produce un descenso imprevisto en la respuesta instrumental.

Una de las áreas de la terapia conductual en la que los procedimientos de reforzamiento son sorprendentemente ineficaces es el uso del refuerzo social de los padres para incrementar la conducta prosocial de un niño. A un padre cuyo hijo se porta mal con frecuencia se le anima a dar más aprobación social para el comportamiento positivo en el supuesto de que las bajas tasas de reforzamiento de los padres son responsables de la mala conducta del niño. Vicken y McFall (1994) señalaron que la falla común de tales procedimientos de reforzamiento es predecible si tenemos en cuenta la línea de base libre o punto de deleite para el niño.

La figura 7.8 muestra el espacio conductual para el reforzamiento social de los padres y la conducta positiva de los niños. El círculo hueco representa la supuesta línea de base libre o preferencia del niño. Dejando sus propios dispositivos, el niño prefiere un montón de reforzamiento social mientras emite algunas conductas positivas. La línea discontinua representa la baja tasa de refuerzo de los padres en vigor antes de una intervención terapéutica. De acuerdo con la línea de este programa, el niño tiene que realizar dos respuestas positivas para recibir cada reforzador social del padre. El círculo relleno en la línea indica el punto de equilibrio, donde las respuestas positivas por parte del niño y los reforzadores sociales obtenidos están igualmente alejados de sus respectivos valores de los puntos de deleite.

El procedimiento terapéutico consiste en aumentar la tasa de reforzamiento social, digamos a una relación de 1:1. Esto se ilustra por la línea continua en la figura 7.8. Ahora el niño recibe un reforzador social para cada conducta positiva. El punto de equilibrio se ilustra de nuevo con el punto de datos lleno. Observe que con el aumento del reforzamiento social, el niño puede obtener más reforzadores sociales sin tener que dar más respuestas positivas. De hecho, el niño puede aumentar su tasa de reforzamiento social mientras lleva a cabo menos respuestas positivas. No es de extrañar, entonces, que el procedimiento terapéutico de reforzamiento no aumente la tasa de respuestas positivas. El resultado inesperado del mayor reforzamiento social ilustrado en la figura 7.8 sugiere que las soluciones a los problemas de conducta requieren una cuidadosa consideración de la relación entre la nueva contingencia instrumental y las condiciones de reforzamiento anteriores.

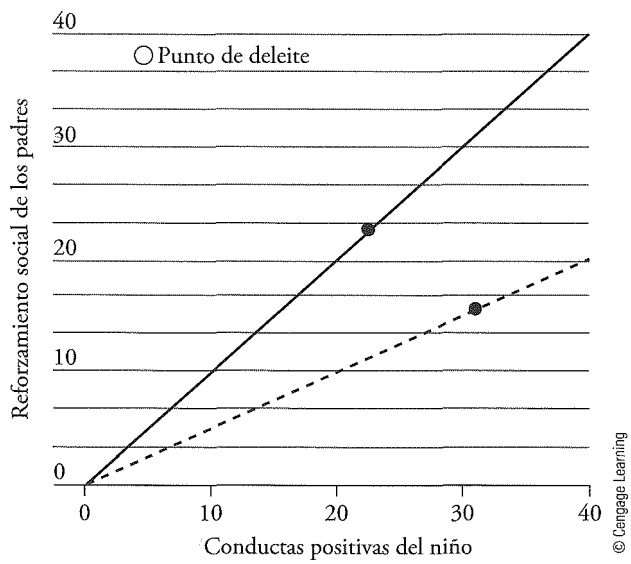



**FIGURA 7.8** Datos hipotéticos sobre el reforzamiento social de los padres y la conducta positiva de los niños. El punto de deleite conductual para el niño es indicado por el círculo hueco. La línea discontinua representa la tasa de reforzamiento social para la conducta positiva en vigor antes de la introducción de un procedimiento de tratamiento. La línea continua representa la tasa de reforzamiento social para la conducta positiva creada por el procedimiento de terapia conductual. El círculo relleno en cada línea representa el punto de equilibrio para cada programa.

***Visualización de contingencias de reforzamiento en un contexto conductual más amplio*** La explicación anterior de cómo las restricciones del programa producen efectos de reforzamiento considera sólo las respuestas instrumentales y la respuesta reforzante (estudiar y estar en *Facebook*). Sin embargo, lo más probable es que el ambiente de un estudiante ofrezca una mayor gama de opciones. Las contingencias instrumentales no ocurren en un vacío conductual. Se producen en el contexto de todas las respuestas y reforzadores de que dispone el participante. Por otra parte, ese contexto conductual más amplio puede influir significativamente en la forma en que la persona se ajusta a una programa de restricción. Por ejemplo, si el estudiante disfruta escuchando su iPod tanto como estar en *Facebook*, las restricciones de tiempo en *Facebook* no pueden aumentar la conducta de estudio. Más bien, el estudiante puede cambiar a escuchar el iPod, jugar un videojuego, o salir con los amigos. Cualquiera de estas opciones socava la contingencia instrumental. El estudiante puede escuchar su iPod o pasar el rato con amigos en lugar de estar en *Facebook* sin aumentar la conducta de estudio.

Este ejemplo ilustra que la predicción precisa de los efectos de un procedimiento de condicionamiento instrumental requiere considerar el contexto más amplio de opciones de respuesta del organismo. Centrarse sólo en la respuesta instrumental y su estímulo antecedente y consecuente (es decir, la estructura asociativa de la conducta instrumental) no es suficiente. El efecto de un procedimiento de condicionamiento instrumental particular depende de qué fuentes alternativas de reforzamiento están disponibles, cómo estos reforzadores están relacionados con uno en particular que participa en la contingencia instrumental, y el costo de la obtención de esas alternativas. Estas cuestiones se han examinado de manera sistemática con la aplicación de los conceptos económicos para el problema de la regulación conductual.

## Economía conductual

El enfoque de la regulación conductual o asignación de la respuesta redefinió el tema fundamental sobre el reforzamiento. Alejó la atención de la idea de que los reforzadores son estímulos especiales que entran en relaciones asociativas especiales con la respuesta instrumental y sus antecedentes. Con el enfoque de regulación conductual, la pregunta fundamental es: *¿Cómo se modifica la regulación conductual entre las opciones de respuesta de una persona por las limitaciones impuestas con un procedimiento de condicionamiento instrumental?*

Los estudiantes que han estudiado economía pueden reconocer aquí una similitud con los problemas abordados por los economistas. Similares a los psicólogos, los economistas se esfuerzan por comprender los cambios en la conducta en términos de preferencias y restricciones preexistentes en el cumplimiento de esas preferencias. Como Bickel, Green y Vuchinich (1995) han señalado, "La economía es el estudio de la asignación de la conducta dentro de un sistema de restricción" (p. 258). En el ámbito económico, las restricciones sobre la conducta son impuestas por nuestros ingresos y el precio de los productos que queremos comprar. En situaciones de condicionamiento instrumental, las restricciones son proporcionadas por el número de respuestas que un organismo es capaz de realizar (su "ingreso") y el número de respuestas necesario para obtener cada reforzador (el "precio" del reforzador).

Los psicólogos se han interesado en las similitudes entre las restricciones económicas en el mercado y los programas de restricciones en el condicionamiento instrumental. El análisis de la asignación de la respuesta en términos de conceptos económicos puede ser un poco complejo. En aras de la simplicidad, nos enfocaremos en las ideas básicas que han tenido el mayor impacto en la comprensión del reforzamiento. (Para una discusión más completa, ver Hursh *et al*, 2013.)

***Demanda del consumidor*** La relación entre el precio de un bien y la cantidad que se puede comprar de él es fundamental para la aplicación de los conceptos económicos al problema del reforzamiento. Esta relación se llama **curva de demanda**. La figura 7.9 muestra tres ejemplos de curva de demanda. La curva A ilustra una situación en la que el consumo de un bien es muy influenciable por su precio. Este es el caso con los caramelos. Si el precio

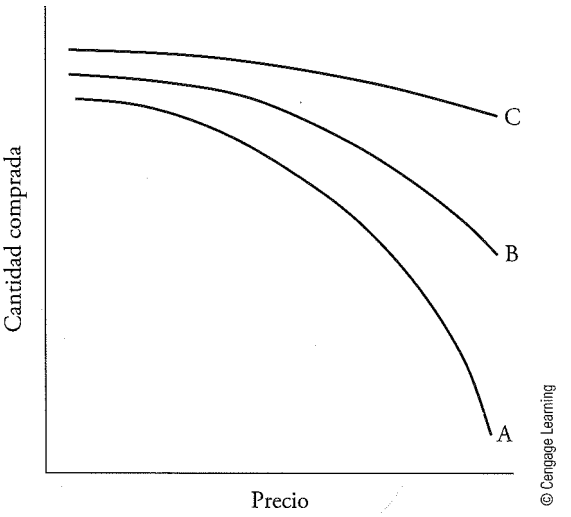
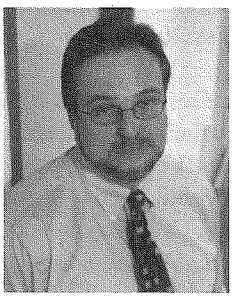



**FIGURA 7.9** Curvas de demanda del consumidor hipotéticas que ilustran alta sensibilidad al precio (curva A), sensibilidad intermedia (curva B) y una baja sensibilidad (curva C).

de los dulces aumenta sustancialmente, la cantidad comprada cae rápidamente. Otras materias primas son menos sensibles a los cambios de precios (curva C en la figura 7.9). Por ejemplo, la compra de gasolina no es desalentada tan fácilmente por aumentos en el precio. La gente sigue cargando gasolina para sus vehículos incluso si el precio aumenta, mostrando un pequeño descenso sólo en los precios más altos.

El grado en el que los precios influyen en el consumo se denomina **elasticidad de la demanda**. La demanda de dulces es muy elástica. Entre más costoso sea el caramelo, menos se va a comprar. En contraste, la demanda de gasolina es mucho menos elástica. La gente sigue comprando incluso si el precio aumenta mucho.

El concepto de demanda del consumidor se ha utilizado para analizar una variedad de importantes problemas de conducta, tales como la alimentación y el abuso de drogas (por ejemplo, Epstein, Leddy, Temple y Faith, 2007). Por ejemplo, en un reciente estudio de laboratorio, niños de 10 a 12 años de edad aumentaron sus compras de alimentos sanos a medida que aumentaba el precio de alternativas poco saludables (Epstein *et al*, 2006). La selección de comida saludable también aumentó en un estudio de opciones de comida en un restaurante cuando las alternativas saludables redujeron su precio (Horgen y Brownell, 2002). Curiosamente, una disminución en el precio fue más eficaz en el fomento de la selección de alimentos saludables que los mensajes invitando a los clientes a comer sano.



Jordan Silverman/Stringer/Getty Images

W. K. Bickel

El concepto de demanda del consumidor se ha utilizado para analizar la conducta instrumental considerando el número de respuestas realizadas (o el tiempo de respuesta transcurrido) como análogo al dinero, y el reforzador obtenido como análogo a la mercancía que se compra. El precio de un reforzador es entonces el tiempo o el número de respuestas necesarios para obtener el reforzador. Por tanto, el precio del reforzador está determinado por el programa de reforzamiento. El objetivo es entender cómo la respuesta instrumental (gasto) es controlada por las contingencias instrumentales (precios).

Por ejemplo, Johnson y Bickel (2006) investigaron la elasticidad de la demanda para cigarrillos y dinero en fumadores con una edad media de 40 años que no estaban tratando de dejar de fumar. El aparato tenía tres émbolos que los participantes podían jalar, cada uno para un reforzador distinto. Los reforzadores consistieron en tres bocanadas de un cigarrillo, 5¢ o 25¢. Sólo uno de los émbolos (y su reforzador asignado) estaba disponible en una sesión particular. El requisito de respuesta para obtener el reforzador se aumentó gradualmente durante cada sesión. El requisito de relación comenzó en una RF 3 y luego se elevó a las RF 30, 60, 100, 300, 600 y, finalmente 6,000. Los investigadores querían determinar en qué momento el

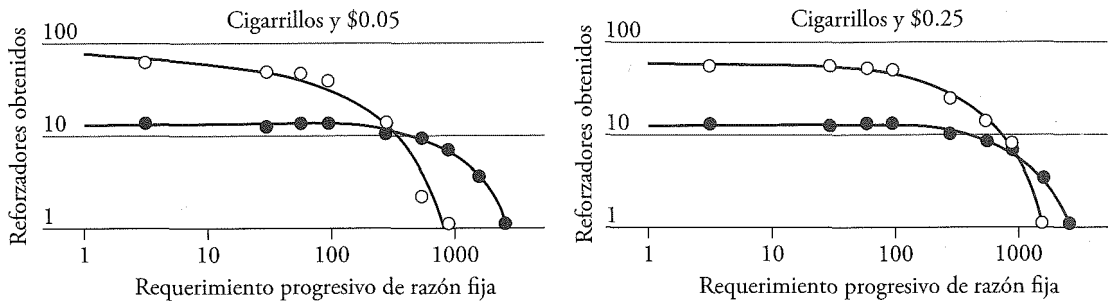



**FIGURA 7.10** Curvas de demanda de cigarrillos (círculos rellenos) y dinero (círculos huecos) con requisitos de razón fija cada vez más grandes. El número de reforzadores obtenidos y los requisitos de razón fija se presentan en escalas logarítmicas. (Basado en Johnson y Bickel, 2006.)

participante deja de responder porque el requisito de respuesta, o el precio, es demasiado alto. (Ninguno de los reforzadores pudo soportar la respuesta en el programa RF 6,000).

Los resultados del experimento se resumen en la figura 7.10. Los datos para el reforzador 5¢ y el reforzador 25¢ se presentan en paneles separados. Los datos para el reforzador de cigarrillos se reproducen en ambos paneles para efectos de comparación. La mayor elasticidad de la demanda se produjo para el reforzador monetario de 5¢. Aquí el número de reforzadores obtenidos comenzó a disminuir tan pronto como se requirieron más de tres respuestas para obtener los 5¢, y cayeron rápidamente cuando se requirieron 100 o más respuestas. Con el reforzador de 25¢ la curva de demanda no empezó a disminuir sino hasta que el requisito de respuesta superó la RF 300. Como era de esperarse, los participantes eran más resistentes a los aumentos en el precio del reforzador cigarrillo. Con las bocanadas de un cigarrillo, el número de reforzadores obtenidos sólo empezó a disminuir hasta que el requisito de respuesta se elevó por encima de una RF 600. Estos resultados muestran que los participantes estaban dispuestos a hacer muchas más respuestas para las fumadas de un cigarrillo en contraste con las que eran necesarias para la recompensa monetaria. Sin duda, los resultados habrían sido diferentes si el experimento se hubiera realizado con no fumadores. (Para una revisión de los enfoques económicos conductuales del abuso de drogas, ver Higgins, Heil y Sigmon, 2013.)

***Determinantes de la elasticidad de la demanda*** La aplicación de los conceptos económicos al análisis del condicionamiento instrumental serían de poco valor si no aportaran nuevos conocimientos sobre los mecanismos de reforzamiento. Pues resulta que los conceptos económicos han ayudado a identificar cuatro factores principales que influyen en la forma como los programas de restricciones dan forma a la regulación conductual. Cada uno de estos factores determina el grado de elasticidad de la demanda, o la medida en que el aumento en el precio causa una disminución en el consumo de dicho reforzador.

***(1) Disponibilidad de sustitutos*** Quizás el factor más importante que influye en la elasticidad de la demanda es la disponibilidad de los reforzadores alternativos que pueden servir como sustitutos para el reforzador de interés. El que los aumentos en el precio de un artículo causen una disminución o no en el consumo depende de la disponibilidad (y precio) de otros bienes que se pueden utilizar en lugar del artículo original. La disponibilidad de los sustitutos aumenta la sensibilidad del elemento original a precios más altos.

En Estados Unidos las suscripciones a los periódicos han visto un fuerte descenso desde que las noticias se han vuelto fácilmente disponibles en los canales de cable e Internet las 24 horas del día. Esto refleja el hecho de que las fuentes de cable y de Internet son buenos sustitutos de las noticias obtenidas de los periódicos. La disponibilidad de sustitutos también determina con qué frecuencia la gente va al cine. Ver una película en un DVD alquilado o descargado es un sustituto razonable de ir al cine, sobre todo ahora que el sonido envolvente está fácilmente disponible en los sistemas de entretenimiento en casa. Los aumentos en el precio de los boletos de la película en las salas animan a los aficionados al cine conscientes de los costos a esperar el estreno de la película en DVD. En contraste, la cantidad de personas que

compra la gasolina no está influenciada por el precio (especialmente en áreas sin transporte público) porque hay pocos sustitutos que estén fácilmente disponibles para la gasolina que requiere un vehículo.

Los análisis contemporáneos del abuso de drogas también reconocen la importancia de los refuerzos sustitutos. Por ejemplo, Murphy, Correla y Barnett (2007) consideraron cómo se podría reducir el consumo excesivo de alcohol entre los estudiantes universitarios, y concluyeron que "la teoría económica de la conducta predice que las decisiones de los estudiantes universitarios acerca de la bebida están relacionadas con la disponibilidad relativa y el precio del alcohol, la disponibilidad relativa y el precio de las actividades alternativas libres de sustancias, y la medida en que el reforzamiento de las consecuencias demoradas libres de sustancias se devalúa en relación con el reforzamiento inmediato asociado con beber "(p. 2573).

En un estudio experimental con individuos en un programa de mantenimiento con metadona (Spiga, 2006, citado en Hursh *et al*, 2013), los participantes pudieron obtener metadona presionando una palanca de respuesta en un programa de RF aumentado progresivamente. En una condición, la metadona era el único medicamento disponible. En otra, los participantes pudieron obtener otro opiáceo, hidromorfona, a un precio constante (RF 32) pulsando una segunda palanca. Los investigadores estaban interesados en saber si la disponibilidad de hidromorfona influiría en la demanda de metadona.

Los resultados se presentan en la figura 7.11. Cuando la metadona era el único reforzador, el aumento de su precio generó una disminución en el consumo en los valores más altos de RF. Menos metadona fue consumida si el otro opiáceo, hidromorfona, también estaba disponible. Por otra parte, la respuesta a la hidromorfona aumentó a medida que el precio de la metadona aumentaba. Estos resultados muestran que la hidromorfona sirvió como un sustituto para la metadona y que su disponibilidad disminuyó la demanda de esta última.

**(2) *Rango de precios*** Otro determinante importante de la elasticidad de la demanda es el rango de precios de los productos básicos. En general, un aumento del precio tiene menos efecto en los precios bajos que en los altos. Consideremos, por ejemplo, el costo de los dulces. Un aumento de 10% en su precio, de 50¢ a 55¢, no es probable que desaliente el consumo. Pero si el caramelo cuesta $5.00, un aumento de 10%, a $5.50, bien podría desalentar la compra.

El efecto de los precios sobre la elasticidad de la demanda es evidente en la figura 7.10. Observe que en los precios bajos hay poco cambio en el número de reforzadores obtenidos si el precio aumenta un poco. Sin embargo, ocurren descensos dramáticos en el número de reforzadores obtenidos en el extremo superior del rango de precios.

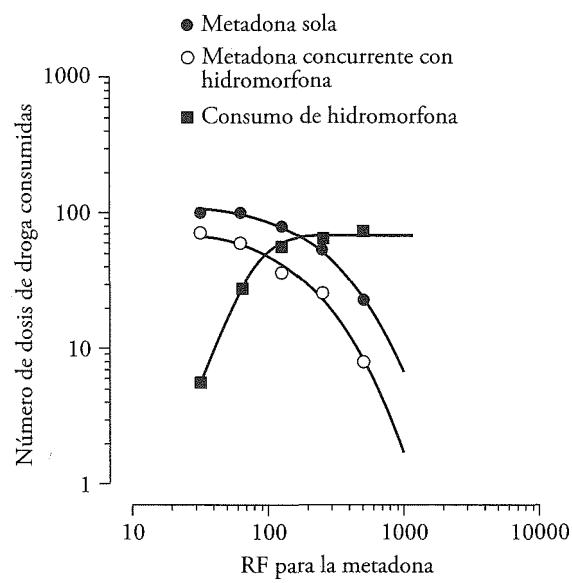



**FIGURA 7.11** Número de dosis de metadona obtenido al aumentar los precios cuando sólo la metadona estaba disponible (círculos rellenos) y cuando estaba disponible con el aumento de precio junto con la hidromorfona a un precio bajo fijo (círculos huecos). El número de dosis de hidromorfona obtenido se muestra también como una función del precio de la metadona (cuadrados rellenos). Observe que el consumo de hidromorfona aumentó conforme el precio de la metadona se incrementó. (Basado en Hursh *et al*, 2013.)

**(3) *Nivel de ingresos*** Un tercer factor que determina la elasticidad de la demanda es el nivel de ingresos. En general, cuanto mayor sea su ingreso, menos disuadido estará por los aumentos de precio. Esto también es cierto para los reforzadores obtenidos en programas de reforzamiento. En los estudios de condicionamiento instrumental, el número de respuestas o la cantidad de tiempo disponible para responder corresponde a los ingresos. Estos son recursos que un organismo puede utilizar para responder a una restricción de horario. A más respuestas o tiempo disponible que tengan los animales, su conducta se verá menos influenciada por el aumento en el costo del reforzador (por ejemplo, Silberberg, Warren-Bouton y Asano, 1987; véase también DeGrandpre, Bickel, Rizvi y Hughes, 1993).

El nivel de ingresos también influye en la elección de los sustitutos. En un interesante estudio de la posibilidad de elegir entre alimentos saludables y no saludables (Epstein *et al*, 2006), niños de 10 a 14 años fueron evaluados en tres niveles diferentes de ingresos ($1, $3 y $5). En el bajo nivel de ingresos, los incrementos en el precio de los alimentos poco saludables (papas fritas, galletas, budines y refrescos) condujeron a una mayor opción de las alternativas saludables (manzanas, *pretzels*, yogur y leche). Por el contrario, a nivel de altos ingresos, los niños siguieron comprando los alimentos poco saludables pero preferidos aunque su precio aumentó. Esto los dejó con menos dinero para comprar los sustitutos de menor precio y más saludables. Por tanto, a nivel de altos ingresos, los incrementos en el precio de la comida *chatarra* reducen la elección de alternativas saludables.

**(4) *Enlace con un producto complementario*** El cuarto factor que influye en la sensibilidad al precio es el enlace de un reforzador con un producto complementario. Los *hot dogs* (*perros calientes*) y los panes para *hot dogs* son complementarios. La gente no come uno sin el otro. Por tanto, si el precio de los *hot dogs* lleva a la baja el número de *hot dogs* que se compran, esto también disminuirá la compra de los panes. Numerosos reforzadores están vinculados a las materias primas complementarias. Para las personas que fuman y consumen alcohol, estos dos reforzadores están típicamente vinculados, ya que el fumar aumenta con la bebida, y viceversa. La evidencia sugiere que entre los individuos en un programa de mantenimiento con metadona, ésta y los cigarrillos son productos complementarios (Spiga *et al*, 2005). Para las ratas, comer alimentos secos y agua potable son acciones complementarias (Madden *et al*, 2007). Cuanto más alimento se consume, más agua se compra.

## Aportes del enfoque de la regulación conductual y la economía conductual

Pensando en la conducta instrumental como un problema de regulación de la conducta originado en consideraciones del principio de Premack y la hipótesis de la privación de respuesta, aunque los problemas persisten, esta línea de teorización ha hecho importantes contribuciones a la forma en que abordamos la motivación de la conducta instrumental. Es ilustrativo revisar algunas de estas contribuciones.

- El enfoque de regulación conductual o asignación de la respuesta nos ha alejado de pensar en los reforzadores como tipos especiales de estímulos o como tipos especiales de respuestas. Ahora nos anima a buscar las causas del reforzamiento en forma de contingencias instrumentales que restringen el libre flujo de la conducta. Los efectos del reforzamiento son considerados como la consecuencia de las restricciones del programa de actividades en curso de un organismo.
- Ya no se considera que los procedimientos de condicionamiento instrumental "estampan" o fortalecen la conducta instrumental. Más bien, el condicionamiento instrumental es visto como la creación de una nueva distribución o regulación de las respuestas. La reasignación resultante depende de las compensaciones entre distintas opciones que de manera provechosa son caracterizadas por la economía conductual.
- El enfoque de la regulación conductual y la economía conductual proporcionan nuevas y precisas formas de describir las limitaciones que los diversos procedimientos de condicionamiento instrumental imponen al repertorio conductual de un organismo. Lo más

importante, destacan que la conducta instrumental no puede ser estudiada en un vacío o un tubo de ensayo conductual. Por el contrario, todas las opciones de respuesta del organismo en un momento dado deben considerarse como un sistema. Los cambios en una parte del sistema determinan cómo se pueden modificar otras partes del sistema. Las restricciones impuestas por los procedimientos instrumentales son más o menos eficaces en función de la naturaleza de la restricción, la disponibilidad de sustitutos, el nivel de los ingresos del organismo y los vínculos con los productos complementarios. Dadas estas complejidades, la regulación conductual y el análisis económico son probablemente nuestra mejor esperanza de entender cómo se produce la conducta instrumental en complejos entornos del mundo real.

## Comentarios finales

Los procesos motivacionales en la conducta instrumental se han abordado desde dos perspectivas y tradiciones intelectuales radicalmente diferentes: la perspectiva asociacionista arraigada en la ley del efecto de Thorndike y el condicionamiento pavloviano, y la perspectiva de la regulación conductual arraigada en el análisis de Skinner. Estos dos enfoques tienen más diferencias que semejanzas, por lo que es difícil imaginar cómo podrían ser integrados. El concepto fundamental en el enfoque asociacionista (el concepto de una asociación) se ignora por completo en el enfoque de la regulación conductual. Además, los mecanismos de regulación conductual caracterizados por la economía conductual no tienen una estructura correspondiente en el enfoque asociacionista. Ambas concepciones han contribuido significativamente a nuestra comprensión de la motivación de la conducta instrumental. Por tanto, ninguna de ellas puede ser ignorada en favor de la otra.

Una manera de pensar acerca de los dos enfoques es que implican diferentes niveles de análisis. El enfoque asociacionista implica el nivel molecular y se centra en los estímulos individuales, las respuestas y sus conexiones. Por el contrario, la regulación conductual y la economía conductual operan a nivel molar, teniendo en cuenta el contexto de la conducta general en el que se introduce una contingencia instrumental. Por tanto, el enfoque de la regulación conductual hace un mejor contacto con las complejidades de la ecología de un organismo.

Estos puntos de vista alternativos ilustran de una manera interesante la naturaleza de la investigación científica. La investigación ha abarcado desde desarrollos intelectuales de formulaciones de estímulo-respuesta simples, a consideraciones exhaustivas de cómo el repertorio de un organismo se ve limitado por las contingencias instrumentales y cómo los organismos resuelven problemas ecológicos complejos. Esta área en el estudio del condicionamiento y el aprendizaje, tal vez más que cualquier otra, se ha movido con audacia para explorar concepciones radicalmente nuevos cuando las ideas más antiguas no se han ajustado a los desafíos planteados por los nuevos hallazgos empíricos.

## Preguntas de estudio

1. Describa qué es una asociación E–R y qué proporciona la mejor evidencia de ello.
2. Describa qué es una asociación E–C y qué táctica de investigación proporciona la mejor evidencia de ello.
3. ¿Qué técnicas de investigación se utilizan para proporcionar evidencia de las asociaciones R–C? ¿Por qué no es posible explicar la conducta instrumental asumiendo sólo el aprendizaje de la asociación R–C?
4. ¿De qué forma hacer estudios de la estructura asociativa del condicionamiento instrumental ayuda a la comprensión de la naturaleza de la adicción a las drogas?
5. Describa las similitudes y diferencias entre el principio de Premack y modelos posteriores de regulación conductual.
6. ¿Cuáles son las principales contribuciones de los conceptos económicos a la comprensión de las bases motivacionales de la conducta instrumental?
7. Describa las implicaciones de los conceptos modernos de reforzamiento para la terapia conductual.

## Términos clave

**curva de demanda** Relación entre el precio de la mercancía y la cantidad de mercancía que se compra.

**elasticidad de la demanda** Grado en el que el precio influye en el consumo o la compra de una mercancía. Si el precio tiene un gran efecto sobre el consumo, la elasticidad de la demanda es alta. Si el precio tiene un pequeño efecto en el consumo, la elasticidad de la demanda es baja.

**hipótesis de privación de la respuesta** Explicación del reforzamiento según el cual la restricción del acceso a una respuesta por debajo de la tasa de ocurrencia de su línea de base (privación de respuesta) es suficiente para hacer de la oportunidad de realizar la respuesta un reforzador positivo eficaz.

**modelo de desviación mínima** Modelo de conducta instrumental según el cual los participantes responden a una contingencia entre respuesta y reforzador de manera que los coloca tan cerca como sea posible de su punto de deleite conductual.

**principio de Premack** Es lo mismo que *principio de probabilidad diferencial.*

**principio de probabilidad diferencial** Principio que asume que el reforzamiento depende de qué tan probable es que el organismo lleve a cabo la respuesta reforzadora en lugar de la respuesta instrumental antes de que se introduzca un procedimiento de condicionamiento instrumental. Cuanto mayor es la probabilidad diferencial de las respuestas reforzadora e instrumental durante las condiciones de línea de base, mayor es el efecto de reforzamiento de ofrecer la oportunidad de participar en la respuesta reforzante después de la ejecución de la respuesta instrumental. También se le conoce como *principio de Premack.*

**punto de deleite o éxtasis conductual** Distribución preferida de las actividades de un organismo antes de un procedimiento de condicionamiento instrumental que establece restricciones y limitaciones en la asignación de la respuesta.

**teoría de la respuesta consumatoria** Teoría que asume que las respuestas consumatorias típicas de la especie (comer, beber, y similares) son las características fundamentales de los reforzadores.

CAPÍTULO 8

# Control de la conducta por el estímulo


**Identificación y medición del control del estímulo**
Respuesta diferencial y discriminación de estímulos
Generalización del estímulo
**Estímulo y reforzamiento variables**
Capacidad sensorial y orientación
Facilidad relativa del condicionamiento de diversos estímulos
Tipo de reforzamiento
Elementos del estímulo *versus* claves configuracionales en estímulos compuestos
**Factores del aprendizaje en el control del estímulo**
Entrenamiento en discriminación del estímulo
¿Qué se aprende en el entrenamiento en discriminación?
Teoría del aprendizaje de discriminación de Spence
Interacciones entre el E+ y el E–: el efecto de cambio de pico
Entrenamiento en equivalencia de estímulos
**Claves contextuales y relaciones condicionales**
Control por claves contextuales
Control mediante relaciones condicionales
**Comentarios finales**
Preguntas de estudio
Términos clave


## VISTA PRELIMINAR DEL CAPÍTULO

Este capítulo se centra en el tema del control de estímulos. Aunque la mayor parte se ocupa de las formas en que la conducta instrumental queda bajo el control de estímulos particulares, los conceptos son igualmente aplicables al condicionamiento clásico. El capítulo comienza con una definición del control de estímulos y los conceptos básicos de la discriminación y la generalización de estímulos. Después se analizan los factores que determinan el grado en que la conducta llega a ser restringida a determinados estímulos. A lo largo del capítulo se describen formas especiales de control del estímulo (discriminación intradimensional) y el control por las categorías especiales de estímulos (estímulos interoceptivos, estímulos configuracionales y claves contextuales). El capítulo concluye con una discusión sobre el aprendizaje de las relaciones condicionales, tanto en el condicionamiento instrumental como en el clásico.

Thorndike y Skinner reconocieron que las respuestas instrumentales y los reforzadores se producen en presencia de estímulos particulares que vienen a controlar esas respuestas. Como se describió en el capítulo 7, las investigaciones sobre la estructura asociativa del condicionamiento instrumental enfatizaban la forma en que estos estímulos llegan a determinar si se realiza o no la respuesta instrumental. La importancia de los estímulos antecedentes ha sido más examinada en los estudios sobre el control de estímulos de la conducta instrumental, que es el tema de este capítulo.

El control de estímulos de la conducta instrumental es evidente en muchos aspectos de la vida. Por ejemplo, el estudio está bajo el fuerte control de los estímulos relacionados con la escuela. Los estudiantes universitarios que no han tenido un buen rendimiento en su curso pueden tomar determinadas resoluciones para estudiar mucho cuando van a casa durante las vacaciones. Sin embargo, estas buenas intenciones rara vez se llevan a cabo. Los estímulos presentes en las vacaciones semestrales son muy diferentes de los estímulos que los estudiantes experimentan cuando las clases están en pleno curso. Debido a esto, las vacaciones no generan una conducta de estudio eficaz.

El ajuste apropiado entre una respuesta instrumental y el contexto del estímulo en el que se realiza la respuesta es tan importante que el fracaso en el control apropiado del estímulo a menudo se considera anormal. Por ejemplo, desvestirse es la conducta instrumental aceptable en la intimidad de su dormitorio. El mismo comportamiento en la vía pública le conseguirá ser arrestado. Ver una pantalla de computadora se considera adecuado si el equipo está encendido, pero no si está en blanco. Hablar es apropiado si alguien está ahí para escuchar. Hablar sin una audiencia se considera extraño y posiblemente evidencia de psicopatología.

## Identificación y medición del control del estímulo

Para investigar el control de la conducta por el estímulo, primero hay que encontrar la manera de identificarlo y medirlo. ¿Cómo puede un investigador decir que una respuesta instrumental ha estado bajo el control de ciertos estímulos?

### Respuesta diferencial y discriminación de estímulos

Consideremos un experimento clásico de Reynolds (1961). Dos palomas fueron reforzadas en un programa de intervalo variable para picotear una tecla circular de respuesta. El reforzamiento por picotear estaba disponible cuando la tecla de respuesta era iluminada por un patrón visual que consistía en un triángulo blanco sobre un fondo rojo (figura 8.1). Reynolds estaba interesado en saber cuál de estos componentes del estímulo obtuvo el control sobre

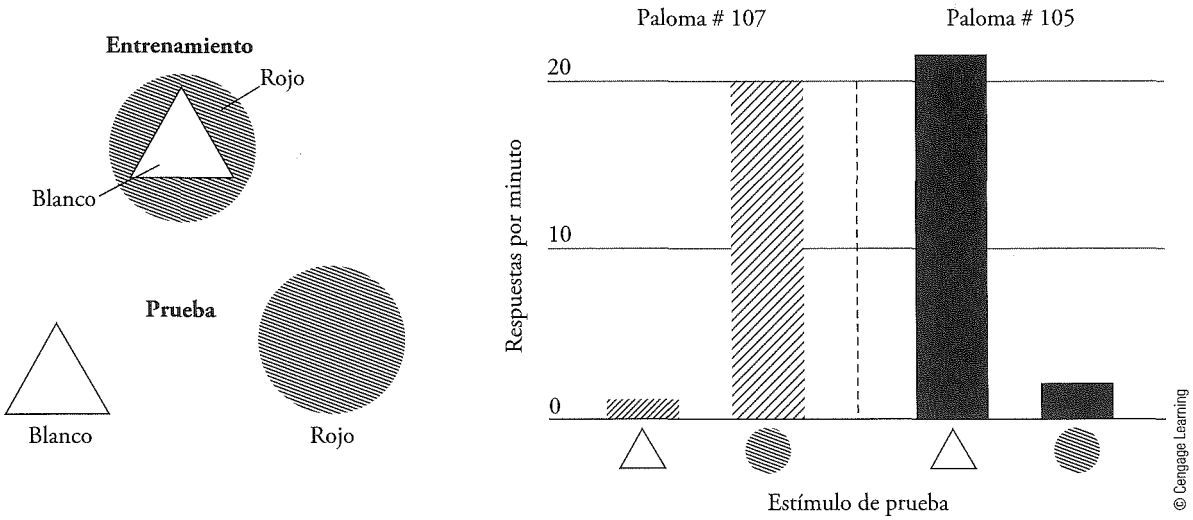



**FIGURA 8.1** Resumen del procedimiento y los resultados del experimento de Reynolds (1961). Dos palomas fueron reforzadas por primera vez para el picoteo cada vez que un estímulo compuesto, consistente en un triángulo blanco sobre un fondo rojo, se proyectaba en la tecla de respuesta. Entonces se observó la tasa de picoteo con cada paloma cuando el estímulo del triángulo blanco y el del fondo rojo se presentaron por separado.

la conducta de picoteo. ¿Las palomas picoteaban porque vieron el triángulo blanco o porque vieron el fondo rojo?

Después de que las palomas aprendieron a picotear de manera constante sobre el triángulo en el fondo rojo, Reynolds midió la cantidad de picoteo que se produjo cuando sólo se presentó uno de los estímulos. En algunos de los ensayos de prueba el triángulo blanco se proyectó en la tecla de respuesta sin el fondo rojo. En otros ensayos el fondo de color rojo se proyectó en la tecla de respuesta sin el triángulo blanco.

Los resultados se resumen en la figura 8.1. Una de las palomas picoteó con mayor frecuencia cuando la tecla de respuesta se iluminó con la luz roja que con el triángulo blanco. Este resultado muestra que su conducta de picoteo fue mucho más fuertemente controlada por el color rojo que por el triángulo. Por el contrario, la otra paloma picoteaba con mayor frecuencia cuando el triángulo blanco se proyectaba en la tecla de respuesta que cuando estaba iluminado por la luz roja. Así, para la segunda ave, la conducta de picoteo estaba más fuertemente controlada por el triángulo. (Para un efecto similar en la conducta de búsqueda de las palomas, ver Cheng y Spetch, 1995.)

Este experimento ilustra varias ideas importantes. En primer lugar, muestra cómo determinar experimentalmente si la conducta instrumental ha caído bajo el control de un estímulo en particular. El control de la conducta instrumental por el estímulo se demuestra por las variaciones en la respuesta (respuesta diferencial) en relación con las variaciones de los estímulos. Si un organismo responde de una manera en la presencia de un estímulo y de manera diferente en la presencia de otro estímulo, su conducta ha quedado bajo el control de esos estímulos. Tal diferencial de respuesta fue evidente en la conducta de ambas palomas probadas por Reynolds.

La respuesta diferencial a dos estímulos también indica que las palomas estaban tratando cada estímulo como diferente del otro. Esto recibe el nombre de **discriminación de estímulos**. Se dice que un organismo exhibe discriminación de estímulos si responde de manera diferente a dos o más estímulos. La discriminación de estímulos y el control del estímulo son dos maneras de considerar el mismo fenómeno. No se puede tener uno sin el otro. Si un organismo no discrimina entre dos estímulos, su conducta no está bajo el control de esas señales.

Otro aspecto interesante de los resultados del experimento de Reynolds muestra que la conducta de picoteo de cada ave quedó bajo el control de un estímulo diferente. La conducta del ave 107 quedó bajo el control del color rojo, mientras que la del ave 105 quedó bajo el control del triángulo. El procedimiento utilizado por Reynolds no dirigió la atención a uno de los estímulos a expensas del otro. Por tanto, no es sorprendente que cada ave respondiera a un aspecto diferente de la situación. El experimento es comparable a mostrar a un grupo de niños la imagen de un vaquero que prepara un caballo. Algunos niños se pueden centrar en el vaquero; otros pueden encontrar el caballo más interesante. En ausencia de procedimientos especiales, no siempre se puede predecir cuál de los diversos estímulos que experimenta un organismo obtendrá control sobre su conducta instrumental.

## Generalización del estímulo

Desde hace tiempo los psicólogos y fisiólogos se han preocupado por la forma en que los organismos identifican y distinguen diferentes estímulos. De hecho, algunos han sugerido que esta es la pregunta más importante en la psicología (Stevens, 1951). El problema es central para el análisis del control de estímulos. Como se verá, numerosos factores están involucrados en la identificación y diferenciación de los estímulos. Análisis experimentales del problema se han basado en gran medida en el fenómeno de la **generalización del estímulo**. Éste es lo contrario de la respuesta diferencial o la discriminación de estímulos. Se dice que un organismo muestra generalización del estímulo si responde de una manera similar a dos o más estímulos.

El fenómeno de la generalización del estímulo fue observado por primera vez por Pavlov. Descubrió que después de utilizar un estímulo como EC, sus perros también llevarían a cabo

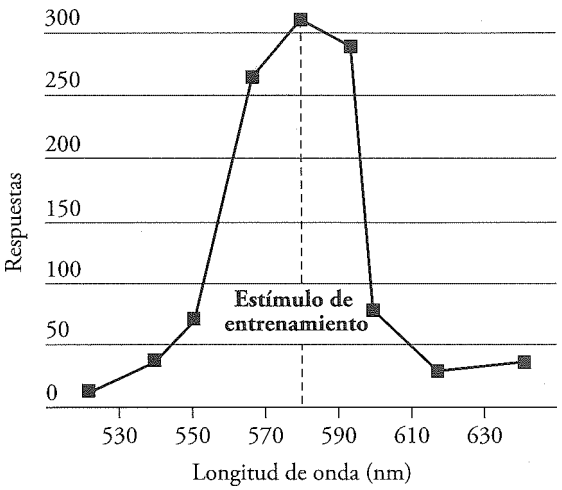



**FIGURA 8.2** Gradiente de generalización del estímulo para las palomas que fueron entrenadas para picotear en presencia de una luz de color con una longitud de onda de 580 nm y que luego se pusieron a prueba en presencia de otros colores. ("Discriminability and Stimulus Generalization", N. Guttman y H. I. Kalish, 1956, *Journal of Experimental Psychology, 51*, pp. 79-88.)

la respuesta condicionada a otros estímulos similares. Es decir, no respondieron diferencialmente a los estímulos que eran similares al EC original. Desde entonces la generalización del estímulo ha sido examinada en una amplia gama de situaciones y especies. Como señalaron Ghirlanda y Enquist (2003), "Los datos empíricos recogidos en 100 años de investigación establecen la generalización como un fenómeno conductual fundamental, cuyas características básicas parecen universales" (p. 27).

En un estudio de la señal de generalización del estímulo en el condicionamiento instrumental, Guttman y Kalish (1956) primero reforzaron a las palomas en un programa de intervalo variable para picotear una tecla de respuesta iluminada por una luz amarilla, con una longitud de onda de 580 nanómetros (nm). Después del entrenamiento las aves fueron probadas con una variedad de otros colores presentados en un orden aleatorio sin reforzamiento, y se registró la tasa de respuesta en presencia de cada color.

Los resultados del experimento se resumen en la figura 8.2. La tasa más alta de picoteo se produjo en respuesta al color original de 580 nm, pero las palomas también efectuaron un número considerable de picotazos cuando se probaron las luces de longitud de onda de 570 nm y 590 nm. Esto indica que la respuesta se generalizó a los estímulos de 570 nm y 590 nm. Sin embargo, como el color de los estímulos de prueba se hizo cada vez diferente del color del estímulo de entrenamiento original, se produjeron progresivamente menos respuestas. Los resultados mostraron un gradiente de respuesta como función de la similitud de cada estímulo de prueba con el estímulo de entrenamiento original. Este es un ejemplo de un **gradiente de generalización del estímulo**.

Los gradientes de generalización del estímulo constituyen una excelente manera de medir el control de estímulos, ya que proporcionan información precisa acerca de lo sensible que es la conducta del organismo a las variaciones sistemáticas de un estímulo (Honig y Urcuioli, 1981; Kehoe, 2008). Por ejemplo, consideremos el gradiente en la figura 8.2. Cuando el estímulo original de entrenamiento de 580 nm se cambió en 10 nm (a 570 o 590 nm), la respuesta no cambió. Sin embargo, cuando 580 nm fue cambiado 40 nm o más (520, 540, 620 o 640 nm) la respuesta cayó significativamente. Este aspecto del gradiente de generalización del estímulo proporciona información precisa sobre la cantidad de cambio que se requirió en el estímulo para que las palomas respondieran de manera diferente.

¿Cómo cree que las palomas habrían respondido si hubieran sido daltónicas? En este caso no podrían distinguir las luces basadas en el color o longitud de onda. Por tanto, habrían respondido de la misma manera independientemente de qué color fuera proyectado en la tecla de respuesta. La figura 8.3 presenta los resultados hipotéticos de un experimento de este tipo. Si las palomas no hubiesen respondido sobre la base del color de la luz principal, se habrían

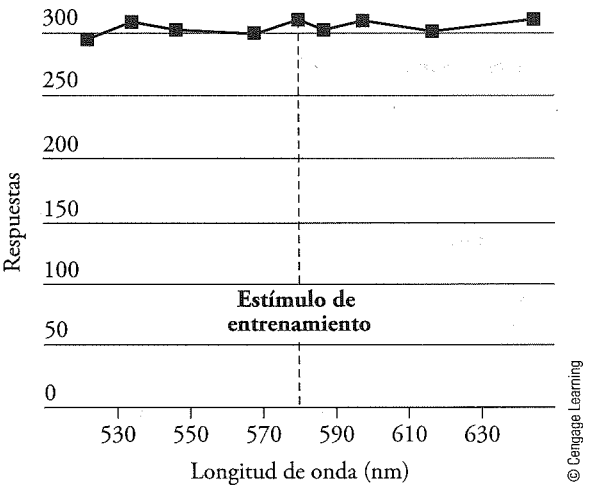



**FIGURA 8.3**
Gradiente hipotético de generalización del estímulo para palomas daltónicas entrenadas para picotear en presencia de una luz de color de longitud de onda de 580 nm, y luego probadas en presencia de otros colores.

producido similares tasas de respuesta altas conforme se proyectaran diferentes colores sobre la tecla. Por tanto, el gradiente de generalización del estímulo habría sido plano.

Una comparación de los resultados obtenidos por Guttman y Kalish y nuestro experimento hipotético con palomas daltónicas indica que la pendiente de un gradiente de generalización del estímulo proporciona una medida precisa del grado de control del estímulo. Un gradiente de generalización pronunciado (figura 8.2) indica un fuerte control de la conducta dada la dimensión del estímulo que se prueba. En contraste, un gradiente de generalización plano (figura 8.3) indica un control del estímulo débil o inexistente. La pregunta principal en esta área de la teoría de la conducta estriba en qué determina el grado de control de estímulos que se obtiene. El resto de este capítulo está dedicado a responder esta pregunta.

## RECUADRO 8.1

### *Generalización de resultados de un tratamiento*

La generalización del estímulo es fundamental para el éxito de la terapia conductual. Al igual que otras formas de terapia, ésta se realiza típicamente en un ambiente distintivo (por ejemplo, en el consultorio de un terapeuta). Para que el tratamiento sea útil al máximo, lo que se aprende durante el tratamiento debe generalizarse a otras situaciones. Por ejemplo, un niño autista que aprendió ciertas respuestas comunicativas en las interacciones con un terapeuta en particular, también debe exhibir esas respuestas en las interacciones con otras personas. Se han propuesto las siguientes técnicas para facilitar la generalización de los resultados del tratamiento (por ejemplo, Schreibman, Koegel, Charlop y Egel, 1990; Stokes y Baer, 1977):

1. La situación del tratamiento debe ser lo más similar posible al medio ambiente natural del cliente. Si el entorno natural proporciona reforzamiento de forma intermitente, es una buena idea reducir la frecuencia de reforzamiento también durante las sesiones de tratamiento. Otra manera de aumentar la similitud del procedimiento de tratamiento para el medio ambiente natural es utilizar los mismos reforzadores que es probable que el cliente encuentre en el entorno natural.
2. La generalización también se puede aumentar mediante la realización del procedimiento de tratamiento en los nuevos escenarios. Esta estrategia se llama *modificación secuencial.* Después de que una conducta se ha modificado o condicionado en una situación (un salón de clase), el entrenamiento se lleva a cabo en una nueva situación (el patio). Si eso no da lugar a suficiente generalización, el entrenamiento se puede ampliar a un tercer medio ambiente (por ejemplo, la cafetería de la escuela).
3. Utilizar numerosos ejemplos durante el entrenamiento también

(*Continúa*)

## RECUADRO 8.1 (continuación)

facilita la generalización. Por ejemplo, al tratar de extinguir el miedo a los ascensores, el entrenamiento debe ser llevado a cabo en muchos tipos diferentes de ascensores.

4. La generalización puede ser también alentada por el condicionamiento de las nuevas respuestas a los estímulos que son comunes a diversas situaciones. El idioma proporciona estímulos mediadores eficaces. Las respuestas condicionadas a los estímulos verbales o de instrucción son proclives a ser generalizadas a situaciones nuevas en las que se encuentran esos estímulos educativos.
5. Otro enfoque es hacer que el procedimiento de entrenamiento sea indiscriminable o incidental a otras actividades. En un estudio (McGee, Krantz y McClannahan, 1986), los investigadores aprovecharon el interés que los niños autistas mostraron por juguetes específicos durante una sesión de juego para enseñarles a leer los nombres de los juguetes.
6. Por último, la generalización fuera de una situación de entrenamiento se logra si éste ayuda a que la persona esté en contacto con las contingencias de reforzamiento disponibles en el medio natural (Baer y Wolf, 1970). Una vez que se adquiere una respuesta a través de un entrenamiento especial, a menudo la conducta puede ser mantenida por los reforzadores disponibles de forma natural. Leer, practicar aritmética simple y andar en bicicleta son todas respuestas mantenidas por reforzadores naturales una vez que las respuestas han sido adquiridas a través de un entrenamiento especial.

Un interesante estudio involucró la enseñanza de habilidades de seguridad a niños de 4 y 5 años de edad para evitar que jugaran con armas de fuego (Jostad *et al*, 2008). Durante las sesiones de entrenamiento, una pistola deshabilitada fue dejada deliberadamente en lugares donde los niños la podían encontrar. Si un niño encontraba el arma de fuego, él o ella recibía instrucciones de no tocarla y reportarla a un adulto. El elogio y la retroalimentación positiva sirvieron como reforzadores. El aspecto inusual de este estudio consistió en que el entrenamiento fue conducido por niños que eran sólo un poco mayores (6 y 7 años) que los participantes en la investigación. Esto requirió primero el entrenamiento de los pares que servirían de entrenadores.

Los resultados fueron muy alentadores. Con muchos (pero no todos) de los participantes las conductas de seguridad se generalizaron a situaciones nuevas y se mantuvieron tanto como un año. El experimento no fue diseñado para probar que entrenadores de pares fueran cruciales en la producción de la respuesta generalizada; sin embargo, los accidentes ocurren a menudo cuando dos o más hijos encuentran y juegan juntos con un arma de fuego. El hecho de que el entrenamiento de seguridad se realizó entre un niño y otro debería facilitar la generalización de las conductas de seguridad a otras situaciones en las que dos o más niños encuentran una pistola.

## Estímulo y reforzamiento variables

En el experimento de Reynolds (1961) descrito al comienzo del capítulo, las palomas picoteaban una tecla de respuesta que tenía un triángulo blanco sobre un fondo rojo. Tal estímulo tiene, obviamente, dos características: el color del fondo y la forma del triángulo. Quizás menos obvio es el hecho de que todas las situaciones de estímulo pueden ser analizadas en términos de características múltiples. Incluso si la tecla de respuesta sólo tenía el fondo rojo, se podría caracterizar en términos de su brillo y forma, o de su ubicación en la cámara experimental, además de su color.

Las situaciones fuera del laboratorio son aún más complejas. Por ejemplo, durante un partido de fútbol, los aplausos se ven reforzados por la aprobación social si toda la gente alrededor apoya al mismo equipo que usted y si su equipo está desempeñándose bien. Las señales que acompañan los aplausos apropiados incluyen a su equipo haciendo un buen juego en el campo, al locutor que describe el juego, a las porristas bailando exuberantemente, y a las personas alrededor suyo animando.

La cuestión central en el análisis del control del estímulo consiste en identificar qué determina cuál de las numerosas características de una situación de estímulo gana control sobre la conducta instrumental. Los estímulos tan complejos como los que se encuentran en un partido de fútbol son difíciles de analizar experimentalmente. Los estudios de laboratorio suelen realizarse con estímulos que consisten de las características más fácilmente identificables. En

esta sección consideraremos el estímulo y el reforzamiento variables que determinan qué señales llegan a controlar la conducta. En la siguiente sección consideraremos los factores de aprendizaje.

## Capacidad sensorial y orientación

La variable más obvia que determina si un estímulo particular controla las funciones de respuesta es la capacidad sensorial y la orientación del organismo. La capacidad sensorial y la orientación determinan qué estímulos se incluyen en el mundo sensorial de un organismo. La gente no puede ver detrás de su espalda y no puede oír sonidos cuya afinación está por encima de alrededor de 20,000 ciclos por segundo (cps). Por otro lado, los perros pueden oír silbidos fuera del rango de la audición humana y también son mucho más sensibles a los olores. Estas diferencias hacen que el mundo sensorial de los perros sea muy diferente del mundo sensorial de los seres humanos.

Debido a que la capacidad sensorial establece un límite sobre qué estímulos pueden controlar la conducta, a menudo se utilizan los estudios de control de estímulos para determinar lo que un organismo es, o no es, capaz de percibir (Heffner, 1998; Kelber, Vorobyev y Osorio, 2003). Por ejemplo, consideremos la pregunta: ¿pueden los caballos ver el color? Para responder esta cuestión, los investigadores utilizaron un procedimiento de entrenamiento en el que los caballos tenían que seleccionar un estímulo de color sobre uno gris para obtener el reforzador de alimento (Blackmore *et al*, 2008). Los estímulos de colores y el de color gris se proyectaron en paneles de estímulo separados, colocados lado a lado en una mesa delante del caballo. Había una palanca de respuesta frente a cada panel de los estímulos que el caballo podía empujar con su cabeza para registrar su elección en este ensayo. Se probaron varios tonos de gris con varios tonos de rojo, verde, amarillo y azul.

Si los caballos no podían detectar el color, no podrían seleccionar sistemáticamente el estímulo de color en una tarea de tal elección. Sin embargo, los cuatro caballos en el experimento eligieron azul y amarillo sobre el gris más de 85% del tiempo. A tres de los caballos también les fue bien en las elecciones entre verde y gris. Sin embargo, sólo uno seleccionó consistentemente el color rojo cuando se ensayó frente al gris. Estos resultados indican que los caballos tienen una buena visión de los colores sobre una gran gama, pero tienen algunas dificultades para detectar el rojo. (Para un experimento similar con pandas gigantes, ver Kelling *et al*, 2006.)

## Facilidad relativa del condicionamiento de diversos estímulos

Contar con los órganos de los sentidos necesarios para detectar el estímulo que se presenta no garantiza que la conducta del organismo estará bajo el control de ese estímulo. El control de estímulos también depende de la presencia de otras señales en la situación. En particular, la fuerza con que los organismos aprenden acerca de un estímulo depende de la facilidad con que otras señales en las situaciones pueden llegar a ser condicionadas. Este fenómeno se llama **ensombrecimiento**, el cual ilustra la competencia entre los estímulos para tener acceso a los procesos de aprendizaje.

Por ejemplo, consideremos el hecho de tratar de enseñarle a un niño a leer haciendo que le siga a usted a medida que lee un libro para niños que tiene una gran imagen y una frase corta en cada página. Aprender acerca de las imágenes es más fácil que aprender palabras. Por tanto, las imágenes pueden *ensombrecer* las palabras. El niño memorizará rápidamente la historia basada en las imágenes más que las palabras, y no aprenderá mucho sobre estas últimas.

Pavlov (1927) fue el primero en observar que si dos estímulos se presentan al mismo tiempo, la presencia del estímulo más fácilmente entrenado puede dificultar el aprendizaje sobre el otro estímulo. En muchos experimentos de Pavlov los dos estímulos eran diferentes en intensidad. El diseño experimental básico se ilustra en la tabla 8.1. Durante el entrenamiento, un estímulo relativamente débil (designado como *a* en la tabla) está condicionado por sí mismo (en el grupo control) o en presencia de un estímulo más intenso (designado como *B*). Pruebas posteriores revelan una respuesta condicionada más débil a un estímulo en el grupo ensombrecido que en el grupo control.

**TABLA 8.1 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL ENSOMBRECIMIENTO**

| GRUPO | ESTÍMULO DE ENTRENAMIENTO | ESTÍMULO DE PRUEBA | GENERALIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO A LA PRUEBA |
|---|---|---|---|
| Grupo ensombrecido | *aB* | *a* | Disminuye |
| Grupo control | *a* | *a* | No disminuye |

© Cengage Learning, 2015

El ensombrecimiento ha sido de considerable interés en los estudios contemporáneos de la navegación espacial. Las personas y otros animales utilizan una variedad de diferentes estímulos para encontrar su camino en el entorno (balizas, puntos de referencia y señales espaciales o geográficas). La disponibilidad de un tipo de referencia (por ejemplo, un punto de interés destacado) a veces puede ensombrecer el aprendizaje sobre otros tipos de información espacial (Horne y Pearce, 2011). Curiosamente, el ensombrecimiento de las señales espaciales por las señales de referencia difiere entre hombres y mujeres (por ejemplo, Rodriguez, Chamizo y Mackintosh, 2011). (Analizaremos la navegación espacial con mayor detalle en el capítulo 11. Para otros estudios de ensombrecimiento, ver Dwyer, Haselgrove y Jones, 2011; Jennings, Bonardi y Kirkpatrick, 2007.)

## Tipo de reforzamiento



Cortesía de Donald A. Dewsbury

V. M. LoLordo

El desarrollo del control del estímulo también depende del tipo de reforzamiento que se utilice (Weiss, 2012). Ciertos tipos de estímulos tienen más probabilidades de obtener el control de la conducta instrumental en situaciones apetitivas que en aversivas. Este fenómeno fue descubierto originalmente en experimentos con palomas (ver LoLordo, 1979).

En un estudio (Foree y LoLordo, 1973), dos grupos de palomas fueron entrenadas para presionar un pedal en presencia de un estímulo compuesto que consistía de una luz roja y un tono cuya frecuencia era de 440 cps. Cuando el estímulo compuesto de luz y tono estaba ausente, las respuestas no fueron reforzadas. Para un grupo de palomas, el reforzamiento por pulsar el pedal fue proporcionado con alimento. En el otro grupo, la presión del pedal se vio reforzada por la evitación de una descarga. Si el grupo de evitación presionaba el pedal en presencia del estímulo compuesto de luz y tono, ninguna descarga era aplicada; si no respondía durante el estímulo de tono y luz, se aplicaba periódicamente una breve descarga hasta que se producía una respuesta.

Ambos grupos de palomas aprendieron a responder durante el compuesto de luz y tono. Después Foree y LoLordo trataron de determinar cuál de los dos elementos del estímulo compuesto era el principal responsable de la conducta de presión del pedal. Se llevaron a cabo ensayos de prueba durante los cuales los estímulos de luz y tono se presentaron uno cada vez. Los resultados se resumen en la figura 8.4.

Las palomas condicionadas con el reforzador de alimento respondieron mucho más cuando se probaron sólo con el estímulo de luz que cuando se probaron sólo con el tono. De hecho, su tasa de pulsación del pedal en respuesta a la presentación aislada de la luz roja era casi tan alta como cuando la luz fue presentada simultáneamente con el tono. Por tanto, la conducta de estas aves estaba controlada casi exclusivamente por la luz roja.

Con las palomas entrenadas con reforzamiento de evitación de la descarga se produjo un patrón de resultados contrastante. Estas aves respondieron mucho más cuando se probaban sólo con el tono que cuando se probaban con la luz sola. Por tanto, con el reforzamiento de evitación de la descarga el tono adquirió un mayor control sobre la respuesta del pedal que la luz roja (véase también Schindler y Weiss, 1982).

Los resultados anteriores indican que el control de estímulos de la conducta instrumental está determinado en parte por el tipo de reforzamiento utilizado. La investigación posterior demostró que el factor crítico es si el EC compuesto por tono y luz adquiere propiedades positivas o aversivas (Weiss, Panlilio y Schindler, 1993*a*, 1993*b*). El control visual predomina

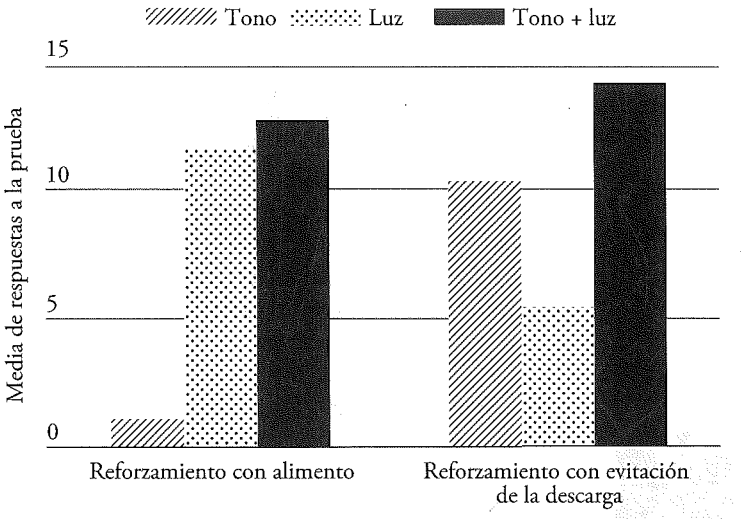



**FIGURA 8.4**
Efectos del tipo de reforzamiento sobre el control del estímulo. Una respuesta de pulsación de pedal en palomas se reforzó en presencia de un estímulo compuesto, que consistió en un tono y una luz roja. Con el reforzamiento del alimento la luz ganó mucho más control sobre la conducta que el tono. Con el reforzamiento de evitación de la descarga, el tono ganó más control sobre la conducta que la luz. (Adaptado de Foree y LoLordo, 1973.)

cuando el EC adquiere propiedades positivas o apetitivas, y el control auditivo predomina si el EC adquiere propiedades negativas o aversivas.

El predominio del control visual en situaciones apetitivas y del control auditivo en situaciones aversivas está probablemente relacionado con los sistemas de conducta que se activan en los dos casos. Una señal para el alimento activa el sistema de alimentación. Es más probable que los alimentos consumidos por las palomas y las ratas sean más identificados por las señales visuales que por las señales auditivas. Por tanto, la activación del sistema de alimentación está acompañada por una mayor atención a los estímulos visuales que a los auditivos. En contraste, una señal para un resultado aversivo activa el sistema de conducta defensiva. La respuesta a las señales auditivas puede ser particularmente adaptativa para evitar el peligro.

Desafortunadamente no sabemos lo suficiente sobre la historia evolutiva de las palomas o las ratas para poder calcular el valor adaptativo de los diferentes tipos de control de estímulos en la conducta de alimentación frente a la conducta defensiva. Tampoco sabemos mucho sobre cómo el control de estímulos varía en función del tipo de reforzamiento en otras especies. Por ejemplo, se podría predecir que los murciélagos, que se alimentan de comida usando ecolocalización, mostrarán un mayor control por señales auditivas en una situación de alimentación del que se observa con las palomas. Tales preguntas mantienen áreas fértiles para la investigación futura.

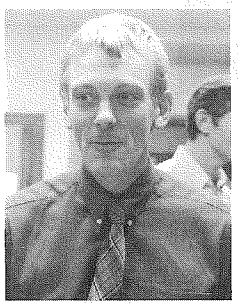
## Elementos del estímulo *versus* claves configuracionales en estímulos compuestos

Hasta ahora hemos supuesto que los organismos tratan los distintos componentes de un estímulo complejo como elementos distintos y separados. Por tanto, se abordó la presentación simultánea de un tono y una luz como señales visuales y auditivas separadas. Esta forma de pensar sobre un estímulo compuesto se conoce como **enfoque de los elementos del estímulo**, y ha sido dominante en la teoría del aprendizaje que se remonta a unos 80 años atrás. Una alternativa importante asume que los organismos tratan un estímulo compuesto como un todo integral que no se divide en partes o elementos. Esto se conoce como **enfoque de la clave configuracional**. Aunque este enfoque también tiene raíces profundas (en la psicología de la Gestalt), su importancia en la teoría de la conducta es más reciente.

De acuerdo con el enfoque de las claves configuracionales o de configuración, los individuos responden a un estímulo compuesto en términos de la configuración única de sus elementos. Se supone que los elementos no se tratan como entidades separadas. De hecho, ni siquiera pueden ser identificables cuando se presenta el estímulo compuesto. En el enfoque de la clave configuracional, los elementos de estímulo son importantes no a causa de su individualidad, sino debido a la forma en que contribuyen a la configuración completa de la estimulación proporcionada por el compuesto.

El concepto de *clave configuracional* puede ilustrarse considerando el sonido de una orquesta sinfónica. Éste se origina a partir de los sonidos de los instrumentos individuales. Sin embargo, el sonido de la orquesta completa es muy diferente del de cualquiera de los instrumentos individuales, algunos de los cuales son difíciles de identificar cuando toda la orquesta está tocando. Principalmente escuchamos la configuración de los sonidos creados por todos los instrumentos en acción.

En la teoría conductual contemporánea, el enfoque de la clave configuracional ha sido defendido por John Pearce (Pearce, 1987, 1994, 2002), quien muestra que muchos fenómenos del aprendizaje son coherentes con este marco. Por ejemplo, consideremos el efecto del ensombrecimiento (tabla 8.1). Como se señaló anteriormente, un experimento de ensombrecimiento implica dos grupos de sujetos y dos elementos de estímulo, uno de baja intensidad (*a*) y otro de alta intensidad (*B*). Para el grupo de ensombrecimiento, los dos estímulos se presentan juntos (*aB*) como una señal compuesta y emparejados con el reforzamiento durante el condicionamiento. Para el grupo control sólo se presenta el estímulo de baja intensidad (*a*) durante el condicionamiento. A continuación, las pruebas se llevan a cabo para cada grupo con el elemento de estímulo más débil (*a*) presentado solo. Estas pruebas muestran menos respuesta a *a* en el grupo de ensombrecimiento que en el grupo control. Por tanto, la presencia de *B* durante el condicionamiento interrumpe el control de la conducta por el estímulo más débil *a*.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

J. M. Pearce

De acuerdo con el enfoque de la clave configuracional, el ensombrecimiento refleja diferentes grados de decremento en la generalización del entrenamiento para las pruebas (Pearce, 1987). No hay disminución en la generalización para el grupo control cuando se prueba con el estímulo débil *a* porque éste es el mismo que recibió durante el condicionamiento. En contraste, se produce un considerable decremento en la generalización cuando el grupo de ensombrecimiento se prueba con un estímulo después del condicionamiento con el compuesto *aB*. Para este grupo, la respuesta condicionada se convierte en el compuesto *aB*, que es muy diferente de *a* presentado solo durante la prueba. Por tanto, la respuesta condicionada a *aB* sufre un considerable descenso en la generalización. De acuerdo con el enfoque de la clave configuracional, este decremento mayor en la generalización es responsable del efecto de ensombrecimiento.

El enfoque de la clave configuracional ha tenido un éxito considerable en la generación de nuevos experimentos y en la explicación de los resultados de esos experimentos. Sin embargo, otras conclusiones han favorecido los análisis de control del estímulo en términos de los elementos del estímulo. En este punto, lo que se necesita es una teoría comprehensiva que trate con éxito los dos tipos de resultados. La consideración de si esta teoría debe abandonar el concepto fundamental de los elementos del estímulo sigue siendo una cuestión teórica acaloradamente debatida (Harris *et al*, 2009; McLaren y Mackintosh, 2002; Pearce, 2002; Wagner y Brandon, 2001).

## Factores del aprendizaje en el control del estímulo

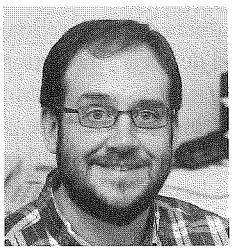
Los factores descritos en la sección anterior establecen las condiciones previas sobre cómo los animales humanos y no humanos aprenden acerca de los estímulos ambientales que encuentran. Sin embargo, el hecho de que ciertos estímulos pueden ser percibidos no asegura que esos estímulos vendrán a controlar la conducta. Por ejemplo, un niño puede identificar correctamente un automóvil como diferente de un autobús, pero puede no ser capaz de distinguir entre un Honda y un Toyota. Un jugador de ajedrez principiante puede ser capaz de mirar dos patrones diferentes en un tablero de ajedrez sin ser capaz de identificar cuál representa la configuración más favorable. Si ciertos estímulos llegan a controlar o no la conducta, depende de lo que el individuo ha aprendido acerca de esos estímulos, no sólo de si éstos pueden ser detectados.

La sugerencia de que la experiencia con los estímulos puede determinar el grado en que éstos llegan a controlar la conducta se originó en los esfuerzos por explicar el fenómeno de la generalización del estímulo. Como se señaló anteriormente, la generalización del estímulo se refiere al hecho de que una respuesta condicionada a un estímulo también ocurrirá cuando

se presentan otros estímulos similares a la señal original. Pavlov sugirió que la generalización del estímulo se produce porque el aprendizaje sobre un EC se transfiere a otros estímulos sobre la base de la similitud física de los estímulos de prueba con el EC inicial.

En un enérgico ataque, Lashley y Wade (1946) objetaron la propuesta de Pavlov. Ambos argumentaron que la generalización del estímulo refleja la ausencia de aprendizaje en lugar de la transferencia del aprendizaje. Más concretamente, propusieron que la generalización del estímulo se produce si los organismos no han aprendido a distinguir las diferencias entre los estímulos. Por tanto, en contraste con Pavlov, Lashley y Wade consideraron que la forma de un gradiente de generalización del estímulo está determinada principalmente por las experiencias de aprendizaje anteriores del organismo y no por las propiedades físicas de los estímulos probados.

## Entrenamiento en discriminación del estímulo



Cortesía de John Freeman

John Freeman

Como se ha visto, Lashley y Wade estaban más cerca de la verdad que Pavlov. Numerosos estudios han demostrado que el control del estímulo puede ser alterado drásticamente por las experiencias del aprendizaje. Quizás el procedimiento más eficaz para llevar la conducta bajo el control de un estímulo es el **entrenamiento en discriminación del estímulo** (Kehoe, 2008). Este entrenamiento se puede realizar utilizando cualquiera de los procedimientos de condicionamiento clásico o instrumental. Por ejemplo, Campolattaro, Schnitker y Freeman (2008, experimento 3) utilizaron un procedimiento de entrenamiento en discriminación para el condicionamiento del parpadeo con ratas de laboratorio. Un tono bajo (2,000 cps) y un tono agudo (8,000 cps) sirvieron de EC. Cada sesión consistió de 100 ensayos. A mitad de los ensayos, uno de los tonos (A+) fue emparejado con los EI. En los ensayos restantes, el otro tono (B–) se presentó sin los EI. Los resultados se muestran en la figura 8.5. Las ratas exhibieron aumentos progresivos en la respuesta de parpadeo al tono A+ que fue emparejado con el EI. Para la 15a. sesión, las ratas habían respondido a A+ más de 85% de las veces. La respuesta a B– también aumentó en un primer momento, pero no tan rápido. Además, después de la 10a. sesión, la respuesta al tono B– disminuyó gradualmente. Al final del experimento los datos mostraron un diferencial de respuesta muy claro a los dos tonos.

Los resultados presentados en la figura 8.5 son típicos del entrenamiento en discriminación, en el que los estímulos reforzados (A+) y no reforzados (B–) son de la misma modalidad. La respuesta condicionada que se desarrolla para A+ se generaliza a B– al principio, pero con el entrenamiento adicional la respuesta a B– disminuye, haciéndose evidente una clara

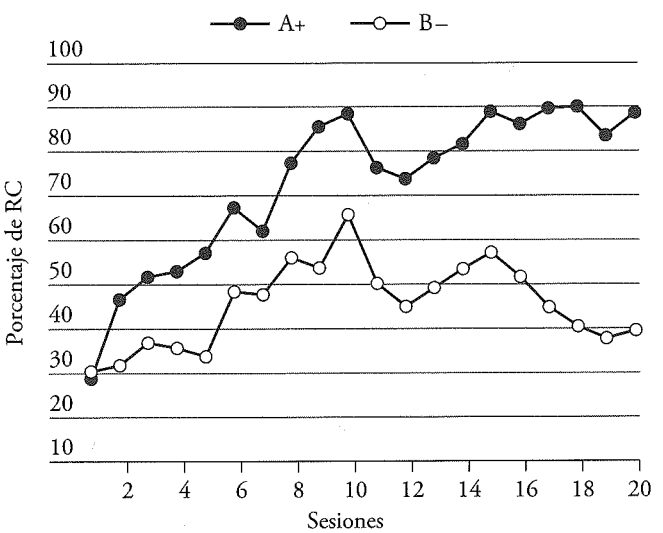



**FIGURA 8.5** Parpadeo condicionado en las ratas ante un tono (A+) emparejado con EI, y un tono diferente (B–) presentado sin el EI. (Basado en Campolattaro, Schnitker y Freeman, 2008.)

discriminación. Es como si los participantes confundieran al principio A+ y B–, pero al continuar con el entrenamiento llegaran a distinguirlos. El mismo tipo de situaciones sucede cuando se enseña a los niños los nombres de los diferentes tipos de frutas. Ellos pueden confundir las naranjas y las mandarinas al principio, pero con el entrenamiento continuo aprenderán a diferenciarlas.

El entrenamiento en discriminación del estímulo también puede llevarse a cabo con los procedimientos de condicionamiento instrumental. Este es el caso cuando a los niños se les enseña qué hacer en un cruce controlado por un semáforo. Cruzar la calle cuando el semáforo está en verde se ve reforzado con el elogio y aliento, pero no cuando el semáforo está en rojo. Al estímulo (luz verde) que indica la disponibilidad del reforzamiento para la respuesta instrumental se le llama técnicamente E+ o $E^D$. Por el contrario, al estímulo (la luz roja) que señala la falta de reforzamiento de la respuesta se le denomina E– o $E^\Delta$.

Al igual que en la figura 8.5, al principio un niño puede tratar de cruzar la calle tanto durante el E+ (rojo) como durante el E– (verde). Sin embargo, a medida que el entrenamiento progresa, la respuesta en presencia del E+ persiste y la respuesta en presencia del E– declina. La evidencia de una mayor respuesta al E+ que al E– indica un diferencial de respuesta a estos estímulos. Por tanto, un **procedimiento de discriminación del estímulo** establece el control para el estímulo que señala cuándo está y no está disponible el reforzamiento. Una vez que el E+ y E– han ganado control sobre la conducta del individuo, reciben el nombre de **estímulos discriminativos**. El E+ es un estímulo discriminativo para llevar a cabo la respuesta instrumental, y el E– es un estímulo discriminativo para no realizar la respuesta. (Para un ejemplo de laboratorio del entrenamiento en discriminación en el condicionamiento instrumental, ver Andrzejewski *et al*, 2007.)

En los procedimientos de discriminación descritos hasta ahora, los estímulos reforzados y no reforzados (E+ y E–) se presentaron en ensayos separados. (Los semáforos nunca se encienden en verde y en rojo simultáneamente para cruzar una calle.) El entrenamiento en discriminación también puede llevarse a cabo con los estímulos E+ y E– presentados al mismo tiempo uno junto al otro, con las respuestas a E+ reforzadas y las respuestas a E– no reforzadas. Tal procedimiento de discriminación simultánea permite a los participantes comparar directamente E+ y E– y hace el entrenamiento en discriminación más fácil. Por ejemplo, Huber, Apfalter, Steurer y Prossinger (2005) examinaron si las palomas podían aprender a distinguir entre rostros masculinos y femeninos que se presentaron enmascarados con la cabellera de la gente. Como se puede imaginar, esto no es una discriminación fácil. Sin embargo, las palomas aprendieron la discriminación en algunas sesiones si las caras masculinas y femeninas se presentaban al mismo tiempo y las aves eran reforzadas para picotear una de las categorías del rostro. Si los rostros se presentaban en ensayos sucesivos, las palomas tenían mucha más dificultad con la tarea.

Un procedimiento de condicionamiento instrumental en el que la respuesta se refuerza en presencia de un estímulo (el E+) y no se refuerza en presencia de otra señal (el E–) es un caso especial de un **programa de reforzamiento múltiple**. En un programa múltiple, un programa diferente de reforzamiento está en vigor durante los diferentes estímulos. Por ejemplo, un programa de reforzamiento de IV puede estar vigente cuando una luz se enciende, y un programa de RF puede estar en curso cuando se presenta un tono. Bajo entrenamiento suficiente con un procedimiento de este tipo, el patrón de respuesta durante cada estímulo se corresponderá con el programa de reforzamiento en vigor durante ese estímulo. Los participantes mostrarán una tasa constante de respuesta durante el estímulo IV y un modelo de pausa-carrera durante el estímulo RF. (Para un estudio reciente sobre el desempeño de las personas con discapacidad intelectual leve en programas múltiples, ver Williams, Saunders y Perone, 2011.)

La discriminación de estímulos y los programas múltiples son comunes fuera del laboratorio. Casi todos los programas de reforzamiento que existen en este ámbito están en vigor sólo en presencia de estímulos particulares. Jugar un partido produce reforzamiento sólo en presencia de compañeros con los que resulta un ejercicio agradable o un desafío. Conducir rápidamente se ve reforzado cuando se está en una autopista, pero no cuando se transita por una concurrida calle de la ciudad. La plática ruidosa y bulliciosa con sus amigos se refuerza en

una fiesta. El mismo tipo de conducta está mal visto durante un servicio religioso. Comer con los dedos se refuerza en un *picnic*, pero no cuando alguien se encuentra en un buen restaurante. Las actividades diarias normalmente consisten en pasar de una situación a otra, cada una asociada con su propio programa de reforzamiento.

***Efectos del entrenamiento en discriminación en el control del estímulo*** El entrenamiento en discriminación pone la respuesta instrumental bajo el control del E+ y del E–. ¿Qué tan preciso es el control que el E+ adquiere sobre la conducta instrumental, y qué factores determinan que se logre la precisión del control del estímulo? Para responder estas preguntas no es suficiente con observar el diferencial de respuesta al E+ frente al E–. También hay que averiguar qué tan pronunciado es el gradiente de generalización cuando los participantes se ponen a prueba con estímulos que varían sistemáticamente desde el E+. Otra cuestión importante estriba en cuál aspecto del procedimiento de entrenamiento en discriminación es responsable del tipo de gradiente de generalización del estímulo que se obtiene. Estos temas fueron abordados por primera vez en los experimentos clásicos de Jenkins y Harrison (1960, 1962).

Jenkins y Harrison examinaron cómo los estímulos auditivos que difieren en el tono pueden llegar a controlar la conducta de picoteo de palomas reforzadas con alimento. Como se mencionó antes, cuando las palomas se refuerzan con la comida, las señales visuales más que las señales auditivas ejercen fuerte control de estímulos (figura 8.4). Sin embargo, como Jenkins y Harrison descubrieron, con los procedimientos de entrenamiento adecuados, la conducta de las palomas también puede estar bajo el control de señales auditivas. Se evaluaron los efectos de tres procedimientos de entrenamiento diferentes. En los tres procedimientos, un tono de 1,000 cps estuvo presente cuando el picoteo de una tecla de respuesta fue reforzado con el acceso al alimento en un programa de intervalo variable.

Un grupo de palomas recibió un procedimiento de entrenamiento en discriminación en el que el tono de 1,000 cps sirvió como el E+ y la ausencia del tono sirvió como el E–. El picoteo fue reforzado en los ensayos cuando el E+ estaba presente pero no se vio reforzado en los ensayos cuando el tono estaba ausente (E–). Un segundo grupo también recibió entrenamiento en discriminación. El tono de 1,000 cps sirvió de nuevo como el E+. Sin embargo, esta vez el E– era un tono de 950 cps. El tercer grupo de palomas sirvió como grupo control y no recibió entrenamiento en discriminación. Para ellas, el tono de 1,000 cps estaba encendido continuamente, y siempre podían recibir reforzamiento por picotear durante las sesiones experimentales.

Al término de los tres diferentes procedimientos de entrenamiento, en cada grupo fue probado el picoteo en presencia de tonos de distintas frecuencias para ver precisamente cómo el picoteo era controlado por el tono. La figura 8.6 muestra los gradientes de generalización obtenidos. El grupo control, que no recibió entrenamiento en discriminación, respondió casi igualmente en presencia de todos los estímulos de prueba. La frecuencia de los tonos no controló su conducta; las palomas actuaban como si fueran sordas al tono. Cada uno de los otros dos procedimientos de entrenamiento produjo más control de estímulos por el tono. El gradiente de generalización más pronunciado, y por consiguiente el control más fuerte del estímulo, fue observado en las aves entrenadas con el tono de 1,000 cps como E+ y el tono de 950 cps como E–. Las palomas que previamente recibieron entrenamiento en discriminación entre el tono de 1,000 cps (E+) y la ausencia de tono (E–) mostraron un grado intermedio de control del estímulo por la frecuencia tonal.

El experimento de Jenkins y Harrison proporciona dos importantes conclusiones. En primer lugar, muestra que el entrenamiento en discriminación aumenta el control del estímulo de la conducta instrumental. En segundo lugar, una dimensión particular del estímulo (como la frecuencia tonal) tiene más probabilidades de obtener el control de la respuesta si el E+ y el E– difieren a lo largo de esa dimensión de estímulo. El control más preciso por frecuencia tonal se observó después del entrenamiento en discriminación donde el E+ era un tono de una frecuencia (1,000 cps) y el E– era un tono de otra frecuencia (950 cps). Un control tonal más débil se produjo cuando el E+ era un tono de 1,000 cps y el E– consistió en ausencia de tono. La discriminación entre la presencia y ausencia del tono de 1,000 cps podría haberse

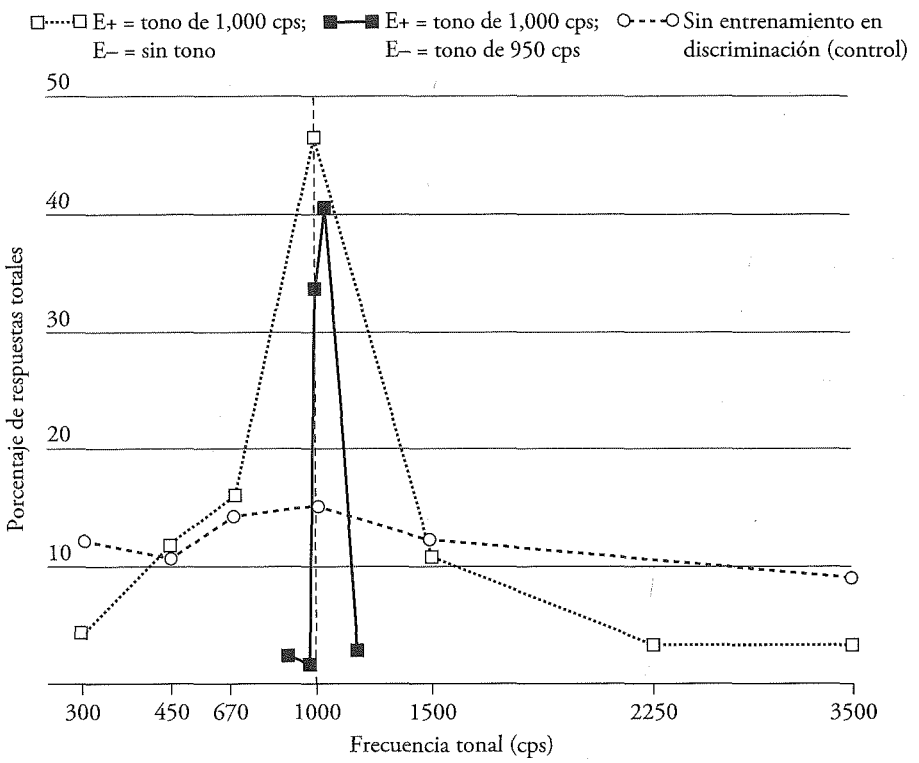



**FIGURA 8.6**
Gradientes de generalización de la respuesta a tonos de diferentes frecuencias después de varios tipos de entrenamiento. Cada punto de datos representa el porcentaje de todas las respuestas en las pruebas que ocurrieron en presencia de un estímulo de prueba particular. Antes del ensayo, un grupo de palomas recibió entrenamiento en discriminación en el que el tono de 1,000 cps sirvió como el E+ y la ausencia del tono sirvió como el E–. Otro grupo recibió entrenamiento en discriminación en el que el tono de 1,000 cps sirvió como el E+ y el E– era un tono de 950 cps. El grupo control no recibió entrenamiento en discriminación antes de la prueba de generalización. ("Effects of Discrimination Training on Auditory Generalization", H. M. Jenkins y R. H. Harrison, 1960, *Journal of Experimental Psychology, 59*, pp. 246-253; "Generalization Gradients of Inhibition Following Auditory Discrimination Learning", H. M. Jenkins y R. H. Harrison, 1962, *Journal of Experimental Analysis of Behavior, 5*, pp. 435-441.)

basado en el volumen o el timbre del tono en lugar de en su frecuencia. Por tanto, la frecuencia tonal no ganó tanto control en este caso. (Para más información sobre estos temas y otros relacionados, consulte Balsam, 1988; Kehoe, 2008; Lea y Wills, 2008.)

***Entrenamiento en discriminación centrada en señales interoceptivas*** El experimento de Jenkins y Harrison demuestra que el entrenamiento en discriminación se puede utilizar para llevar la conducta bajo el control de los estímulos ambientales (señales auditivas en este caso) que no tendrían ordinariamente tal influencia. ¿Puede esta estrategia extenderse a las sensaciones internas que experimentamos cuando sentimos hambre o tomamos una droga como la nicotina o el alcohol? ¿Puede el entrenamiento en discriminación generar conducta manifiesta (picotear una tecla de respuesta en el caso de las palomas) bajo el control de las sensaciones internas creadas por una droga o el retiro de una droga adictiva?

Las sensaciones internas producidas por una droga psicoactiva (u otra manipulación fisiológica, como la privación de alimento) se llaman *señales interoceptivas*. La detección de señales interoceptivas asociadas con la abstinencia de drogas y el control de estímulos que esas señales pueden ejercer son componentes importantes de las teorías modernas sobre la drogadicción (Baker *et al*, 2004). Estas teorías ganan apoyo sustancial de la investigación de laboratorio sobre el control del estímulo en la conducta instrumental mediante señales interoceptivas producidas por las drogas.

Los investigadores en este campo se han preguntado si un organismo puede decir cuándo está bajo la influencia de un sedante (pentobarbital) y si otros medicamentos (por ejemplo, clordiazepóxido, alcohol y metanfetamina) producen sensaciones similares a las de los sedantes. El entrenamiento en discriminación del estímulo de drogas y las pruebas de generalización de estímulos se utilizan para proporcionar respuestas a estas preguntas (Stolerman *et al*, 2011). Curiosamente, los mecanismos de control del estímulo por estímulos como las drogas parecen ser muy similares a los mecanismos identificados por Jenkins y Harrison (1960, 1962) para el control del picoteo por señales auditivas en las palomas.

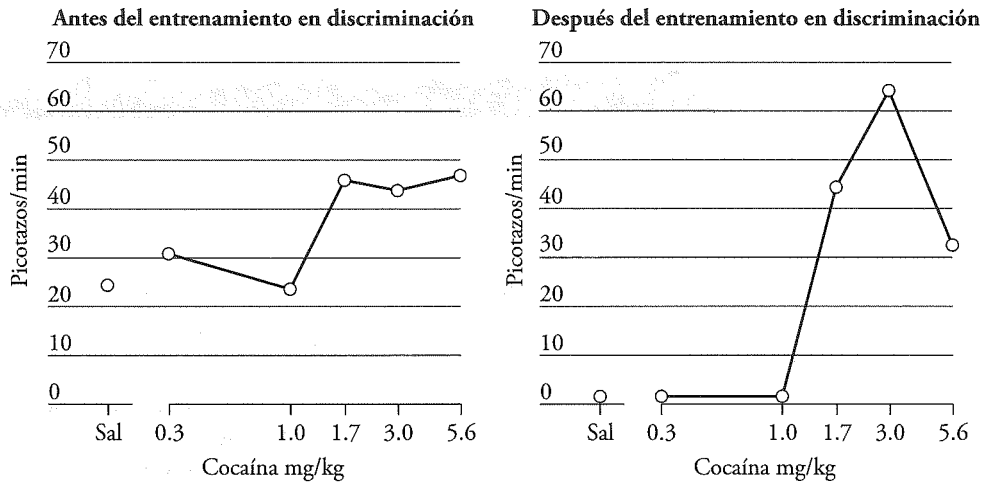



**FIGURA 8.7**
La respuesta como una función de la dosis de cocaína para una paloma antes (panel izquierdo) y después (panel derecho) del entrenamiento en discriminación en el que 3.0 mg/kg de cocaína estaban presentes durante las sesiones de E+, y una inyección de solución salina (sin droga) se administró antes de las sesiones de E–. (Basado en Schaal *et al*, 1996, "Discrimination of Methadone and Cocaine by Pigeons without Explicit Discrimination Training", *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 66*, p. 199.)

Por ejemplo, Schaal y sus colegas compararon la fuerza de control del estímulo por las señales interoceptivas de la cocaína antes y después del entrenamiento en discriminación (Schaal *et al*, 1996). Las palomas fueron reforzadas para picotear una tecla de respuesta en un programa de reforzamiento IV 2 min. En la primera fase del experimento (sin entrenamiento en discriminación), las aves fueron inyectadas con 3.0 mg/kg de cocaína antes de cada sesión. Después de estabilizar la respuesta, las pruebas de generalización se intercalaron periódicamente entre las sesiones de entrenamiento. Durante estas pruebas las palomas no recibieron ninguna droga (solución salina) o recibieron diferentes dosis de cocaína comprendidas entre 0.3 y 5.6 mg/kg. (La respuesta no fue reforzada durante las sesiones de prueba.) Los resultados obtenidos con una de las aves (P1) se presentan en el panel izquierdo de la figura 8.7. Observe que el gradiente de generalización como función de la dosis de la droga es bastante plano, indicativo de un control débil del estímulo.

Durante la siguiente fase del experimento las palomas fueron entrenadas para discriminar la cocaína a partir de la ausencia de la droga. Algunas sesiones fueron precedidas con una inyección de cocaína (E+) como antes, y el picoteo fue reforzado. Durante otras sesiones la cocaína no fue administrada (E–) y el picoteo no se reforzó. Las palomas aprendieron la discriminación respondiendo fuertemente durante las sesiones de E+ y mucho menos durante las sesiones de E–. Una vez establecida la discriminación, las pruebas de generalización se llevaron a cabo como antes.

Los resultados de los ensayos se muestran en el panel derecho de la figura 8.7 para la paloma P1. Observe que ahora el gradiente de generalización es mucho más pronunciado, lo que indica un control mucho más fuerte por los estímulos internos de la droga. El mayor nivel de respuesta ocurrió cuando la paloma se probó con los 3.0 mg/kg de cocaína utilizados durante las sesiones de reforzamiento. Prácticamente no hubo respuestas durante las sesiones en ausencia de droga o con sólo 0.3 o 1.0 mg/kg de cocaína. Curiosamente, la respuesta también se redujo un poco cuando la dosis de prueba fue de 5.6 mg/kg, que excedía la dosis de entrenamiento. Por tanto, igual que en el caso del control del estímulo de la conducta por la frecuencia tonal, el entrenamiento en discriminación aumentó el control del estímulo por las sensaciones internas creadas por la cocaína. (Para un estudio reciente sobre la función de los receptores muscarínicos en la discriminación de cocaína, ver Thomsen *et al*, 2011.)

El hecho de que los procedimientos de discriminación del estímulo se puedan utilizar para llevar la conducta bajo el control de una amplia variedad de estímulos hace de estos procedimientos potentes herramientas para la investigación de cómo los animales procesan la información. Algunos impresionantes resultados de estos experimentos se presentarán en los capítulos 11 y 12, en las discusiones de la investigación contemporánea sobre la cognición comparada.

***Entrenamiento en discriminación enfocada en señales compuestas o configuracionales*** Como ya se describió en la sección anterior, se puede utilizar el entrenamiento en discriminación para aumentar el control de la conducta por señales interoceptivas. Otra categoría

**TABLA 8.2 TIPOS DE ENSAYO PARA PATRONES POSITIVO Y NEGATIVO**

| PATRÓN POSITIVO | PATRÓN NEGATIVO |
|---|---|
| A– | C+ |
| B– | D+ |
| AB+ | CD– |

Nota: A, B, C y D son diferentes estímulos. "+" indica reforzamiento y "–" indica no reforzamiento

© Cengage Learning, 2015

especial de estímulos implica señales configuracionales que resultan de la combinación de dos o más estímulos presentados al mismo tiempo. ¿Pueden los procedimientos de discriminación aumentar el control por señales configuracionales? Se han diseñado dos procedimientos diferentes con esta pregunta en mente: los **patrones positivos** y los **patrones negativos** (ver tabla 8.2).

En un procedimiento de patrón positivo, siempre que cada uno de dos estímulos se produce individualmente, no son reforzados (ensayos A– y B–). Sin embargo, el reforzamiento se produce siempre que los dos estímulos se presentan simultáneamente (AB+). Para predecir con precisión el reforzamiento con un procedimiento de este tipo, el participante no puede responder sobre la base de la presencia de las señales individuales, sino que tiene que identificar cuando las dos señales están presentes al mismo tiempo (AB). El procedimiento de patrón negativo es similar, excepto que ahora el papel de los ensayos reforzados y no reforzados se invierte. Este reforzamiento está disponible cuando las señales se presentan de forma individual (C+ y D+), pero no cuando aparecen simultáneamente (CD–).

Aunque los procedimientos de patrones positivos y negativos se llevan a cabo típicamente con grupos separados de participantes, también pueden ser conducidos al mismo tiempo, como en un reciente estudio con ratas de laboratorio (Harris *et al*, 2008). Cuatro diferentes EC se utilizaron en el experimento (ruido, tono, luz intermitente y luz constante). Cada presentación del EC duró 30 segundos y los ensayos reforzados finalizaron con la entrega de alimento en el comedero. La respuesta condicionada consistía en husmear el comedero durante el EC. La asignación de las señales auditivas y visuales se dispuso de manera que cada estímulo compuesto (AB y CD) estuviera integrado por una señal auditiva y una señal visual. Las sesiones de entrenamiento consistieron en seis tipos de ensayos entremezclados (A–, B–, AB+, C+, D+ y CD–).

Los resultados se presentan en la figura 8.8. Lo primero que se destaca es que las ratas fueron capaces de resolver ambos problemas de discriminación. Con el procedimiento de patrón positivo aprendieron a responder siempre que A y B se presentaron simultáneamente pero no

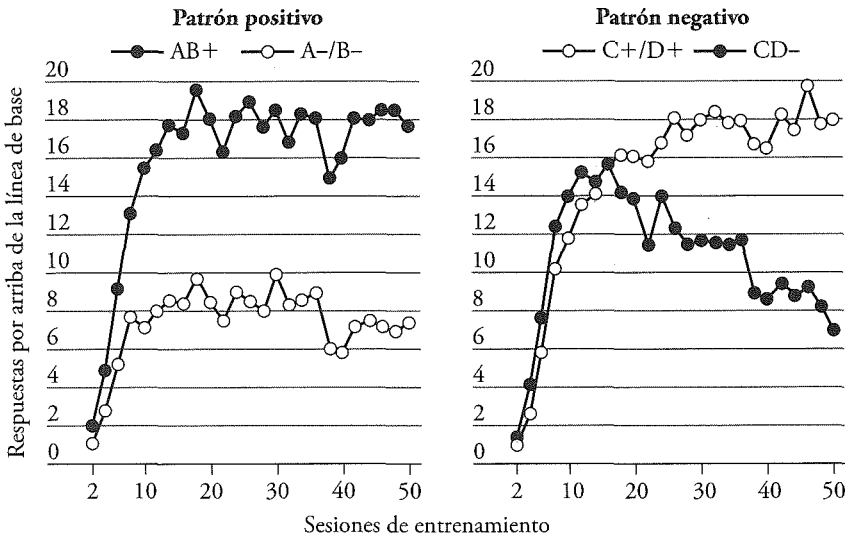



**FIGURA 8.8**
Seguimiento de objetivo condicionado para estímulos reforzados (+) y no reforzados (–) en un estudio de patrones positivos y negativos. Las letras mayúsculas designan diferentes estímulos, y los signos + y – designan ensayos reforzados y no reforzados. (Basado en Harris *et al*, 2008.)

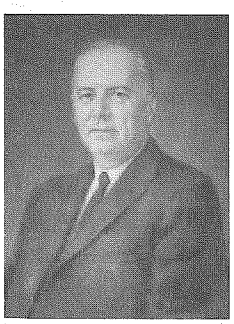
cuando cada EC apareció solo. En el procedimiento de patrón negativo aprendieron a negar la respuesta cuando C y D se presentaron simultáneamente, pero respondieron a cada una de estas señales cuando se presentaron solas. Por tanto, las ratas aprendieron a responder a la combinación de dos señales de manera que no pudiera atribuirse la suma de sus respuestas a las señales individuales. Esto es consistente con la interpretación de que la configuración de estímulos creada por AB y CD adquirió el control exclusivo sobre la respuesta condicionada. El aprendizaje no fue rápido (especialmente en el caso del patrón negativo) pero sí fue claramente evidente. (Para interpretaciones teóricas de patrones positivos y negativos, ver Grand y Honey, 2008; Harris *et al*, 2009.)

## ¿Qué se aprende en el entrenamiento en discriminación?

Debido al profundo efecto que el entrenamiento en discriminación tiene sobre el control de estímulos, los investigadores se han interesado en identificar qué se aprende durante este tipo de entrenamiento. Considere la siguiente situación relativamente simple: las respuestas se refuerzan cada vez que la luz roja se enciende (E+) y no se refuerzan siempre que se presenta un tono alto (E–). ¿Qué estrategias puede usar un individuo para asegurarse de que la mayoría de sus respuestas fueron reforzadas en esta situación? Una posibilidad es aprender a responder cada vez que el E+ está presente y no responder en caso contrario. Con esta estrategia se podría llegar a responder mucho más al E+ que al E– sin haber aprendido nada específico sobre este último. Otra posibilidad consistiría en aprender a suprimir la respuesta durante el E– pero responder siempre que esté ausente. Esta estrategia también podría conducir a más respuestas durante el E+ que durante el E–, pero sin aprender nada específico acerca del E+. Una tercera posibilidad consistiría en aprender el significado tanto del E+ como del E– aprendiendo a responder al E+ y a suprimir la respuesta al E–.

## Teoría del aprendizaje de discriminación de Spence

Una de las primeras y más influyentes teorías del aprendizaje de discriminación fue propuesta por Kenneth Spence (1936). Aunque la teoría de Spence fue formulada hace unos 80 años, sigue siendo influyente en la orientación de la investigación (Lazareva, 2012; Pearce *et al*, 2008; Wagner, 2008*b*). La idea básica de la teoría está elaborada sobre la última de las posibilidades descritas anteriormente. La teoría asume que el reforzamiento de una respuesta en presencia del E+ condiciona las tendencias excitatorias de respuesta ante un E+. Por el contrario, el no reforzamiento para responder durante el E– condiciona las propiedades inhibitorias del E– que sirven para suprimir la conducta instrumental. La respuesta diferencial al E+ y al E– refleja la excitación condicionada al E+ y la inhibición condicionada al E–.



Coly Kent, 1961; Cortesía del Departamento de Psicología, Universidad de Iowa.

K. W. Spence

La sugerencia de que el entrenamiento en discriminación resulta en el condicionamiento de la excitación al E+ no es controvertida, porque la excitación se desarrolla para un estímulo reforzado incluso en ausencia de entrenamiento en discriminación. Sin embargo, la propuesta de que la inhibición se condiciona al E– es mucho menos evidente. Se puede responder más al E+ que al E– simplemente porque este último no es excitatorio. En principio, E– no tiene que ser inhibitorio para provocar menos respuestas que el E+. Sin embargo, una serie de experimentos ha demostrado que el entrenamiento en discriminación hace inhibitorio al E– (por ejemplo, Honig *et al*, 1963).

Kearns y colegas (2005) emplearon una prueba de sumación para determinar si un E– viene a inhibir la respuesta instrumental para la cocaína después del entrenamiento en discriminación. Ya antes nos encontramos con la prueba de la sumación en el capítulo 3 como una técnica para medir la inhibición condicionada pavloviana. De acuerdo con la prueba de la sumación, si el E– adquiere propiedades inhibidoras activas, debe suprimir la respuesta provocada de otra manera por un E+. Para probar esta predicción, Kearns y sus colegas (2005) habilitaron ratas de laboratorio para que pudieran recibir pequeñas dosis de cocaína por vía intravenosa. La entrega de la droga dependía de la presión de una palanca de respuesta en un programa de intervalo variable. Ensayos reforzados se alternaron con las pruebas durante las cuales la pulsación de la palanca nunca fue reforzada.

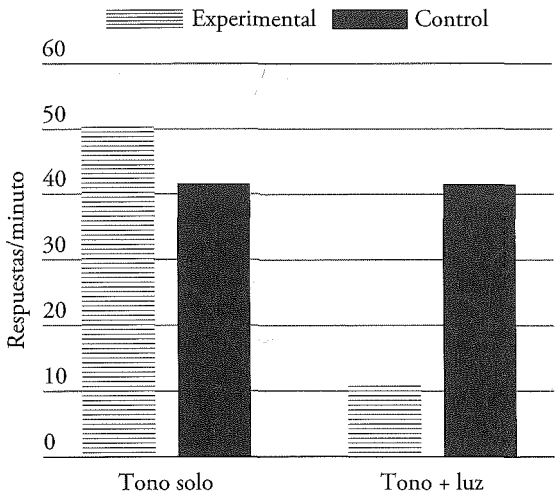



**FIGURA 8.9**
Autoadministración de cocaína en las ratas durante ensayos de prueba de tono solo y tono + luz. El grupo experimental recibió previamente el entrenamiento en discriminación en el que el tono se producía sólo en los ensayos reforzados (E+) y la luz se producía sólo en ensayos no reforzados (E–). El grupo control recibió entrenamiento previo similar, pero para éste la luz se producía con la misma frecuencia en los ensayos reforzados y no reforzados. (Basado en Kearns *et al*, 2005.)

Se probaron dos grupos de ratas. Para el grupo experimental los ensayos reforzados fueron señalados mediante un tono la mitad del tiempo y un *clicker* el tiempo restante. De este modo, tanto el tono como el *clicker* se convirtieron en estímulos E+. La luz siempre fue presentada durante los ensayos cuando el reforzamiento no estaba disponible, por lo que se volvió un E–. Los procedimientos fueron similares para el grupo control, excepto que se hizo un esfuerzo para evitar que la luz se convirtiera en un E–. Esto se logró mediante la presentación de la luz la mitad del tiempo con el *clicker* (si la cocaína estaba disponible) y la mitad del tiempo durante los ensayos no reforzados (cuando la cocaína no estaba disponible). Debido a que la luz se produjo por igual en los ensayos reforzados y no reforzados, no se esperaba que adquiriera propiedades inhibitorias.

La prueba de sumación se llevó a cabo después de que las ratas practicaron bien sus procedimientos. De hecho, el criterio para pasar a la fase de prueba consistió en que la presión de la palanca durante los ensayos reforzados superara la presión de los ensayos no reforzados por un factor de 7. En la prueba de la sumación se llevaron a cabo dos ensayos. En uno, el tono se presentó por sí mismo. Debido a que el tono era un E+ para ambos grupos, se esperaba que los dos grupos respondieran con energía durante el tono. En la segunda prueba el tono fue presentado junto con la luz. Recordemos que la luz se entrenó como E– para el grupo experimental, pero no para el grupo control. Por tanto, se esperaba que la luz suprimiera la respuesta sólo en el grupo experimental.

Los resultados del experimento se presentan en la figura 8.9. Como era de esperar, ambos grupos mostraron una respuesta vigorosa al tono. La adición de la luz al tono no perturbó la respuesta en el grupo control, pero produjo una profunda supresión de la presión de la palanca en el grupo experimental. Observe que en la fase de prueba la luz se presentó por primera vez al mismo tiempo que el tono. La evidente supresión de la respuesta en el grupo experimental muestra que un estímulo que es una señal para el no reforzamiento (E–) en un procedimiento de discriminación adquiere propiedades inhibidoras activas, como lo predijo Spence.

Este experimento de Kearns y sus colegas (2005) es interesante no sólo por su relevancia para las teorías de entrenamiento en discriminación, sino también porque sugiere un nuevo enfoque para el tratamiento del abuso de drogas. El énfasis en los análisis de consumo de drogas ha sido puesto en los factores de identificación y moderación que conducen a la autoadministración del psicoactivo. En general, éstos implican diversas formas de condicionamiento excitatorio. El estudio de Kearns y sus colegas sugiere que los estímulos discriminativos negativos (señales E–) pueden ejercer una poderosa influencia inhibitoria sobre la búsqueda de drogas y la conducta de su autoadministración. Por otra parte, esta influencia inhibitoria es transferida para contrarrestar los efectos excitatorios de un E+ para la administración del enervante. Esto sugiere que la búsqueda de droga puede ser reducida por la inhibición incluso si los procesos excitatorios permanecen intactos.

## Interacciones entre el E + y el E–: el efecto de cambio de pico

Hasta ahora se han descrito las características generales del entrenamiento en discriminación de estímulos bajo el supuesto de que lo que los sujetos aprenden sobre el E+ es más o menos independiente de lo que aprenden acerca del E–. Esta suposición es demasiado simplista. El aprendizaje no es tan compartimentalizado. Lo que se aprende acerca del E+ puede influir en la respuesta al E–, y viceversa. Tales interacciones son particularmente probables si el E+ y el E– están relacionados de alguna manera.

El E+ y el E– pueden estar relacionados si son similares excepto por una característica o atributo. Este fue el caso en el experimento de Jenkins y Harrison, cuyos resultados se presentaron en la figura 8.6. Para uno de los grupos en este estudio, el E+ era un tono de 1,000 cps y el E– era un tono de 950 cps. Así, los estímulos E+ y E– sólo difirieron ligeramente en el tono. Un procedimiento de entrenamiento en el que el E+ y el E– sólo difieren en términos del valor de una característica del estímulo (en este caso el tono) recibe el nombre de **discriminación intradimensional**. El procedimiento de discriminación del estímulo de parpadeo cuyos resultados se presentaron en la figura 8.5 consistió también en una discriminación intradimensional. En este estudio, los estímulos EC+ y EC– también fueron tonos diferentes en frecuencia (2,000 cps *versus* 8,000 cps).

Las discriminaciones intradimensionales son de particular interés debido a que están relacionadas con el tema del desempeño experto. Este desempeño normalmente implica hacer distinciones sutiles. Distinguir los estímulos que difieren únicamente en una sola característica es más difícil que distinguir los que difieren en muchos aspectos. No se requiere mucha experiencia para identificar la diferencia entre un automóvil compacto y un autobús. Por el contrario, uno tiene que saber bastante sobre automóviles para establecer la diferencia entre una y cualquier otra versión del Honda Civic. Se requiere una mayor experiencia para hacer distinciones más finas. Dos patinadores de campeonato pueden desempeñarse con la misma habilidad a decir de la mayoría de la gente, pero sólo jueces expertos son capaces de detectar diferencias sutiles pero importantes que se traducen en que un patinador obtenga calificaciones más altas que el otro. La discriminación intradimensional es una forma de desempeño experto, ya que requiere la detección de un solo rasgo diferenciador entre el E+ y el E–.

Las discriminaciones intradimensionales son interesantes porque pueden producir un fenómeno contrario a la intuición conocido como el **efecto de cambio de pico**. Esto lo demostró Hanson (1959) en un experimento clásico. Hanson examinó los efectos del entrenamiento en discriminación intradimensional en la medida en que varios colores controlaban la conducta de picoteo en las palomas. Todas las palomas fueron reforzadas para picotear en presencia de una luz cuya longitud de onda era de 550 nm. Sin embargo, los grupos independientes difirieron en qué tan similar era el E– del E+ (qué tan expertas tenían que volverse las palomas para separar enérgicamente los colores). Un grupo recibió entrenamiento en discriminación en el que el E– era un color de longitud de onda de 590 nm, separado 40 nm del E+. Para otro grupo, la longitud de onda del E– era de 555 nm, a sólo 5 nm de distancia del E+. El desempeño de estas palomas se comparó con el de un grupo control que no recibió entrenamiento en discriminación pero al que también se le reforzó para picotear en presencia del estímulo de 550 nm. (Nótese la similitud de este experimento con el estudio de Jenkins y Harrison mostrado en la figura 8.6. En ambos casos la dificultad de la discriminación se varió entre los grupos.)

Después de sus diversas experiencias de entrenamiento, todas las aves fueron probadas para su tasa de picoteo en presencia de estímulos de prueba que variaban en color. Los resultados se muestran en la figura 8.10. Consideremos en primer lugar la actuación del grupo control que no recibió entrenamiento en discriminación. Estas palomas respondieron más al estímulo E+ y respondieron progresivamente menos a medida que el color de los estímulos de prueba se desviaba del color del E+. El grupo control mostró un **gradiente de generalización excitatorio** estándar centrado en el E+.

Después del entrenamiento en discriminación se obtuvieron diferentes resultados para el color de 590 nm como E–. Estas palomas también respondieron a tasas elevadas al color de 550 nm que había servido como el E+. Sin embargo, mostraron mucho más generalización de la respuesta de picoteo al color de 540 nm. De hecho, su tasa de respuesta fue ligeramente superior a este color que al E+ original de 550 nm. Este desplazamiento del pico de respuesta

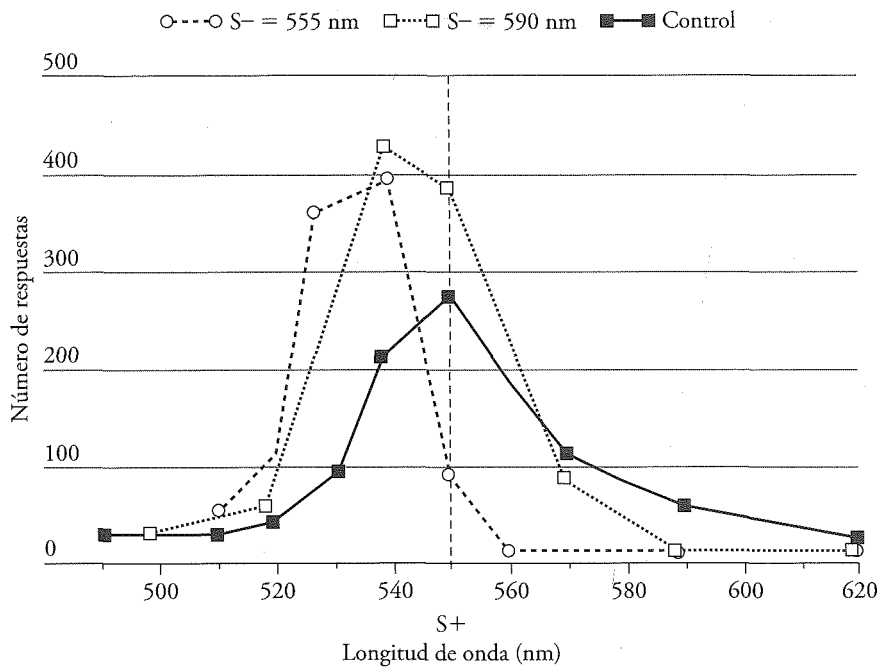



**FIGURA 8.10** Efectos del entrenamiento en discriminación intradimensional sobre el control del estímulo. Los tres grupos de palomas fueron reforzados por picotear en presencia de una luz de 550 nm (E+). Un grupo recibió entrenamiento en discriminación el que el E– era una luz de 590 nm. Para otro grupo, el E– fue una luz de 555 nm. El tercer grupo sirvió como grupo control y no recibió entrenamiento en discriminación antes de la prueba para la generalización de estímulo. ("Effects of Discrimination Training on Stimulus Generalization", H. M. Hanson, 1959, *Journal of Experimental Psychology, 58*, pp. 321-333.)

lejos del E+ original fue aún más drástico después del entrenamiento en discriminación para el color de 555 nm como E–. Estas aves mostraron tasas mucho más bajas de respuesta al E+ original (550 nm) que cualquiera de los otros dos grupos. Además, sus tasas de respuesta más altas ocurrieron a colores con longitud de onda de 540 y 530 nm. Este desplazamiento del pico del gradiente de generalización lejos del E+ original es notable, ya que en la fase anterior del entrenamiento en discriminación la respuesta nunca fue reforzada con la presencia de los estímulos de 540 o 530 nm. Por tanto, las tasas más altas de picoteo ocurrieron a estímulos que nunca fueron presentados durante el entrenamiento inicial.

El desplazamiento del pico del gradiente de generalización lejos del E+ original recibe el nombre de *efecto de cambio de pico*. Es importante tener en cuenta las dos características del efecto de cambio de pico evidentes en la figura 8.10. En primer lugar, éste es resultado del entrenamiento en discriminación intradimensional. El grupo control, que no recibió este entrenamiento, no mostró dicho efecto. En segundo lugar, el efecto de cambio de pico representó una función de la similitud del E– con el E+ utilizado en el entrenamiento en discriminación. El mayor cambio de intensidad se produjo después del entrenamiento en el que el E– era muy similar al E+ (555 nm y 550 nm, respectivamente). Un cambio de menor intensidad se produjo después del entrenamiento en discriminación con colores ampliamente diferentes (590 nm en comparación con 550 nm).

Resultados similares son evidentes en el experimento de Jenkins y Harrison (figura 8.6). Un pequeño efecto fue evidente en las aves que recibieron entrenamiento en discriminación con el tono de 1,000 cps como E+ y el tono de 950 cps como E–. Observe que para este grupo la tasa más alta de respuesta ocurrió a una frecuencia tonal superior a 1,000 cps. No se produjo un cambio de intensidad para las palomas entrenadas con el tono de 1,000 cps como E+ y la ausencia del tono como E–.

El efecto de cambio de pico puede resultar de cualquier discriminación intradimensional no sólo del tono y el color. El E+ y el E– pueden ser líneas de diferentes orientaciones, tonos de distinta intensidad, señales temporales, estímulos espaciales o señales faciales. Además, el efecto ha sido observado en una variedad de especies, incluyendo a las personas (por ejemplo, Bizo y McMahon, 2007; Spetch, Chang y Clifford, 2004; Russella y Kirkpatrick, 2007; Wisniewski, Church y Mercado, 2009).

***Explicación de Spence del cambio de pico*** El efecto del cambio de pico es notable porque muestra que el E+, o estímulo reforzado, no es necesariamente el que produce la mayor

tasa de respuesta. ¿Cómo puede ser esto? Se supone que los gradientes de generalización del estímulo excitatorio deben alcanzar su punto máximo en el E+. En un análisis ingenioso, Spence (1937) propuso un enfoque teórico que sigue contando con el respeto en la investigación contemporánea. Spence sugirió que el entrenamiento en discriminación conduce al aprendizaje de excitación para E+ y la inhibición para E–. Además, ambos fueron asumidos para generalizar otras señales similares con el gradiente de generalización del estímulo excitatorio centrado en torno al E+ y el gradiente inhibitorio centrado alrededor del E–. Cuando el E+ y el E– son colores, los gradientes de generalización de excitación e inhibición pueden traslaparse con el grado de superposición dependiendo del grado de similitud entre el E+ y el E–. Debido a esta superposición, la inhibición del E– se puede generalizar al E+ y suprimir la respuesta a este último, resultando en un efecto de cambio de pico. Se espera una mayor inhibición del E– que del E+ si el E– está más cerca del E+, y esto debería traducirse en un mayor efecto de cambio de pico. Los datos de la figura 8.10 se ajustan perfectamente a estas predicciones.

La teoría del aprendizaje de discriminación de Spence ha tenido un éxito notable (por ejemplo, Hearst, 1968, 1969; Marsh, 1972), aunque no ha sido capaz de explicar todos los datos relevantes (por ejemplo, Lazareva *et al*, 2008). Al reflexionar sobre el impacto global de la teoría de Spence, Pearce y sus colaboradores (2008) observaron que "el estudio del aprendizaje de discriminación representa uno de los esfuerzos teóricos más perdurables de la psicología. La teoría de Spence ya ha hecho una contribución significativa a esta empresa, y parece probable que continúe haciéndolo todavía durante muchos años" (p. 198).



Cortesía de Olga Lazareva

Olga Lazareva

***Enfoques alternativos del cambio de pico*** Como ya hemos comentado, los estudios de control de estímulos pueden decirnos mucho acerca de cómo los organismos (humanos y no humanos) ven el mundo. Una cuestión importante que ha sido fuente de debate durante décadas es si vemos los estímulos en términos de sus propiedades absolutas e individuales o en términos de su relación con otros estímulos que experimentamos (por ejemplo, Köhler, 1939). El análisis elemental *versus* análisis configuracional del control por estímulos compuestos expuesto anteriormente en este capítulo es parte de este debate desde hace mucho tiempo. Como con muchos de estos debates, existe evidencia consistente en ambos enfoques, lo que sugiere que los dos tipos de mecanismos pueden operar tal vez bajo diferentes circunstancias (por ejemplo, Lazareva, 2012).

El modelo de aprendizaje de discriminación de Spence es un enfoque de aprendizaje de estímulo absoluto. Predice la conducta basándose en las propiedades excitatorias netas de estímulos individuales. El enfoque alternativo asume que los organismos aprenden a responder a un estímulo basándose en su relación con otras señales en la situación. Por ejemplo, cuando se presenta un E+ que es un círculo grande y un E– que es un círculo más pequeño, el participante puede responder al E+ basado en su tamaño relativo (en comparación con el E–), en lugar de hacerlo en términos de su tamaño absoluto. Una predicción interesante de este enfoque estriba en que la conformación de un gradiente de generalización cambia como una función de la gama de estímulos de prueba que se presentan durante la sesión de prueba de generalización. Estas y otras predicciones del enfoque relacional se han confirmado en estudios con participantes tanto humanos como no humanos (por ejemplo, Bizo y McMahon, 2007; Lazareva *et al*, 2008; Thomas, 1993).

## Entrenamiento en equivalencia de estímulos

Como hemos visto, el entrenamiento en discriminación aumenta drásticamente el control de estímulos de la conducta (figura 8.6) y puede llevar la conducta bajo el control de señales interoceptivas y configuracionales. Es cierto que hay situaciones en las que el aumento de la discriminación es muy conveniente (que decide, por ejemplo, si un lunar en su piel es benigno o canceroso). Sin embargo, también hay situaciones en las que la generalización de la misma respuesta a una variedad de diferentes estímulos es físicamente útil. Por ejemplo, en el lenguaje, necesita llamar "manzana" a algo en respuesta a la fotografía de una manzana, la presencia de ésta en la barra de la cocina, o el sabor de la fruta que acaba de morder. Este estímulo físico

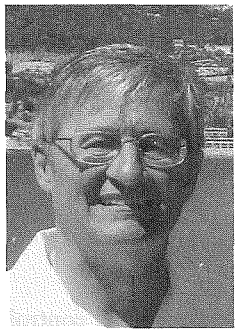
altamente disímil es convocado por la misma palabra. Tales ejemplos plantean la provocadora posibilidad de que existan procedimientos de aprendizaje que aumenten la generalización del estímulo. ¿Cómo podemos construir tales procedimientos?

En un procedimiento de discriminación los estímulos son tratados de manera diferente: tienen diferentes consecuencias. Un estímulo (el E+) se asocia con el reforzamiento, mientras que el otro (el S–) no. Este tratamiento diferencial conduce a los organismos a responder a los estímulos como distintos uno del otro. ¿Qué pasaría si dos estímulos fueran tratados en forma idéntica o equivalente? ¿Un procedimiento de este tipo conduciría a responder de la misma manera? La respuesta parece ser afirmativa. Así como el entrenamiento en discriminación alienta el diferencial de respuesta, el entrenamiento en equivalencia alienta la respuesta generalizada entre un conjunto de estímulos o el establecimiento de la **equivalencia de estímulos.**

Existen varios enfoques disponibles para promover la generalización en lugar de la discriminación entre estímulos. Uno consiste en la vinculación de cada uno de varios estímulos diferentes en un resultado común, y por tanto se le llama *entrenamiento para un resultado común*. Por ejemplo, en un experimento de Honey y Hall (1989), las ratas recibieron por primera vez las presentaciones de dos señales auditivas diferentes, un ruido y un *clicker*, emparejados con la comida. Se esperaba que el resultado común de los alimentos produjera la equivalencia funcional entre los estímulos del ruido y el *clicker*. El grupo control también recibió presentaciones del ruido y el *clicker*, pero para éste, sólo el *clicker* fue emparejado con la comida. Ambos grupos recibieron entonces el ruido emparejado con una leve descarga en la pata, lo que resultó en el condicionamiento del miedo al ruido. La cuestión principal consistió en establecer si este miedo condicionado al ruido se generalizaría al *clicker*. Se produjo significativamente más generalización en el grupo de resultado común que en el grupo control. La fase inicial en la que el *clicker* y el ruido se emparejaron con el resultado común del alimento sirvió para que el *clicker* y el ruido fueran equivalentes para esos animales.

En el experimento de Honey y Hall, la equivalencia se estableció mediante la asociación de dos estímulos físicamente diferentes (ruido y *clicker*) con un reforzador común (alimento). En este caso, la clase de equivalencia tenía dos miembros (el ruido y el *clicker*). Una clase de equivalencia más grande pudo haber sido creada por el emparejamiento de señales adicionales con el resultado común del alimento. El factor crítico radica en asociar todos los miembros de una clase equivalente con un evento común. El evento común puede ser un reforzador, como el alimento, o un resultado de estímulo común (por ejemplo, Delius, Jitsumori y Siemann, 2000).

Tal vez la estrategia más utilizada para establecer la equivalencia de estímulos es el llamado *entrenamiento de respuesta común,* que consiste en el entrenamiento de la misma respuesta a varios estímulos físicamente diferentes. Esto sucede esencialmente cuando los padres enseñan a sus hijos a decir la palabra "fruta" cuando ven uvas, cocos, plátanos y sandías. A pesar de que los diversos tipos de frutas son físicamente diferentes el uno del otro, la respuesta común ("fruta") se ve reforzada, y crea la clase de equivalencia llamada "fruta".



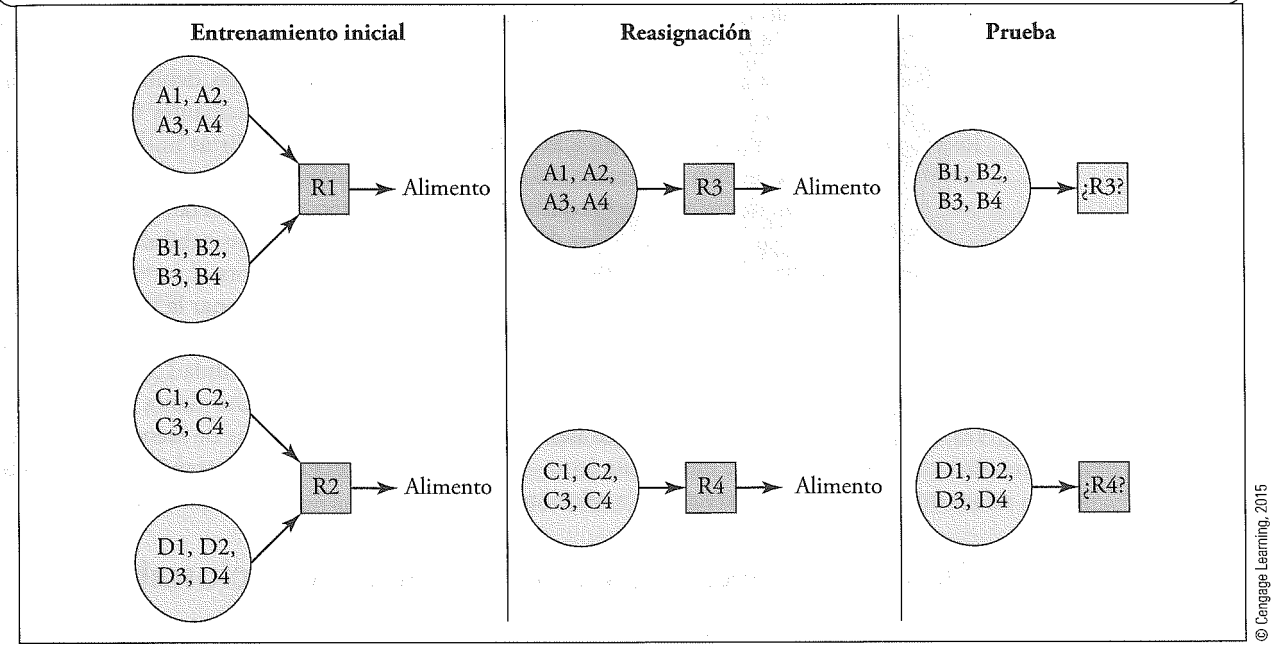
Cortesía de P. Urcuioli

P. Urcuioli

Los experimentos en el entrenamiento de respuesta común para establecer la equivalencia de estímulos a menudo emplean el diseño experimental mostrado en la tabla 8.3. Las letras A, B, C y D representan cuatro conjuntos diferentes de estímulos. Por ejemplo, la serie A puede consistir en cuatro diseños arbitrarios (A1 a A4), el conjunto B puede consistir en un segundo conjunto de diseños arbitrarios (B1 a B4), y así sucesivamente. Durante el entrenamiento inicial los participantes se refuerzan para llevar a cabo una respuesta (R1) cuando se presentan estímulos de la serie A o de la serie B. Hacer esta respuesta común presumiblemente establece los estímulos A y B como una clase de equivalencia. Un procedimiento similar se lleva a cabo con estímulos a partir de los conjuntos C y D, pero en este caso la respuesta reforzada común es R2. Una vez que los participantes están bien entrenados en el problema original de discriminación (constantemente emitiendo R1 en todos los ensayos A y B, y R2 en todos los ensayos C y D), están listos para pasar a la fase de reasignación del experimento.

Durante la fase de reasignación, los estímulos de la serie A están entrenados con una nueva respuesta R3, y los estímulos del conjunto C están entrenados con una nueva respuesta R4. Observe que los estímulos de los conjuntos B y D no se utilizan durante la fase de entrenamiento de reasignación. Sin embargo, si los estímulos del conjunto B se vuelven *equivalentes*

**TABLA 8.3 ENTRENAMIENTO DE RESPUESTA COMÚN Y PRUEBAS PARA DETERMINAR LA EQUIVALENCIA DE ESTÍMULOS**




© Cengage Learning, 2015

a los estímulos del conjunto A durante el entrenamiento inicial, deberían también llegar a obtener una respuesta R3 después del entrenamiento de reasignación. Siguiendo el mismo razonamiento, los estímulos del conjunto D deberían provocar una R4 tras el entrenamiento de reasignación del conjunto C. Estas predicciones de la equivalencia de estímulos se prueban en la última fase del experimento.

Los diseños experimentales como los que se presentan en la tabla 8.3 se han empleado en numerosos estudios de entrenamiento de equivalencia de estímulos con participantes humanos y no humanos (véase Urcuioli, 2013, para una revisión). La idea básica radica en que el entrenamiento de la misma respuesta a un conjunto de estímulos físicamente diferentes crea *equivalencia funcional* entre esos estímulos. Una vez que esto ha ocurrido, se entrena una nueva respuesta para un subconjunto de esas señales que se generaliza a otros elementos de la clase de equivalencia no utilizada durante la fase de reasignación.

Una definición más formal de la *clase de equivalencia* fue propuesta por Sidman y sus colegas (Sidman, 1994; Sidman y Tailby, 1982). De acuerdo con la definición de Sidman, se dice que existe una clase de equivalencia si los miembros poseen tres propiedades: (1) la reflexividad o igualdad; (2) la simetría, y (3) la transitividad. Por ejemplo, consideremos una clase de equivalencia que consta de tres estímulos A, B y C. La *reflexividad* o igualdad se refiere a la relación A = A, B = B y C = C. Se dice que existe *simetría* si una relación es bidireccional. Así, por ejemplo, si A conduce a B (A → B), entonces la simetría requiere que B conduzca a A (B → A). Finalmente, la *transitividad* se refiere a la integración de dos relaciones en una tercera. Por ejemplo, dadas las relaciones A → B y B → C, la transitividad requiere que A → C. (Para conocer más detalles de estas cuestiones, ver Lionello-DeNolf, 2009; Urcuioli y Swisher, 2012.)

El entrenamiento de equivalencia de estímulos ha sido de gran interés en el análisis conductual aplicado (por ejemplo, Rehfeldt, 2011). Como ya se ha señalado, aprender diversas formas de equivalencia de estímulos es fundamental en el aprendizaje de idiomas. Por tanto, el entrenamiento de equivalencia se ha utilizado comúnmente en los esfuerzos por aumentar el repertorio verbal de las personas con discapacidad intelectual. Curiosamente, la capacidad de utilizar etiquetas verbales facilita la formación de clases de equivalencia (por ejemplo, Randell y Remington, 1999). Sin embargo, el conocimiento de lenguas no es esencial para el aprendizaje de las clases de equivalencia de estímulos (Carr, Wilkinson, Blackman y McIlvane, 2000).

Para los terapeutas interesados en utilizar los principios del aprendizaje, el entrenamiento de equivalencia de estímulos es muy atractivo porque favorece habilidades nuevas o emergentes que no se enseñan en concreto durante el entrenamiento. Por ejemplo, consideremos el escenario descrito en la tabla 8.3. Durante la fase de reasignación, R3 está condicionada a estímulos en el conjunto A y R4 está condicionada a estímulos en el conjunto C. Los estímulos de los conjuntos B y D nunca se entrenaron con R3 y R4. Sin embargo, debido a la equivalencia establecida previamente entre A y B (y entre C y D), los participantes llevan la R3 a los estímulos del conjunto B, y la R4 a los estímulos del conjunto D. Estas nuevas relaciones estímulo-respuesta reciben el nombre de *relaciones emergentes*, porque emergen como una consecuencia de la adquisición de la equivalencia sin ser entrenadas directamente.

Las relaciones emergentes son muy útiles en el entrenamiento de las habilidades verbales. Por ejemplo, después de entrenar a un niño para que nombre una fruta al ver una foto de la fruta (imagen → palabra), es probable que el niño sea capaz de seleccionar la imagen cuando se le proporcione la palabra (palabra → imagen). Esta relación de simetría es una habilidad emergente que no requiere entrenamiento directo. La antera es la posibilidad de enseñar a un participante que una rosa es una flor (rosa → flor), y que una flor es una planta (flor → planta). Después de aprender estas relaciones, el participante debe ser capaz de identificar correctamente que una rosa es una planta (rosa → planta) como una relación transitiva emergente sin un entrenamiento directo de la relación rosa → planta.

## Claves contextuales y relaciones condicionales

Hasta ahora hemos analizado el control de la conducta por estímulos discretos, como un tono o una luz, presentados en forma individual o en combinación con otros. Se dice que un estímulo es *discreto* si se presenta durante un breve periodo, tiene un principio y un final claro, y puede ser caracterizado fácilmente. Aunque los estudios con estímulos discretos han proporcionado mucha información sobre el control de estímulos de la conducta, tales estudios no cuentan toda la historia. Un análisis más exhaustivo de los estímulos experimentados por los organismos durante el curso del condicionamiento indica que los estímulos discriminativos discretos ocurren en presencia de claves contextuales de fondo. Las claves contextuales consisten en diferentes características (visual, auditiva y olfativa) del espacio o lugar donde se presentan los estímulos discriminativos discretos. Investigaciones recientes indican que las claves contextuales pueden proporcionar una importante fuente adicional de control de la conducta aprendida.

### Control por claves contextuales

Varios ejemplos de control de estímulos descritos al principio de este capítulo implicaban el control de la conducta por claves contextuales. Es más fácil concentrarse en el estudio cuando se está en la biblioteca de la universidad que en casa durante las vacaciones, debido al control contextual de la conducta *estudiar* ejercido por los estímulos experimentados en la biblioteca. Desvestirse es apropiado en el contexto de su dormitorio, pero no en una calle pública.

Las claves contextuales pueden llegar a controlar la conducta de diversas maneras (Balsam y Tomie, 1985; Urcelay y Miller, 2010). Por ejemplo, en un estudio de condicionamiento sexual, Akins (1998, experimento 1) utilizó claves contextuales como una señal para el reforzamiento sexual de la misma manera que podría ser utilizado un EC discreto. Una codorniz macho domesticada sirvió en el experimento, que se realizó en un aparato formado por dos compartimentos adyacentes. Un compartimento tenía arena en el suelo, y las paredes y el techo pintados de naranja; el otro tenía un piso de malla de alambre, y las paredes y el techo verdes. Antes del inicio de los ensayos de condicionamiento, a las aves se les permitió moverse hacia atrás y adelante entre los dos compartimentos para determinar su línea de base de preferencia de un compartimento sobre el otro. Luego el compartimento no preferido fue designado como el EC.

El ensayo de condicionamiento consistió en colocar a un ave macho en su contexto EC durante 5 minutos, momento en el cual una hembra sexualmente receptiva se colocó con éste

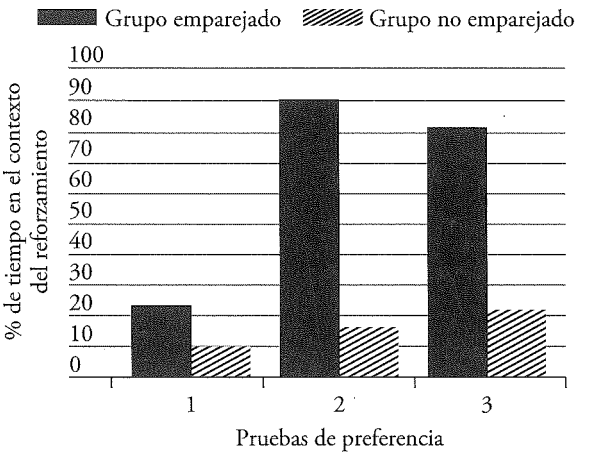



**FIGURA 8.11**
Desarrollo de una preferencia para un contexto distintivo emparejado (o no emparejado) con reforzamiento sexual en la codorniz macho domesticada. Para los sujetos en el grupo emparejado se realizaron cinco ensayos de condicionamiento entre pruebas sucesivas. (Basado en "Context Excitation and Modulation of Conditioned Sexual Behavior", C. K. Akins, *Animal Learning and Behavior, 26*, figura 1, p. 419.)

por otros 5 minutos. Por tanto, las aves recibieron la exposición al contexto EC emparejado con el reforzamiento sexual. Los individuos en el grupo control recibieron acceso a una hembra en su jaula 2 horas antes de ser colocados en el contexto EC, con las presentaciones de los EC y EI no emparejadas.

Además de la prueba de preferencia aplicada antes del comienzo del condicionamiento, se realizaron pruebas de preferencia después de los ensayos de condicionamiento quinto y décimo. Los resultados de estos ensayos se presentan en la figura 8.11. Observe que los grupos emparejados y no emparejados mostraron bajas preferencias similares para el compartimento de EC al principio del experimento. Esta baja preferencia persistió en el grupo control. En contraste, las aves que recibieron el contexto de EC emparejado con el reforzamiento sexual llegaron a preferir este contexto. Como resultado, la asociación de las claves contextuales con el reforzamiento sexual aumentó la preferencia por esas claves.

Los experimentos como el de Akins ilustran que las claves contextuales pueden llegar a controlar la conducta si sirven como una señal para un EI o un reforzador. Esta metodología es común en los estudios de condicionamiento drogas-lugar de preferencia. La técnica de condicionamiento del lugar de preferencia se utiliza para determinar si un psicoactivo tiene efectos reforzadores. Esta cuestión es especialmente importante en el desarrollo de nuevas drogas, porque aquellas que pueden condicionar un lugar de preferencia tienen el potencial de convertirse en sustancias de abuso.

Al igual que en el estudio de Akins, los participantes (normalmente ratas o ratones de laboratorio) en un experimento de condicionamiento del lugar de preferencia se familiarizan primero con dos contextos distintos. Uno de ellos se designa como el EC vinculado con la administración del fármaco en fase de evaluación. Después de la etapa de condicionamiento, los participantes son probados de nuevo respecto de su preferencia entre los dos contextos para ver si tienen ahora una mayor inclinación por el contexto emparejado con las drogas (ver Tzschentke, 2007, para una revisión). Los estudios de condicionamiento del miedo también emplean a menudo claves contextuales como EC (por ejemplo, McNally y Westbrook, 2006).

En los experimentos anteriores se utilizaron claves contextuales de la misma manera que un EC discreto. Por tanto, no es de extrañar que ganaran el control de la conducta. ¿Las claves contextuales también controlan la conducta cuando no señalan reforzamiento —cuando realmente son señales "de fondo" que el organismo no requiere específicamente para prestar atención—? Esta es una cuestión fundamental en el control de estímulos de la conducta instrumental. Se ha dedicado mucho trabajo a este asunto, y la respuesta es claramente *sí*. Las claves contextuales no tienen que indicar reforzamiento para ganar control sobre la conducta.

Un experimento clásico de Thomas, McKelvie y Mah (1985) ilustra el control por claves contextuales que no están correlacionadas con la disponibilidad del reforzamiento. Palomas fueron entrenadas primero en una discriminación de orientación de la línea, en la que una línea vertical (90°) sirvió como el E+ y una línea horizontal (0°) fungió como el E–. Las aves fueron reforzadas para picotear periódicamente en ensayos de E+ con alimento, y no se reforzaron en ensayos de E–. El entrenamiento se llevó a cabo en una caja de Skinner estándar (contexto 1).

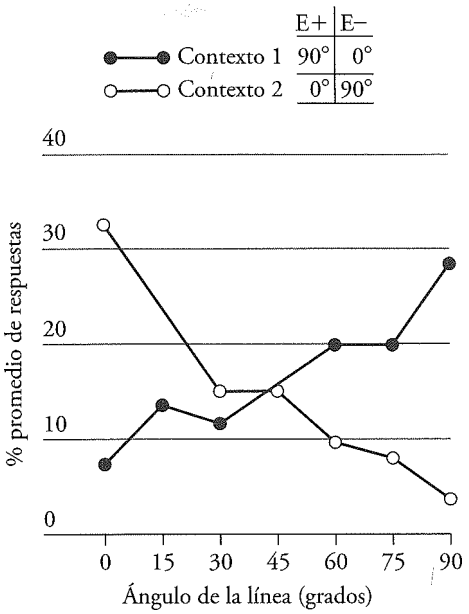



**FIGURA 8.12**
Gradiente de generalización obtenido con varios estímulos, consistentes en el ángulo de la línea, siguientes al entrenamiento en dos contextos diferentes. En el contexto 1 el estímulo de 90° sirvió como el E+, y el estímulo de 0° sirvió de E–. En el contexto 2, el estímulo de 0° sirvió como el E+ y el estímulo de 90° sirvió de E–. (Basado en "Context as a Conditional Cue in Operant Discrimination Reversal Learning", D. R. Thomas, A. R. McKelvie y W. L. Mah, 1985, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*, pp. 317-330.)

Después de que la discriminación fue bien aprendida, se modificaron las claves contextuales de la cámara experimental alterando la iluminación y el tipo de ruido en la cámara. En presencia de estas nuevas claves contextuales (contexto 2) se invirtieron las contingencias de entrenamiento en discriminación. Ahora la línea horizontal (0°) sirvió como el E+ y la línea vertical (90°) sirvió como el E–. Observe que a las palomas no se les exigía específicamente prestar atención a las claves contextuales. Simplemente estaban obligadas a aprender el nuevo problema de discriminación. (Podrían haber aprendido este nuevo problema sin cambiar las claves contextuales.)

Después de dominar el problema invertido, las aves recibieron pruebas de generalización en las que se les presentaron líneas de diversas orientaciones entre 0° y 90°. Una de estas pruebas se llevó a cabo en el contexto 1, y otra en el contexto 2. Los resultados de estos ensayos se presentan en la figura 8.12. Sorprendentemente, la forma del gradiente de generalización en cada contexto fue apropiada para el problema de discriminación que estaba en vigor en ese escenario. Así, en el contexto 1 las aves respondieron más al estímulo de 90° (que sirvió como el E+ en ese contexto) y menos al estímulo de 0° (que sirvió como E–). Un patrón opuesto de resultados se produjo en el contexto 2. Aquí las palomas respondieron más al estímulo de 0° y menos al de 90°, adecuado a las contingencias de discriminación inversa en vigor en este contexto. (Para un resultado similar en el aprendizaje predictivo humano, ver Ungor y Lachnit, 2006.)

Los resultados presentados en la figura 8.12 muestran que el control por claves contextuales puede desarrollarse sin un contexto, siendo más fuertemente asociado con un reforzamiento que con otro. Las palomas recibieron ensayos reforzados (E+) y no reforzados (E–) en los contextos 1 y 2. Un contexto no era una mejor clave que el otro para la disponibilidad del reforzador. (Para un estudio reciente relacionado, consulte Bonardi y Jennings, 2009.)

¿De qué modo los contextos 1 y 2 producen este tipo de respuestas contrastantes a ángulos de la línea? Una posibilidad estriba en que cada contexto activa una memoria diferente. El contexto 1 activa la memoria del reforzamiento con 90° y no reforzamiento con 0° (90+/0–). Por el contrario, el contexto 2 activa la memoria del reforzamiento con 0° y del no reforzamiento con 90° (90–/0+). En lugar de asociarse con un estímulo particular, cada contexto llegó a activar una contingencia E+/E– diferente. De este modo, los participantes aprendieron una **relación condicional**: si es el contexto 1, entonces 90+/0–; si es el contexto 2, entonces 90–/0+. La relación entre las orientaciones de la línea y el reforzamiento estaba condicionada al contexto en el que los participantes se encontraban en cada momento.

## RECUADRO 8.2

### *La función del hipocampo y la potenciación de largo plazo*

Una de nuestras habilidades más notables implica la rápida codificación de distintos episodios de nuestra vida, lo que proporciona una forma de memoria episódica. Podemos recordar lo que teníamos para el desayuno y dónde, un nuevo amigo que conocimos ayer, y dónde estacionamos el auto en el aeropuerto. Para recordar este tipo de información hay que codificar una forma de conjunción mental, una huella de memoria única que registra qué, cuándo y dónde se produjo un evento. La investigación ha demostrado que esta capacidad depende de una porción del cerebro anterior, el *hipocampo*, una estructura en forma de caballito de mar que se encuentra bajo la superficie cortical y que está ricamente interconectada con ésta (EP-6 al final del libro y figura 8.13A). Durante los últimos 50 años los investigadores han esclarecido su función y cómo se codifica biológicamente la información nueva (para revisiones recientes, consulte Buckner, 2010; Leuner y Gould, 2010; Wang y Morris, 2010).

Algunas ideas acerca de la función del hipocampo surgieron por primera vez desde el trabajo realizado con un paciente conocido durante su vida como simplemente H. M. En la década de 1950, este paciente fue sometido a la extracción bilateral del hipocampo y el tejido circundante para tratar convulsiones debilitantes (Squire y Wixted, 2011). Mientras que la cirugía redujo sus ataques, también dio lugar a un devastador deterioro de su memoria, que fue estudiado por Brenda Milner, quien encontró una notable especificidad en su deterioro. Podía reconocer objetos y comprender el significado de las palabras (*memoria semántica*). También podía recordar acontecimientos que ocurrieron años antes (*memoria a largo plazo*) y nueva información temporal (*memoria a corto plazo*), como un número telefónico. Sin embargo, perdió la capacidad para transferir la nueva información a la memoria a largo plazo y recordarla conscientemente más tarde. H. M. perdió capacidad para codificar distintos episodios de su vida, un déficit en la **memoria episódica** que también se observa en la demencia de la *enfermedad de Alzheimer*, lo que ocasiona una interrupción en la función del hipocampo.

El papel del hipocampo en el aprendizaje y la memoria ha sido estudiado ampliamente con animales de laboratorio y lesiones inducidas experimentalmente. Debido a que el hipocampo está altamente interconectado con la corteza suprayacente, recibe la entrada relacionada con múltiples dimensiones, incluyendo color, sonido, tiempo y ubicación. Por su unión con la constelación de señales que definen un momento particular en el tiempo, puede proporcionar una especie de foto instantánea que representa configuraciones de estímulos únicos. Lo que distingue al hipocampo es que logra esta hazaña de una manera rápida, por cierto en ausencia de reforzamiento explícito (O'Relly y Rudy, 2001; Rudy, 2009). Cuando usted entra a una sala nueva, codifica automáticamente el aspecto de la habitación con poco o ningún esfuerzo mental. Del mismo modo, una rata codificará la configuración única de las señales que definen un nuevo entorno (contexto). Esto se muestra fácilmente usando una tarea pavloviana a la que se le aplica una descarga leve (el EI) dentro de un contexto nuevo. Si la descarga se aplica 2 a 3 minutos después de que la rata es colocada en el medio ambiente, exhibirá miedo condicionado (congelación) cuando sea reexpuesta al mismo contexto al día siguiente. Sin embargo, si la descarga se suministra inmediatamente después de que la rata es colocada en la cámara, antes de que probablemente se pueda formar una representación conjunta del contexto, la rata falla al asociar el contexto con la descarga. Este *déficit de descarga inmediata* puede ser eliminado por la simple exposición de las ratas al contexto durante 2 a 3 minutos un día antes (Stote y Fanselow, 2004). Parece que los roedores primero deben codificar la configuración de las señales que definen un contexto antes de que el contexto pueda estar asociado con la descarga. Lesionar el hipocampo elimina esta capacidad (contexto condicionado). Es importante destacar que lo hace sin afectar la capacidad de aprender una señal discreta (por ejemplo, un tono) que predice una descarga. Como vimos anteriormente (recuadro 4.3), el condicionamiento del miedo depende de la región basolateral de la amígdala, donde se unen la señal (el EC) y la descarga (el EI). La diferencia radica en que una simple señal proporciona una entrada directa a la amígdala, mientras que el contexto condicionado depende de la derivación de una representación conjunta y la salida del hipocampo.

El aprendizaje espacial también depende de un conjunto de señales. Si usted tiene buena suerte pescando en un lago, es probable que vuelva a la misma zona. Para ello es necesario recordar su ubicación relativa, dadas las señales distantes en su entorno. Como veremos en el capítulo 11, las ratas son muy buenas para esto. Por ejemplo, recuerdan fácilmente dónde recuperaron un alimento en un laberinto radial o la ubicación de una plataforma sumergida en un depósito de agua (*laberinto de agua de Morris*). La investigación ha demostrado que el aprendizaje en estas tareas requiere un hipocampo intacto. Del mismo modo, las ratas explorarán un objeto nuevo o uno que se ha movido a una ubicación diferente. Si se lesiona el hipocampo, la rata se dará cuenta de que un objeto ha sido cambiado (*memoria objeto*) pero no de si ha cambiado su ubicación (*memoria espacial*).

Dado que el hipocampo juega un papel importante en el aprendizaje y la memoria, y su disfunción contribuye a la demencia, los investigadores han trabajado para descubrir los mecanismos neurobiológicos que le permiten codificar información nueva. Este trabajo ha revelado un sistema celular para la alteración de la fuerza sináptica que se utiliza en todo el sistema nervioso. Los estudios electrofisiológicos de Bliss y Lomo (1973) mostraron que una fuerte entrada neural puede fortalecer la

(*Continúa*)

## RECUADRO 8.2 (continuación)

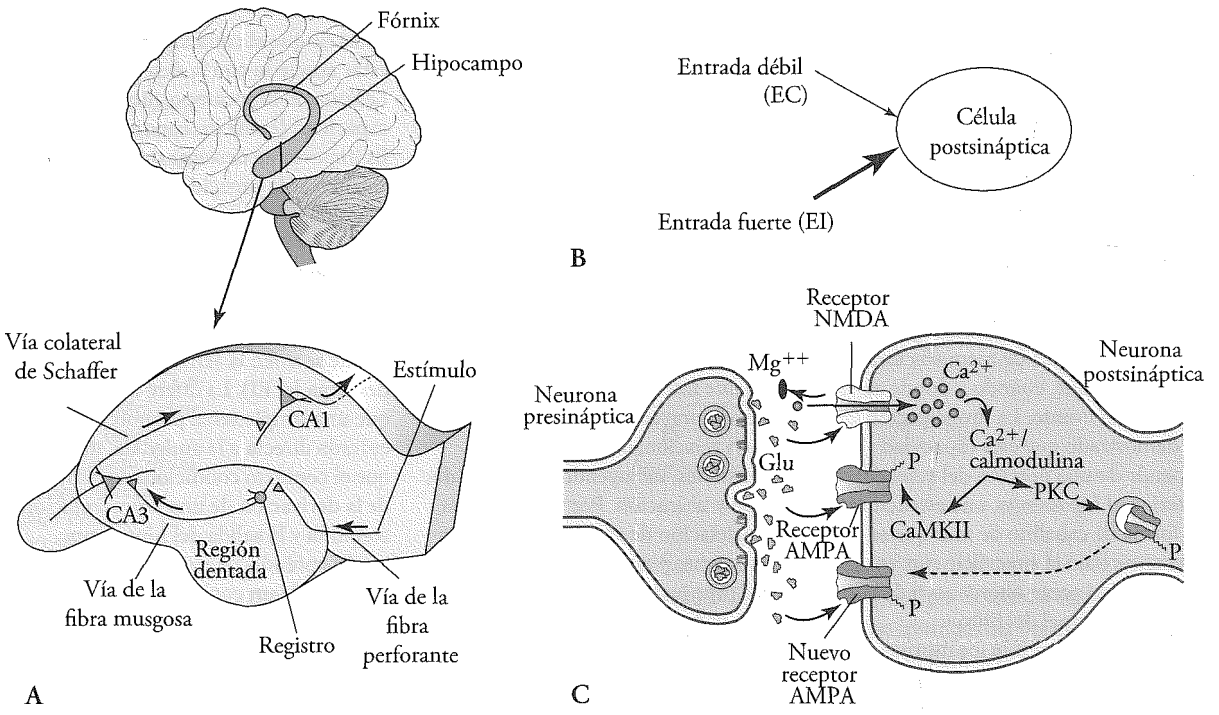



**FIGURA 8.13** (A) Una sección del hipocampo. Bliss y Lomo (1973) estimularon los axones de la vía perforante y registraron la respuesta observada en las fibras musgosas. Encontraron que una entrada fuerte ocasionó un incremento de duración prolongada en la respuesta provocada en las células de la vía de las fibras musgosas. (B) Diagrama esquemático de las relaciones neuronales que sustentan la asociatividad. Una célula tiene entrada débil (el EC) mientras que otra tiene una conexión fuerte (el EI). La conexión débil puede fortalecerse mediante la presentación emparejada de las entradas fuertes y débiles (adaptado de Kandel *et al*, 2013). (C) Si una célula postsináptica se somete a una despolarización suficientemente fuerte, se desaloja Mg++ desde el canal del NMDA, el cual permite entrar al Ca++ en la célula cuando el receptor NMDA es activado por el glutamato (Glu). La entrada de Ca++ se acopla a una proteína cinasa dependiente de la calmodulina (Ca++/calmodulina [CaMKII]) que activa (fosforilación) los receptores AMPA. También se acopla a una proteína cinasa (PKC) que fomenta la inserción de los receptores AMPA adicionales en la zona activa de la célula postsináptica (adaptado de Kandel *et al*, 2013).

conexión sináptica entre dos células. En estos estudios, los autores redujeron un electrodo en un paquete de neuronas en el hipocampo conocida como *vía perforante*, y aplicaron una corriente eléctrica (figura 8.13A). Las células que forman la sinapsis de la vía perforante en las neuronas del hipocampo reciben el nombre de *fibras musgosas*. Al registrar la actividad neuronal a través de los electrodos colocados cerca de los cuerpos celulares de la fibra musgosa, Bliss y Lomo obtuvieron una medida de la fuerza sináptica. Como es de esperar, la aplicación de un estímulo eléctrico moderado a la vía perforante desencadenó una actividad neuronal moderada en las fibras musgosas, y esta respuesta cambió poco con el tiempo. Pero si se proporcionaba una entrada fuerte, que causó una respuesta muy acentuada (despolarización) en las fibras musgosas, las entradas posteriores produjeron una respuesta mucho más grande. Este fenómeno se denomina **potenciación a largo plazo (PLP)**. Parece que una entrada fuerte puede reforzar efectivamente las conexiones sinápticas.

Curiosamente, el impacto de la estimulación depende de una variedad de factores, incluyendo la frecuencia de estimulación (Bear y Malenka, 1994; Habib y Dringenberg, 2010; Malenka y Bear, 2004). Cuando se aplica un estímulo de alta frecuencia (por ejemplo, 100 Hz), se observa típicamente PLP. Sin embargo, si se proporciona un estímulo de baja frecuencia (por ejemplo, 1 Hz), se induce un fenómeno opuesto, una *depresión a largo plazo* (*DLP*) que debilita las conexiones sinápticas. En ausencia de una DLP, la entrada para el hipocampo podría saturar la plasticidad, lo que impediría el aprendizaje posterior.

La PLP tiene una serie de propiedades que sugieren que juega un papel en el aprendizaje y la

(*Continúa*)

## RECUADRO 8.2 (continuación)

memoria (Dudai, 1989; Kandel *et al*, 2013). La más obvia es su *naturaleza duradera*. Otra cualidad importante es la *especificidad de la entrada*: la modificación se limita a esas sinapsis que están activas de forma simultánea. La PLP también exhibe una especie de *cooperatividad*. La inducción de la PLP requiere una fuerte respuesta en la célula postsináptica. Esta fuerte respuesta no tiene que provenir de una sola entrada. Más bien, varias entradas pueden trabajar juntas para conducir la célula postsináptica al umbral para el aprendizaje. Por otra parte, todos los insumos que contribuyen pueden beneficiarse. Una variación de esta cooperatividad produce una propiedad final, y más interesante: la *asociatividad* (figura 8.13B). Si una entrada débil está emparejada con una entrada fuerte, esta última será suficiente para acoplar la PLP en ambas conexiones. Como resultado, la entrada débil adquirirá la capacidad para conducir una respuesta en la célula postsináptica, de la misma manera que un EC adquiere la capacidad para generar una RC como resultado de ser emparejado con un EI.

Una entrada fuerte podría aumentar la fuerza de una sinapsis química e inducir PLP ya sea mediante el aumento de la cantidad del transmisor liberado o de la capacidad de respuesta de la célula postsináptica. La investigación sugiere que la PLP se debe en gran medida al aumento de la capacidad de respuesta de la célula postsináptica. La célula presináptica libera un neurotransmisor (*glutamato*) en el que pueden participar dos tipos de receptores (AMPA y NMDA) en la célula postsináptica (figura 8.13C). La participación del *receptor AMPA* (α-amino-3-hidroxi-5-metil-isoxazolpropiónico) permite entrar al Na+ en la célula e iniciar los procesos químicos que producen un potencial de acción (véase el recuadro 1.1). El **receptor NMDA** (N-metil-D-aspartato) funciona de una manera diferente y regula el flujo de Ca++ en la célula. En reposo, el canal del NMDA está bloqueado por el ion magnesio (Mg++). Para que el receptor NMDA pueda trabajar, este Mg++ debe ser desplazado, lo que requiere una gran despolarización de la célula postsináptica. Esto puede ser producido mediante la fuerte participación de los receptores AMPA en la misma sinapsis o de una despolarización proporcionada en otra sinapsis en la misma célula. En cualquier caso, cuando se retira el bloque de Mg++, la liberación de glutamato desde la célula presináptica se acopla con el receptor NMDA y permite que el Ca++ fluya en la célula. Esto inicia los procesos bioquímicos dentro de la célula que mejoran la función del receptor AMPA, lo que se consigue de dos maneras: una es mediante la alteración química (fosforilación) del receptor, una modificación que mejora el flujo de iones cargados positivamente en la célula; la otra es iniciando el movimiento (tráfico) de los receptores AMPA adicionales en la región activa de la membrana postsináptica (Malenka, 2003). Curiosamente, el tráfico incluso puede encender (despertar) una sinapsis que se quedó en silencio porque no había receptores AMPA en la zona activa. La DLP está mediada por procesos químicos análogos, pero en dirección opuesta.

Observe que el receptor NMDA actúa como un tipo de detector de coincidencia. Para que funcione deben cumplirse dos condiciones: que se presenten la liberación presináptica de glutamato y una fuerte despolarización. Observe también que el receptor NMDA sólo es necesario para la inducción de la PLP (o la DLP). Una vez que se ha cambiado la sinapsis, la comunicación sináptica depende sólo del receptor AMPA. Como resultado, los antagonistas de drogas que alteran la función del NMDA (por ejemplo, MK-801 o APV) previenen la inducción de la PLP, pero no su conservación.

Para explorar si la PLP del hipocampo juega un papel funcional en el organismo vivo (del latín *in vivo*, "dentro de la vida"), los investigadores han examinado si el tratamiento con un antagonista del NMDA afecta el aprendizaje y la memoria en las tareas que dependen de la función del hipocampo. Apoyar el vínculo propuesto, lo que altera la función del receptor NMDA, socava el condicionamiento del miedo a un contexto pero no a una señal (discreta) incorporada. Del mismo modo, el antagonista MK-801 del receptor NMDA interrumpe el aprendizaje espacial en el laberinto de agua de Morris. Es importante destacar que en ambos casos la infusión local del fármaco altera el aprendizaje, pero no la recuperación de la memoria. La investigación sugiere que el receptor NMDA también contribuye al aprendizaje y la memoria en otros sistemas neurales, incluyendo el cerebelo, la amígdala, el núcleo accumbens y la médula espinal (recuadros 3.2, 4.3, 7.1 y 10.1).

Si bien la pérdida de la función del hipocampo puede traer problemas de memoria devastadores con el envejecimiento o la enfermedad, esta es una razón para esperar que este proceso pudiera ser más lento. Superando el punto de vista que durante mucho tiempo se sostuvo de que las neuronas del cerebro no se regeneran, Gould y sus colegas han encontrado evidencia del nacimiento de nuevas neuronas (neurogénesis) en el hipocampo (Leuner y Gould, 2010). El ejercicio y el enriquecimiento ambiental promueven este proceso, mientras que el estrés inhibe la neurogénesis.

*J. W. Graw*

---

**memoria episódica** Memoria para eventos autobiográficos que se produjeron en un momento y lugar determinados.

**potenciación a largo plazo (PLP)** Aumento duradero de la excitabilidad neuronal observado en una neurona (postsináptica) que ha sido fuertemente despolarizada. La inducción de la PLP se ha relacionado con la activación del receptor NMDA.

**receptor NMDA** Receptor especializado que funciona como un canal cerrado. La participación del receptor requiere una fuerte despolarización (para desplazar el ion Mg++ que bloquea el canal) y la unión del neurotransmisor glutamato.

## Control mediante relaciones condicionales

Hasta ahora, en gran parte del libro se ha hecho hincapié en las relaciones que involucran dos eventos: un EC y un EI, o una respuesta y un reforzador. Las relaciones entre los dos eventos se llaman *relaciones binarias*. Bajo ciertas circunstancias, la naturaleza de una relación binaria está determinada por un tercer evento, llamado **modulador**. En el experimento anterior de Thomas y colaboradores (1985), cada contexto era un modulador. Sea o no que un estímulo de ángulo de línea particular se asociara con el reforzamiento, dependía de qué claves contextuales estaban presentes. La relación de un modulador con la relación binaria que señala recibe el nombre de *relación condicional*. Numerosos experimentos han indicado que los animales pueden aprender a usar moduladores para decir cuándo una relación binaria en particular lo es en efecto (ver comentarios de Holland, 1984, 1992; Schmajuk y Holland, 1998; Swartzentruber, 1995).

Ya hemos encontrado algunas relaciones condicionales sin haberlas señalado como tales. Un ejemplo es el entrenamiento en discriminación de estímulos instrumental. En un procedimiento de discriminación instrumental, el organismo es reforzado para responder durante el E+, pero no durante el E–. Los estímulos discriminativos E+ y E– son moduladores que indican la relación entre la respuesta y el reforzador. Existe una relación respuesta-reforzador durante el E+ (reforzamiento positivo), y una relación diferente durante el E– (no reforzamiento). Por tanto, los procedimientos de discriminación instrumental implican control condicional de la relación entre la respuesta y el reforzador.

***Control condicional en el condicionamiento pavloviano*** Las relaciones condicionales han sido ampliamente investigadas utilizando procedimientos de condicionamiento pavloviano. El condicionamiento clásico suele implicar una relación binaria entre un EC y un EI. El EC puede ser una breve señal auditiva (ruido blanco), y el EI puede consistir en alimento. Existe una fuerte relación entre el EC y el EI si el alimento se presenta inmediatamente después de cada ocurrencia del EC, pero no en otros momentos. ¿Cómo se podría establecer un control condicional durante tal relación EC–EI?

El establecimiento de una relación condicional requiere la introducción de un tercer evento (modulador) que indica cuándo la presentación del EC auditivo va a terminar en alimento. Por ejemplo, podría introducirse una luz, en presencia de la cual el breve EC auditivo sería seguido por el alimento. En ausencia de la luz, las presentaciones del EC auditivo no serían reforzadas. Este procedimiento se esquematiza en la figura 8.14. Al igual que en los procedimientos de discriminación instrumental, se llevan a cabo ensayos reforzados y no reforzados. Durante los ensayos reforzados la luz se enciende durante 15 segundos. A los 10 segundos de luz se enciende el ruido EC por 5 segundos, seguido inmediatamente por el alimento EI. Durante los ensayos no reforzados el ruido EC se presenta por sí mismo y no termina en alimento.

El procedimiento descrito es similar al realizado por Fetsko, Stebbins, Gallagher y Colwill (2005) en un estudio con ratones endogámicos. (Existe gran interés en la adaptación de las técnicas de condicionamiento utilizadas con ratones para que los problemas de aprendizaje y memoria puedan ser estudiados en roedores especialmente creados por ingeniería genética.) Se utilizó una luz como modulador sobre los ensayos reforzados, y el EC objetivo fue un estímulo de ruido de 5 segundos. La comida fue entregada en un comedero empotrado en la pared de la cámara experimental. Un detector infrarrojo registró cada vez que el ratón metió

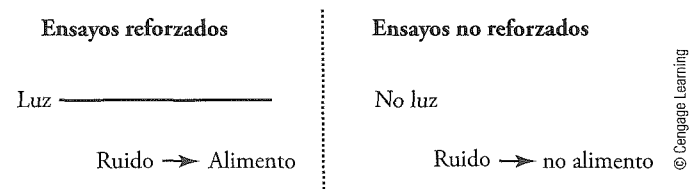



**FIGURA 8.14**
Procedimiento para establecer el control del estímulo condicional en el condicionamiento clásico. En ensayos reforzados se presenta un estímulo de luz (modulador) y el EC (ruido) se empareja con la comida. En ensayos no reforzados el modulador está ausente y el EC (ruido) se presenta sin comida.

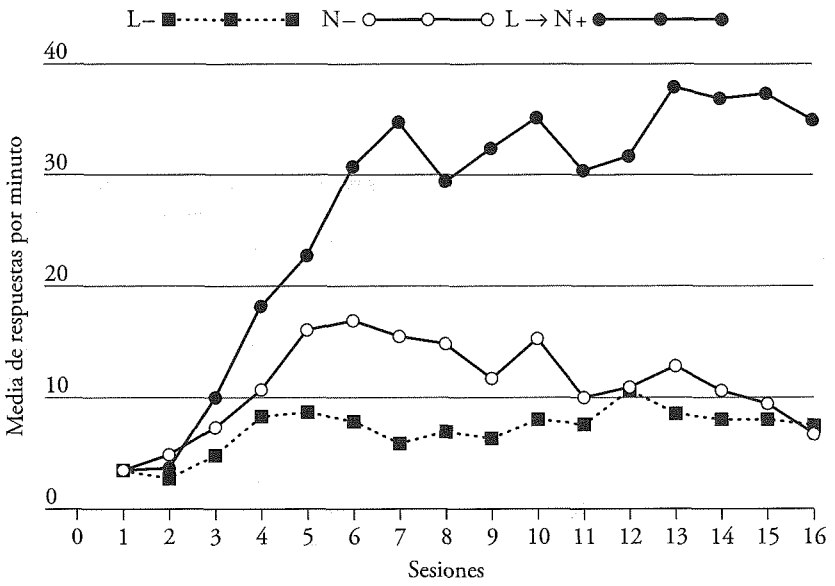



**FIGURA 8.15**
Introducciones de la cabeza en el comedero durante un estímulo de luz y uno de ruido cuando estos estímulos se presentaron solos (L– y N–), sin comida, y cuando el ruido se presentó al final del estímulo luminoso y vinculado con el alimento (L → N+). (Basado en Fetsko, Stebbins, Gallagher y Colwill, 2005.)

la cabeza en el comedero. Como el ruido EC llegó a ser asociado con los alimentos, los ratones mostraron un aumento de inserciones de la cabeza en el comedero durante el EC. Estas inserciones anticipatorias se midieron como respuesta condicionada.

Los resultados del experimento se presentan en la figura 8.15. Los ratones mostraron mucho más introducciones de la cabeza en el comedero durante el ruido EC cuando éste se presentó en el extremo de la luz (L → N+) que en ensayos en los que el ruido EC se presentó por sí mismo (N–). El experimento también incluyó ensayos con la luz presentada por sí misma (L–). Los ratones mostraron igualmente niveles bajos de respuesta. Estos resultados evidencian que el modulador (L) facilitó la respuesta al ruido EC. Esto ocurrió a pesar de que el propio modulador no provocó la respuesta. Así como un estímulo discriminativo facilita la conducta instrumental, el modulador facilitador del EC causa la respuesta en este experimento.

La investigación sobre la modulación de la respuesta condicionada en el condicionamiento pavloviano fue iniciada por Peter Holland (Holland, 1985; Ross y Holland, 1981) y Robert Rescorla (Rescorla, 1985). Holland eligió llamar *establecimiento de la ocasión* a un modulador pavloviano, porque el modulador *establece* la ocasión para el refuerzo del EC objetivo, mientras que Rescorla eligió llamar *facilitador* a un modulador pavloviano, porque el modulador *facilita* la respuesta al EC objetivo. Los términos **establecimiento de la ocasión** y **facilitación** se han utilizado en las discusiones posteriores de la modulación pavloviana.

Es interesante notar que el procedimiento indicado en la figura 8.14 es inverso al procedimiento estándar para el condicionamiento inhibitorio (figura 3.11). Para convertir el procedimiento descrito en la figura 8.14 en uno que se traduzca en el condicionamiento de propiedades inhibitorias al ruido, todo lo que se tiene que hacer es lo inverso al tipo de ensayo que incluye la luz. En lugar de presentar la luz sobre los ensayos reforzados, ésta se presentaría en ensayos no reforzados en un procedimiento de inhibición condicionada.

La presentación de la luz sobre ensayos no reforzados haría de ésta una señal para el no reforzamiento del ruido EC, y podría convertirla en un inhibidor condicionado (véase el capítulo 3). Este ejemplo muestra que el procedimiento para el condicionamiento inhibitorio pavloviano implica una relación condicional, justo como lo hacen los procedimientos de establecimiento de la ocasión positiva y de facilitación. Este argumento también sugiere que la inhibición condicionada puede ser el opuesto conceptual de la facilitación o el establecimiento de la ocasión positiva más que el opuesto de la excitación condicionada (Rescorla, 1987).

***Distinción entre excitación y modulación*** Los estudios del establecimiento de la ocasión positiva o de la facilitación (figura 8.14) son importantes no sólo porque ilustran que el condicionamiento clásico está sujeto a control condicional, sino también porque implican un nuevo mecanismo de aprendizaje. El establecimiento de la ocasión positiva o de la facilitación es diferente de la excitación condicionada.

Como lo muestran los resultados presentados en la figura 8.14, el estímulo de luz fue eficaz para facilitar la respuesta a los ruidos del EC en ensayos L → N+, pero la luz misma no provocó respuesta en los ensayos L–. Esto demuestra que un modulador no necesita tener propiedades excitatorias condicionadas. De hecho, las propiedades excitatorias condicionadas a un estímulo no hacen de la función de estímulo un modulador (Holland, 1985; Rescorla, 1985).

La evidencia adicional para una distinción entre la modulación y la excitación condicionada se basa en los efectos de los procedimientos de extinción. La *extinción* se refiere a un procedimiento en el que un EC previamente condicionado se presenta en varias ocasiones, pero ahora sin el EI. En el capítulo 9 analizaremos la extinción con mayor detalle. El resultado típico de la extinción estriba en que la respuesta condicionada disminuye. Curiosamente, el mismo procedimiento (presentaciones repetidas de estímulos no reforzados) efectuado con un modulador a menudo no tiene efecto. Una vez que se ha definido un estímulo para el establecimiento de la ocasión para una relación EC–EI, generalmente las presentaciones repetidas del estímulo por sí mismo no reducen su capacidad para facilitar la respuesta condicionada al EC (por ejemplo, Holland, 1989*a*; Rescorla, 1985).

La diferencia en los efectos de un procedimiento de extinción sobre los estímulos y los moduladores excitatorios condicionados está relacionada con lo que está siendo señalado. Un estímulo excitatorio condicionado señala la próxima presentación del EI. La ausencia del EI después de la presentación del EC durante la extinción es una violación a esa expectativa. Por tanto, el valor de la señal del EC tiene que ser reajustado en extinción para que esté en consonancia con la nueva realidad. En contraste, un modulador señala una relación entre un EC y un EI. La ausencia del EI cuando el modulador se presenta por sí solo no significa que la relación entre el EC objetivo y el EI haya cambiado. Por ende, la información señalada por un modulador no es invalidada por la presentación del modulador por sí mismo durante la extinción. En consecuencia, la capacidad del modulador para promover la respuesta provocada por otro EC permanece intacta durante la extinción.

***Modulación* versus *condicionamiento configuracional*** No todos los procedimientos de discriminación como el ilustrado en la figura 8.14 resultan en el aprendizaje de una relación condicional entre los estímulos implicados. En ensayos reforzados en este procedimiento, un estímulo compuesto presentado consiste en la luz y el ruido del EC. Como se señaló anteriormente, los organismos pueden responder a un estímulo compuesto, ya sea en términos de los elementos que conforman el compuesto, o en términos de la configuración del estímulo único producido por los elementos. Para que la luz sirva como una señal de que el ruido será emparejado con el alimento, las señales de luz y ruido tienen que ser tratadas como eventos independientes en lugar de como una señal configuracional combinada (Holland, 1992).

Para inducir a los organismos a tratar estímulos compuestos como un conjunto de elementos independientes, los investigadores han presentado los elementos uno tras otro en lugar de simultáneamente. En ensayos reforzados, generalmente primero se presenta el modulador, seguido por el EC objetivo y el reforzamiento. Así se diseñó el procedimiento en la figura 8.14. La luz comenzó 10 segundos antes del ruido en cada ensayo reforzado. En muchos experimentos con establecimiento de la ocasión, Holland incluso insertó una brecha de 5 segundos entre el modulador y el EC objetivo. Una brecha así desalienta la percepción de una configuración de estímulo basada en el establecimiento de la ocasión y el EC objetivo. Si el modulador y el EC objetivo se presentan simultáneamente, a menudo no se observan efectos moduladores (por ejemplo, Holland, 1986).

## Comentarios finales

El control de estímulos se refiere precisamente a cómo es sintonizada la conducta de un organismo con las características específicas del entorno. Por tanto, el estudio del control de estímulos es fundamental para la comprensión de cómo un organismo interacciona con su entorno. El control de estímulos se mide en términos de la inclinación de los gradientes de generalización. Un gradiente de generalización pronunciado indica que pequeñas variaciones en un estímulo producen grandes diferencias en la respuesta. Un control de estímulo débil se indica con gradientes de generalización planos.

El grado del control de estímulo está determinado por numerosos factores, incluyendo la capacidad sensorial del organismo, la saliencia relativa de otras señales en la situación y el tipo de reforzamiento utilizado. Es importante destacar que el control de estímulos es también una función del aprendizaje. El entrenamiento en discriminación aumenta el control de la conducta por el estímulo si dicho entrenamiento implica estímulos que difieren en diversos aspectos (discriminación interdimensional) o que difieren sólo en un aspecto (discriminación intradimensional). El entrenamiento en discriminación intradimensional produce un control de estímulo más preciso y puede conducir al resultado contrario a la intuición de que el más alto nivel de respuesta se aleja del estímulo reforzado. Lo inverso al entrenamiento en discriminación es el entrenamiento en equivalencia, que aumenta la generalización de la conducta a una variedad de estímulos físicamente diferentes porque todos esos estímulos conducen al mismo resultado o causan la misma respuesta.

No sólo los estímulos discretos sino también las claves contextuales de fondo pueden llegar a controlar la conducta. Por otra parte, el control de estímulos por claves contextuales puede desarrollarse incluso cuando no se requiere atención a estas claves para optimizar el reforzamiento. Por último, la conducta puede estar bajo el control de las relaciones condicionales entre estímulos, en el cual un estímulo activa una asociación entre otros dos eventos.

## Preguntas de estudio

1. Describa la relación entre la discriminación y la generalización del estímulo.
2. Explique el fenómeno del ensombrecimiento, y la forma en que éste se puede explicar mediante los enfoques elemental y configuracional del control del estímulo.
3. Describa cómo la pendiente de un gradiente de generalización puede ser modificada por la experiencia y el aprendizaje.
4. Explique la diferencia entre el entrenamiento en discriminación intradimensional e interdimensional.
5. Describa el efecto de cambio de pico y sus determinantes.
6. Explique las formas en que las claves contextuales pueden controlar la conducta.
7. Compare y contraste las propiedades de la excitación condicionada y el modulador o establecimiento de la ocasión del estímulo.

## Términos clave

**discriminación de estímulos** Respuesta diferencial en presencia de dos o más estímulos.

**discriminación intradimensional** Discriminación entre estímulos que difieren sólo en términos del valor de una característica del estímulo, como el color, el brillo o el tono.

**efecto de cambio de pico** En un gradiente de generalización, es el desplazamiento de la mayor tasa de respuesta lejos del E+ y en dirección opuesta al E–.

**enfoque de la clave configuracional** Enfoque del análisis del control de estímulo que supone que los organismos responden a un estímulo compuesto como un todo integral más que como una colección de elementos del estímulo separados e independientes. (Compárese con el *enfoque de los elementos del estímulo.*)

**enfoque de los elementos del estímulo** Enfoque del análisis del control de estímulos compuestos que asume que los participantes responden a un estímulo compuesto en términos de los elementos del estímulo que forman el compuesto. (Compárese con el *enfoque de la clave configuracional.*)

**ensombrecimiento** Interferencia con el condicionamiento de un estímulo debido a la presencia simultánea de otro estímulo que es más fácil de condicionar.

**entrenamiento en discriminación del estímulo** Entrenamiento con un procedimiento de discriminación de estímulos que resulta en discriminación del estímulo.

**equivalencia de estímulos** Respuesta a estímulos físicamente distintos como si fueran el mismo, debido a experiencias previas comunes con los estímulos.

**establecimiento de la ocasión** Es lo mismo que *facilitación.*

**estímulo discriminativo** Estímulo que controla el desempeño de la conducta instrumental porque señala la disponibilidad (o no disponibilidad) del reforzamiento.

**facilitación** Procedimiento en el que una señal indica cuándo se reforzará otra señal. También se le llama *establecimiento de la ocasión.*

**generalización del estímulo** Respuesta a los estímulos de prueba que son diferentes de las señales que estaban presentes durante el entrenamiento.

**gradiente de generalización del estímulo** Gradiente de respuesta observado si los participantes son probados con estímulos que difieren cada vez más de los estímulos que estuvieron presentes durante el entrenamiento. (Ver también *gradiente de generalización excitatorio.*)

**gradiente de generalización excitatorio** Gradiente de respuesta que se observa cuando los organismos se prueban con el E+ de un procedimiento de discriminación y con los estímulos que difieren cada vez más del E+. Típicamente, el nivel de respuesta más alto se produce con el E+; progresivamente se generan menos respuestas a los estímulos que difieren cada vez más del E+. Por tanto, el gradiente tiene forma de U invertida.

**modulador** Estímulo que señala la relación entre otros dos eventos. Un modulador puede ser una señal de que un EC será seguido por un EI o de que se reforzará una respuesta instrumental. El modulador es parte de una relación condicional en la que el estado de una relación binaria depende del estado del modulador.

**patrón negativo** Procedimiento de discriminación en el que el reforzador se proporciona cuando cada uno de dos estímulos aparece por sí mismo (A+ y B+) pero no cuando los dos estímulos aparecen simultáneamente (AB–).

**patrón positivo** Procedimiento de discriminación en el que se proporciona reforzamiento cuando dos estímulos (A y B) se presentan simultáneamente (AB+) pero no cuando esos estímulos aparecen por sí mismos (A– y B–).

**procedimiento de discriminación del estímulo** (en el condicionamiento clásico) Procedimiento de condicionamiento clásico en el que un estímulo (EC+) se empareja con el EI en algunos ensayos y otro estímulo (EC–) se presenta sin el EI en otros ensayos. Como resultado de este procedimiento, el EC+ trata de provocar una respuesta condicionada y el EC– viene a inhibir esta respuesta.

**procedimiento de discriminación del estímulo** (en el condicionamiento instrumental) Procedimiento en el que el reforzamiento para la respuesta está disponible siempre que esté disponible un estímulo (E+ o $E^D$), y que no está disponible cuando otro estímulo (E– o $E^\Delta$) está presente.

**programa de reforzamiento múltiple** Procedimiento en el que diferentes programas de reforzamiento están en vigor en presencia de diferentes estímulos presentados en serie. En general, cada estímulo viene a evocar un patrón de respuesta que corresponde a cualquier programa de reforzamiento que esté en vigor durante ese estímulo.

**relación condicional** Relación en la que el significado de un estímulo o evento depende de la situación de otro estímulo.

CAPÍTULO 9

# Extinción de la conducta condicionada

**Efectos de los procedimientos de extinción**
**Formas de recuperación de la extinción**
Recuperación espontánea
Renovación de la respuesta condicionada
Restablecimiento de la respuesta condicionada
Resurgimiento de la conducta condicionada
**Optimización de la extinción**
Número y espaciamiento de los ensayos de extinción
Extinción inmediata *versus* retardada
Repetición de ciclos de extinción/prueba
Conducción de la extinción en múltiples contextos
Presentación de señales recordatorias de la extinción
Extinción de estímulos compuestos
Facilitación de la extinción y actualización de la memoria para la reconsolidación
**¿Qué se aprende en la extinción?**
**Efectos paradójicos de la recompensa**
Mecanismos del efecto del reforzamiento parcial en la extinción
**Resistencia al cambio y momento conductual**
**Comentarios finales**
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PRELIMINAR DEL CAPÍTULO

Este capítulo representa una desviación de los capítulos anteriores, ya que por primera vez la atención se centra en procedimientos que generan una disminución en la respuesta. La extinción sólo puede llevarse a cabo después de que se ha establecido una respuesta o asociación mediante el condicionamiento pavloviano o instrumental. A menudo, el objetivo consiste en revertir los efectos de la adquisición. Sin embargo, una verdadera reversión de la adquisición raramente se consigue, y quizá no sea posible. Los fenómenos de la recuperación espontánea, la renovación, el restablecimiento y el resurgimiento atestiguan el hecho de que la extinción no borra lo aprendido con anterioridad. La evidencia adicional indica que las asociaciones E–C y R–C sobreviven a los procedimientos de extinción. En lugar de borrar el aprendizaje antiguo, la extinción parece implicar el aprendizaje de una nueva asociación inhibitoria E–R. La inhibición se debe a los efectos "frustrantes" de la inesperada ausencia de la recompensa. La frustración producida por la falta de recompensa es responsable de un número de efectos paradójicos de la recompensa, incluyendo el efecto del reforzamiento parcial en la extinción. El reforzamiento intermitente o parcial permite a los organismos aprender acerca de la falta de recompensa para que se inmunicen contra los efectos de la extinción. Este tipo de resistencia al cambio es también el tema de los estudios de dinámica conductual que se describen al final del capítulo.

Hasta ahora nuestra discusión sobre los condicionamientos clásico e instrumental se ha centrado en diversos aspectos de la adquisición y el mantenimiento de nuevas asociaciones y respuestas. El aprendizaje es útil porque las nuevas respuestas que se adquieren a menudo facilitan la adaptación a un entorno cambiante. Pero los cambios en el medio ambiente también pueden favorecer la pérdida de la conducta condicionada. No muchos programas de reforzamiento permanecen en vigor para siempre. Las respuestas que tienen éxito en un momento pueden dejar de ser efectivas después. Los niños son elogiados por dibujar representaciones rudimentarias de personas y objetos en la guardería, pero el mismo tipo de dibujo no es recompensado si es realizado por un estudiante de secundaria. Salir con alguien puede ser muy agradable y gratificante al principio, pero el reforzamiento se detiene cuando esa persona se enamora de alguien más.

La adquisición de la conducta condicionada implica procedimientos en los que se produce un resultado reforzante. En el condicionamiento pavloviano el resultado o estímulo incondicionado (el EI) se presenta como consecuencia de un estímulo condicionado (EC). En el condicionamiento instrumental el resultado del reforzamiento se presenta como una consecuencia de la respuesta instrumental. La **extinción** implica la omisión del EI o reforzador. En el condicionamiento clásico implica presentaciones repetidas del EC sin el EI. En el condicionamiento instrumental la extinción ya no involucra la presentación del reforzador cuando se produce la respuesta. Con ambos tipos de procedimientos la respuesta condicionada disminuye. Por tanto, el cambio de conducta que se produce en la extinción es el inverso del observado en la adquisición. Debido a esto, la extinción parece ser el opuesto de la adquisición. De hecho, así se ha caracterizado en algunas teorías del aprendizaje, como en el modelo Rescorla-Wagner (véase el capítulo 4). Sin embargo, como se muestra en la evidencia descrita en el presente capítulo, esta visión de la extinción es incorrecta.

Es importante señalar que la pérdida de la conducta condicionada que se produce como consecuencia de la extinción no es la misma que la pérdida de la respuesta que puede ocurrir a causa del **olvido**. La extinción es un proceso activo producido por la omisión de un EI o un reforzador esperado. El olvido, por el contrario, es una disminución en la respuesta que ocurre debido al paso del tiempo, y no requiere el no reforzamiento del EC o la respuesta instrumental.

La extinción es una de las áreas más prominentes de la investigación en el aprendizaje actual. Las investigaciones de extinción conductual están siendo desarrolladas tanto en los paradigmas del condicionamiento apetitivo como en el condicionamiento aversivo o del miedo siguiendo el condicionamiento clásico e instrumental (Bouton y Woods, 2008; Lattal y Lattal, 2012; Lattal *et al*, 2013). También está siendo estudiada a nivel de las estructuras cerebrales, los sistemas neurotransmisores y los mecanismos celulares y genéticos. Se tienen progresos impresionantes en la neurociencia y la neurobiología de la extinción, especialmente en el caso del miedo condicionado (por ejemplo, Peters, Kalivas y Quirk, 2009; Stafford y Lattal, 2011).

La extinción es también una de las áreas más álgidas de la investigación aplicada, que busca mejorar la práctica clínica basada en los hallazgos de laboratorio (por ejemplo, Bouton y Nelson, 1998; Gillihan y Foa, 2011). La fobia social, el miedo a volar, la claustrofobia, y otros miedos y fobias patológicos se tratan generalmente con alguna forma de terapia de exposición (por ejemplo, Meuret *et al*, 2012). La terapia de exposición es, básicamente, un procedimiento de extinción en el que los participantes están expuestos a las señales que provocan el miedo en ausencia del EI aversivo. La exposición al estímulo que causa el miedo real es el mejor camino para llevar a cabo la terapia de exposición, pero con frecuencia no es práctico. Tener clientes imaginando estar en la situación de miedo puede ser útil. Sin embargo, la exposición más vívida y realista ahora es posible con el uso de técnicas de realidad virtual (por ejemplo, Parsons y Rizzo, 2008). La terapia de exposición también es utilizada en el tratamiento de la adicción a las drogas, con objeto de eliminar las señales asociadas con la conducta de consumo. Un examen más cuidadoso de la literatura de investigación básica relevante promete mejorar sustancialmente la eficacia de la terapia de exposición en esta área (Conklin y Tiffany,

2002; Kaplan, Heinrichs y Carey, 2011). (Para la investigación traslacional sobre la extinción centrada en los mecanismos neurobiológicos, consulte Maren, 2011; Milad y Quirk, 2012.)

## Efectos de los procedimientos de extinción

¿Qué haría si la llave de su apartamento inesperadamente no funciona y no puede entrar? Lo más probable es que no se rendiría después del primer intento; lo intentaría varias veces más, y quizás movería la llave en la cerradura de diferentes maneras en cada ocasión. Pero si ninguna de esas variaciones de respuesta funciona, usted eventualmente dejaría de intentarlo. Esto ilustra dos efectos básicos de la conducta de extinción. El efecto conductual más obvio indica que la respuesta objetivo disminuye cuando la respuesta ya no se traduce en reforzamiento. Este es el efecto conductual principal de la extinción y el resultado que ha ocupado la mayor parte de la atención de los científicos. Las investigaciones de extinción se han preocupado por la rapidez con que disminuye la respuesta y la duración de esta supresión. Si la llave de su apartamento no abre la puerta, usted dejará de intentarlo. Sin embargo, note que antes de renunciar por completo es probable que mueva la llave de diversas maneras en un esfuerzo por hacer que funcione. Esto ilustra el segundo efecto de la conducta básica de extinción; a saber, que produce un aumento de la variabilidad de la respuesta.

Los dos efectos básicos de la conducta de extinción están muy bien ilustrados en un estudio con ratas de laboratorio (Neuringer, Kornell y Olufs, 2001). Dos grupos sirvieron en el experimento. El aparato y el procedimiento fueron creados para facilitar la medición de la variabilidad de la respuesta. La cámara experimental tenía dos palancas de respuesta en una pared y una tecla de respuesta redonda en la pared opuesta. Durante la fase de reforzamiento las ratas tuvieron que emitir tres respuestas en serie para obtener una bolita de comida. Por ejemplo, podían presionar la palanca de la izquierda (I) tres veces (III), pulsar cada palanca (D [derecha] e I) y la tecla (T) de respuesta una vez (DIT), o pulsar dos veces la palanca izquierda y una vez la tecla (IIT). Un grupo de ratas fue reforzada por *var*iar sus secuencias de respuesta (grupo Var). Obtenía comida sólo si la secuencia de respuestas que emitía en un ensayo particular era diferente de la que intentó en los ensayos anteriores. Cada participante en el segundo grupo también tuvo que aplicar tres respuestas para ser reforzado, pero para ellos no había necesidad de variar la forma en que lo lograran (grupo acoplado [Acop]). Después de que la respuesta fue bien establecida por las contingencias de reforzamiento en ambos grupos, se introdujo la extinción, y ya no se proporcionó el alimento sin importar lo que hicieran las ratas.

La figura 9.1 muestra los resultados de la experiencia de los últimos cuatro periodos de sesiones de la fase de reforzamiento, y de las cuatro primeras sesiones de la fase de extinción. El panel de la izquierda representa la variabilidad en las secuencias de respuesta que realizó cada grupo; el panel de la derecha representa los grados de respuesta. Observe que el reforzamiento produjo la diferencia esperada entre los dos grupos en función de la variabilidad de sus secuencias de respuesta. Los participantes reforzados por variar sus respuestas (grupo Var) mostraron mucha más versatilidad que aquellos que no tenían que variar su conducta (grupo Acop). El segundo grupo respondió algo más rápido, tal vez porque no tenía que moverse con la frecuencia de una manipulación a otra.

La extinción produjo una disminución de la tasa de respuesta en ambos grupos (véase el panel derecho de la figura 9.1). Curiosamente, esta disminución ocurrió frente a un aumento de la variabilidad de las secuencias de respuesta realizadas por los participantes (véase el panel izquierdo de la figura). Ambos grupos mostraron un incremento significativo en la variabilidad de las secuencias de respuesta que realizaron durante la fase de extinción. El aumento de la variabilidad de la respuesta se hizo evidente durante la primera sesión de extinción y se incrementó durante las sesiones posteriores. Por consiguiente, la extinción produjo un descenso en el número de secuencias de respuesta que los participantes completaron, pero aumentó la variabilidad de esas secuencias.

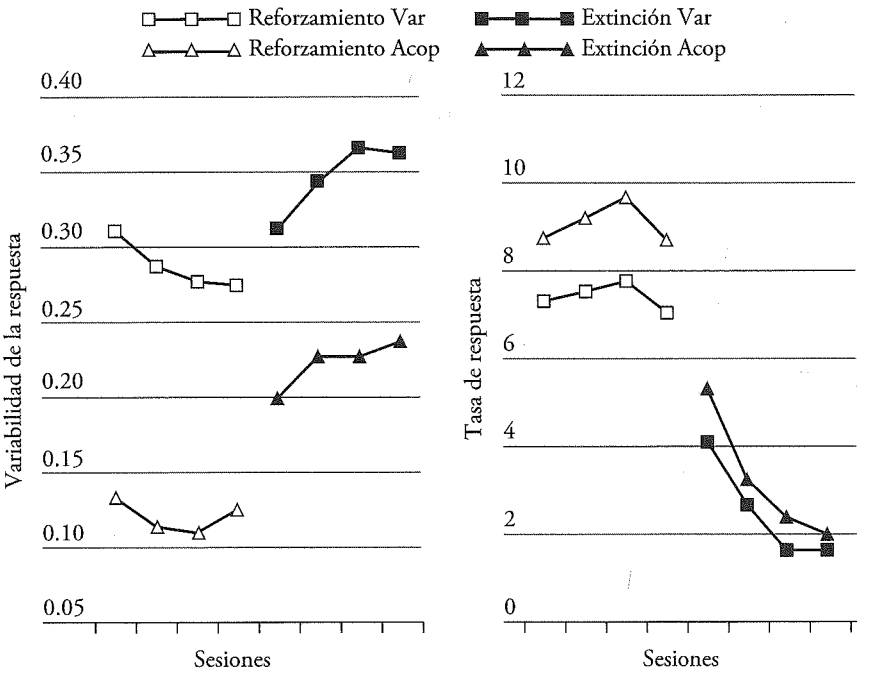



**FIGURA 9.1** Efectos de la extinción en la variabilidad de la respuesta (panel izquierdo) y las tasas de respuesta (panel derecho) de las ratas, que debían realizar secuencias de respuesta variables para obtener reforzamiento (Var) o para recibir reforzamiento independientemente de su secuencia de respuesta (Acop). Los símbolos huecos representan las cuatro últimas sesiones de la fase de reforzamiento. Los símbolos rellenos representan las cuatro primeras sesiones de la fase de extinción. (La variabilidad de la respuesta se midió en términos de la probabilidad de cumplir el criterio de variabilidad. La tasa de respuesta fue medida en términos del número de tres secuencias de respuesta completadas por minuto.) (Basado en Neuringer *et al*, 2001, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 27*, figura 4, p. 84.)

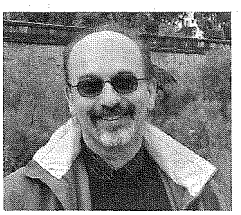
Otro hallazgo interesante consistió en que el aumento de la variabilidad de la respuesta que se produjo durante la extinción no ocurrió a expensas de que las ratas repitieran las secuencias de respuesta que habían realizado durante la fase de reforzamiento. Las secuencias de respuesta que era altamente probable que ocurrieran durante la fase de reforzamiento continuaron presentándose durante la extinción. Pero éstas fueron complementadas por otras secuencias que los participantes rara vez intentaron antes. Estudios posteriores han demostrado que el aumento de la variabilidad de la respuesta no es única para la extinción, sino que también se obtiene con procedimientos en los que los participantes reciben un bajo índice o magnitud de refuerzo (Stahlman y Blaisdell, 2011; Stahlman, Roberts y Blaisdell, 2010).

Además de los efectos conductuales ilustrados en la figura 9.1, los procedimientos de extinción a menudo también producen fuertes efectos emocionales (Amsel, 1992; Papini, 2003). Si un organismo se ha acostumbrado a recibir el reforzamiento por una respuesta particular, puede llegar a molestarse cuando los reforzamientos ya no son entregados. La reacción emocional provocada por el retiro de un reforzador esperado se denomina **frustración**. La frustrante falta de recompensa energiza la conducta. Bajo ciertas condiciones, la frustración puede ser lo suficientemente intensa como para inducir agresión. Cuando una máquina expendedora se rompe y ya no ofrece la barra de chocolate esperada, es probable que usted se moleste y llegue a golpear y a patear la máquina. Si su pareja le invita a una cita cada sábado por la noche, seguramente será muy molesto si llama una tarde de sábado para cancelar de forma inesperada la cita.



Cortesía de Aaron Blaisdell

Aaron Blaisdell



Cortesía de M. R. Papini

M. R. Papini

La agresión inducida por la extinción fue demostrada dramáticamente por un experimento en el que dos palomas fueron colocadas en la misma caja de Skinner (Azrin, Hutchinson y Hake, 1966). Una de ellas fue reforzada inicialmente por picotear una tecla de respuesta, mientras que la otra ave fue restringida a la esquina trasera de la cámara experimental. Después de que el picoteo estuvo bien establecido, el ave que picoteaba la tecla experimentó periodos alternados de **reforzamiento continuo (RFC)** y extinción. Mientras que el reforzamiento estaba disponible para el picoteo, el ave que picoteaba la tecla ignoraba al otro pájaro instalado en la parte posterior de la cámara. Sin embargo, cuando se introdujo la extinción, la paloma previamente recompensada atacó a su compañero inocente. La agresión fue más probable al

principio de cada periodo de extinción y disminuyó a partir de entonces. La agresión también ocurría si se colocaba un modelo de peluche en lugar de una paloma verdadera en la caja de Skinner. La agresión inducida por la extinción se ha observado en estudios con palomas, ratas y personas, y puede ser un problema cuando la extinción se utiliza en la terapia conductual. (Para una revisión reciente de la agresión inducida por la extinción y otras conductas generadas por este fenómeno, véase Lattal *et al*, 2013.)

# Formas de recuperación de la extinción

Tradicionalmente el enfoque de los estudios de la extinción se ha centrado en el declive de la conducta condicionada, que se evidencia con la exposición continua a un procedimiento de extinción. De hecho, este descenso es la razón principal por la que los procedimientos de extinción se utilizan frecuentemente en las intervenciones terapéuticas. La disminución de la conducta observada en la extinción es lo contrario de lo que ocurre durante la adquisición, pero la extinción no revierte o elimina los efectos de la adquisición. Debido a que la extinción no borra lo que se aprendió en un principio, la respuesta extinguida reaparece en diversas circunstancias. Esta reaparición es problemática en las aplicaciones terapéuticas diseñadas para eliminar las conductas no deseadas. Por tanto, se ha dedicado gran cantidad de investigación aplicada al estudio de las circunstancias en que se produce de nuevo la conducta extinguida. Se describirán cuatro líneas de evidencia que han atraído la mayor atención: los estudios de recuperación espontánea, la renovación, el restablecimiento y el resurgimiento.

## Recuperación espontánea

La disminución de la conducta condicionada que ocurre con la extinción se disipa con el tiempo. Si se introduce un periodo de descanso después del entrenamiento de extinción, la respuesta regresa. Debido a que no se hace nada específico durante el periodo de descanso para producir la recuperación, el efecto se denomina **recuperación espontánea**. Ya en el capítulo 2 se describió la recuperación espontánea en relación con la habituación. Allí el término describe la recuperación de los efectos del entrenamiento de habituación. Procesalmente, la recuperación espontánea a partir de la extinción es similar, ya que también se produce debido a un periodo de descanso.

La recuperación espontánea fue identificada originalmente por Pavlov. Este fenómeno ha sido el centro de atención de numerosos investigadores. El efecto fue ilustrado mediante un experimento particularmente bien controlado en el que se logró la adquisición original ya sea con una gota de sacarosa o una bolita de alimento entregadas en los comederos empotrados en una pared de la cámara experimental (Rescorla, 1997, 2004*a*). Detectores infrarrojos identificaban cada vez que la rata introducía la cabeza en el comedero. La cámara experimental normalmente era oscura. Uno de los estímulos incondicionados fue señalado por un ruido EC y el otro por una luz EC. A medida que el condicionamiento avanzaba, cada EC no tardó en llegar a provocar que la rata husmeara en el comedero (seguimiento de objetivo), con los dos EC generando niveles similares de respuesta. El panel izquierdo de la figura 9.2 muestra el progreso de la adquisición, con datos de los dos EC promediados juntos.

Luego se llevaron a cabo dos sesiones de extinción (de 16 ensayos cada una) con cada EC, seguidas por una serie de cuatro ensayos de prueba. La manipulación experimental de interés principal fue el intervalo entre el final del entrenamiento de extinción y los ensayos de prueba. Un periodo de ocho días separó la extinción y las pruebas para uno de los estímulos condicionados (E1). En contraste, para el otro estímulo (E2) los ensayos de prueba se iniciaron inmediatamente después del entrenamiento de extinción. El panel central de la gráfica muestra que durante el curso de la extinción la respuesta se redujo de manera similar para el E1 y para el E2, y permaneció suprimida durante los ensayos de prueba realizados inmediatamente después con el E2. Sin embargo, la respuesta se recuperó sustancialmente para el E1, que fue probado ocho días después del entrenamiento de extinción.

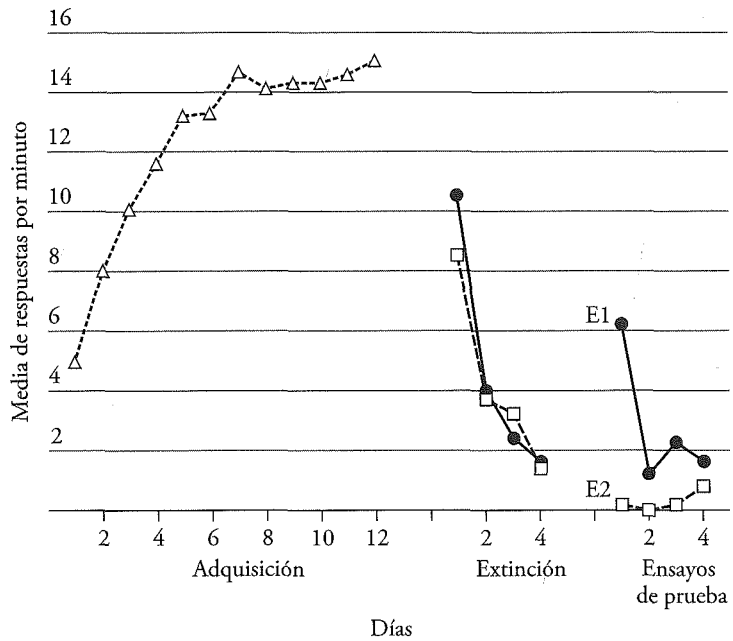
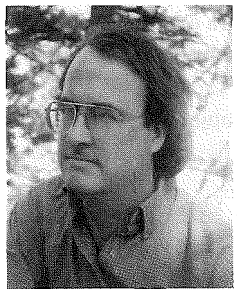



**FIGURA 9.2** Porcentaje de ratas que metieron su cabeza en el comedero (seguimiento de objetivo) para dos EC diferentes. El panel izquierdo muestra la adquisición inicial de dar respuesta a los dos estímulos (promediados juntos) cuando cada uno fue emparejado con la comida. El panel central muestra la pérdida de respuesta durante la fase de extinción. Los ensayos de prueba finales se realizaron justo después de la extinción del E2 y ocho días después de la extinción del E1. Observe que el periodo de descanso de ocho días dio lugar a una recuperación sustancial de la conducta condicionada. (Tomado de Rescorla, Learn Mem, 2004, 11, pp. 501-509, Copyright © 2004, Cold Spring Harbor Laboratory Press, p. 5.)

La recuperación de la respuesta observada para el E1 representa una *recuperación espontánea*. Observe que la recuperación no fue completa. Al final de la fase de adquisición, la tasa de introducciones de la cabeza en el comedero fue de 15.6 respuestas por minuto. Durante la primera prueba después del periodo de descanso, la tasa de respuesta media al E1 fue de alrededor de 6.2 respuestas por minuto. (Para un estudio de la recuperación espontánea después de la extinción del miedo, ver Leung y Westbrook, 2008.)

La recuperación espontánea también es un fenómeno prominente después de la extinción de la conducta instrumental (ver Lattal *et al*, 2013). Una vez más, el factor crítico es la introducción de un periodo de descanso entre el final del entrenamiento de extinción y las evaluaciones de respuesta. El hallazgo típico radica en que la conducta suprimida por la extinción se recupera luego de un periodo de descanso.

## Renovación de la respuesta condicionada



Cortesía de Donald A. Dewsbury

M. E. Bouton

Otra pieza fuerte de la evidencia de que la extinción no resulta en la pérdida permanente de la conducta condicionada es el fenómeno de la **renovación**, identificado por Mark Bouton y sus colegas (ver Bouton y Woods, 2008, para una revisión). La renovación se refiere a una recuperación de la respuesta condicionada cuando se cambian las claves contextuales que estaban presentes durante la extinción. En muchos experimentos de renovación, el entrenamiento de adquisición se lleva a cabo en presencia de un conjunto de claves contextuales designado como A. Luego los participantes son trasladados a un contexto diferente, B, donde reciben entrenamiento de extinción. Las claves contextuales de extinción son cambiadas después por el retorno de los participantes al contexto A. El cambio de contexto B para volver al contexto A ocasiona una reaparición de la respuesta condicionada. La renovación ha sido de especial interés para la investigación aplicada, ya que sugiere que las mejoras clínicas logradas en el contexto de la consulta de un terapeuta no pueden persistir cuando el cliente regresa a su casa, o va a trabajar al lugar donde fue adquirida la mala conducta inicial.

El fenómeno de la renovación ha sido tema de vigorosa investigación experimental en una variedad de situaciones de aprendizaje. Un estudio reciente examinó su efecto en la extinción de la respuesta de presionar la palanca en ratas de laboratorio (Bouton *et al*, 2011). Las cajas de Skinner estándar se modificaron a efecto de crear distintivamente diferentes contextos para las distintas fases del experimento. Para un contexto, una pared y el techo de la cámara

tenían rayas blancas y negras, el piso estaba nivelado y la cámara se había perfumado con el olor de una solución de anís. Para el otro contexto, el suelo era irregular (por la alternancia de barras de metal de diferentes diámetros), una de las paredes y el techo estaban cubiertos con puntos oscuros, y el olor de referencia fue proporcionado por un extracto de coco. Cada cámara distintiva se utilizó con la misma frecuencia como contexto A y contexto B. Las ratas recibieron cinco sesiones de adquisición de 30 minutos durante las cuales la presión de la palanca se reforzó con una bolita de comida en un segundo programa de reforzamiento IV 30 en el contexto A.

Los resultados, presentados en la figura 9.3, muestran que al final de la fase de adquisición las ratas estaban respondiendo casi 30 veces por minuto. Como se esperaba, la respuesta disminuyó durante las próximas cuatro sesiones en las que se introdujo la extinción, y la presión de la palanca ya no produjo alimento. Al día siguiente las ratas recibieron dos sesiones de prueba de 10 minutos, una en el contexto A y la otra en el contexto B (con el orden de las dos pruebas como contrapeso). El reforzamiento no estuvo disponible al presionar una palanca durante cualquiera de las pruebas. Observe que la respuesta fue cercana a cero cuando las ratas se ensayaron en el contexto de extinción B. En contraste, cuando se ensayaron en el contexto original A, la respuesta se recuperó sustancialmente. Esta recuperación de la respuesta con un cambio en el contexto se denomina **efecto de renovación**.

Otra cuestión abordada por este experimento consistió en determinar si el efecto de renovación se debió a las posibles propiedades excitatorias adquiridas por el contexto A durante la fase de adquisición inicial. Para evaluar esta posibilidad, uno de los grupos que se muestran en la figura 9.3 se expuso en varias ocasiones al contexto A sin alimento (o la palanca de respuesta) durante la fase de extinción, a fin de extinguir cualquier propiedad excitatoria que el contexto A pudiera haber conferido. Como es evidente a partir de los resultados en la figura 9.3, la extinción del contexto A no alteró la magnitud del efecto de renovación. Esto sugiere que este efecto no se debe a las asociaciones de contexto-reforzador. (Para más estudios sobre el papel del condicionamiento contextual en el efecto de renovación, consulte Laborda, Witnauer y Miller, 2011.)

Los datos presentados en la figura 9.3 ilustran el efecto de renovación ABA. La renovación de la respuesta condicionada también ha sido observada cuando, después de la extinción en el contexto B, se examina a los participantes en un contexto neutral C que no ha sido asociado previamente con la adquisición o con la extinción. A esto se le llama *renovación ABC*, e ilustra la conclusión general de que la respuesta condicionada reaparece con cualquier alejamiento del contexto en el que se llevó a cabo la extinción. (Para un estudio reciente de la renovación ABC en participantes humanos, véase Nelson *et al*, 2011.)

El efecto de renovación se produce en una amplia gama de circunstancias. Éste ha sido obtenido con la extinción de la respuesta condicionada tanto apetitiva como aversiva, y en

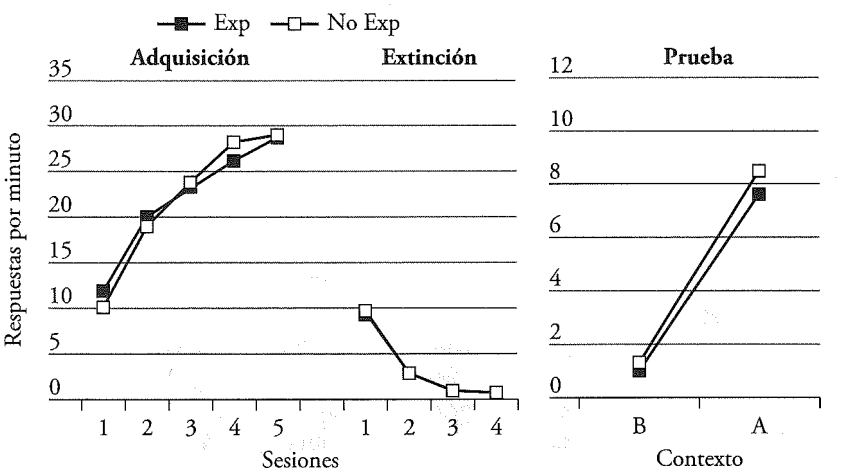



**FIGURA 9.3**
Renovación de la presión de palanca extinguida en ratas reforzadas con alimento. La adquisición se llevó a cabo en el contexto A, y la extinción en el contexto B. Las ratas fueron analizadas en ambos contextos, A y B. El grupo Exp también recibió extinción del contexto A durante la fase de extinción. El grupo No Exp no recibió este procedimiento de extinción de contexto. (Basado en Bouton *et al*, 2011.)

los condicionamientos pavloviano e instrumental. Curiosamente, el fenómeno es evidente no sólo con claves contextuales externas, sino también con claves contextuales creadas por los estados narcotizados (por ejemplo, Bouton, Kenney y Rosengård, 1990; Cunningham, 1979). Así, el control contextual de la extinción también puede ocurrir con señales interoceptivas.

El efecto de renovación muestra que la memoria de extinción es específica de las señales que estuvieron presentes durante la fase de extinción. Por tanto, un cambio desde el contexto de extinción interrumpe la recuperación de dicha memoria con el resultado de que se pierde la función de extinción. Pero, ¿por qué esto restaura la conducta característica de adquisición inicial? Para dar cuenta de tal situación se tiene que hacer la suposición adicional de que la función original de adquisición se generaliza de un contexto a otro con más facilidad que la función de extinción.

¿Por qué la adquisición inicial es menos interrumpida (en su caso) por un cambio de contexto cuando la función de extinción es altamente específica del contexto? Bouton (1993, 1994) ha sugerido que las claves contextuales sirven para eliminar la ambigüedad de la importancia de un EC. Esta función es similar a la del contexto semántico para desambiguar el significado de una palabra. Considere la palabra *cortar*. Podría referirse al procedimiento físico de la creación de dos piezas, como en "El chef corta las zanahorias". Alternativamente, podría referirse al cese de un jugador de un equipo, como en "Johnny fue *cortado* del equipo después del primer juego". El significado de la palabra depende del contexto semántico. En una forma análoga, un EC que ha sufrido condicionamiento excitatorio del miedo y luego la extinción también tiene un significado ambiguo, en el que el EC podría significar que la descarga está a punto de producirse (adquisición), o que no se producirá (extinción). Esta ambigüedad permite al EC quedar más fácilmente bajo el control contextual. Después de un simple curso de adquisición, el EC no es ambiguo, ya que sólo significa una cosa (descarga). En consecuencia, tal EC no es tan susceptible al control contextual.

El efecto de renovación tiene importantes implicaciones para la terapia conductual que, por desgracia, son bastante preocupantes. Se sugiere que incluso si un procedimiento terapéutico es eficaz en la extinción de un miedo patológico o fobia en la relativa seguridad del consultorio de un terapeuta, el miedo condicionado puede volver fácilmente cuando el cliente se encuentra con el miedo del EC en un contexto diferente. Igualmente problemático es el hecho de que los efectos del condicionamiento excitatorio se generalicen fácilmente de un contexto a otro. Por tanto, si usted adquiere un miedo patológico en una situación, es probable que el miedo se disemine en una variedad de otros contextos. Pero si supera su miedo, ese beneficio no se generaliza fácilmente a nuevas situaciones. Por ende, los problemas creados por el condicionamiento tendrán efectos mucho más extendidos que las soluciones o remedios para esos problemas.

## Restablecimiento de la respuesta condicionada

Otro procedimiento que sirve para restaurar la respuesta a un EC extinguido se llama **restablecimiento**. Éste se refiere a la recuperación de la conducta condicionada que se produce cuando el individuo se encuentra de nuevo con el EI. Por ejemplo, luego de haber aprendido una aversión al pescado porque se enfermó después de comerlo en un viaje, su aversión se extingue por comer pescado en varias ocasiones sin enfermarse. De hecho, usted puede aprender a disfrutar de comerlo nuevamente debido a esta experiencia de extinción. El fenómeno del restablecimiento sugiere que si usted se enfermara de nuevo por alguna razón, su aversión al pescado regresaría incluso si su padecimiento no tuviera nada que ver con el consumo de este alimento en particular. (Para un estudio análogo con ratas de laboratorio, consulte Schachtman, Brown y Miller, 1985.)

Al igual que con la renovación, el restablecimiento es un fenómeno difícil para la terapia conductual. Por ejemplo, consideremos a un paciente que sufre ansiedad y miedo a la intimidad adquiridos por haber sido criado por un padre abusivo. Una terapia intensiva puede tener éxito en el alivio de estos síntomas. Sin embargo, el fenómeno de restablecimiento sugiere que

el miedo y la ansiedad volverán si el sujeto experimenta un encuentro abusivo en el futuro. Debido al restablecimiento, las respuestas que se extinguen con éxito durante el curso de la intervención terapéutica pueden reaparecer si el individuo es expuesto de nuevo al EI.

Aunque el restablecimiento fue descubierto originalmente en estudios con ratas de laboratorio (Rescorla y Heth, 1975), el fenómeno también ha sido documentado en una variedad de otras situaciones. En un experimento, estudiantes de Yale sirvieron como participantes (LaBar y Phelps, 2005). El EC era un cuadrado azul presentado en una pantalla de computadora durante 4 segundos. En cada prueba de adquisición, el EC terminó con un estallido de ruido muy fuerte de 1 segundo (el EI). Esto resultó en el condicionamiento del miedo al EC visual, que se midió por el aumento en la conductividad de la piel (producido por sudoración leve). Los participantes recibieron cuatro ensayos de adquisición, seguidos por ocho ensayos de extinción. A continuación fueron presentadas cuatro ráfagas de restablecimiento de ruido, ya sea en la misma sala de ensayo o en una habitación diferente. Después todos los estudiantes fueron probados al temor al EC en el contexto del entrenamiento inicial.

Los resultados del experimento se presentan en la figura 9.4. Como era de esperarse, el miedo condicionado (medido por la conductividad de la piel) aumentó durante el curso de la adquisición inicial y disminuyó durante la extinción. Las presentaciones del EI posteriores en la misma habitación resultaron en una recuperación de la respuesta extinguida de la conductividad de la piel. Las presentaciones del EI en una habitación diferente no produjeron esta recuperación. Así, el efecto del restablecimiento fue el contexto específico. (Para el restablecimiento del miedo condicionado humano en el miedo al sobresalto potenciado, consulte Norrholm *et al*, 2006.)

En los últimos 20 años se ha realizado una gran cantidad de investigación sobre el efecto del restablecimiento (ver Bouton y Woods, 2008). Los resultados indican que el condicionamiento contextual es importante, pero no porque permita la adición de excitación. Más bien, como en el caso de la renovación, el papel del contexto es eliminar la ambigüedad del significado de un estímulo que contiene una historia mezclada de condicionamiento y extinción. El condicionamiento contextual tiene relativamente poco efecto sobre los estímulos que no tienen un historial de extinción (por ejemplo, Bouton, 1984).

El restablecimiento de la respuesta extinguida también ha sido foco de interés en modelos animales de abuso de drogas. Por ejemplo, las ratas de laboratorio pueden estar condicionadas a presionar una palanca de respuesta para obtener pequeñas inyecciones intravenosas de cocaína. Una vez que se ha establecido dicha presión de palanca, la conducta disminuye si se introduce la extinción y la presión de la palanca ya no produce cocaína. Sin embargo, una inyección "gratis" de cocaína causa una rápida reanudación de la conducta instrumental reforzada con las drogas (por ejemplo, Kelamangalath *et al*, 2009). Por tanto, la exposición a la droga después de la extinción invierte los beneficios terapéuticos producidos por la extinción. Esto ha alentado a algunos a examinar el restablecimiento como un posible modelo de recaída en el tratamiento de la adicción a las drogas (por ejemplo, Epstein *et al*, 2006).

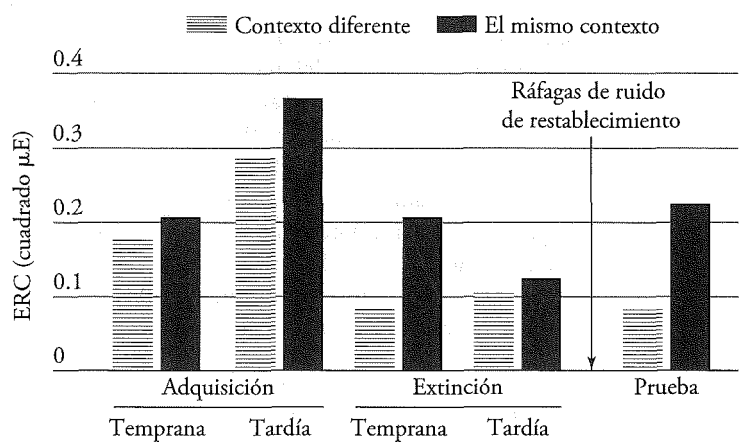



**FIGURA 9.4** El miedo condicionado en participantes humanos medido por el aumento de la conductividad de la piel. Todos los participantes recibieron adquisición seguida de extinción, restablecimiento del EI y pruebas de respuesta al EC. El restablecimiento del EI se presentó en el mismo o diferente contexto que el resto del experimento. (Basado en LaBar y Phelps, 2005.)

## Resurgimiento de la conducta condicionada

Hasta ahora se han discutido los efectos de la extinción enfocada en una sola respuesta que inicialmente es condicionada o reforzada y que luego se extingue. Sin embargo, como se ha subrayado en los capítulos 6 y 7, los procedimientos de aprendizaje no se producen en un tubo de ensayo conductual que tiene sólo una opción de respuesta. Las personas efectúan una variedad de cosas, y su experiencia con una de las respuestas puede influir en la frecuencia con que hacen algo más. Tales efectos de arrastre de una conducta a otra también se producen en la extinción. El fenómeno de **resurgimiento** es un ejemplo importante.

El resurgimiento implica la reaparición de una respuesta objetivo extinguida cuando otra respuesta reforzada se extingue. Considere un padre que va de compras con un niño de 3 años de edad. Para hacer más fácil la excursión al supermercado, el padre coloca al niño en el asiento del carrito de compras. Sin embargo, el niño no está interesado en la compra, y comienza a agitarse y a retorcerse tratando de llamar la atención de los padres. No queriendo animar esta conducta, el padre amonesta al niño y recurre a la conducta en extinción ignorando a su hijo cuando se mueve o se retuerce. Esto funciona, pero el padre se siente mal por tener al niño simplemente sentado en el carro con poco qué hacer y le da un juguete para entretenerlo. Las cosas avanzan sin problemas por un tiempo, hasta que el niño se aburre con el juguete y experimenta la extinción del juguete-respuesta de juego. Esta extinción de la segunda respuesta se traducirá en el *resurgimiento* de la agitación original y la conducta inquieta. (Para un estudio experimental del resurgimiento en una tarea de cuidado del bebé, ver Bruzek, Thompson y Peters, 2009.)

El resurgimiento ha sido examinado con frecuencia en los estudios de condicionamiento instrumental u operante (véase la revisión de Lattal y St. Peter Pipkin, 2009). Como el ejemplo anterior indica, el fenómeno implica dos respuestas diferentes. Una es inicialmente condicionada y luego extinguida. Una segunda conducta es entonces reforzada y también extinguida. El punto de interés radica en determinar si la extinción de la segunda respuesta aumenta la frecuencia de la primera.

Por ejemplo, en un estudio reciente, Winterbauer y Bouton (2011) entrenaron a ratas con reforzamiento alimenticio en una cámara experimental que tenía dos palancas retráctiles. Sólo una de las palancas (P1) estaba en la cámara en un primer momento, y las ratas fueron reforzadas para presionarla en un programa de reforzamiento de intervalo variable. Las sesiones de entrenamiento continuaron hasta que los sujetos respondieron superando las 20 respuestas por minuto. Después las ratas recibieron la extinción con P1 en tres sesiones, lo que redujo la respuesta por debajo de 2.5 por minuto. La extinción de P1 continuó en la siguiente sesión. Sin embargo, en la sesión de 15 minutos se insertó la segunda palanca de respuesta (P2) en la cámara experimental. La respuesta en P2 se reforzó en un programa de reforzamiento continuo hasta que las ratas obtuvieron 20 reforzadores. En este punto se introdujo la extinción para P2 (y continuó para P1). Los resultados de esta sesión de pruebas se presentan en la figura 9.5.

La figura muestra la respuesta en P1 durante la sesión final de extinción/prueba como una función del tiempo antes y después del reforzamiento de P2, indicado mediante P2+. Algunas respuestas en P1 ocurrieron al inicio de la sesión, lo que refleja la recuperación espontánea de la sesión de extinción del día anterior. Sin embargo, la respuesta en P1 declinó a casi cero por la introducción del reforzamiento de tiempo para P2. Al poner en extinción la respuesta a P2, reapareció la respuesta a P1, lo que ilustra el fenómeno del resurgimiento. El efecto de resurgimiento fue bastante efímero, conforme la extinción continua de P1 redujo la respuesta otra vez (véase también Winterbauer, Lucke y Bouton, 2013).

En este punto, los mecanismos de resurgimiento no se comprenden bien. Esto se debe en parte al hecho de que se ha utilizado una variedad de procedimientos, y diferentes procedimientos pueden producir resurgimiento por distintos mecanismos (por ejemplo, Da Silva *et al*, 2008). Independientemente de qué mecanismo pueda ser responsable del resurgimiento,

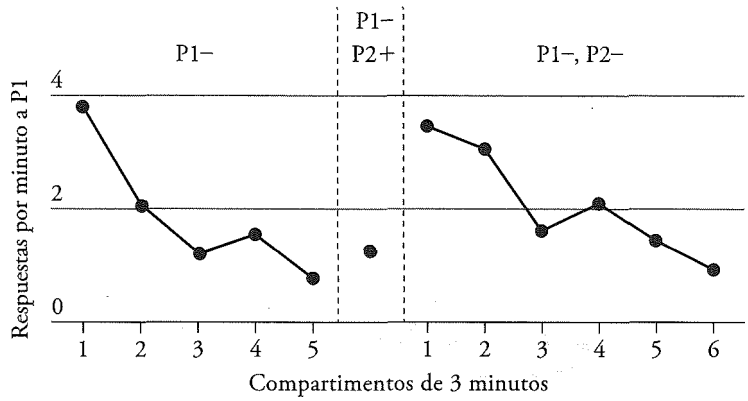



**FIGURA 9.5** Tasa de respuesta en la palanca 1 (P1) durante una prueba de resurgimiento. P1 nunca fue reforzada (P1–) durante la sesión de prueba. En medio de la sesión (indicado por las dos líneas verticales) se reforzó la respuesta en la palanca 2 (P2+). Durante la sesión restante no se reforzaron ni P1 ni P2 (P1–, P2–). Observe que la respuesta en P1 reapareció (resurgió) cuando se inició la extinción de P2. No se muestra la tasa de respuesta en P2. (Basado en Winterbauer y Bouton, 2011.)

el fenómeno es de considerable interés para la investigación aplicada. Una de las áreas de aplicación en la que el resurgimiento es preocupante se basa en el *entrenamiento de comunicación funcional* o *ECF* (Volkert *et al*, 2009). Las personas con discapacidades del desarrollo pueden tener una conducta perjudicial o autolesiva en el aula si se frustran trabajando en una tarea porque carecen de habilidades de comunicación para solicitar un descanso o reposo de la labor. El ECF implica reforzarlos para que externen una solicitud apropiada de descanso levantando la mano, por ejemplo. Esto tiene éxito al mantener las conductas disruptivas y autolesivas en un nivel bajo, siempre y cuando el profesor no esté demasiado ocupado para reforzar la respuesta de comunicación apropiada. Si el profesor está ocupado y no observa la mano levantada del estudiante, puede resurgir la conducta disruptiva.

# Optimización de la extinción

Los fenómenos analizados en la sección anterior indican que la extinción no borra lo que se aprendió inicialmente y la conducta extinguida puede volver a aparecer con el paso del tiempo (recuperación espontánea), un cambio de contexto (renovación), la reexposición al EI (restablecimiento), o la extinción de otra respuesta (resurgimiento). Esta es una mala noticia para las diversas formas de terapia de exposición que utilizan la extinción para eliminar miedos, fobias y hábitos problemáticos. ¿Puede incrementarse el impacto de la extinción con el fin de hacer los procedimientos de extinción más eficaces? Esta pregunta está dominando cada vez más la atención de los científicos (Quirk *et al*, 2010). Averiguar la manera de mejorar la extinción es de gran interés contemporáneo tanto en la investigación básica como en la investigación aplicada del aprendizaje.

## Número y espaciamiento de los ensayos de extinción

Tal vez la forma más sencilla de incrementar el impacto de la extinción es llevar a cabo más ensayos de extinción. El uso de un mayor número de ensayos produce una disminución más profunda en la respuesta condicionada. Este resultado se ha encontrado en una variedad de situaciones de aprendizaje, incluyendo el parpadeo condicionado, el aprendizaje gusto-aversión y el condicionamiento contextual (por ejemplo, Brooks *et al*, 2003; Leung *et al*, 2007; Weidemann y Kehoe, 2003).

Otra variable importante en la extinción es el espaciado de los ensayos. Previamente, en el capítulo 2 se analizó esta variable en el contexto de la habituación de la respuesta de sobresalto. En un procedimiento de habituación (figura 2.10), la presentación cercana de estímulos juntos en el tiempo (masiva) produce una mayor disminución en la respuesta de sobresalto que la presentación de los estímulos dispersos en el tiempo (espaciada). Sin embargo, el efecto de habituación producido por ensayos masivos muestra una recuperación espontánea significativa, mientras que esto no ocurre con la habituación producida por ensayos espaciados. Resultados similares se producen en la extinción.

Utilizando procedimiento de condicionamiento al miedo con ratones, Cain, Blouin y Barad (2003) encontraron una mayor pérdida del miedo durante una sesión de extinción con ensayos masivos (intervalo entre ensayos de 6 segundos) que con ensayos espaciados (intervalo entre ensayos de 600 segundos). Sin embargo, un estudio posterior demostró que los ensayos espaciados producen un efecto de extinción más duradero. La extinción producida por ensayos espaciados con 600 segundos estaba mucho menos sujeta a la recuperación espontánea y el restablecimiento, que la extinción producida por ensayos espaciados con 6 segundos (ver también Urcelay, Wheeler y Miller, 2009). Estos resultados muestran que aunque los ensayos masivos de extinción pueden producir una rápida e inmediata disminución de la respuesta, es probable que la conducta condicionada vuelva con un periodo de descanso (recuperación espontánea) o un cambio de contexto (renovación). Tal recaída es problemática para la terapia de exposición, por lo que son preferibles los ensayos de exposición espaciados. (Para un estudio de estas cuestiones en la extinción del miedo a hablar en público, ver Tsao y Craske, 2000.)

## Extinción inmediata *versus* retardada

La siguiente manipulación para mejorar la extinción se inspiró en una investigación de neurociencia molecular sobre la **consolidación** de la memoria. La consolidación de la memoria se describe con mayor detalle en el recuadro 9.1 y en el capítulo 11. Por ahora basta con señalar que la creación de una experiencia de aprendizaje en la memoria de largo plazo requiere un proceso denominado *consolidación de la memoria*. Esta consolidación lleva tiempo, lo que plantea la posibilidad de que la introducción de la extinción antes de que la memoria de adquisición haya sido totalmente consolidada podría cambiar la memoria y promover la función de extinción. Esta hipótesis ha estimulado estudios sobre los efectos de llevar a cabo la extinción inmediatamente después de la adquisición, en comparación con efectuarla uno o dos días después.

En esta línea de investigación se han producido resultados contradictorios. Sin embargo, el cuadro general es una reminiscencia de lo que describimos anteriormente para los efectos de los ensayos de extinción masivos en comparación con los ensayos espaciados. La realización de ensayos de extinción inmediatamente después de la adquisición produce una pérdida más rápida de la conducta condicionada que la realización de la extinción un día después. Sin embargo, esta mayor disminución de la conducta condicionada es engañosa, ya que con la extinción inmediata la conducta es más propensa a mostrar una recuperación espontánea y una renovación (Woods y Bouton, 2008; véase también Chang y Maren, 2009). Si los ensayos de extinción se retrasan 24 horas después del final de la adquisición, se produce una pérdida más perdurable de conducta. Estos resultados son alentadores porque sugieren que para que la terapia de exposición sea eficaz, es necesario que no se inicie inmediatamente después del entrenamiento de una respuesta de miedo.

## Repetición de ciclos de extinción/prueba

Una técnica relativamente simple para reducir la reaparición de la conducta extinguida consiste en repetir el ciclo de extinción/prueba. Este enfoque ha sido examinado más ampliamente con la recuperación espontánea. Un estudio que implicó el seguimiento de objetivo como respuesta condicionada (RC) ilustra la estrategia (Rescorla, 2004). Durante la fase de adquisición inicial (no mostrada), un ruido EC fue emparejado con la presentación del alimento en un comedero. A medida que avanzaba el condicionamiento, las ratas fueron a husmear en el comedero cuando se presentó el EC. Entonces se introdujo la extinción, con ocho ensayos de EC solo realizados durante cada sesión diaria.

Los resultados de las sesiones de extinción se presentan en la figura 9.6. Los datos se exponen en bloques de dos ensayos, con una pausa en la curva después de cada sesión. Observe que durante cada sesión de extinción la respuesta fue mayor durante las dos primeras pruebas y luego disminuyó. Cuando las ratas fueron regresadas a la cámara experimental para la próxima sesión, la respuesta fue mayor de lo que había sido al final de la sesión anterior, lo que

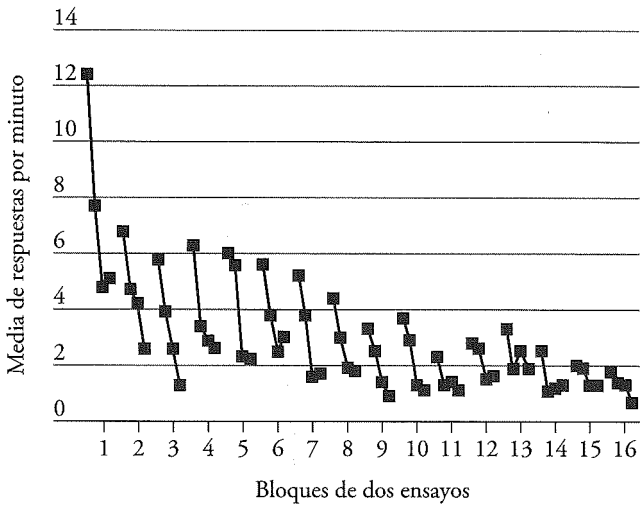



**FIGURA 9.6** Efectos de sesiones de extinción repetidas sobre la magnitud de la recuperación espontánea. Hay saltos en la línea que conecta los puntos de datos para indicar las pausas entre el final de una sesión de extinción y el comienzo de la siguiente. Observe que el grado de recuperación espontánea se hace cada vez más pequeño a través de sesiones sucesivas. (Tomado de Rescorla, 2004, Learn, Mem. 2004. 11, pp. 501-509. Copyright © 2004, Cold Spring Harbor Laboratory Press.)

indica recuperación espontánea. Sin embargo, el grado de recuperación disminuyó progresivamente con sesiones de extinción/prueba repetidas.

Experimentos como el representado en la figura 9.6 no se han realizado con la renovación, el restablecimiento y el resurgimiento. Sin embargo, se podrían predecir resultados similares. Desde una perspectiva terapéutica, tales resultados sugieren que los beneficios duraderos se consiguen mejor con aplicaciones periódicas de la terapia de exposición a fin de reducir cualquier respuesta condicionada que pudiera haber reaparecido.

## Conducción de la extinción en múltiples contextos

Otra estrategia para aumentar el impacto del entrenamiento de extinción consiste en llevar a cabo la extinción en diferentes contextos. Esta estrategia ha sido examinada con mayor frecuencia en los esfuerzos por eliminar el efecto de renovación. Como se recordará, la renovación se refiere a la recuperación de la respuesta que se produce cuando el individuo se mueve desde el contexto extinguido a un nuevo contexto, o cuando vuelve al contexto de adquisición. En un sentido, la renovación se puede atribuir a la falta de generalización de la función de extinción a partir de la extinción del contexto en otras situaciones. La conducción de la extinción en contextos diferentes puede servir para aumentar la generalización del estímulo de extinción.

El que la extinción en múltiples contextos facilite o no su generalización (y la reducción del efecto de renovación) depende del número de ensayos de extinción que se lleve a cabo. Esto fue demostrado en un estudio de la extinción del miedo mediante un procedimiento de supresión condicionada (Thomas *et al*, 2009). Ratas de laboratorio primero fueron entrenadas para presionar una palanca de respuesta en un programa IV 60 segundos con una gota de sacarosa como reforzador, a efecto de crear una línea de base de conducta para la medición de la supresión condicionada. A continuación se llevó a cabo el condicionamiento del miedo en el que un EC auditivo (terminación del ruido de fondo durante 2 minutos) fue emparejado con una breve descarga en 10 ocasiones. La adquisición tuvo lugar en un contexto distintivo designado como A. Para la siguiente fase del experimento las ratas fueron trasladadas fuera del contexto de adquisición y recibieron ya sea 36 o 144 ensayos de extinción. En algunos animales se utilizó un solo contexto (B) para todos los ensayos de extinción, mientras que en otros grupos se utilizaron tres contextos diferentes (B, C y D). Todas las ratas fueron devueltas luego al contexto de adquisición (A) y probadas para la renovación del miedo condicionado.

Los resultados de los ensayos de extinción y renovación se presentan en la figura 9.7. Nótese que para el final del entrenamiento de extinción prácticamente todos los grupos no

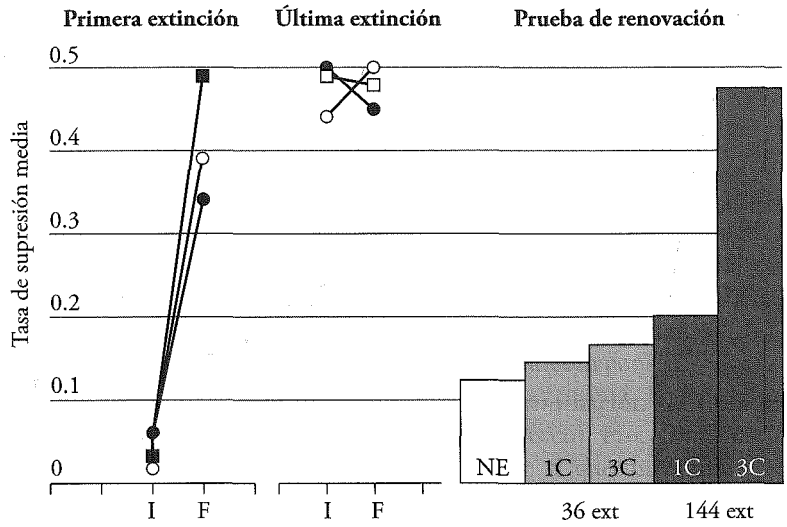



**FIGURA 9.7** La extinción y renovación del miedo en un procedimiento de supresión condicionada, con las puntuaciones más bajas indicando mayor supresión y por tanto más miedo. Los datos se muestran para el inicio (I) y el final (F) de la primera y la última sesión de extinción (E), así como la prueba de renovación. Los grupos diferían sólo durante la prueba de renovación. El grupo NE no recibió entrenamiento de extinción. 1C indica que la extinción se llevó a cabo en un contexto (C); 3C indica extinción en tres contextos diferentes; 36 ext significa que se efectuaron 36 ensayos de extinción; 144 ext indica la aplicación de 144 ensayos de extinción. (Basado en Thomas *et al*, 2009.)

mostraron miedo al EC. Sin embargo, el miedo volvió a aparecer cuando las ratas se devolvieron al contexto A. El efecto de renovación fue evidente para todos los grupos, excepto para el que recibió un gran número de ensayos de extinción (144) en tres contextos diferentes. Por ende, la eliminación del efecto de renovación requiere un amplio entrenamiento de extinción en múltiples contextos.

También se ha observado que la conducción de la extinción en múltiples contextos elimina el efecto de renovación en los experimentos con seres humanos (por ejemplo, Vansteenwegen *et al*, 2007), especialmente si los contextos de extinción son similares al de adquisición (Bandarian Balooch y Neumann, 2011). Estos hallazgos sugieren que la eficacia de la terapia de exposición se puede mejorar con su realización en una variedad de lugares. La conducción de la terapia de exposición en el contexto de la adquisición inicial puede no ser esencial para reducir la recaída debido a la renovación.

El manejo de varios contextos de extinción ha sido examinado principalmente en los estudios de renovación. Sin embargo, debido a que las otras formas de recaída (la recuperación espontánea, el restablecimiento y la reaparición) también son interpretadas como posibles debido a los cambios aplicados desde el contexto de la extinción, utilizar múltiples contextos también podría servir para reducir la reaparición de la conducta condicionada también en estos procedimientos. Esta es una hipótesis lista para la investigación.

## Presentación de señales recordatorias de la extinción

Como se señaló anteriormente, muchos efectos de recaída de la extinción se han interpretado como derivados del hecho de que el entrenamiento de extinción no se generaliza cuando la conducta aprendida se prueba en un nuevo lugar. Una forma de superar este problema consiste en presentar señales de recuperación para la extinción durante las pruebas de reactivación de la conducta extinguida (Laborda y Miller, 2012). Esta estrategia se probó primero con la recuperación espontánea. Los investigadores encontraron que la introducción de las señales que estuvieron presentes durante el entrenamiento de extinción pueden reducir la recuperación espontánea y mejorar la función de extinción en el aprendizaje de la aversión al sabor (Brooks *et al*, 1999), así como en procedimientos de condicionamiento apetitivo (Brooks, 2000; Brooks y Bouton, 1993).

Las señales de extinción pueden reducir de manera similar el efecto de renovación reactivando la función de extinción en el contexto de renovación. Esta predicción se confirmó inicialmente en estudios de apetito condicionado con ratas (Brooks y Bouton, 1994). También

se encontraron resultados alentadores en un estudio de terapia de exposición con personas que tenían miedo a las arañas (Mystkowski *et al*, 2006). Los participantes instruidos para recordar mentalmente el contexto del tratamiento mostraron menos miedo a las arañas en una situación novedosa que los participantes que no se involucraron en el ejercicio recordatorio. La estrategia de recordatorio se puede aplicar de manera más amplia para aumentar la generalización de los resultados del tratamiento fomentando que los pacientes lleven una tarjeta, repitan una frase corta o llamen a una línea de ayuda siempre que estén preocupados por recaídas. Los participantes de Alcohólicos Anónimos llevan un chip que designa la duración de su sobriedad. Todas estas técnicas proporcionan recordatorios del contexto terapéutico.

## Extinción de estímulos compuestos

Otro enfoque interesante consiste en la presentación de dos estímulos al mismo tiempo que se están sometiendo a la extinción. De hecho, investigaciones recientes han demostrado que la presentación de dos estímulos extinguidos al mismo tiempo puede profundizar la extinción de esas señales (Leung, Reeks y Westbrook, 2012; Rescorla, 2006*a*). Por ejemplo, consideremos la tabla 9.1, que muestra un experimento de condicionamiento instrumental (Rescorla, 2006*a*, experimento 3) en el que las ratas primero fueron condicionadas para presionar una palanca de respuesta durante cada uno de tres estímulos discriminativos diferentes: una luz (L), un ruido (X) y un tono (Y). En el entrenamiento inicial de adquisición, la presión de la palanca durante estos estímulos se reforzó con el alimento en un programa de IV de 30 segundos. La pulsación de la palanca no se vio reforzada cuando estos estímulos estaban ausentes (entre los ensayos).

Tras la adquisición, cada uno de los estímulos de luz, tono y ruido se presentó repetidamente por separado con pulsaciones de palanca ya no reforzadas. La respuesta durante cada una de estas señales se redujo casi a cero. Sin embargo, pudo haber permanecido cierta tendencia subumbral de respuesta. Se introdujeron ensayos de extinción compuestos para evaluar esa posibilidad. Durante esta segunda fase de extinción, la luz fue presentada simultáneamente con una de las señales auditivas (X). La otra señal auditiva, Y, continuó siendo presentada sola, sin reforzamiento, como control. Los efectos de la extinción compuesta fueron evaluados al final del experimento mediante el ensayo de respuesta durante X y Y, presentándose cada uno por separado.

La figura 9.8 muestra las tasas de respuesta al final de la primera fase de extinción, durante los ensayos de extinción compuestos y durante los ensayos de prueba finales. La respuesta fue cercana a cero al final de la primera fase de extinción. Sin embargo, la presentación de L en combinación con X durante la siguiente fase (LX) dio como resultado una elevación sustancial de la respuesta. Esto representa la adición del subumbral de respuesta que permaneció a los estímulos L y X a pesar de los tratamientos de extinción individuales (Reberg, 1972). No existe elevación que fuese evidente con el estímulo de control Y, que se presentó por separado durante la fase de extinción compuesta.

**TABLA 9.1 PRUEBA DE EXTINCIÓN DE ESTÍMULOS COMPUESTOS**

| Adquisición | Primera extinción | Extinción compuesta | Prueba |
|---|---|---|---|
| L+ | L– | LX– | X |
| *y* | *y* | *y* | *y* |
| X+ | X– | Y– | Y |
| *y* | *y* | | |
| Y+ | Y– | | |

© Cengage Learning

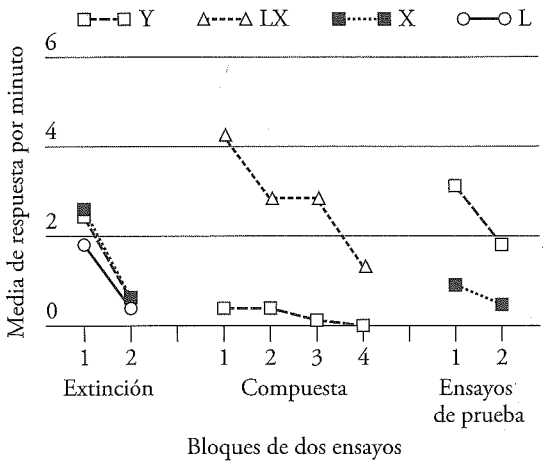



**FIGURA 9.8** Presión discriminativa de la palanca en presencia de una luz (L) y dos señales auditivas (un tono y un estímulo de ruido como contrapeso, X y Y) en el extremo de una serie de ensayos de extinción, con cada estímulo presentado por sí mismo durante una fase de extinción compuesta, en la que L se presentó simultáneamente con X, y durante una fase de prueba realizada seis días después. (Basado en Rescorla, 2006*a*, figura 3, p. 139.)

Los datos de mayor interés fueron obtenidos durante las pruebas finales con X y Y. Estas pruebas se llevaron a cabo seis días después del final de la fase de extinción compuesta. El periodo de descanso de seis días causó la sustancial recuperación espontánea de la respuesta a Y. Sin embargo, ésta no se produjo para el estímulo X. Este resultado muestra que los ensayos de extinción compuesta profundizan la extinción del estímulo X. Otros experimentos han demostrado que esta profundización también reduce el efecto de restablecimiento y baja la velocidad de la readquisición de un estímulo extinguido (Rescorla, 2006*a*).

El hecho de que dos señales de extinción compuesta profundicen la extinción de los estímulos individuales sugiere que ésta opera al menos en parte por un proceso de corrección de errores similar al modelo Rescorla-Wagner. Como se describió en el capítulo 4, de acuerdo con el modelo Rescorla-Wagner, los valores asociativos son ajustados si el resultado de un ensayo es contrario a lo que se espera. La adquisición inicial crea la expectativa de que el EI puede ocurrir. Esta expectativa es vulnerada cuando se omiten los EI en extinción, y el *error* se corrige con la reducción de las respuestas en ensayos de extinción posteriores. La composición de dos estímulos condicionados aumenta el *error* resultante cuando el ensayo termina sin un reforzador. Esto induce una corrección más grande y, como consecuencia, mayor reducción de la respuesta (para un análisis alternativo en términos de la hipótesis del comparador, ver Witnauer y Miller, 2012).

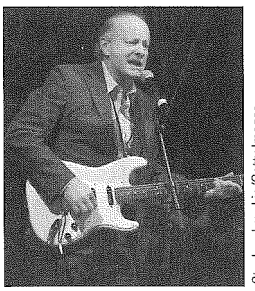
El razonamiento anterior predice un resultado totalmente diferente si una señal de extinción es compuesta con un inhibidor condicionado durante el entrenamiento de extinción. En este caso debe haber una interferencia en lugar de una facilitación del proceso de extinción. Recordemos que un inhibidor condicionado es una señal para la ausencia de un EI. En el sistema del miedo, un inhibidor condicionado es una señal de seguridad que indica que no se producirá la aversión al EI. Si tal señal de seguridad se agrava con un estímulo de miedo durante la extinción, la ausencia del EI estará totalmente predicha por la señal de seguridad. Por tanto, no habrá ningún error para fomentar el aprendizaje de que el estímulo del miedo ya no termina en descarga. En consecuencia, la señal de seguridad bloqueará la extinción del estímulo del miedo. Esta predicción se ha confirmado en estudios de laboratorio con ratas y palomas (McConnell y Miller, 2010; Thomas y Ayres, 2004; Rescorla, 2003), así como en la investigación clínica en humanos (por ejemplo, Lovibond *et al*, 2009; Schmidt *et al*, 2006).

## Facilitación de la extinción y actualización de la memoria para la reconsolidación

La presentación de un EC sirve para activar la memoria de adquisición. Una vez activada, la memoria está en un estado lábil o modificable que se puede cambiar antes de que sea reconsolidada y retornada al depósito de largo plazo. El periodo durante el cual una memoria

## RECUADRO 9.1

### *La consolidación de los recuerdos requiere la síntesis de proteínas*



Stephen Lovekin/Getty Images

J. E. LeDoux

Hasta el momento, en la exploración de los mecanismos neurobiológicos que subyacen en el aprendizaje nos hemos concentrado en los procesos que se producen durante el entrenamiento. Estos procesos dependen de proteínas preexistentes que pueden desencadenar una alteración rápida en la función sináptica. Estos cambios generalmente se desintegran en cuestión de horas. Para producir una modificación duradera dentro de un circuito neuronal es necesario un cambio estructural. Esto depende de la inducción de la síntesis de nuevas proteínas (figura 9.9A), un proceso que puede prolongarse más allá del periodo de entrenamiento.

A nivel conductual, los investigadores han sabido por décadas que los acontecimientos que se producen después de un episodio de entrenamiento pueden afectar la memoria de largo plazo (McGaugh, 2000; Squire y Wixted, 2011). (Discutiremos algunos de estos fenómenos en el capítulo 11.) La implicación es que la memoria depende de un periodo de *consolidación*, un proceso que puede tardar horas en completarse y que probablemente involucre la **síntesis de proteínas** (para revisiones, véase Dudai, 2004; McKenzie y Eichenbaum 2011; Nader y Einarsson, 2010). Por ejemplo, como vimos en el capítulo 3, el emparejamiento de un tono con una suave descarga eléctrica dota al tono de la capacidad para provocar congelación condicionada en ratas de laboratorio, una RC pavloviana indicativa de miedo. Por lo general, la congelación condicionada es recordada meses después del entrenamiento. Sin embargo, si a las ratas se les proporciona un medicamento (por ejemplo, anisomicina) que inhibe la síntesis de proteínas antes de los emparejamientos tono-descarga, no recuerdan el condicionamiento del miedo. Muestran amnesia. Otras investigaciones han demostrado que la síntesis de la proteína requerida ocurre dentro de la primera o dos horas del entrenamiento; si la síntesis de proteínas se inhibe 4 a 6 horas después del entrenamiento, tiene poco efecto sobre la memoria a largo plazo (figura 9.9B). Los investigadores han observado un efecto similar en una serie de paradigmas del aprendizaje (Hernandez y Abel, 2008), observación que apoya una hipótesis común: para producir un cambio duradero en la función neuronal, el aprendizaje debe inducir una modificación estructural (por ejemplo, el crecimiento de nuevas conexiones sinápticas), y esto requiere la síntesis de proteínas.

El hecho de que la inhibición de la síntesis de proteínas 6 horas después del entrenamiento tenga generalmente poco efecto sobre la retención a largo plazo es importante porque fármacos como la anisomicina tienen una amplia gama de efectos e impactan la función celular en todo el cuerpo. Estos efectos secundarios del tratamiento farmacológico podrían alterar indirectamente la expresión de la RC. Además, las consecuencias fisiológicas del tratamiento farmacológico podrían tardar mucho tiempo en decaer y afectar la expresión de la RC en el momento de la prueba. Si cualquiera de estas alternativas funciona, aplazar la inyección de anisomicina después del entrenamiento debería (si acaso) producir más pérdida de memoria debido a que un retraso disminuye el intervalo entre el tratamiento farmacológico y la prueba (figura 9.9B). Sin embargo, se observa lo contrario (Hernandez y Abel, 2008). A través de una variedad de paradigmas de aprendizaje conductual, la administración de anisomicina poco después del entrenamiento altera la memoria del condicionamiento, mientras que un tratamiento retardado tiene poco efecto. Esto sugiere que el fármaco tiene un impacto temporalmente limitado y altera la memoria al interferir con los mecanismos que subyacen en la consolidación.

Los investigadores también han demostrado que la anisomicina interrumpe el aprendizaje y la memoria cuando se inyecta en las regiones del cerebro implicadas en la retención a largo plazo de una RC. Como se describe en el recuadro 4.3, el condicionamiento del miedo depende de la región basolateral de la amígdala. La microinyección de un inhibidor de la síntesis de proteínas en la amígdala basolateral interrumpe la consolidación de la manera habitual dependiente del tiempo (Johansen, Cain, Ostroff y LeDoux, 2011). Es decir, la mayor interrupción se produce cuando la inyección se administra poco después del entrenamiento, y tiene poco efecto si se aplica 6 horas más tarde. La evidencia adicional de que la expresión génica y la síntesis de proteínas son fundamentales se ha obtenido mediante técnicas farmacológicas y genéticas que se dirigen a otros aspectos de la traducción o la transcripción (Hernandez y Abel, 2008). Una de las razones por la que los tratamientos diseñados para dirigirse a la síntesis de proteínas pueden interrumpir el aprendizaje en general estriba en que afectan los procesos involucrados en el mantenimiento de la actividad neuronal (Sharma *et al*, 2012).

Los investigadores han usado estas mismas manipulaciones para explorar si la extinción requiere la síntesis de proteínas y, en general, se han obtenido resultados paralelos (Myers y Davis, 2007). Los animales sometidos a un tratamiento de extinción en presencia de un inhibidor de síntesis de proteínas muestran después una robusta RC, como si el tratamiento de extinción no hubiera ocurrido. Aquí también, si el fármaco se administra horas después del tratamiento de extinción, por lo general tiene poco efecto.

Curiosamente, la presentación no reforzada de un EC previamente entrenado no siempre debilita la RC.

(*Continúa*)

## RECUADRO 9.1 (continuación)

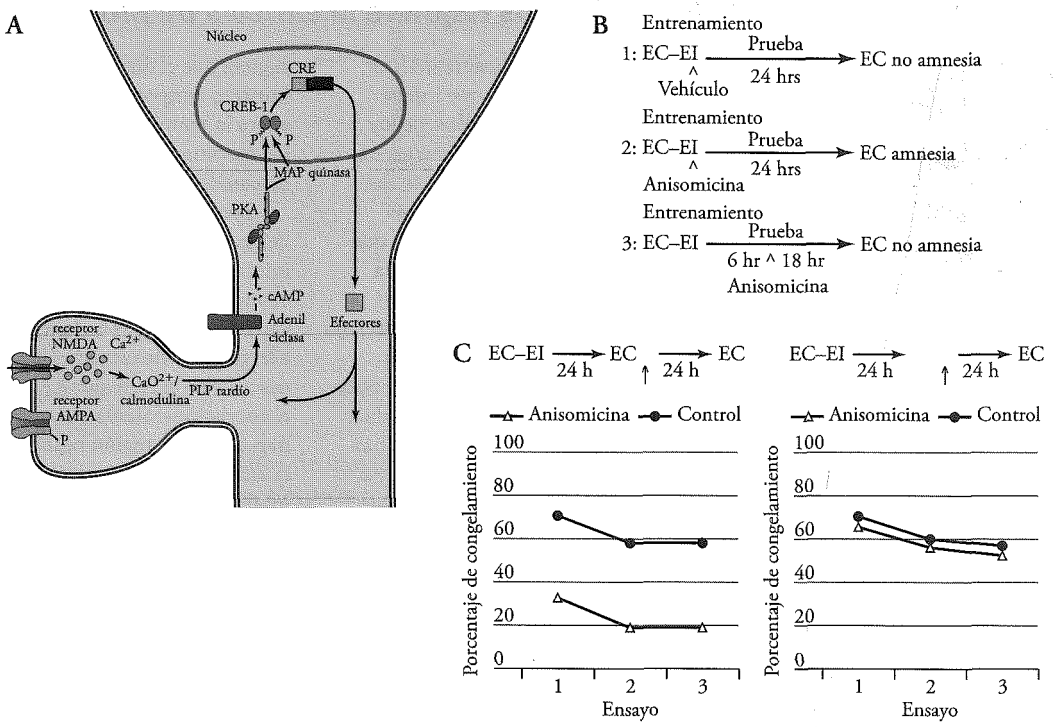



**FIGURA 9.9** (A) Con el aporte prolongado, la activación de la CaMKII puede iniciar una PLP a largo plazo (PLP tardío) que requiere la síntesis de proteínas. La trayectoria de la señal implica la activación de la adenil ciclasa, que convierte el ATP en AMPc y se acopla a una proteína quinasa (PKA). A su vez, la PKA activa una quinasa activada por mitógeno (MAP quinasa) que, en conjunción con la PKA, se acopla a un elemento de respuesta AMPc enlazado con una proteína (CREB). A continuación la CREB inicia la transcripción de los genes relacionados con la plasticidad. El ARNm resultante se traduce en productos de proteína (efectores) que pueden provocar cambios estructurales en la forma en que funcionan las neuronas (por ejemplo, producir un aumento en el número de conexiones sinápticas) (adaptado de Kandel *et al*, 2013). (B) Los sujetos (1: vehículo de control) que reciben un estímulo condicionado (EC) junto con un estímulo incondicionado (EI) exhiben una respuesta condicionada al EC cuando se presenta 24 horas después. Los sujetos (2: anisomicina inmediata) tratados con el inhibidor de la síntesis de proteínas anisomicina poco después del entrenamiento no presentan una respuesta condicionada al EC cuando se presenta 24 horas después. Si el tratamiento farmacológico se demora por 6 horas (3: anisomicina demorada), la anisomicina tiene poco efecto. (© Cengage Learning, 2015) (C) El panel de la izquierda ilustra el congelamiento condicionado en ratas que recibieron una sola presentación del EC 24 horas después del entrenamiento, seguido del tratamiento farmacológico. Cuando el EC se presentó al día siguiente, las ratas que habían recibido anisomicina exhibieron amnesia. El tratamiento farmacológico no tuvo efecto cuando se omitió el recordatorio EC (panel derecho) (adaptado de Nader, Schafe y LeDoux, 2000).

Este efecto fue muy bien ilustrado con una serie de experimentos realizados por LeDoux y sus colegas (Nader, Schafe y LeDoux, 2000; Nader y Einarsson, 2010). Mediante un paradigma pavloviano, las ratas recibieron una única presentación de un tono emparejado con una descarga leve. Al día siguiente se les aplicó una sola exposición al tono (figura 9.9C). La reexposición a la señal previamente entrenada activó la memoria para el episodio de entrenamiento previo, y durante este recordatorio la memoria pudo permanecer en un estado especialmente lábil (sensible a la interrupción). En apoyo de esto, la presentación de un evento de amnesia inducida (por ejemplo, una descarga electroconvulsiva) poco después del tratamiento recordatorio socava la retención de la respuesta previamente aprendida (Misani, Miller y Lewis, 1968). Estos resultados sugieren que una vez que la memoria ha sido recuperada, tiene que ser **reconsolidada** para la retención subsiguiente. Si este proceso de reconsolidación se interrumpe, la memoria anterior podría borrarse. (Para una discusión adicional de la reconsolidación, ver el capítulo 11.)

LeDoux y Nader plantearon la hipótesis de que el proceso de reconsolidación depende de la síntesis de proteínas. Para explorar esta posibilidad, inyectaron anisomicina en la amígdala basolateral inmediatamente después de que las ratas recibieron la señal de recordatorio (figura 9.9C). Otras ratas recibieron el vehículo del fármaco después de la señal de recordatorio o recibieron este tratamiento en solitario (sin señal de recordatorio). A continuación las ratas se ensayaron al día siguiente con el EC. Los animales que no habían recibido el

(*Continúa*)

## RECUADRO 9.1 (continuación)

tratamiento recordatorio exhibieron una RC robusta, se les suministrara o no anisomicina. En contraste, las ratas que recibieron anisomicina después del tratamiento recordatorio exhibieron una profunda amnesia. Esto no se atribuye a la presentación del EC solo (extinción), porque las ratas que recibieron el recordatorio seguido por el vehículo exhibieron una RC normal. Estas observaciones sugieren que la reexposición al EC colocó la memoria en un estado lábil y, durante este periodo, el mantenimiento de la memoria requirió una segunda ronda de síntesis de proteínas.

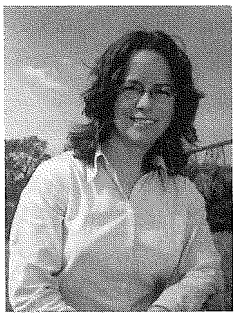
La investigación adicional demostró que la reconsolidación se interrumpe cuando el medicamento es proporcionado poco después del entrenamiento, pero no cuando se suministra 6 horas más tarde (Nader *et al*, 2000).

El trabajo sobre la reconsolidación ha planteado una serie de preguntas que continúan conduciendo a estudios empíricos (ver McKenzie y Eichenbaum, 2011; Nader y Einarsson, 2010; Routtenberg, 2008; Rudy, 2008). Una cuestión fundamental concierne a la relación entre la extinción y la reconsolidación. En vista de ello, ambas implican una manipulación común: la presentación no reforzada de una señal previamente entrenada. ¿Por qué entonces la inhibición de la síntesis de proteínas en un caso (extinción) ayuda a preservar la RC, mientras que en el otro (reconsolidación) tiene un efecto amnésico? Una diferencia obvia se refiere al número de presentaciones del estímulo. Los tratamientos recordatorios suelen incluir sólo unas pocas presentaciones del EC, mientras que la extinción normalmente implica una amplia exposición al EC solo. Otra cuestión se refiere al locus de la síntesis de proteínas. Aunque muchos científicos asumen que esto ocurre dentro del cuerpo de la célula, la investigación reciente sugiere que las dendritas contienen la maquinaria biológica necesaria para sintetizar proteínas localmente.

*J. W. Graw*

**reconsolidación** Proceso por el cual una memoria consolidada anteriormente se coloca en un estado inestable por la reactivación de la huella de la memoria.

**síntesis de proteínas** Proceso celular utilizado para producir proteínas (las moléculas biológicas que forman las estructuras de los organismos vivos) a partir del ARN mensajero (ARNm).



Cortesía de Marie Monfils

Marie Monfils

activada puede ser modificada se denomina *ventana de reconsolidación*. Generalmente esta ventana dura menos de 6 horas. Aunque limitado, el intervalo es suficiente para el entrenamiento de extinción. Esto plantea la posibilidad de que la memoria de adquisición pueda ser alterada sustancialmente mediante la realización de ensayos de extinción durante la ventana de reconsolidación.

La hipótesis anterior se puso a prueba por primera vez en una serie de experimentos con ratas (Monfils *et al*, 2009). Basada en el éxito de estos experimentos, la estrategia también se evaluó en el condicionamiento del miedo en humanos (Schiller *et al*, 2010). Los participantes recibieron primero el condicionamiento del miedo, en el cual un cuadrado de color fue emparejado con una descarga leve en la muñeca (un cuadrado de un color diferente se presentó sin descarga). Cuando los participantes volvieron al día siguiente, algunos recibieron una sola exposición al EC del miedo condicionado, seguido por una serie de ensayos de extinción conducidos ya sea 10 minutos más tarde (dentro de la ventana de consolidación) o 6 horas más tarde (fuera de la ventana de consolidación). Un tercer grupo recibió ensayos de extinción sin una presentación de facilitación antes del EC. Todos los participantes regresaron al laboratorio al tercer día para una prueba de recuperación espontánea del miedo.

El miedo condicionado se mide en términos de la respuesta de conductividad de la piel. Las puntuaciones más altas en esta medida indican mayores niveles de miedo. Los resultados del experimento se presentan en la figura 9.10. Los tres grupos mostraron respuestas de miedo sustanciales durante la adquisición, y poco temor al final de la fase de extinción. Cuando fueron probados de nuevo al día siguiente, hubo una recuperación espontánea sustancial del miedo en el grupo control sin facilitación y en el grupo que recibió entrenamiento de extinción fuera de la ventana de reconsolidación (6 horas después de la presentación del EC facilitado). Sin embargo, no hubo recuperación espontánea si el entrenamiento de extinción se llevó a cabo dentro de la ventana de consolidación (10 minutos después de una exposición al EC facilitado). Estos resultados muestran que el recuerdo del miedo es especialmente vulnerable al entrenamiento de la extinción si ésta se lleva a cabo mientras el recuerdo del miedo está en la ventana de reconsolidación. Estudios posteriores demostraron que estos efectos son evidentes en tiempos tan largos como un año después del entrenamiento inicial y son espe-

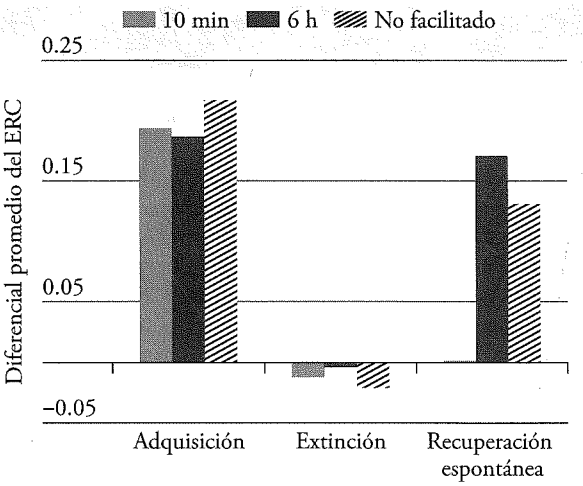
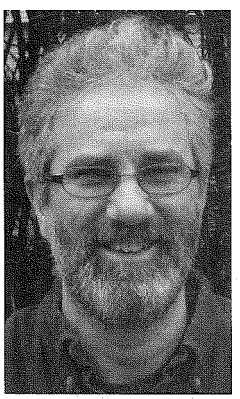



**FIGURA 9.10** Miedo condicionado (medido por la conductividad de la piel) durante la adquisición, extinción y una prueba de recuperación espontánea en participantes humanos que recibieron una exposición de facilitación al EC 10 minutos o 6 horas antes del entrenamiento de extinción o que no recibieron facilitación. (Basado en Schiller *et al*, 2010.)

cíficos para el EC del miedo que se utiliza en la recuperación inicial de la memoria principal (Schiller *et al*, 2010).

Una pregunta importante sin respuesta en esta área de investigación es por qué una exposición de facilitación al EC favorece la extinción mucho más que el primero de una serie de ensayos de extinción. La respuesta está probablemente relacionada con el hecho de que la exposición de facilitación es seguida por un intervalo más largo (10 minutos en Schiller *et al*, 2010) que los ensayos de extinción posteriores (que fueron espaciados con 10 a 12 segundos de diferencia). Sin embargo, hasta ahora esa variable no ha sido evaluada de forma explícita.

## ¿Qué se aprende en la extinción?



Cortesía de Andrew Delamater

Andrew Delamater

Los estudios sobre recuperación espontánea, renovación, restablecimiento y resurgimiento indican que la extinción no implica *desaprender*. Otros estudios han demostrado que las asociaciones respuesta-consecuencia (R–C) y estímulo-consecuencia (E–C) permanecen más o menos intactas después de la extinción (por ejemplo, Delamater, 2004, 2012). Si estas asociaciones se mantienen intactas, ¿qué produce la disminución de respuesta? Esta pregunta es tema de continuo debate y estudio empírico. Una respuesta totalmente satisfactoria aún no está disponible, pero los investigadores están considerando la importancia de las asociaciones inhibitorias E–R motivadas por la inesperada ausencia del refuerzo en la extinción. (Para obtener perspectivas alternativas, véase Baum, 2012; Gallistel, 2012.)

¿Por qué el no reforzamiento debería producir una asociación inhibitoria E–R? Para responder esta pregunta es importante tener en cuenta que la extinción conlleva un tipo especial de no reforzamiento. Esto implica no reforzamiento después de una historia de condicionamiento con presentaciones repetidas del reforzador. El no reforzamiento sin tal historia previa no es extinción, pero se parece más a la habituación. Esta es una distinción importante porque los efectos del no reforzamiento dependen críticamente de la historia previa de la persona. Si su pareja nunca le preparó café en la mañana, usted no se decepcionaría si el café no estuvo listo cuando se levantó. Si usted nunca recibió una pensión, usted no estará decepcionado cuando no la reciba. Es sólo la omisión de una recompensa esperada lo que crea desilusión o frustración. De manera similar, la omisión de un evento aversivo esperado crea alivio, que no se experimenta sin esa expectativa.

Como se mencionó al principio del capítulo, la extinción involucra efectos conductuales y emocionales. Los efectos emocionales surgen de la frustración que se desencadena cuando un reforzador esperado no llega. El no reforzamiento frente a la expectativa de la recompensa desencadena una reacción frustrante aversiva no condicionada (Amsel, 1958; Papini, 2003).

**TABLA 9.2 DESARROLLO DE UNA ASOCIACION INHIBITORIA E–R EN LA EXTINCION INSTRUMENTAL (RESCORLA 1993*A*, EXPERIMENTO 3)**

| FASE 1 | FASE 2 | EXTINCIÓN | PRUEBA |
|---|---|---|---|
| N: Rc → P | R1 → P | N: R1– | N: R1 o R2 |
| L: Rc → P | R2 → P | L: R2– | L: R1 o R2 |

© Cengage Learning

Nota: N y L, donde el ruido y la luz son estímulos discriminativos. Rc fue una respuesta común (meter la nariz) para todos los sujetos; P representa el reforzamiento con bolita de alimento, y R1 y R2 consistieron en presionar la palanca y jalar de la cadena, contrarrestados a través de los sujetos.

Esta emoción aversiva sirve para disuadir de responder durante el curso de la extinción mediante el establecimiento de una asociación inhibitoria E–R (Rescorla, 2001*a*).

El establecimiento de una asociación inhibitoria E–R durante el curso de la extinción es ilustrado por un experimento cuyos procedimientos se describen en la tabla 9.2. Las ratas de laboratorio primero recibieron entrenamiento en discriminación en la que se reforzó una respuesta común (meter la nariz en un agujero) con bolitas de comida cada vez que un estímulo de luz o de ruido (L o N) estuvo presente. Este entrenamiento se llevó a cabo de manera que el no reforzamiento en presencia de L o N provocara frustración cuando se introdujera la extinción. Las respuestas objetivo de la extinción fueron la presión de la palanca y jalar de la cadena (designados como R1 y R2, contrarrestados a través de los sujetos). En primer lugar, R1 y R2 se reforzaron de nuevo con bolitas de comida. Observe que el reforzamiento de R1 y R2 no se produjo en presencia de los estímulos de la luz y el ruido. Por tanto, no se esperaba que este entrenamiento en reforzamiento estableciera cualquier asociación E–R que implicara luz y ruido.

La extinción se llevó a cabo en la tercera fase, y consistió en presentaciones de L y N (para crear la expectativa de recompensa) con R1 o R2 disponible, pero no eran reforzadas. La fase de extinción estableció presumiblemente asociaciones inhibitorias E–R que implicaron N-R1 y L-R2. La presencia de estas asociaciones fue probada por los sujetos dándoles la oportunidad de realizar R1 o R2 en presencia de los estímulos L y N. Si se estableció una asociación inhibitoria N-R1 durante la extinción, se preveía que los sujetos proporcionaran menos respuestas R1 que R2 cuando se probaran con N. De manera correspondiente, se esperaban menos respuestas R2 que R1 cuando se probaran con L. Observe que este resultado de respuesta diferencial no puede ser explicado en términos de cambios en las asociaciones R–C o E–C porque tales cambios deberían haber influido igualmente en R1 y R2.

Los resultados del experimento se presentan en la figura 9.11. Se muestra la respuesta para el intervalo entre ensayos (IEE) y en presencia del estímulo (L o N) con el que la respuesta ha-

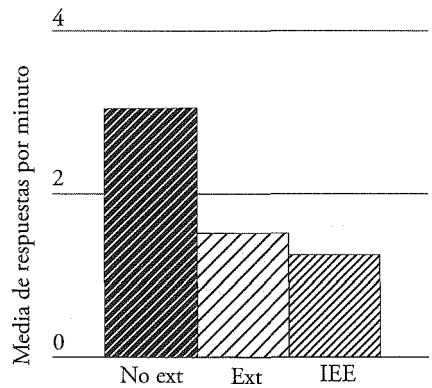



**FIGURA 9.11**
Demostración de que la extinción implica la adquisición de una asociación inhibitoria E–R que es específica para el estímulo, en presencia del cual la respuesta no fue reforzada (véase el procedimiento resumido en la tabla 9.2). Una respuesta particular ocurrió con menos frecuencia durante el estímulo con el que la respuesta había sido extinguida (Ext) que durante un estímulo alternativo (No ext). El IEE se refiere al intervalo entre ensayos. (Basado en "Inhibitory Associations between S and R in Extinction", R. A. Rescorla, *Animal Learning and Behavior, 21*, figura 7, p. 333, 1993.)

bía sido o no extinguida. La respuesta durante el estímulo con el cual ésta se había extinguido fue significativamente menor que la respuesta durante el estímulo alternativo. Por otra parte, el estímulo que produjo la extinción de la respuesta no fue significativamente más alto que lo ocurrido durante el intervalo entre ensayos. Estos resultados indican que el procedimiento de extinción produjo una asociación inhibitoria E–R que era específica para un estímulo y una respuesta particular.

## Efectos paradójicos de la recompensa

Si en la extinción la disminución de la respuesta se debe a los efectos frustrantes de una ausencia inesperada de refuerzo, lo lógico sería que la extinción fuera más rápida después del entrenamiento que establece mayores expectativas de recompensa. En realidad, este es el caso, y ha conducido a una serie de efectos paradójicos. Por ejemplo, cuanto más entrenamiento se proporcione con reforzamiento continuo, más fuerte será la frustración que se produzca cuando se introduce la extinción. Esto a su vez produce extinción más rápida. Este fenómeno se conoce como **efecto del sobreentrenamiento en la extinción** (por ejemplo, Ishida y Papini, 1997; Theios y Brelsford, 1964).

El efecto del sobreentrenamiento en la extinción es paradójico, ya que implica un menor número de respuestas en la extinción después de un entrenamiento con reforzamiento más amplio. Pensando casualmente, uno podría pensar que un entrenamiento más amplio debería crear una respuesta más fuerte y más resistente a la extinción. Pero, de hecho, ocurre lo opuesto, sobre todo cuando el entrenamiento involucra refuerzo continuo.

Otro efecto paradójico de la recompensa que refleja mecanismos similares es el **efecto de la magnitud del reforzamiento en la extinción**. Este fenómeno se refiere al hecho de que la respuesta disminuye más rápidamente en la extinción después del reforzamiento con un refuerzo más grande (Hulse, 1958; Wagner, 1961) y también se explica fácilmente en términos de los efectos frustrantes de la falta de recompensa. El no reforzamiento tiende a ser más frustrante si el individuo espera una gran recompensa en lugar de una pequeña. Considere los siguientes escenarios. En uno recibe $100 por mes de sus padres para gastos imprevistos en la universidad. En el otro obtiene sólo $20 al mes. En ambos casos sus padres suspenden los pagos cuando usted gestiona su baja de la escuela por un semestre. Este no reforzamiento será más aversivo si llegó a esperar una asignación mensual más grande.

El efecto paradójico de la recompensa más ampliamente investigado es el **efecto del reforzamiento parcial en la extinción (ERPE)**. Un factor clave que determina la magnitud de los efectos conductuales y emocionales de un procedimiento de extinción es el programa de reforzamiento que esté en vigor antes de introducir el procedimiento de extinción. Varias características sutiles de los programas de reforzamiento pueden influir en la tasa de extinción. Sin embargo, la variable más importante deriva de si la respuesta instrumental fue reforzada cada vez que ocurrió (*reforzamiento continuo*) o sólo algunas de las veces que se produjo (*reforzamiento intermitente* o *parcial*). La extinción es mucho más lenta e implica menos reacciones de frustración si antes de la introducción de la extinción estaba en vigor un reforzamiento parcial en lugar de un reforzamiento continuo. Este fenómeno se denomina *efecto del reforzamiento parcial en la extinción.*

El efecto del reforzamiento parcial en la extinción ha sido invocado para explicar la conducta de los jugadores habituales que persisten en los juegos de azar, incluso si se encuentran con una larga cadena de fracasos (extinción). En un interesante estudio reciente (Horsley *et al*, 2012) se comparó la persistencia en la extinción entre individuos que rara vez juegan con aquellos que juegan con frecuencia (más de tres veces a la semana). La tarea de condicionamiento instrumental consistió en un juego de computadora en el que los participantes tenían que producir la combinación correcta de una cerradura que abriría el cofre del tesoro de un pirata. El reforzador consistió en ver las monedas de oro en el cofre y recibir una risa de felicitación y retroalimentación verbal ("¡Correcto!"). Grupos independientes recibieron refuerzo

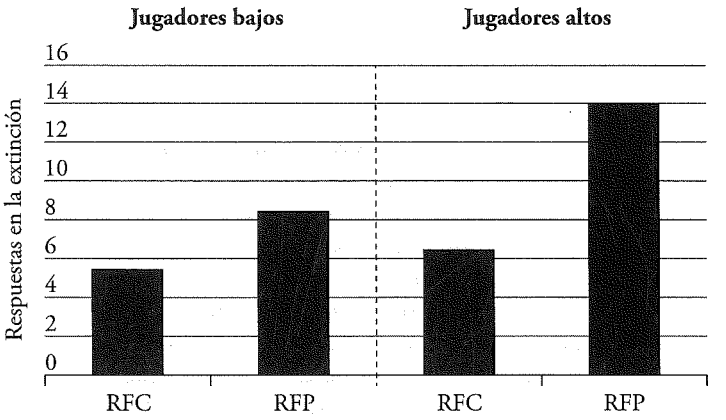



**FIGURA 9.12**
Número de respuestas en la extinción para los jugadores bajos y altos siguientes al reforzamiento continuo o al reforzamiento parcial. (Basado en Horsley *et al*, 2012.)

continuo o 50% de refuerzo parcial hasta que realizaran 20 respuestas correctas. A partir de entonces la respuesta produjo el mensaje "Incorrecto" y el sonido de una cerradura atascada para 20 ensayos de extinción.

El número de respuestas en la extinción se presenta en la figura 9.12. Los diversos grupos emitieron un número similar de respuestas durante la adquisición. Entre los jugadores, tanto los de baja frecuencia como los de alta frecuencia de juego, el reforzamiento parcial arrojó más respuestas en la extinción que el reforzamiento continuo. Sin embargo, la magnitud de este efecto del reforzamiento parcial en la extinción fue mayor entre los jugadores con alta frecuencia de juego. Aunque este experimento muestra una relación entre la propensión al juego y el efecto del reforzamiento parcial en la extinción, no identifica la direccionalidad del efecto. Un efecto más fuerte del reforzamiento parcial en la extinción puede ser una consecuencia de la frecuencia previa del juego o una causa del juego frecuente.

La persistencia en la respuesta que se crea por el **reforzamiento intermitente** es evidente en muchas situaciones. Por ejemplo, consideremos un niño montado en un carrito de supermercado mientras el padre está de compras. El niño le pregunta al padre si le compra una pieza de caramelo. El padre dice que no. El niño pregunta una y otra vez, y luego comienza una rabieta porque el padre continúa diciendo que no. En este punto es probable que el padre ceda para evitar la vergüenza pública. Por último, al entregar el caramelo, el padre habrá proporcionado un refuerzo intermitente de las reiteradas peticiones del niño. También habrá reforzado la conducta de rabieta. El reforzamiento intermitente de las solicitudes de caramelo hará al niño muy persistente (y desagradable) en pedir dulces durante los viajes de compras futuros.

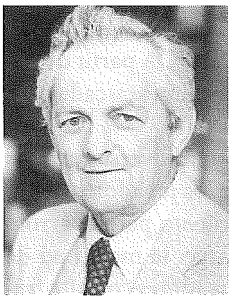
Aunque la mayoría de los estudios sobre el efecto del reforzamiento parcial en la extinción emplea procedimientos de condicionamiento instrumental, este efecto también ha sido demostrado en el condicionamiento pavloviano (por ejemplo, Haselgrove, Aydin y Pearce, 2004; Rescorla, 1999*c*). En los primeros estudios, el efecto del reforzamiento parcial en la extinción sólo se encontró en aquellos que compararon los efectos del entrenamiento en reforzamiento continuo y parcial en grupos de sujetos separados. Sin embargo, investigaciones posteriores han demostrado que el efecto también puede ocurrir en los mismos individuos si experimentan reforzamiento continuo en presencia de un conjunto de señales, y reforzamiento intermitente en presencia de otros estímulos (por ejemplo, Nevin y Grace, 2005; Rescorla, 1999*c*; Svartdal, 2000).

## Mecanismos del efecto del reforzamiento parcial en la extinción

Tal vez la explicación más obvia del efecto del reforzamiento parcial en la extinción radica en que la introducción de la extinción es más fácil de detectar después del reforzamiento continuo que después del reforzamiento parcial. Esta explicación del efecto del reforzamiento

parcial en la extinción se llama **hipótesis de discriminación**. Aunque ésta es plausible, el efecto del reforzamiento parcial en la extinción no es tan simple. En una prueba ingeniosa de la hipótesis, Jenkins (1962) y Theios (1962) entrenaron primero a un grupo de animales con reforzamiento parcial y a otro con reforzamiento continuo. Ambos grupos recibieron luego una fase de reforzamiento continuo antes de la introducción de la extinción. Debido a que la extinción se introdujo inmediatamente después del reforzamiento continuo para ambos grupos, la extinción debería haber sido igualmente perceptible o discriminable en ambos. Sin embargo, los sujetos que inicialmente recibieron entrenamiento con reforzamiento parcial respondieron más en la extinción.

Los resultados de Jenkins y Theios indican que la persistencia de la respuesta producida por el reforzamiento parcial no proviene de una mayor dificultad en la detección del inicio de la extinción. Por el contrario, los individuos aprenden algo duradero del reforzamiento parcial que se realiza, aunque posteriormente reciban reforzamiento continuo. El reforzamiento parcial parece enseñar a los individuos a no rendirse frente al fracaso, y esta persistencia aprendida se mantiene a través de una cadena ininterrumpida de éxitos.

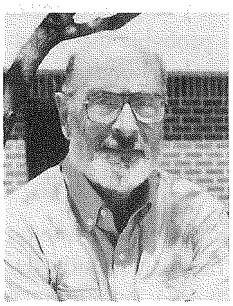


Cortesía de A. Amsel

A. Amsel

¿Lo que se aprende durante el reforzamiento parcial crea persistencia frente a una racha de mala suerte o de fracaso? Se han realizado cientos de experimentos en un intento por responder esta pregunta. Estos estudios indican que el reforzamiento parcial promueve la persistencia de dos maneras. Una explicación, la **teoría de la frustración**, se basa en lo que los individuos aprenden sobre los efectos emocionales de la falta de recompensa durante el entrenamiento en el reforzamiento parcial. La otra explicación, la **teoría secuencial**, se basa en lo que se aprende sobre la memoria de la falta de recompensa.

***Teoría de la frustración*** Esta teoría fue desarrollada por Abram Amsel (por ejemplo, 1958, 1992; véase también Papini, 2003). Según esta teoría, la persistencia en la extinción resulta de aprender algo contrario a la intuición; a saber, continuar respondiendo cuando se espera no recibir reforzamiento o ser frustrado. Este aprendizaje se desarrolla por etapas. El reforzamiento intermitente implica tanto ensayos recompensados como no recompensados. Los ensayos recompensados llevan a los individuos a esperar reforzamiento, y los no recompensados, a esperar la falta de recompensa. En consecuencia, el reforzamiento intermitente inicialmente conduce al aprendizaje de dos expectativas de competencia. Estas dos expectativas que compiten conducen a conductas contradictorias: la expectativa de recompensa anima a responder, y la anticipación de no reforzamiento desalienta a responder. Sin embargo, como el entrenamiento continúa, este conflicto se resuelve a favor de responder.



Cortesía de E. J. Capaldi

E. J. Capaldi

La resolución del conflicto se debe a que el reforzamiento no es predecible en el típico programa de reforzamiento intermitente. Por tanto, la respuesta es reforzada algunas veces en que el participante espera la falta de recompensa. Debido a estas experiencias, la respuesta instrumental queda condicionada a la expectativa de la falta de recompensa o la frustración. Según la teoría de la frustración, esta es la clave para la respuesta persistente en la extinción. Con entrenamiento suficiente, *el reforzamiento intermitente resulta en el aprendizaje para emitir la respuesta instrumental ante la expectativa de la falta de recompensa*. Esto se observa en los jugadores que siguen jugando aunque saben que las probabilidades de ganar están en contra. Una vez que la respuesta se ha vuelto condicionada a la expectativa de la falta de recompensa, la respuesta persiste cuando se introduce la extinción. Por el contrario, no hay nada sobre la experiencia del reforzamiento continuo que incite a las personas a responder cuando esperan la falta de recompensa. En consecuencia, el reforzamiento continuo no produce persistencia en la extinción.

***Teoría secuencial*** La principal alternativa a la teoría de la frustración, la teoría secuencial, fue propuesta por Capaldi (por ejemplo, 1967, 1971) y establecida en términos de conceptos de la memoria más que en las expectativas de recompensa o la frustración. La teoría secuencial asume que los individuos pueden recordar si fueron reforzados o no en el pasado reciente para realizar la respuesta instrumental. Ellos recuerdan los recientes ensayos recompensados y no recompensados. La teoría supone, además, que con el reforzamiento intermitente el recuerdo de la falta de recompensa se convierte en una señal para realizar la respuesta instru-

mental. La manera como esto sucede depende precisamente de la secuencia de los ensayos recompensados (R) y no recompensados (N) que se administran. Es por esto que la teoría se ha etiquetado como *teoría secuencial.*

Considere la siguiente secuencia de ensayos: RNNRRNR. En esta secuencia, el individuo es recompensado (R) en el primer ensayo, en los siguientes dos ensayos no es recompensado (N), luego es recompensado dos veces, después no es recompensado, y luego es recompensado de nuevo. El cuarto y último ensayos son críticos en este programa, y por tanto están subrayados. En el cuarto ensayo el individuo se ve reforzado después de recibir la falta de recompensa en los dos ensayos anteriores. Debido a esto, el recuerdo de dos ensayos no recompensados se convierte en una señal para responder. La respuesta frente al recuerdo de la falta de recompensa se refuerza de nuevo en el último ensayo. Aquí el individuo es reforzado para responder durante el recuerdo de un ensayo no reforzado. Con suficientes experiencias de este tipo, el individuo aprende a responder siempre que no recuerde haber sido reforzado en los ensayos anteriores. Este aprendizaje crea una respuesta persistente en la extinción (por ejemplo, Capaldi *et al*, 1996; Capaldi *et al*, 1992; Haggbloom *et al*, 1990).

Algunos consideraron la teoría de la frustración y la teoría secuencial como explicaciones que rivalizan con el efecto del reforzamiento parcial en la extinción. Sin embargo, desde que los dos mecanismos se propusieron originalmente se ha obtenido un cuerpo grande e impresionante de evidencia en apoyo de cada teoría. Por ende, es poco probable que una teoría sea correcta y la otra esté equivocada. Una mejor manera de pensar acerca de ellas es que las dos teorías señalan diferentes formas en que el reforzamiento parcial puede promover la respuesta durante la extinción. Los mecanismos de memoria pueden hacer más de una contribución cuando los ensayos de entrenamiento están programados juntos y es más fácil recordar lo que pasó en el ensayo anterior. En contraste, el aprendizaje emocional descrito por la teoría de la frustración es menos sensible a los intervalos entre ensayos, y por tanto proporciona una mejor explicación del efecto del reforzamiento parcial en la extinción cuando se utilizan ensayos de entrenamiento ampliamente espaciados.

Todos los estudios descritos en esta sección han involucrado condicionamiento apetitivo porque la mayoría de los experimentos que se enfocan en los efectos emocionales de la extinción y el aprendizaje de las asociaciones inhibitorias E–R se efectuaron en situaciones de condicionamiento apetitivo. Sin embargo, se pueden construir argumentos y mecanismos análogos para la extinción en situaciones aversivas. Allí la omisión inesperada del reforzador aversivo debe resultar en un alivio, y el aprendizaje con el apoyo de esa medida debe dar lugar a la inhibición del miedo. La aplicación de estas ideas a situaciones aversivas aguarda la investigación futura.

## Resistencia al cambio y momento conductual

Otra forma de pensar acerca de la persistencia de la respuesta en la extinción es que representa la resistencia al cambio de las contingencias del reforzamiento que ocurre cuando se introduce el procedimiento de extinción (Nevin, 2012; Nevin y Grace, 2005). Nevin y Grace han pensado en la resistencia al cambio de manera más amplia y han propuesto el concepto de **momento conductual** para caracterizar la susceptibilidad conductual a las interrupciones (Grace y Nevin, 2004; Nevin y Grace, 2000). El término *momento conductual* se basa en una analogía con el momento físico de la teoría newtoniana. El momento de un objeto físico es el producto de su peso (o masa) y su velocidad. Una bala de rápido movimiento y un tren de carga de lento movimiento tienen un gran momento. En ambos casos, el producto de peso × velocidad es grande, por lo que la bala y el tren son difíciles de detener, y por ello resistentes al cambio. Por analogía (materializada por ecuaciones matemáticas), la hipótesis de un momento conductual indica que la conducta que tiene un gran momento también va a ser difícil de "detener" o interrumpir por diversas manipulaciones, incluyendo la extinción.

La investigación sobre el momento conductual ha sido efectuada utilizando varios programas de reforzamiento. Como se describió en el capítulo 8, un programa múltiple tiene dos o más componentes. Cada componente se identifica por un estímulo distintivo y su programa

de reforzamiento acompañante. Los programas múltiples son populares en los estudios del momento conductual porque permiten a los investigadores comparar la susceptibilidad conductual a la interrupción bajo dos condiciones diferentes en la misma sesión y con el mismo individuo. Por ejemplo, uno puede estar interesado en si la adición de reforzadores gratuitos para un programa de reforzamiento hace una conducta más resistente al cambio. La pregunta puede ser contestada mediante el uso de un programa múltiple en el que cada componente tiene el mismo programa de IV, pero uno de los componentes también incluye reforzamientos adicionales que se entregan independientemente de la respuesta (Podlesnik y Shahan, 2008).

En los estudios de momento conductual se han examinado varias fuentes de interrupción diferentes. Éstas han incluido la provisión de alimento extra antes de la sesión experimental, el suministro de alimento adicional durante los intervalos entre los componentes del programa múltiple, y la terminación del reforzamiento (extinción). La mayoría de los experimentos se ha efectuado con palomas y ratas. Sin embargo, hay un creciente interés en la exploración de las implicaciones del momento conductual en el análisis aplicado porque la mayoría de las aplicaciones de los principios conductuales implican esfuerzos para cambiar la conducta de alguna manera (Nevin y Shahan, 2011). (Para un análisis de los juegos de baloncesto femenil en términos del momento conductual, consulte Roane *et al*, 2004.)

Los estudios del momento conductual han animado dos importantes conclusiones. La primera indica que *el momento conductual está directamente relacionado con la tasa de reforzamiento* (ver Nevin y Grace, 2000; Nevin, 2012). Altas tasas de reforzamiento producen una conducta que tiene un mayor momento y es menos susceptible a la interrupción. Otro hallazgo común (pero no universal) indica que el momento conductual no está relacionado con la tasa de respuesta. Así, dos conductas que se producen a tasas similares no necesariamente tienen similares grados de momento conductual (por ejemplo, Nevin, Mandell y Atak, 1983).

La primacía de la tasa de reforzamiento sobre la tasa de respuesta como el determinante del momento conductual ha animado a Nevin y Grace (2000) a atribuir el momento conductual principalmente al condicionamiento pavloviano o asociaciones E–C (por ejemplo, McLean, Campbell-Tie y Nevin, 1996). Un corolario interesante para esta conclusión indica que el momento conductual debe aumentarse añadiendo reforzadores a un componente de un programa múltiple incluso si esos reforzadores no están supeditados a la respuesta. Esta predicción fue confirmada en un estudio con palomas ya citado (Podlesnik y Shahan, 2008), así como en los estudios con niños con discapacidades del desarrollo (Ahearn *et al*, 2003).

Los efectos de la tasa de reforzamiento en el momento conductual se ilustran con un estudio aplicado a 10 alumnos con discapacidades del desarrollo de entre 7 y 19 años de edad (Dube *et al*, 2003). Se utilizó una variación de un videojuego que implicó la captura de un icono o duendecito en movimiento tocando la pantalla con el dedo o haciendo clic sobre el duende con una palanca de mando o *joystick*. Durante el entrenamiento de la línea de base se utilizaron dos duendes diferentes (1 y 2) y cada uno se presentó en ensayos separados. Por tanto, cada duende representaba un componente de un programa múltiple. Las respuestas correctas se reforzaban con fichas, puntos o dinero para los diferentes participantes. En presencia de cada duende estuvo en vigor un programa de reforzamiento de IV de 12 segundos. Para aumentar la tasa de reforzamiento en uno de los componentes del programa múltiple se añadieron reforzadores gratuitos para el programa IV 12 segundos en tiempos variables (TV) con un promedio de 6 segundos (TV 6 segundos). No se necesitaron las respuestas para obtener los reforzadores adicionales. Por tanto, un duende fue asociado con una mayor tasa de reforzamiento (IV 12 segundos + TV 6 segundos) que el otro duende (IV 12 segundos). La respuesta también fue entrenada en la presencia de un tercer duende, reforzado en un programa de IV de 8 segundos. El tercer duende se utilizó al final del experimento para probar la resistencia al cambio.

Después de que la respuesta fue bien establecida para todos los duendes, se realizaron pruebas de momento conductual. Durante cada una de estas pruebas el duende 1 o el duende 2 se presentó por sí mismo como de costumbre. Sin embargo, durante las pruebas el tercer

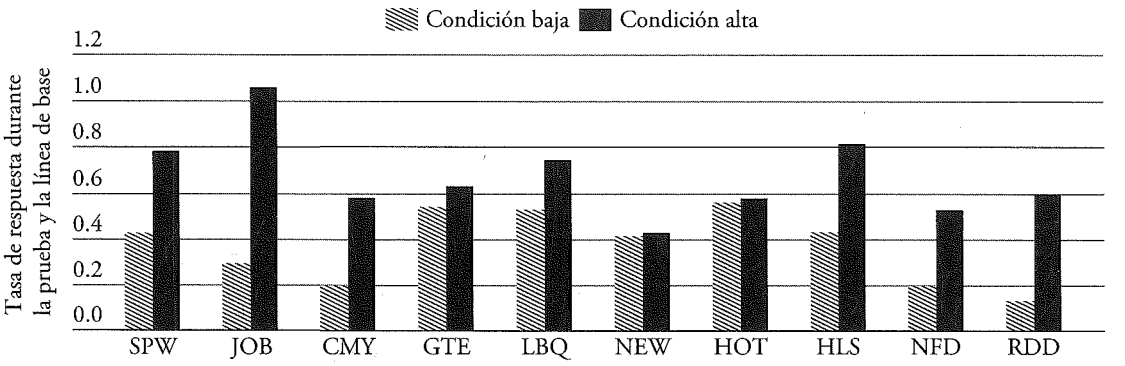



**FIGURA 9.13** Tasa relativa de respuesta con dos componentes de un programa múltiple que involucró una tasa de reforzamiento baja o alta durante una prueba de momento conductual para 10 estudiantes identificados mediante las letras en el eje horizontal. (Dube *et al*, 2003, figura 1, p. 139.)

duende también apareció como un elemento de distracción. La pregunta era cuánta interrupción causaría esto en la respuesta ante los duendes 1 y 2, y si el grado de alteración sería diferente dependiendo de la tasa de reforzamiento asociada con cada uno de los dos primeros duendes.

En la figura 9.13 se resumen por separado los resultados del experimento para cada participante. Los datos se presentan en términos de la respuesta emitida durante la prueba de momento (cuando el duende 3 apareció como un distractor) como proporción de la respuesta en la línea de base (cuando los duendes 1 y 2 aparecieron solos). Una puntuación de 1.0 indica que no hay interrupción por el duende 3. En todos los participantes se produjo alguna interrupción. Sin embargo, el hallazgo importante consistió en que la respuesta fue menos perturbada en la presencia del duende que se asoció con la tasa de reforzamiento alta. Este efecto, que fue predicho por la hipótesis de momento conductual, estaba claro en 9 de los 10 participantes.

## Comentarios finales

La extinción es una de las áreas más activas de la investigación contemporánea en la teoría de la conducta. Aunque el fenómeno fue identificado por Pavlov hace más de cien años, mucho de lo que sabemos acerca de la extinción se ha descubierto en las últimas tres décadas. Anterior a esto se realizó bastante trabajo sobre el efecto del reforzamiento parcial en la extinción. Esta línea de trabajo, y su homólogo contemporáneo en los estudios de la dinámica conductual, se concentran en los factores que contribuyen a la persistencia en la respuesta. En contraste, en la mayoría de otros estudios de extinción el énfasis se ha centrado en las condiciones que promueven la disminución en la respuesta condicionada y las circunstancias en que la respuesta se recupera. Estos temas son de gran interés para la investigación aplicada, debido a sus implicaciones para la terapia de exposición y la recaída. Desafortunadamente, no hay respuestas simples. Como comentaron Bouton y Woods (2008), "La extinción es un fenómeno muy complejo, incluso cuando se analiza a un nivel puramente conductual" (p. 166).

## Preguntas de estudio

1. Describa las consecuencias conductuales y emocionales básicas de la extinción.
2. Explique las diversas condiciones en las que la respuesta extinguida puede reaparecer.
3. Describa cómo la extinción de una respuesta puede influir en la frecuencia con la que ocurren otras respuestas.
4. Refiera las diversas formas en las que el control conductual por claves contextuales es relevante en los efectos conductuales de la extinción.
5. Describa las diversas formas en que la función de extinción puede ser optimizada.
6. Explique la evidencia que identifica el desarrollo de asociaciones inhibitorias E–R en la extinción.

7. Exponga el efecto del reforzamiento parcial en la extinción y las principales explicaciones de este fenómeno.
8. Describa el concepto de momento conductual. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de este concepto?

## Términos clave

**consolidación** Establecimiento de un recuerdo en forma relativamente permanente, de modo que esté disponible para la recuperación un largo tiempo después de la adquisición inicial.

**efecto de la magnitud del reforzamiento en la extinción** Reducción de la persistencia de la conducta instrumental en la extinción después del entrenamiento con un reforzamiento grande que sigue al entrenamiento con un reforzador pequeño o moderado. Este efecto es más prominente con el reforzamiento continuo.

**efecto de renovación** Reaparición de una respuesta extinguida producida por el abandono de las claves contextuales que estaban presentes durante la extinción. En la renovación de ABA, el cambio está de vuelta para el contexto de la adquisición. En la renovación de ABC, el desplazamiento es hacia un contexto familiar no relacionado con la adquisición o la extinción.

**efecto del reforzamiento parcial en la extinción** Término usado para describir una mayor persistencia en la respuesta instrumental en la extinción después del entrenamiento con el reforzamiento parcial (o intermitente) tras el entrenamiento con reforzamiento continuo.

**efecto del sobreentrenamiento en la extinción** Disminución de la persistencia de la conducta instrumental en la extinción después de un amplio entrenamiento con reforzamiento (sobreentrenamiento) que sigue sólo niveles de entrenamiento moderados. Este efecto es más prominente con el reforzamiento continuo.

**extinción** (en el condicionamiento clásico) Reducción de una respuesta aprendida que se produce debido a que el EC ya no está emparejado con el EI. También consiste en el procedimiento de presentar repetidamente un EC sin el EI.

**extinción** (en el condicionamiento instrumental) Reducción de la respuesta instrumental que se debe a que la respuesta ya no es seguida por el reforzador. También consiste en el procedimiento de dejar de reforzar la respuesta instrumental.

**frustración** Reacción emocional aversiva que resulta de la ausencia inesperada del reforzamiento.

**hipótesis de discriminación** Explicación del efecto de la extinción parcial del reforzamiento según la cual la extinción es más lenta después del reforzamiento parcial que después del reforzamiento continuo porque el inicio de la extinción es más difícil de detectar siguiendo el reforzamiento parcial.

**momento conductual** Susceptibilidad de dar respuesta a la interrupción por manipulaciones tales como la alimentación antes de la sesión, entrega gratuita de comida o un cambio en el programa de reforzamiento.

**olvido** Pérdida de una respuesta aprendida causada porque la información adquirida en el entrenamiento se pierde irrevocablemente debido al paso del tiempo. El olvido se contrasta con la extinción, que es producida por un procedimiento específico y no por el paso del tiempo.

**recuperación espontánea (en la extinción)** Reaparición de una respuesta extinguida por el paso del tiempo. (Compárese con recuperación espontánea en la habituación.)

**reforzamiento continuo (RFC)** Programa de reforzamiento en el que todas las presentaciones de la respuesta instrumental producen el reforzador.

**reforzamiento intermitente** Programa de reforzamiento en el que sólo se refuerzan algunas de las emisiones de la respuesta instrumental. La respuesta instrumental se refuerza de forma ocasional o intermitente. También se le llama *reforzamiento parcial.*

**restablecimiento** Reaparición de una respuesta extinguida producida por la exposición al EI o reforzador.

**resurgimiento** Reaparición de una respuesta extinguida por la extinción de otra conducta.

**teoría de la frustración** Teoría del efecto del reforzamiento parcial en la extinción según la cual la extinción es más lenta después del reforzamiento parcial debido a que la respuesta instrumental queda condicionada a la anticipación de la frustrante falta de recompensa.

**teoría secuencial** Teoría del efecto del reforzamiento parcial en la extinción según la cual la extinción es demorada después del reforzamiento parcial debido a que la respuesta instrumental queda condicionada al recuerdo de la falta de recompensa.

CAPÍTULO 10

# Control aversivo: evitación y castigo

**Conducta de evitación**
Orígenes del estudio de la conducta de evitación
Procedimiento de evitación discriminada
Teoría de los dos procesos de la evitación
Análisis experimental de la conducta de evitación
Explicaciones teóricas alternativas a la conducta de evitación
El enigma de la evitación: comentarios finales

**Castigo**
Análisis experimental del castigo
Teorías del castigo
El castigo fuera del laboratorio
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PRELIMINAR DEL CAPÍTULO

Este capítulo se ocupa de la forma en que la conducta puede ser controlada por la estimulación aversiva. La discusión se centra en dos tipos de condicionamiento instrumental: la evitación y el castigo. El condicionamiento de evitación aumenta el desempeño de una conducta objetivo, y el castigo disminuye la respuesta objetivo. En ambos casos los individuos aprenden a minimizar su exposición a la estimulación aversiva. Debido a esta similitud, los análisis teóricos de la evitación y el castigo comparten algunos conceptos. Sin embargo, en su mayor parte los análisis experimentales de la evitación y el castigo han procedido de forma independiente uno del otro. Se describirán los principales hallazgos empíricos y enigmas teóricos en ambas áreas de investigación.

El miedo, el dolor y la decepción son inevitables en la vida. No es de extrañar, pues, que exista un gran interés en la forma en que la conducta es controlada por estímulos aversivos. En los estudios de control aversivo han sido investigados ampliamente dos procedimientos: evitación y castigo. En un procedimiento de **evitación** el individuo tiene que dar una respuesta específica para evitar un estímulo aversivo. Por ejemplo, es posible sujetarse de un pasamanos para evitar resbalones, o llevar un paraguas para no mojarse si llueve. Un procedimiento de evitación implica una contingencia negativa entre una respuesta instrumental y el estímulo aversivo. Si se produce la respuesta, el estímulo aversivo es omitido. Por el contrario, el **castigo** consiste en una contingencia positiva: la respuesta objetivo produce la consecuencia aversiva. Si toca una estufa caliente, usted se quema.

Los procedimientos de evitación aumentan la ocurrencia de la conducta instrumental, mientras que los de castigo la suprimen. Sin embargo, con ambos procedimientos el resultado final es menos contacto con el estímulo aversivo o periodos más largos de seguridad. En la evitación, la seguridad se logra haciendo algo. Por tanto, a veces el condicionamiento de evitación se conoce como *evitación activa*. Con el castigo, el aumento de la seguridad se consigue sin hacer algo. Por tanto, el castigo a veces es llamado *evitación pasiva*.

A pesar de las similitudes entre ambos procedimientos, diferentes tradiciones intelectuales han dominado las consideraciones de la evitación y el castigo. La investigación sobre la conducta de evitación se ha centrado principalmente en las cuestiones teóricas. Los investigadores se han interesado por los mecanismos responsables de la conducta cuya consecuencia principal es la ausencia de algo. Por el contrario, los científicos que estudian el castigo se han centrado en consideraciones prácticas y éticas, como qué procedimientos de castigo son eficaces en la supresión de la conducta y en qué circunstancias se justifica utilizar esos procedimientos.

# Conducta de evitación

El aprendizaje de la evitación ha sido estudiado desde hace aproximadamente 100 años. La mayoría de los experimentos ha implicado ratas de laboratorio que responden para evitar descargas. Sin embargo, también se han efectuado numerosos estudios con seres humanos, y ha sido probada una variedad de estímulos aversivos, incluyendo la pérdida de puntos o dinero, blancos con ruido, la invasión de marcianos en un juego de computadora y el tiempo fuera del reforzamiento positivo (por ejemplo, Costa y Boakes, 2011; DeFulio y Hackenberg, 2007; Molet, Leconte y Rosas, 2006).

## Orígenes del estudio de la conducta de evitación

Para apreciar cómo se acercan los científicos al estudio de la conducta de evitación, uno tiene que entender sus raíces históricas. Las investigaciones experimentales en este tema se originaron en los estudios del condicionamiento clásico. Los primeros experimentos sobre evitación fueron realizados por el psicólogo ruso Vladimir Bechterev (1913) como una extensión de las investigaciones de Pavlov. Sin embargo, a diferencia de Pavlov, Bechterev estaba interesado en estudiar el aprendizaje asociativo en participantes humanos. En una situación, los individuos fueron instruidos para colocar un dedo sobre una placa de metal. A continuación se presentó un estímulo de advertencia (estímulo condicionado [EC]), seguido por una breve descarga (estímulo incondicionado [EI]) a través de la placa. Como era de prever, los participantes rápidamente levantaron el dedo cuando se sorprendieron. Muy pronto también aprendieron a levantar su dedo en respuesta al estímulo de advertencia.

El primer experimento de Bechterev fue evaluado incorrectamente como un ejemplo típico de condicionamiento clásico. Sin embargo, en el método de Bechterev los participantes controlaban los EI. Si ellos levantaban su dedo en respuesta al EC, no recibían la descarga suministrada a través de la placa de metal. Este aspecto del procedimiento constituye una desviación importante de los métodos de Pavlov, ya que en el condicionamiento clásico estándar, llevar a cabo la respuesta condicionada no anula (o modifica) la entrega de los EI.

El hecho de que Bechterev no utilizara un procedimiento de condicionamiento clásico estándar pasó desapercibido durante muchos años. Sin embargo, a partir de la década de 1930 varios científicos comenzaron a examinar la diferencia entre un procedimiento de condicionamiento clásico estándar y un procedimiento que tenía un componente de evitación instrumental añadido (por ejemplo, Schlosberg, 1934, 1936). Uno de los más influyentes de estos estudios fue realizado por Brogden, Lipman y Culler (1938).

Brogden y sus colegas probaron dos grupos de cobayos en un aparato de rueda giratoria. Un tono sirvió como EC, y la descarga se desempeñó como EI. Cuando venía la descarga, los cobayos corrían y hacían girar la rueda. Para el grupo de condicionamiento clásico, la descarga siempre se presentó 2 segundos después del comienzo del tono. Para el grupo de condicionamiento de evitación, la descarga también siguió al tono cuando los animales no hacían girar

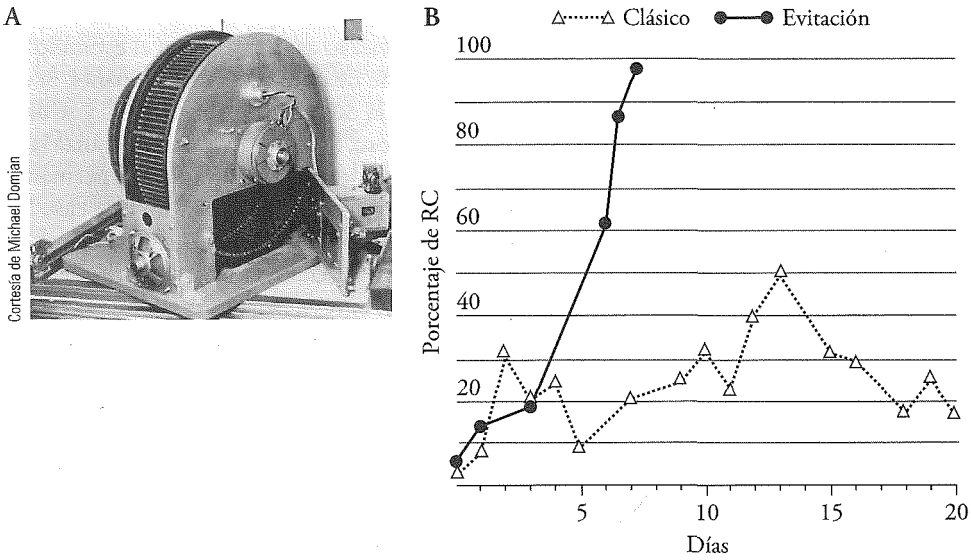



**FIGURA 10.1** Panel A: moderna rueda giratoria para los roedores. Panel B: porcentaje de ensayos cuando los cobayos movieron la rueda para correr en los días sucesivos de entrenamiento. Tales respuestas impidieron la administración de la descarga para el grupo de evitación pero no para el grupo de condicionamiento clásico. ("The Role of Incentive in Conditioning and Extinction", W. J. Brogden, E. A. Lipman, y E. Culler, 1938, *American Journal of Psychology, 51*, pp. 109-117.)

la rueda. Sin embargo, si los cobayos evitaban mover la rueda durante el tono EC, la descarga programada era omitida. La figura 10.1 muestra el porcentaje de ensayos en los cuales cada grupo llevó a cabo la respuesta condicionada. El grupo de evitación aprendió rápidamente a emitir la respuesta condicionada y estuvo respondiendo al 100% de los ensayos en los 8 días de entrenamiento. Con este alto nivel de respuesta, estos cobayos lograron evitar las descargas programadas. Por el contrario, el grupo de condicionamiento clásico nunca alcanzó este alto nivel de desempeño.

Los resultados de Brogden y sus colaboradores demostraron que el condicionamiento de evitación es diferente del condicionamiento clásico estándar, y marcó el comienzo de años de investigación sobre el aprendizaje de evitación instrumental.

## Procedimiento de evitación discriminada

Aunque la conducta de evitación no es más que otro caso de condicionamiento clásico, la herencia del condicionamiento clásico en el estudio de la conducta de evitación ha influido mucho en su análisis teórico y experimental hasta la actualidad. Los investigadores se han preocupado por la importancia de la señal de advertencia en los procedimientos de evitación y la relación de la señal de advertencia con los EI y la respuesta instrumental. Preguntas experimentales de este tipo han sido ampliamente investigadas con procedimientos similares al utilizado por Brogden y sus colegas. Este método se llama **evitación discriminada** o **señalada**. Las características estándar del procedimiento de evitación discriminada se esquematizan en la figura 10.2.

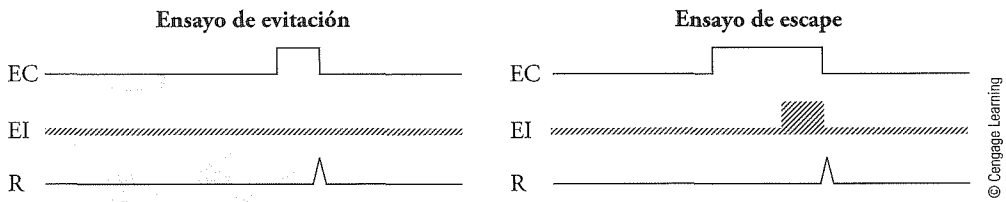



**FIGURA 10.2** Diagrama del procedimiento de evitación discriminada o señalada. *Ensayo de evitación*: si el participante emite la respuesta necesaria para la evitación durante el EC (la señal), pero antes de que el EI (por ejemplo, descarga) sea programado, el EC es apagado y el EI se omite en ese ensayo. *Ensayo de escape*: si el participante no emite la respuesta requerida durante el intervalo EC–EI, se presenta la descarga programada y permanece así hasta que se produce la respuesta, con lo cual el EC y el EI se terminan.

Lo primero a tener en cuenta sobre el procedimiento de evitación discriminada es que implica ensayos discretos. Cada ensayo es iniciado con el estímulo de advertencia o EC. Lo que sucede después de esto depende de qué haga el participante. Si éste lleva a cabo la respuesta objetivo antes de la entrega de la descarga, se apaga el EC y se omite el EI en ese ensayo. Este es un **ensayo de evitación** exitoso. Si el participante no realiza la respuesta requerida durante el intervalo EC–EI, se entrega la descarga programada y permanece así hasta que se produce la respuesta, con lo cual el EC y el EI se terminan. En este caso la respuesta instrumental resulta en el escape de la descarga; por tanto, este tipo de ensayo se denomina **ensayo de escape**. Durante las primeras etapas del entrenamiento la mayoría de los ensayos es de escape, pero a medida que el entrenamiento progresa, llegan a predominar los ensayos de evitación.

Los procedimientos de evitación discriminada a menudo se realizan en una caja de vaivén similar a la mostrada en la figura 10.3. Esta caja consta de dos compartimentos separados por una abertura a nivel del piso. El animal (una rata o ratón) se coloca en el lado izquierdo del aparato. Al inicio de un ensayo se presenta el EC (por ejemplo, una luz o un tono). Si el animal cruza hacia el lado derecho antes de que ocurra la descarga, ésta no se presenta y el EC se termina. Después de un intervalo entre ensayos, el siguiente ensayo se administra con el animal iniciando en el compartimento de la derecha. En ensayos sucesivos los animales van y vienen entre los dos lados del aparato; por tanto, esto recibe el nombre de **evitación de vaivén**. (Para un ejemplo de la evitación de vaivén con ratones transgénicos, ver Nelson *et al*, 2012.)

Hay dos tipos de procedimientos de evitación de vaivén. En el procedimiento antes descrito, el animal se mueve de izquierda a derecha en el primer ensayo, y luego de vuelta en sentido contrario en el segundo ensayo. A este tipo de procedimiento se le llama técnicamente *evitación de vaivén en dos sentidos*, porque el animal se mueve en ambas direcciones en ensayos sucesivos. En el segundo tipo de evitación de vaivén el animal se coloca en el mismo lado del aparato al comienzo de cada ensayo y siempre se mueve desde allí hacia el otro lado. Este tipo de procedimiento se llama *evitación en un sentido*. En general, la evitación en un sentido es más fácil de aprender que el procedimiento en dos sentidos, porque este último requiere que el animal vuelva al lado que era peligroso en el ensayo precedente.

## Teoría de los dos procesos de la evitación

Los procedimientos de evitación implican una contingencia negativa entre una respuesta y un estímulo aversivo. Si usted realiza la respuesta de evitación apropiada, no caerá, estará bajo la lluvia, o conducirá fuera de la carretera. No se obtiene placer especial de estas experiencias. Usted simplemente no se lastima. La ausencia del estímulo aversivo es, presumiblemente, la

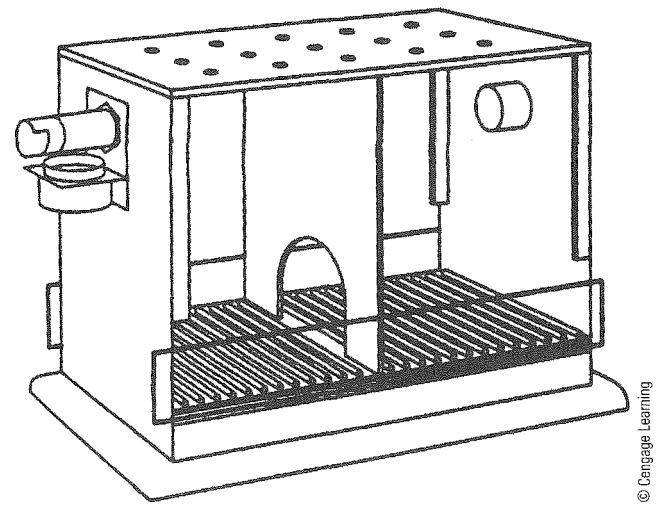
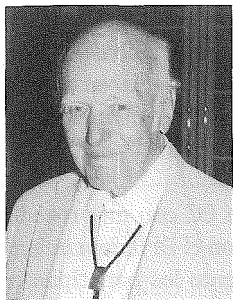

© Cengage Learning

**FIGURA 10.3** Una caja de vaivén. La caja tiene un piso de rejilla metálica y está dividida en dos compartimentos por un arco. La respuesta instrumental consiste en cruzar de ida y vuelta (yendo y viniendo) de un lado al otro de la caja.


Cortesía de Donald A. Dewsbury

N. E. Miller

razón por la que ocurren las respuestas de evitación. Sin embargo, ¿cómo puede la ausencia de algo proporcionar reforzamiento para la conducta instrumental?

Esta es la pregunta fundamental en el estudio de la evitación. Mowrer y Lamoreaux (1942) señalaron más de medio siglo atrás que "no conseguir algo difícilmente puede, en sí mismo, calificarse como recompensa" (p. 6). Desde entonces se ha dedicado mucho esfuerzo intelectual para averiguar qué es lo que los individuos "obtienen" en los procedimientos del condicionamiento de evitación que podría proporcionar reforzamiento para la respuesta de evitación. De hecho, la investigación de la conducta de evitación ha sido dominada por esta cuestión teórica. La primera y más influyente solución al problema fue la **teoría de los dos procesos de la evitación**, propuesta por Mowrer (1947) y elaborada por Miller (1951) y otros (por ejemplo, Levis y Brewer, 2001; McAllister y McAllister, 1995). (Para una reciente implementación y extensión de la teoría de los dos procesos utilizando conceptos de aprendizaje por reforzamiento con métodos informáticos, ver Maia, 2010.)

Como su nombre lo indica, la teoría de los dos procesos supone que en el aprendizaje de evitación están implicados dos mecanismos. El primero es un proceso de condicionamiento clásico activado por los emparejamientos del estímulo de advertencia (EC) con el evento aversivo (EI) en los ensayos en los que el organismo deja de emitir la respuesta de evitación. A través de estos ensayos de condicionamiento clásico, el EC viene a provocar miedo. Por tanto, el primer componente de la teoría de los dos procesos es el *condicionamiento clásico del miedo al EC*. Como se mencionó en los capítulos 3 y 9, una considerable investigación contemporánea está dedicada a los mecanismos de condicionamiento del miedo y su extinción. La teoría de los dos procesos trata el miedo condicionado como una fuente de motivación para el aprendizaje de evitación.

El miedo es un estado desagradable emocionalmente activador. Como ya comentamos en el capítulo 5, la terminación de un evento desagradable o aversivo ofrece reforzamiento negativo para la conducta instrumental. El segundo proceso en la teoría de los dos procesos se basa en tales reforzamientos negativos. Mowrer propuso que la respuesta instrumental de evitación se aprende porque la respuesta termina el EC y por tanto reduce el miedo condicionado provocado por este estímulo. En consecuencia, el segundo componente en la teoría de los dos procesos es el *reforzamiento instrumental de la respuesta de evitación a través de la reducción del miedo*.

Hay varios aspectos destacables en esta teoría de los dos procesos. En primer lugar, y quizás lo más importante, los procesos clásico e instrumental dependen uno del otro. El reforzamiento instrumental a través de la reducción del miedo no es posible sino hasta que el miedo se ha vuelto condicionado al EC. Por tanto, el proceso de condicionamiento clásico tiene que ocurrir primero. Este condicionamiento es una *operación de establecimiento* que permite el fortalecimiento de la respuesta instrumental a través de la reducción del miedo. Sin embargo, las respuestas de evitación exitosas constituyen ensayos de extinción del EC (porque se logra omitir el EI). Así, la teoría de los dos procesos predice la repetición de la interacción entre los procesos clásico e instrumental. El condicionamiento clásico hace posible el reforzamiento negativo instrumental, pero la respuesta de evitación instrumental exitosa puede dar lugar a la extinción del miedo condicionado clásico.

Otro aspecto importante de la teoría de los dos procesos radica en que explica la conducta de evitación en términos del escape del miedo condicionado en vez de hacerlo en términos de la evitación de la descarga. El hecho de que la respuesta de evitación impide la descarga es visto como un subproducto accidental en la teoría de los dos procesos, y no como el principal determinante de la conducta de evitación. El escape del miedo condicionado es el factor causal primordial. Debido a esto, la respuesta instrumental se ve reforzada por un evento tangible (reducción del miedo) en lugar de simplemente por la ausencia de algo.

## Análisis experimental de la conducta de evitación

El aprendizaje de la evitación ha sido objeto de numerosos experimentos. Gran parte de la investigación ha sido estimulada por los esfuerzos destinados a probar o refutar la teoría de los dos procesos. Este espacio no permite examinar todas las pruebas. Sin embargo, se considerarán varios hallazgos importantes que se deben tomar en cuenta para comprender los mecanismos de la conducta de evitación.

***Experimentos de escape del miedo*** En el procedimiento de evitación típico, el condicionamiento clásico del miedo y el reforzamiento fundamental a través de la reducción del miedo ocurren entremezclados entre los ensayos. Sin embargo, si estos dos procesos hacen contribuciones independientes para el aprendizaje de evitación, debería ser posible demostrar su funcionamiento cuando no se mezclan los dos tipos de condicionamiento. Este es el objetivo del **procedimiento de escape del miedo (PEM)**.

La estrategia básica consiste en condicionar primero el miedo a un EC con un procedimiento de condicionamiento clásico *puro* en el que el EC se empareja con el EI independientemente de lo que haga el animal. En la siguiente fase del procedimiento los participantes están expuestos periódicamente al EC que induce miedo y que les permite llevar a cabo una respuesta instrumental para apagar el EC (y de ese modo reducir el miedo). No se programan descargas en la segunda fase.

Los experimentos del PEM generalmente han confirmado las predicciones de la teoría de los dos procesos. Es decir, la terminación de un estímulo aversivo condicionado es un reforzador efectivo para la conducta instrumental. Por ejemplo, un estudio realizado por Esmorís-Arranz y sus colegas (2003) comparó el aprendizaje del PEM después del condicionamiento demorado y simultáneo en una caja de vaivén. Durante la fase inicial del experimento las ratas fueron confinadas en un lado de la caja de vaivén (llamado el lado de la *descarga*) y recibieron 10 ensayos pavlovianos durante cada una de tres sesiones. El EC fue una señal audiovisual de 15 segundos, y el EI fue una descarga leve de 15 segundos aplicada en la pata. El grupo de condicionamiento demorado siempre recibió el EI al final del EC. El grupo de condicionamiento simultáneo recibió el EI al mismo tiempo que el EC. Un tercer grupo sirvió como control y recibió el EC y el EI no emparejados.

Después de la fase de condicionamiento del miedo se eliminó la barrera al otro lado de la caja de vaivén, y las ratas fueron probadas para el escape del miedo. Cada ensayo se inició con la rata colocada en el lado de la descarga con el EC encendido. Si el roedor se trasladaba al otro lado en el lapso de 1 minuto, el EC se apagaba y se le permitía al ratón quedarse en el otro lado durante 30 segundos. Entonces se iniciaba la siguiente prueba. Las ratas que no se movían al lado de seguridad en el lapso de 1 minuto se retiraban y eran colocadas en una caja de retención antes de comenzar su siguiente prueba. La latencia para escapar al lado seguro se resume en la figura 10.4. Tanto el grupo de condicionamiento demorado como el grupo de condicionamiento simultáneo mostraron una disminución de latencias para escapar del estímulo del miedo entre los ensayos, lo que indica que aprendieron a escapar de éste. No hubo cambios sistemáticos evidentes en la latencia para escapar en el grupo control no emparejado. Estos resultados muestran claramente el aprendizaje del PEM, tal y como lo predice la teoría de los dos procesos.

Este tipo de experimento se realizó por primera vez hace más de 60 años (por ejemplo, Brown y Jacobs, 1949), pero sigue siendo de gran interés contemporáneo (ver Cain y LeDoux, 2007, para una extensa discusión). El PEM está atrayendo un renovado interés en el trabajo clínico contemporáneo, porque representa la transición de una reacción de miedo pasiva a una estrategia de afrontamiento activo que ayuda a superar el miedo y la ansiedad acompañante del trauma (LeDoux y Gorman, 2001; van der Kolk, 2006).

***Medición independiente del miedo durante la adquisición de la conducta de evitación*** Otra estrategia importante utilizada en las investigaciones de la conducta de evitación implica la medición independiente del miedo y la respuesta de evitación instrumental. Este enfoque se basa en la suposición de que si el miedo motiva la respuesta de evitación y si la reducción del miedo se está reforzando, entonces el condicionamiento del miedo y el condicionamiento de la conducta de evitación instrumental deberían ir de la mano. Sin embargo, contrariamente a esta predicción, el miedo condicionado y la respuesta de evitación tienden a estar correlacionados sólo al principio del entrenamiento. Después de esto la respuesta de evitación puede persistir sin mucho temor, siendo exhibida cuando ocurre el EC o la señal de advertencia (Mineka, 1979).



Cortesía de Donald A. Dewsbury

S. Mineka

Muy temprano en el estudio del aprendizaje de evitación, Solomon y sus colegas notaron que los perros se vuelven menos temerosos a medida que dominan la ejecución de una res-

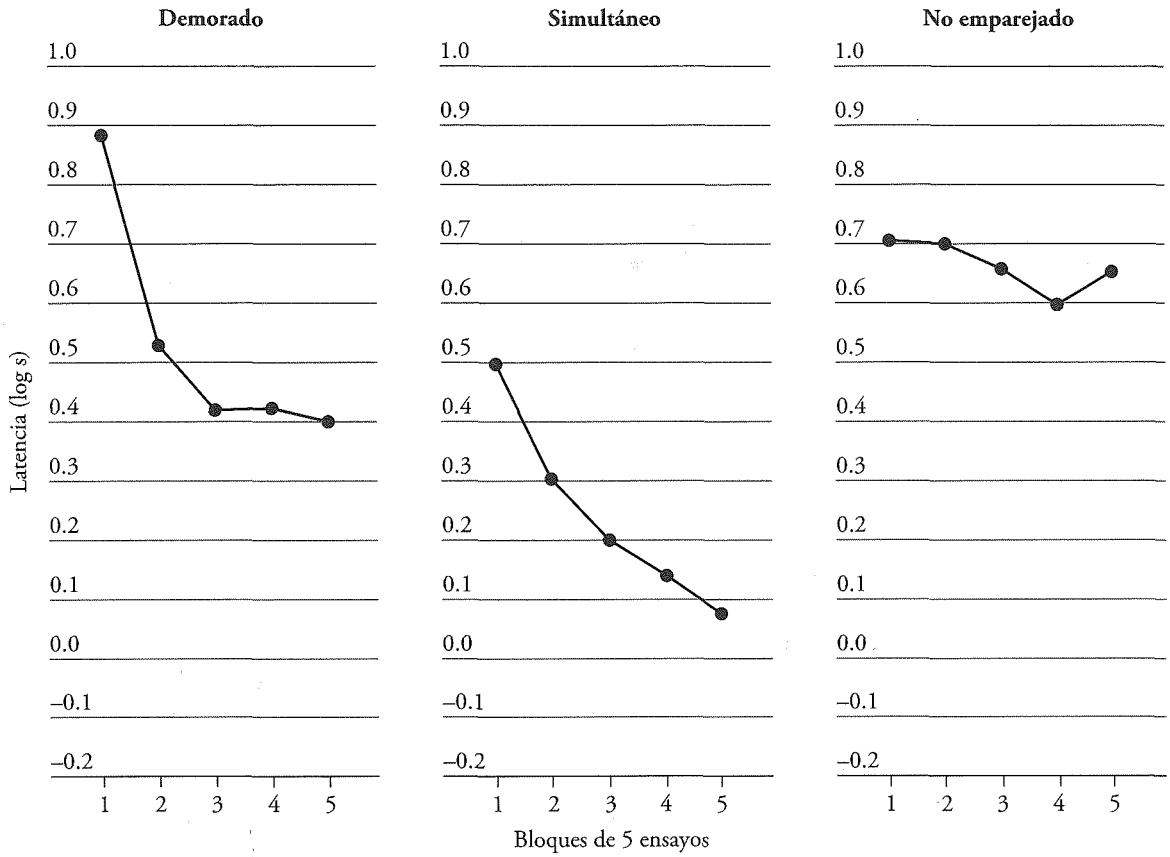



**FIGURA 10.4** Latencias promedio para escapar de un EC que fue condicionado ya sea usando un procedimiento de condicionamiento demorado o un procedimiento de condicionamiento simultáneo, o presentado sin estar emparejado con el EI. (Basado en Esmorís-Arranz, Pardo-Vázquez y Vázquez-García, 2003.)

puesta de evitación (Solomon, Kamin y Wynne, 1953; Solomon y Wynne, 1953). Posteriormente, mediciones más sistemáticas del miedo y la conducta de evitación han confirmado esta observación (por ejemplo, Kamin *et al*, 1963; Mineka y Gino, 1980). Muchos de estos estudios se realizaron con ratas de laboratorio condicionadas en una tarea de evitación de vaivén, con la medición del miedo mediante la técnica de supresión condicionada. Una disociación similar entre el miedo y el aprendizaje de evitación se observa en las personas.

En un experimento realizado por Lovibond y colaboradores (2008), estudiantes universitarios recibieron condicionamiento con tres estímulos diferentes, denominados A, B y C. Los estímulos fueron bloques de colores presentados en una pantalla de computadora. El EI fue una descarga para el dedo índice con una intensidad que era incómoda pero no dolorosa. En los ensayos con el estímulo A estaba vigente un procedimiento de condicionamiento de evitación. Este estímulo se presentó durante 5 segundos, seguido por una descarga 10 segundos más tarde (A+). Sin embargo, si el participante presionaba el botón correcto durante el EC, la descarga se omitía en ese ensayo. El estímulo B recibió sólo el condicionamiento pavloviano como comparación. Cada presentación de B fue seguida por una descarga (B+), sin la oportunidad de evitarla. El estímulo C era una señal de control y nunca fue seguida por una descarga (C–). Para realizar un seguimiento de los efectos de estos procedimientos, se pidió a los participantes que calificaran su expectativa de que la descarga ocurriera, y sus respuestas de conductividad de la piel se registraron como un índice del miedo. Durante la demora de 10 segundos entre el EC y el EI programada se obtuvieron clasificaciones de la expectativa de descarga.

Los resultados del experimento se resumen en la figura 10.5. La gráfica de la izquierda muestra los cambios en la conductividad de la piel como una medida del miedo. Éste siempre fue bajo para el estímulo C, como era de esperarse porque C nunca terminó con una descarga.

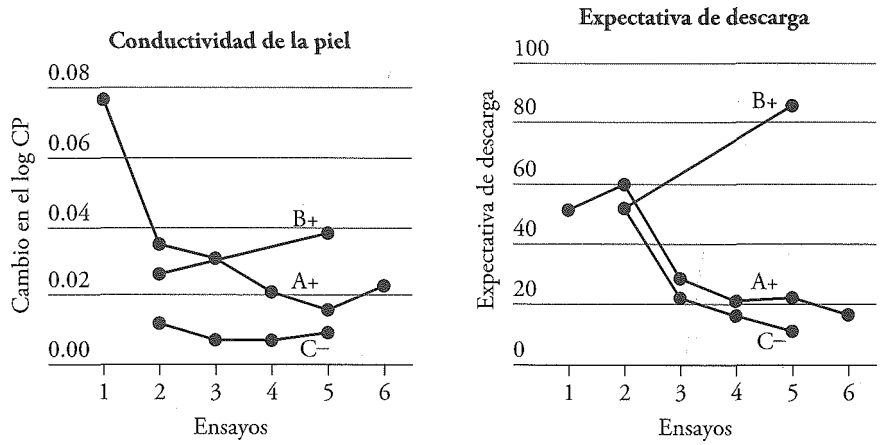



**FIGURA 10.5** Cambios en la conductividad de la piel (CP) y en la expectativa de descarga a través de los ensayos para un estímulo de advertencia en un procedimiento de evitación (A+), un EC pavloviano emparejado con una descarga (B+), y un estímulo nunca emparejado con una descarga (C–). (Basado en Lovibond *et al*, 2008.)

El miedo aumentó entre los ensayos para el estímulo B pavloviano, que terminó con una descarga en cada ensayo (B+). En contraste, disminuyó entre los ensayos para el estímulo de evitación (A+). Los cambios en el miedo a los estímulos A y B fueron acompañados de cambios en la expectativa de descarga. Esta expectativa aumentó entre los ensayos para el estímulo B pavloviano pero disminuyó para el estímulo A de evitación. Ensayos de prueba posteriores indicaron que los participantes no tuvieron miedo del estímulo A porque habían aprendido a evitar las descargas en los ensayos A. Si su respuesta de evitación se bloqueaba, el miedo volvía, al igual que su expectativa de que la descarga ocurriera de nuevo. Estos resultados demuestran que la conducta de evitación exitosa está asociada con bajos niveles de miedo y bajas expectativas de peligro.

***Extinción de conductas de evitación a través del bloqueo de la respuesta y la exposición al EC solo*** Al inicio del estudio de la evitación, el procedimiento de extinción utilizado para el condicionamiento de evitación involucró desconectar el generador de descargas para que las respuestas ya no estuvieran obligadas a evitarlas. Sin embargo, la respuesta todavía resultó en la terminación del estímulo de advertencia o EC. En estas condiciones, la respuesta de evitación persistió durante mucho tiempo. En un experimento clásico realizado con perros, Solomon, Kamin y Wynne (1953) describieron a un participante que realizó la respuesta de evitación en 650 ensayos sucesivos después de sólo unos cuantos ensayos de condicionamiento de evitación. Dada tal persistencia, ¿cómo podría ser extinguida la conducta de evitación? La respuesta a esta pregunta es muy importante no sólo para los análisis teóricos en este campo, sino también para el tratamiento de respuestas de evitación clínicamente problemáticas o patológicas.

El procedimiento de extinción más eficaz para la conducta de evitación implica una amplia exposición al EC sin el EI. Sin embargo, para lograr una amplia exposición al EC los participantes no pueden permitirse dar por terminado el EC antes de tiempo, como ocurrió en el estudio de Solomon, Kamin y Wynne (1953). Más bien, el aparato tiene que ser alterado de modo que se bloquee la respuesta de evitación. Esto se denomina **bloqueo de respuesta**. Por ejemplo, en una caja de vaivén se puede insertar una barrera para evitar que el participante vaya al lado seguro cuando se enciende el EC. Al bloquear la respuesta de evitación, los participantes pueden estar expuestos al EC durante mucho tiempo, o "inundados" con éste (Baum, 1970). Por tanto, este procedimiento a veces se denomina **inundación**. (Para la discusión de un procedimiento relacionado, la *terapia implosiva*, ver Levis, 1995; Levis y Brewer, 2001.)

Exposiciones más largas al EC sin el EI conducen a una extinción más exitosa de la respuesta de evitación. Esto se demostró en un experimento clásico de Schiff, Smith y Prochaska (1972). Las ratas fueron entrenadas para evitar una descarga en respuesta a un EC auditivo al ir a un compartimento de seguridad. Después de la adquisición, el compartimento de seguridad estaba bloqueado por una barrera, y las ratas recibieron diversas cantidades de exposición

al EC sin descarga. Diferentes grupos recibieron 1, 5 o 12 ensayos de bloqueo, y en cada uno de estos ensayos el EC fue presentado por 1, 5, 10, 50 o 120 segundos. La barrera de bloqueo a la respuesta de evitación se eliminó entonces para probar la extinción. Al comienzo de cada prueba de ensayo se colocó a la rata en el aparato y se presentó el EC hasta que el animal cruzó al compartimento seguro. Las descargas nunca ocurrieron durante los ensayos de prueba, y cada animal se puso a prueba hasta que le llevó al menos 120 segundos cruzar hacia el compartimento de seguridad en tres ensayos consecutivos. La fuerza de la respuesta de evitación se midió por el número de ensayos necesarios para alcanzar este criterio de extinción.

Los resultados del experimento se resumen en la figura 10.6. Como era de esperarse, la exposición al EC facilitó la extinción de la respuesta de evitación. Además, este efecto fue determinado principalmente por la duración total de la exposición al EC. El número de ensayos de inundación administrados (1, 5 o 12) facilitó la extinción sólo porque cada ensayo se añadió al tiempo total de exposición al EC. Los aumentos en la duración total de exposición bloqueando el EC resultaron en más extinción (ver también Baum, 1969; Weinberger, 1965).

La investigación sobre los procedimientos de extinción ha demostrado también que el bloqueo de acceso a la respuesta de evitación puede facilitar la extinción de la evitación en sí misma, incluso si el bloqueo de la respuesta no aumenta la duración del EC (por ejemplo, Katzev y Berman, 1974). En el estudio descrito anteriormente de condicionamiento del miedo en estudiantes universitarios realizado por Lovibond y colegas (2008), el miedo y la expectativa de una descarga disminuyeron con un entrenamiento de evitación exitoso, pero ambos regresaron rápidamente durante los ensayos de prueba cuando fue bloqueada la oportunidad para la respuesta de evitación. Los procesos en los que se bloquea esta respuesta pueden ser especialmente eficaces en la extinción de la conducta de evitación, ya que permiten el retorno del miedo y de ese modo lo hacen más accesible a la extinción. El bloqueo de la respuesta en la extinción también deja claro que el no lograr que la respuesta de evitación ya no sea peligrosa debería refutar las expectativas de descarga previamente adquiridas (Lovibond, 2011).

***Evitación no discriminada (operante libre)*** La teoría de los dos procesos pone gran énfasis en el papel de la señal de advertencia, o EC, en el aprendizaje de evitación. Señales de advertencia claras con frecuencia son evidentes en la conducta de evitación patológica, como cuando alguien huye de la intimidad después de haber sufrido una relación abusiva. ¿Los individuos también pueden aprender una respuesta de evitación si no hay estímulo de advertencia exterior en la situación? Dentro del contexto de la teoría de los dos factores, esta

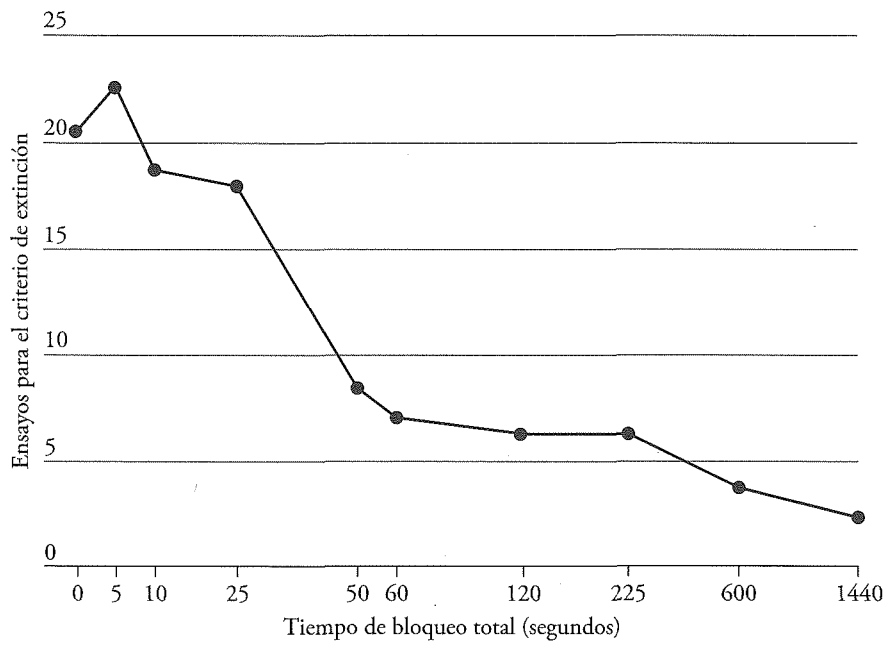



**FIGURA 10.6** Ensayos necesarios para un criterio de extinción en grupos independientes de animales que recibieron previamente exposición con bloqueo al EC de varias duraciones. ("Extinction of Avoidance in Rats as a Function of Duration and Number of Blocked Trials", R. Schiff, N. Smith y J. Prochaska, 1972, *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 81*, pp. 356-359.)

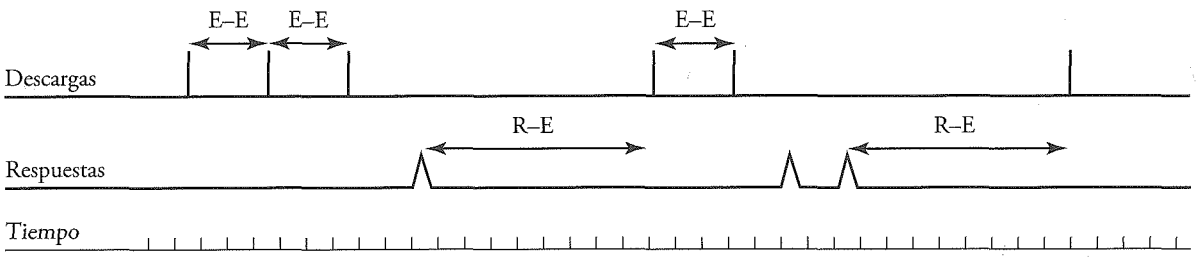



**FIGURA 10.7** Diagrama del procedimiento de evitación no discriminada o de operante libre. Cada presentación de la respuesta inicia un periodo sin descarga, tal como se establece por el intervalo R–E. En ausencia de una respuesta, la siguiente descarga se producen en un periodo fijo después de la última descarga, según lo establecido por el intervalo E–E. Las descargas no son señaladas por un estímulo exteroceptivo y suelen ser breves e ineludibles.

es una pregunta herética. Sin embargo, los avances en la ciencia requieren plantear preguntas audaces. Sidman lo hizo (1953*a*, 1953*b*, 1966) ideando un procedimiento de condicionamiento de evitación que no implicara un estímulo de advertencia. El procedimiento se ha dado en llamar **evitación no discriminada** o de **operante libre.**

En un procedimiento de evitación de operante libre, el estímulo aversivo (por ejemplo, la descarga) está programado para ocurrir periódicamente sin previo aviso (por ejemplo, cada 10 segundos). Cada vez que el participante efectúa la respuesta de evitación, obtiene un periodo de seguridad (digamos 20 segundos), durante el cual no se producen descargas. La repetición de la respuesta de evitación antes del final del periodo libre de descargas sirve para reiniciar el periodo seguro.

Un procedimiento de evitación de operante libre se construye utilizando dos intervalos de tiempo (figura 10.7). Uno de ellos es el intervalo entre las descargas en ausencia de una respuesta. Esto se denomina **intervalo E–E (descarga-descarga).** El otro periodo crítico es el intervalo entre la respuesta de evitación y la siguiente descarga programada. Esto se denomina **intervalo R–E (respuesta-descarga)**, el cual es el periodo de seguridad creado por cada respuesta. En nuestro ejemplo, el intervalo E–E fue de 10 segundos y el intervalo R–E fue de 20 segundos. Otra característica importante estriba en que no importa cuándo ocurra, una respuesta de evitación siempre restablecerá el intervalo R–E (de ahí el término *evitación de operante libre*). Al responder antes del final de cada intervalo R–E, el individuo siempre puede restablecer este intervalo y de ese modo prolonga su periodo de seguridad de forma indefinida.

***Demostraciones del aprendizaje de evitación de operante libre*** La mayor parte de la investigación sobre el aprendizaje de evitación de operante libre se ha llevado a cabo con ratas de laboratorio, con una breve descarga a la pata como el estímulo aversivo. Sin embargo, los experimentos también se han efectuado con participantes humanos y con más estímulos aversivos "naturales". Por ejemplo, en un estudio, cuatro estudiantes universitarios sirvieron como participantes, y el aire impregnado con dióxido de carbono ($CO_2$) fue el EI de aversión (Lejuez *et al*, 1998). Se utilizó $CO_2$ en lugar de una descarga porque los investigadores querían producir síntomas relacionados con ataques de pánico. La inhalación de $CO_2$ produce dificultad respiratoria, aumento de la frecuencia cardiaca (taquicardia) y mareos similares a los que ocurren durante un ataque de pánico.

Los participantes potenciales para el experimento fueron examinados primero para asegurar que no tuvieran antecedentes de problemas respiratorios. Durante el experimento se pidió a los estudiantes usar una máscara que proporcionaba aire de la habitación. Para liberar el estímulo aversivo, el aire de la habitación fue cambiado a 20% de $CO_2$ durante 25 segundos. Cada entrega de $CO_2$ fue seguida por un periodo de descanso de 65 segundos para permitir la reanudación de la respiración normal. La respuesta instrumental consistía en jalar un émbolo. Tres segundos después del periodo de descanso se enviaba un golpe de $CO_2$ sin previo aviso si el participante no tiraba del émbolo (intervalo E–E = 3 segundos). Después de una respuesta, la próxima entrega de $CO_2$ fue programada 10 segundos más tarde (intervalo R–E = 10 segun-

dos). Además, cada presentación de la respuesta de evitación restablecía el intervalo R–E. Si los participantes no respondían, podían obtener hasta 22 entregas de $CO_2$ en cada sesión. Sin embargo, podían evitar todas las entregas respondiendo antes del final del primer intervalo de E–E y luego antes del final de cada intervalo R–E subsiguiente. Las sesiones durante las cuales la contingencia de evitación estaba vigente se alternaron con las sesiones de control en las que la respuesta no tuvo ningún efecto y los participantes recibieron una entrega de $CO_2$ cada 6 minutos en promedio.

Los resultados del experimento se resumen en la figura 10.8. El lado izquierdo muestra las tasas de respuesta de los cuatro estudiantes durante las sesiones de evitación y control. La parte derecha de la figura presenta el número de entregas de $CO_2$ que los participantes recibieron

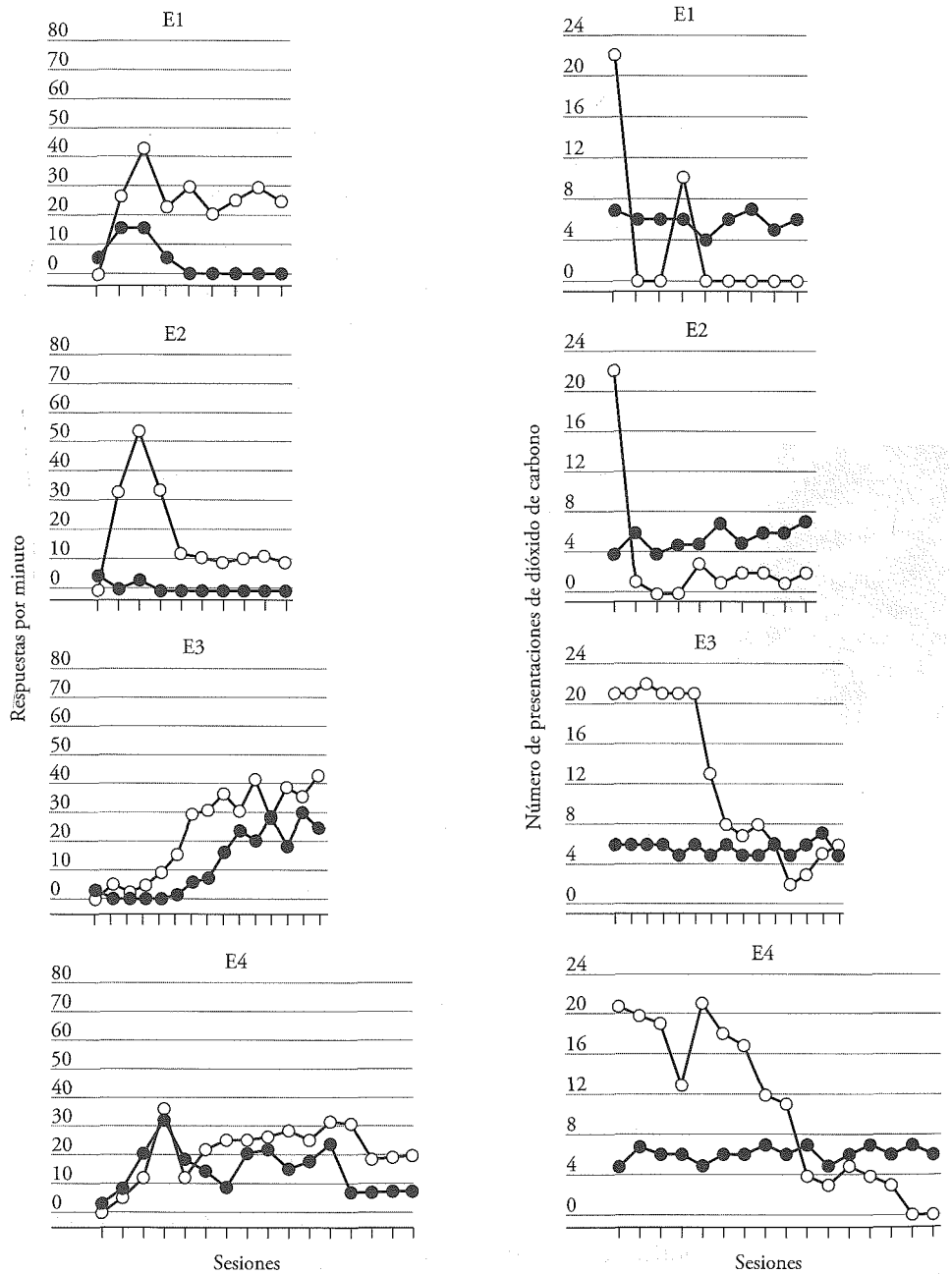
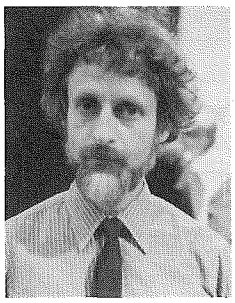



**FIGURA 10.8** Tasa de respuesta y de las presentaciones de $CO_2$ para cuatro estudiantes universitarios (E) en un estudio de evitación de operante libre. Los círculos huecos representan los datos obtenidos durante las sesiones cuando la contingencia de evitación estaba vigente. Los círculos rellenos representan los datos obtenidos durante las sesiones de control cuando la respuesta de evitación no era eficaz y los sujetos recibían una entrega de $CO_2$ cada 6 minutos. (Basado en C. W. Lejuez, *et al*, 1998, "A Voidance of 20% Carbon Dioxide-Enriched Air within Humans", *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 70*, pp. 79-86.)

durante los dos tipos de sesiones. Observe que las tasas de respuesta fueron mayores durante las sesiones de evitación que durante las sesiones de control. Por otra parte, ya que los participantes adquirieron la respuesta de evitación, disminuyó el número de presentaciones de $CO_2$ que recibieron. Estos cambios conductuales (y consecuencias) se produjeron a pesar de que las presentaciones de $CO_2$ no se señalizaron mediante un estímulo de advertencia explícita.

No se proporcionaron instrucciones explícitas al comienzo del experimento relacionadas con la respuesta del émbolo. Los estudiantes E1 y E2 descubrieron por su cuenta la contingencia de evitación sin mucha dificultad. Por el contrario, los estudiantes E3 y E4 tuvieron un poco de problemas al principio, y se les proporcionó un indicio antes de su sexta y séptima sesiones, respectivamente. La sugerencia fue: "La única cosa que usted puede hacer tirando del émbolo es cambiar ocasionalmente el número de veces que recibe aire impregnado con dióxido de carbono. Incluso es posible que a veces no reciba ninguna entrega de dióxido de carbono." Esta sugerencia fue suficiente para que E3 y E4 respondieran con eficacia durante las sesiones de evitación posteriores. Sin embargo, observe que las instrucciones no proporcionaron pistas sobre la diferencia entre las sesiones de evitación y de control o sobre la estimación temporal de las entregas de $CO_2$. Sin embargo, E3 y E4 respondieron con más fuerza durante las sesiones de evitación que durante las sesiones de control al final del experimento. Por tanto, la diferencia en los niveles de respuesta (y las presentaciones de $CO_2$) que se produjeron durante la evitación frente a las sesiones de control no se puede atribuir a lo bien que cualquiera de los participantes siguió las instrucciones. Todos tenían que descubrir sin ayuda cuándo estaba vigente la contingencia de evitación y cuándo no lo estaba.

La conducta de evitación de operante libre ha sido investigada en numerosos estudios con ratas y otros animales de laboratorio con una breve descarga como estímulo aversivo (ver Hineline, 1977; Hineline y Rosales-Ruiz, 2013). El hecho de que las ratas no respondan a las instrucciones verbales simplifica la interpretación de los resultados. Estos experimentos han demostrado que la tasa de respuesta es controlada por la longitud de los intervalos de E–E y R–E. La programación más frecuente de las descargas en la ausencia de respuesta (el intervalo E–E) hace más probable que el participante aprenda la respuesta de evitación. El aumento de la duración de la seguridad producida por la respuesta (el intervalo R–E) también promueve la respuesta de evitación. Además, el valor relativo de los intervalos de E–E y R–E es importante. El periodo seguro producido por cada respuesta (intervalo R–E) tiene que ser mayor que el intervalo entre las descargas que se producirían sin respuesta (intervalo E–E).



Cortesía de Donald A. Dewsbury

P. N. Hineline

Una respuesta de evitación de operante libre eficiente requiere habilidad para mantener la noción del tiempo. Evitar descargas con el mínimo esfuerzo requiere responder cerca del final de cada intervalo R–E. Dado que no hay señales externas que indiquen cuándo está a punto de finalizar el intervalo R–E, tienen que utilizarse señales temporales internas. Esto hace que la evitación de operante libre sea un procedimiento útil que permite probar la capacidad de un organismo para mantener la noción del tiempo. Analizaremos el aprendizaje sobre las señales temporales con mayor detalle en el capítulo 12.

## Explicaciones teóricas alternativas a la conducta de evitación

Los estudios de la conducta de evitación de operante libre han animado la consideración de mecanismos de evitación que van más allá de los factores identificados en la teoría clásica de los dos procesos de evitación. En la teoría de los dos procesos se supone que el reforzamiento de la respuesta de evitación es proporcionado por la reducción del miedo condicionado. Este es un caso de reforzamiento negativo: debido a la eliminación de un estímulo aversivo. Tratamientos teóricos posteriores han propuesto que los procedimientos de evitación también proporcionan reforzamiento positivo de la respuesta de evitación, mientras que otros han sugerido que ni el reforzamiento negativo ni el positivo son importantes en el aprendizaje de evitación.

***Reforzamiento positivo a través de la inhibición condicionada del miedo o de las señales de seguridad condicionadas*** El desempeño de una respuesta de evitación siempre resulta en estímulos distintivos, tales como señales espaciales involucradas en ir de un lado a otro en una caja de vaivén, o señales táctiles y otras implicadas en presionar una palanca de respuesta. Los estímulos que se producen al realizar una respuesta esquelética reciben el

nombre de *señales de retroalimentación de respuesta*. Debido a que la respuesta de evitación produce un periodo de seguridad en todos los procedimientos de condicionamiento de evitación, los estímulos de retroalimentación de respuesta pueden adquirir propiedades inhibitorias condicionadas y convertirse en señales para la ausencia de estimulación aversiva. Tales estímulos se denominan **señales de seguridad**. Según la *hipótesis de la señal de seguridad*, las señales de seguridad que acompañan las respuestas de evitación pueden proporcionar un reforzamiento positivo para la conducta de evitación.

En la mayoría de los experimentos de evitación no se introducen indicaciones especiales como señales de retroalimentación de respuesta que podrían adquirir funciones de señal de seguridad. En particular, los procedimientos de evitación de operante libre no implican ninguna clase de señales especiales de retroalimentación de respuesta proporcionadas por el experimentador. Sin embargo, el acto de ejecutar la respuesta instrumental ofrece estímulos espaciales, táctiles y propioceptivos (señales internas relacionadas con las contracciones musculares) que acompañan inevitablemente la respuesta de evitación. Estas señales podrían convertirse en señales de seguridad (Dinsmoor, 2001*b*). Además, cualquier procedimiento de evitación puede ser modificado fácilmente para incluir un estímulo distintivo (un breve destello o tono) después de cada ocurrencia de la respuesta de evitación. La hipótesis de la señal de seguridad predice que la introducción de un estímulo de retroalimentación explícito facilitará el aprendizaje de una respuesta de evitación. Numerosos experimentos han encontrado que esto es cierto (por ejemplo, Bolles y Grossen, 1969; Cándido, Maldonado y Vila, 1991; D'Amato, Fazzaro y Etkin, 1968).

Otros estudios han demostrado que durante el curso del entrenamiento de evitación, un estímulo de retroalimentación de respuesta se convierte en un inhibidor condicionado del miedo (por ejemplo, Cándido, González y De Brugada, 2004; Morris, 1974; Rescorla, 1968). Por otra parte, también hay evidencia directa de que un estímulo de retroalimentación que ha sido condicionado para inhibir el miedo durante el entrenamiento de evitación es un reforzador positivo eficaz para nuevas respuestas (Morris, 1975; Weisman y Litner, 1972). Por tanto, existe evidencia suficiente para considerar las señales de seguridad como fuentes de reforzamiento positivo en el aprendizaje de evitación (ver Dinsmoor, 2001*b*, y el comentario siguiente).

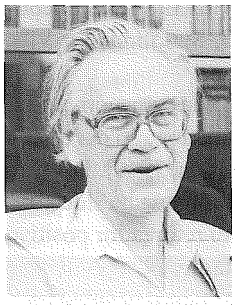
La hipótesis de la señal de seguridad es particularmente adecuada para explicar la conducta de evitación de operante libre. Los participantes a menudo experimentan numerosas descargas no señaladas durante las etapas iniciales de entrenamiento de la evitación de operante libre. Esto hace que sea muy probable que el contexto experimental se condicione para provocar miedo. Debido a que las descargas nunca ocurren a causa de la duración del intervalo R–E después de que se lleva a cabo la respuesta, los estímulos propioceptivos y táctiles que acompañan la respuesta de evitación pueden convertirse en inhibidores del miedo condicionado. De este modo, las señales de retroalimentación asociadas con la respuesta pueden llegar a proporcionar un reforzamiento positivo para la respuesta de evitación de operante libre (Dinsmoor, 1977, 2001*a*,*b*; Rescorla, 1968).

***Reforzamiento de evitación mediante la reducción de la frecuencia de descarga*** El reforzamiento positivo a través de la inhibición condicionada puede ocurrir junto con el mecanismo de reforzamiento negativo de la teoría de los dos procesos. En contraste, se ha propuesto otro mecanismo de reforzamiento, la **reducción de la frecuencia de descarga**, como una alternativa radical a la teoría de los dos procesos (deVilliers, 1974; Herrnstein, 1969; Herrnstein y Hineline, 1966). Por definición, las respuestas de evitación impiden la entrega de las descargas y de ese modo reducen la frecuencia con la que un organismo las recibe. Las teorías de la evitación que hemos discutido hasta ahora han visto la reducción de las descargas como producto secundario y no como una causa primaria de la conducta de evitación. Por el contrario, la hipótesis de reducción de la frecuencia de descarga considera esta reducción como fundamental para el reforzamiento de la conducta de evitación.

La reducción de la frecuencia de descarga como causa de la conducta de evitación fue apoyada por los estudios sobre el aprendizaje de evitación de operante libre que desafió la teoría de los dos procesos (Herrnstein y Hineline, 1966). Sin embargo, varios experimentos han demostrado que los animales pueden aprender a emitir una respuesta de evitación incluso si la respuesta no

reduce la frecuencia de las descargas suministradas (Gardner y Lewis, 1976; ver también Hineline, 1981). En estos estudios, la respuesta demoró el inicio de la siguiente descarga programada, pero no impidió su entrega. Por tanto, la frecuencia total de la descarga se mantuvo sin cambios. Esta evidencia sugiere que la reducción de la frecuencia de descarga no es necesaria para el aprendizaje de evitación. Sin embargo, observe que en cualquier procedimiento de respuesta que pospone la próxima descarga, las señales de retroalimentación de la respuesta pueden adquirir propiedades de la señal de seguridad que reforzarían la respuesta instrumental.

***Evitación y reacciones de defensa específicas de la especie*** En las teorías expuestas hasta el momento se ha hecho hincapié en cómo los acontecimientos que preceden y siguen a la conducta de evitación controlan la respuesta de evitación. La naturaleza o forma exacta de la respuesta en sí no era motivo de preocupación. Además, los mecanismos de reforzamiento asumidos por todas las teorías requieren un tiempo para desarrollarse. Antes de que la reducción del miedo pueda ser un reforzador efectivo, el miedo debe estar primero condicionado al EC; antes de que las señales de retroalimentación de la respuesta puedan llegar a servir como reforzadores, deben convertirse en señales para la ausencia de la descarga; y antes de que la reducción de la frecuencia de descarga pueda funcionar, los organismos deben experimentar descargas suficientes para poder calcular su frecuencia. Por tanto, estas teorías dicen poco sobre la conducta del organismo durante los primeros ensayos del entrenamiento de evitación.



Cortesía de Donald A. Dewsbury

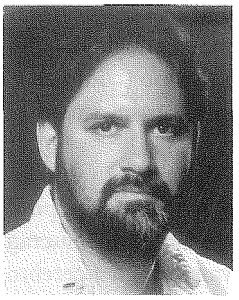
R. C. Bolles

La falta de interés acerca de qué hace un organismo durante los primeros ensayos de condicionamiento de evitación es una debilidad grave de cualquier teoría. Para que un mecanismo de evitación sea útil en condiciones naturales, debe generar rápidamente respuestas de evitación exitosas. Por ejemplo, consideremos un ratón tratando de evitar ser capturado por un halcón. Un mecanismo de evitación que requiere numerosos ensayos de entrenamiento no tiene ninguna utilidad en este caso. Si el ratón no puede evitar el ataque del halcón durante su encuentro inicial, quizá no sobreviva para ensayos de entrenamiento futuros. Bolles (1970, 1971) reconoció este problema y se centró en identificar qué controla la conducta de un organismo durante las primeras etapas del entrenamiento de evasión.

Bolles suponía que los estímulos y situaciones aversivas provocan fuertes respuestas incondicionadas o innatas. Se asume que estas respuestas innatas han evolucionado porque durante el curso de la evolución tuvieron éxito en la defensa contra el dolor y el daño. Por tanto, Bolles llamó a éstas **reacciones de defensa específicas de la especie (RDEE)**. Por ejemplo, en las ratas, las RDEE prominentes incluyen la huida (correr), la congelación (permanecer vigilante pero inmóvil, con excepción de la respiración) y la lucha defensiva. Otras reacciones frente al peligro incluyen tigmotaxia (acercarse a las paredes), enterramiento defensivo (encubrir la fuente de estimulación aversiva) y la búsqueda de zonas oscuras.

Bolles propuso que la configuración del entorno determina que se produzca una RDEE particular. Por ejemplo, correr predomina cuando una ruta de escape obvia está disponible, y la congelación predomina si no hay manera de salir de la situación. De hecho, éste es el caso (Blanchard, 1997; Sigmundi, 1997). Por ejemplo, la lucha defensiva no es posible sin un oponente, y el enterramiento defensivo no es factible sin algo como arena o virutas de madera para ocultarse de la fuente de peligro. Incluso la congelación, una respuesta que uno podría pensar plausible, no requiere el apoyo del estímulo: sólo se produce en lugares relativamente seguros (cerca de una pared o en una esquina) y no en medio del ruedo. Si una rata se encuentra en medio de un escenario en el que se corre peligro, se moverá a una esquina o a un recinto conocido seguro antes de la congelación (De Oca, Minor y Fanselow, 2007).

Una predicción importante de la teoría de las RDEE indica que las respuestas instrumentales similares a las RDEE se aprenderán más fácilmente en los experimentos de respuestas de evitación que no están relacionados con dichas reacciones. De acuerdo con esta predicción, Bolles (1969) encontró que las ratas pueden aprender rápidamente a correr en una rueda giratoria para evitar una descarga. En contraste, su desempeño en la respuesta de erguirse (de pie sobre las patas traseras) no mejora mucho durante el entrenamiento de evitación. Es de suponer que correr se aprende más rápido, en la rueda para correr, ya que está más cerca de las RDEE de la rata. (Para un descubrimiento relacionado con el aprendizaje del FEP, consulte Cain y LeDoux, 2007.)



Cortesía de Donald A. Dewsbury

M. S. Fanselow

***Inminencia depredadora y conductas defensiva y de recuperación*** Al centrarse en las influencias ecológicas y evolutivas de la conducta defensiva, la teoría de las RDEE adelantó significativamente nuestra forma de pensar sobre el miedo y el aprendizaje de evitación. El papel de los sistemas ecológicos y los factores evolutivos fue desarrollado por Fanselow y sus colegas, quienes formularon el concepto de un *continuum de inminencia depredadora* (Fanselow y Lester, 1988; Fanselow, 1997; Rau y Fanselow, 2007). De acuerdo con el *continuum* de **inminencia depredadora**, diferentes respuestas defensivas ocurren en función del nivel de riesgo enfrentado por un animal.

Consideremos un pequeño roedor (por ejemplo, una rata) que es una fuente potencial de alimento para los coyotes, serpientes y otros depredadores. La rata está presumiblemente más segura en su nido dentro de una madriguera, pero tiene que salir periódicamente a buscar comida. Cuando está fuera en búsqueda de alimento, no corre mucho peligro siempre y cuando no haya serpientes o coyotes alrededor. Si aparece una serpiente, el nivel de peligro para la rata aumenta, pero no mucho si el reptil está lejos. Sin embargo, como éste se acerca, el nivel de riesgo aumenta. La situación es muy alarmante cuando la serpiente está lo suficientemente cerca para atacar, y el peligro está en su punto más alto cuando el ataque se produce en realidad. Esta progresión de niveles crecientes de peligro es el *continuum* de inminencia depredadora y se ilustra en la figura 10.9.

Se supone que ocurren diferentes respuestas de defensa típicas de las especies en diferentes niveles de inminencia depredadora. Si una rata se ve obligada a buscar comida en un lugar donde periódicamente se encuentra con serpientes, dejará su madriguera sólo en raras ocasiones, pero comerá comidas más abundantes durante cada excursión (Fanselow, Lester y Helmstetter, 1988). Por tanto, la respuesta a un bajo nivel de inminencia depredadora es un ajuste en los patrones de alimentación. Las ratas también muestran un aumento de conducta locomotora y de la preferencia por lugares oscuros como parte de su conducta defensiva preencuentro (Godsil y Fanselow, 2004). Cuando aparece una serpiente pero aún no está a punto de atacar, es probable que la conducta defensiva de la rata cambie a la congelación. Ésta reducirá la posibilidad de que un depredador la vea o la escuche. Muchos depredadores atacan sólo presas en movimiento. La congelación de las presas también puede resultar en el desplazamiento de la atención del depredador a otra cosa (Suarez y Gallup, 1981).

Cuando la serpiente toca a la rata, es probable que ésta salte en el aire. Es como si la conducta de congelación previa del roedor lo preparara para volar en el aire cuando es tocado. A esto se le llama *respuesta de sobresalto ante un ataque inminente*. Es probable que con el salto explosivo la rata se aleje de la boca de la serpiente. Sin embargo, si en este punto no escapa con éxito del depredador, es posible que participe en la agresión defensiva. Si la conducta defensiva es exitosa y la rata se las arregla para escapar de la serpiente, se desplazará gradualmente a respuestas recuperativas (como el acicalamiento) que favorecen la cicatrización de las heridas.

Al igual que con la teoría de las RDEE, la hipótesis de la inminencia depredadora asume que la conducta defensiva se produce inicialmente como respuesta incondicionada. Las respuestas defensivas también pueden llegar a ser provocadas por un EC si éste se asocia con un evento aversivo. La respuesta defensiva que ocurre con el EC dependerá de la relación temporal del EC con el estímulo aversivo incondicionado. Si el EC precede al EI (como en el condicionamiento demorado), la conducta defensiva estará en un nivel bajo

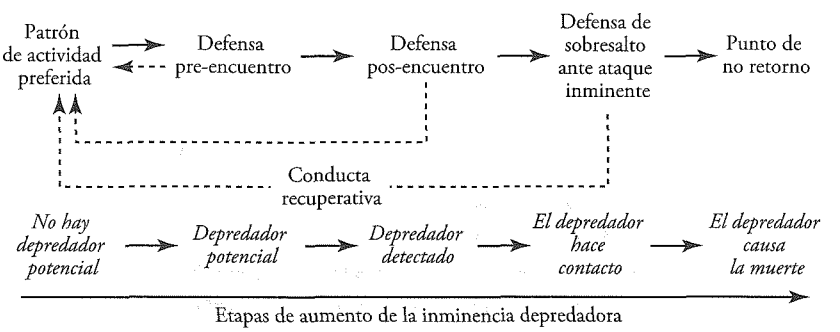



**FIGURA 10.9**
El *continuum* de la inminencia depredadora. (Basado en "Neurobiological and Neuroethological Perspectives on Fear and Anxiety", V. Rau y M. S. Fanselow, en L. J. Kirmayer, R. Lemelson y M. Barad, *Understanding Trauma: Integrating Biological, Clinical and Cultural Perspectives*, pp. 27-40.)

en la escala de inminencia depredadora de la respuesta provocada por el EI. Por tanto, si éste provoca una respuesta de sobresalto, es probable que el EC provoque una conducta de congelamiento. Por el contrario, si ambos estímulos se presentan al mismo tiempo (como en el condicionamiento simultáneo), la respuesta defensiva será más parecida a la respuesta al EI (Esmorís-Arranz *et al*, 2003).

Los estudios con ratas de laboratorio y participantes humanos han demostrado que los diferentes grados de inminencia depredadora están asociados con una cascada correspondiente de estados neurobiológicos. Los niveles bajos de inminencia depredadora involucran áreas corticales del cerebro anterior, mientras que los niveles altos activan áreas del cerebro medio evolutivamente más antiguas, incluyendo el núcleo central de la amígdala (Mobbs *et al*, 2010; Maren, 2007; Rau y Fanselow, 2007). Evidentemente, la evolución ha creado procesos conductuales y neurobiológicos poderosos y especializados que nos permiten hacer frente de manera eficaz a diferentes niveles de peligro. Estos procesos fueron, sin duda, esenciales para la supervivencia durante nuestra historia ancestral. Sin embargo, pueden desviarse y ser activados inapropiadamente, lo que resulta en un trastorno de estrés postraumático y otros desórdenes de estrés y afrontamiento (por ejemplo, Kirmayer, Lemelson y Barad, 2007).

La formulación de la inminencia depredadora no incluye un componente de condicionamiento instrumental y no está destinada a explicar la gran variedad de resultados experimentales que los científicos han acumulado en sus muchas décadas de investigación sobre el aprendizaje de evitación. Sin embargo, la inminencia depredadora es importante porque aborda los mecanismos de defensa innatos que entran en juego cada vez que se activa el sistema de conducta defensiva, y también determina el resultado de los procedimientos de condicionamiento.

Dadas las raíces de la conducta defensiva (y sus sustratos neurobiológicos) en nuestro pasado evolutivo, el concepto de *inminencia depredadora* también se puede utilizar para analizar las reacciones humanas al peligro. En consonancia con esta idea, Craske (1999) caracteriza las reacciones de miedo y de ansiedad humanas en términos de la inminencia del peligro percibido. El nivel más bajo de peligro percibido conduce a la preocupación. El siguiente nivel superior conduce al miedo y la vigilancia (similar a la congelación en ratas). El mayor nivel de amenaza percibida lleva al pánico (que es análogo a la respuesta de sobresalto ante un ataque inminente). Curiosamente, los hombres y las mujeres responden de manera diferente al estrés de peligro percibido. Mientras que los hombres tienen una respuesta de huida o lucha, las mujeres muestran una respuesta protectora y amistosa (Taylor *et al*, 2000). Cuando están estresadas, son más propensas a proteger y cuidar a sus hijos y a buscar apoyo social en lugar de luchar o huir.

***Teoría de la expectativa en la evitación*** Las teorías de la conducta de evitación que hemos considerado hasta ahora emplean de manera justa los mecanismos de bajo nivel de condicionamiento que no requieren conocimiento consciente. En contraste, los investigadores del aprendizaje de evitación con participantes humanos han estado especialmente interesados en determinar el papel de la expectativa de que ocurra una descarga en la conducta de evitación. A diferencia de las ratas de laboratorio, los participantes humanos pueden ser interrogados acerca de sus expectativas respecto de la descarga, y luego se puede ver cómo estas expectativas están relacionadas con su conducta de evitación.

De acuerdo con la teoría de la expectativa, los encuentros con eventos aversivos desencadenan un proceso consciente de valoración de la amenaza que genera expectativas de peligro futuro (o de la falta de amenaza), basadas en las señales y las respuestas. Las señales vinculadas con la descarga generan expectativas de descarga, y las respuestas que apagan estas señales y evitan descargas suscitan expectativas de no-descarga o de seguridad (Lovibond, 2011). Por tanto, la teoría de la expectativa reconoce los componentes pavlovianos e instrumentales de los procedimientos de evitación, pero trata las expectativas cognitivas que éstos generan como la principal causa de la conducta de evitación.

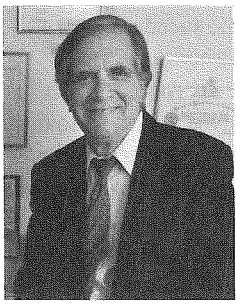
En general, los estudios del aprendizaje de evitación con participantes humanos han confirmado las predicciones de la teoría de la expectativa. (Por ejemplo, Declercq *et al*, 2008; Lovibond *et al*, 2009). Un acierto temprano de la teoría explica por qué la conducta de evitación persiste cuando las descargas ya no pueden ocurrir debido a que se ha desactivado el generador de descargas. Según la teoría de la expectativa, los participantes tienen la expectativa de

que al realizar la respuesta de evitación, ésta no será seguida por la descarga. Como esta expectativa sigue pendiente de confirmación cuando el generador de descargas está desactivado, la conducta de evitación persiste (Seligman y Johnston, 1973). Sin embargo, la persistencia de la respuesta de evitación en la extinción también se puede explicar por una extensión de la teoría de los dos procesos sin postular expectativas cognitivas (Maia, 2010). Esto plantea la cuestión de si las expectativas son la primera causa de las respuestas de evitación humanas o se desarrollan en paralelo con mecanismos de condicionamiento más primitivos. Es probable que una respuesta definitiva a esta pregunta desafíe a los investigadores durante algún tiempo en el futuro (por ejemplo, McAndrew *et al*, 2012).

### El enigma de la evitación: comentarios finales

Hemos aprendido mucho acerca de la conducta de evitación desde que Mowrer y Lamoreaux (1942) cuestionaron cómo el hecho de *no conseguir algo* puede motivar respuestas de evitación. Como hemos visto, se han ofrecido numerosas respuestas creativas a este enigma. La teoría de los dos procesos, el reforzamiento de la inhibición condicionada y el reforzamiento mediante la reducción en la frecuencia de descarga proporcionan diferentes puntos de vista acerca de qué ocurre después de que se refuerza una respuesta de evitación. Por el contrario, la teoría de las RDEE se centra en los aspectos incondicionados de la conducta defensiva, que se elaboran más a través del concepto de inminencia depredadora.

Ninguna de las principales teorías puede explicar todo lo que ocurre en situaciones de condicionamiento aversivo. Sin embargo, cada una proporciona ideas útiles para la comprensión de varios aspectos de la conducta de evitación. Por ejemplo, la teoría de los dos procesos es especialmente adecuada para explicar los resultados de escape de los experimentos de miedo. La teoría de la señal de seguridad es particularmente útil en la explicación del aprendizaje de evitación de operante libre y el papel de los estímulos de retroalimentación de respuesta en el condicionamiento de evitación. El concepto de inminencia depredadora ofrece la explicación más útil respecto de qué ocurre durante las primeras etapas del entrenamiento de evitación, y la teoría de la expectativa es oportuna en el tratamiento de los aspectos cognitivos de la conducta de evitación humana. Dada la complejidad de los diversos paradigmas del aprendizaje de evitación, no debemos sorprendernos de que se requieran varios marcos conceptuales para explicar todos los datos disponibles.



J. Albert Diaz KRT/Newscom

N. H. Azrin

## Castigo

Aunque la mayoría de nosotros realizamos todo tipo de respuestas de evitación cada día, como sociedad no estamos especialmente preocupados por lo que está involucrado en el aprendizaje de evitación. Esto puede deberse a que los procedimientos que generan evitación activa rara vez se utilizan en los esfuerzos organizados por cambiar o controlar la conducta de alguien. En contraste, el castigo siempre ha estado en el ojo público (ver Repp y Singh, 1990). Como sociedad, utilizamos el castigo como una forma de penalización para la comisión de delitos atroces. El castigo también se utiliza para estimular la adhesión a códigos de conducta religiosos y civiles. Muchas instituciones y reglas han evolucionado para garantizar que el castigo se administre de manera ética y justa. Una cuestión de debate continuo consiste en determinar qué constituye un castigo aceptable en el sistema de justicia penal, en la crianza de los hijos o en el tratamiento de las personas con discapacidades del desarrollo.

Desde hace mucho tiempo, a pesar de las preocupaciones de la sociedad sobre el castigo, los psicólogos experimentales no dedicaron mucha atención al tema. Basados en algunos experimentos, Thorndike (1932) y Skinner (1938, 1953) concluyeron que el castigo no era un método eficaz para controlar la conducta y que sólo tenía efectos temporales (ver también Estes, 1944). Esta afirmación no fue seriamente cuestionada sino hasta la década de 1960, cuando el castigo comenzó a ser más ampliamente investigado (Azrin y Holz, 1966; Church, 1963). Ahora sabemos que puede ser una técnica muy eficaz para modificar la conducta. Con el procedimiento de castigo adecuado, la respuesta puede ser totalmente suprimida en sólo uno o dos ensayos. Sin embargo, si es mal aplicado, la supresión de la conducta puede ser incompleta, las respuestas se recuperan, y el procedimiento puede tener efectos colaterales no deseados.

Por ejemplo, consideremos un niño que pega accidentalmente un tenedor de metal en una toma de corriente eléctrica. Es probable que la descarga resultante desaliente la repetición de la respuesta para el resto de su vida. Esto contrasta con la obtención de una multa por conducir 10 millas por encima del límite de velocidad. ¿Habrá que producir la misma supresión dramática de la respuesta castigada? Probablemente no. Experimentos de laboratorio sistemáticos nos han enseñado mucho acerca de las circunstancias en que el castigo funciona y en las que no causa efecto (Hineline y Rosales-Ruiz, 2013). Sin embargo, muchas preguntas siguen sin respuesta en los esfuerzos por traducir este conocimiento a las intervenciones terapéuticas (Lerman y Vorndran, 2002).

## Análisis experimental del castigo

El procedimiento básico del castigo es simple: se presenta un estímulo aversivo después de una respuesta instrumental objetivo. Si el procedimiento es eficaz, la respuesta objetivo queda suprimida. Debido a que el castigo implica la supresión de la conducta, se puede observar solamente con respuestas que es probable que ocurran en primer lugar. Este requisito se cumple fácilmente en situaciones terapéuticas en las que el objetivo del castigo es una actividad dañina que ocurre con más frecuencia de la que a uno le gustaría. Por ejemplo, Vorndran y Lerman (2006) documentaron la eficacia del castigo en dos participantes con discapacidades del desarrollo: uno de ellos ocupado en la hiperventilación frecuente, y el otro dedicado a mordisquear autolesivamente su mano. En ambos casos las respuestas objetivo fueron suprimidas con éxito por medio del castigo.

Los estudios del castigo realizados en un laboratorio por lo general comienzan con una fase preliminar en la que la respuesta objetivo se establece por primera vez con el reforzamiento positivo. Por ejemplo, una paloma puede ser reforzada con comida por picotear una tecla de respuesta. A continuación se superpone un procedimiento de castigo en el programa de reforzamiento positivo. Esto crea un conflicto entre la respuesta para obtener el reforzamiento positivo y la retención de la respuesta para evitar el castigo. El grado de supresión de la respuesta que se produce está determinado por variables relacionadas con la presentación del estímulo aversivo y por variables relacionadas con la disponibilidad del reforzamiento positivo. La interacción de estos dos factores puede ser complicada y dificultar la predicción de qué sucederá.

***Características del estímulo aversivo y el método con el cual se introduce*** En los experimentos de castigo se ha utilizado gran variedad de estímulos aversivos, incluyendo descargas eléctricas, una ráfaga de aire repentina, ruido fuerte, reprimendas verbales, una bofetada física, un chorrito de jugo de limón en la boca y una señal condicionada previamente con una descarga (por ejemplo, Hake y Azrin, 1965; Reed y Yoshino, 2008; Sajwaj, Libet y Agras, 1974). Otros procedimientos de supresión de respuesta han implicado la pérdida del reforzamiento positivo, el tiempo de espera del reforzamiento positivo, sobrecorrección y la restricción manual (Foxx y Azrin, 1973; Lerman *et al*, 1997; Trenholme y Baron, 1975).

El **tiempo fuera** se refiere a la eliminación de la posibilidad de obtener un reforzamiento positivo. Se utiliza a menudo para castigar a los niños, como cuando se les ordena que se sienten en una silla de castigo en el fondo del salón de clases. Sentarse en una silla no es inherentemente aversivo, pero si ésta es de castigo, suprime la conducta porque impide al niño hacer otras cosas que disfrutaría más. La **sobrecorrección** consiste en solicitarle a una persona no sólo corregir lo que hizo mal, sino corregir en exceso el error. Por ejemplo, a un niño que se ha colocado un objeto en la boca se le puede pedir que se quite el objeto y que también se lave la boca con una solución antiséptica.

Un estímulo aversivo conveniente en estudios del castigo en humanos es la pérdida de puntos. Por ejemplo, en un estudio (O'Donnell *et al*, 2000) los estudiantes universitarios presionaron una palanca de respuesta para obtener puntos que podían ser canjeados por dinero al final del experimento. Se utilizaron dos estímulos discriminativos (líneas de diferentes longitudes). Durante la fase de inicio del estudio sólo se presentó una de las líneas (el $E^D$), y las respuestas fueron reforzadas con un programa de intervalo variable (IV). Después se alternó el $E^D$ con el otro estímulo discriminativo que sirvió como el $E^D{}_C$. La respuesta continuó sien-

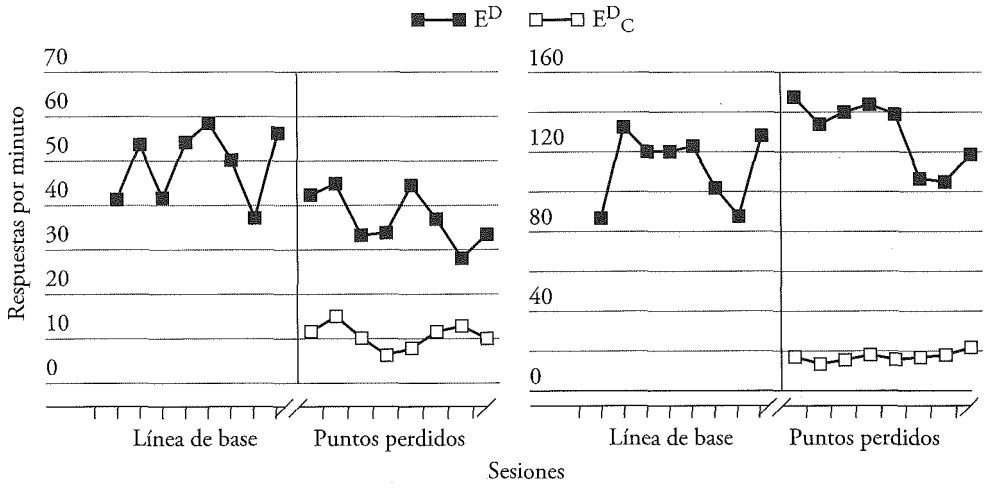



**FIGURA 10.10**
Respuesta de pulsación de palanca de los estudiantes universitarios reforzados en un programa de IV con puntos que podían ser canjeados por dinero al final del experimento. Durante la fase de línea de base se presentó sólo el estímulo discriminativo reforzado ($E^D$). En la siguiente fase se presentó el $E^D$ en alternancia con un estímulo de castigo ($E^D{}_C$), durante el cual el programa de IV se mantuvo en vigor, pero cada respuesta también fue castigada con la pérdida de puntos. Cada panel presenta los datos de un sujeto diferente. (Basado en J. O'Donnell, *et al*, 2000, "Stimulus Control and Generalization of Point-loss Punishment with Humans", *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 73*, figura 1, p. 266.)

do reforzada de acuerdo con el programa de IV durante el $E^D{}_C$, pero ahora también estaba en vigor una contingencia de castigo con pérdida de puntos. Con cada respuesta, los puntos eran restados del total que el sujeto había obtenido.

Los resultados del experimento se resumen en la figura 10.10. En la fase de inicio del estudio la respuesta se mantuvo bien durante el $E^D$. En la fase posterior de castigo las respuestas continuaron en niveles sustanciales durante el $E^D$, pero fueron suprimidas durante el $E^D{}_C$. (Para una analogía de la pérdida de puntos en un estudio de castigo en las palomas, consulte Raiff, Bullock y Hackenberg, 2008.)

La supresión de respuesta producida por el castigo depende en parte de las características del estímulo aversivo. Los efectos de diversas características del evento aversivo han sido investigados más extensamente en estudios con ratas de laboratorio y palomas. Por lo general, en estos experimentos se emplea una descarga como estímulo aversivo debido a que la duración e intensidad de la descarga pueden ser controladas con precisión. Como es de prever, las descargas más intensas y más largas son más eficaces para castigar una respuesta (Azrin y Holz, 1966; Church, 1969). Un castigo de baja intensidad produce sólo una supresión moderada de la conducta. Aún más problemático es el hecho de que a menudo la respuesta se recupera con el castigo continuo de una descarga leve (por ejemplo, Azrin, 1960). Las personas se habitúan a un castigo leve. Por el contrario, si el estímulo aversivo es de alta intensidad, la respuesta será completamente suprimida por un largo tiempo (Azrin, 1960).

Otro factor muy importante en el castigo es la forma en que se introduce el estímulo aversivo. Si desde el principio del castigo se utiliza una descarga de alta intensidad, la respuesta instrumental será severamente reprimida. Sin embargo, si el castigo de alta intensidad se alcanza sólo después de un aumento gradual, se producirá mucho menos supresión de la conducta (Azrin *et al*, 1963; Banks, 1976; Miller, 1960). Este es un hallazgo muy importante: demuestra que la exposición al castigo de baja intensidad genera resistencia y hace al individuo inmune a los efectos de un castigo más severo. Pasar un mes en la cárcel no es una experiencia inquietante para un reincidente que se ha acostumbrado a periodos más cortos de encarcelamiento.

Los resultados anteriores sugieren que la manera en que responden los organismos durante su *exposición inicial* al castigo determina cómo responderán posteriormente (Church, 1969). Esta idea tiene una implicación interesante. Supongamos que un individuo se expone por primera vez a una descarga intensa que se traduce en una fuerte supresión de la respuesta. Si la intensidad de la descarga se reduce posteriormente, debe persistir la supresión de la conducta severa. Por tanto, después de la exposición a la descarga intensa, la descarga leve debería ser más eficaz en la supresión de la conducta que si ésta hubiera sido utilizada desde

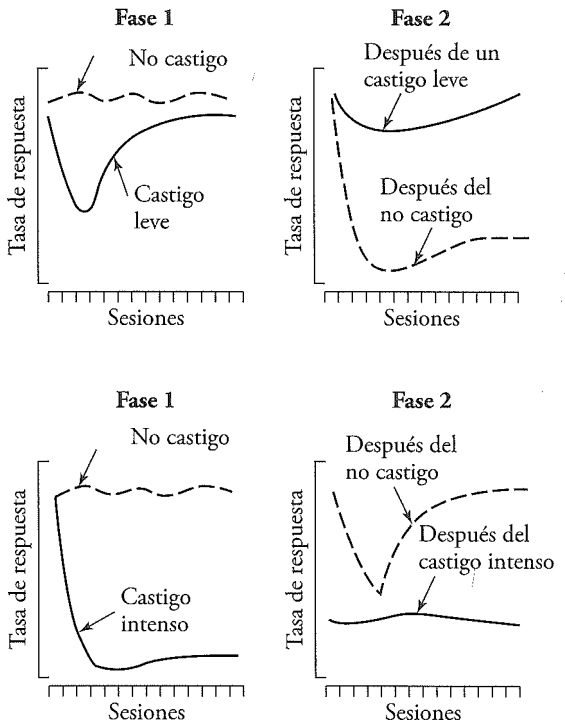



**FIGURA 10.11** Panel superior: efectos de una historia de castigo leve (fase 1) en la respuesta posterior durante el castigo intenso (fase 2). Panel inferior: efectos de una historia de castigo intenso (fase 1) en la respuesta posterior a un castigo leve (fase 2). (Datos hipotéticos.) (Tomado de Domjan, *The Essentials of Learning and Conditioning*, 3a. ed., © 2005, Cengage Learning.)

el principio. Tales hallazgos fueron obtenidos por Raymond (reportado en Church, 1969). En conjunto, la evidencia indica que la exposición inicial a la estimulación aversiva leve que no interrumpe la conducta reduce posteriormente los efectos del castigo intenso. Por el contrario, la exposición inicial a una estimulación aversiva intensa aumenta posteriormente los efectos supresores del castigo leve (ver la figura 10.11).

***Respuesta contingente* versus *respuesta independiente de la estimulación aversiva*** Otra variable muy importante que determina la eficacia del castigo consiste en establecer si el estímulo aversivo presentado depende de la respuesta objetivo o es independiente de la conducta. La respuesta independiente de la estimulación aversiva puede resultar en alguna supresión de la conducta instrumental. (Vimos que este es el caso en el efecto de la supresión condicionada que se describe en el capítulo 3.) Sin embargo, se produce significativamente más supresión de la conducta si el estímulo aversivo es desencadenado por la respuesta instrumental (por ejemplo, Bolles *et al*, 1980; Camp *et al*, 1967).

Un estudio sobre la importancia de la contingencia del castigo respecto de la respuesta (Goodall, 1984) comparó en ratas la respuesta de pulsación de una palanca en presencia de dos estímulos diferentes (un sonido y una luz). Uno de los estímulos se utilizó con un procedimiento de castigo (la señal PUN), y el otro se utilizó con un procedimiento de supresión condicionada (la señal CER). La pulsación de la palanca siempre fue reforzada en un programa de reforzamiento alimenticio de IV de 60 segundos. Una vez que la línea de base de la respuesta estuvo bien establecida, las señales PUN y CER fueron presentadas periódicamente. Durante la señal PUN las ratas recibieron una breve descarga después de cada tercera pulsación de la palanca. Por tanto, el castigo fue entregado en un programa RF 3. Cada ensayo CER fue acoplado al castigo del ensayo anterior, de modo que durante la señal CER las ratas recibieron el mismo número y distribución de las descargas que consiguieron durante la señal PUN inmediata anterior. Sin embargo, durante la señal CER las descargas siempre se entregaron independientemente de la conducta de pulsación de la palanca.

Los resultados del experimento se presentan en la figura 10.12 en términos de supresión de la pulsación de la palanca durante las señales CER y de castigo. Dadas las descargas breves y leves que fueron utilizadas (0.5 mA, 0.5 segundos), no fue evidente mucha supresión de la

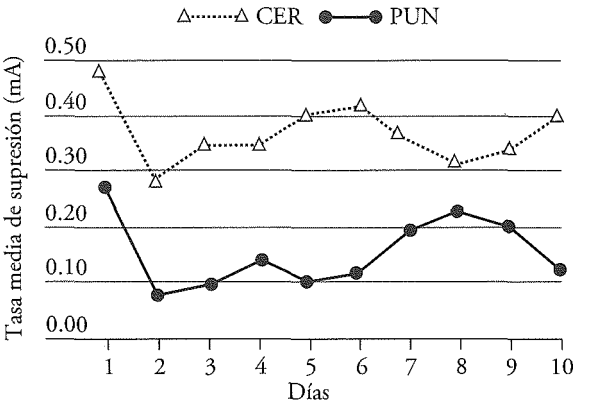



**FIGURA 10.12**
Supresión de la pulsación de la palanca durante el castigo y el estímulo CER en 10 sesiones sucesivas. Durante la señal de castigo, la pulsación de la palanca fue castigada en un programa RF 3. Durante la señal CER se entregó el mismo número y distribución de las descargas independientemente de la conducta. (Basado en "Learning Due to the Response-Shock Contingency in Signaled Punishment", G. Goodall, 1984, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 36B*, pp. 259-279.)

conducta durante el estímulo CER. En contraste, el mismo número y distribución de las descargas suprimió sustancialmente la respuesta durante el estímulo de castigo. Esta diferencia ilustra que el suministro de descargas que depende de una respuesta instrumental es más eficaz en la supresión, que la respuesta debido a la entrega del estímulo aversivo independiente de la conducta. (Para un estudio del castigo relacionado con la pérdida de dinero como estímulo aversivo en participantes humanos, ver Pietras, Brandt y Searcy, 2010.)

***Efectos de la demora en el castigo*** Otro factor crítico en el castigo es el intervalo entre la respuesta objetivo y el estímulo aversivo. El aumento de la demora en el castigo da como resultado menos supresión de la conducta (por ejemplo, Baron, 1965; Camp *et al*, 1967). Esta relación es particularmente importante en aplicaciones prácticas del castigo. Pueden ocurrir demoras involuntarias si la respuesta no deseada no es detectada inmediatamente, si se necesita tiempo para investigar quién es en realidad el responsable de un error, o si la preparación del estímulo aversivo requiere tiempo. Estas demoras pueden hacer el castigo totalmente ineficaz. Si no se castiga de inmediato la respuesta objetivo, puede que no se castigue en absoluto.

***Efectos de los programas de castigo*** Así como el reforzamiento positivo no tiene que proporcionarse cada vez que ocurre la respuesta instrumental, el castigo también puede aplicarse de forma intermitente, tal como vimos en el experimento de Goodall, estudio en el que el castigo fue entregado en un programa RF 3. Más estudios sistemáticos han demostrado que el grado de supresión de la respuesta producida por el castigo depende de la proporción de respuestas castigadas.

En un estudio temprano de castigo RF realizado por Azrin y sus colegas (1963), palomas fueron reforzadas por primera vez con alimento por picotear una tecla de respuesta en un programa de IV. Entonces se introdujo el castigo. Mientras el programa de reforzamiento de IV se mantuvo en vigor, fueron probados varios procedimientos de castigo RF. Los resultados se resumen en la figura 10.13. Cuando cada respuesta fue castigada (castigo RF 1), el picoteo cesó por completo. Programas de RF superiores permitieron que más respuestas quedaran sin castigo. Por tanto, no es de extrañar que se produjeran mayores tasas de respuesta cuando se utilizaron los programas superiores de RF. Sin embargo, sorprendentemente, se observó alguna supresión de conducta incluso cuando sólo una de cada 1,000 respuestas fue seguida por una descarga.

***Efectos de los programas de reforzamiento positivo*** En la mayoría de las situaciones de castigo la respuesta objetivo es simultáneamente mantenida con un programa de reforzamiento positivo. Un estudiante de secundaria sancionado por violar el código de vestimenta de la escuela está siendo reforzado simultáneamente con la aprobación social de sus pares por romper las reglas. En este caso la fuente alternativa de reforzamiento es obvia. En otros casos,

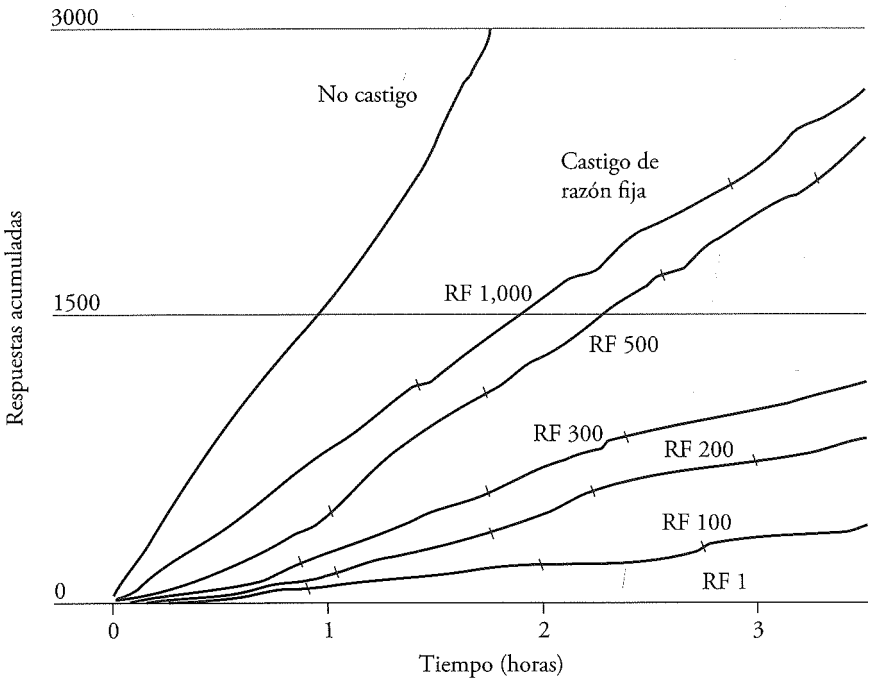



**FIGURA 10.13**
Registro acumulativo del picoteo de una paloma cuando la respuesta no fue castigada y cuando fue castigada con base en diversos programas de castigo de razón fija. Las barras oblicuas indican la entrega del castigo. La respuesta se reforzó en un programa de IV de 3 minutos. (Basado en "Fixed-Ratio Punishment", N. H. Azrin, W. C. Holz y D. R. Hake, 1963, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 6*, pp. 141-148.)

## RECUADRO 10.1

### *Aprendizaje instrumental dentro de la médula espinal*

El sistema nervioso central de los vertebrados se compone de un cerebro anterior, el tallo cerebral, el cerebelo y la **médula espinal** (figura 1.C). Tradicionalmente los investigadores asumieron que el aprendizaje era mediado por estructuras neurales superiores dentro del cerebro anterior y, de hecho, hemos visto que estructuras como la amígdala y el hipocampo juegan un papel crítico en el aprendizaje emocional (recuadro 4.3) y espacial (recuadro 8.2). También hemos visto que los mecanismos neurales de nivel inferior dentro del mesencéfalo juegan un papel instructivo, y que las neuronas en el cerebelo median el aprendizaje y la memoria para el condicionamiento demorado del parpadeo (recuadro 3.2). Esta última observación sugiere que no se requiere el cerebro anterior. Una pregunta más radical plantea si se necesita el cerebro. ¿Las neuronas en la médula espinal pueden ser soporte del aprendizaje? (Patterson y Grau, 2001).

A primera vista, la idea de que las neuronas espinales pueden aprender parece extraña, porque una de las principales funciones de la médula espinal es transmitir señales nerviosas entre la periferia y el cerebro. Esta capacidad depende de los axones que forman los tractos neuronales que bordean la región externa del tejido de la médula. Debido a que estos axones tienen un recubrimiento de *mielina* (una forma de aislamiento eléctrico que acelera la conducción neural), aparecen blancos y, por esta razón, la banda exterior de las neuronas en la médula espinal es conocida como *sustancia blanca* (figura 10.14A). Cuando la conducción neuronal en estos axones se interrumpe por una lesión, el cerebro pierde la capacidad para comunicarse con las partes del cuerpo por debajo de la lesión, causando incapacidad para percibir estímulos y una interrupción en la aptitud del individuo para ejecutar una respuesta voluntaria.

Lo que a veces se olvida es que existe también una región interior de tejido en la médula espinal, una estructura en forma de mariposa (*la sustancia gis central*) compuesta de neuronas y células de apoyo (*glia*). La sustancia gris contiene cientos de miles de neuronas, mucho más que todo el sistema nervioso de los invertebrados que pueden aprender (recuadro 2.2).

Las neuronas dentro de la sustancia gris central dorsal (superior) de la médula espinal desempeñan un papel en el procesamiento de las señales sensoriales transmitidas al cerebro. Las neuronas dentro de la porción ventral (inferior) ayudan en la organización de las respuestas conductuales, incluyendo el movimiento complejo, como dar un paso (Kandel *et al*, 2013). Por otra parte, la entrada de información sensorial a la médula espinal puede iniciar una respuesta conductual (un reflejo espinal) en ausencia de la participación del cerebro. Por ejemplo, si usted se para sobre una espina, se suscita una retracción (flexión) que ocasiona que levante el pie de la fuente de irritación. Sabemos que esta respuesta no requiere intervención del cerebro, ya que puede ser obtenida después de que la comunicación

(*Continúa*)

## RECUADRO 10.1 (continuación)

con el cerebro ha sido interrumpida experimentalmente.

Los reflejos espinales demuestran que las neuronas en la médula espinal pueden organizar (sin aprender) las respuestas a los estímulos incondicionados. ¿Estas neuronas también apoyan el aprendizaje? Groves y Thompson (1970) fueron los primeros en explorar este tema. Mostraron que un reflejo espinal se vuelve más débil (habitúa) cuando un estímulo se presenta en varias ocasiones. Además, encontraron que la estimulación intensa puede sensibilizar la reactividad conductual, que proporciona la base para la teoría del proceso dual de aprendizaje no asociativo descrito en el capítulo 2. Thompson y sus colaboradores también han proporcionado pruebas de que las neuronas espinales son sensibles a las relaciones estímulo-estímulo (pavlovianas) (Patterson, 2001).

Más recientemente, Grau y sus colegas han demostrado que las neuronas en la médula espinal pueden apoyar una forma simple de aprendizaje instrumental (revisado en Grau *et al*, 2012). En sus estudios, la comunicación con el cerebro fue interrumpida con un corte de la médula espinal por debajo de los hombros. Las ratas fueron entonces entrenadas usando una descarga que provocó una respuesta de flexión de las extremidades posteriores. Un grupo (las ratas patrón) recibió una descarga en la pierna al extenderla. Animales en otro grupo fueron acoplados experimentalmente con las ratas patrón. Cada vez que una rata patrón recibió una descarga, su socio acoplado también. Las ratas patrón rápidamente aprendieron a mantener su ventaja, lo que minimizó eficazmente la exposición a la descarga (figura 10.14B). En contraste, los sujetos acoplados que recibieron la descarga independientemente de la posición de la pierna, no lograron aprender. Esta diferencia entre las ratas patrón y las acopladas indica que las neuronas en la médula espinal son sensibles a las relaciones instrumentales (respuesta-reforzador).

Ambos grupos de roedores fueron analizados bajo condiciones comunes con la descarga controlable. Como era de esperarse, las ratas patrón aprendieron más rápidamente que el grupo control que no había recibido descarga. En contraste, las ratas acopladas fallaron para aprender (figura 10.14B). Este déficit conductual se asemeja al fenómeno de la *indefensión aprendida* (Maier y Seligman, 1976). Como se observa en animales intactos (ver recuadro 5.5), la exposición controlable a las descargas también tiene un efecto inmunizante que puede proteger la médula espinal de los efectos adversos de la estimulación incontrolable.

Estudios neurobiológicos han revelado que el aprendizaje dentro de la médula espinal depende de una forma del receptor *N-metil-D-aspartato* (*NMDA*) mediado por la plasticidad (Grau *et al*, 2012), el mismo sistema neuroquímico que subyace en el aprendizaje y la memoria en el hipocampo (recuadro 8.2). Por otra parte, los fenómenos fisiológicos relacionados con el aprendizaje y la memoria (por ejemplo, la potenciación y la depresión de largo plazo) han sido observados en neuronas espinales. En combinación con los estudios conductuales, esta investigación muestra que las neuronas espinales pueden aprender.

Así como el estudio de la retina y el nervio óptico nos han ayudado a entender la visión, el análisis del procesamiento medular ha comenzado a informarnos sobre los procesos de aprendizaje. A nivel funcional, los estudios de aprendizaje medular pueden ayudar a revelar cuál es una propiedad básica o inherente a cualquier sistema capaz de aprender. Para estudiar esta cuestión, consideremos el tipo de aprendizaje que podría estar involucrado. ¿La descarga de la respuesta contingente causa un aumento en la duración de la flexión debido a que un movimiento hacia abajo de la pierna coincide con la aparición de la descarga (castigo) o porque un movimiento hacia arriba es contiguo a la terminación de la descarga (escape)? Este problema puede ser abordado para demorar el inicio o la terminación de la descarga. La demora del inicio de la descarga por sólo 100 milisegundos elimina el aprendizaje, mientras que demorar la terminación no arroja ningún efecto (Grau *et al*, 2012). Esto sugiere que el reforzador clave está vinculado al inicio de la descarga y que el aprendizaje refleja una forma de castigo. Un corolario indica que el aprendizaje de escape puede requerir sistemas neurales más sofisticados (dependientes del cerebro).

El aprendizaje instrumental depende de una relación respuesta-consecuencia (R–C). Para que el inicio de la descarga importe (consecuencia), debe ocurrir en presencia de una señal que proporcione información sobre la posición de la pierna (la respuesta). Estudios fisiológicos han revelado que los receptores sensoriales dentro de los músculos y las articulaciones proporcionan una señal sensorial que indica la posición actual del miembro (una forma de propiocepción). Esta señal propioceptiva produce un índice de posición de las extremidades (la respuesta) en el momento del inicio de la descarga (consecuencia), lo que permitiría una forma de aprendizaje R–C. Desde esta perspectiva, la señal de la posición de la pierna está vinculada con el inicio de la descarga y, como resultado de este aprendizaje, gana la capacidad para dirigir una respuesta de flexión (figura 10.14C). Este análisis se refiere a una cuestión más general en el aprendizaje: ¿el condicionamiento pavloviano contribuye al aprendizaje instrumental? En el presente caso, la respuesta puede ser sí; el aprendizaje parece depender de la relación entre una señal propioceptiva (EC) y el inicio de la descarga (el EI).

Tenemos una tendencia a pensar en el aprendizaje instrumental como un efecto motriz, con el organismo ejecutando una conducta adaptativa en respuesta a los estímulos sensoriales. En muchos casos esta puede ser la forma en que procede el aprendizaje. Sin embargo, los estudios sobre el aprendizaje de la médula sugieren una alternativa. Si, como postulan Grau y sus colegas (2012), las neuronas de la médula pueden codificar la existencia de una relación regular entre un índice de posición de las

(*Continúa*)

## RECUADRO 10.1 (continuación)

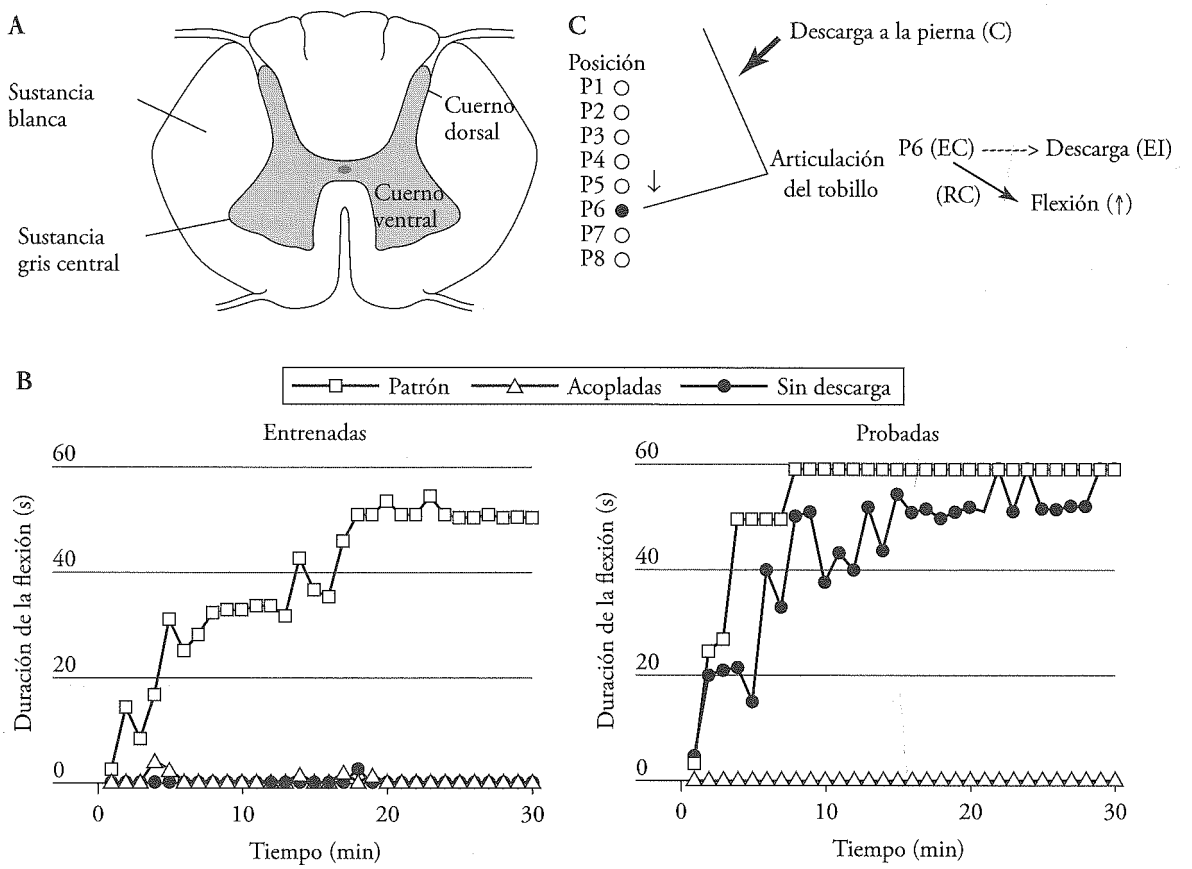



**FIGURA 10.14** (A) Sección transversal de la médula espinal. La región interior (sustancia gris central) se compone de cuerpos celulares, interneuronas y glía. Está rodeada por una banda de axones (la sustancia blanca) que transmiten señales desde y hacia el cerebro, los segmentos espinales y la periferia (adaptado de Martin, 1996). (B) Entrenamiento con respuesta contingente de descarga (panel izquierdo). Las ratas patrón reciben una descarga cada vez que extienden una pierna. A pesar de que la médula espinal se ha desconectado quirúrgicamente del cerebro, las ratas aprenden a mantener su ventaja (un aumento de la duración de la flexión) para minimizar la exposición neta a la descarga. Las ratas acopladas que reciben la misma cantidad de descarga independiente de la posición de la pierna, no aprenden. Cuando todos los sujetos son posteriormente probados (panel derecho) con la respuesta contingente de descarga, las ratas patrón rápidamente vuelven a aprender la respuesta requerida. Los roedores acoplados que recibieron previamente la descarga independiente de la posición de la pierna no aprenden (adaptado de Grau y Joynes, 2001). (C) Modelo hipotético de los procesos que subyacen en el aprendizaje instrumental espinal. Se supone que las señales propioceptivas (P) proporcionan una señal aferente de la posición de las extremidades. En el entrenamiento instrumental, el inicio de la descarga (el reforzamiento efectivo) se produce siempre en la misma posición (por ejemplo, P6). Se sugiere que el índice de posición de las extremidades (P6) puede funcionar como un estímulo pavloviano condicionado (EC) y que el inicio de la descarga actúa como un estímulo incondicionado (EI). Como resultado del emparejamiento EC–EI, el EC (P6) puede adquirir la capacidad para provocar una respuesta de flexión (la respuesta condicionada, RC). (Adaptado de Grau *et al*, 2012.)

extremidades (la R) y la estimulación cutánea (la C), este aprendizaje podría transformar la señal transmitida al cerebro, lo que permitiría al organismo *percibir directamente* algunas relaciones instrumentales (R–C). Si pulsa repetidamente el dedo sobre una superficie dura, el cerebro recibe información tanto sobre la respuesta a ejecutar como sobre su consecuencia. En este caso la relación R–C puede ser percibida directamente con la misma profundidad dentro de un campo visual derivado de una variación en el tamaño de la retina (gradiente de textura; Gibson, 1979).

Una última consideración se refiere a los límites del aprendizaje instrumental dentro de la médula espinal. Como hemos visto, a menudo el aprendizaje está limitado biológicamente. Sin embargo, podemos entrenar a una rata normal para realizar una variedad de conductas (por ejemplo, tirar de una cadena o presionar una barra) utilizando una amplia gama de reforzadores (agua con sacarosa, bolitas de comida). En contraste, tanto la respuesta como la gama de resultados disponibles

(*Continúa*)

## RECUADRO 10.1 (continuación)

parecen muy limitados en el aprendizaje de la médula. Por ejemplo, no podemos entrenar arbitrariamente a una rata seccionada de la médula para exhibir la flexión o la extensión de la pierna con el mismo resultado. Tampoco hay muchos resultados disponibles. Más generalmente, el aprendizaje aparece ligado a conductas de retracción preexistentes. Los mecanismos espinales pueden codificar las relaciones R–C, pero lo hacen utilizando un sistema sencillo muy limitado. Los procesos cerebrales producen un nivel de flexibilidad que permite al organismo integrar la información a través de modalidades sensoriales, el tiempo y las alternativas de respuesta. En ambos casos el aprendizaje depende de una relación R–C, pero con mecanismos funcionales diferentes. Asimismo, varios sistemas dentro del sistema nervioso central pueden codificar las relaciones estímulo-estímulo (pavlovianas), pero aquí también las propiedades funcionales de los sistemas varían. Por ejemplo, el cerebelo puede sustentar el condicionamiento demorado del parpadeo, pero para abarcar una brecha en el tiempo (huella condicionada) requiere del hipocampo.

Estas observaciones sugieren un enigma ambiental común (por ejemplo, codificando una relación R–C) que se puede resolver de varias maneras, y cuyos mecanismos alternativos pueden variar en sofisticación y alcance operativo. Por estas razones Grau y Joynes (2005) han argumentado en favor de un enfoque funcional para el estudio del aprendizaje (**neurofuncionalismo**), lo que sugiere que se puede utilizar una descripción a nivel de proceso de los mecanismos para vincular observaciones neurobiológicas con la conducta (ver también la sección de "Neurología funcional", capítulo 1, p. 11).

Independientemente de cómo caractericemos el aprendizaje espinal, el trabajo sigue siendo importante, ya que tiene consecuencias para la recuperación después de una lesión espinal. Por ejemplo, la exposición a la estimulación incontrolable no sólo perjudica el aprendizaje de la médula, sino que también socava la recuperación conductual y fisiológica después de una *lesión contusa* (un hematoma del tejido de la médula que emula el tipo más común de lesión humana). Por el contrario, el entrenamiento instrumental puede fomentar la recuperación conductual (Edgerton, Tillakaratne, Bigbee y De Leon, 2004; Hook y Grau, 2007; Musienko *et al*, 2012). De manera más general, considere el objetivo de la terapia física de volver a entrenar al paciente para realizar algunas actividades esenciales. La expectativa indica que el entrenamiento tendrá un efecto duradero, produciendo un tipo de memoria que mejorará la función. La rehabilitación sigue siendo el tratamiento más efectivo después de una lesión de la médula, y su objetivo es inspirar una forma de aprendizaje instrumental.

*J. W. Grau*

**médula espinal** Porción tubular del sistema nervioso central que se extiende desde la parte inferior del cerebro (tallo cerebral) y sirve para transmitir señales hacia y desde la periferia, organizar conductas sencillas e integrar las fuentes locales de información.

**neurofuncionalismo** Aproximación al estudio del aprendizaje y la conducta que asume que los enigmas ambientales pueden resolverse de varias maneras, y que detallar los procedimientos funcionales que intervienen facilitará la identificación de los mecanismos neurobiológicos subyacentes.

como en las conductas autolesivas en una persona con discapacidades del desarrollo, la fuente de reforzamiento no puede ser fácil de identificar, pero es igual de importante (Hagopian *et al*, 2013). Los efectos del castigo siempre dependen del reforzador que mantiene la respuesta objetivo. Esta relación es dramática en el caso de los reforzadores de drogas. Una de las características de la drogadicción grave radica en que el individuo sigue buscando y tomando la droga aun si la adicción hace que la persona pierda su trabajo, su familia, su casa y salud.

Sólo recientemente los científicos lograron desarrollar un modelo animal satisfactorio de adicción a las drogas que incorpora la resistencia de la conducta de búsqueda al castigo. Pelloux, Everitt y Dickinson (2007) entrenaron a ratas para que obtuvieran una dosis de cocaína mediante una tarea de dos palancas (ver también Xe, Steketee y Sun, 2012). La primer palanca era para la búsqueda de drogas, y la segunda para su consumo. Al comienzo de cada ensayo la palanca de *búsqueda* fue ampliada en la cámara experimental. La respuesta a esta palanca en un programa IV 120 segundos daba lugar a la aparición de la palanca de *consumo*. Una de las respuestas en esta última produjo una dosis de cocaína (entregada por vía intravenosa). Las ratas recibieron una cantidad moderada de entrenamiento sobre esta tarea (cerca de ocho sesiones) o entrenamiento extenso (un adicional de 14 sesiones). Entonces se introdujo el castigo. A mitad de los ensayos, la respuesta en la palanca de *búsqueda* terminó en una breve descarga y sin entrega de cocaína. En el resto de los ensayos no hubo descarga y la cocaína estaba disponible como de costumbre. (Un grupo control siguió siendo entrenado sin castigo.)

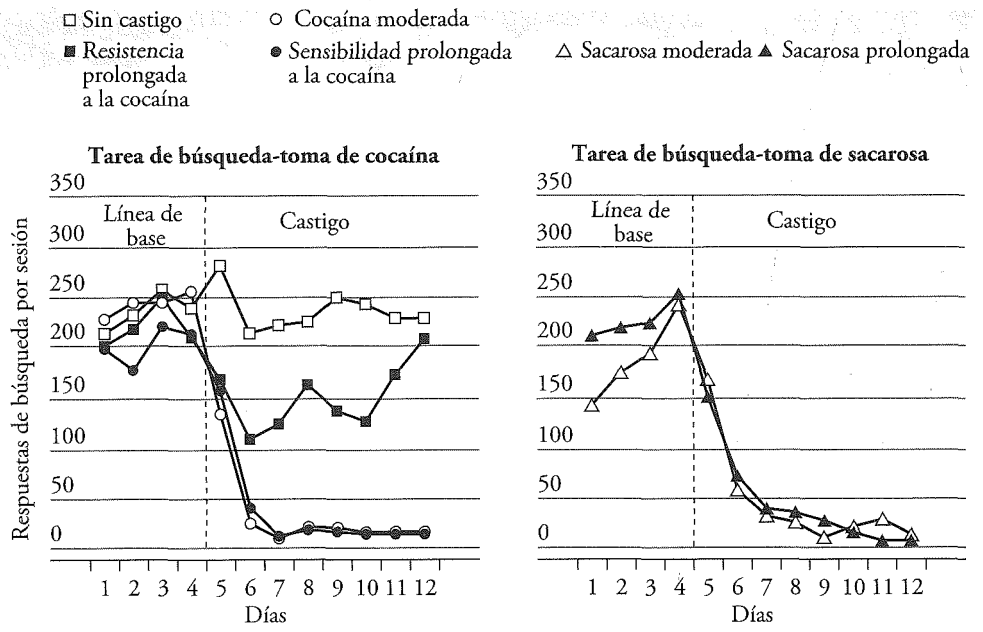



**FIGURA 10.15** Tasa de respuesta a la búsqueda de cocaína (panel izquierdo) o sacarosa (panel derecho) durante un periodo de línea de base y durante un periodo en que el castigo ocurrió a mitad de los ensayos. Diferentes grupos de ratas recibieron entrenamiento moderado o extenso. Los sujetos que recibieron entrenamiento extenso con la cocaína fueron segregados aún más en función de si eran sensibles o resistentes a los efectos del castigo. Un grupo control con el reforzamiento de la cocaína fue probado sin castigo. (Basado en Pelloux, Everitt y Dickinson, 2007.)

Los resultados de la fase de la línea de base y el castigo del experimento se resumen en el panel izquierdo de la figura 10.15. Durante la fase de inicio del estudio las ratas realizaron entre 200-250 respuestas de búsqueda por sesión. Este nivel de respuesta continuó para los sujetos que no fueron castigados. La introducción del castigo produjo un decremento en la conducta. Sin embargo, la disminución dependió del alcance del entrenamiento en la tarea de reforzamiento con las drogas. El castigo fue muy eficaz para las ratas moderadamente entrenadas. Los resultados se mezclaron para aquellas que recibieron entrenamiento extenso sobre la autoadministración de cocaína. Algunas de las ampliamente entrenadas se comportaron como las que fueron moderadamente entrenadas. El castigo suprimió su conducta de búsqueda de drogas. En contraste, las ratas ampliamente entrenadas restantes (5 de 21) fueron resistentes a los efectos del castigo. Éstas mostraron una caída inicial en la respuesta cuando se introdujo el correctivo, pero su conducta de búsqueda de drogas se recuperó posteriormente frente a la continuación del castigo.

Ordinariamente los científicos se desalientan cuando encuentran en la investigación que una manipulación es efectiva sólo en un subconjunto de participantes. Sin embargo, en este caso el hecho de que el castigo no funcione para un subconjunto de las ratas que recibieron el entrenamiento prolongado con cocaína es una buena noticia, ya que hace de éste un mejor modelo sobre la adicción humana. Sólo un subconjunto de personas que prueba o consume drogas de forma regular desarrolla el tipo de adicción severa que lo lleva a que continúe sus conductas adictivas a expensas de su matrimonio, trabajo o casa. Otros investigadores han demostrado que la resistencia al castigo, la persistencia en la conducta de búsqueda de drogas en la extinción y la motivación para obtenerla (medida por un programa de razón progresiva) se correlacionan todas con la recaída inducida por drogas (Deroche-Gamonet, Belin y Piazza, 2004).

¿La resistencia al castigo es una consecuencia del uso prolongado de la cocaína como reforzador, o tales efectos también son observados después del entrenamiento con otros reforzadores? Pelloux y sus colegas (2007) abordaron esta cuestión mediante el entrenamiento de ratas con sacarosa como reforzador utilizando procedimientos idénticos a los aplicados a ratas reforzadas con cocaína. Los resultados de castigar la conducta de búsqueda de sacarosa se resumen en el panel derecho de la figura 10.15. Esta búsqueda fue suprimida por el castigo ya sea que las ratas recibieran entrenamiento moderado o extenso. Ninguno de los sujetos mostró evidencia de ser tan adicto a la sacarosa como para volverse resistente al castigo. Sólo la cocaína produce ese resultado.

***Disponibilidad de respuestas reforzadas alternativas*** El castigo tiene resultados dramáticamente diferentes en función de si el individuo es capaz de obtener un reforzamiento mediante la participación en alguna otra actividad. Si la respuesta castigada es la única actividad disponible para obtener el reforzamiento, el castigo será mucho menos eficaz que si una respuesta alternativa reforzada está disponible con la introducción del castigo. Esto es muy importante en las aplicaciones prácticas del castigo.

El impacto de las fuentes de reforzamiento alternativo se demostró en un estudio inicial con hombres fumadores adultos realizado por Herman y Azrin (1964). Los participantes estaban sentados frente a dos palancas de respuesta. Pulsar cualquiera de las palancas era reforzado con un cigarrillo en un programa de IV. Una vez que la pulsación de la palanca se produjo a un ritmo estable, la respuesta en una de las palancas fue castigada con un breve pero desagradable ruido. En una condición experimental, sólo una palanca de respuesta estaba disponible durante la fase de castigo. En otra, las dos palancas estaban disponibles, pero el procedimiento de castigo sólo fue efectivo para una de las palancas. La figura 10.16 muestra los resultados. Cuando la respuesta castigada representaba la única manera de obtener los cigarrillos, el castigo producía una supresión moderada de la conducta. Por el contrario, cuando la palanca de respuesta alternativa estaba disponible, la respuesta sobre la palanca castigada cesó totalmente. Por tanto, la disponibilidad de una respuesta alternativa para la obtención del reforzamiento positivo aumentó en gran medida los efectos supresores del castigo.

Se han obtenido resultados similares en otras situaciones. Por ejemplo, los niños castigados por jugar con ciertos juguetes son mucho menos propensos a jugar con ellos si se les permite entretenerse con otros juguetes (Perry y Parke, 1975). Un reforzamiento de la conducta alternativa también aumenta la eficacia del castigo leve en la supresión de la conducta autolesiva en personas con graves discapacidades del desarrollo (Thompson, Iwata, Conners y Roscoe, 1999). En otro estudio (con un estudiante con autismo de alto funcionamiento), la disponibilidad de una actividad preferida alternativa hizo la palabra "no" más eficaz en la supresión de una respuesta objetivo (Mace *et al*, 2011).

***Efectos de un estímulo discriminativo para el castigo*** Como vimos en el capítulo 8, si el reforzamiento positivo está disponible para responder en presencia de un estímulo distintivo, pero no está disponible en su ausencia, el individuo aprende a responder sólo cuando el estímulo está presente. Los efectos supresores del castigo también pueden estar bajo el control de estímulos. Esto ocurre si la respuesta es castigada en presencia de un estímulo discriminativo pero no cuando el estímulo está ausente. Este procedimiento recibe el nombre de **castigo**

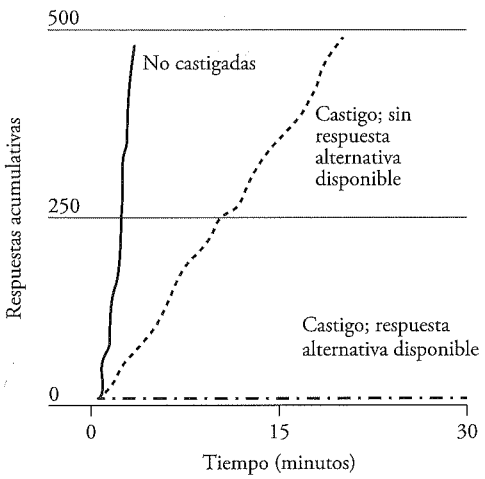



**FIGURA 10.16**
Registro acumulativo de respuestas cuando no fueron castigadas, cuando fueron castigadas y no había alguna fuente alternativa de reforzamiento, y cuando las respuestas fueron castigadas pero estaba disponible una respuesta reforzada alternativa. (Basado en "Fixed-Ratio Punishment", N. H. Azrin y W. C. Holz, en W. K. Honig (ed.), 1966, *Operant Behavior.*)

**discriminativo**. Con el entrenamiento de castigo discriminativo, el efecto supresor del castigo se limitará a la presencia del estímulo discriminativo (Dinsmoor, 1952).

El castigo discriminativo fue utilizado en el estudio cuyos resultados se resumen en la figura 10.10. Los estudiantes universitarios que participaron en este experimento podían ganar puntos por responder durante un estímulo discriminativo, $E^D$. En presencia de otro estímulo discriminativo, $E^D{}_C$, la respuesta fue castigada con la pérdida de puntos. Como ilustra la figura 10.10, los efectos supresores del castigo se limitaron en gran medida al $E^D{}_C$.

El hecho de que los efectos supresores del castigo puedan ser limitados a la presencia de un estímulo discriminativo suele resultar problemático para las aplicaciones del castigo. En muchas situaciones la persona que lo administra también sirve como un estímulo discriminativo para el castigo, con el resultado de que la conducta no deseada se suprime sólo mientras el monitor está presente. Por ejemplo, los niños saben que los profesores son estrictos acerca de la disciplina y aprenden a reprimir su comportamiento revoltoso sólo con los profesores. Una patrulla de carretera es un estímulo discriminativo para el castigo por exceso de velocidad. Los conductores permanecen en o por debajo del límite de velocidad donde ven patrullas, pero lo exceden en tramos de carretera sin vigilancia.

***El castigo como señal de la disponibilidad del reforzamiento positivo*** Bajo ciertas circunstancias, la gente parece buscar el castigo. ¿Cómo puede ser esto? ¿No se supone que el castigo suprime la conducta? La evidencia experimental sugiere que los individuos lo buscan si el reforzamiento positivo sólo está disponible cuando también se castiga la respuesta instrumental. En tales circunstancias, el castigo se convierte en una señal, o estímulo discriminativo, para la disponibilidad del reforzamiento positivo. Cuando esto ocurre, el castigo aumentará la respuesta en vez de suprimirla.

El castigo como una señal de reforzamiento fue descubierto en un estudio con palomas que primero fueron entrenadas para picotear una tecla de respuesta en el reforzamiento con alimentos en un programa de IV (Holz y Azrin, 1961). A continuación cada respuesta fue castigada con un descarga leve, suficiente para reducir la tasa de respuesta en aproximadamente 50%. En la siguiente fase del experimento, los periodos en los que el procedimiento de castigo estaba en vigor fueron alternados con periodos sin castigo. Además, la respuesta de picoteo se reforzó con la comida sólo durante los periodos de castigo. Una característica fundamental del procedimiento radica en que el castigo y los periodos seguros no se señalizaron con un estímulo ambiental, tal como una luz o un tono. La única manera para las palomas de ver si el reforzamiento estaba disponible consistía en constatar si eran castigadas por picotear. Bajo estas circunstancias, las tasas más altas de picoteo se produjeron durante los periodos de castigo, más que durante los periodos seguros. El castigo se convirtió en un estímulo discriminativo para el reforzamiento de alimentos. (Para otros ejemplos de conducta búsqueda-castigo, ver Brown, 1969; Brown y Cunningham, 1981; Dean y Pittman, 1991.)

## Teorías del castigo

En contraste con el estudio de la conducta de evitación, por lo general las investigaciones sobre el castigo no han sido motivadas por consideraciones teóricas. La mayor parte de la evidencia sobre los efectos del castigo ha sido producto de la curiosidad empírica. Los investigadores se interesaron en saber cómo este factor se ve influenciado por diversas manipulaciones, más que en probar formulaciones teóricas específicas. De hecho, existen algunas teorías sistemáticas sobre el castigo, y la mayoría se formuló hace algún tiempo (ver Spradlin, 2002). Se describirán tres de las teorías más importantes.

***Teoría de la respuesta emocional condicionada al castigo*** Una de las primeras teorías sobre el castigo fue propuesta por Estes (1944), y se basa en la observación de Estes y Skinner (1941) de que un EC que ha sido emparejado con una descarga suprimirá el desempeño de la conducta instrumental reforzada con alimentos. En el capítulo 3, así como anteriormente

## RECUADRO 10.2

### *Cuando el castigo no funciona*

A veces los niños son llevados al terapeuta porque su conducta está fuera de control. Un niño puede ser rebelde y no responder a las prácticas disciplinarias de los padres o maestros. El castigo es juzgado como un último recurso, pero sin mucho éxito. Los padres o maestros pueden notar que castigar al niño sólo hace que la conducta empeore. No es raro que los menores con un problema grave de este tipo sean diagnosticados como hiperactivos o con desórdenes emocionales. Estas etiquetas indican que hay algo fundamentalmente equivocado con el niño. Sin embargo, los terapeutas de la conducta han encontrado que en algunos casos el problema no es más que resultado de una disciplina mal administrada. Los padres o maestros pueden haber establecido inadvertidamente el castigo como un estímulo discriminativo para el reforzamiento positivo. En lugar de que el castigo disminuya un comportamiento indeseable, lo aumenta.

Consideremos el caso hipotético de Juanito, que vive en un hogar con dos padres ocupados y que, como la mayoría de los niños, es bastante activo. Si está jugando tranquilamente en su habitación, los padres tienden a ignorarlo y hacer sus propias cosas. Por el contrario, si Juanito se comporta mal o pide algo, los padres se ven obligados a prestarle atención. Éstos estarían prestando atención al niño sólo cuando se está portando mal o pide algo. En cualquier momento en que no está siendo un problema, con suerte los padres pueden ser relevados para tener un momento de paz. Por tanto, en lugar de reforzar la conducta cooperativa o pacífica, los padres pueden estar ignorando en estos momentos al niño. Lo que tenemos entonces es un círculo vicioso. Cuanto más se comporta mal Juanito, menos atención se le presta a la conducta disruptiva, porque los padres aprecian cada vez más los momentos de tranquilidad como una oportunidad de hacer algo por su cuenta. La mala conducta se convierte en el principal medio de Juanito para obtener atención. Los castigos y las reprimendas que van con la señal de conducta le indican que sus padres son cuidadosos y atentos con él.

En realidad, un terapeuta no tiene oportunidad para observar cómo se originan los problemas de conducta de este tipo. La explicación en términos del valor discriminativo del castigo es apoyada por el resultado de los intentos por cambiar la situación. La hipótesis sugiere que si uno cambia los patrones de atención de los padres, el problema de conducta puede ser aliviado. De hecho, los psicólogos clínicos suelen mostrar a los padres cómo atender las actividades apropiadas y constructivas y de qué forma administrar el castigo con un mínimo de atención dirigida hacia el niño. En muchos casos se produce una acentuada mejora cuando los padres son capaces de reforzar positivamente la conducta cooperativa con sus atenciones a la vez que ignoran las actividades perturbadoras tanto como sea posible.

en este capítulo analizamos este procedimiento de supresión condicionada. Ésta implica la supresión de la conducta en curso provocada por un estímulo asociado con la estimulación aversiva. La supresión de la conducta se produce principalmente debido a que un estímulo condicionado de miedo provoca la congelación, que entonces interfiere con otras actividades.

Estes (1944) propuso que el castigo suprime la conducta a través del mismo mecanismo que produce la supresión condicionada (ver también Estes, 1969). Sin embargo, en contraste con el experimento de supresión condicionada de costumbre, los procedimientos de castigo por lo general no implican un EC explícito que indique la entrega inminente del estímulo aversivo. Estes sugiere que los diversos estímulos que un individuo experimenta justo antes de efectuar la respuesta castigada sirven para esta función. Por ejemplo, consideremos cómo funciona una cerca invisible para mantener a un perro en su patio. Una valla invisible o electrónica detecta cuando el perro va hasta el borde del patio y entonces administra una breve descarga a través de un collar de teledetección si el perro cruza este límite. La respuesta castigada (ir demasiado lejos) está asociada con varias señales de la frontera del patio. Cuando se castiga al perro, las claves espaciales visuales y otras de las fronteras del patio quedan emparejadas con la descarga. De acuerdo con la teoría de la respuesta emocional condicionada, ya que estas señales adquieren propiedades aversivas condicionadas, van a provocar congelación (la manifestación conductual del miedo), que es incompatible con la conducta castigada. Por tanto, la respuesta castigada llegará a ser suprimida.

***Teoría de la evitación del castigo*** Una alternativa a la teoría de la respuesta emocional condicionada considera el castigo como una forma de conducta de evitación. Esta teoría está más estrechamente asociada con Dinsmoor (1954, 1998), y sigue la tradición de la teoría de los dos procesos de evitación. Dinsmoor aceptó la idea de que los estímulos que acompañan la respuesta instrumental adquieren propiedades aversivas cuando se castiga la respuesta. Luego propuso que los organismos aprenden a escapar de los estímulos aversivos condicionados relacionados con la respuesta castigada mediante la participación en alguna otra conducta que es incompatible con la actividad castigada. El desempeño de la actividad alternativa resulta en la supresión de la conducta sancionada. Así, la teoría explica la evitación del castigo en términos de la adquisición de respuestas de evitación incompatibles.

La teoría de la evitación del castigo es una propuesta ingeniosa. Sugiere que todos los cambios producidos por el condicionamiento instrumental aversivo, ya sea que se trate de un aumento o una disminución de la probabilidad de una respuesta, se pueden explicar mediante mecanismos de aprendizaje de evitación similares. La supresión de la conducta no se ve como un reflejo del debilitamiento de la respuesta castigada; más bien se explica en términos del fortalecimiento de respuestas de evitación que compiten.

A pesar de su ingenio y parsimonia, la teoría de la evitación del castigo ha sido motivo de controversia. Debido a que explica el castigo en términos de mecanismos de evitación, todos los problemas teóricos que han agobiado el análisis de la conducta de evitación se conviertan en problemas de análisis del castigo. Otro desafío para la teoría radica en que sus elementos críticos no se expresan de una manera que los haga fáciles de probar o refutar (Rachlin y Herrnstein, 1969; Schuster y Rachlin, 1968). Los estímulos que se asumen para adquirir propiedades aversivas condicionadas no están bajo el control directo del experimentador. Más bien son eventos que se supone que un organismo experimenta cuando está a punto de dar la respuesta castigada. Las respuestas de evitación presumiblemente adquiridas como alternativas a la conducta castigada también están mal especificadas. La teoría no puede predecir cuáles serán estas respuestas o cómo se les podría identificar y medir.

***El castigo y la ley del efecto negativo*** La tercera y última explicación del castigo que se describirá es también la más antigua. Thorndike (1911) propuso originalmente que el reforzamiento positivo y el castigo implican procesos simétricamente opuestos. Así como el reforzamiento positivo refuerza la conducta, el castigo la debilita. En años posteriores este teórico abandonó la idea de que el castigo debilita la conducta (Thorndike, 1932), pero la creencia de que existe una ley del efecto negativo que es comparable pero opuesta a una ley del efecto positivo ha permanecido con nosotros (por ejemplo, Azrin y Holz, 1966; Rachlin y Herrnstein, 1969).

La investigación contemporánea relacionada con una posible ley del efecto negativo ha empleado los programas de reforzamiento concurrentes en los que uno de los componentes incluye una contingencia de castigo (por ejemplo, Critchfield, Paletz, MacAleese y Newland, 2003). Como se mencionó en el capítulo 6, en un programa concurrente los participantes tienen dos respuestas disponibles al mismo tiempo, y cada una se ve reforzada en un programa diferente. Los resultados de tales experimentos se analizan típicamente utilizando la ley de igualación generalizada, que caracteriza la forma en que la tasa relativa de la respuesta en una alternativa se relaciona con la tasa relativa de reforzamiento en esa alternativa. Como se señaló en el capítulo 6, la ley de igualación generalizada incluye parámetros para el sesgo de la respuesta y la sensibilidad a las tasas relativas de reforzamiento (ver página 169). El castigo puede cambiar estos parámetros.

Una cuestión interesante relacionada con la ley del efecto negativo estriba en determinar si un castigo y un reforzador tienen efectos iguales pero opuestos. Esta cuestión fue abordada por Rasmussen y Newland (2008) en un trabajo con estudiantes universitarios (para un estudio relacionado sobre niños con trastorno de hiperactividad y déficit de atención [THDA], consulte Carlson y Tamm, 2000). Los sujetos trabajaron en un programa concurrente que involucró hacer clic sobre objetos en movimiento en una pantalla de computadora. Estaban disponibles dos objetivos diferentes al mismo tiempo, y hacer clic sobre cada uno fue reforzado

de acuerdo con un programa de IV diferente. El reforzado ganaba 4¢ y el castigado perdía una cantidad igual. Después de estabilizar la respuesta en un programa concurrente que involucró un único reforzamiento en cada componente, se añadió una contingencia de castigo a uno de los componentes (también en un programa de IV). Cada participante fue probado en nueve variaciones de los programas concurrentes, y los resultados se analizaron mediante la ley de igualación generalizada, con especial énfasis en los parámetros de sesgo y sensibilidad.

Podría predecirse que ganar y perder 4¢ no motivaría mucho la conducta entre los estudiantes universitarios, pero los resultados fueron dramáticos. La imposición de un procedimiento de castigo en un componente del programa concurrente creó un sesgo grande en favor de la respuesta sobre la alternativa no castigada. Además, la contingencia del castigo causó una reducción en la sensibilidad a las tasas relativas de reforzamiento. Lo más interesante: el castigo era tres veces más eficaz que el reforzamiento en el cambio de preferencia de la respuesta. Rasmussen y Newland concluyeron que "la pérdida de 1 centavo es tres veces más castigo que lo reforzante que pueda ser el ganar ese mismo centavo" (p. 165).

## El castigo fuera del laboratorio

Como hemos visto, el castigo puede ser un procedimiento muy eficaz para suprimir rápidamente la conducta y suele causar un cambio importante en favor de las respuestas alternativas que son reforzadas. Sin embargo, la eficacia del castigo en los estudios de laboratorio no es suficiente para justificar su aplicación fuera de éste. Los procedimientos de castigo son fácilmente mal utilizados. Incluso si los procedimientos se administran adecuadamente, hay limitaciones éticas graves en su aplicación, y pueden tener efectos secundarios molestos.

Por lo general el castigo no se aplica de manera eficaz. A menudo se introduce por primera vez a intensidades bajas (por ejemplo, una amonestación por la primera ofensa). El estímulo aversivo puede no ser administrado rápidamente después de la respuesta objetivo, pero es demorado hasta que se considera conveniente administrarlo ("Espera a que le diga a tus padres acerca de esto"). El castigo suele administrarse en un programa intermitente, y las posibilidades de ser atrapado pueden no ser altas. (¿Con qué frecuencia los conductores que exceden el límite de velocidad consiguen una multa?) El castigo es raramente instituido con fuentes alternativas específicas de reforzamiento establecidas, porque es mucho más fácil reaccionar a las transgresiones que reforzar sistemáticamente la conducta apropiada. Con frecuencia hay claros estímulos discriminativos para el castigo. La conducta objetivo para el castigo puede ser monitoreada sólo en determinados momentos o por una persona en particular, por lo que es probable que la respuesta sea suprimida sólo en esos momentos. Por último, el castigo puede ser la única fuente de atención para alguien, haciendo de éste un estímulo discriminativo para el reforzamiento positivo.

Los problemas anteriores con el uso del castigo fuera del laboratorio se pueden superar. Sin embargo, es difícil protegerse contra estas dificultades en las interacciones interpersonales comunes. Cuando le grita a su hijo, o le cuelga el teléfono groseramente a su novia, usted está probablemente exteriorizando la frustración y la ira. Es probable que un frustrante acto de castigo viole muchas de las directrices para el uso efectivo del castigo. Castigar a alguien en un acto de ira y frustración es una forma de abuso, no de entrenamiento sistemático.

El uso del castigo en la paternidad ha sido objeto de una amplia investigación. En consonancia con las implicaciones de la investigación de laboratorio, una revisión de la literatura sobre el castigo corporal de los padres concluyó que éste está fuertemente asociado con un mayor cumplimiento inmediato del niño (Gershoff, 2002, 2008). Sin embargo, el mismo análisis mostró que el castigo corporal se asocia también con consecuencias no deseadas, como agresión, problemas de salud mental y dificultades en las relaciones entre padres e hijos. Además, el castigo de los padres se relaciona con la conducta delictiva y antisocial y el aumento de la incidencia de conductas agresivas en la edad adulta. (Para un estudio transcultural de estas cuestiones, ver Gershoff *et al*, 2010.) Sin embargo, es difícil aislar el papel causal del castigo de los padres en estos efectos, ya que la mayor parte de la evidencia se basa en datos correlacionales. Los padres que son aptos para utilizar el castigo pueden ser fríos y distantes en la relación

con sus hijos y menos proclives a recompensarlos por su buena conducta. O pueden ser duros y punitivos en distintas formas, una de las cuales es el castigo corporal.

El uso del castigo corporal por parte de los padres ha sido prohibido en varios países (Zolotor y Puzia, 2010), y muchos estados en Estados Unidos han adoptado leyes que limitan su uso por parte de profesores y tutores. Sin embargo, este acto puede ser justificado e incluso imprescindible si es probable que la respuesta objetivo sea perjudicial y la conducta deba ser suprimida inmediatamente (Lerman y Vorndran, 2002). Si un niño está a punto de perseguir una pelota en una calle muy transitada, no hay tiempo para el entrenamiento y el reforzamiento positivo de la conducta apropiada.

## Preguntas de estudio

1. ¿Cuál es el problema fundamental en el análisis de la conducta de evitación, y cómo resuelve este problema la teoría de los dos procesos?
2. ¿Cómo se relaciona la respuesta de evitación con el miedo condicionado y la expectativa de estimulación aversiva?
3. Compare y contraste los procedimientos de evitación de operante libre y de evitación discriminada.
4. ¿Cómo se puede utilizar el concepto de una señal de seguridad para explicar el aprendizaje de evitación de operante libre?
5. ¿Cuáles son las reacciones de defensa específicas de la especie, y por qué es importante tenerlas en cuenta en situaciones de evitación y castigo?
6. Describa los factores que mejoran la eficacia del castigo en la supresión de la conducta.
7. ¿De qué manera el castigo es similar al reforzamiento positivo? ¿De qué manera es diferente?

## Términos clave

**bloqueo de respuesta** Bloqueo de la oportunidad de realizar la respuesta de evitación, por lo que el sujeto es expuesto a un estímulo de miedo sin poder escapar de él. Normalmente se utiliza en conexión con la *inundación*.

**castigo** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que se presenta una contingencia positiva entre la respuesta instrumental y un estímulo aversivo. Si el participante realiza la respuesta instrumental, recibe el estímulo aversivo; si no la realiza, no recibe el estímulo aversivo. El castigo normalmente suprime la conducta instrumental.

**castigo discriminativo** Procedimiento en el que la respuesta es castigada en presencia de un estímulo particular y no es castigada en ausencia de ese estímulo.

**ensayo de escape** Ensayo durante el entrenamiento de evitación discriminada en el que no se realiza la respuesta de evitación requerida y se presenta el EI aversivo. La realización de la respuesta instrumental durante el estímulo aversivo resulta en la terminación de este estímulo. Por tanto, el organismo es capaz de escapar del estímulo aversivo.

**ensayo de evitación** Ensayo en un procedimiento de evitación discriminada en el que se efectúa una respuesta de evitación que impide la entrega del estímulo aversivo.

**evitación** Procedimiento de condicionamiento instrumental en el que la conducta del participante impide la entrega de un estímulo aversivo.

**evitación de operante libre** Es lo mismo que *evitación no discriminada*.

**evitación de vaivén** Tipo de procedimiento de condicionamiento de evitación en el que la respuesta instrumental requerida consiste en ir y venir en ensayos sucesivos entre los dos lados de un aparato experimental.

**evitación discriminada** Procedimiento de condicionamiento de evitación en el que las apariciones del estímulo aversivo son señaladas por un EC. La respuesta durante el EC termina el EC e impide la entrega del EI aversivo. También se le llama *evitación señalada*.

**evitación no discriminada** Procedimiento de condicionamiento de evitación en el que la presentación de los estímulos aversivos no es señalada por un estímulo externo. El estímulo aversivo se presenta periódicamente, según lo establecido por el intervalo E–E. Cada presentación de la respuesta de evitación crea (o reinicia) un periodo de seguridad determinado por el intervalo E–R durante el cual no se presenta el estímulo aversivo. También se le denomina *evitación de operante libre*; originalmente se le llamó *evitación de Sidman*.

**evitación señalada** Es lo mismo que *evitación discriminada.*

**inminencia depredadora** Probabilidad percibida de ser atacado por un depredador. Diferentes respuestas de defensa típicas de las especies ocurren con diferente grado de inminencia depredadora.

**intervalo E–E** Intervalo entre las presentaciones sucesivas del estímulo aversivo en un procedimiento de evitación no discriminada cuando no se lleva a cabo la respuesta de evitación.

**intervalo R–E** Intervalo entre la emisión de una respuesta de evitación y la próxima presentación programada del estímulo aversivo en un procedimiento de evitación no discriminada. Por tanto, el intervalo R–E establece la duración de la seguridad creada por cada respuesta de evitación en un procedimiento de evitación no discriminada.

**inundación** Procedimiento para la extinción de la conducta de evitación en el que el EC se presenta mientras al participante se le impide realizar la respuesta de evitación.

**procedimiento de escape del miedo (PEM)** Situación en la que el sujeto aprende una respuesta instrumental para escapar de o terminar un estímulo condicionado que provoca miedo. El escape del miedo está predicho por la teoría de los dos procesos de evitación y proporciona un mecanismo de defensa para las personas que sufren miedo excesivo.

**reacciones de defensa específicas de la especie (RDEE)** Respuestas típicas de la especie que los animales realizan en una situación aversiva. Las respuestas pueden incluir la congelación, la huida o la lucha.

**reducción de la frecuencia de descarga** Hipótesis según la cual la reducción en la frecuencia de descarga sirve para reforzar la conducta de evitación.

**señal de seguridad** Estímulo que indica la ausencia de un evento aversivo.

**sobrecorrección** Procedimiento para desalentar la conducta en el que no sólo se requiere que el participante corrija o rectifique un error, sino que también es necesario ir más allá, por ejemplo, practicar ampliamente la respuesta alternativa correcta.

**teoría de los dos procesos de la evitación** Teoría desarrollada originalmente para explicar el aprendizaje de evitación discriminada que supone la operación de dos mecanismos: el condicionamiento clásico del miedo a la señal de advertencia o EC, y el reforzamiento instrumental de la respuesta de evitación por medio de la terminación de la señal de advertencia y la consecuente reducción del miedo.

**tiempo fuera** Periodo durante el cual se elimina la oportunidad de obtener reforzamiento positivo. Esto puede implicar sacar al participante de la situación en la que los reforzadores están disponibles.

CAPÍTULO 11

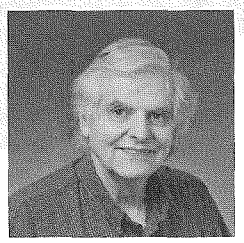
# Cognición comparada I: mecanismos de la memoria


**Cognición comparada, conciencia y antropomorfismo**
**Memoria: conceptos básicos**
Etapas del procesamiento de la información
Tipos de memoria
**Memoria de trabajo y memoria de referencia**
Igualación demorada a la muestra
Memoria espacial en laberintos
**Mecanismos de la memoria**
La adquisición y el problema de la codificación del estímulo
Codificación retrospectiva y prospectiva
La retención y el problema del repaso
Recuperación
**El olvido y las fuentes de las fallas en la memoria**
Interferencia proactiva y retroactiva
Amnesia retrógrada
**Consolidación, reconsolidación y actualización de la memoria**
Reconsolidación
**Comentarios finales**
Preguntas de estudio
Términos clave


## VISTA PRELIMINAR DEL CAPÍTULO

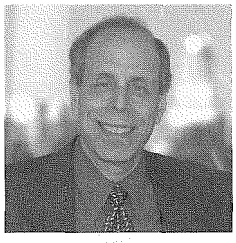
El estudio de la cognición comparada se remonta a los escritos de Darwin sobre la evolución de la inteligencia, pero la mejor investigación sobre la cognición comparada se ha efectuado en los últimos 40 años. Este capítulo comienza con una caracterización general de la cognición comparada, y luego se mueve en el tema más importante en esta área de investigación, es decir, los mecanismos de la memoria. Inicia con la descripción de la relación entre el aprendizaje y la memoria, y las distinciones entre varias formas de memoria. Finalmente, plantea varios paradigmas importantes para el estudio de la memoria de trabajo en los animales. La siguiente sección describe investigaciones relevantes sobre tres diferentes etapas de procesamiento de la información: adquisición, retención y recuperación. Después se describen el olvido y las diversas fuentes de las fallas en la memoria, incluyendo el fenómeno de la amnesia retrógrada. El capítulo termina con una discusión de los puntos de vista contemporáneos sobre la recuperación y consolidación de la memoria, y la implicación de estos puntos de vista para la permanencia y precisión de los recuerdos.

Como ya comentamos en el capítulo 1, el interés en la cognición comparada se remonta a la fundación del ámbito del aprendizaje animal en la segunda mitad del siglo XIX. Los primeros esfuerzos experimentales para el estudio de la cognición comparada emplearon paradigmas



Cortesía de T. Zentall

T. Zentall



Cortesía de E. A. Wasserman

E. A. Wasserman

del aprendizaje animal. Sin embargo, el estudio del aprendizaje animal pronto llegó a tener vida propia. Durante gran parte del siglo XX el aprendizaje se investigó en animales más por lo que nos decía acerca de la conducta en general, que por lo que nos planteaba acerca de una especie particular o acerca de la evolución de los mecanismos del aprendizaje. Este enfoque continúa en la actualidad, sobre todo en los estudios de neurobiología del aprendizaje. Sin embargo, en la investigación contemporánea el enfoque de proceso general para el aprendizaje está acompañado por un interés robusto en la cognición comparada (por ejemplo, Shettleworth, 2010; Zentall y Wasserman, 2012).

La cognición comparada es una aproximación al estudio de la conducta animal que se centra en "los mecanismos por medio de los cuales los animales adquieren, procesan, almacenan y actúan sobre la información del ambiente" (Shettleworth, 2010, p. 4). Esto hace de la cognición comparada un tema muy amplio que incluye tópicos como la percepción y la atención, el aprendizaje, la memoria, la navegación espacial, la medida del tiempo y el cálculo, el aprendizaje de los conceptos de percepción y abstractos, la resolución de problemas y el uso de herramientas. Además de proporcionar nueva información importante acerca de cómo diferentes especies tratan los diversos tipos de información, los estudios de la cognición comparada abordan el tipo de preguntas teóricas sobre la evolución de la inteligencia que cautivó a Darwin. La exploración de las habilidades cognitivas de los animales nos habla de la singularidad de diversas habilidades cognitivas humanas, al igual que la exploración de otros planetas puede revelar la singularidad de nuestro hábitat terrestre. Como Wasserman (1993) propuso, "la comparación de la inteligencia de muchas especies de animales puede ayudarnos a conocer mejor lo que significa ser humano" (p. 211). Los estudios de la cognición comparada también son importantes porque proporcionan sistemas modelo para la investigación de las bases neurofisiológicas de las funciones cognitivas. Por ejemplo, los fármacos para mejorar la memoria no pueden ser desarrollados sin desarrollar primero sistemas de modelos animales para el estudio de los mecanismos de la memoria (por ejemplo, Gold, 2008). Los estudios sobre los mecanismos de la cognición en animales no humanos también pueden ayudarnos en el diseño de máquinas inteligentes y robots (por ejemplo, Asada *et al*, 2008; Gnadt y Grossberg, 2007).

## Cognición comparada, conciencia y antropomorfismo

La palabra *cognición* proviene del latín y significa *conocimiento* o *pensamiento*, y se utiliza comúnmente para referirse a los procesos del pensamiento. En el discurso informal, consideramos el pensar como una reflexión voluntaria, deliberada y consciente sobre algún tema que generalmente involucra el lenguaje. Para la cognición comparada, la característica más importante del pensamiento radica en que puede dar lugar a acciones que no se pueden explicar sobre la base de los estímulos externos que un individuo experimenta en el momento. Por ejemplo, en su trayecto al trabajo puede empezar a pensar que no cerró la puerta de su apartamento cuando salió de casa. Esta idea le puede indicar que vuelva a casa para comprobar si la puerta está cerrada. Su regreso no puede ser explicado por los estímulos externos que encuentra en su camino al trabajo. Se encuentra con esos estímulos cada día sin tener que volver a revisar la puerta. Más bien, su conducta es atribuida a la idea de que es posible que haya dejado su apartamento abierto.

Existe cierta controversia sobre cuál debe ser el dominio de la cognición comparada. Los defensores de la **etología cognitiva** afirman que los animales son capaces del pensamiento consciente y la intencionalidad (Griffin, 1992; Ristau, 1991). Según los etólogos cognitivos, la cognición comparada debe abarcar toda la gama de temas que se incluyen en las consideraciones de la cognición humana. La afirmación de que los animales no humanos son capaces de tener conciencia e intencionalidad se basa en la complejidad, la flexibilidad y la inteligencia de los diversos ejemplos de conducta animal. El argumento se funda en que la intención consciente es la fuente probable de tal conducta inteligente y flexible. Esto es básicamente un argumento de diseño, un argumento que ha sido debatido y rechazado por los filósofos

durante siglos (Blumberg y Wasserman, 1995). Además de estos planteamientos filosóficos, también es importante tener en cuenta las serias limitaciones a la intención consciente como una explicación adecuada de la conducta humana (Bargh y Morsella, 2008; Wegner, 2002). Si la intención consciente no puede caracterizar adecuadamente las características importantes de la conducta humana, ¿por qué debemos suponer que el concepto será útil para explicar la conducta de los organismos no humanos?

En contraste con los etólogos cognitivos, los psicólogos experimentales utilizan el término *cognición comparada* en un sentido restringido. Ellos siguen a H. S. Jennings (1904/1976), quien argumentó hace más de un siglo que "la evidencia objetiva no puede dar una demostración de la existencia o no existencia de la conciencia, ya que para la conciencia eso es precisamente lo que no puede ser percibido de manera objetiva". Jennings llegó a decir que "ninguna declaración acerca de la conciencia en los animales está abierta a refutación mediante la observación y la experimentación" (pp. 335-336).

Los psicólogos experimentales contemporáneos vinculan estrechamente los mecanismos cognitivos con las predicciones conductuales. De esta manera, las inferencias cognitivas pueden ser apoyadas o refutadas por la evidencia experimental. Los psicólogos experimentales hacen inferencias sobre la maquinaria interna o cognitiva que media la conducta en los casos en que los mecanismos de E–R o reflejos simples son insuficientes. Sin embargo, son cuidadosos para aceptar sólo aquellas hipótesis de procesos cognitivos que conducen a predicciones de conducta sin ambigüedades. Por tanto, para los psicólogos experimentales la cognición comparada no implica nada acerca de la conciencia, el conocimiento o el razonamiento verbal. Más bien, la **cognición comparada** se refiere a construcciones teóricas y modelos utilizados para explicar los aspectos de conducta que no se pueden caracterizar fácilmente en términos de mecanismos E–R simples.

Una característica esencial de la cognición comparada consiste en que emplea las explicaciones posibles más simples que sean consistentes con los datos. Considere la siguiente descripción de la conducta:

> *Al principio, el atractivo es débil; hay un anhelo vago y una agitación suave. En última instancia, la fuerza del deseo irresistible crece; su cabeza gira bruscamente y brinca por el suelo desigual para acariciar los objetos de su afecto con éxtasis consumado.* (Zentall y Wasserman, 2012, p. 1.)

¿La conducta de quién se está describiendo aquí? Pues resulta que esta es una descripción poética de una moneda que está siendo dirigida por un imán. Consideramos absurdas tales descripciones tan elaboradas cuando se aplican a una moneda porque hemos llegado a aceptar que los objetos físicos no tienen una esencia que sea capaz de una rica experiencia emocional. Por desgracia, es mucho más difícil adoptar una perspectiva científica desapasionada similar hacia la conducta de los animales no humanos porque hemos sido educados con las series de dibujos animados y otras películas de animación cuyo valor de entretenimiento se basa en la atribución de una vida mental rica (y amplios conocimientos lingüísticos) a animales ordinarios y ficticios.

Cuando hacemos inferencias ocasionales acerca de la rica vida mental de un pájaro o una ardilla, estamos proyectando nuestros propios pensamientos, emociones e intenciones sobre ellos. Esto se llama **antropomorfismo**. Las explicaciones antropomórficas dificultan el conocimiento de la cognición comparada, ya que ponen demasiado énfasis en la experiencia humana y prejuzgan las conclusiones a las que podemos llegar a través de la investigación sistemática. Estos escollos de la sobreinterpretación de la conducta animal fueron señalados hace más de un siglo por C. Lloyd Morgan (1894), pero son igualmente relevantes en la actualidad.

Los mecanismos cognitivos implican una representación interna o registro "mental" de algo y las reglas para la manipulación de ese registro mental. Las representaciones internas pueden codificar varios tipos de información, tales como características particulares de estímulos o relaciones entre estímulos. Las representaciones internas y sus manipulaciones no pueden ser investigadas directamente mirando en el cerebro. Más bien, tienen que inferirse de la conducta. Por tanto, un mecanismo cognitivo es una construcción teórica inferida de

la conducta, tal como la fuerza magnética es una construcción teórica inferida del comportamiento de los objetos que se sienten atraídos el uno al otro. Tampoco requiere ninguna suposición sobre la conciencia o intencionalidad.

# Memoria: conceptos básicos

Una de las mayores áreas de la cognición comparada es el estudio de los mecanismos de la memoria (por ejemplo, Spear y Riccio, 1994; Urcelay y Miller, 2008). El término **memoria** se utiliza comúnmente para referirse a la capacidad de responder con base en la información que fue adquirida con anterioridad. Decimos que recordamos lo que sucedió en nuestra infancia si hablamos de nuestras experiencias de la infancia, y decimos que recordamos el nombre de alguien si llamamos a esa persona con su nombre correcto. Desafortunadamente este tipo de pruebas de memoria no son prácticas con animales no humanos. No podemos pedir a una paloma que nos diga qué hizo la semana pasada. En vez de esto, tenemos que utilizar las respuestas no verbales de las aves como pistas sobre su memoria.

Si su gato sale de casa, pero encuentra el camino de regreso, es posible concluir que se acordó de dónde vive. Si su perro lo saluda con entusiasmo inusual después de unas largas vacaciones, es posible concluir que lo recordaba. Éstos y ejemplos similares ilustran que la existencia de la memoria en animales se identifica por el hecho de que su *conducta actual se basa en algún aspecto de sus experiencias anteriores*. Cada vez que la conducta de un animal está determinada por eventos pasados, podemos concluir que cierto tipo de memoria está involucrado.

Usted puede notar que esta definición de memoria es muy similar a la definición del aprendizaje establecida en el capítulo 1. Allí el aprendizaje se define como un cambio perdurable en la respuesta a una situación particular como resultado de la experiencia previa con ese tipo de situación. Por tanto, la evidencia del aprendizaje también se identifica con base en los cambios en la conducta debido a experiencias anteriores. De hecho, el aprendizaje no es posible sin la memoria. Entonces, ¿cómo se distinguen los estudios de la memoria de los estudios sobre el aprendizaje?

## Etapas del procesamiento de la información

Las diferencias entre el aprendizaje y la memoria podrán aclararse considerando las tres etapas del procesamiento de la información que son comunes a ambos experimentos de aprendizaje y memoria (ver la tabla 11.1). En la primera etapa de ambos tipos de experimentos los participantes son expuestos a ciertas clases de estímulos o información. Esta etapa se denomina **adquisición**. Entonces la información que fue adquirida es retenida durante algún tiempo, un periodo llamado **intervalo de retención**. Al final del intervalo de retención, los participantes son ensayados para determinar su memoria de la experiencia original, que requiere la **recuperación** o reactivación de la información asimilada durante la adquisición. Así, todos los estudios de aprendizaje y memoria implican etapas de adquisición, retención y recuperación.

Por ejemplo, consideremos andar en bicicleta. Para ser un ciclista experto, primero tiene que ser entrenado para equilibrar, pedalear y dirigir la bicicleta (adquisición). A continuación tiene que recordar esas experiencias de entrenamiento (retención). Cuando usted consigue montar una bicicleta de nuevo una semana más tarde, tiene que reactivar lo que aprendió antes de manejarla con éxito otra vez (recuperación).

**TABLA 11.1 COMPARACIÓN DE EXPERIMENTOS DE APRENDIZAJE Y MEMORIA**

| FASE | ESTUDIOS DE APRENDIZAJE | ESTUDIOS DE MEMORIA |
|---|---|---|
| **Adquisición** | Variada | Constante |
| **Retención** | Constante (larga) | Variada (corta y larga) |
| **Recuperación** | Constante | Variada |

© Cengage Learning

En los estudios sobre el aprendizaje la atención se centra en la etapa de adquisición. En los experimentos se utiliza el tipo de información que adquirimos y las maneras en que podemos captarla. Por tanto, los *experimentos de aprendizaje implican manipulaciones de las condiciones de adquisición*. El intervalo de retención por lo general no es muy variado en los experimentos de aprendizaje y siempre es bastante largo (un día o más) debido a que los cambios de corto plazo en la conducta no se consideran casos de aprendizaje. Como el énfasis se pone en las condiciones de adquisición, las condiciones de recuperación también se mantienen constantes. Todos los participantes en un experimento dado son probados acerca de lo que han aprendido con los mismos procedimientos de prueba.

En contraste, los *estudios de la memoria se centran en las condiciones de retención y recuperación*. La adquisición es de interés sólo en la medida en que es relevante para la retención y la recuperación. En los estudios de memoria el intervalo de retención con frecuencia es variado con el fin de determinar cómo cambia en el tiempo la disponibilidad de la información adquirida. A diferencia de los estudios de aprendizaje, que emplean sólo intervalos de retención largos, los de la memoria pueden emplear intervalos de retención de corta y larga duración. De hecho, muchos estudios de la memoria de los animales evalúan el desempeño en varios intervalos de retención.

Los estudios de la memoria también se centran en las circunstancias de la recuperación. Por ejemplo, consideremos la aplicación de una prueba de vocabulario sobre un conjunto de términos técnicos en un curso universitario. Usted puede pasar por alto muchas cosas si la prueba se compone de una serie de preguntas para llenar espacios en blanco en los que tiene que proporcionar los términos técnicos. Por el contrario, es probable que lo haga mejor si se le proporciona una lista de los términos y sólo se le pide que relacione cada uno con su definición. Estas diferentes formas de la prueba implican diferentes condiciones de recuperación.

### Tipos de memoria

Los mecanismos de la memoria han sido clasificados de diversas maneras en función de lo que se recuerda (el contenido de la memoria), su duración (el intervalo de retención) y los mecanismos implicados en la memoria. Por ejemplo, Schachter y Tulving (1994) identificaron cinco tipos de aprendizaje humano y memoria: la memoria procedimental, la memoria perceptual, la memoria semántica, la memoria principal o de trabajo, y la memoria episódica o declarativa. No todas estas formas de memoria tienen su contraparte en la investigación con sujetos humanos.

Gran parte de la investigación sobre condicionamiento clásico e instrumental que discutimos en capítulos anteriores involucra la **memoria procedimental**. La memoria procedimental refleja el conocimiento acerca de las relaciones entre las características del entorno, y media el aprendizaje conductual y las habilidades cognitivas que se manifiestan de forma automática sin necesidad de un control consciente. La memoria procedimental es la memoria utilizada para saber qué hacer y cómo hacerlo. Los estudios de cognición comparada también han comenzado a examinar la **memoria episódica**. Ésta es la memoria para eventos específicos o para recordar para qué, cuándo y dónde ocurrió algo. Se hablará más acerca de la memoria episódica en el capítulo 12.

Otro aspecto particularmente importante en la cognición comparada es la distinción entre la **memoria de trabajo** y la **memoria de referencia**. Este es el tema que veremos enseguida.

## Memoria de trabajo y memoria de referencia

La *memoria de trabajo* es operativa cuando la información tiene que ser retenida sólo el tiempo necesario para completar una tarea en particular, después de lo cual la información es descartada porque ya no se necesita o porque puede interferir con la finalización exitosa de la tarea siguiente. Para cambiar el aceite en un auto, un mecánico tiene que recordar cuáles pasos del trabajo se han terminado, pero sólo en la medida en que el vehículo particular está siendo atendido. Para cocinar un buen guiso hay que recordar las especias que ya se han

puesto antes de añadir otras, pero una vez que ha terminado el guiso, puede olvidarse de esta información. Todos estos son ejemplos de la memoria de trabajo.

La memoria de trabajo es la *retención de la información recientemente adquirida sólo el tiempo suficiente para completar una tarea.* Sin embargo, esta información es útil sólo en el contexto del conocimiento más duradero. La memoria de trabajo que un cocinero utiliza en el seguimiento de las especias que él o ella ha puesto en un guiso requiere el conocimiento a largo plazo de los nombres y sabores de especias, dónde obtenerlas, cómo distinguirlas, la forma en que se miden y, en general, cuánta cantidad es apropiada para un tipo particular de guiso. Estas piezas de información siguen siendo útiles después de sazonar un platillo particular. Dicha memoria se denomina *memoria de referencia* (Honig, 1978).

La memoria de referencia es la *retención a largo plazo de la información necesaria para el uso exitoso de la información entrante y recientemente adquirida.* La información sobre lo que un mecánico ha hecho recientemente es útil sólo en el contexto de los conocimientos generales sobre los vehículos y los procedimientos de lubricación. Todos los usos exitosos de la memoria de trabajo requieren memorias de referencia apropiadas.

Técnicas cada vez más sofisticadas han sido desarrolladas para el estudio de la memoria de trabajo en varias especies animales. Se describirán algunas de ellas. El primer procedimiento, la igualación demorada a la muestra, es una técnica de laboratorio que se desarrolló sin mucha consideración por las predisposiciones conductuales de los animales, y se puede adaptar al estudio de cómo éstos recuerdan una variedad de eventos diferentes. Las otras técnicas que consideraremos fueron desarrolladas para probar la memoria espacial o memoria para determinados lugares, y éstas se aprovechan de las especializaciones conductuales específicas de cada especie.

## Igualación demorada a la muestra

El **procedimiento de igualación demorada a la muestra** fue inicialmente desarrollado para estudiar la memoria de corto plazo de las señales visuales en las palomas (Blough, 1959). Sin embargo, desde entonces ha sido adoptado para su uso con una variedad de especies y estímulos. En una revisión reciente de esta área de investigación, White (2013) señaló que "la igualación demorada a la muestra es el procedimiento más utilizado en el estudio de la memoria no humana de corto plazo".

En un procedimiento de igualación demorada a la muestra, al participante se le presenta un estímulo muestra que designa qué respuesta será correcta al final de la prueba. A continuación este estímulo se retira para un periodo de retención. Entonces al participante se le aplica una prueba de memoria que consta de dos señales, una de las cuales es la muestra original. La elección del estímulo muestra durante la prueba de memoria es la respuesta correcta, y se refuerza.

La figura 11.1 muestra los estímulos que fueron utilizados en el estudio de la memoria de trabajo en participantes humanos con un primer episodio de esquizofrenia (Lencz *et al*, 2003). Los estímulos consistieron en patrones complejos de vóxeles (pixeles volumétricos) oscuros y claros. El estímulo muestra se presentó durante 500 milisegundos, seguido de las alternativas de elección. La respuesta correcta consistía en responder a la alternativa de elección que era la misma que la muestra. La alternativa correcta de elección podía aparecer a la izquierda o a la derecha. Por tanto, la ubicación de una alternativa de elección no podía ser utilizada como base para tomar la decisión correcta. Además, se utilizaron diferentes estímulos muestra en ensayos sucesivos para que una en particular no siempre fuera la elección correcta.

Durante la primera fase del entrenamiento los estímulos de prueba aparecieron inmediatamente después de la muestra, y permanecieron disponibles hasta que el participante hizo una elección. Una vez que los participantes aprendieron a seleccionar la alternativa de elección coincidente más de 80% del tiempo, se introdujo una demora de 4 u 8 segundos entre la muestra y la elección del estímulo como prueba de memoria. Para efectos de comparación, el experimento también se llevó a cabo con una muestra de individuos no clínica. Los dos grupos se desempeñaron igualmente bien cuando la tarea de concordancia no implicó demora. Sin embargo, los participantes con esquizofrenia mostraron un déficit en el rendimiento cuando los ensayos incluyeron 4 u 8 segundos de demora entre el estímulo muestra y las

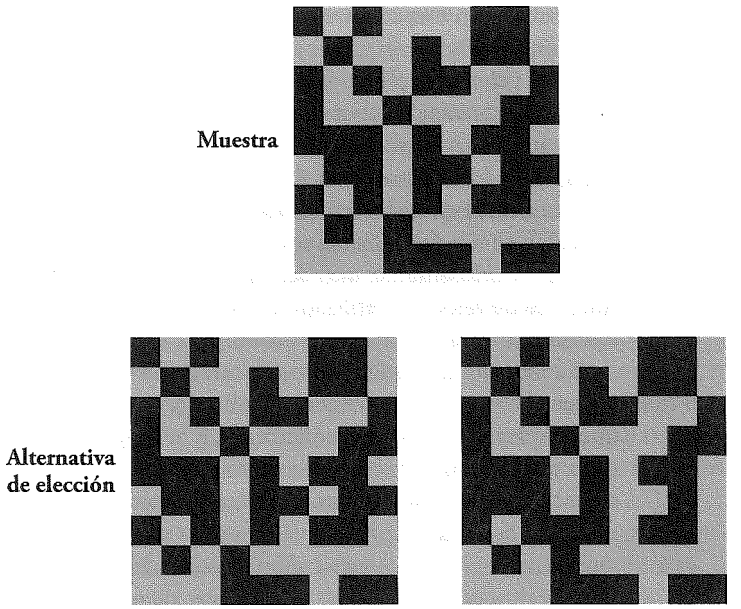
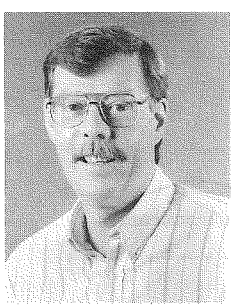



**FIGURA 11.1** Ejemplo de estímulos utilizados en un procedimiento de igualación a la muestra con sujetos humanos. El estímulo muestra se presenta en un inicio, seguido por las alternativas de elección. Se refuerza la respuesta a la alternativa de elección que es igual a la muestra. Las demoras introducidas entre la exposición a la muestra y la presentación de las alternativas de elección proporcionan una prueba de memoria. (Basado en Lencz *et al*, 2003.)

alternativas de elección. El hecho de que el rendimiento fuera diferente entre los dos grupos sólo en las condiciones de demora indica que la esquizofrenia incluye un déficit en la memoria de trabajo. (Para otros estudios de la igualación demorada a la muestra en relación con la esquizofrenia, consulte Koychev, 2010; Quee *et al*, 2011.)

El desempeño exitoso en la igualación demorada a la muestra requiere la memoria de trabajo y la de referencia. La memoria de trabajo está involucrada en la retención de información de la presentación inicial de la muestra para la prueba de elección al final del ensayo. La memoria de referencia está involucrada en el recuerdo de la estructura básica de la tarea de un ensayo al siguiente. La igualación demorada a la muestra ha sido empleada en experimentos con una amplia gama de especies, incluyendo ratas, monos, chimpancés, delfines, leones marinos, focas y peces de colores (por ejemplo, D'Amato, 1973; Forestell y Herman, 1988; Iversen, 1993; Kastak y Schusterman, 1994; Mauk y Dehnhardt, 2005; Steinert, Fallon y Wallace, 1976). Además, el procedimiento se ha adaptado para investigar cómo los animales recuerdan una variedad de estímulos, incluyendo formas, número de respuestas realizadas, presencia o ausencia de recompensa, ubicación espacial de los estímulos, el orden de dos eventos que se presentan sucesivamente, o qué respuesta determinada realizó recientemente el participante (por ejemplo, D'Amato, 1973; Maki, Moe y Bierley, 1977; MacDonald, 1993; Mercado *et al*, 1998; Wilkie y Summers, 1982).

***Procedimientos determinantes de la igualación demorada a la muestra*** Varios aspectos del procedimiento de igualación a la muestra determinan la precisión con la que los participantes se desempeñan. Uno de ellos es la naturaleza del estímulo que sirve como muestra. Algunos tipos de estímulos muestra son más eficaces que otros (por ejemplo, Wilkie y Summers, 1982). Otros factores importantes consisten en la duración de la exposición al estímulo al inicio de la prueba y el intervalo de demora después de la muestra (Grant, 1976). En general, los estímulos muestra que se presentan para un periodo más largo conducen a un mejor desempeño. Además, como es de esperar, los participantes cometen más errores si se enfrentan a una demora mayor entre el estímulo muestra y la prueba de elección al término de un ensayo.



Cortesía de D. S. Grant

D. S. Grant

El hecho de que el desempeño de la memoria sea peor con intervalos de retención más largos es un hallazgo frecuente en los experimentos de memoria, y coincide con la experiencia común. Es menos probable que responda bien en una prueba si ésta versa sobre el material

que escuchó en una conferencia hace un mes, que si escuchó la conferencia un día antes. Hay muchas razones que explican por qué la memoria es peor con intervalos de retención más largos. Una primera explicación popular se basa en el concepto *huella de estímulo*. La idea consiste en que la presentación de un estímulo crea una huella en el cerebro que se desvanece de forma automática con el tiempo, dando lugar a más errores de memoria (por ejemplo, Roberts y Grant, 1976). Esta idea era sencilla y muy atractiva, pero por desgracia ha resultado incorrecta. La memoria no se desvanece automáticamente como una función del tiempo. Numerosos factores contribuyen a la falta de memoria, algunos de los cuales consideraremos más adelante en este capítulo. Curiosamente, uno de los principales factores que determinan la tasa de olvido es el intervalo de retención utilizado durante el entrenamiento. El entrenamiento con intervalos de retención más largos mejora el rendimiento de la memoria.

La importancia del intervalo de retención utilizado durante el entrenamiento se demostró en un provocador experimento realizado por Sargisson y White (2001). Los investigadores que emplean la igualación demorada a la muestra suelen comenzar el entrenamiento de la tarea sin interrupción entre la muestra y los estímulos de elección en cada ensayo. La presentación de las alternativas de elección sin una demora hace que la tarea sea un poco más sencilla y facilita el aprendizaje. Después de que los participantes han llegado a dominar la tarea sin dilación, se llevan a cabo pruebas de memoria en las que se introducen diversas demoras entre la muestra y las alternativas de elección. Sargisson y White (2001) partieron de este método estándar introduciendo diferentes intervalos de demora desde el principio para ver si la memoria podía ser mejor entrenada utilizando intervalos más largos desde el inicio del entrenamiento.

Cada ensayo para las palomas se inició con un estímulo muestra de color rojo o verde proyectado sobre una tecla de picoteo, seguido por una elección entre los dos colores. El color de la muestra en un ensayo dado, y si la muestra aparecía a la izquierda o la derecha durante la prueba de elección varió de un ensayo a otro. Para un grupo de palomas la demora entre la muestra y la elección de los estímulos siempre fue de 2 segundos durante el entrenamiento. Para otros grupos esta demora fue de 4 o 6 segundos. Para la comparación, un grupo control fue entrenado con el procedimiento habitual de conseguir la prueba de elección inmediatamente después de la muestra. El entrenamiento continuó hasta que cada grupo realizó correctamente al menos 80% de los ensayos. Todas las aves fueron analizadas con demoras que iban de 0 a 10 segundos para determinar sus funciones de olvido. Los resultados de estos ensayos se presentan en la figura 11.2.

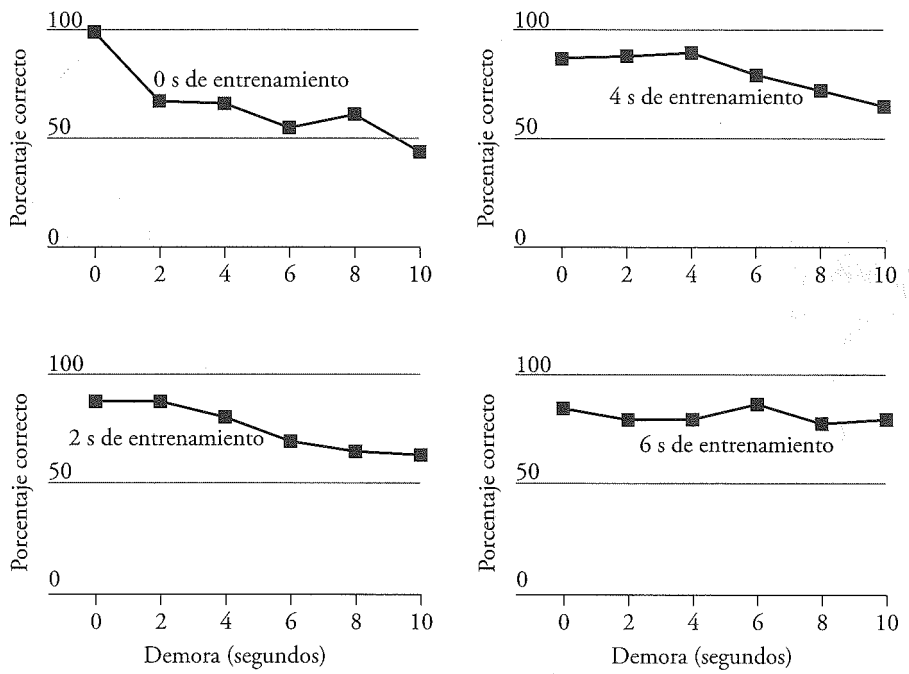



**FIGURA 11.2**
Precisión del desempeño de igualación a la muestra en función de la demora entre la muestra y la elección de estímulos para grupos independientes de palomas que previamente fueron entrenadas con demoras de 0, 2, 4 o 6 segundos. (Basado en "Forgetting Functions", R. J. Sargisson y K. G. White, 2001, *Animal Learning and Behavior, 29*, pp. 193-207.)



Cortesía de M. Spetch

M. Spetch

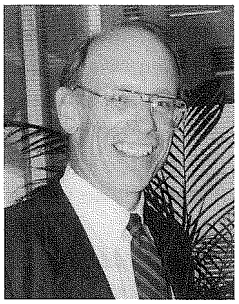
El grupo control, que se había entrenado con 0 segundos de demora entre la muestra y la elección, mostró la función de olvido estándar. Sus decisiones correctas disminuyeron constantemente a medida que la dilación entre la muestra y la elección de los estímulos se incrementó de 0 a 10 segundos. En contraste, tal disminución fue evidente en las palomas que fueron entrenadas con una demora de 6 segundos entre la muestra y la elección de los estímulos. Estas aves se desempeñaron igualmente bien en todas las pruebas de demora. Los otros grupos mostraron resultados entre estos dos extremos. Es importante destacar que para todos los grupos el desempeño más preciso se produjo cuando la demora utilizada en la prueba fue la misma que la que recibieron durante el entrenamiento.

Los resultados presentados en la figura 11.2 muestran claramente que las funciones de olvido no simplemente reflejan el decaimiento o el desvanecimiento de la memoria para el estímulo muestra como una función del tiempo. Más bien, el desempeño en la prueba depende de la similitud entre las condiciones de la prueba y las condiciones del entrenamiento (ver también Spetch, 1987; Rayburn-Reeves y Zentall, 2009). El hallazgo común de que la memoria empeora con el paso del tiempo refleja el hecho de que los participantes no suelen estar entrenados con intervalos de demora más largos.

El intervalo de demora que se utiliza en el entrenamiento es sólo una variable de entrenamiento que influye en el desempeño de la igualación demorada a la muestra. La igualación es básicamente una conducta instrumental de elección motivada por el reforzador proporcionado al final del ensayo. Por tanto, no debe sorprender que varios factores que influyen en la conducta de elección también son relevantes en el análisis del desempeño de igualación a la muestra. Por ejemplo, las palomas tienen un mejor desempeño de la memoria si reciben una señal durante el intervalo de retención que les indica que la respuesta correcta será reforzada con un gran recompensa en lugar de con una pequeña. Curiosamente, el desempeño de la memoria también es mejor si el tamaño de la recompensa para la señal se cambia de pequeño a grande a mitad de camino a través del intervalo de retención. En consecuencia, el cambio de la señal de recompensa de grande a pequeña menoscaba la memoria (White y Brown, 2011). Éste es uno de un número creciente de hallazgos que muestran que la memoria no es un proceso pasivo, sino que coincide con los requisitos del medio ambiente. Recordamos las cosas cuando hay una recompensa significativa que recordar, y las olvidamos cuando la recompensa es pobre.

***Aprendizaje de regla general* versus *regla específica*** El término *igualación a la muestra* sugiere que este procedimiento capacita a los participantes para seleccionar una opción de estímulo que es la misma que la muestra presentada al comienzo del ensayo. Resulta que esto es sólo un posible mecanismo de igualación del desempeño. Seleccionar la opción de estímulo que es la misma que la muestra implica el uso de una regla o concepto general "*igual a*". Otra posibilidad radica en que los participantes aprendan una serie de normas específicas o relaciones estímulo-respuesta. Por ejemplo, en el experimento realizado por Sargisson y White (2001) sólo había dos posibles estímulos de muestra: rojo y verde. Por tanto, las palomas podían haber aprendido dos normas específicas: "seleccionar rojo después de la exposición al rojo" y "seleccionar verde después de la exposición al verde". La mayoría de los procedimientos de igualación a la muestra emplea más de dos posibles estímulos como muestra. Pero si la reserva potencial de los estímulos muestra es relativamente pequeña (por ejemplo, de seis a ocho artículos), los participantes pueden resolver el problema de la igualación mediante el aprendizaje de una serie de estímulos-respuesta específica o relaciones E–R.

¿Cómo podemos decidir si los participantes aprenden las relaciones específicas E–R o una regla general *igual a*? La clave está en ver cómo la ejecución de la igualación se transfiere a nuevos estímulos. Después de entrenar con un conjunto de estímulos, los participantes tienen que ser probados con un problema de igualación que implica nuevas muestras y elección de estímulos. Si han aprendido una serie de relaciones E–R (por ejemplo, "seleccione rojo después de la exposición al rojo"), tendrán un momento difícil cuando se prueben con nuevos estímulos (por ejemplo, muestra azul y elección de estímulos azul y amarillo). En contraste, el aprendizaje de regla general predice una considerable transferencia de ejecución de la igualación a nuevos estímulos porque la regla general *igual a* se puede utilizar para solucionar cualquier problema de igualación a la muestra. Así, en las pruebas de transferencia de un problema de igualación a la muestra a otro, el aprendizaje de regla general debe producir un mejor desempeño que el aprendizaje de regla específica.


Cortesía de Donald A. Dewsburg

A. A. Wright

En un estudio con chimpancés bebés, Oden, Thompson y Premack (1988) primero proporcionaron entrenamiento en una tarea de igualación a la muestra con sólo un par de objetos de estímulo: una taza de medir de acero inoxidable y un cerrojo de latón. Uno de los objetos se presentó al inicio de la prueba, seguido de una selección de ambos elementos. Si el chimpancé seleccionaba el objeto coincidente, era reforzado con efusivos elogios, cosquillas, caricias o un regalo comestible, dependiendo de su preferencia. Después de que los participantes aprendieron la tarea con los dos estímulos de entrenamiento, se pusieron a prueba con una variedad de otros objetos de estímulo. Sorprendentemente, con la mayoría de los objetos de prueba la transferencia de la ejecución superaba el 80% de precisión. Por tanto, los chimpancés parecían haber aprendido una regla general *igual a* con sólo dos estímulos de entrenamiento.

Los chimpancés son más proclives a mostrar evidencia de igualación generalizada que las palomas y otras especies. Sin embargo, la evidencia preponderante sugiere que tanto el aprendizaje de regla general como el aprendizaje específico estímulo-respuesta pueden ocurrir como resultado del entrenamiento de igualación a la muestra en una variedad de especies. El tipo de aprendizaje que predomina está relacionado con el tamaño del conjunto de estímulos que se utiliza en el procedimiento de igualación a la muestra. Los experimentos que emplean relativamente pocos (de seis a ocho) diferentes estímulos muestra tienden a resultar en el aprendizaje de relaciones estímulo-respuesta específicas. Por el contrario, los procedimientos que emplean un par de cientos de posibles muestras promueven el aprendizaje mediante la regla general *igual a* (por ejemplo, Bodily, Katz y Wright, 2008).

La mayor variación en las muestras posibles se produce en lo que se llama **procedimiento de ensayo único**. En un procedimiento de ensayos único, un estímulo diferente sirve como muestra en cada ensayo y se empareja con otro estímulo durante la fase de elección (Wright *et al*, 1988). Debido a que un estímulo muestra dado no se presenta en más de un ensayo, un desempeño preciso con un procedimiento de ensayo único sólo es posible si el participante aprende a responder basándose en una regla general *igual a.* (En el capítulo 12 se discutirán otros enfoques para el concepto de aprendizaje *igual a.*)

## Memoria espacial en laberintos

El procedimiento de igualación a la muestra se puede adaptar para investigar cómo los animales (humanos y de otro tipo) recuerdan una variedad de estímulos. El siguiente conjunto de tareas que consideraremos es más especializado, pero se centra en un tipo muy importante de la memoria: la memoria para lugares. Una de las mayores frustraciones cuando se encuentra en un lugar nuevo es que usted no sabe dónde están las cosas. Estamos cómodos en nuestra ciudad porque hemos aprendido cómo están distribuidas las calles. Además, a medida que vamos a algún lugar podemos recordar dónde hemos estado y qué calles todavía tenemos que tomar para llegar a nuestro destino.

***El laberinto de agua de Morris*** Un procedimiento que ha sido popular en la investigación en neurociencias sobre la memoria espacial es el laberinto de agua de Morris, nombrado así en honor de su inventor (Morris, 1981; Sharma, Rakoczy y Brown-Borg, 2010). El laberinto de agua se usa típicamente con ratas o ratones de laboratorio. Se compone de un tanque circular de alrededor de 1-2 metros de diámetro (más pequeño para los ratones), lleno de agua a un nivel suficientemente alto para forzar a los animales a nadar. En algún lugar del tanque está sumergida una plataforma, justo debajo de la superficie del agua. A las ratas y los ratones no les gusta nadar. Por tanto, están motivados para encontrar la plataforma. El agua es de color (mediante la adición de pintura no tóxica o leche), de modo que la plataforma no es visible cuando los animales nadan alrededor. Esto los obliga a utilizar claves espaciales.

La primera vez que los participantes se colocan en el depósito de agua nadan alrededor hasta que encuentran la plataforma, y luego se les permite permanecer allí durante 15-20 segundos. Permanecer un tiempo en la plataforma, les permite aprender dónde se encuentra ésta en relación con las diversas señales espaciales del lugar. (Las señales espaciales incluyen cosas como ventanas, puertas, esquinas, paredes largas y cortas, etc.). En los ensayos posteriores los participantes tendrán que encontrar la plataforma sólo basándose en estas señales

espaciales debido a que ésta no es visible por encima de la superficie del agua. Los ensayos de entrenamiento comienzan con el animal colocado en el agua cerca del borde del tanque. La posición de inicio es variada al azar de un ensayo a otro para que la plataforma no se pueda encontrar siempre nadando en la misma dirección (por ejemplo, a la izquierda del punto de inicio). Si el animal no encuentra la plataforma en 60 segundos, es guiado suavemente hacia ella para poner fin al ensayo.

Resultados de un estudio realizado con ratas de laboratorio se resumen en la figura 11.3. Las ratas recibieron cuatro ensayos por día. El aprendizaje progresó con bastante rapidez. A medida que aprendieron la tarea, las ratas tomaron menos tiempo para encontrar la plataforma y rutas más directas hacia ella. Las mayores mejoras en el desempeño se produjeron a partir del primero y al segundo día de entrenamiento (Blokland, Geraerts y Been, 2004).

***El laberinto de brazos radiales*** El laberinto de agua de Morris ha sido una técnica útil para el estudio de las bases neuronales de la memoria espacial, pero no es una tarea que las ratas o ratones probablemente encuentren en su entorno natural. Una rata o un ratón que se encuentre en una piscina aprenderá rápidamente a evitar caer en el agua otra vez. Por tanto, no es probable que tenga que recordar la información sobre la ubicación de una plataforma sumergida. Una técnica de laboratorio más ecológicamente válida para el estudio de la memoria espacial es el laberinto de brazos radiales, que se aprovecha de las estrategias evolucionadas de un animal para encontrar el alimento en su ambiente.

En muchos entornos, una vez que los alimentos se han ingerido en un solo lugar, no estarán disponibles allí por algún tiempo. Por tanto, mientras los animales forrajean tienen que recordar dónde obtuvieron los últimos alimentos para evitar ese lugar hasta que la comida sea repuesta. Por ejemplo, el mielero amakihi hawaiano (*Loxops virens*) se alimenta del néctar de las flores mamane. Después de alimentarse de un racimo, estas aves tienen que evitar volver a las mismas flores durante aproximadamente una hora. Al demorar su regreso a los racimos que visitaron recientemente, las aves aumentan sus posibilidades de encontrar el néctar en las flores que buscan. Los mieleros parecen recordar la ubicación espacial de los racimos de flores visitados recientemente (Kamil, 1978; ver también Healy y Hurly, 1995).

El laberinto de brazos radiales fue desarrollado para probar la memoria sobre los lugares donde un animal obtuvo comida recientemente y agotó esa fuente de alimento. Aunque el procedimiento fue diseñado originalmente para su uso con ratas de laboratorio (figura 11.4), técnicas análogas han sido desarrolladas para otras especies, incluyendo palomas (Roberts y

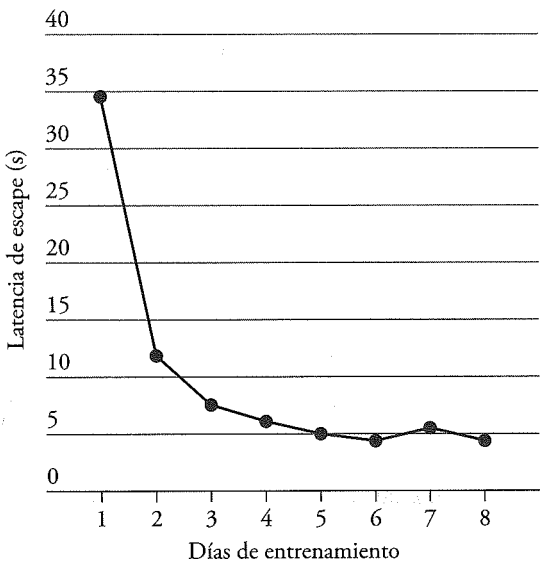



**FIGURA 11.3** Tiempo necesario para encontrar una plataforma sumergida en el laberinto de agua de Morris como una función de los días de entrenamiento. Los sujetos recibieron cuatro ensayos cada día. (Basado en Blokland, Geraerts y Been, 2004).

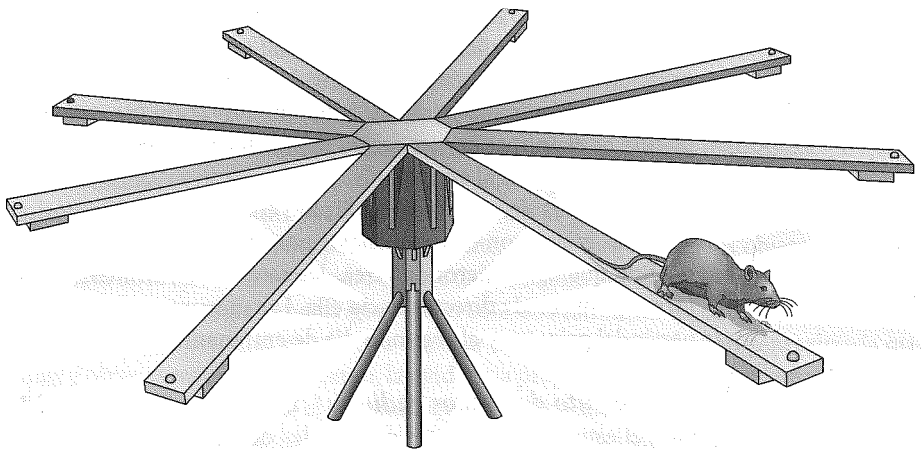
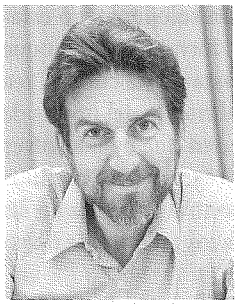


**FIGURA 11.4** Rata alimentándose en un laberinto radial elevado.

© Cengage Learning, 2015



Cortesía de Donald A. Dewsbury

D. S. Olton

van Veldhuizen, 1985) y estudiantes universitarios (Kesner y DeSpain, 1988). Hay incluso un informe del desempeño de la tortuga (*Geochelone carbonaria*) en el laberinto radial. La tortuga navegó en el laberinto muy lentamente, pero mostró evidencia de aprendizaje espacial (Wilkinson, Chan y Hall, 2007).

Un laberinto de brazos radiales típicamente tiene ocho apéndices que irradian desde un área de selección central, con comedero en el extremo de cada brazo (Olton y Samuelson, 1976). Antes del inicio de cada ensayo se pone una bolita de comida en cada comedero. La rata es colocada en el centro del laberinto y se le deja ir de un brazo a otro y recoger toda la provisión. Una vez que ha sido consumida una bolita de comida, el brazo del laberinto permanece vacío para el resto del ensayo. Teniendo en cuenta esta disposición, la forma más eficiente para una rata de conseguir las ocho bolitas es ingresar sólo a los brazos del laberinto que aún no ha visitado. Esto es, de hecho, lo que las ratas hacen.

Los resultados de un experimento realizado por David Olton (quien desarrolló esta técnica) se resumen en la figura 11.5. Entrar a un brazo que no habían visitado previamente se consideró una elección correcta. La figura 11.5 resume el número de decisiones correctas tomadas por las ratas durante las primeras ocho opciones en pruebas sucesivas. En las primeras cinco ejecuciones de la prueba después de la familiarización con el laberinto, las ratas hicieron una media de casi siete decisiones correctas durante cada ensayo. Con la práctica continua, el número medio de elecciones correctas fue consistentemente superior a siete, lo que indica que los animales rara vez entraron en un brazo que habían elegido previamente en ese ensayo.

Las ratas no requieren mucho entrenamiento para desempeñarse de manera eficiente en el laberinto radial porque la tarea toma ventaja de tácticas de búsqueda de alimento que han adquirido a través de su historia evolutiva. Las ratas viven en madrigueras, de las que se aventuran fuera periódicamente para encontrar comida. Mientras salen en búsqueda de alimento, siguen senderos preexistentes y se mueven sin tener que regresar a los lugares visitados con antelación. De hecho, su tendencia a evitar los lugares visitados es tan fuerte que no vuelven a los brazos visitados recientemente en un laberinto aunque no tengan comida (FitzGerald *et al*, 1985; Timberlake y White, 1990). Estos resultados sugieren que el desempeño en el laberinto radial tiene profundas raíces evolutivas. (Para experimentos adicionales sobre la base ecológica del desempeño en el laberinto radial, ver Brown, Farley y Lorek, 2007; Hoffman *et al*, 1999; Timberlake, Leffel y Hoffman, 1999.)

Existen varios mecanismos por los que las ratas podrían elegir entrar sólo en brazos previamente seleccionados de un laberinto sin recordar necesariamente qué brazos ya habían

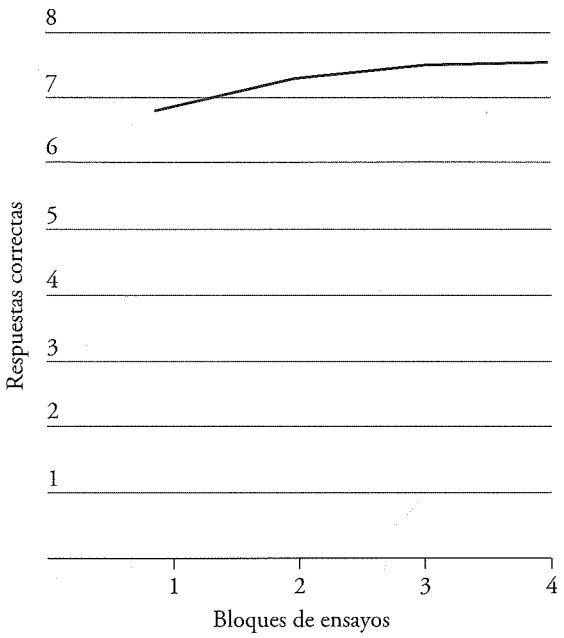



**FIGURA 11.5** Número promedio de respuestas correctas realizadas por las ratas en las primeras ocho opciones durante bloques de cinco ensayos de prueba en un laberinto radial de ocho brazos. (Basado en D. S. Olton, 1978.)

visitado. Por ejemplo, podrían marcar cada brazo visitado con una gota de orina y luego evitar los brazos del laberinto que tenían este olor marcador. Otra estrategia sería seleccionar los brazos en una secuencia fija, como cuando se entra siempre a sitios sucesivos en un orden a la derecha. Sin embargo, no parece que utilicen cualquiera de estas tácticas (por ejemplo, Olton y Samuelson, 1976; Żołądek y Roberts, 1978). Más bien parece que las ratas utilizan características distintivas del medio ambiente, como una ventana, puerta o esquina de la habitación como puntos de referencia, y localizan brazos del laberinto relacionados con estos puntos. Si los puntos de referencia se mueven en relación con el laberinto, las ratas tratan los brazos del laberinto como nuevas ubicaciones (Suzuki, Augerinos y Black, 1980). Por tanto, en circunstancias normales, la ubicación espacial se identifica respecto de las señales de las habitaciones distales, no en relación con las señales locales en el interior del laberinto. (Las ratas utilizan claves espaciales similares para un desempeño exitoso en el laberinto de agua de Morris.)

Debido a que generalmente el desempeño en el laberinto radial depende de la memoria para los lugares visitados recientemente, el procedimiento del laberinto radial se ha convertido en una técnica popular para el estudio de los procesos de memoria a nivel de conducta y neurobiológico. La capacidad de memoria revelada por la técnica es impresionante. Mediante la adición de más brazos hasta el final de un laberinto radial, los investigadores han explorado los límites de la memoria de trabajo. Estas y otras pruebas de memoria espacial han indicado que las ratas son capaces de recordar 16-24 ubicaciones espaciales en una tarea de memoria de trabajo sobre el agotamiento de alimentos (Cole y Chappell-Stephenson, 2003). Esto es mucho más que la afirmación clásica de que la memoria de trabajo humano tiene una capacidad para $7 \pm 2$ artículos (Miller, 1956).

La duración de la memoria de trabajo espacial también es notable. Para determinar de qué modo las ratas siempre pueden recordar dónde han estado, se ha modificado el procedimiento básico del laberinto radial para incluir un intervalo de retención. En el procedimiento modificado, a las ratas se les permite entrar en cuatro brazos del laberinto y obtener el alimento situado en el extremo de los brazos. Después los animales son detenidos en su jaula para un intervalo de retención antes de ser devueltos al laberinto y permitirles recoger las bolitas de comida en los cuatro brazos restantes. Si las ratas recuerdan dónde obtuvieron alimento previamente, no van a volver a entrar en esos brazos.

Crystal y Babb (2008) probaron a ratas con este procedimiento de interrupción comparando dos intervalos de retención. En algunos ensayos de prueba se insertó un intervalo de

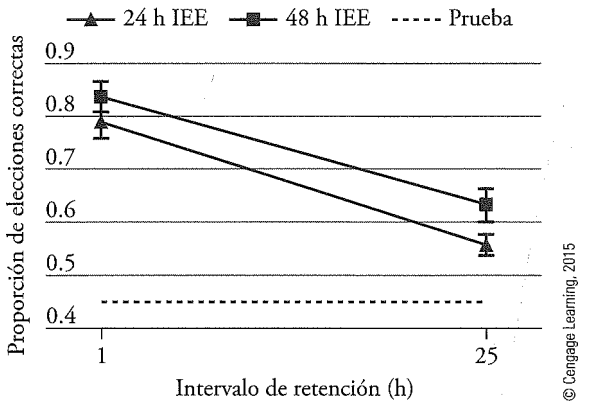



**FIGURA 11.6**
Proporción de decisiones correctas en un laberinto radial de ocho brazos siguientes a un intervalo de retención de 1 hora o de 25 horas después de las primeras cuatro incursiones en los brazos. Los grupos independientes de ratas fueron entrenados con un intervalo entre ensayos (IEE) de 24 o 48 horas. El desempeño en la prueba está indicado por la línea discontinua.

retención de 1 hora entre las primeras cuatro elecciones de las ratas en el laberinto y sus elecciones posteriores. En otros ensayos de prueba el intervalo de retención fue de 25 horas. Fueron probados dos grupos de ratas. Para un grupo, cada ensayo se inició 48 horas después del final de la prueba anterior; para el segundo grupo se inició 24 horas después de finalizada la prueba anterior. Los resultados se presentan en la figura 11.6.

Como suele ser el caso, el desempeño fue mejor en las ratas entrenadas con el intervalo de tiempo entre ensayos. Además, tenían más probabilidades de responder correctamente (evitando los brazos visitados anteriormente) si el intervalo de retención era de sólo 1 hora en lugar de 25 horas. Esto demuestra que la memoria de trabajo se deteriora con el tiempo, como se podría esperar. Sin embargo, incluso con el intervalo de retención de 25 horas el rendimiento estuvo significativamente por encima de la prueba. Por tanto, las ratas retuvieron algo de memoria de los cuatro brazos a los que entraron 25 horas antes. (Para ver un ejemplo de cómo este paradigma de conducta puede ser utilizado para probar medicamentos que pueden mejorar la memoria, consulte Wise *et al*, 2007.)

## RECUADRO 11.1

### *Genes y aprendizaje*

Los mecanismos que median cambios en la fuerza sináptica operan en fases. Inicialmente, los mecanismos moleculares locales producen cambios rápidos y de corto plazo en la fuerza sináptica. Procesos adicionales se activan dando como resultado recuerdos duraderos. El establecimiento de una memoria a largo plazo depende de la activación de los *genes* que generan nuevos productos de proteína, los cuales causan un cambio duradero en el funcionamiento de la sinapsis (figura 9.9A).

Con el uso de fármacos que bloquean la síntesis de proteínas, las primeras observaciones sugieren que la producción de nuevas proteínas contribuye a la formación de recuerdos a largo plazo (Davis y Squire, 1984; ver el recuadro 9.1). Más recientemente se ha establecido que lo mismo es cierto para las formas duraderas de la potenciación a largo plazo (PLP) y la depresión a largo plazo (DLP) (Mayford y Kandel, 1999). Incluso el aprendizaje en el invertebrado Aplysia (ver recuadro 2.2) depende de la expresión de los genes (Hawkins, Kandel y Bailey, 2006).

La biología molecular moderna nos ha dado una serie de nuevas técnicas que permiten a los investigadores descubrir los genes implicados en el aprendizaje. Estos estudios han revelado que una variedad de mecanismos del aprendizaje depende de la inducción de códigos genéticos comunes, genes que codifican algunos universos biológicos que han sido bien conservados a través de la evolución. Así como los mecanismos que subyacen en la generación de una señal neural (el potencial de acción) están bien conservados a través de las especies, también lo pueden estar los mecanismos que subyacen en la plasticidad sináptica.

La genética moderna también nos ha dado nuevas herramientas para estudiar el papel de la expresión génica en el aprendizaje. Podemos leer el código genético, identificar el lugar de los genes relevantes y manipular experimentalmente el funcionamiento de estos genes. Si creemos que una determinada proteína juega un papel esencial en el aprendizaje, podemos probarlo usando ratones en los que el gen correspondiente sea eliminado. Esto proporciona una ventana nueva y única en los mecanismos moleculares

(*Continúa*)

## RECUADRO 11.1 (continuación)

que subyacen en el aprendizaje (Nakajima y Tang, 2005).

Silva y sus colegas fueron los primeros en utilizar este enfoque para estudiar el aprendizaje: la creación de ratones modificados genéticamente que presentan déficit específicos en la forma de aprender y recordar (Silva y Giese, 1998; Lee y Silva, 2009). Los primeros estudios abordaron esta cuestión mediante la manipulación de una proteína conocida como *calmodulina dependiente de la proteína quinasa II* (*CaMKII*). Una forma en la que una sinapsis puede ser fortalecida consiste en permitir la entrada de calcio ($Ca^{++}$) en la célula postsináptica. El $Ca^{++}$ es una partícula cargada eléctricamente que normalmente tiene una concentración superior fuera de la neurona que dentro de ella. Cuando se permite la entrada del $Ca^{++}$ a la neurona por medio del receptor *N-metil*-D-*aspartato* (NMDA) (figura 8.13C), la CaMKII se acopla, lo que mejora la eficacia sináptica mediante la modificación de los ácidos α-amino-3-hidroxi-5-metil-4-isoxazolpropiónico (AMPA), receptores que median la señal neural. Silva creó ratones que carecían del gen que subyace en la producción de la CaMKII en el hipocampo. Por otros estudios, sabía que el hipocampo desempeña un papel crítico en el aprendizaje de las relaciones espaciales (ver recuadro 8.2). Razonó que si la CaMKII es fundamental para el aprendizaje, entonces los **ratones (*knockout*)** genéticamente modificados que carecen de este gen deberían tener dificultades para recordar dónde está oculta una plataforma en un laberinto de agua de Morris. Eso es precisamente lo que ocurrió al proporcionar un enlace entre el aprendizaje y un producto de proteína en particular (Wayman, Lee, Tokumitsu, Silva y Soderling, 2008).

Una dificultad en los estudios con ratones *knockout* es que pueden no desarrollarse normalmente. Cuando un gen no está presente, otros mecanismos bioquímicos pueden ser alistados para que ayuden al organismo a compensar su deficiencia. Esto podría producir un cerebro que difiere en una variedad de maneras de un cerebro normal. El entorno neuronal anormal puede hacer difícil interpretar las consecuencias de la manipulación genética. Los neurólogos están resolviendo este problema creando ratones en los que la expresión de un gen se pueda controlar experimentalmente. Una aplicación interesante de esta tecnología implica la creación de un **ratón transgénico**. En lugar de perder un gen (*knockout*), el ratón transgénico tiene un gen extra que hace un nuevo producto proteínico.

En un ejemplo, los ratones fueron diseñados como una versión mutante de la CaMKII que no funcionaba correctamente. La expresión de este gen se colocó bajo el control de un promotor bacteriano que es regulado por un *transactivador de tetraciclina* (*tTA*). Debido a que el tTA normalmente no está presente, se insertó también su gen, acoplado a un promotor enganchado dentro de las neuronas cerebrales tardías en desarrollo (figura 11.7). Como la CaMKII mutada sólo se expresa en las células que producen tTA, esto limita la expresión del tTA asegurando que el gen mutado sólo sea fabricado dentro del cerebro. Lo que hace que este sistema transgénico sea tan poderoso es que el tTA puede ser inactivado mediante la adición del químico *doxiciclina* (*DOX*) a la comida del animal. Mientras la DOX está presente, el tTA se inactiva y el gen mutado es silenciado. En estas condiciones, los ratones mutados exhibieron PLP y aprendizaje normal en un laberinto de agua de Morris (Wayman *et al*, 2008). Cuando se retiró la DOX, se expresó la CaMKII mutada, y poco después la PLP y el aprendizaje espacial fueron interrumpidos.

Los investigadores también están explorando la posibilidad de que la modificación de la expresión génica mejore la memoria. Un buen ejemplo es el de un ratón genéticamente modificado llamado *doogie* (Lee y Silva, 2009). Como se mencionó en el recuadro 8.2, la inducción de la PLP depende del receptor NMDA.

Este receptor se forma a partir de componentes (subunidades), uno de los cuales cambia con el desarrollo. En el desarrollo temprano, los animales tienen una subunidad llamada NR2B, que parece promover la inducción de PLP. En los adultos, esta subunidad se sustituye por una forma alternativa (NR2A), que regula a la baja la PLP. El cambio de la forma juvenil (NR2B) a la forma adulta (NR2A), podría hacer más difícil para un animal adulto aprender nuevas relaciones ambientales. Para explorar esta posibilidad, Tsein y sus colegas crearon ratones que continuaron con la forma juvenil de la subunidad NR2B en la edad adulta. Como era de esperarse, estos ratones mostraron una PLP más fuerte que los adultos. También mostraron un mayor aprendizaje en una tarea de reconocimiento de objetos y la mejora de la memoria espacial en el laberinto de agua de Morris. A través de una serie de pruebas, el ratón *doogie* parecía más inteligente.

Los avances en la ingeniería genética nos están proporcionando las herramientas necesarias para responder preguntas que antes eran incontestables. Por ejemplo, se sugirió anteriormente que el hipocampo codifica la conjunción de las características que definen un contexto (recuadro 8.2). Desde esta perspectiva, una configuración de señales está representada por un subconjunto de neuronas en el hipocampo. En apoyo de esta propuesta se ha demostrado que lesionar el hipocampo interrumpe el condicionamiento del contexto, lo que sugiere que esta estructura juega un papel *necesario*. Para fortalecer el vínculo hipotético, sería útil demostrar que la participación de estas neuronas del hipocampo es suficiente para activar la memoria contextual. No podemos hacer esto con sólo activar el hipocampo con una estimulación excitatoria química o eléctrica porque eso sería involucrar neuronas del hipocampo de una manera no selectiva. En cambio, necesitamos una técnica que involucre sólo aquellas neuronas que se activan por un contexto particular. La solución

(*Continúa*)

## RECUADRO 11.1 (continuación)

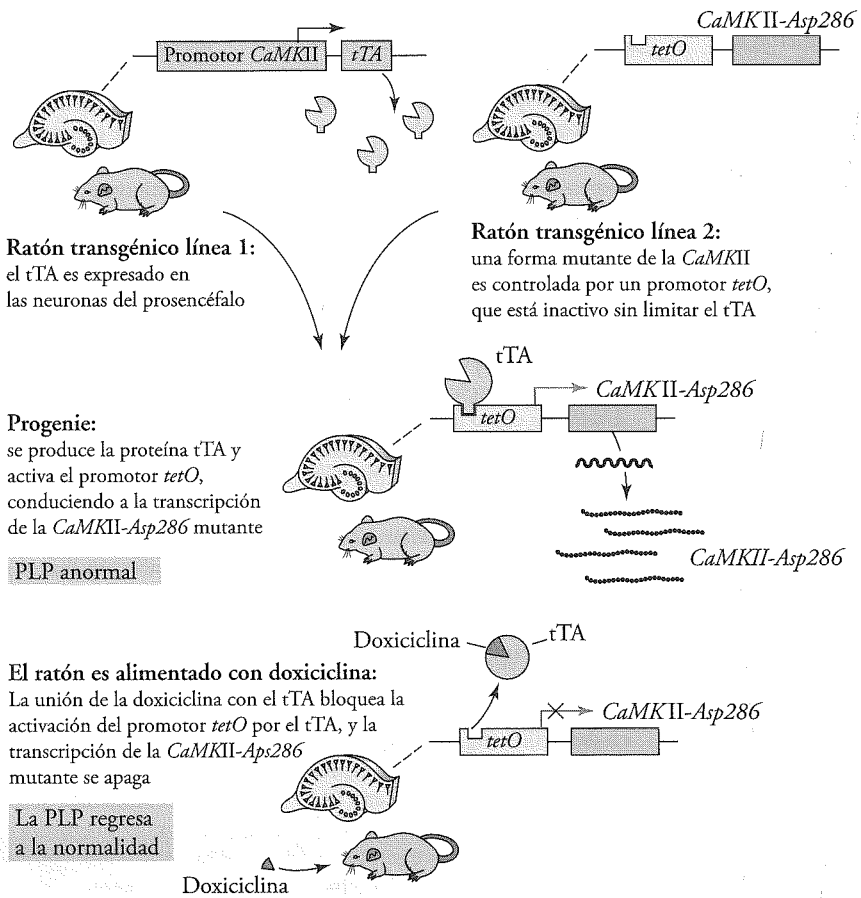



**FIGURA 11.7** El activador transcripcional controlado por la tetraciclina (tTA) se puede utilizar para controlar la producción de un gen modificado. En este ejemplo se generó una línea transgénica de ratones que produce una versión mutada del gen de la CaMKII bajo el control del promotor *tetO*. Este promotor es activado por la proteína tTA, que normalmente no se encuentra en los animales. Por tanto, para acoplar el promotor *tetO* se generó otra línea de ratones que producirían tTA. En estos ratones, la producción de tTA se colocó bajo el control de una subunidad de la CaMKII, que está altamente expresada relativamente tarde en el desarrollo dentro del hipocampo. La descendencia de estas dos líneas de ratones produce tTA en el hipocampo, que involucra al promotor *tetO* y conduce a la producción del gen mutado CaMKII. La producción del gen mutado se puede desactivar mediante la alimentación de los animales con doxiciclina química, que inactiva el tTA. (Adaptado de Kandel *et al*, 2013.)

fue proporcionada mediante la combinación del enfoque transgénico con un *vector viral*. Un virus infecta las células mediante la unión de la membrana celular y el depósito de genes que las células descuidan por su propia cuenta, haciendo que produzca una proteína extraña. Esto proporciona a los investigadores otra herramienta para la inserción de un gen en una célula. En este caso, se utilizó un virus que suministra el gen de *canalrodopsina* (*ChR2*), una proteína sensible a la luz que se inserta en la membrana neuronal. Similar a la rodopsina que se encuentra en nuestra retina, el ChR2 es sensible a la luz; cuando se ilumina con luz azul permite que los iones de carga positiva (por ejemplo, $Na^+$) entren en la célula, lo que activa químicamente la neurona. La expresión del gen ChR2 se colocó bajo el control del promotor de tTA. Como resultado, el ChR2 sólo se produciría si el tTA estaba presente, y aquí también su expresión podía ser silenciada alimentando a los animales con DOX. Debido a que este enfoque combina técnicas ópticas y genéticas, se conoce como **optogenética** (Garner

(*Continúa*)

## RECUADRO 11.1 (continuación)

y Mayford, 2012; Johansen, Wolff, Lüthi y LeDoux, 2012).

Liu y sus colaboradores (2012) microinyectaron el ChR2, que portaba un virus, en una región del hipocampo (el giro dentado) utilizando ratones que contenían el gen del tTA. La expresión del tTA estaba vinculada a otro gen (*c-fos*), que está implicado en la actividad neuronal. Ahora tenemos un animal que expresa tTA en las neuronas activas y, en el giro dentado, éste se acopla a la expresión del ChR2. Podemos entonces activar estas células con luz azul proporcionada por una fibra óptica insertada en el giro dentado. Usando esta preparación, Liu y sus colegas silenciaron la expresión del ChR2 alimentando a los animales con DOX, y luego habituaron a los ratones a un contexto (A). Después retiraron la DOX de la dieta y presentaron una descarga en un contexto nuevo (B). Su hipótesis indicaba que la exposición al contexto nuevo (B) comprometería la actividad celular (expresión del *c-fos*) dentro de las células del hipocampo que codifican ese contexto, causando que el ChR2 se expresara dentro de esas células. Detuvieron la expresión adicional del ChR2 dando a los ratones DOX. Finalmente, los ratones fueron devueltos al contexto de preentrenamiento (A) y observados. En ausencia de estimulación, los animales no mostraron ninguna evidencia de miedo (congelación). Cuando la luz azul se presentó a través de la fibra óptica, provocó la conducta de congelación como si hubiera participado el recuerdo del contexto de la descarga. Es importante destacar que los ratones que fueron tratados igual, pero que nunca recibieron una descarga, no mostraron congelación inducida por la luz. Así, la activación óptica de las células del hipocampo que estaban activas durante el condicionamiento contextual provocó la conducta de congelación. Esto implica que la participación de células implicadas en la formación de un recuerdo es *suficiente* para inducir la expresión conductual de ese recuerdo.

*J. W. Graw*

**ratón *nocaut*** Ratón genéticamente diseñado en el que se ha interrumpido el código de un gen particular.

**optogenética** Enfoque neurobiológico en el que el código genético para un canal sensible a la luz es insertado en una neurona, permitiendo a los investigadores controlar la actividad neuronal utilizando una fuente de luz (por ejemplo, una fibra óptica).

**ratón transgénico** Ratón genéticamente modificado que ha tenido un nuevo gen insertado en su genoma.

# Mecanismos de la memoria

La sección anterior proporcionó descripciones de varias técnicas importantes aplicadas al estudio de los procesos de memoria en animales y algunos de los resultados de dicha investigación. A continuación pasamos a una discusión de los factores que determinan lo que recordamos y lo bien que lo recordamos. Como se señaló anteriormente, los procesos de memoria implican tres fases: adquisición, retención y recuperación (ver la tabla 11.1). Lo que recordamos y lo bien que lo recordamos depende de estas tres fases, con frecuencia en combinación con otras. En esta parte del capítulo hablaremos de la investigación con animales no humanos correspondiente a cada una de las tres fases del procesamiento de la información.

## La adquisición y el problema de la codificación del estímulo

Obviamente, no podemos recordar la jugada ganadora de un juego de campeonato si no llegamos a ver el juego. La memoria depende de haber experimentado un evento y haber hecho algún tipo de registro de esa experiencia. Sin embargo, incluso cuando nuestra memoria es excelente, no se debe a que mantenemos un registro perfecto o literal de la experiencia previa.

Las experiencias no pueden ser grabadas en un sentido literal ni siquiera por las máquinas. Una cámara digital puede hacer un excelente trabajo grabando la jugada ganadora en un juego de campeonato, pero esto no es un registro literal. Más bien las cámaras digitales crean el registro de un evento en forma de una serie de ceros y unos, o bits digitales de información. El registro codificado no tiene ninguna semejanza con el acontecimiento real. En un sentido similar, en la memoria no tenemos un registro literal de nuestras experiencias pasadas. Por el contrario, nuestras experiencias se codifican en el sistema nervioso de alguna manera para efectos de retención y recuperación. Lo que recordemos después depende de cómo se codificó

una experiencia y cómo se recupera ese código en un momento posterior. Por tanto, la **codificación del estímulo** es una característica crítica de la fase de adquisición de la memoria.

Los investigadores han estado interesados en varios aspectos del problema de la codificación. Por ejemplo, considere las ratas en busca de alimento en un laberinto radial (figura 11.4). Los animales tienen que entrar en los diversos brazos del laberinto para obtener la comida situada en el extremo de cada brazo. Para no desperdiciar esfuerzo, tienen que seleccionar solamente los brazos que aún no han visitado en ese día. Como hemos visto, las ratas se basan en su memoria para hacer esto. Pero, ¿qué es lo que tienen en mente? ¿Cómo se codifica la memoria?

***Mapas cognitivos y otros códigos de navegación*** Una posibilidad consistiría en que los animales hagan una lista serial de los brazos del laberinto que visitan, añadiendo un elemento a la lista con cada nuevo brazo visitado. Dado el excelente desempeño de las ratas en laberintos con 16 o más brazos (Cole y Chappell-Stephenson, 2003), esto implicaría una lista bastante larga. El aprendizaje de esta extensa lista parece poco probable, ya que incluso los seres humanos tienen dificultades para mantener esa cantidad de artículos en la memoria de trabajo a la vez. Otra posibilidad indica que los animales forman un mapa mental o representación mental de cómo están dispuestos el laberinto y los comederos. Entonces utilizan este mapa cognitivo para decidir a qué brazo del laberinto entrar en seguida (por ejemplo, O'Keefe y Nadel, 1978; Jacobs y Schenk, 2003).

La idea de que los animales forman un *mapa cognitivo* que luego dirige su navegación espacial ha sido por muchos años una hipótesis importante, pero pide una mayor especificación. Potencialmente, los mapas pueden representar una variedad de diferentes tipos de información (la distancia, la altura o la topografía, la presencia de las señales particulares, la dirección de la brújula, etc.). Afirmar que los animales forman un mapa cognitivo no nos dice exactamente qué información está contenida en tal mapa y cómo los animales usan esa información. Estas preguntas han llevado a los investigadores a centrarse en los mecanismos más específicos que permiten a los sujetos encontrar un lugar determinado en el espacio. Varios mecanismos han sido examinados (ver comentarios de Shettleworth, 2010; Spetch y Kelly, 2006).

Considere una rata tratando de encontrar comida escondida en la esquina de una arena rectangular como la representada en la figura 11.8. Las ratas pueden aprender fácilmente a encontrar la comida en esta situación mediante el uso de claves espaciales. ¿Cuáles podrían ser estas claves? Observe que la comida está oculta en la base de una pequeña pirámide. Una rata puede encontrar la comida dirigiéndose hacia la pirámide. Este sería un ejemplo del uso de una *baliza* (señal topográfica) para localizar el objeto meta. Las balizas son claves en la ubicación de la meta. El seguimiento de la baliza es una táctica de navegación bastante simple que requiere poco más que el aprendizaje de una asociación entre la baliza y el objeto meta. La conducta de seguimiento de señales descrita en el capítulo 3 es un ejemplo del seguimiento de la baliza (ver especialmente la figura 3.5). Para determinar si los animales están utilizando una baliza para encontrar un lugar en particular, los ensayos de prueba tienen que llevarse a cabo cambiando la ubicación de la baliza. Si el animal busca en la nueva ubicación, se puede

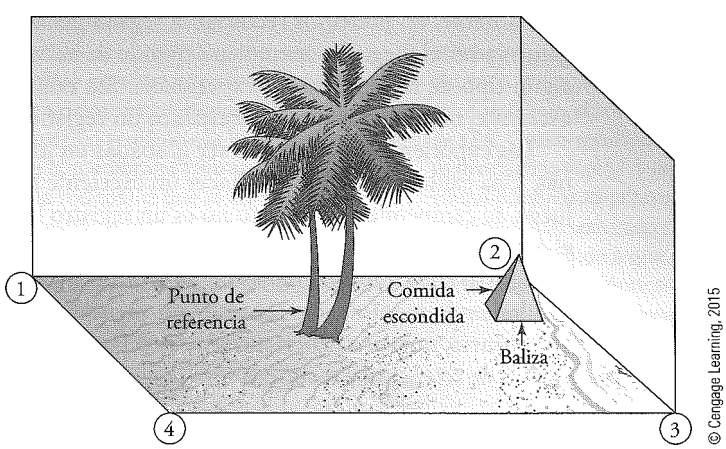



**FIGURA 11.8**
Diagrama de una tarea espacial en la que la comida se oculta en la esquina 2 de un escenario rectangular. Observe la baliza cerca del objeto meta y un punto de referencia (marca) a cierta distancia de este objeto.

concluir que la búsqueda fue controlada por la baliza. (Para otros experimentos sobre el uso de balizas, consulte Shettleworth y Sutton, 2005; Timberlake, Sinning y Leffel, 2007.)

Otra forma de aprendizaje espacial implica el uso de puntos de referencia. Un *punto de referencia* es un estímulo distintivo que no está en la ubicación del objetivo pero tiene una relación fija con éste. En la figura 11.8 la comida está oculta a la derecha de un punto de referencia distintivo. Observe que para la utilización exitosa de la señal, el participante tiene que aprender la dirección y la distancia del objeto meta a partir del punto de referencia. Para determinar si los animales están utilizando una señal, ésta tiene que ser movida a una nueva ubicación para ver cómo esto influye en hacia dónde los individuos enfocan su búsqueda de alimento. (Para ver ejemplos del uso de puntos de referencia, ver Chamizo, Rodrigo y Mackintosh, 2006; Fiset, 2007.)

La arena en la figura 11.8 también permite a las ratas utilizar *señales geométricas* para localizar la comida escondida. Las señales geométricas son proporcionadas por la forma de la arena. En nuestro ejemplo, ésta tiene una forma rectangular. Las cuatro esquinas del rectángulo están numeradas del 1 al 4. La comida está oculta en la esquina 2, que tiene una pared larga a la izquierda y otra más corta a la derecha. Si los animales están utilizando esta información geométrica para localizar el objetivo, buscarán en otras esquinas que tengan esta misma geometría. La esquina 4 tiene las mismas características geométricas que la esquina 2 (pared larga a la izquierda y una más corta a la derecha.) Por tanto, si las ratas están utilizando la información geométrica, van a confundir la esquina 4 y la esquina 2. Se ha obtenido evidencia de dichos errores por confusión en numerosos estudios de aprendizaje espacial en diversas especies (ver las revisiones de Chang y Newcomb, 2005; Kelly y Spetch, 2012).

Con base en los mecanismos de aprendizaje asociativo que discutimos en el capítulo 4 se podría predecir que los animales serían más propensos a usar señales geométricas en el aprendizaje espacial cuando balizas y puntos de referencia destacados no están disponibles o son difíciles de usar. Sin embargo, la evidencia sobre esta cuestión sigue siendo controvertida. El tema dominante en la investigación contemporánea sobre la codificación de la información espacial es cómo los animales usan la información de múltiples fuentes, incluyendo balizas, puntos de referencia y las características geométricas, para guiar su comportamiento de búsqueda espacial. Los investigadores están examinando cómo el aprendizaje sobre una característica espacial influye en el aprendizaje de otras señales espaciales (por ejemplo, Gibson y Shettleworth, 2003; Pearce, 2009; Timberlake, Sinning y Leffel, 2007), cómo aprender acerca de los diferentes tipos de señales espaciales está integrado en una representación espacial completa (por ejemplo, Chamizo, Rodrigo y Mackintosh, 2006), y cómo se caracterizan teóricamente mejor estas interacciones (por ejemplo, Chang y Newcombe, 2005; Miller y Shettleworth, 2007, 2008).

## Codificación retrospectiva y prospectiva

Los estudios sobre el aprendizaje espacial que hemos discutido hasta ahora se han preocupado por la naturaleza de la información que se adquiere o es codificada para guiar el futuro de la navegación espacial. Otra cuestión que se ha vuelto muy importante en la investigación contemporánea es si la información almacenada en la memoria se ocupa de los eventos que ocurrieron en el pasado o de eventos o acciones que se planifican para el futuro. En vista de ello, la idea de que la memoria se basa en algo del futuro puede parecer extraña, porque normalmente pensamos en la memoria como información sobre el pasado. De hecho, nuestra definición de la memoria partía de que reflejaba el control actual de la conducta de un evento o experiencia previa. Sin embargo, muchas cosas que tenemos en mente o que recordamos implican planes de acción futura.

Cuando un *quarterback* o mariscal de campo menciona una jugada en el grupo, el jugador está activando memorias tanto para eventos del pasado como para planes de acción futura. Los jugadores del equipo tienen que recordar lo que aprendieron sobre el juego durante las sesiones de práctica previas. Esto implica **codificación retrospectiva**. Sin embargo, para ejecutar la jugada durante un partido, los jugadores también tienen que recordar lo que se supone que deben hacer cuando la jugada se desarrolla en el campo. Esto implica **codificación**

**prospectiva**. Decir la jugada al grupo activa esencialmente un plan para la acción futura. La ejecución de la jugada requiere que los miembros del equipo recuerden lo que se supone que deben hacer a continuación basados en la jugada que el mariscal indica al grupo.

La **prospección** o imaginación del futuro ha cautivado la atención de los científicos que estudian la memoria humana debido a que los mecanismos cerebrales implicados en el pensamiento humano futuro o prospección llegar a ser similares a los mecanismos cerebrales de la **retrospección**, o pensamiento acerca de sucesos pasados (Schachter *et al*, 2012). La superposición de los mecanismos del cerebro no está completa, pero es llamativa, lo que sugiere que pensar en el futuro y pensar en el pasado implica procesos similares. Esto, a su vez, sugiere que puede haber un mecanismo cognitivo unitario que permite que la gente se mueva hacia adelante o hacia atrás en el tiempo, imaginando futuras experiencias y reviviendo experiencias pasadas. Moverse mentalmente hacia adelante o hacia atrás en el tiempo se denomina **viaje mental en el tiempo**.

Los científicos que trabajan en la cognición comparada estudiaron inicialmente la codificación prospectiva frente a la retrospectiva en un esfuerzo por entender mejor la información que los animales utilizan en la realización de tareas de memoria. Por ejemplo, consideremos una rata recolectando bolitas de comida en un laberinto de brazos radiales. Como hemos comentado anteriormente, las ratas en una tarea como ésta obtienen la comida disponible en el extremo de cada brazo del laberinto sin tener que volver a los brazos que previamente visitaron. ¿Qué tienen en mente al hacer esto? ¿Están recordando los brazos a los que ya han entrado (codificación retrospectiva) o los brazos que deben visitar todavía (codificación prospectiva)? Los primeros investigadores trataron de responder esta pregunta mediante el análisis de los errores que las ratas cometen en las diferentes fases que llevan a completar el laberinto. El patrón de estos errores sugirió que cuando las ratas comienzan a recorrer el laberinto utilizan codificación retrospectiva y realizan un seguimiento de los brazos a los que ya han entrado. Sin embargo, cuando la lista de brazos visitados se hace larga, las ratas cambian a codificación prospectiva y realizan un seguimiento de los pocos brazos que les queda por visitar (Cook, Brown y Riley, 1985; para un estudio similar con estudiantes universitarios, ver Kesner y DeSpain, 1988).

En el experimento del laberinto radial descrito anteriormente se utilizaron tasas de error para inferir si las ratas estaban usando codificación retrospectiva o prospectiva. El reciente interés en el pensamiento futuro y el viaje mental en el tiempo ha animado a los científicos que trabajan en la cognición comparada a desarrollar procedimientos que proporcionen evidencia más directa del pensamiento a futuro y del viaje mental en el tiempo. Estos esfuerzos han dado pruebas convincentes de prospección o pensamiento futuro en varias especies de aves y primates, así como en la proverbial rata de laboratorio (por ejemplo, Crystal, 2012; Roberts, 2012; Zentall, 2010).

Una aproximación al estudio del pensamiento futuro implica una forma de "ahorrar espacio para el postre". Si usted va a una cena compartida y ve gran cantidad de deliciosos postres en la mesa del *buffet*, es posible que decida comer menos del plato principal para dejar espacio para el postre. Evidentemente, los animales también muestran tal pensamiento futuro. En un experimento, a los pájaros carboneros se les dio acceso a las semillas de girasol durante 5 minutos, seguido de la demora de un plato que contenía gusanos de la harina (Feeney, Roberts y Sherry, 2011). Estas aves prefieren más los gusanos de la harina que las semillas de girasol. Los experimentadores querían averiguar si los carboneros aprenderían a dejar de comer semillas de girasol con el fin de tener más espacio para los gusanos de la harina. La demora entre el acceso a las semillas de girasol y los gusanos de la harina fue de 5 minutos durante los primeros 15 ensayos, luego se aumentó a 10 minutos y luego a 30 minutos. A un grupo control sólo se le proporcionó las semillas de girasol sin el gusano de la harina como postre posterior.

En todos los intervalos de demora se obtuvo evidencia de la planificación para el futuro. La figura 11.9 muestra cuántas semillas de girasol comió cada grupo de carboneros en la última fase del experimento cuando éstas fueron seguidas 30 minutos más tarde por el acceso a los gusanos de la harina para las aves en el grupo experimental. Es evidente que los carboneros del grupo experimental "ahorraron espacio para el postre". Éstos comieron menos semillas de girasol que las aves en el grupo control en previsión de los gusanos de la harina más deliciosos que iban a obtener 30 minutos más tarde.

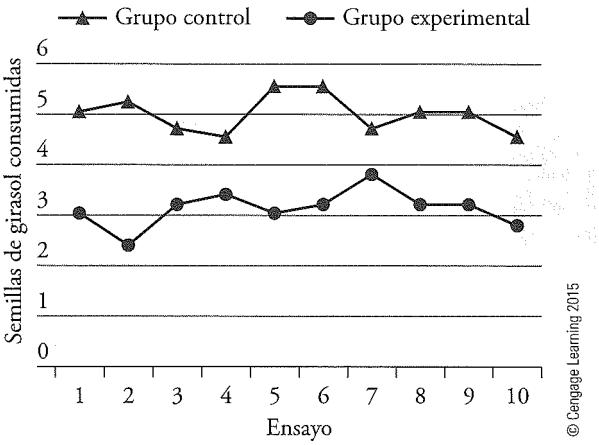



**FIGURA 11.9** Número promedio de semillas de girasol que comieron los carboneros que no recibieron más tarde gusanos de la harina más preferidos (grupo control), y carboneros que consiguieron los gusanos de la harina 30 minutos más tarde (grupo experimental).

Otro paradigma conductual que se ha utilizado para examinar la naturaleza de la codificación de la memoria es el procedimiento de igualación a la muestra (por ejemplo, Roitblat, 1980). Este tipo de problema puede ser resuelto utilizando la memoria retrospectiva o prospectiva. Beran y sus colegas (2012) modificaron el procedimiento a fin de alentar la codificación prospectiva. El experimento se llevó a cabo con monos rhesus y capuchinos. Los monos habían servido previamente en numerosos experimentos en los que requerían manipular una palanca para mover un cursor en una pantalla de computadora. Por tanto, eran expertos en hacerlo. Al comienzo de cada ensayo en el nuevo experimento se presentaba un estímulo muestra en el centro de la pantalla de la computadora, con cuatro posibles señales de elección dispuestas alrededor de la muestra (figura 11.10). Los estímulos fueron seleccionados de un conjunto de 500 imágenes diferentes. Si los monos seleccionaban la alternativa de elección que hacía juego con la muestra del centro, recibían un poco de comida. La imagen muestra varió de un ensayo a otro, y el sitio donde apareció la muestra entre las alternativas de elección en las esquinas de la pantalla también varió de un ensayo a otro. Para forzar a los monos a planificar sus acciones futuras, las alternativas de elección fueron cubiertas tan pronto como empezaron a mover el cursor. Por tanto, para llevar el cursor a la esquina correcta de la pantalla, los monos debían recordar dónde tenían la intención de mover el cursor. Una marca extra consistía en que tenían que mover el cursor al estímulo muestra antes de moverlo a la esquina donde antes habían visto la imagen correcta.

Como se podrá imaginar, para los monos esto no fue una tarea fácil de aprender. Sin embargo, cuatro de los capuchinos y cinco de los rhesus se volvieron muy hábiles en la ejecución de la tarea. Experimentos posteriores demostraron que continuaron seleccionando la alternativa encubierta correcta incluso si tenían que realizar una tarea "de relleno" después de contactar la muestra. El propósito de esta tarea de relleno era evitar que los monos se fijaran visualmente en la posición de la alternativa correcta una vez que las elecciones fueron encu-

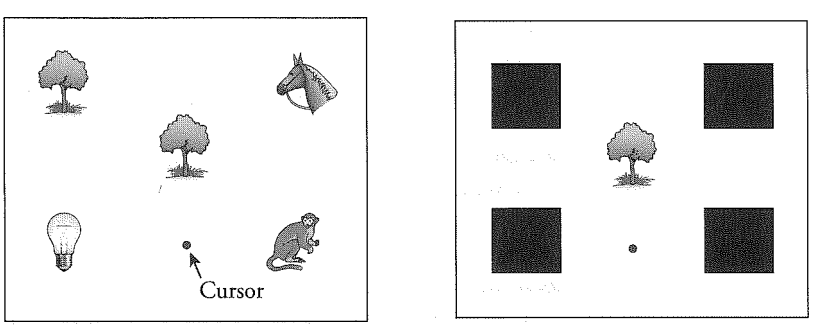
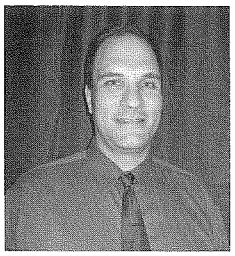



**FIGURA 11.10** Tarea de igualación a la muestra utilizada en una prueba de codificación prospectiva con los monos. El estímulo muestra apareció en el centro de la pantalla, y las alternativas de elección aparecieron en las esquinas (panel izquierdo). Los monos tenían que mover el cursor a la muestra primero, y luego a la ubicación en la esquina correcta. Sin embargo, tan pronto como se movía el cursor, las alternativas de elección eran encubiertas (panel derecho). (Basado en Beran *et al*, 2012*a*.)



Cortesía de Michael Beran

Michael Beran

biertas. (Para estudios adicionales de codificación prospectiva en los primates, ver Evans y Beran, 2012; Beran *et al*, 2012*b*.)

## La retención y el problema del repaso

La segunda fase de los procesos de memoria es la retención. Con las tareas de trabajo-memoria, un tema destacado que involucra la retención es el **repaso**. El repaso se refiere a mantener la información en un estado activo, disponible para su uso. Si alguien le dice un número telefónico, es posible que repase el número repitiéndoselo a sí mismo una y otra vez hasta que llegue a un teléfono. Si alguien le da instrucciones para llegar a un club popular, usted puede tratar de crear una imagen mental de la ruta e imaginarse varias veces siguiendo la ruta. Tal estrategia de repaso facilita el mantenimiento de la información recién adquirida disponible a la mano para guiar la conducta. (Para un tratamiento teórico reciente de los procesos de repaso en la memoria y el aprendizaje humano, ver Laming, 2009.)

Los procesos de repaso y su relación con el aprendizaje de nuevas asociaciones fueron investigados por primera vez en la memoria de los animales. Los modelos de aprendizaje y la memoria suelen asumir que las asociaciones se forman entre dos eventos (por ejemplo, un EC y un EI), siempre que los dos eventos se repasen al mismo tiempo (por ejemplo, Wagner, 1976, 1981). Dada esta suposición, el aprendizaje debe ser interrumpido por las manipulaciones que alteran el repaso. Los primeros estudios de los procesos de repaso en la memoria de los animales se enfocaban en tales manipulaciones y sus efectos en el aprendizaje de nuevas asociaciones (por ejemplo, Wagner, Rudy y Whitlow, 1973). Más recientemente, el foco de la investigación ha sido el papel del repaso en los paradigmas de la memoria de trabajo. Una importante línea de evidencia para los procesos de repaso en la memoria de los trabajo proviene de los estudios de **olvido dirigido**.

Los estudios de la memoria humana han demostrado que la exactitud de la recuperación puede ser modificada por señales o instrucciones indicando que algo debe (o no debe) recordarse (por ejemplo, Bjork, 1972; Hourlhan y Taylor, 2006; Johnson, 1994). En esta investigación, los participantes primero son expuestos a una lista de elementos. Algunos artículos están acompañados por un señal de recuerdo (señal R), lo que indica que el elemento aparecerá más tarde en una prueba de memoria. Otros puntos van acompañados de una señal de olvido (señal O), lo que indica que el elemento no será incluido en la prueba de memoria. Se aplicaron ocasionalmente ensayos de sondeo en los cuales la memoria era probada para un artículo que estuvo acompañado por la señal O. Los resultados de estos ensayos indican que la memoria es interrumpida por las señales O.

Las demostraciones de olvido dirigido son importantes porque proporcionan evidencia de que la memoria es un proceso activo que puede ser puesto bajo el control de estímulos. La investigación sobre el olvido dirigido en personas ha despertado interés en la búsqueda de efectos análogos en los animales no humanos. ¿Cómo podríamos idear un procedimiento para estudiar el olvido dirigido en los animales?

El olvido dirigido ha sido examinado en numerosos estudios con palomas empleando variaciones del procedimiento de igualación demorada a la muestra. El procedimiento utilizado en un estudio realizado por Milmine, Watanabe y Colombo (2008) se resume en la figura 11.11. La cámara experimental tenía tres teclas para picoteo dispuestas en una fila. Se utilizó la tecla central para el estímulo muestra (una luz roja o blanca), y se utilizaron las dos teclas laterales para las pruebas de memoria, lo que implicaba una elección entre la muestra y el color alternativo. Podían tener lugar cinco tipos diferentes de ensayos. En los ensayos de señal R, la muestra fue seguida por 2 segundos de un tono agudo, seguido de un periodo de 3 segundos en silencio y la prueba de elección. Si la paloma picoteaba el estímulo de elección coincidente, se reforzaba con alimento. En ensayos de señal O, la presentación de la muestra fue seguida por un tono agudo bajo y un periodo de demora, pero luego el ensayo terminaba sin una prueba. Por tanto, las palomas no tenían que mantener nada en mente durante el periodo de demora en ensayos de señal O.

El tercer tipo de ensayo fue de recompensa libre (Rl), que también terminó sin una prueba de elección. Sin embargo, en los ensayos de recompensa libre las palomas recibieron alimento

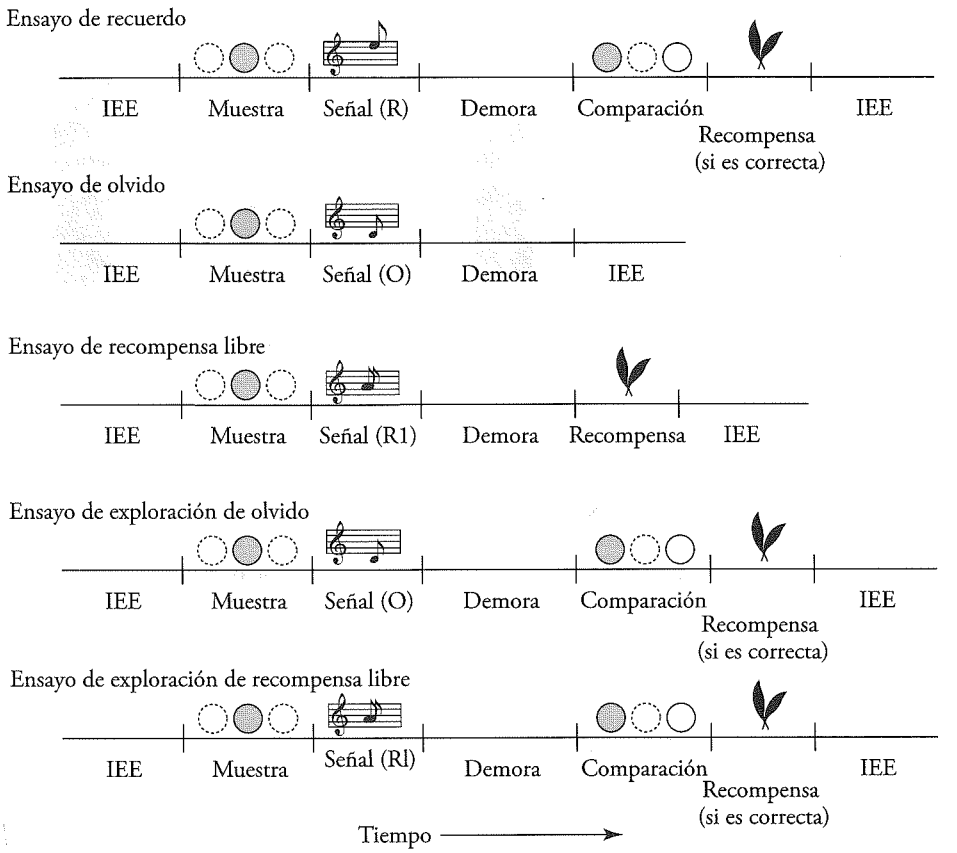



**FIGURA 11.11**
Esquema de tipos de ensayos utilizados en un estudio de olvido dirigido en palomas. Cada ensayo se inició con un estímulo muestra presentado en la tecla central. Esto fue seguido por diferentes señales auditivas que sirvieron de señal R, señal O, o señal de recompensa libre (Rl). Los ensayos de exploración evaluaron el impacto de la señal O y la señal Rl en la memoria. ("Neural Correlates of Directed Forgetting in the Avian Prefrontal Cortex", M. Milmine.)

al final del intervalo de demora. Se incluyeron estos ensayos porque los estudios anteriores habían encontrado que la anticipación del alimento al final de la prueba podía servir para fomentar el recuerdo del estímulo muestra. Los ensayos de recompensa libre fueron indicados por una señal auditiva palpitante de tono intermedio, presentada después del estímulo muestra.

Los primeros tres tipos de ensayos sirvieron para establecer las funciones de la señal R, la señal O y la señal Rl. ¿Qué tan efectivas son de hecho estas indicaciones en el control de la memoria? Se evaluó la memoria en cada ensayo de señal R porque todos los ensayos con esta señal terminaron con la prueba de elección. Para evaluar la memoria sobre los ensayos de señal O y de recompensa libre también fue incluida una prueba de elección como una exploración en algunos de estos ensayos. Estos ensayos de exploración se incluyen como los dos últimos tipos de prueba en la figura 11.11.

Dos palomas sirvieron en el experimento. Los resultados proporcionados por cada ave se presentan en la figura 11.12. La ejecución de igualación más precisa ocurrió en ensayos de señal R. Como era de esperarse, las palomas lo hicieron mal en los ensayos de señal O, lo que indica que la señal O interrumpe la memoria. Observe que debido a que la instrucción de olvido fue proporcionada después del estímulo muestra, no se puede argumentar que la señal O interrumpió la atención a la muestra. Más bien, alteró el ensayo de memoria durante el intervalo de demora.

La memoria también fue buena en ensayos de exploración de recompensa libre, lo que indica que la anticipación de la recompensa también puede facilitar la memoria. Este efecto es consistente con los resultados del experimento realizado por White y Brown (2011) mencionado anteriormente en este capítulo. En ese experimento las palomas mostraron una mejor ejecución de igualación a la muestra si recibían una señal durante el intervalo de retención de que la respuesta correcta sería reforzada con una gran recompensa en lugar de una pequeña. Evidentemente, la anticipación de la recompensa ayudó a mantener en la memoria los eventos experimentados recientemente, y las recompensas más grandes produjeron notables mejorías en la memoria.

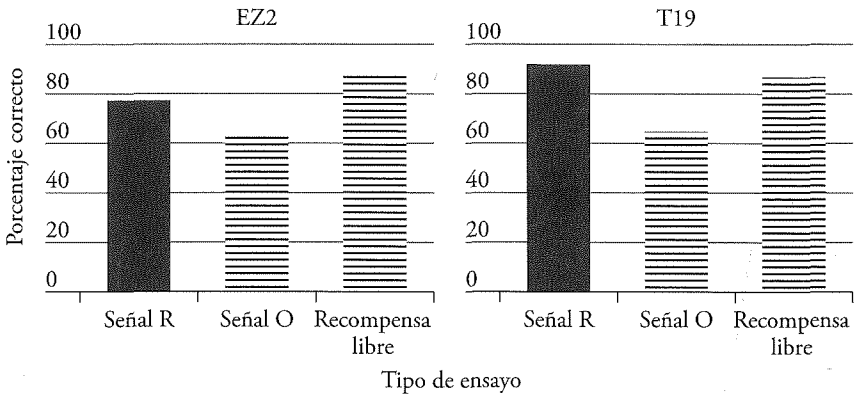



**FIGURA 11.12**
Precisión en la igualación demorada a la muestra en palomas EZ2 y T19 en ensayos de señal R, señal O y recompensa libre. (Basado en "Neural Correlates of Directed Forgetting in the Avian Prefrontal Cortex", M. Milmine, A. Watanabe y M. Colombo, 2008, *Behavioral Neuroscience, 122*, 199-209.)

Debido a las sugerencias de que el olvido dirigido implica el control ejecutivo, Milmine y colaboradores (2008) también midieron la actividad de las neuronas individuales en una parte del cerebro de la paloma que es análoga a la corteza prefrontal de los mamíferos. De acuerdo con esta hipótesis, encontraron un aumento sostenido de la actividad de una sola célula durante el intervalo de demora en los ensayos de señal R, y la supresión de la actividad durante los ensayos de señal O. La actividad neuronal durante el intervalo de demora en los ensayos de recompensa libre era similar a la actividad en ensayos de señal R. Por tanto, la actividad neuronal de una sola célula en el análogo aviar de la corteza prefrontal correspondía a los datos conductuales, lo que sugiere que estas neuronas están implicadas en el control de los procesos de la memoria.

En el experimento de Milmine *et al* (2008), la señal O se correlacionó con el no reforzamiento durante el entrenamiento debido a que fue omitada la prueba de elección en ensayos de entrenamiento de esta señal. Resulta que esto no es crítico. Las señales O pueden ser entrenadas incluso si el procedimiento incluye el reforzamiento de los ensayos de señal O (Roper, Kaiser y Zentall, 1995; Kaiser, Sherburne y Zentall, 1997). El factor clave es omitir la prueba de memoria en los ensayos de entrenamiento de señal O.

Una vez entrenadas, las señales O pueden tener un amplio impacto. Por ejemplo, una señal O entrenada en un problema de igualación a la muestra puede controlar la memoria en diferentes problemas de igualación (Roper, Chaponis y Blaisdell, 2005). Estos experimentos demuestran la generalidad filogenética del olvido dirigido, y proporcionan paradigmas de laboratorio para estudiar los mecanismos neurales de cómo los procesos de memoria están sujetos a los estímulos de control.

## Recuperación

En la tercera fase de los procesos de memoria, la recuperación, la información almacenada se recobra de manera que se puede utilizar para guiar la conducta. Mientras que los problemas de la codificación y el repaso están siendo investigados principalmente en paradigmas de la memoria de trabajo, la investigación sobre la recuperación se ha centrado en la memoria de referencia y, más específicamente, en la memoria para las asociaciones aprendidas. Los procesos de recuperación son de especial interés debido a que muchos casos de falla de la memoria reflejan los déficit en la recuperación de la información **(falla de recuperación)**, más que la pérdida de la información desde el almacenamiento de la memoria (Urcelay y Miller, 2008).

Durante el curso de nuestra vida cotidiana nos enteramos de todo tipo de cosas que se almacenan en el cerebro de alguna manera. En qué aspecto de nuestro amplio conocimiento pensamos en un momento determinado, depende de qué fragmentos de información se recuperan de nuestro almacenamiento de memoria a largo plazo. En cualquier momento recordamos sólo una pequeña parte de lo que sabemos. Los procesos de recuperación son provocados por recordatorios o **claves de recuperación**. Si usted está contando lo que hizo en el campamento de verano con sus amigos, las cosas que dice servirán como claves de recuperación que le recuerden otros eventos que experimentó en el campamento.

Las claves de recuperación son eficaces para recordar una experiencia pasada porque se asocian con el recuerdo de esa experiencia. Una canción puede recordarle el concierto al que

asistió en su primera cita. El equilibrio en una bicicleta le recordará qué tiene que hacer para montar en bicicleta. Las sensaciones de hundimiento en una piscina le recordarán lo que ha aprendido sobre la natación, y la voz de un amigo que no ha visto desde hace mucho tiempo estimulará la recuperación de otra información sobre ese amigo.

***Claves de recuperación y memoria de la conducta instrumental en niños humanos*** Diversos estímulos que están presentes durante la adquisición de un recuerdo pueden servir como claves de recuperación de la memoria. Por ejemplo, Borovsky y Rovee-Collier (1990) investigaron la recuperación de la memoria en el condicionamiento instrumental en bebés de seis meses de edad. Los niños fueron entrenados en su propia casa, en corralitos cuyos lados estaban cubiertos con un revestimiento de tela. Algunos de estos forros tenían rayas y otros un patrón cuadrado. Los investigadores estaban interesados en saber si el forro de tela podría servir como una clave de recuperación de la respuesta instrumental.



Cortesía de C. Rovee-Collier

C. Rovee-Collier

Arriba del corralito se montó un móvil. Cada niño estaba sentado en el corralito en un asiento reclinable para que él o ella pudiera ver el móvil. En el tobillo del bebé estaba enredado el extremo de una cinta de raso y el otro extremo estaba unido a la línea que sostenía el móvil. Con esta disposición, cada patada del infante ponía en movimiento el móvil. La respuesta instrumental era patear con la pierna, y el reforzador era el movimiento del móvil. La respuesta de patear se condicionó en dos sesiones de entrenamiento cortas. Los bebés recibieron luego una sesión de prueba 24 horas más tarde.

Las claves presentes durante la sesión de pruebas se variaron para los diferentes grupos. Algunos bebés fueron probados en una cuna con el mismo revestimiento de tela que había estado presente durante las sesiones de entrenamiento (grupo Igual). Otros se pusieron a prueba con el forro de tela alternativo que era nuevo para ellos (grupo Dif, de "diferente"). Para un tercer grupo, el forro de tela alternativo era *familiar*, pero no había estado presente durante los ensayos de entrenamiento (grupo Dif-fam). Por último, un cuarto grupo de bebés fue probado sin forro y podía mirar alrededor de su corralito conocido (Nin-fam).

Los resultados del experimento se resumen en la figura 11.13. El mejor desempeño de retención fue evidente en el grupo que fue probado con el mismo revestimiento de cuna que había estado presente durante el condicionamiento. Cada uno de los otros grupos mostró un desempeño de memoria significativamente peor. Un cambio en el forro de la cuna que se usó durante la adquisición inicial resultó en una peor recuperación incluso si el revestimiento utilizado durante el ensayo era familiar. El rendimiento inferior del grupo Dif-fam, en comparación con el grupo Igual, proporciona una fuerte evidencia de que el forro de tela sirvió como una clave de recuperación para la conducta instrumental de patear.

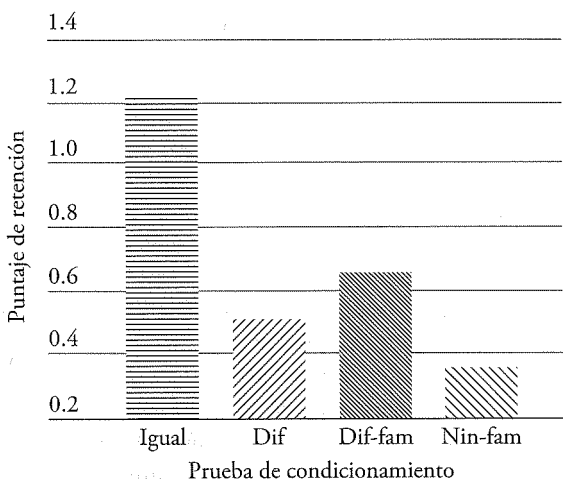



**FIGURA 11.13**
Puntajes de retención de los bebés de seis meses de edad en una prueba de condicionamiento instrumental. Se puso a prueba al grupo Igual en un corralito con el mismo revestimiento de tela que había estado presente durante el condicionamiento. El grupo Dif fue probado con un nuevo forro de tela. El grupo Dif-fam se probó con un forro de tela familiar que era diferente de aquel expuesto en el corral durante el condicionamiento. El grupo Nin-fam fue probado sin un forro de tela, pero en un corralito conocido en un ambiente familiar. (Basado en "Contextual Constraints on Memory Retrieval at Six Months", D. Borovsky y C. Rovee-Collier, 1990, *Child Development, 61,* pp. 1569-1583.)

Los resultados presentados en la figura 11.13 ilustran la importancia de las claves contextuales en la recuperación de la memoria. Las claves contextuales son estímulos relacionados con una tarea de aprendizaje que estuvo presente durante la adquisición original de la tarea. En el experimento anterior se trataba de claves visuales proporcionadas por el revestimiento de la cuna. Los estudios con bebés han demostrado que las señales auditivas y olfativas incidentales también pueden convertirse en importantes claves contextuales para la recuperación de la memoria (Daman-Wasserman *et al*, 2006; Schroers, Prigot y Fagen, 2007). En general, la memoria es más exitosa si en la recuperación las claves contextuales son las mismas que las que estaban presentes durante el aprendizaje inicial. Es por eso que un equipo de fútbol se prepara para un gran juego practicando con el ruido de la multitud pregrabado en vez hacerlo en el estadio o en un campo de prácticas vacíos. Esta es la razón por la que no debe estudiar acostado en la cama, ya que en la clase tendrá que estar sentado en posición vertical cuando haga el examen de lo que ha aprendido.



Cortesía de N. E. Spear

N. E. Spear

***Generalidad de las claves de recuperación*** Ahora sabemos mucho sobre la facilitación de la memoria mediante la presentación de las claves de recuperación (por ejemplo, Spear y Riccio, 1994). Como hemos visto, las claves contextuales son especialmente eficaces para estimular la recuperación de la memoria. La recuperación puede ser también reforzada presentando sólo un componente de la tarea de aprendizaje original, como el *estímulo incondicionado* (MacArdy y Riccio, 1995), el *estímulo condicionado reforzado* (EC+) (Gisquet-Verrier y Alexinski, 1990), o un *estímulo condicionado no reforzado* (EC–) (Miller, Jagielo y Spear, 1992). Además, estos tratamientos recordatorios se pueden utilizar para revertir muchos casos de pérdida de la memoria (Gisquet-Verrier y Riccio, 2012; Urcelay y Miller, 2008).

Los tratamientos recordatorios pueden hacer retrotraer a los animales más viejos (y bebés) experiencias olvidadas de la vida temprana (por ejemplo, Galluccio y Rovee-Collier, 1999; Rovee Collier y Barr, 2008). También pueden contrarrestar decrementos en la generalización del estímulo que se producen cuando la conducta aprendida se prueba en un nuevo contexto (Millin y Riccio, 2004). Se ha observado que los tratamientos recordatorios también aumentan los bajos niveles de respuesta condicionada que normalmente se producen en la inhibición latente, el ensombrecimiento y los procedimientos de bloqueo (ver Urcelay y Miller, 2008).

***Claves de recuperación y facilitación de la memoria*** En los ejemplos anteriores las claves de recuperación se presentaron en el momento de las pruebas para mejorar el desempeño de la recuperación y la memoria. La facilitación de los recuerdos mediante las claves de recuperación es sólo un ejemplo de las diversas formas en que los procesos de recuperación se pueden mejorar. Otro procedimiento que ha atraído considerable interés contemporáneo recibe el nombre de *facilitación de la memoria*. En la facilitación de la memoria la clave de recuperación se presenta al final de un intervalo de retención largo, pero la memoria no es probada sino hasta el día siguiente. Por tanto, la pregunta es si la reactivación de la memoria después de un largo periodo de retención puede aumentar el tiempo en el que algo se recuerda.

Los bebés tienden a olvidar las cosas más rápido que los adultos, lo que los hace buenos candidatos para el estudio de los procedimientos que pueden aumentar la duración de la memoria. En un experimento reciente (Suss, Gaylord y Fagen, 2012), bebés de tres meses de edad fueron entrenados primero para patear con sus piernas y mover un móvil en presencia del olor de cereza o de coco. Los bebés fueron analizados por su respuesta instrumental una semana después en presencia del mismo olor distintivo. Por lo general, los infantes de tres meses de edad no retienen la respuesta condicionada de patear con la pierna durante un intervalo de retención de siete días. Los investigadores estaban interesados en explorar si podrían ampliar la retención exitosa siete días proporcionando un tratamiento de facilitación (cebado) un día antes de la prueba de retención.

El tratamiento de facilitación implicó regresar a los bebés a la cuna experimental por un periodo corto en el que el móvil fue movido por el experimentador y no por el infante. Tal procedimiento no es eficaz en el condicionamiento de la respuesta de patear con la pierna, pero puede reactivar la memoria del entrenamiento anterior. Para un grupo de bebés, el procedimiento

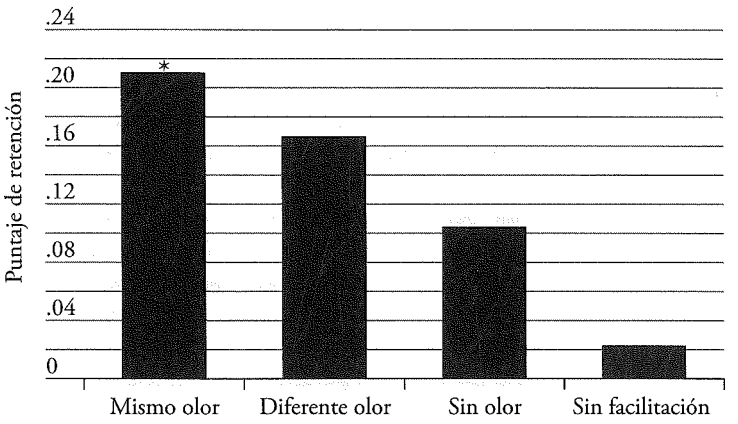
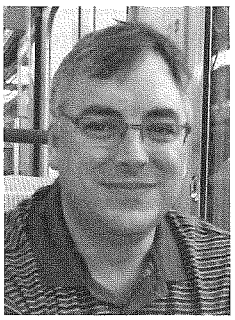



**FIGURA 11.14**
Retención de una respuesta instrumental en bebés de tres meses de edad probados siete días después del entrenamiento inicial. Un día antes de la prueba de retención, grupos independientes recibieron un tratamiento de facilitación en presencia del mismo o diferente olor al que estaba presente durante el entrenamiento inicial. Los grupos control (que se muestran a la derecha) no recibieron ningún olor durante la facilitación o no tuvieron el procedimiento de facilitación. Sólo el grupo "mismo olor" mostró una retención significativa, como se indica por el asterisco. (Basado en Suss, Gaylord y Fagen, 2012, figura 1, p. 582, Elsevier.)

de facilitación fue llevado a cabo en presencia del olor que había sido utilizado durante el entrenamiento inicial. Para otro grupo, el olor presente durante la facilitación fue cambiado (de cereza a coco o viceversa). Finalmente, los bebés en los grupos control no recibieron olor durante el tratamiento de facilitación o no recibieron el tratamiento. (Observe que el olor de entrenamiento contextual estuvo presente durante la prueba de retención final para todos los grupos.)

Los resultados del experimento se resumen en la figura 11.14. El grupo que no recibió un tratamiento de facilitación no mostró la memoria para la tarea patada-pierna-móvil, confirmando que a los tres meses de edad los bebés no pueden recordar esta tarea durante un intervalo de retención de siete días. Los bebés que recibieron el procedimiento de facilitación seis días después del entrenamiento mostraron mucha mejor retención en el día 7. Sin embargo, el procedimiento de facilitación tuvo que ser llevado a cabo en presencia del mismo olor contextual utilizado durante el entrenamiento. De hecho, el único grupo que mostró una retención significativa en el día 7 fue el que recibió la facilitación en el contexto del olor del entrenamiento inicial.

Estudios de facilitación demuestran que la retención se puede mejorar significativamente mediante la reactivación de un recuerdo durante el intervalo de retención. La facilitación reactiva un recuerdo previamente aprendido sin proporcionar entrenamiento adicional. Sin embargo, para obtener mejores resultados la facilitación debe realizarse en el contexto del entrenamiento inicial. (Para estudios adicionales de cebado, consulte DeFrancisco y Rovee-Collier, 2008; Rovee-Collier y Barr, 2008).



Cortesía de Stephen Maren

Stephen Maren

## El olvido y las fuentes de las fallas en la memoria

El olvido es la otra cara de la memoria. Se dice que mostramos **olvido** cuando falla la memoria y no respondemos de acuerdo con la experiencia pasada o de aprendizaje. Sin embargo, como han argumentado Kraemer y Golding (1997), el olvido no debe ser visto simplemente como la ausencia de recuerdos. Más bien, se debe considerar como un fenómeno importante por su propio derecho (ver también White, 2001). En nuestra experiencia personal, el olvido es a menudo desagradable, como cuando sufrimos las consecuencias de haber olvidado una cita o el nombre de alguien. Sin embargo, el olvido puede ser adaptativo y útil. Uno de los objetivos del tratamiento para el trastorno de estrés postraumático es borrar de alguna manera o sobrescribir el recuerdo del trauma (Maren, 2011). El olvido puede aumentar la variabilidad conductual, como la búsqueda de la información que falta. También puede reducir la especificidad del contexto del aprendizaje y con ello permitir que la conducta aprendida se produzca en una gama más amplia de situaciones (Jasnow, Cullen y Riccio, 2012).

La experiencia común indica que las fallas de memoria se vuelven más probables al transcurrir el tiempo después de un episodio de aprendizaje. Sin embargo, no es informativo para ver el tiempo como una causa de olvido. Como Piaget tiene fama de haber dicho: "El tiempo

no es una causa, pero sí un vehículo de las causas." Y puede haber una variedad de causas de olvido. Como ya hemos comentado, muchos factores determinan si una prueba de memoria se realiza con éxito. Algunos de éstos tienen que ver con la codificación y la adquisición de la información. Otros implican el repaso y la retención de la información. Y otros involucran los procesos de recuperación. Las cosas pueden salir mal en cualquier punto a lo largo del camino. Por tanto, las fallas de memoria, o el olvido, pueden ocurrir por diversas razones.

Como hemos visto en los experimentos de memoria con infantes que se describieron anteriormente en este capítulo, las fallas de la memoria no siempre reflejan la pérdida de la información aprendida previamente. Los resultados presentados en la figura 11.13 indicaron mala memoria para el aprendizaje previo en los bebés que fueron evaluados con un forro de cuna diferente del que vieron durante el aprendizaje inicial. Este pobre desempeño de la memoria no refleja la pérdida de la información aprendida, sino más bien un fracaso para recuperar esa información. La falta de recuperación se corrige fácilmente utilizando durante la prueba el mismo forro de cuna que se había utilizado durante el entrenamiento. El olvido fue evidente cuando los bebés de tres meses de edad fueron probados siete días después del entrenamiento (figura 11.14). Esto tampoco refleja la pérdida de esa información, pero sí su inaccesibilidad. En este caso, la memoria se reactivó con éxito si los recién nacidos recibieron un tratamiento de facilitación un día antes de la prueba de memoria. Estos ejemplos ilustran que lo que coloquialmente llamamos "olvido" no puede reflejar la pérdida irreversible de información almacenada, sino algún otro mecanismo que causa el mal desempeño. El término **falla de la memoria** es preferible para referirse a estos casos de bajo rendimiento en pruebas de memoria.

Las fallas de la memoria se han investigado extensamente en el contexto de los efectos de la interferencia y la amnesia retrógrada. A continuación abordamos estos fenómenos.

## Interferencia proactiva y retroactiva

Las fuentes más comunes de interrupción de la memoria se deben a la exposición a estímulos prominentes ya sea antes o después del evento que se está tratando de recordar. Considere la posibilidad de conocer gente en una fiesta. Si la única nueva persona que conoce es Alice, es probable que usted no tenga mucha dificultad para recordar su nombre. Sin embargo, si le presentan a una serie de nuevas personas antes o después de la reunión con Alice, puede que le resulte mucho más difícil recordar su nombre.

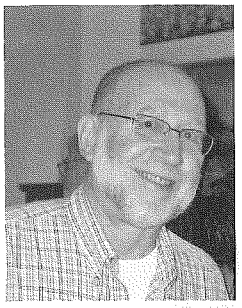
Existen numerosas situaciones bien documentadas y analizadas en las que el recuerdo de algo es interrumpido por la exposición anterior a otra información. En estos casos, la información que interfiere actúa hacia adelante para interrumpir la memoria de un evento objetivo futuro. Por tanto, la interrupción de la memoria se denomina **interferencia proactiva**. En otros casos, el recuerdo de algo se ve dificultado por la exposición posterior a una información que compite. En estas situaciones, el estímulo que interfiere actúa hacia atrás para dificultar el recuerdo de un evento precedente. Por tanto, la alteración del recuerdo se llama **interferencia retroactiva**.

Los mecanismos de interferencia proactiva y retroactiva se han investigado ampliamente en los estudios de la memoria humana (Postman, 1971; Slamečka y Ceraso, 1960; Underwood, 1957). Las interferencias proactiva y retroactiva también se han investigado en varios paradigmas de memoria de los animales. (Para ejemplos de la interferencia proactiva, consulte Grant, 2000; White *et al*, 2004; Wright, Katz y Ma, 2012. Para ejemplos de interferencia retroactiva, ver Escobar y Miller, 2003; Harper y Garry, 2000; Killeen, 2001.)

## Amnesia retrógrada

Tristemente, una fuente frecuente de falla de la memoria es una lesión grave en la cabeza. Por ejemplo, las personas que reciben una conmoción cerebral en un accidente automovilístico

pueden sufrir pérdida de memoria o amnesia. Sin embargo, es probable que la amnesia sea selectiva. Se les puede olvidar cómo ocurrió la lesión, que auto se estrelló contra ellos, o si el semáforo estaba en verde o en ámbar. Pero van a seguir recordando su nombre y dirección, dónde crecieron, y qué prefieren comer de postre. Por tanto, hay un gradiente de pérdida de memoria con el olvido limitado a hechos ocurridos cerca del suceso del accidente. Este fenómeno se llama **amnesia retrógrada** (Russell y Nathan, 1946). Cuanto más se retrocede desde el momento de la lesión, mejor es la memoria. (Para una discusión de la literatura sobre la amnesia retrógrada en humanos, ver Squire, 2006.)



Cortesía de D. C. Riccio

D. C. Riccio

La amnesia retrógrada ha sido investigada ampliamente en estudios con animales de laboratorio durante los últimos 50 años. La investigación ha demostrado que la amnesia retrógrada se puede producir no sólo por una lesión cercana a la cabeza, sino también por diversos trastornos del sistema nervioso. Éstos han incluido las descargas electro-convulsivas, la anestesia, el enfriamiento temporal del cuerpo y la inyección de fármacos que inhiben la síntesis de proteínas (para revisiones, véase McGaugh y Herz, 1972; Spear y Riccio, 1994; Riccio, Millin y Bogart, 2006).

***Amnesia retrógrada por extinción*** Los estudios de amnesia retrógrada suelen examinar la amnesia para la información aprendida recientemente. Como vimos en el capítulo 9, la extinción es una forma de aprendizaje nuevo. Si esto es cierto, entonces la extinción debería ser también susceptible a la amnesia retrógrada. Esta predicción fue probada por Briggs y Riccio (2007) en un paradigma de condicionamiento al miedo con enfriamiento del cuerpo, o hipotermia, utilizado como agente amnésico. Las ratas de laboratorio se condicionaron en una caja de vaivén que tenía un compartimento blanco y uno negro separados por una puerta. El condicionamiento se llevó a cabo en un solo ensayo. Las ratas fueron colocadas en el compartimento blanco y luego se abrió la puerta del compartimento negro. Tan pronto como las ratas entraron en el compartimento negro, se cerró la puerta detrás de ellas y consiguieron dos descargas inevitables. Este episodio único de castigo hizo a las ratas reacias a entrar en el compartimento negro otra vez, lo cual fue utilizado como medida de condicionamiento.

La extinción se realizó un día después del condicionamiento, y consistió en poner a las ratas en el compartimento negro sin descarga durante 12 minutos. Siguiendo el procedimiento de extinción, algunas de las ratas fueron sumergidas en agua fría para reducir sustancialmente su temperatura corporal. Se proporcionó este tratamiento de hipotermia, ya sea inmediatamente después del tratamiento de extinción (cuando se interrumpiría la consolidación de la experiencia de extinción) o 30 o 60 minutos después de la extinción. Al día siguiente las ratas fueron colocadas de nuevo en el compartimento blanco para ver cuánto tiempo les tomaría entrar en el negro (que había sido emparejado con la descarga). La prueba se daba por terminada después de 600 segundos si la rata aún no había entrado en el compartimento negro.

Los resultados del experimento se resumen en la figura 11.15. La primera barra en la figura es para un grupo de ratas que recibió el procedimiento de condicionamiento, pero no el tratamiento de extinción. Estas ratas pasaron casi 600 segundos en el lado blanco de la caja de vaivén, lo que indica un fuerte temor al compartimento negro. La segunda barra corresponde a un grupo de ratas que recibió el procedimiento de extinción pero no fue sometido a la hipotermia. Ellas perdieron el miedo al compartimento negro entrando en él después de unos 200 segundos. Las siguientes tres barras corresponden a las ratas que recibieron el tratamiento de hipotermia inmediatamente (hipo-0) o 30 o 60 minutos después de la extinción (hipo-30 e hipo-60). Observe que las ratas del grupo hipo-0 se comportaron como si nunca hubieran conseguido la extinción, y se llevaron más de 500 segundos para entrar en el compartimento negro. Se obtuvieron resultados similares con las ratas del grupo hipo-30. Por tanto, estos dos grupos mostraron amnesia retrógrada para el tratamiento de extinción. Sin embargo, la demora de la hipotermia 60 minutos después de la extinción no produjo el efecto amnésico. Las ratas en el grupo hipo-60 respondieron como las del grupo de extinción normal, que entraba en el compartimento negro en unos 200 segundos.

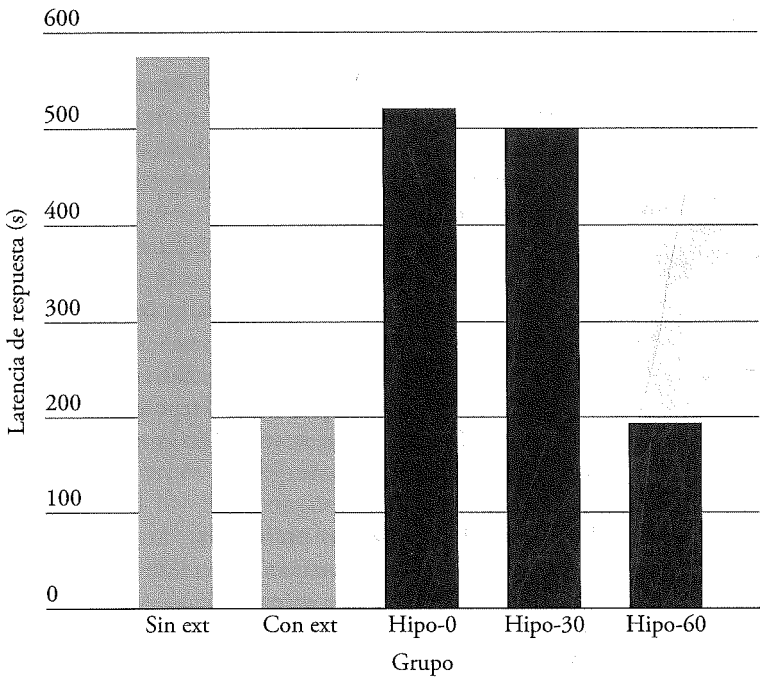



**FIGURA 11.15**
Tiempo para que las ratas entraran en el compartimento negro de una caja de vaivén después de haber experimentado una descarga allí. El primer grupo recibió sólo el condicionamiento del miedo. El segundo grupo recibió la extinción después del ensayo condicionado. Los grupos hipo-0, hipo-30 e hipo-60 recibieron hipotermia para inducir amnesia 0, 30 o 60 minutos después del procedimiento de extinción. (Basado en Briggs y Riccio, 2007, figura 1, p. 134.)

El hecho de que la hipotermia interrumpa la memoria de extinción sólo si se produce dentro de los 30 minutos o menos después del tratamiento de extinción indica que la extinción de la memoria es primero maleable y sujeta a modificación. Sin embargo, después de este periodo inicial de plasticidad, la memoria se torna inmune a la modificación por hipotermia. La transformación de la memoria de un estado flexible y modificable a un estado más estable recibe el nombre de **consolidación de la memoria**. La amnesia retrógrada ha atraído una gran atención experimental, ya que se ha convertido en el método principal para la investigación de la consolidación de la memoria. Numerosos experimentos han demostrado que diversos disruptores de la memoria, como los fármacos que inhiben la síntesis de proteínas, sólo son eficaces si se administran durante un periodo limitado poco después de que se activa la memoria. Este periodo de tiempo limitado se llama **ventana de consolidación**.

***Explicaciones de la amnesia retrógrada*** ¿Por qué la ejecución de diversas intervenciones durante la ventana de consolidación produce falla de memoria o amnesia? De acuerdo con la explicación tradicional, un insulto neuronal durante la ventana de consolidación interrumpe el proceso de consolidación e interfiere con el establecimiento de un registro a largo plazo de la experiencia de aprendizaje (ver McGaugh y Herz, 1972). Según esta explicación, cuando un estímulo se encuentra primero, entra en un corto plazo o almacenamiento de memoria temporal. Mientras la memoria está en un corto plazo, la información es vulnerable y puede perderse debido a los estímulos que interfieren o a trastornos neurofisiológicos. Sin embargo, si se cumplen las condiciones adecuadas, la información poco a poco se consolida en una forma relativamente permanente en lo que se llama *memoria a largo plazo*.

Si una intervención como la hipotermia interrumpe el proceso de consolidación, entonces el recuerdo nunca se registra correctamente en el almacenamiento de memoria a largo plazo, y por tanto nunca puede ser recuperado durante las pruebas de memoria posteriores. Esta explicación se conoce como *falla de consolidación* de la amnesia retrógrada. La teoría de la falla de consolidación atribuye la amnesia a una interrupción en la adquisición original de la memoria. Una alternativa importante de interpretación indica que los agentes amnésicos

causan una falla en la recuperación de la información experimentada cerca del momento de la alteración neurofisiológica (Miller y Matzel, 2006; Miller y Springer, 1973; Riccio y Richardson, 1984). Esta explicación recibe el nombre de *hipótesis de falla de recuperación*. De acuerdo con esta hipótesis, un agente amnésico altera la codificación de nuevos recuerdos y los hace más difíciles de recuperar. Por tanto, la amnesia se atribuye a un problema en la fase de recuperación del procesamiento de la información y no en la fase de adquisición.

¿Qué tipo de pruebas ayudarán a decidir entre la consolidación de la memoria y las interpretaciones de la falla en la recuperación? Si la información se pierde debido a un error de consolidación, no podrá ser recuperada nunca. Por el contrario, el punto de vista de la falla en la recuperación asume que la amnesia se puede invertir si se encuentra el procedimiento adecuado para reactivar la memoria. Por tanto, para decidir entre ambas alternativas tenemos que encontrar técnicas que puedan revertir los efectos de los agentes amnésicos. Como vimos en los estudios de memoria en los lactantes, las claves contextuales de la adquisición y la exposición al reforzador (o EI) son buenos candidatos potenciales para reactivar los recuerdos. También se ha encontrado que tales tratamientos recordatorios tienen éxito en la superación de la amnesia retrógrada (por ejemplo, Gordon, 1981; Riccio y Richardson, 1984; Spear y Riccio, 1994; Urcelay y Miller, 2008).

Por ejemplo, consideremos el experimento descrito anteriormente en la extinción de la amnesia retrógrada producida por hipotermia (figura 11.15). Las ratas recibieron el tratamiento de hipotermia después de la extinción. Por tanto, su memoria de extinción pudo haber sido codificada en el contexto de una temperatura corporal baja. Si esto es cierto, entonces la memoria de extinción debe ser reactivada si las ratas reciben de nuevo el tratamiento de hipotermia.

Briggs y Riccio (2007) repitieron este experimento, pero esta vez se añadieron tres grupos cuyas temperaturas corporales se volvieron a enfriar para la prueba de memoria.

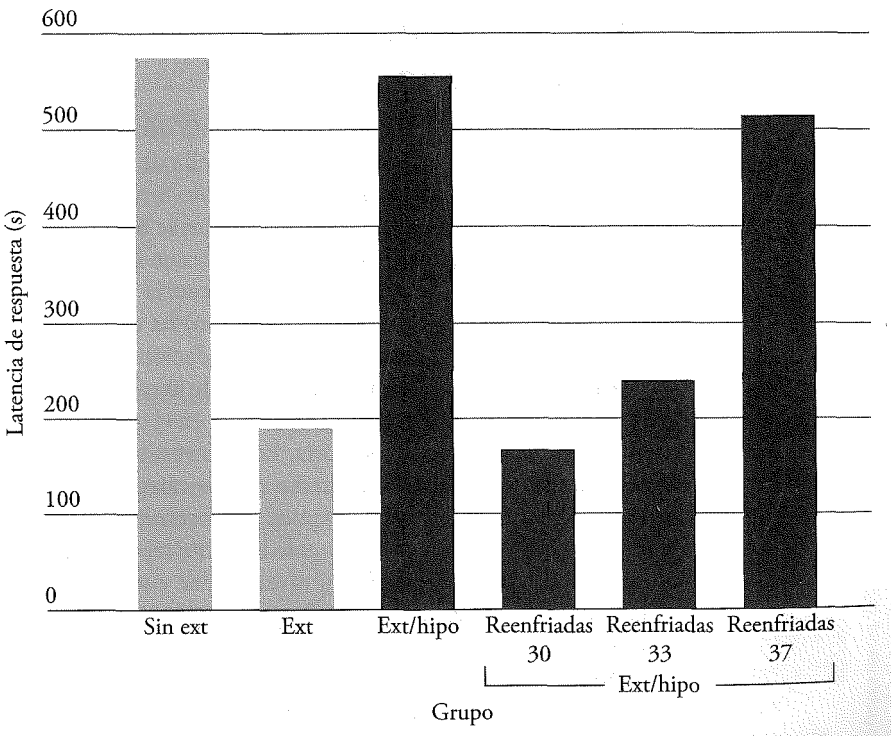



**FIGURA 11.16** Tiempo para que las ratas entren en el compartimento negro de una caja de vaivén después de haber sufrido una descarga en este sitio. El primer grupo sólo recibió condicionamiento. El segundo grupo recibió la extinción después del ensayo condicionado. A los grupos restantes se les aplicó un tratamiento de hipotermia justo después de la extinción y fueron ensayados al día siguiente. El grupo Ext/hipo se puso a prueba sin que se le volviera a enfriar. A los grupos Reenfríar 30, Reenfríar 33 o Reenfríar 37 se les volvió a enfríar antes de la prueba de memoria y se les dejó calentarse hasta la temperatura corporal de 30, 33 y 37 °C durante la sesión de prueba. (Basado en Briggs y Riccio, 2007, figura 2, p 136.)

Los resultados de estos grupos se resumen en la figura 11.16. Recordemos que las ratas se condicionaron primero para evitar entrar en el compartimento negro. Entonces recibieron una sesión de extinción, seguida por una prueba de memoria al día siguiente. Los dos primeros grupos en la figura 11.16 (Sin ext y con Ext) recibieron los mismos procedimientos que en el primer experimento sin la hipotermia y obtuvieron los mismos resultados: gran reticencia a entrar en el compartimento negro en el grupo Sin ext y la entrada más rápida en el grupo con Ext. Todos los demás grupos recibieron hipotermia inmediatamente después del tratamiento de extinción, que debería haber causado amnesia para la extinción. Ese fue el resultado en el grupo Ext/hipo, que se puso a prueba al día siguiente de la hipotermia a la temperatura normal del cuerpo.

A los siguientes tres grupos en la figura 11.16 se les dio el mismo tratamiento de hipotermia justo antes de la prueba de memoria que recibieron después de la extinción, y luego se pusieron a prueba en diferentes puntos cuando su cuerpo se había calentado. La temperatura normal del cuerpo de una rata es de 37 °C. El primero de los grupos se volvió a enfriar (Reenf 30) y se puso a prueba cuando su temperatura corporal era de 30 °C, que es todavía bastante fría. Esto reactivó la memoria de extinción, y estas ratas mostraron una rápida entrada en el compartimento negro. El siguiente grupo (Reenf 33) se dejó calentar hasta 33 °C después de volver a enfriarse y también mostró alguna evidencia de extinción. Al grupo final (Reenf 37) se le permitió calentarse hasta la temperatura corporal normal (37 °C) después de volver a enfriarse. Este grupo no mostró evidencia de la memoria de extinción.

Estos resultados muestran que la amnesia causada por la hipotermia puede ser revertida mediante la devolución de los sujetos a la temperatura corporal que tenían inmediatamente después del procedimiento de extinción. Por tanto, en este caso el tratamiento amnésico no interrumpió la consolidación de la memoria de extinción. Más bien las señales proporcionadas por la hipotermia se incorporaron en la memoria de extinción, por lo que el rendimiento de la extinción sólo fue evidente cuando estas señales estaban disponibles durante la prueba de memoria. La implicación de este tipo de experimento indica que la amnesia retrógrada después de un accidente automovilístico también podría ser superada recreando muchos de los elementos del accidente.

## Consolidación, reconsolidación y actualización de la memoria

Aunque los científicos han debatido durante décadas para determinar si la amnesia retrógrada es una falla de consolidación o una falla de recuperación, el concepto fundamental de consolidación de la memoria se ha establecido firmemente en la investigación de la memoria. La centralidad del concepto de consolidación se basa en el hecho de que los agentes amnésicos o manipulaciones fisiológicas son eficaces en la interrupción de la memoria sólo durante un periodo limitado después de que la memoria se ha activado. Luego de que este periodo de vulnerabilidad (ventana de consolidación) ha terminado, la memoria se vuelve inmune a la interrupción o modificación. La consolidación sigue siendo el concepto dominante para explicar este cambio en la modificabilidad de la memoria.

Una gran parte del progreso se ha hecho en el esclarecimiento de los mecanismos neurales de la consolidación de la memoria. Estas investigaciones han identificado varias formas de consolidación que pueden separarse en dos categorías. La *consolidación sináptica* se refiere a los cambios en la eficacia sináptica que presumiblemente subyacen en el aprendizaje. La consolidación sináptica es un proceso bastante rápido que se produce en una escala de tiempo de minutos, e implica cambios a nivel celular y molecular, incluyendo la síntesis de nuevas proteínas (por ejemplo, Hernandez y Abel, 2008). La memoria también se consolida en los cambios a nivel de los circuitos neuronales y los sistemas neuronales. Este proceso recibe el nombre de *consolidación de sistemas,* e implica cambios en la forma de representar la memoria en los circuitos del hipocampo o la corteza (por ejemplo, McKenzie y Eichenbaum, 2011). Los sistemas de consolidación constituyen un proceso mucho más lento que la consolidación sináptica y pueden llevar días o semanas.

## Reconsolidación

La investigación sobre la consolidación se ha centrado no sólo en cómo se establecen inicialmente los recuerdos, sino también en cómo se pueden actualizar. El interés en la actualización de los recuerdos fue fomentado por los experimentos que muestran que la amnesia retrógrada ocurre no sólo con los recuerdos que se aprenden la primera vez, sino también con los recuerdos previamente aprendidos cuando éstos se reactivan. Los experimentos han demostrado que un recuerdo reactivado es tan inestable y susceptible a las interrupciones por parte de agentes amnésicos como un recuerdo recién aprendido. Este fenómeno fue descubierto hace casi 50 años (Misanin, Miller y Lewis, 1968; Schneider y Sherman, 1968), pero Karim Nader y sus colegas (Nader, Schafe y LeDoux, 2000) lo volvieron a introducir a la comunidad neurocientífica más recientemente.

Los enormes avances que se han logrado en las sofisticadas técnicas de la neurociencia han estimulado extensas investigaciones de los mecanismos neurales de la reconsolidación. Los resultados de estos estudios han animado la conclusión de que la consolidación y la **reconsolidación** implican fundamentalmente los mismos procesos (McKenzie y Eichenbaum, 2011; Nader y Hardt, 2009). Esta conclusión tiene amplias implicaciones para la forma en que pensamos acerca de la formación y mantenimiento de los recuerdos. De hecho, la afirmación de que la reconsolidación es lo mismo que la consolidación inicial está revolucionando nuestras concepciones básicas de la memoria.

El contraste entre los puntos de vista tradicionales y contemporáneos sobre los procesos de la memoria se ilustra en la figura 11.17. La visión tradicional hace una distinción entre memoria a corto plazo y a largo plazo (MCP y MLP). Inicialmente se supuso que la información entra en el estado de la memoria a corto plazo. La información contenida en la memoria a corto plazo supuestamente se pierde, a menos que se consolide con éxito, lo que la lleva a un estado de largo plazo. Una vez en el estado de largo plazo, la memoria podría reactivarse y volver al estado de corto plazo. Sin embargo, se considera que la memoria de largo plazo es un tipo de memoria de "sólo de lectura". Es como un archivo PDF de sólo lectura. Se puede acceder a este tipo de archivos y leer algunos o todos, pero no se pueden modificar, y los pensamientos o reacciones que se tiene respecto de ellos no se convierten en una parte del archivo una vez que éste se cierra.

La visión contemporánea de los procesos de memoria también distingue entre dos estados de memoria, pero llama a éstas, formas de memoria "inactivas" y "activas". Se prefieren estos términos, de manera que uno no tiene que preocuparse de cuándo breve es "corto" y cuándo "corto" se convierte en "largo". La cuestión fundamental no es la duración de estos estados

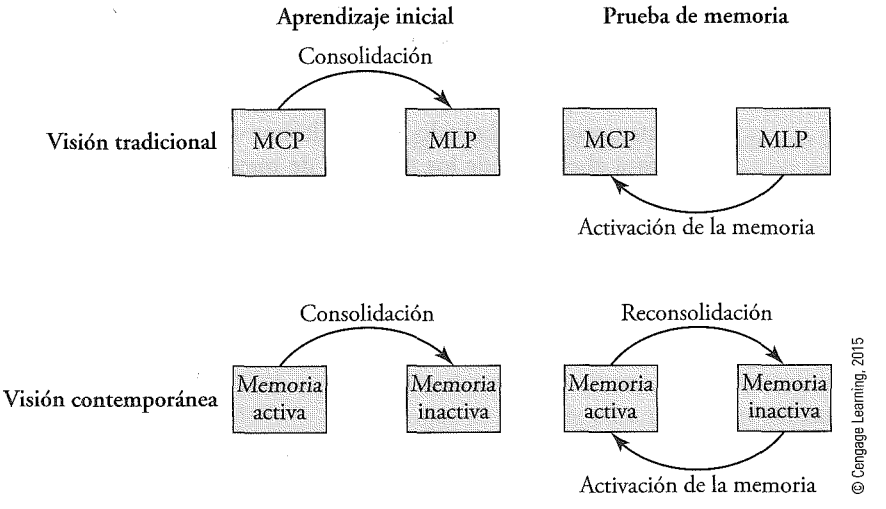



**FIGURA 11.17**
Visiones contrastantes del almacenamiento de la memoria y el recuerdo. En la visión tradicional, la información entra primero a la memoria de corto plazo (MCP) y luego se consolida para la transferencia a la memoria de largo plazo (MLP). La activación de la memoria sirve para devolver la información a la memoria de corto plazo, pero no la cambia. En la visión contemporánea, la memoria está en un estado activo o inactivo. Los recuerdos activos siempre se pueden consolidar para transferirse al estado inactivo si la información está en el estado activo debido al aprendizaje inicial o debido a la activación de un viejo recuerdo.

de memoria, sino si la memoria está activa o inactiva. Si un recuerdo está en estado activo, entonces se asume que es inestable y potencialmente modificable. En contraste, si la memoria está inactiva, entonces no está sujeta a modificación. Otra forma de pensar acerca de esto es que una memoria activa está en la ventana de consolidación, mientras que una memoria inactiva no lo está.

Una segunda característica importante de la visión contemporánea estriba en que la única manera de mover información del estado activo al inactivo es a través del proceso de consolidación. Si la memoria activa fue adquirida recientemente, este cambio a un estado inactivo representará la primera vez en que la memoria se consolide. Si la memoria está en estado activo debido a que se aprendió anteriormente y ahora se vuelve a activar, el retorno al estado inactivo implicará el proceso de reconsolidación. Esto significa que las memorias reactivadas no sólo son lectura de recuerdos. Más bien, la activación de un recuerdo la devuelve a un estado en el que puede ser modificada por pensamientos y experiencias actuales. Dado que los recuerdos se reconsolidan cada vez que se rememoran, el efecto acumulativo de estas reconsolidaciones puede modificar sustancialmente la memoria inicial. De acuerdo con este punto de vista, no hay ningún registro permanente o archivos PDF de sólo lectura de la experiencia original.

La visión contemporánea sugiere que no importa qué tan bien pueda ser consolidada una memoria en un principio, pues al recordar repetidamente, todo lo que tenemos son distintas versiones alteradas de esa memoria original. No hay ningún registro permanente o memoria no distorsionada pura. Aunque esto puede ser un poco molesto de contemplar, hay dos ventajas. En primer lugar, las memorias se pueden actualizar de forma que sean sensibles a la nueva información. De hecho, dichas actualizaciones permiten mejoras en el rendimiento con la práctica repetida. En segundo lugar, la reconsolidación puede servir para fortalecer la memoria y puede permitir el efecto de la facilitación que hemos descrito anteriormente en este capítulo.

La visión contemporánea es consistente con los datos de neuroimágenes recientes que indican que circuitos neuronales similares están implicados en el aprendizaje inicial de una tarea y en el recuerdo de esa tarea (Danker y Anderson, 2010). Otra ventaja importante de la visión contemporánea consiste en que proporciona una base neurobiológica para entender numerosos casos bien documentados de recuerdos falsos y distorsionados en la investigación con seres humanos (Hardt, Einarsson y Nader, 2010). Si los recuerdos reactivados tienen que ser reconsolidados cada vez antes de regresar a un estado inactivo, entonces es fácil entender cómo pueden ser alterados significativamente por la nueva información que se encuentra durante el recuerdo. Evidentemente, cuando recordamos algo no estamos accediendo a lo que hemos experimentado originalmente, sino a *cómo recordamos* previamente esa experiencia.

## Comentarios finales

El estudio de los procesos de la memoria es fundamental para la comprensión de la cognición comparada. Los procesos de memoria implican (1) adquisición y codificación de la información; (2) el repaso y la retención, y (3) la recuperación. Las dificultades en alguna de estas fases, o problemas que involucran interacciones entre ellas, pueden resultar en fallas de la memoria o en el olvido. En los últimos 40 años se han desarrollado varias técnicas ingeniosas para el estudio de los procesos de memoria en animales. Estas técnicas han dicho mucho acerca de la codificación de la información, los procesos de repaso y los procesos de recuperación. A su vez, esta información nos permite entender mejor las fallas de la memoria que se producen en los paradigmas de interferencia y en la amnesia retrógrada. La investigación contemporánea también ha cambiado sustancialmente nuestra concepción de la memoria de un tipo de proceso de sólo lectura a un proceso activo que implica actualizaciones continuas y modificaciones de los recuerdos.

## Preguntas de estudio

1. Compare y contraste la memoria de trabajo y la de referencia.
2. Describa el procedimiento de igualación demorada a la muestra y las estrategias alternativas que se pueden utilizar para responder con precisión en un procedimiento de este tipo. ¿Cómo se pueden distinguir experimentalmente estas estrategias de respuesta?
3. Describa las tareas de aprendizaje espacial y los mecanismos que se han utilizado para explicar el desempeño eficiente en este tipo de situaciones.
4. Describa cómo se pueden diferenciar experimentalmente la codificación retrospectiva y la prospectiva.
5. Explique el fenómeno del olvido dirigido y lo que nos dice acerca de los procesos de memoria.
6. Describa la consolidación de la memoria y las explicaciones de falla de recuperación de la amnesia retrógrada y qué pruebas se pueden utilizar para apoyar una u otra hipótesis.
7. Compare y contraste puntos de vista tradicionales y contemporáneos sobre el almacenamiento de la memoria y el recuerdo, y las implicaciones de estos puntos de vista para la exactitud de los recuerdos.

## Términos clave

**adquisición** Etapa inicial del procesamiento de la información en la cual algo se aprende por primera vez.

**amnesia** Pérdida de la memoria. (Ver también *amnesia retrógrada*).

**amnesia retrógrada** Gradiente de pérdida de memoria que se remonta al tiempo en que ocurre una lesión cerebral o trastornos del sistema nervioso. La amnesia es mayor para los acontecimientos que tuvieron lugar cerca del momento de la lesión y menor para los acontecimientos vividos anteriormente.

**antropomorfismo** Interpretación del comportamiento complejo en animales no humanos basada en la suposición de que estos animales tienen los mismos pensamientos, emociones e intenciones que la gente puede tener en circunstancias similares. Las explicaciones antropomórficas dificultan la comprensión, ya que ponen demasiado énfasis en la experiencia humana consciente y con frecuencia son aceptadas sin prueba experimental.

**claves de recuperación** Estímulos relacionados con una experiencia que facilitan la recuperación de otra información relacionada con esa experiencia.

**codificación del estímulo** Forma en que se representa un estímulo en la memoria.

**codificación prospectiva** Memoria de codificación para un evento futuro o respuesta esperados.

**codificación retrospectiva** Codificación de la memoria para un evento o una respuesta vivida anteriormente. También se le denomina *retrospección*.

**cognición comparada** Construcciones y modelos teóricos utilizados para explicar aspectos de la conducta en diversas especies de animales que no se pueden caracterizar fácilmente en términos de mecanismos E–R simples. Estos mecanismos no suponen la existencia de la conciencia, el conocimiento o la intencionalidad.

**consolidación de la memoria** Establecimiento de un recuerdo en forma relativamente permanente, o transferencia de información de un estado activo o de corto plazo a un estado inactivo o de largo plazo.

**etología cognitiva** Rama de la etología que asume que la conciencia, el conocimiento y la intencionalidad se pueden deducir de la complejidad, la flexibilidad y la inteligencia de ciertas formas de conducta.

**falla de la memoria** Incapacidad para recordar con precisión algo de la memoria. La falla de la memoria puede producirse porque la información nunca fue adquirida en primer lugar (déficit de adquisición), porque se perdió durante el intervalo de retención (déficit de retención u olvido) o porque no puede ser recuperada (déficit de recuperación).

**falla de recuperación** Déficit en la recuperación de información almacenada en la memoria.

**interferencia proactiva** Interrupción de la memoria causada por la exposición a estímulos antes del evento a recordar.

**interferencia retroactiva** Interrupción de la memoria causada por la exposición a estímulos tras el evento a recordar.

**intervalo de retención** Tiempo entre la adquisición de información y una prueba de memoria para esa información.

**memoria** Término utilizado para caracterizar los casos en que la conducta actual de un organismo está determinada por algún aspecto de su experiencia previa.

**memoria de referencia** Retención a largo plazo de la información básica necesaria para el uso exitoso de la información entrante y recientemente adquirida. (Compárese con *memoria de trabajo*).

**memoria de trabajo** Retención temporal de la información que se necesita para una respuesta exitosa en la tarea en cuestión, pero no en tareas similares posteriores (o previas). (Compárese con la *memoria de referencia.*)

**memoria episódica** Memoria para un evento o episodio específicos que incluye información sobre lo que ocurrió y cuándo y dónde tuvo lugar el evento, en contraste con la memoria de hechos generales o formas de hacer las cosas.

**memoria procedimental** Memoria para las habilidades cognitivas y conductuales aprendidas que se realiza de forma automática, sin necesidad de un control consciente. A menudo reflejará los conocimientos acerca de las relaciones invariantes en el medio ambiente, como la contigüidad EC–EI (condicionamiento clásico) o la contigüidad respuesta-reforzador (condicionamiento instrumental).

**olvido** Imposibilidad para recordar información previamente adquirida, porque la información no se almacenó en el sistema nervioso.

**olvido dirigido** Olvido que se produce debido a un estímulo (una señal de olvido) que indica que la memoria de trabajo no se pondrá a prueba en ese ensayo. El olvido dirigido es interesante debido a que es un ejemplo del control de la memoria por el estímulo.

**procedimiento de ensayo único** Procedimiento de igualación a la muestra en el que se utilizan diferentes estímulos muestra y de comparación en cada ensayo.

**procedimiento de igualación demorada a la muestra** Procedimiento en el que los participantes se ven reforzados por la selección de un estímulo de prueba que es igual a un estímulo muestra presentado al inicio del ensayo tiempo antes.

**prospección** Es lo mismo que *codificación prospectiva.*

**reconsolidación** Proceso de estabilización o consolidación de un recuerdo reactivado. La interrupción de esta reconsolidación puede conducir a la modificación o pérdida de la memoria original.

**recuperación** Recuperación de la información almacenada en la memoria.

**repaso** Mantenimiento de la información en un estado activo, disponible para influir en la conducta o en el procesamiento de otra información.

**retrospección** Es lo mismo que *codificación retrospectiva.*

**ventana de consolidación** Periodo limitado después de la activación de un recuerdo en el que la memoria está sujeta a modificaciones por nueva información o por intervenciones neurales o farmacológicas.

**viaje mental en el tiempo** Capacidad de proyectar la propia experiencia hacia el futuro (prospección) o al pasado (retrospección).

CAPÍTULO 12

# Cognición comparada II: temas especiales

**Almacenamiento y recuperación de alimentos**
Memoria espacial en el almacenamiento y recuperación de alimentos
Memoria episódica en el almacenamiento y recuperación de alimentos
**Estimación temporal**
Técnicas para el estudio del control temporal de la conducta
Propiedades del control temporal de la conducta
Modelos de estimación temporal
**Aprendizaje del orden serial**
Posibles bases para el desempeño en orden serial
Técnicas para el estudio del aprendizaje del orden serial
**Categorización y aprendizaje de conceptos**
Aprendizaje de conceptos perceptuales
Aprendizaje de conceptos de nivel superior
Aprendizaje de conceptos abstractos
**Uso de herramientas en animales no humanos**
**Aprendizaje del lenguaje en animales no humanos**
Los primeros intentos en el entrenamiento del lenguaje
Procedimientos para el entrenamiento del lenguaje
Componentes de la habilidad lingüística
Evidencias de "gramática" en los grandes simios
Preguntas de estudio
Términos clave

## VISTA PRELIMINAR DEL CAPÍTULO

Este último capítulo explora diversas áreas de investigación contemporánea en la cognición comparada. Comenzamos con la investigación sobre la notable capacidad mostrada por algunas especies de aves para recuperar alimentos que previamente almacenaron en diversos lugares. Los estudios sobre el almacenamiento de alimentos constituyen una fuente importante de información sobre la memoria espacial y la memoria episódica en especies no humanas. A continuación nos ocupamos de cómo la conducta puede organizarse en el tiempo, una característica ubicua del medio ambiente, y cómo los organismos aprenden el orden serial de los estímulos, un requisito previo para la habilidad numérica. En seguida se describe la investigación sobre la categorización y el aprendizaje de conceptos en las especies no humanas. Esta rica área de investigación se amplía con base en los estudios de los conceptos perceptuales, y los conceptos abstractos y de nivel superior, todos los cuales son necesarios para el lenguaje. Luego se analiza la investigación sobre el uso de herramientas, con énfasis en la investigación reciente sobre los cuervos de Nueva Caledonia. El capítulo concluye con lo que puede ser la más compleja de las conductas cognitivas: el lenguaje. Como veremos, en realidad el lenguaje representa un conjunto de habilidades cognitivas, algunas de las cuales son claramente evidentes en numerosas especies no humanas.

Los diversos aspectos de la conducta analizados en este capítulo no representan todas las reflexiones de un mecanismo subyacente común, ni son todos los que participan en la solución de un problema de conducta común o de desafío a la supervivencia. Más bien implican grandes áreas contemporáneas de investigación sobre la cognición animal que han estimulado gran interés. Los procesos cognitivos involucrados en estos fenómenos fueron considerados originalmente como característicos principalmente de la conducta humana. Además, cada una de estas áreas de investigación ha estimulado una controversia considerable.

La polémica se ha centrado en determinar si los procesos cognitivos complejos deben ser postulados para explicar las diversas habilidades que los investigadores han descubierto en aves y mamíferos. Quienes se oponen a las interpretaciones cognitivas argumentan que los fenómenos pueden ser explicados por las formas tradicionales del aprendizaje asociativo. Por el contrario, los defensores de dichas interpretaciones señalan que los mecanismos cognitivos proporcionan explicaciones más sencillas para los fenómenos y son más productivos en la estimulación de la nueva investigación. El trabajo en esta área ha convalidado con creces esta última justificación. Sin una perspectiva cognitiva, gran parte de la investigación que se describe en este capítulo no se habría realizado, y muchos fenómenos no se habrían descubierto.

Los fenómenos descritos en este capítulo son sólo ejemplos de áreas importantes de la investigación contemporánea sobre la cognición comparada. De hecho, uno de los principales retos al resumir los últimos acontecimientos ha radicado en seleccionarlos entre los numerosos temas actualmente bajo investigación. Muchos tópicos importantes como la atención, el razonamiento causal, el aprendizaje por observación, la inteligencia social y la metacognición debieron ser omitidos en aras del espacio. Para discusiones más amplias de la cognición comparada, ver Shettleworth (2010), y Zentall y Wasserman (2012).

## Almacenamiento y recuperación de alimentos

Comenzamos con la investigación sobre el almacenamiento y recuperación de alimentos. Numerosas especies de aves y mamíferos guardan alimentos en diversos lugares durante tiempos de abundancia, y posteriormente acuden a estos escondites para recuperarlos (por ejemplo, De Kort *et al*, 2012; Kamil y Gould, 2008; Sherry, 1985). Un ejemplo notable de recuperación es proporcionado por el cascanueces de Clark (*Nucifraga columbiana*) (Balda y Turek, 1984; Kamil y Balda, 1990). Estas aves viven en áreas alpinas del oeste de Estados Unidos y cosechan las semillas del cono de los pinos (piñas) al final del verano e inicio del otoño. Luego las esconden en almacenes subterráneos y las recuperan meses más tarde en el invierno y la primavera, cuando otras fuentes de alimento son escasas. Un cascanueces puede almacenar hasta 33,000 semillas en alijos de cuatro o cinco semillas cada una y recuperar varios miles de ellas durante el invierno siguiente.

La conducta de almacenaje se relaciona con factores ecológicos y varía considerablemente en las especies y entre las diferentes poblaciones de la misma especie. Por ejemplo, Pravosudov y Clayton (2002) compararon el almacenamiento y recuperación de alimentos en dos poblaciones de carboneros de capucha negra (*Pecile atricapilla*): unos viven en Colorado y otros en Alaska. Aunque ambos ambientes enfrentan inviernos crudos, el clima en Alaska es más difícil. Aves de ambas poblaciones fueron llevadas a laboratorio y probadas bajo condiciones comunes. Los resultados evidenciaron que los carboneros de Alaska almacenan más alimentos y son más eficientes en su recuperación. También mostraron un mejor desempeño en una tarea de memoria espacial no almacenadora, pero no eran mejores que los carboneros de Colorado en una tarea de aprendizaje no espacial.

El almacenamiento y recuperación de alimentos depende de muchos factores diferentes. En primer lugar, es necesario decidir qué artículos alimenticios guardar. El aprovisionamiento de perecederos no es útil a menos que vayan a tomarse pronto. Los artículos no perecederos permanecerán comestibles durante un resguardo más largo. Entonces se necesita decidir dónde almacenarlos, porque el lugar tiene que ser recordado al momento de la recuperación. Esto también incluye un componente social: el almacenamiento de comestibles sólo es útil si el que

los guardó, y no un competidor, llega a comer lo acaparado. La decisión de almacenar puede estar influida por la presencia de un competidor que podría robar la comida (Dally, Emery y Clayton, 2006). La ubicación del escondite elegido también suele depender de la facilidad con la que los competidores puedan encontrarlo.

Algo similar ocurre al momento de la recuperación. Se tiene que decidir cómo buscar los alimentos almacenados, si se hará en presencia de un competidor, qué alimentos recobrar primero, y si se comerá lo que se recupere o se guardará en otro lugar. Dadas las diferencias que existen entre las especies en la conducta de almacenamiento de alimentos y la complejidad de los procesos involucrados en la faena, con este sistema conductual pueden ser examinados muchos tipos diferentes de preguntas. Por tanto, el almacenamiento y la recuperación de alimentos se ha convertido en una rica fuente de información sobre la cognición comparada (De Kort *et al*, 2012; Kamil y Gould, 2008).

## Memoria espacial en el almacenamiento y recuperación de alimentos

Los estudios de laboratorio sobre la recuperación normalmente están diseñados con el fin de aislar una o dos variables para permitir un examen detallado de cómo estas variables contribuyen al almacenamiento y rescate de los alimentos. Numerosos estudios se han centrado en cuestiones relacionadas con el aprendizaje espacial y la memoria espacial (por ejemplo, Kamil y Gould, 2008). Las ideas teóricas y los controles experimentales necesarios para estudiar la memoria espacial en el almacenamiento y recuperación de comestibles son similares a los analizados en el capítulo 11 para otras formas de memoria espacial. Antes de aceptar la conclusión de que la memoria de localizaciones espaciales específicas está involucrada, deben descartarse otras posibilidades.

Una posibilidad indicaría que las aves encuentran escondites cuando buscan al azar entre sitios plausibles de almacenaje. Otra posibilidad señalaría que guardan los alimentos sólo en determinado tipo de ubicaciones y luego vuelven a estos lugares preferidos para recuperarlos sin recordar específicamente que los colocaron allí. También es posible que marquen los sitios de resguardo de alguna manera y luego busquen estas marcas a la hora de recuperar la comida. Otra posibilidad indicaría que son capaces de oler o ver los productos almacenados e identificar los escondites por el olor.

Descartar interpretaciones ajenas a la memoria ha requerido experimentos de laboratorio cuidadosamente controlados (por ejemplo, Kamil y Balda, 1990; Sherry, 1984; Sherry, Krebs y Cowie, 1981; Shettleworth y Krebs, 1986). En uno de esos estudios, Kamil y Balda (1985) probaron con cascanueces de Clark en una habitación que tenía empotradas 180 tazas de arena en un piso especial (ver el panel izquierdo de la figura 12.1). Después de la habituación a la situación experimental y mientras estaban hambrientos, se previeron tres sesiones para los pájaros en las que podían almacenar semillas de pino piñonero en las tazas de arena. Sólo estaban disponibles 18 tazas durante cada sesión de almacenamiento en el escondite; el resto se cubrió con tapas. Este procedimiento obligó a las aves a guardar comida en tazas seleccionadas al azar por el experimentador en vez recurrir a tazas o lugares que podrían haber encontrado especialmente atractivos.

A partir de los 10 días en que las semillas fueron almacenadas por los cascanueces, se efectuaron cuatro sesiones de recuperación en los días sucesivos. Durante estas sesiones ninguna de las 180 tazas de arena se cubrió con una tapa, pero las semillas se encontraban sólo en aquellas donde las aves previamente habían almacenado el producto. Los resultados se resumen en el panel derecho de la figura 12.1. Observe que, en promedio, las aves se desempeñaron mucho mejor que al azar acudiendo a las tazas donde previamente guardaron el alimento. Las ubicaciones correctas no pudieron ser identificadas debido a la arena removida, porque los experimentadores la barrían suavemente al comienzo de cada sesión de recuperación. Otras pruebas mostraron que los lugares correctos no fueron identificados por el olor de las semillas enterradas en la arena, porque las aves visitaron lugares donde previamente las habían reservado, incluso si el experimentador las retiraba antes de la sesión de prueba. Estos estudios de control indican que la recuperación de los escondites refleja la memoria espacial. En otros experimentos, Balda y Kamil (1992) encontraron que la memoria del cascanueces en

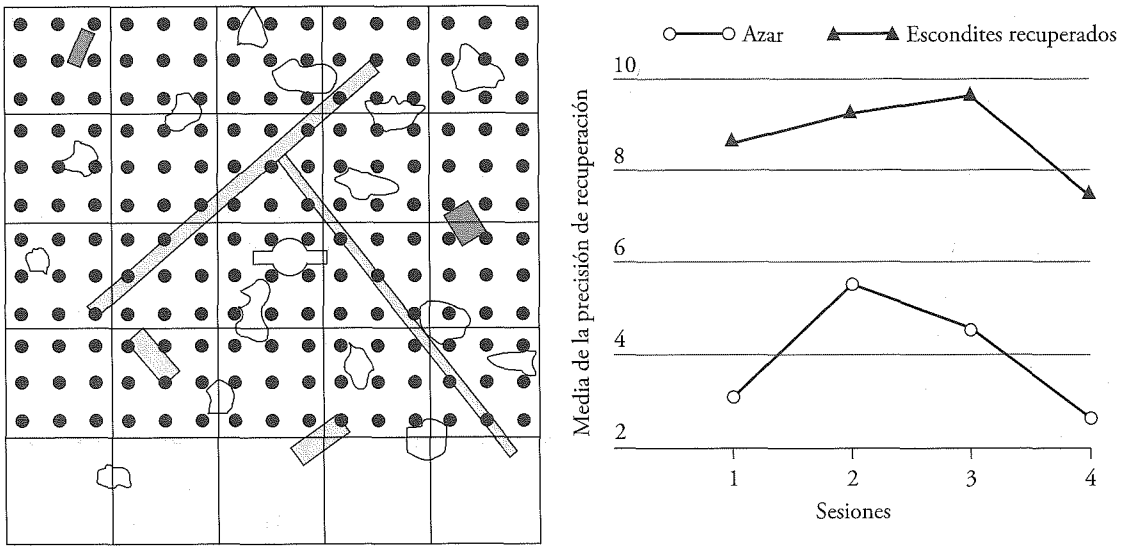



**FIGURA 12.1** Panel izquierdo: esquema de la base del aparato utilizado por Kamil y Balda (1985) para probar la memoria espacial de los cascanueces de Clark. Los círculos negros representan las tazas de arena. Otros símbolos representan rocas, troncos y un alimentador en medio. Panel derecho: la precisión de la recuperación, en comparación con el azar, durante cuatro sesiones de recuperación sucesivas comenzó 10 días después de que las aves almacenaron semillas de pino (Kamil y Balda, 1985).

torno a la ubicación espacial de los alimentos escondidos permanece tanto como 285 días (el intervalo de retención más largo estudiado).

## Memoria episódica en el almacenamiento y recuperación de alimentos



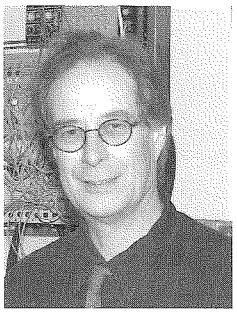
Cortesía de N. S. Clayton

N. S. Clayton

El paradigma del almacenamiento y recuperación de los alimentos ha atraído una gran atención en los últimos años para el estudio de la memoria episódica en especies no humanas (Clayton, Bussey y Dickinson, 2003; Salwiczek, Watanabe y Clayton, 2010). La memoria episódica es el registro de un suceso o episodio específico, en contraste con la memoria de hechos generales o de maneras de hacer las cosas. Muchos de nosotros podemos recordar la ocasión en que caminamos por el escenario durante nuestra graduación o cuando asistimos a la boda de un buen amigo. También tenemos recuerdos de episodios más comunes, como la reunión con un compañero de la universidad por primera vez, o una primera cita con alguien. Los recuerdos episódicos pueden ser ricos en detalles. Usted puede recordar *qué* sucedió, *dónde* sucedió y *cuándo* sucedió. Es como revivir la experiencia del pasado, pero es consciente de que ocurrió en el pasado y que está recordándolo. Esta toma de conciencia es el componente fenomenológico de la memoria episódica.

Las afirmaciones de que la memoria episódica es un rasgo exclusivamente humano motivaron a los psicólogos comparativos a estudiarla en los animales (por ejemplo, Tulving, 1983). A partir de Darwin, asegurar que algo es exclusivamente humano ha sido un *llamado a las armas* para los científicos que estudian la cognición comparada, o al menos ha sido un llamado a examinar la afirmación con ingeniosos experimentos aplicados a especies no humanas. Es poco probable que los científicos encuentren formas de establecer que las especies no humanas experimentan el aspecto fenomenológico de la memoria episódica (sensación de recordar). Sin embargo, la ciencia puede establecer si exhiben las otras características de la memoria episódica. ¿Cuáles son esas *otras* funciones?

Clayton, Bussey y Dickinson (2003) argumentaron que la memoria episódica en especies no humanas debía tener cierto *contenido*. Más específicamente, tenía que incluir información acerca de *qué* sucedió, *cuándo* sucedió y *dónde* sucedió. Por otra parte, la información del qué, el cuándo y el dónde debía estar *integrada* en una representación coherente en lugar de



Cortesía de A. Dickinson

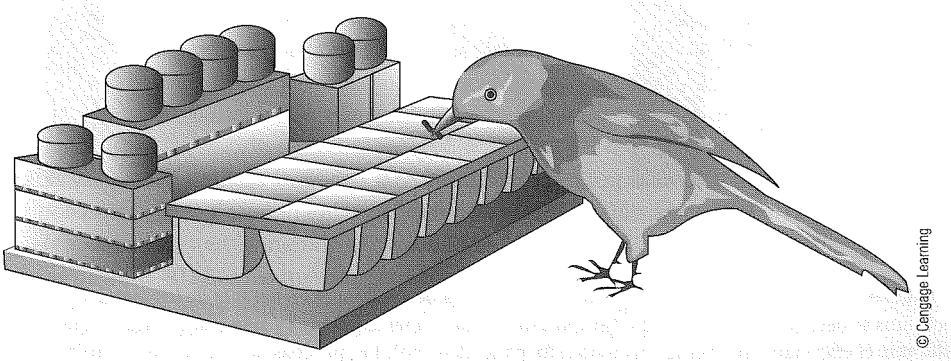
A. Dickinson

en retazos de información independientes. Por último, esta representación integrada de un episodio del pasado debía estar disponible para su *uso flexible* frente a nuevos problemas. Dada la complejidad de estas cuestiones, no es de extrañar que se suscitaran debates sobre los criterios para la memoria episódica y en torno a si alguna de las pruebas disponibles cumple satisfactoriamente con estos criterios (por ejemplo, Roberts, 2002; Zentall, 2005). No obstante, los estudios que emplean el paradigma del almacenamiento y recuperación de los alimentos proporcionan algunas de las mejores pruebas, hasta la fecha, sobre la memoria episódica en especies no humanas (Salwiczek, Watanabe y Clayton, 2010). (Para estudios relacionados con ratas y monos rhesus, ver Crystal, 2010; Hoffman, Beran y Washburn, 2009.)

La urraca de los matorrales occidental es una especie ideal para estudiar cuestiones relacionadas con la memoria episódica, ya que, ocupada en su conducta de almacenamiento durante todo el año, esconde productos perecederos y no perecederos, y fácilmente lleva a cabo estas actividades en el laboratorio. ¿Cómo se pueden aprovechar estas características para estudiar la memoria episódica? Si almacena alimentos diferentes en varios lugares, ¿por qué es importante saber qué tipo de comestibles guarda *dónde*? Si todos los productos alimenticios son igualmente aceptables, entonces no hay razón para no perder de vista dónde se guardan algunos específicos. Sin embargo, si se prefiere una comida sobre otra, entonces conocer la ubicación de cada tipo de alimento será útil porque se podrán recuperar los elementos predilectos primero. Por tanto, mediante la variación de la palatabilidad de la comida se puede examinar la memoria de *qué* se almacenó *dónde*. Recordar *cuándo* se guardó la comida es importante si se trata de un perecedero, ya que no vale la pena recuperarlo si ha pasado mucho tiempo y el artículo ya no es comestible.

Las urracas de los matorrales occidentales prefieren comer gusanos más que cacahuates. Sin embargo, los gusanos son perecederos y se deterioran si se almacenan por mucho tiempo. Clayton y Dickinson (1999) primero realizaron ensayos de práctica con las urracas en los que se les permitió almacenar gusanos (G) y cacahuates (C) en los compartimentos de una bandeja de cubitos de hielo (figura 12.2). Para cada tipo de alimento se utilizó una bandeja diferente. Los recipientes se caracterizaron colocando diferentes objetos a su alrededor. Para permitir que se ocultaran los alimentos, los compartimentos de cada bandeja de hielo estaban llenos de arena. Cada ensayo consistió en dos episodios de almacenamiento u ocultamiento (uno para el maní y el otro para los gusanos, en un orden alternado). Entonces se aplicó un periodo de recuperación de 4 o 124 horas más tarde con las dos bandejas de comida disponibles (figura 12.3). En los ensayos de entrenamiento con un intervalo de retención de 4 horas la comida no se deterioró por el momento en que ocurrió la prueba de recuperación o de elección. Por el contrario, en los ensayos con intervalo de retención de 124 horas los gusanos estaban en muy mal estado debido al tiempo transcurrido para la recuperación.

A medida que el entrenamiento avanzaba, las aves aprendieron a seleccionar los gusanos durante el periodo de recuperación si éste se programaba 4 horas después del almacenamiento. Si la recuperación se producía después de 124 horas, las aves elegían los cacahuates. Sin embargo, considerando que esta conducta podría haber sido desencadenada por la vista o el olfato de los escondites de los cacahuates y los gusanos durante el periodo de recuperación, y



© Cengage Learning

**FIGURA 12.2**
Almacenamiento de alimentos de una urraca de los matorrales occidental. Los alimentos se ocultan en compartimentos de una bandeja de cubitos de hielo llenos de arena. Una bandeja se utilizó para almacenar los gusanos y otra para guardar los cacahuates. Para distinguir las bandejas, cada una se encuentra cerca de un conjunto distintivo de legos.

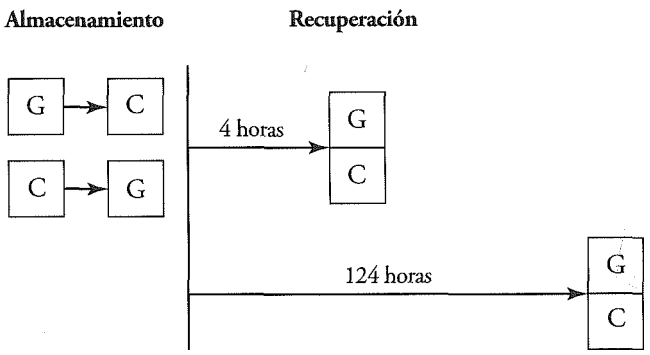



**FIGURA 12.3** Procedimiento utilizado en el entrenamiento de las urracas de los matorrales para que recordaran qué, dónde y cuándo almacenaron los gusanos (G) y los cacahuates (C). (Basado en Clayton y Dickinson, 1999.)

para evitar respuestas basadas en señales visuales u olfativas, se programaron ensayos de prueba al final del experimento durante los cuales se colocó arena fresca en los recipientes y se eliminó toda la comida. Los resultados de estos ensayos se resumen en la figura 12.4. Los datos sobre las urracas que aprendieron que los gusanos se deterioran si se almacenan por 124 horas se presentan en el panel izquierdo. (Este fue el grupo *deteriorado*.) Como era de esperarse, estas aves buscaron más en la bandeja del gusano que en la del cacahuate si la prueba de elección se producía 4 horas después del almacenamiento. En contraste, buscaron más en la bandeja de cacahuates que en la de gusanos si éstos se habían escondido 124 horas antes.

El panel derecho muestra los resultados de un segundo grupo de urracas (*reabastecido*) que recibió una historia de entrenamiento diferente. Al grupo *reabastecido* siempre le fue proporcionado gusano fresco durante los periodos de recuperación o elección de los ensayos de entrenamiento. Por tanto, estas aves no tenían la oportunidad de aprender que los gusanos se deterioran con el tiempo. De acuerdo con su historial de entrenamiento, el grupo *reabastecido* mostró preferencia por los gusanos si éstos fueron almacenados 4 o 124 horas antes de la recuperación o periodo de elección.

En el estudio de Clayton y Dickinson, las urracas de los matorrales no podrían haber localizado los compartimentos en los que la comida fue ocultada si no recordaban *dónde* la

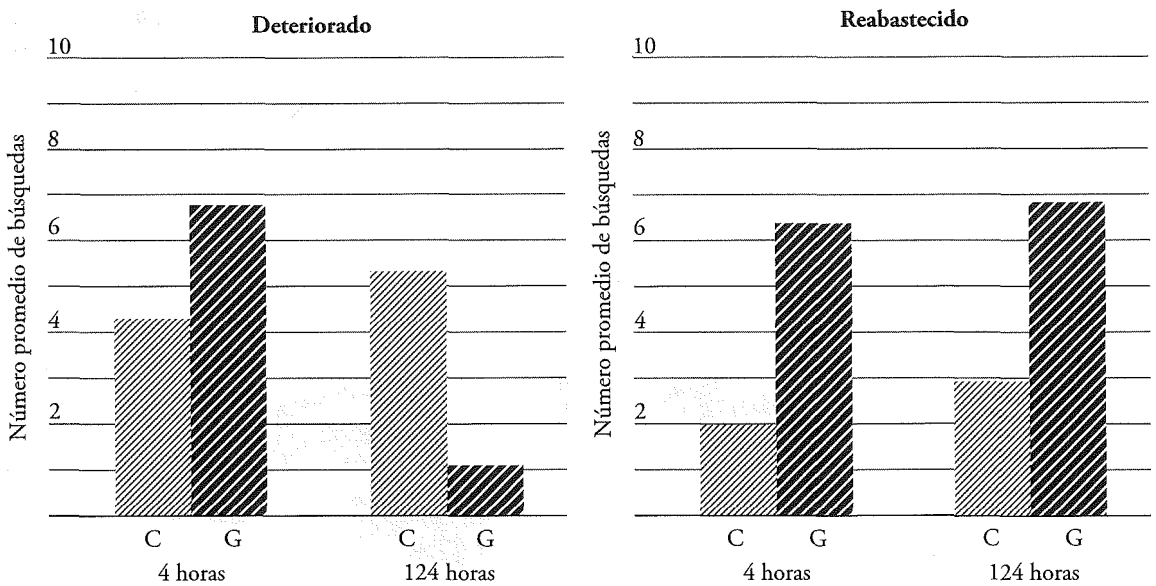



**FIGURA 12.4** Búsqueda de gusanos frente a búsqueda de cacahuates en urracas de los matorrales que previamente aprendieron que los gusanos se deterioran con el tiempo (grupo *deteriorado*, panel izquierdo) y las urracas para las que los gusanos siempre fueron repuestos durante el entrenamiento (grupo *reabastecido*, panel derecho). Las pruebas de elección se llevaron a cabo 4 o 124 horas después del almacenamiento de los gusanos. (Basado en Clayton y Dickinson, 1999.)

reservaron. El hecho de que los pájaros distinguieran entre los sitios de almacenamiento del gusano y del cacahuate indica que recordaron *qué* tipo de comida se guardó en cada sitio. El hecho de que el grupo *deteriorado* cambiara su elección en función de cuánto tiempo hacía que había almacenado los gusanos indica que también recordaba cuándo había guardado la comida. Por tanto, estos resultados evidencian que las urracas de los matorrales son capaces de recordar *qué*, *dónde* y *cuándo* almacenan los alimentos en particular.

Algunos han argumentado que la pérdida de la preferencia por los gusanos almacenados después de un intervalo de retención de 124 horas en el grupo *deteriorado* refleja el decaimiento de la memoria respecto de los gusanos, más que el conocimiento de *cuándo* se llevó a cabo el abastecimiento. Para responder a esta crítica, Kort, Dickinson y Clayton (2005) realizaron un experimento en el que la calidad de los gusanos mejoró como una función del tiempo. Esto es análogo a la maduración del fruto, cada vez mejor con intervalos de retención más largos. Las urracas en este experimento recibieron ensayos de entrenamiento que involucraron almacenamiento de gusanos y cacahuates, seguidos por las oportunidades de recuperación 4 o 28 horas después. La calidad de los cacahuates siguió siendo la misma, independientemente del intervalo de retención, pero los experimentadores pusieron mejores gusanos en los escondites en el intervalo de retención de 28 horas que en el de 4 horas. En estas circunstancias, las aves prefirieron cacahuates en el intervalo de retención corto y gusanos en el intervalo más largo. (Para otros estudios sobre la estructura y flexibilidad de la memoria en los episodios de almacenamiento, consulte Salwiczek, Watanabe y Clayton, 2010.)

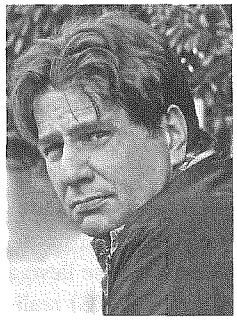
Los estudios de almacenamiento de alimentos con aves han proporcionado una gran cantidad de información acerca de las características de la memoria episódica en una especie no humana. Es poco probable que estos resultados reflejen las especializaciones del resguardo de las provisiones y los sistemas de recuperación. De hecho, los estudios con ratas y monos inspirados en los experimentos con urracas de los matorrales también han demostrado memoria para el qué, el cuándo y el dónde en estas especies de mamíferos (Crystal, 2010; Hoffman *et al*, 2009). Además, la estrategia utilizada en estos experimentos con especies no humanas puede extenderse al examen de las características de la memoria episódica en los bebés humanos, que son demasiado jóvenes para rendir informes verbales sobre lo que recuerdan (por ejemplo, Clayton y Russell, 2009; Salwiczek *et al*, 2010). Los experimentos con urracas de los matorrales han abierto nuevas y emocionantes investigaciones que desafían la noción de que la memoria episódica es una característica única de la cognición humana que depende del lenguaje. (Para otros enfoques del estudio comparativo de este tópico, consulte Eichenbaum *et al*, 2012; Zentall, Singer y Stagner, 2008.)

## Estimación temporal

El siguiente tema que abordaremos es el tiempo. La estimación temporal es relevante para prácticamente todos los aspectos de la conducta. Todo ocurre a través del tiempo. Algunos eventos suceden muy cercanamente en el tiempo, y otros están separados por intervalos más largos. En cualquier caso, los efectos de los estímulos y eventos están determinados por su duración y distribución en el tiempo.

Nuestras discusiones anteriores del condicionamiento y el aprendizaje involucran muchos fenómenos que reflejan la ubicación temporal de los eventos. La habituación, la sensibilización y la recuperación espontánea de la habituación (capítulo 2) son todos efectos dependientes del tiempo. El condicionamiento pavloviano depende fundamentalmente de la relación temporal entre los estímulos condicionado e incondicionado (capítulo 3); en el condicionamiento instrumental subyace la relación temporal entre la respuesta y el reforzador (capítulo 5), y algunos programas de reforzamiento implican factores temporales importantes (capítulo 6). También hay importantes efectos dependientes del tiempo en la extinción (capítulo 9), la evitación y el castigo (capítulo 10), y en la memoria (capítulo 11).

En los últimos 40 años los mecanismos conductuales y cognitivos responsables del control temporal de la conducta han sido objeto de investigación empírica y de un vigoroso debate teórico (Church, 2012; Crystal, 2012; Jozefowiez y Staddon, 2008; Lejeune y Wearden, 2006). Los investigadores también están trabajando en la identificación de los circuitos neuronales



Cortesía de Warren Meck

Warren Meck

implicados en la estimación del tiempo, y están estudiando cómo el control temporal de la conducta está influido por sistemas de neurotransmisores y agentes farmacológicos (ver Buhusi y Meck, 2005; Coull, Cheng y Meck, 2011; Galtress, Marshall y Kirkpatrick, 2012).

Los intervalos de tiempo que son significativos para los sistemas biológicos varían mucho en escala. El ciclo día-noche de 24 horas es uno de los ciclos de tiempo más importantes para los sistemas biológicos. Otros intervalos de tiempo importantes operan en el orden de fracciones de segundo (por ejemplo, los diferentes componentes de los latidos del corazón). Intervalos en el rango de segundos (y ocasionalmente minutos) son importantes en los procedimientos del condicionamiento. La estimación temporal en este orden, referida como estimación de intervalos, ha sido foco de los investigadores del aprendizaje. (En contraste, consulte Pizzo y Crystal, 2007, para un estudio de las ratas que aprenden en un intervalo de dos días.)

Un requisito metodológico fundamental en los estudios de la estimación temporal es asegurarse de que el paso del tiempo no se correlaciona con un estímulo externo, como el ruido de un reloj o el aumento gradual de la luz que se produce cuando el Sol sale por la mañana. Las situaciones experimentales deben establecerse cuidadosamente para eliminar los estímulos externos relacionados con el tiempo que pudieran alertar inadvertidamente al organismo y suscitar respuestas precisas sin el uso de un proceso de estimación temporal interno. Este requisito metodológico es similar a lo que encontramos en las pruebas de memoria. Al igual que en estas pruebas, las de estimación temporal deben diseñarse para asegurar que la conducta está mediada por el proceso cognitivo interno de interés y no por huellas o señales externas.

## Técnicas para el estudio del control temporal de la conducta

Se han desarrollado varias técnicas poderosas para investigar la estimación temporal en animales humanos y no humanos. Algunas implican la **estimación de la duración**. Una tarea de estimación de la duración es básicamente un procedimiento de discriminación en el que el estímulo discriminativo es la duración de un evento. Por ejemplo, un estudio (Fetterman, 1995) utilizó un procedimiento de igualación a la muestra modificado. Las palomas fueron entrenadas en una cámara experimental con tres teclas para picoteo dispuestas en una fila. El estímulo muestra al inicio de la prueba consistió en una luz ámbar presentada en la tecla central, ya sea por 2 segundos o 10 segundos. La muestra fue seguida por el encendido de una tecla lateral con luz roja y la otra tecla lateral con luz verde. Si la muestra era corta (de 2 segundos de estímulo), se reforzaban los picotazos en la tecla roja. Si la muestra era larga (estímulo de 10 segundos), se reforzaban los picotazos en la tecla verde. Las palomas, las ratas y los humanos aprenden a realizar con precisión tales tareas sin demasiada dificultad. Una vez que la discriminación temporal está bien establecida, se pueden examinar los límites de esta discriminación probando a los participantes con duraciones de muestra que son más similares que las duraciones del entrenamiento. (Para estudios relacionados, consulte De Carvalho y Machado, 2012; Santi, Hoover y Simmons, 2011).

Otra técnica importante para el estudio de la estimación temporal, el **procedimiento de pico**, implica la **producción de la duración** en vez de su estimación. Cada ensayo se inicia con la presentación de un estímulo discriminativo (un ruido o una luz). Después de un intervalo de tiempo especificado, una bolita de comida está configurada o preparada, lista para su entrega. Una vez que se ha establecido la bolita alimenticia, el participante puede obtenerla ejecutando una respuesta instrumental designada. Por tanto, el procedimiento de pico es una variación discreta del ensayo de un programa de intervalo fijo. (Los programas de intervalo fijo fueron introducidos en el capítulo 6.)

Un estudio clásico de Roberts (1981) ilustra muy bien el uso del procedimiento de pico para investigar la estimación temporal en ratas de laboratorio. Los participantes fueron evaluados en una cámara estándar alojada en una carcasa que atenuaba el sonido para reducir al mínimo los estímulos externos. Algunos ensayos comenzaron con una luz, y otros con un ruido. En presencia de la luz, la comida se colocó después de 20 segundos, y en presencia del ruido, después de 40 segundos. La mayoría de los ensayos terminó cuando las ratas respondieron y obtuvieron la bolita de alimento; sin embargo, algunos ensayos fueron designados de prueba y continuaron durante 80 segundos o más concluyendo sin recompensa de

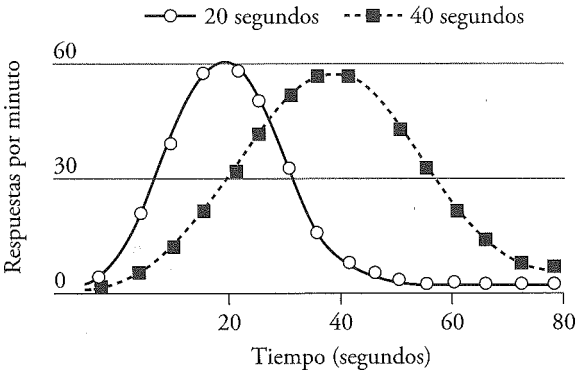



**FIGURA 12.5** Tasa de respuesta en varias ocasiones durante ensayos de prueba no reforzados. Durante el entrenamiento, el alimento estuvo disponible para su entrega después de 20 segundos en presencia de un estímulo (línea continua) y después de 40 segundos en presencia de otro estímulo (línea discontinua). (Basado en "Isolation of an Internal Clock", S. Roberts, 1981, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 7*, pp. 242-268.)

comida. Estos ensayos extra prolongados fueron incluidos para ver cómo respondían las ratas después de que la hora habitual del refuerzo había pasado.

La figura 12.5 resume los resultados de la experiencia en términos de tasas de respuesta en varios puntos de los ensayos de prueba. Durante la señal de 20 segundos, la tasa más alta de respuesta se produjo a casi 20 segundos de iniciado el ensayo. Del mismo modo, durante la señal de 40 segundos, la tasa más alta de respuestas se produjo alrededor de los 40 segundos de haber iniciado el ensayo. Los resultados fueron muy ordenados. Las tasas de respuesta máxima se produjeron cerca de las veces que la comida estuvo disponible durante el entrenamiento, con índices evidentes más bajos antes y después de ese punto. Estas características hacen el procedimiento de pico especialmente útil para los estudios de estimación temporal. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que resultados como los mostrados en la figura 12.5 surgen sólo después de un amplio entrenamiento, y se basan en un promedio de numerosos ensayos de prueba no reforzados. (Para un análisis más detallado, ver Balci *et al*, 2009.)

En los últimos años ha llegado a ser popular una variación del procedimiento de pico que implica menos entrenamiento. En este procedimiento, se entrega alimento gratis en un comedero en un tiempo fijo (por ejemplo, 40 segundos) después del comienzo de cada prueba. Las ratas aprenden este intervalo predecible y revisan el comedero cada vez con mayor frecuencia cuando se acerca el momento de la próxima entrega. (Hablamos de este tipo de condicionamiento en el capítulo 3.) El control temporal de la conducta se hace evidente en la frecuencia con la que la rata asoma la cabeza en el comedero y no con las pulsaciones de palanca reforzadas con alimento (por ejemplo, Kirkpatrick y Church, 2003). De nuevo, la respuesta máxima se produce cerca del momento de la entrega de comida.

## Propiedades del control temporal de la conducta

Se han examinado numerosas preguntas interesantes en los esfuerzos por comprender mejor el control temporal de la conducta. Una pregunta importante consiste en determinar si los organismos responden a intervalos de tiempo en términos de sus duraciones absolutas o relativas. Por ejemplo, consideremos distinguir entre 3 y 9 segundos. Si tratamos los intervalos en términos de sus valores absolutos, consideraríamos que 9 segundos son 6 segundos más largos que 3 segundos. Por el contrario, si tratamos los intervalos en términos de sus valores relativos, consideraríamos que 9 segundos es tres veces más grande que 3 segundos. Numerosos estudios han demostrado que los organismos responden a los valores relativos de los intervalos de tiempo. Por tanto, una discriminación entre 3 y 9 segundos es similar en dificultad a una discriminación entre 9 y 27 segundos. Si se conserva el valor relativo de los intervalos, las tareas son equivalentes. Las unidades de una escala de tiempo son invariables siempre y cuando cada unidad represente la misma proporción del intervalo medido. Esta propiedad recibe el nombre de **invariancia escalar**. (Para una revisión de la invariancia escalar, ver Lejeune y Wearden, 2006.)

Consideremos de nuevo los resultados presentados en la figura 12.5. Como se señaló anteriormente, en un estímulo la respuesta fue reforzada a los 20 segundos en el ensa-

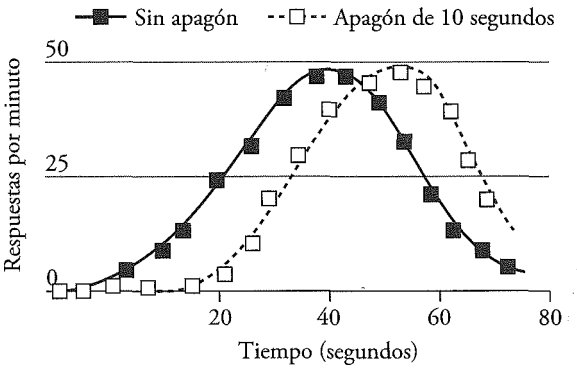



**Figura 12.6** Tasa de respuesta como una función del tiempo durante una señal en presencia de la cual el alimento se colocó después de 40 segundos. En algunos ensayos la señal se interrumpió durante un periodo de apagón de 10 segundos (línea discontinua). En otros ensayos no ocurrió ningún apagón (línea continua). (Basado en "Isolation of an Internal Clock", S. Roberts, 1981, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 7,* pp. 242-268.)

yo, mientras que durante el otro estímulo la respuesta fue reforzada a los 40 segundos. La invariancia escalar hace hincapié en la relación proporcional entre los estímulos de 20 y 40 segundos. Debido a que el más largo representa el doble del valor del más corto, la respuesta máxima se produjo en aproximadamente el doble de la duración para el estímulo más largo. Al examinar la figura 12.5 también se hace evidente que el ancho de la curva de 40 segundos es aproximadamente el doble del ancho de la curva de 20 segundos. Esta es otra manifestación de la invariancia escalar. La variabilidad en las tasas de respuesta es proporcional al valor del intervalo que está siendo estimado.

Otra cuestión en la que los investigadores se han interesado se basa en qué sucede cuando se interrumpe un intervalo temporal. ¿Continúa el proceso de estimación temporal durante la interrupción, o éste también se suspende? Roberts (1981) llevó a cabo uno de los primeros experimentos que abordaron esta cuestión. La cámara experimental utilizada era normalmente oscura. Cada ensayo se inició con la aparición de una luz, y la comida se colocó 40 segundos después del comienzo del ensayo. En pruebas especiales sin la comida como reforzamiento, la luz se apagó durante 10 segundos a los 10 segundos de iniciado el ensayo. Roberts estaba interesado en saber cómo influyó la interrupción cuando las ratas mostraron su respuesta pico.

La figura 12.6 muestra las distribuciones resultantes de las tasas de respuesta en varios momentos durante los ensayos con y sin los 10 segundos de descanso. La introducción de esta pausa desplazó la tasa de intensidad de la respuesta hacia la derecha por un poco más de 10 segundos (13.3 segundos, para ser exactos). Estos resultados sugieren que el proceso de estimación temporal se interrumpió cuando se introdujo el descanso. Parte de la información sobre el tiempo transcurrido se perdió durante la pausa, pero cuando la luz se volvió a encender, el proceso de estimación temporal continuó desde donde se había dejado. Si la interrupción hubiera restablecido el proceso de estimación a cero, la intensidad de la respuesta se habría desplazado hacia la derecha por 20 segundos en los ensayos con descanso. (Para un estudio reciente de los efectos de la brecha en el pico del procedimiento de estimación temporal, consulte Swearingen y Buhusi, 2010.)

## Modelos de estimación temporal

¿Cuáles serían ser los detalles de un mecanismo que permite a los organismos responder basándose en la información temporal? Esta ha sido una de las cuestiones teóricas más espinosas de la teoría conductual. La pregunta se ha examinado y debatido vigorosamente durante más de 40 años (por ejemplo, Church, 2012; Cheng y Crystal, 2008; Machado, Malheiro y Erlhagen, 2009). El tiempo no es una realidad física. Es una invención humana que nos ayuda a caracterizar ciertos aspectos de nuestro medio ambiente. No se puede *ver* un intervalo de tiempo; sólo pueden verse los eventos que comienzan y terminan en el intervalo. Teniendo en cuenta que el tiempo mismo es una abstracción conceptual, los modelos de estimación temporal también tienden a ser bastante abstractos.

***Teoría de la expectativa escalar*** La teoría más influyente de la estimación temporal consiste en un modelo de procesamiento de la información propuesto por Gibbon y Church

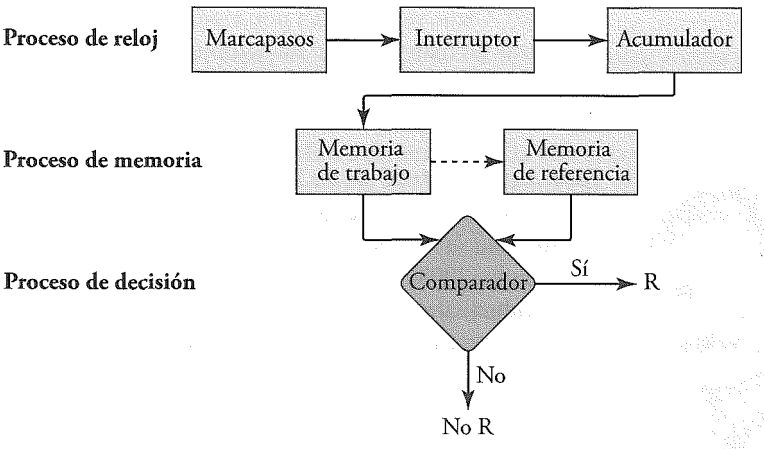
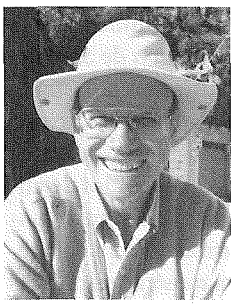



**FIGURA 12.7**
Diagrama de la teoría de la expectativa escalar para la estimación temporal. (Basado en "Sources of Variance in an Information Processing Theory of Timing", J. Gibbon y R. M. Church, en H. L. Roitblat, T. G. Bever y H. S. Terrace (eds.), 1984, *Animal cognition.*)

(1984), conocido como *teoría de la expectativa escalar* (TEE) (ver Church, 2003, para un resumen). Este modelo ha servido como el estándar contra el cual se evalúan otros modelos. Sus diferentes componentes se esquematizan en la figura 12.7, pero está escrito formalmente en términos matemáticos y no conceptuales. Una de sus características importantes radica en que incorpora la propiedad de invariancia escalar que hemos comentado anteriormente. Como se muestra en la figura, el modelo considera que el control temporal de la conducta es resultado de tres procesos independientes: un proceso de reloj, un proceso de memoria y un proceso de decisión.


Cortesía de R. M. Church

R. M. Church

El *proceso de reloj* proporciona información acerca del tiempo transcurrido. Uno de sus componentes clave es un marcapasos, que genera impulsos a una cierta velocidad (algo así como un metrónomo). Los impulsos del marcapasos alimentan un interruptor, que se abre al comienzo del intervalo que será cronometrado. Abrir el interruptor permite al pulso del marcapasos dirigirse a un acumulador que cuenta cuántos pulsos pasan a través suyo. Cuando el intervalo a ser cronometrado termina, el interruptor se cierra, bloqueando así cualquier acumulación de nuevos pulsos. Así, el acumulador suma el número de impulsos generados durante el intervalo de tiempo. Cuanto mayor es el número de impulsos acumulados, mayor es el intervalo.

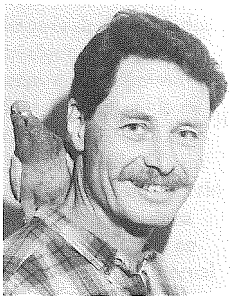
El número de impulsos acumulados se retransmite entonces al proceso de memoria. De este modo, el proceso de memoria obtiene información acerca de la duración del estímulo actual. Esta información se almacena en la memoria de trabajo. Se supone que el *proceso de memoria* también contiene información sobre la duración de estímulos similares en la memoria de referencia a partir de entrenamientos pasados. El contenido de las memorias de trabajo y de referencia se comparan entonces en el *proceso de decisión*, y esta comparación proporciona la base para la respuesta del individuo. Por ejemplo, en el procedimiento de pico, si la información del tiempo en la memoria de trabajo coincide con la información de la memoria de referencia relativa a la disponibilidad del reforzamiento, la decisión es responder, pero si la información no coincide lo suficiente, la decisión es no responder. Este mecanismo produce una tasa pico de respuesta cerca del momento en que el reforzamiento está configurado.


Cortesía de Kim Kirkpatrick

Kim Kirkpatrick

La TEE ha tenido un gran éxito en el fomento de la investigación y en orientar el análisis de los detalles de grano fino de la conducta en el tiempo (por ejemplo, Church, Meck y Gibbon, 1994). El modelo también ha guiado la investigación de los mecanismos neurales de estimación temporal (Buhusi y Meck, 2005) y ha sido el trampolín para la teoría de bolsillo, que explica con más detalle cómo funcionan los mecanismos cognitivos de estimación temporal que generan patrones específicos de respuesta (Kirkpatrick, 2002; Kirkpatrick y Church, 2003). Sin embargo, la teoría no ha estado exenta de críticas, y continúan los esfuerzos para formular alternativas. Algunas de estas alternativas enfatizan los mecanismos conductuales que evitan los complejos procesos cognitivos de la TEE (procesos de reloj, de memoria y de

decisión). Otros se esfuerzan por modelar la conducta de estimación temporal sin necesidad de utilizar un marcapasos o un acumulador. Los investigadores están estudiando si el control temporal de la conducta puede ser resultado del decaimiento biológico o de procesos de crecimiento u osciladores que no requieren acumulación de pulsos.

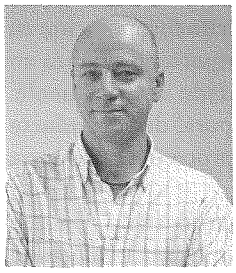


Cortesía de P. R. Killeen

P. R. Killeen

***Teoría conductual de la estimación temporal*** Una alternativa importante al modelo de procesamiento de la información Gibbon-Church o TEE, fue propuesta por Killeen y Fetterman (1993; Killeen, Fetterman y Bizo, 1997; ver también Machado, 1997; Arantes y Machado, 2008), quienes caracterizaron el proceso de estimación temporal en términos más conductuales. Esta teoría conductual de la estimación temporal (TCET) sigue el modelo Gibbon-Church postulando la existencia de un marcapasos. Sin embargo, el papel del marcapasos en la TCET es muy diferente. Esta teoría también caracteriza los procesos de memoria y de toma de decisión de manera distinta (ver Machado *et al*, 2009).

La teoría conductual de la estimación temporal se basa en la observación de que las conductas sistemáticas relativas al tiempo surgen en situaciones donde la base primaria para la entrega de un reforzador es el paso del tiempo. Estas actividades son similares a caminar de un lado a otro o al golpeteo del dedo cuando la gente se ve en periodos de espera forzada. En situaciones experimentales, estas actividades han sido llamadas **conductas adjuntivas**. Estas conductas no se requieren específicamente para pasar el tiempo, pero parecen emerger de forma automática cuando los organismos se ven obligados a esperar por algo importante.



Cortesía de A. Machado

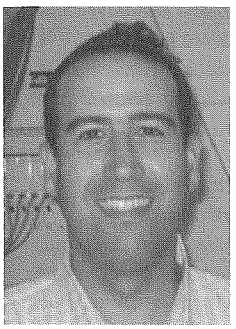
A. Machado

Ejemplos claros de la conducta adjuntiva son evidentes en situaciones en las que el alimento se presenta periódicamente a intervalos predecibles, por ejemplo, cada 15 segundos. Como se describió en el capítulo 5 (revisar el análisis del *experimento de la superstición* de *Skinner*, pp. 144-145), el sistema de alimentación (y las respuestas de forrajeo o búsqueda de comida que lo acompañan) se activa en los animales privados de alimento a los que se proporciona pequeñas porciones de comida a intervalos fijos. La conducta en estas circunstancias refleja la preorganización típica de la especie para la búsqueda de comestibles y las actividades de alimentación (Silva y Timberlake, 1998; Silva y Timberlake, 2005). Se producen diferentes conductas en función de cuándo fue la última entrega de comida y cuándo ésta aparecerá de nuevo. Justo después de la entrega del comestible, el organismo se activa para mostrar respuestas *focales de búsqueda posterior al alimento* que involucran actividades cerca del comedero. A la mitad del intervalo entre las entregas (cuando los sujetos tienen menos probabilidades de obtener alimento), es evidente que las respuestas de *búsqueda general* llevan al sujeto lejos del comedero. A medida que se acerca el momento para la próxima entrega, los sujetos exhiben respuestas *focales de búsqueda previa al alimento* que lo llevan de nuevo al comedero.

La TCET se centra en los estados conductuales sucesivos que se activan cuando la comida se entrega después de esperar una duración fija de tiempo. Debido a que emergen diferentes respuestas a diferentes intervalos en un periodo de espera forzada, estas respuestas contrastantes se pueden utilizar para saber la hora. Las respuestas adjuntivas sucesivas o estados conductuales asumen el papel de un proceso de reloj. De acuerdo con la teoría, los participantes en un experimento de estimación temporal aprenden a usar sus estados conductuales temporalmente organizados como estímulos discriminativos para las respuestas de estimación temporal requeridas experimentalmente. Por tanto, en lugar de leer un reloj interno, se supone que los participantes "leen" su conducta adjuntiva para saber la hora.

Un contraste interesante entre la teoría del procesamiento de la estimación temporal de la información y la teoría conductual de la estimación temporal radica en que una es retrospectiva mientras que la otra es prospectiva. En el modelo de procesamiento de la información (TEE), se toma la decisión para responder sólo después de que ha transcurrido el intervalo de tiempo objetivo, y no antes. Por tanto, la TEE asume que el tiempo es enteramente retrospectivo, proporcionando información sobre la duración del intervalo que se ha completado. En contraste, la teoría conductual de la estimación temporal permite a los animales anticipar cuánto tiempo un intervalo se basa en la señal que inicia un ensayo de estimación temporal. Si el intervalo estimado es corto, se activan los estados conductuales adecuados para un intervalo corto (que implica respuestas de búsqueda focalizada). En contraste, si el intervalo

estimado es largo, se activan los estados conductuales adecuados para un intervalo largo (que implica respuestas de búsqueda general). Por tanto, la TCET funciona de forma prospectiva en previsión de la duración del intervalo estimado. Curiosamente, la evidencia experimental reciente es consistente con los mecanismos prospectivos en vez de con los retrospectivos (Fetterman y Killeen, 2010). (Para estudios adicionales de la teoría conductual frente a los factores de procesamiento de información en la estimación temporal, ver Galtress, Marshall y Kirkpatrick, 2012; Jozefowiez, Staddon y Cerutti, 2009; Machado *et al*, 2009.)


Cortesía de J. D. Crystal

J. D. Crystal

***Osciladores en lugar de marcapasos*** Un segundo enfoque alternativo a la TEE importante se basa en la idea de que la conducta organizada temporalmente está mediada por osciladores y no por marcapasos (Crystal, 2012; Cheng y Crystal, 2008; Silver *et al*, 2011). Un oscilador es como un péndulo en lugar de un reloj de arena. Un ciclo del oscilador pasa a través de una secuencia predecible de eventos, una y otra vez. Transcurre a través de ciclos repetidos que tienen un periodo fijo. Diferentes puntos de tiempo están asociados con puntos distintos en el ciclo. Los osciladores pueden operar sobre una escala de tiempo prolongada, tal como la rotación de la Tierra alrededor de su eje, que tiene una periodicidad de 24 horas, o la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol, cuya periodicidad es de un año. También funcionan en una escala de tiempo breve, como el rebote de un peso sobre un resorte, cuya periodicidad puede ser del orden de un segundo o menos.

La mayoría de las especies muestra variaciones diarias en su actividad y temperatura corporal. Éstas se conocen como *ritmos circadianos*. Los seres humanos son diurnos, y son más activos durante el día que por la noche. En contraste, las ratas son animales nocturnos, y son más activas durante la noche que en el día. Tales ritmos circadianos se han explicado con el concepto de un oscilador cuya periodicidad es de aproximadamente un día. La evidencia de un oscilador es proporcionada por resultados que muestran que las fluctuaciones circadianas de la actividad y la temperatura corporal persisten incluso si los individuos son colocados en un entorno de luz constante. Con esta estrategia, Crystal y Baramidze (2007) demostraron que la periodicidad de las entradas al comedero generadas por la entrega de alimentos a intervalos fijos (por ejemplo, cada 48 segundos) persiste después de que ya no se proporciona la comida. Tales resultados no son anticipados por la TEE, y sugieren que el intervalo de estimación temporal corto se basa al menos en parte en el arrastre de un oscilador endógeno autosuficiente. Esto plantea la posibilidad de que las teorías de la estimación temporal utilizando osciladores sean formuladas con una teoría integrada de estimación temporal sobre una amplio rango de intervalos de tiempo (Crystal, 2012).

# Aprendizaje del orden serial

El tiempo es una característica ubicua de los acontecimientos en el medio ambiente. Otra es el orden serial. Los eventos rara vez se producen al azar o de forma independiente uno del otro. Más bien se organizan muchos aspectos del medio ambiente en secuencias ordenadas. Una cosa lleva a la otra de manera predecible. Los estímulos se organizan en secuencias ordenadas al caminar de un extremo de una calle a la otra, a medida que se abre un paquete, o al comer de un plato de espaguetis lleno inicialmente, que luego queda medio lleno, y finalmente vacío. El orden del estímulo también es muy importante en el lenguaje. "Los cazadores se comieron al oso" es muy diferente de "El oso se comió a los cazadores". También es importante en la marcación de un número de teléfono, al introducir su número de NIP en un cajero automático, o en el uso de un teclado para enviar mensajes de texto. Todos estos son ejemplos de **desempeño en orden serial**. Los investigadores se han interesado en la forma en que varias especies logran este desempeño, cómo se forman las representaciones del orden serial, y cómo usan estas representaciones en situaciones nuevas.

## Posibles bases para el desempeño en orden serial

Varias son las maneras posibles utilizadas para responder a una serie de estímulos. A modo de ejemplo, imagine que juega en un campo de minigolf de seis hoyos, como se esquematiza a

## RECUADRO 12.1

### *Neurobiología del tiempo*

El aprendizaje nos permite deducir regularidades en nuestro medio ambiente a través del espacio y el tiempo, mejorando nuestra capacidad para predecir el futuro. Por ejemplo, al proporcionar una conjetura informada en relación con dónde y cuándo un alimento puede ser hallado, el organismo obtiene una ventaja adaptativa. Mientras que el espacio y el tiempo representan las dos dimensiones sobre las que se desarrolla nuestra vida, sabemos mucho más acerca de cómo el cerebro representa el espacio que acerca de cómo representa el tiempo. En parte esto puede deberse a que a los investigadores les resulta más fácil estudiar las relaciones espaciales (podemos "ver" la estructura tridimensional de nuestro entorno y manipularla rápidamente). El tiempo, en cambio, tiene una calidad más intangible. Es como el aire, siempre presente pero no percibido de inmediato.

Como hemos visto (recuadro 8.2), los investigadores han descubierto que regiones cerebrales particulares (por ejemplo, el hipocampo) son especialmente aptas para codificar las relaciones espaciales a través de un amplio rango de valores, de centímetros a kilómetros. En contraste, los procesos que subyacen en la codificación del tiempo se distribuyen más ampliamente en todo el sistema nervioso central, y el sistema empleado varía con la duración temporal (Buhusi y Meck, 2005). Los ritmos diarios son modulados por un reloj circadiano que se ha relacionado con la actividad neuronal en el núcleo supraquiasmático. En el otro extremo se encuentran los cálculos neuronales, que requieren estimación temporal a nivel de milisegundos para secuenciar acciones motoras, las cuales rigen el desarrollo de la plasticidad sináptica (por ejemplo, la potenciación de largo plazo [recuadro 8.2]). La estimación temporal a nivel de milisegundos requiere una solución local, y es una característica inherente a la función neural. De hecho, una estimación de esta naturaleza no requiere el cerebro; incluso las neuronas espinales son sensibles a las relaciones temporales (Grau *et al*, 2012).

La idea de que los mecanismos neurales utilizados para el tiempo varían dependiendo de la naturaleza de la tarea de estimación temporal es apoyada por estudios de imagen con los seres humanos. Utilizando *imágenes de resonancia magnética funcional* (*IRMf*) (ver recuadro 6.3), los investigadores han encontrado que la estimación temporal en el orden de milisegundos suscita actividad neuronal en el cerebelo, mientras que con intervalos más largos se acopla a un circuito estriado tálamo-cortical (EP-7 al final del libro), que incluye los ganglios basales, la corteza prefrontal y la corteza parietal posterior (Buhusi y Meck, 2005; Coull, Cheng y Meck, 2011). Los ganglios basales representan un grupo de estructuras neurales que incluye el cuerpo estriado, el núcleo accumbens, el globo pálido, la sustancia negra y el núcleo subtalámico (EP-7 al final del libro). Se ha sugerido que las neuronas dentro de la actividad de control del cuerpo estriado en el circuito estriado tálamo-cortical derivan patrones coincidentes de actividad que codifican el tiempo.

Evidencia adicional para los dos modos de estimación temporal proviene del uso de una técnica conocida como **estimulación magnética transcraneal (EMT)**, un procedimiento no invasivo que puede ser utilizado para explorar la función cerebral en los seres humanos. El procedimiento se basa en la inducción electromagnética para crear una corriente eléctrica débil.
La colocación de la corriente de inducción cerca de una región particular del cerebro acopla el flujo de iones en el tejido neural subyacente, el cual activa algunas acciones potenciales, seguidas por un periodo de desactivación. Este periodo probablemente refleja la inducción de neuronas inhibidoras y se puede utilizar para examinar si una región neuronal desempeña un papel esencial. Usando esta técnica, los investigadores han demostrado que la EMT aplicada sobre la región del cerebelo perjudica las tareas de estimación temporal en subsegundos, pero no en suprasegundos. Contrariamente, cuando la EMT se aplica sobre la corteza prefrontal derecha, altera el desempeño en tareas de estimación temporal que implican duraciones de suprasegundos, pero no en el rango de subsegundos.

Otra prueba de que el circuito estriado tálamo-cortical está involucrado en la estimación temporal proviene de los trastornos clínicos que afectan estas estructuras neurales. Por ejemplo, la enfermedad de Parkinson se asocia con una degeneración de la función en los ganglios basales, lo que va acompañado de una interrupción en la estimación de los intervalos temporales. Otro trastorno que afecta esta estimación es la esquizofrenia, que implica múltiples síntomas, como delirio y alucinaciones, aislamiento social o falta de motivación y déficit en la memoria de trabajo y la atención. Existe un traslape notable en las estructuras neurales implicadas en la estimación temporal y la esquizofrenia. Teniendo en cuenta esta superposición, no es sorprendente que los pacientes esquizofrénicos presenten una interrupción en la estimación temporal (Buhusi y Meck, 2005; Coull *et al*, 2011). De hecho, pueden surgir algunos síntomas psicóticos porque estos pacientes enfrentan dificultades para derivar la estructura temporal de los acontecimientos, lo que causa una desorientación que contribuye a la ruptura de la realidad.

Al parecer, la esquizofrenia se debe en parte a un aumento en la respuesta de algunas neuronas al neurotransmisor *dopamina*. Las neuronas que liberan dopamina a una región de los ganglios basales (el *cuerpo estriado*) pueden activar ya sea el receptor D1 o el D2. La dopamina parece tener un efecto exagerado en el receptor D2 en los pacientes esquizofrénicos y, por esta razón, la administración de una dopamina D2 antagonista (*haloperidol*) atenúa los síntomas

(*Continúa*)

## RECUADRO 12.1 (continuación)

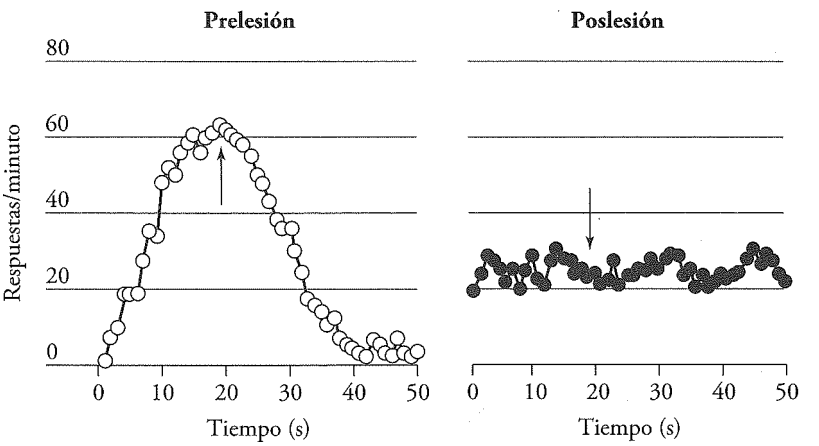



**FIGURA 12.8** Impacto de lesionar el putamen caudado sobre la respuesta con el procedimiento de pico. Antes de la lesión (panel izquierdo), los animales muestran una distribución de las respuestas que llegan a su máximo en el momento esperado del reforzamiento. Lesionar el putamen caudado elimina la dependencia de la respuesta respecto del tiempo (panel derecho). (Adaptado de Coull *et al*, 2011.)

psicóticos. Es importante destacar que el haloperidol también mejora la precisión del tiempo. Por el contrario, la administración de un agonista de la dopamina (por ejemplo, la metanfetamina) induce una distorsión del tiempo y, con el uso continuo, causa síntomas de tipo psicótico.

Los investigadores han estudiado en los animales la neurobiología de la estimación del intervalo temporal utilizando el procedimiento de pico (Coull *et al*, 2011). Como se explica en el texto, se trata de ratas entrenadas para presionar una barra y obtener la comida que está disponible en un intervalo temporal determinado. En ensayos de exploración, los sujetos presentan una distribución de respuestas que llegan a su máximo en el momento esperado de la recompensa. La administración de un agonista de la dopamina (por ejemplo, anfetamina o cocaína) ocasiona un desplazamiento hacia la izquierda en esta función, como si el fármaco causara que el reloj interno se acelerara. Por el contrario, la administración de un antagonista D2 (haloperidol) causa un desplazamiento hacia la derecha. Además, los investigadores han demostrado que lesionar la fuente primaria de entrada dopaminérgica a los ganglios basales (del *putamen caudado*) elimina la capacidad para la estimación temporal en el procedimiento de pico (figura 12.8).

La evidencia adicional de que la dopamina está involucrada en la estimación de tiempo proviene de estudios que utilizaron un modelo de ratón transgénico para la esquizofrenia (Ward, Kellendonk, Kandel y Balsam, 2012; Ward, Simpson, Kandel y Balsam, 2011). Para producir hiperreactividad en el sistema de la dopamina, Kellendonk y colegas (2006) colocaron una copia del gen del receptor D2 de dopamina bajo el control del promotor *tetO* (recuadro 11.1), que podría ser activado por el químico tTA. Estos ratones se cruzaron con otra línea diseñada para expresar el tTA en una forma específica de tejido. El resultado fue una cepa de ratones (D2OE) que sobreexpresa el receptor D2 en el cuerpo estriado en un nivel que era, de manera fortuita, equivalente a la mejora de 15% observada en pacientes esquizofrénicos. Para determinar si la sobreexpresión del receptor D2 influía en la estimación temporal, los ratones D2OE fueron ensayados con un procedimiento de bisección temporal en el que la duración de una señal (por ejemplo, 2 *versus* 8 segundos) indicaba si el reforzamiento estaba disponible para presionar la palanca de respuesta a la derecha o a la izquierda. Cuando el tiempo de señal mantuvo una duración moderada (8 segundos), los ratones con sobreexpresión D2 respondieron con mayor precisión los controles no transgénicos. Sin embargo, cuando la duración de la señal larga se aumentó a 20 segundos, los ratones D2OE eran mucho menos precisos. Esto sugiere un déficit en el procesamiento de la información temporal en intervalos más largos, lo que podría reflejar un problema en la memoria de trabajo o en la atención.

La conducta temporal se ha modelado utilizando componentes operativos como un marcapasos, un acumulador y un comparador (ver figura 12.7), un marco de trabajo que implica una especie de localización de la función. Sin embargo, los estudios neurobiológicos generalmente no apoyan este punto de vista, y sugieren en cambio que la estimación de intervalos temporales depende de un circuito distribuido y de osciladores corticales (Buhusi y Meck, 2005). Desde esta perspectiva, las neuronas espinosas medias dentro del cuerpo estriado que recibe la entrada cortical codifican patrones coincidentes de activación relacionados con los

(*Continúa*)

## RECUADRO 12.1 (continuación)

intervalos temporales. Anteriormente (recuadro 7.1) vimos que los estudios electrofisiológicos muestran que la actividad en las neuronas dopaminérgicas es regulada por la expectativa de una recompensa (Schultz, 2006). Trabajos adicionales han demostrado que cuando se manipula la probabilidad de una recompensa, estas neuronas muestran una explosión de actividad al inicio del ensayo, una actividad sostenida durante el ensayo, y una explosión en el momento esperado de la recompensa. El pulso de la dopamina al inicio de un intervalo que será monitoreado podría proporcionar una señal de que las neuronas espinosas deben iniciar la supervisión de la entrada cortical cíclica. El segundo pulso en el momento de la recompensa causaría que las neuronas almacenen el patrón actual de actividad, proporcionando un recuerdo del intervalo temporal (Ward *et al*, 2012). Una característica interesante de este modelo estriba en que se basa en una forma de pico de conteo para derivar un sentido del tiempo. Esto ha llevado a los investigadores a sugerir que el mismo sistema puede ser la base de los ensayos de numeración y cantidad (Buhusi y Meck, 2005).

*J. W. Grau*

**estimulación magnética transcraneal (EMT)** Procedimiento experimental no invasivo en el que se aplican pulsos magnéticos sobre el cráneo para producir una corriente eléctrica en el tejido neural subyacente. El procedimiento se puede utilizar para interrumpir temporalmente la actividad cortical.

la izquierda en la figura 12.9. Cada hoyo implica un conjunto único de estímulos, que puede ser representado por letras del alfabeto: A, B, C, D, E y F. Cada hoyo también requiere una respuesta única, una manera única en la que la pelota debe ser golpeada para introducirla en el agujero. Etiquetaremos las respuestas como R1, R2,..., R6. Durante el juego, usted tiene que ir en orden desde el primero hasta el último hoyo, A → F. Además, debe responder correctamente en cada hoyo: R1 en el hoyo A, R2 en B, y así sucesivamente.

¿Cómo puede aprender a jugar golf de campo con éxito? La forma más sencilla consistiría en saber qué respuesta es acorde con qué estímulo. En presencia de A, usted automáticamente hace R1, lo que lo llevará al estímulo B; en presencia de B, usted automáticamente hace R2, que lo llevaría a C, y así sucesivamente. Esto se aprende en un conjunto de asociaciones E–R: A–R1, B–R2,..., F–R6. Este mecanismo se denomina **cadena de respuestas**. En esta cadena, cada respuesta produce el estímulo para la siguiente respuesta en la secuencia, y las respuestas correctas se producen porque el organismo ha aprendido una serie de asociaciones E–R.

Aunque una cadena de respuestas puede resultar en responder adecuadamente una serie de estímulos, no requiere realmente el aprendizaje de la secuencia o formar una representación mental del orden en el que se producen los estímulos o respuestas. Las cadenas de respuestas no requieren mecanismos cognitivos más complejos que las asociaciones E–R. Una estrategia de este tipo funciona perfectamente bien en el acostumbrado campo de golf en miniatura porque los agujeros sucesivos están dispuestos de tal manera que uno se ve obligado a pasar por ellos en la secuencia correcta, A → F.

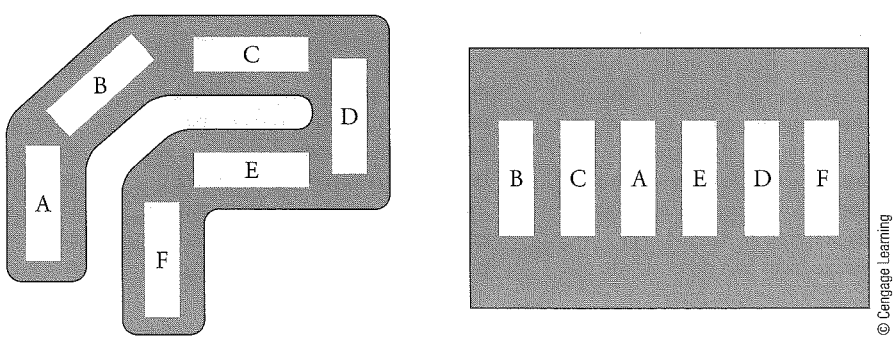



**FIGURA 12.9** Dos posibles diseños de un campo de golf de seis hoyos en miniatura. La disposición secuencial se muestra a la izquierda, y un arreglo simultáneo se muestra a la derecha.

© Cengage Learning

Ahora consideremos un campo de golf con un diseño diferente, como se muestra a la derecha de la figura 12.9. Las reglas son las mismas; de nuevo tiene que jugar en orden de la A a la F. Sin embargo, con este diseño no se ve obligado a ir ordenadamente desde la A a la F. Por ejemplo, después de haber jugado un hoyo, su movimiento no se limita al B. Usted puede ir a cualquier otro hoyo siguiente. Sin embargo, para ganar puntos, todavía tiene que jugar B después de haber terminado con A, y luego ir a C, luego a D, y así sucesivamente. El aprendizaje de una serie de asociaciones E–R (A–R1, B–R2, y así sucesivamente) no sería suficiente para tener éxito en este campo. Incluso si alguien tiene que empezar en A, después de jugar este hoyo no sabría a dónde ir porque se enfrenta con toda la gama de posibilidades, no sólo con el hoyo B.

Con los hoyos dispuestos como en el panel de la derecha de la figura 12.9 usted se verá obligado a aprender el orden necesario de los estímulos. Podría conseguirlo con sólo conocer el orden de los pares sucesivos de estímulos. Podría aprender que A es seguido por B, B es seguido por C, y así sucesivamente. Éstos representarían un conjunto de asociaciones E–E independientes (A–B, B–C, C–D, y así sucesivamente). Este tipo de mecanismo se llama **aprendizaje de pares asociados**. Una vez que conozca los pares asociados independientes correctos, teniendo jugado el hoyo A, sabrá que debe ir a B; después de haber jugado B, usted sabría que tiene que ir a C, y así sucesivamente hasta que haya terminado el campo.

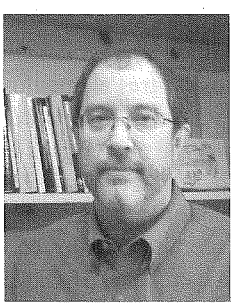
Obviamente, aprender más que sólo el orden de los pares sucesivos de estímulos también le permitiría realizar la tarea con precisión. En el extremo, es posible formar una representación mental de toda la secuencia: A → B → C → D → E → F. Esta alternativa recibe el nombre de **aprendizaje de representación serial**. Al aprender una representación serial de toda la secuencia, usted conoce la posición ordinal de cada estímulo. Sabe que el estímulo A se encuentra en la posición 1, B en la posición 2, y así sucesivamente.

## Técnicas para el estudio del aprendizaje del orden serial

Se han desarrollado diversas técnicas para estudiar el aprendizaje de las representaciones seriales en animales. Cada una emplea alguna variación del campo de golf en miniatura, alteración que se presenta en el panel derecho de la figura 12.9. Los estímulos a los que los participantes tienen que responder están todos disponibles al mismo tiempo, del mismo modo que los números en un teléfono celular. Para llamar a alguien, usted tiene que introducir los números en el orden correcto, y todos los números posibles están disponibles cuando cada respuesta es llevada a cabo. El teclado no dicta el orden en que se introducen los números. Este tipo de procedimiento se denomina **procedimiento de cadena simultánea**, ya que requiere una serie de respuestas, y todas las opciones de respuesta están siempre disponibles.

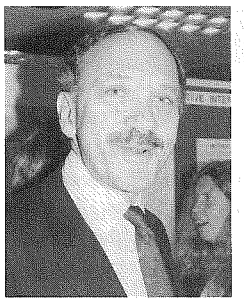
En un método desarrollado por Stephen Fountain, las ratas se ponen a prueba en una cámara experimental construida en forma de octágono. Cada una de las ocho paredes de la cámara tiene una palanca de respuesta, y las ratas se refuerzan para el pulsado de las palancas en un orden determinado por el experimentador (ver Fountain *et al*, 2012). Por ejemplo, si las palancas están numeradas 1 → 8, el orden especificado de pulsado puede ser 123234345456567678.

El método desarrollado por Fountain ha sido especialmente útil para estudiar la manera en que los animales procesan la estructura de una secuencia de estímulos. La serie mencionada antes (123234345456567678) tiene una estructura interna que consta de tres palancas adyacentes (123, 234, 345, 456, y así sucesivamente). Estas unidades de respuesta de tres son llamadas *trozos*. En general, las secuencias que se organizan en trozos se aprenden con más facilidad que las que no tienen organización alguna (Brown, 2012). Por ejemplo, los números de teléfono en Estados Unidos tienen tres trozos. El primero es un código de área de tres dígitos. El segundo es un intercambio de tres dígitos, y el tercero es un fragmento de cuatro cifras exclusivo del número al que se llama. Fountain y sus colegas han descubierto que las ratas aprenden fácilmente secuencias de respuesta en la cámara octogonal y muestran una gran sensibilidad a su estructura interna. Las secuencias compuestas de trozos más pequeños (como en el ejemplo anterior) son aprendidas mucho más fácilmente que las que no tienen



Cortesía de S. B. Fountain

S. B. Fountain



Cortesía de Donald A. Dewsbury

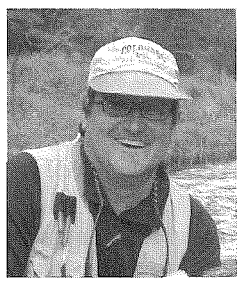
H. S. Terrace

ninguna estructura o que aquellas en las que la estructura interna es más complicada. Se ha encontrado evidencia de la importancia de la estructura de la secuencia en otras especies, incluyendo pollos y caballos (por ejemplo, Kundey *et al*, 2010.)

Otro método muy utilizado para estudiar el aprendizaje del orden serial, desarrollado por Herbert Terrace y sus colegas, examina las respuestas a una serie de estímulos visuales (ver Terrace, 2012). Al igual que los números en un teléfono celular, los estímulos visuales son presentados al mismo tiempo, pero se requiere que los participantes respondan a cada uno en un orden prescrito tocando el estímulo correcto. Este método ha sido particularmente útil en los estudios de cognición comparada, ya que puede ser adaptado para su uso con una variedad de especies. El procedimiento de cadena simultánea ha sido probado con palomas, varios primates no humanos y el *Homo sapiens*. Estos experimentos han demostrado que el aprendizaje y la representación de orden serial son notablemente similares a través de esta amplia gama de especies.

En un esfuerzo por comparar específicamente el desempeño de los estudiantes universitarios con el desempeño de los monos en un procedimiento de cadena simultánea, Colombo y Frost (2001) diseñaron su procedimiento con base en estudios previos realizados por D'Amato y Colombo (1988) con monos Cebus. Los participantes en la investigación tenían que aprender una secuencia de cinco estímulos, consistentes en iconos presentados en una pantalla táctil. Los iconos eran representacionales o abstractos, pero esto no influyó en los resultados (figura 12.10). Los cinco iconos fueron expuestos al mismo tiempo al inicio de un ensayo, pero los participantes tenían que pulsarlos en un orden establecido (A → B → C → D → E). La posición de cada icono en la pantalla cambiaba al azar de un ensayo al siguiente. Por tanto, los participantes no podían realizar la tarea de aprender una secuencia de posiciones espaciales. La tarea era como tener los números en su teléfono reemplazados por imágenes y tener la posición de cada imagen cambiada cada vez que iba a marcar un nuevo número de teléfono. El resultado mostró que los estudiantes universitarios y los monos pueden aprender esta tarea con entrenamiento suficiente.

La siguiente cuestión radicó en preguntarse cómo los estudiantes universitarios y los monos representan el orden del estímulo que han aprendido. En general, para responder esta pregunta los investigadores suelen examinar la manera en que los participantes responden cuando son probados con subconjuntos de los estímulos originales. Después del entrenamiento con el conjunto de los cinco elementos, Colombo y Frost (2001) probaron a los participantes con subconjuntos que consistían de sólo dos o tres elementos. Por ejemplo, consideremos un subconjunto de los elementos B, D y E. Tenga en cuenta que éstos pueden aparecer en cualquier posición en la pantalla. Si los participantes se formaron una representación del orden original de la serie de cinco elementos, responderían primero a B, luego a D y al final a E. Eso cuenta como una respuesta correcta al subconjunto.



Cortesía de M. Colombo

M. Colombo

La figura 12.10 muestra los resultados de las pruebas con todos los posibles subconjuntos de tres elementos de la tarea de orden serial de cinco elementos. Tanto los estudiantes universitarios como los monos respondieron con un alto grado de precisión en casi todos los subgrupos, y la respuesta estuvo siempre muy por encima de la casualidad. Esto indica que los participantes no estaban respondiendo sobre la base de una cadena de asociaciones E–R o E–E. Las asociaciones simples habrían dejado a los participantes en la oscuridad con cualquier subconjunto que no incluyera el estímulo A o que tuviera elementos adyacentes faltantes.

Otra prueba para el aprendizaje de una representación de orden serial fue proporcionada por el examen de la latencia de la primera respuesta a los subconjuntos de tres elementos (figura 12.11). Si los tres elementos del subconjunto incluían el estímulo A, los participantes respondían muy rápidamente. Su latencia para emitir la primera respuesta fue más larga si el triplete comenzaba con B (BCD, BDE o BCE), y latencias prolongadas ocurrían si el triplete comenzaba con C (CDE). ¿Por qué tomaba más tiempo empezar a trabajar con los tripletes que empezaban con B o C? Es de suponer que cuando los participantes fueron probados con un triplete como BDE, mentalmente comenzaron a través de la secuencia completa (ABCDE) y dieron su primera respuesta cuando llegaron a B. Esta primera respuesta se retrasó aún más cuando se probaron con CDE, ya que les llevó más tiempo llegar a C en su ensayo mental de

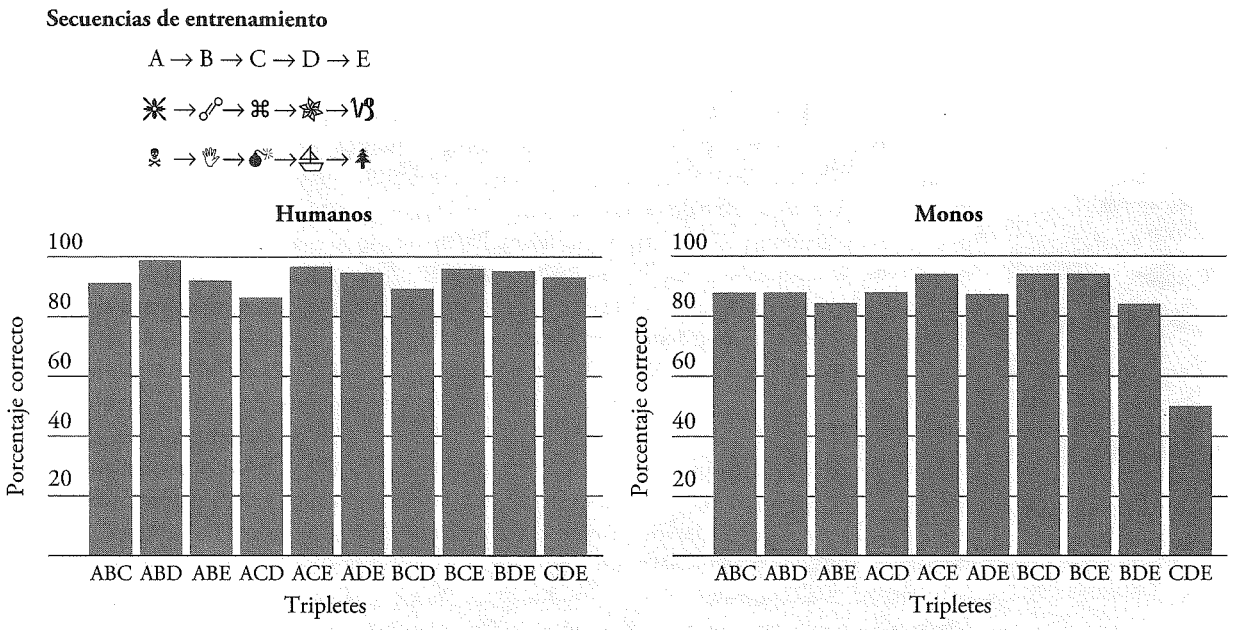
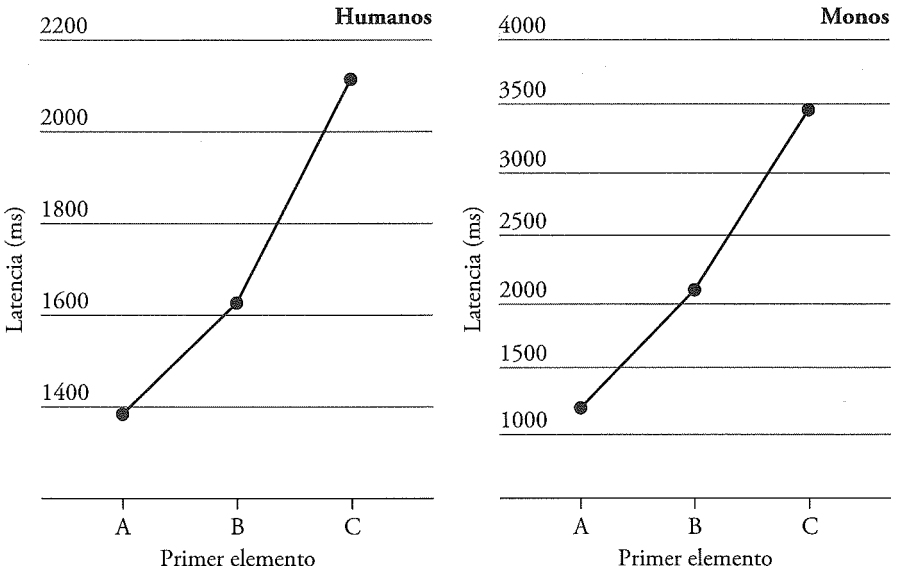



**FIGURA 12.10** Ejemplos de estímulos utilizados en el entrenamiento de estudiantes universitarios para responder en una cadena simultánea de cinco elementos, y datos de la prueba para subconjuntos de tres estímulos aplicada a los estudiantes universitarios y a los monos Cebus. La opción de respuesta habría dado lugar a cerca de 10% de respuestas correctas ("Representation of Serial Order in Humans: A Comparison to the Findings with Monkeys (*Cebus apella*)", M. Colombo y N. Frost, 2001, *Psychonomic Bulletin and Review, 8*, pp. 262-269).

**FIGURA 12.11** Latencia de respuesta al primer elemento de una prueba de tres elementos cuando el primero era A, B o C, en los estudiantes universitarios y los monos Cebus. ("Representation of Serial Order in Humans: A Comparison to the Findings with Monkeys (*Cebus apella*)", M. Colombo y N. Frost, 2001, *Psychonomic Bulletin and Review, 8*, pp. 262-269).




la secuencia. Por tanto, estos datos de la latencia están predichos por la suposición de que los participantes formaron una representación mental de la secuencia de cinco elementos y ensayaron esto cuando se pusieron a prueba con los subconjuntos de tres elementos.

Otra línea interesante de evidencias es proporcionada por la latencia de la segunda respuesta a los subconjuntos de tres elementos. Con algunos tripletes, el segundo elemento era adyacente al primero, como en ABD y BCD; en otros casos seguía de un elemento faltante, como en ACD y BDE. Por último, a veces el segundo elemento seguía a dos elementos fal-



Cortesía de Elizabeth Brannon

Elizabeth Brannon

tantes, como en ADE. Si el participante pasaba mentalmente por la secuencia completa de cinco elementos, la latencia de su segunda respuesta sería más grande con el mayor número de componentes faltantes. Esto es exactamente lo que se encontró con los estudiantes universitarios y los monos Cebus (figura 12.12). Tomar más tiempo para responder al siguiente elemento en función del número de componentes faltantes recibe el nombre de *efecto de la distancia simbólica*. Este efecto es una prueba más de que los participantes aprendieron una representación de la serie de cinco elementos.

El procedimiento de cadena simultánea ha resultado ser otra poderosa técnica para el estudio de la cognición compleja en los organismos no verbales. Por ejemplo, Terrace, Son y Brannon (2003) enseñaron a los monos a responder a cuatro diferentes cadenas simultáneas de siete elementos. Éstas pueden ser representadas como A1 → A2 → A3,..., A7; B1 → B2 → B3,..., B7; C1 → C2 → C3,..., C7, y D1 → D2 → D3,..., D7. Después de que los monos estaban respondiendo con altos niveles de precisión en cada serie de siete elementos, se introdujeron pruebas con varios pares de estímulos. Como era de esperarse, el desempeño fue muy preciso cuando los dos estímulos de un par provinieron de la misma lista (por ejemplo, A3A5 o C2C6). Sorprendentemente, los monos también respondieron con 90% de precisión cuando los dos estímulos de un par de prueba provenían de diferentes listas. Por ejemplo, consideremos los pares de prueba formados por A5C6. Aquí la respuesta correcta sería seleccionar primero A5 y después C6. Para responder tan bien en pares de listas cruzadas, los monos tenían que haber aprendido la posición de cada elemento en cada lista y luego integrar ese conocimiento a través de las listas. (Para estudios adicionales del aprendizaje del orden serial, ver Beran y Parrish, 2012; Koba *et al*, 2012; Merritt y Terrace, 2011; Scarf y Colombo, 2010).

El estudio del aprendizaje del orden serial no sólo nos informa sobre el aprendizaje y la memoria para las listas de elementos. También abre la ventana para el estudio de las bases cognitivas de la aritmética (Terrace, 2012). Los conocimientos aritméticos se basan en un orden serial abstracto que pone el 1 antes del 2, que está antes del 3, y así sucesivamente. Cuando los monos estaban respondiendo a un icono específico como el quinto de una serie, esencialmente nos decían que conocían el orden de los iconos. Si esos iconos se ajustaran para ser números arábigos, los participantes habrían estado contando del 1 al 5. Por supuesto, la aritmética implica más que el establecimiento de un orden serial entre símbolos arbitrarios. Estos símbolos también se refieren a cantidades diferentes. Nueva y emocionante investigación está en curso utilizando el procedimiento de cadena simultánea y otras técnicas para examinar cómo las aves y varios primates no humanos aprenden información y razonamiento

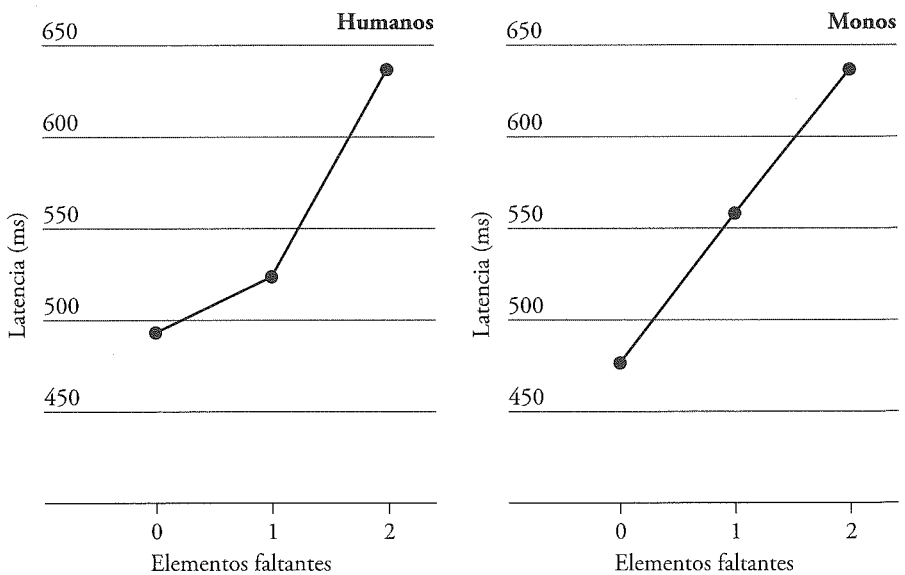



**FIGURA 12.12**
Latencia de respuesta al segundo elemento de una prueba de tres elementos en los estudiantes universitarios y los monos Cebus en función del número de componentes faltantes entre el primer y el segundo elemento ("Representation of Serial Order in Humans: A Comparison to the Findings with Monkeys (*Cebus apella*)", M. Colombo y N. Frost, 2001, *Psychonomic Bulletin and Review, 8*, pp. 262-269).



Cortesía de Michael Beron.

La chimpancé *Lana* trabajando en una tarea de recuento por computadora.

cuantitativos (por ejemplo, Beran, Evans y Hoyle, 2011; Harris *et al*, 2010; Roberts, 2010). Esta línea de investigación está comenzando a revelar los orígenes evolutivos de las habilidades aritméticas humanas (Merritt, DeWind y Brannon, 2012).

## Categorización y aprendizaje de conceptos

Los organismos experimentan una gran variedad de estímulos durante su vida. De hecho, en el medio ambiente natural ningún estímulo se produce siempre dos veces de la misma manera. Afortunadamente no tenemos que responder a cada estímulo como un evento independiente y aislado. El aprendizaje de patrones seriales representa un tipo de organización cognitiva. Una forma de organización cognitiva aún más básica implica el aprendizaje de conceptos de percepción. Los estímulos que varían en sus propiedades físicas se pueden agrupar y asociar con una única respuesta a través de la categorización o el aprendizaje de conceptos. Por ejemplo, consideremos su sillón favorito en la sala de estar. Cada vez que ve el sillón, la información sensorial que recibe varía dependiendo de la cantidad de luz presente en la habitación, de si usted lo está viendo de frente o por la parte posterior, y de qué tan lejos está del sillón. Variaciones adicionales derivan de si usted está mirando el sillón o está sentado en él, sintiendo su firmeza y su forma. En lugar de tratar cada vista única del sillón como una entidad separada, formamos una categoría perceptual que incluye todos los diferentes puntos de vista tratándolos como equivalentes en la identificación de un sillón particular.

El ejemplo anterior ilustra una *categoría perceptual de nivel básico*. Esta categorización nos permite reconocer nuestro automóvil como el mismo vehículo, independientemente de nuestro ángulo de visión o de lo sucio que pudiera estar el auto. También nos permite reconocer a una persona como el mismo individuo, ya sea que lo veamos de frente, de perfil o de espaldas. La categorización puede ocurrir a nivel de objetos individuales o de personas. También ocurre a nivel de clases más amplias de objetos. Una silla específica puede ser considerada

como miembro de una categoría más amplia que incluye sillas de todos los tamaños, formas y diseños. Las sillas, a su vez, pueden ser consideradas como ejemplos de todas las cosas que son muebles o de todo lo que está hecho por el hombre. Estas categorías de nivel superior son más abstractas, y hay menos similitudes físicas entre los miembros de la categoría. Las personas también forman categorías más abstractas, como *igual* versus *diferente*. Uno de los principales problemas en la cognición comparada ha consistido en determinar si las especies no humanas también son capaces de categorizar y aprender conceptos, y si son capaces de aprender categorías abstractas.

## Aprendizaje de conceptos perceptuales

Gran parte de la investigación comparada sobre la categorización ha implicado demostraciones del aprendizaje de conceptos perceptuales y la exploración de los mecanismos de este tipo de aprendizaje (por ejemplo, Huber y Aust, 2012; Jitsumori, 2012). ¿Qué constituye una prueba de que un organismo no verbal ha aprendido un concepto perceptual? La categorización perceptual representa un equilibrio entre la discriminación y la generalización del estímulo. Usted reconoce a su gato como el mismo animal aunque, en rigor, la imagen visual de las proyecciones del gato en su retina es diferente cada vez que lo ve. Sin embargo, lo distingue del gato de su vecino y de su periquito. Como ilustra este ejemplo, los conceptos perceptuales tienen dos características importantes y complementarias, la *generalización dentro de una categoría* o conjunto de estímulos y la *discriminación entre categorías* o conjuntos de estímulos.

Los primeros estudios comparados del aprendizaje de conceptos perceptuales emplearon procedimientos de discriminación hacer/no hacer (go/no-go). Por ejemplo, en un procedimiento de discriminación con palomas, Herrnstein, Loveland y Cable (1976) les presentaron fotografías a color de diversos escenarios naturales como estímulos. Si la escena incluía un árbol o alguna parte de un árbol, las palomas eran reforzadas con alimento para picotear la tecla de respuesta. Si la imagen no incluía un árbol (o cualquier parte de uno), no se reforzaba el picoteo. Cada sesión experimental consistió de presentaciones de 80 diapositivas, 40 de las cuales incluían un árbol. Los estímulos para cualquier sesión de entrenamiento impartida se seleccionaron de entre 500-700 cuadros que representaban diversas escenas de las cuatro estaciones del año en Nueva Inglaterra. Las palomas aprendieron la tarea sin mucha dificultad, y picoteaban a tasas mucho más altas en presencia de imágenes que incluían un árbol o alguna parte de un árbol, que con fotos sin árboles.

¿Esta discriminación del desempeño refleja el aprendizaje de conceptos perceptuales? Una interpretación alternativa indica que las palomas memorizaron lo que parecían las imágenes reforzadas y no reforzadas sin prestar especial atención a la presencia o ausencia de árboles. Aunque esto puede parecer poco probable, las palomas son capaces de memorizar más de 800 imágenes (por ejemplo, Cook *et al*, 2005). Una táctica común para descartar el papel de la memorización de los estímulos de entrenamiento consiste en probar la transferencia de los resultados a estímulos que no figuraron durante el entrenamiento. Herrnstein y sus colegas (1976) aplicaron esta táctica presentando una nueva serie de fotos al final del experimento. Las palomas se desempeñaron casi con más precisión sobre las nuevas imágenes que en las utilizadas durante el entrenamiento previo. Tales evidencias de *generalización a nuevos ejemplares* es fundamental para demostraciones del aprendizaje de conceptos perceptuales.

En un interesante ejemplo reciente, Grainger y sus colegas (2012) se preguntaron si los babuinos (*Papio papio*) pueden aprender a identificar una secuencia de cuatro letras como una palabra en el idioma inglés, en vez de percibir sólo una colección aleatoria de letras. Las personas de habla inglesa distinguen fácilmente secuencias de grafías que constituyen o no palabras, basadas en la probabilidad relativa de que ciertas letras aparecen una cerca de otra en las palabras en inglés. Esto recibe el nombre de información *ortográfica*. Algunos han sugerido que la capacidad de utilizar la información ortográfica es una habilidad preliminar específica del idioma para la lectura. Si esto es cierto, entonces los babuinos que no están familiarizados con el inglés no deben ser capaces de distinguir palabras de las no palabras en este idioma.

En el experimento fueron probados seis babuinos. Cada ensayo de entrenamiento comenzó con la presentación de una palabra o no palabra de cuatro letras (en mayúsculas). Esto fue seguido de dos símbolos, uno relacionado con el estímulo palabra y otro con el estímulo no palabra. Si el babuino seleccionaba el símbolo asociado con la categoría correcta, era reforzado con un poco de comida. Cada sesión consistió de 100 ensayos: 25 fueron presentaciones de una nueva palabra por aprender; 25 fueron palabras aprendidas previamente, y 50 ensayos incluyeron no palabras. Una palabra específica reaparecía hasta que el participante clasificaba correctamente al menos 80% del tiempo. Las no palabras fueron generadas al azar y no volvían a aparecer.

Los primates recibieron más de 40,000 ensayos de entrenamiento, y diferentes babuinos aprendieron de 81 a 308 palabras. La precisión entre los sujetos en los ensayos de palabras varió de 73% a 80% (con 50% como probabilidad de desempeño). La identificación correcta en los ensayos de no palabras osciló entre 66% y 80%. Por tanto, los babuinos dominaron la discriminación de unas sobre otras durante el entrenamiento. Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, la evidencia crítica estriba en determinar si el entrenamiento se generaliza a nuevos casos de las categorías de "palabra" y "no palabra".

El desempeño en ensayos en los que los babuinos vieron los últimos 50 estímulos de palabra y no palabra por primera vez se resume en la figura 12.13. Los datos muestran el porcentaje de respuestas de "no palabra" para cada primate. Los babuinos fueron altamente precisos en la clasificación de los estímulos respondiendo "no palabra" aproximadamente 80% del tiempo que encontraron tales estímulos primero. Eran menos precisos en la identificación de los estímulos palabra, pero incluso en este caso respondieron a éstos como no palabra menos de 50% del tiempo. Además, cada babuino respondió "no palabra" con menos frecuencia para los estímulos palabra que para los no palabra. Estos resultados muestran que la capacidad para distinguir las palabras de las no palabras puede generalizarse a nuevos ejemplos de cada categoría. Otros aspectos de los datos indican que los sujetos discriminaron las palabras de las no palabras basados en la información ortográfica o las probabilidades relativas de diversas combinaciones de letras en las palabras en inglés.

Se ha desarrollado gran cantidad de investigación sobre el aprendizaje de conceptos perceptuales desde que esta área de investigación fue iniciada por Herrnstein y sus colegas hace más de medio siglo. En la tradición establecida por Herrnstein, gran parte de la investigación se ha realizado con palomas categorizando estímulos visuales complejos. Sin embargo, como

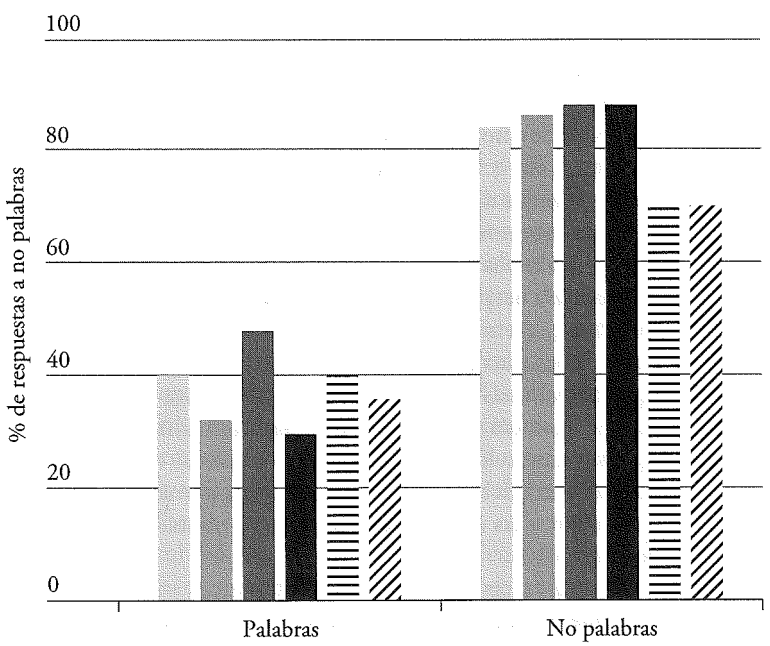



**FIGURA 12.13**
Porcentaje de respuestas a no palabras entre seis babuinos probados por primera vez con estímulos de cuatro letras que eran palabras o no palabras. Cada patrón de sombreado representa los datos de un babuino. (Basado en Grainger *et al*, 2012.)

el estudio de la palabra *percepción* indica, también se han probado varios primates y otras especies. Además, se ha examinado gran variedad de categorías de estímulo. Las palomas han sido entrenadas para clasificar la presencia o ausencia de agua en diversas formas (lagos, océanos, charcos, etc.), la presencia o ausencia de una persona en particular (con diversos tipos de prendas de vestir y en diversas situaciones, y participando en una variedad de actividades), fotos de rostros humanos masculinos frente a femeninos, o imágenes de palomas individuales tomadas desde diversas perspectivas (por ejemplo, Aust y Huber, 2003; Loidolt *et al*, 2006; Nakamura, Croft y Westbrook, 2003). De acuerdo con las investigaciones, las palomas también pueden categorizar estímulos en función de su velocidad de rotación (Cook, Beale y Koban, 2011).

En todos estos casos los participantes aprendieron a responder de manera similar a los estímulos pertenecientes a la categoría en cuestión a pesar de que los miembros de la categoría diferían en numerosos aspectos. El aprendizaje de conceptos perceptuales es una forma de equivalencia del aprendizaje de estímulos (ver capítulo 8, pp. 231-234). Debido a que la respuesta a diversos ejemplos de la categoría tiene la misma (o su equivalente) consecuencia de reforzamiento, los participantes aprenderán a tratar de la misma manera (o en forma equivalente) a miembros de la categoría físicamente diferentes.

***Mecanismos del aprendizaje de conceptos perceptuales*** El aprendizaje de conceptos perceptuales es un fenómeno bien establecido. Sin embargo, la manera en que los animales lo logran sigue siendo animado tema de debate. El asunto es complicado debido a la complejidad de los estímulos involucrados. Las imágenes que incluían un árbol o una parte de un árbol en el experimento realizado por Herrnstein y colegas (1976) difieren en numerosos aspectos. ¿Qué aspecto(s) de las fotografías de los árboles llevó a las palomas a clasificarlas como diferentes de las imágenes sin árboles? ¿Hubo colores, formas y texturas específicas en las fotografías que eran críticos, o fue en general el brillo o la nitidez de las imágenes? Las respuestas a estas preguntas requieren tanto de los avances tecnológicos como de los teóricos.

El progreso en la investigación de la categorización se ha visto facilitado por los avances en el análisis y producción de imágenes por computadora. Los investigadores ahora pueden examinar cómo los organismos aprenden categorías perceptivas mediante imágenes computarizadas que permiten el control de funciones visuales específicas (por ejemplo, Jitsumori, 2012). Estos avances también permiten a los investigadores poner a prueba a los participantes con variaciones sistemáticas de las imágenes naturales para determinar qué características se relacionan con la respuesta categórica.

Por ejemplo, Aust y Huber (2003) entrenaron a palomas para discriminar entre las fotografías que incluían a una persona y las que no tenían a alguien en la escena natural. Las fotos se componían de una amplia gama de configuraciones, y si incluían a una persona, ésta podía ser de cualquier sexo o raza, edad y tamaño, o ubicada en cualquier parte de la imagen. Después de que las palomas aprendieron a clasificar las fotografías, fueron puestas a prueba con fotos especialmente alteradas en las que las partes del cuerpo de las personas estaban reorganizadas de diferentes maneras. Los tipos de reordenamientos ensayados se ilustran esquemáticamente en la figura 12.14.

Las palomas fueron menos proclives a identificar una foto que incluía a una persona si las partes del cuerpo de ésta se reorganizaban, que si la foto la mostraba en una configuración normal. Sin embargo, las respuestas a estas figuras reordenadas fueron considerablemente mayores que las respuestas a las fotos que no incluían a una persona. Estos hallazgos indican que las palomas utilizaron la posición relativa normal de las partes del cuerpo para juzgar si una imagen era de una persona. También utilizaron características visuales de menor tamaño que se mantuvieron intactas en virtud de los diversos reordenamientos del cuerpo. Atender las características visuales más pequeñas permitió a las aves responder más a las fotos reordenadas que a las que no incluían a una persona (para una discusión más detallada, ver Huber y Aust, 2012).

Estudios en los que las características visuales se modifican sistemáticamente sugieren que la categorización perceptual depende del aprendizaje sobre diversos elementos del

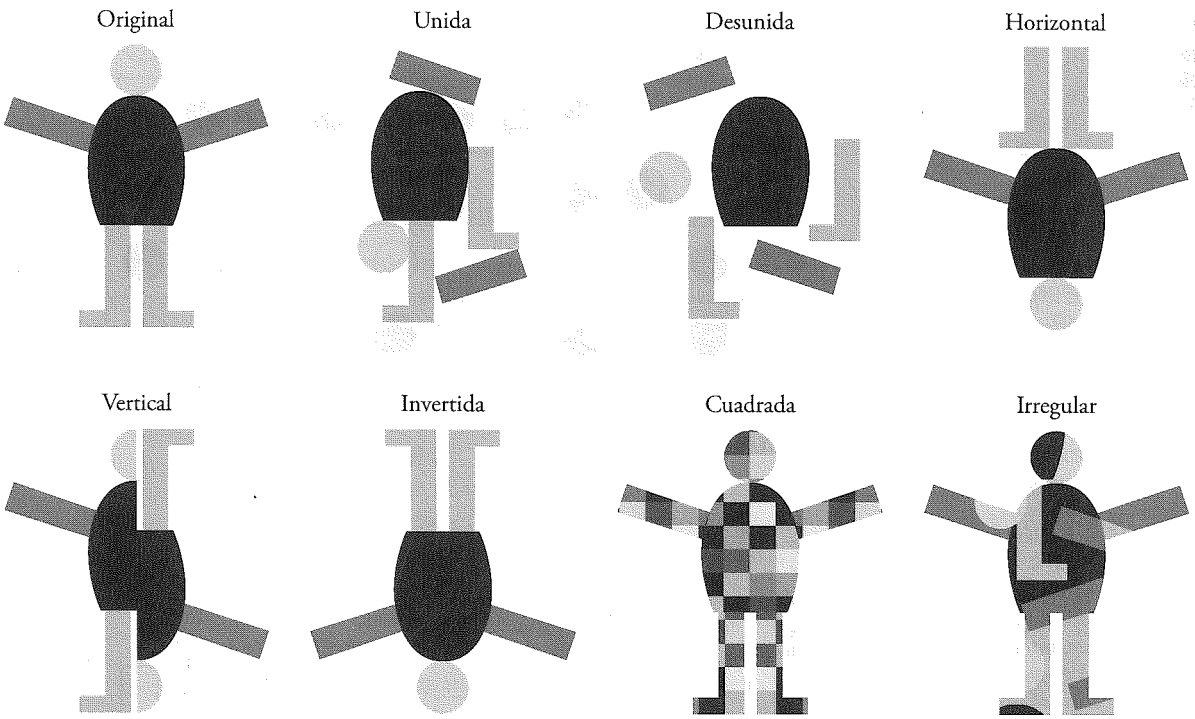



**FIGURA 12.14** Representación esquemática de las figuras humanas utilizadas en un estudio de persona-presente o persona-ausente en el aprendizaje de conceptos perceptuales en las palomas. (Basado en Aust y Huber, 2003.) La *original* representa la imagen normal usada en el entrenamiento. Todos los otros dibujos representan los reordenamientos de la imagen normal utilizada en las pruebas.

estímulo que los miembros de una categoría tienen en común. Estos elementos comunes crean lo que podría llamarse *semejanza familiar* entre los miembros individuales de una categoría perceptual. Los elementos comunes pueden ser una pequeña parte de la imagen (una curva en una línea o un parche de color) o aspectos más globales de la escena (brillo o contraste en conjunto). Los primeros investigadores del aprendizaje de conceptos perceptuales rechazaron las explicaciones de categorización basada en elementos comunes porque tenían dificultades para identificar las características compartidas o la combinación de características que creaban semejanzas familiares entre fotos de escenas naturales que pertenecían a la misma categoría. Sin embargo, las teorías de categorización basada en elementos comunes ahora están reapareciendo.

Este resurgimiento del interés en el enfoque de los elementos comunes es alentado por los resultados de experimentos que utilizan estímulos de prueba cuidadosamente diseñados que tienen preestablecidas propiedades estadísticas o funciones de estímulo alteradas mediante la transformación de la imagen, difuminación, u otras manipulaciones (por ejemplo, Jitsumori, 2006; Herbranson, Fremouw y Shimp, 2002; Martin-Malivel *et al*, 2006). El renovado interés en el enfoque de los elementos comunes también se alimenta del nuevo trabajo teórico de Soto y Wasserman (2010, 2012*b*), quienes han demostrado que los grandes fenómenos de la categorización se pueden simular mediante un modelo de aprendizaje de corrección de errores (como el modelo Rescorla-Wagner discutido en el capítulo 4), que asume que los miembros de una categoría perceptual tienen una serie de elementos de estímulo compartidos o comunes.

La suposición de elementos de estímulo compartidos no requiere que todos los miembros de una categoría tengan una característica fundamental o combinación de características del estímulo. Más bien, como se ilustra en la figura 12.15, cada ejemplar o miembro de la categoría puede tener una combinación diferente de estos elementos. El enfoque teórico desarrollado por Soto y Wasserman es particularmente poderoso porque no requiere la identificación empírica de los elementos comunes del estímulo. Sin identificar cuáles pueden ser esos ele-

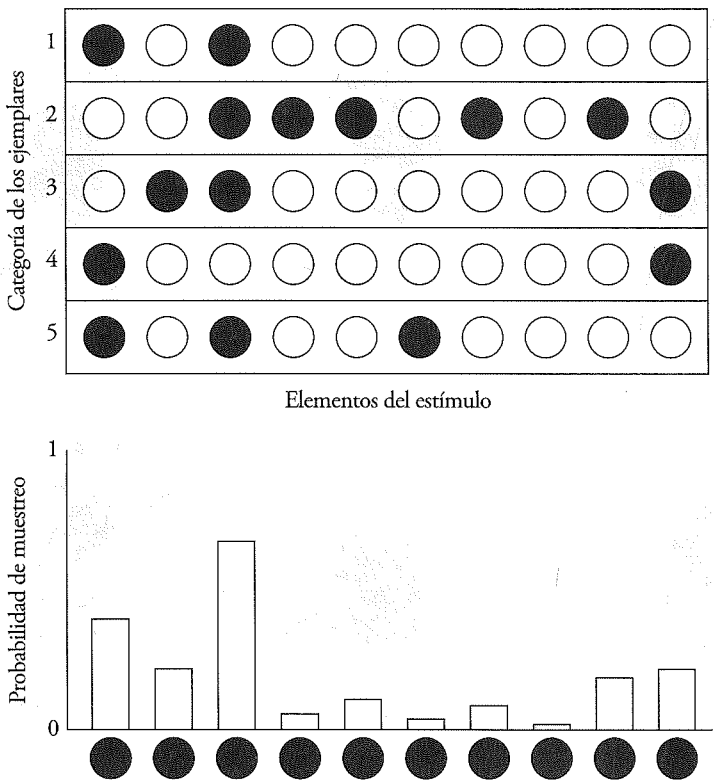



**FIGURA 12.15**
Representación esquemática de los posibles elementos comunes del estímulo entre los miembros de una categoría. Cada fila en el panel superior representa un miembro o ejemplar de una categoría perceptual. Los 10 círculos en cada fila representan elementos de estímulo potenciales o características que los ejemplares tienen en común. Si un ejemplar tiene una carcterística de estímulo particular, es indicado por el sombreado oscuro del círculo correspondiente. El panel inferior muestra la probabilidad de que aparezca un elemento de estímulo particular entre todos los miembros de la categoría. (Basado en Soto y Wasserman, 2010.)

mentos, el modelo hace nuevas predicciones sobre el aprendizaje de categorías que han sido verificadas por los datos experimentales (por ejemplo, Soto y Wasserman, 2012*a*).

## Aprendizaje de conceptos de nivel superior

Hasta ahora hemos hablado de categorías perceptuales de nivel básico que corresponden a la denominación de objetos, como sillas y flores. Las sillas y las flores también pueden clasificarse en función de un concepto de mayor nivel: artificial frente a natural. En este sentido, los estudios con palomas y otros animales han demostrado un mayor nivel de categorización (por ejemplo, Roberts y Mazmanian, 1988). De hecho, los animales pueden aprender a categorizar los estímulos tanto a nivel básico como a nivel superior al mismo tiempo.

Por ejemplo, en un estudio (Lazareva, Freiburger y Wasserman, 2004), palomas fueron entrenadas con imágenes de automóviles, flores, personas y sillas. En algunos ensayos estaban disponibles cuatro teclas de reporte (una en cada esquina de la pantalla), y cada tecla fue asignada a una de las categorías de nivel básico. La respuesta a la tecla asignada a los automóviles fue reforzada si la imagen en ese ensayo incluyó un auto la respuesta en la tecla de la silla fue reforzada si la imagen en ese ensayo mostró una silla, y así sucesivamente.

Los ensayos de clasificación de nivel básico se entremezclaron con los de clasificación de nivel superior. En estos ensayos estaban disponibles dos nuevas teclas de reporte (a la izquierda o a la derecha de la pantalla de visualización). La respuesta a una de las teclas fue reforzada si la imagen en el ensayo era un objeto artificial (autos o sillas), mientras que en la otra tecla fue reforzada si la imagen en ese ensayo mostraba un objeto natural (una persona o una flor).

Las palomas aprendieron fácilmente tanto en la categoría básica como en la de nivel superior, a pesar de que el aprendizaje de la categoría *artificial* tomó un poco más de tiempo que el aprendizaje de la categoría *natural*. Las palomas continuaron respondiendo correctamente en los niveles básico y superior cuando se probaron con nuevas imágenes de automóviles, flores,

personas y sillas. Sin embargo, su desempeño en las pruebas de estímulos nuevos fue un poco más bajo que con los estímulos de entrenamiento. Los investigadores todavía tienen que explorar si los procesos responsables del aprendizaje de las categorías de nivel superior son los mismos que los que intervienen en las categorías básicas, pero una buena apuesta indica que los procesos de aprendizaje del concepto en general están involucrados en ambos casos.

## Aprendizaje de conceptos abstractos

Las categorías de nivel superior como *natural* versus *artificial* son bastante abstractas, pero se refieren a objetos del mundo real. También tenemos conceptos que no representan las cosas del mundo real. Existen solamente en nuestra mente. Por ejemplo, consideremos el concepto de *igual* versus *diferente*. Estos no son los atributos de los objetos en el mundo real. No se puede describir una silla como igual o diferente. Estos términos se refieren a un juicio formulado al comparar dos objetos o imágenes. ¿Son las especies no humanas capaces de aprender conceptos abstractos?

Se ha realizado una profusa investigación sobre cómo las palomas, varias especies de primates y otros animales aprenden los conceptos *igual* y *diferente* (Cook y Wasserman, 2012). En una aproximación al aprendizaje de igual/diferente (por ejemplo, Wright y Katz, 2006, 2007), palomas, monos rhesus y monos capuchinos fueron sometidos a la presentación de dos cuadros en cada ensayo (figura 12.16). Si las dos imágenes eran las mismas, los participantes tenían que tocar o picotear la imagen inferior para obtener el reforzamiento del alimento; si eran diferentes, tenían que tocar o picotear una tecla de reporte al lado de las imágenes para obtener el reforzador. El entrenamiento comenzó con un conjunto de ocho imágenes, pero el conjunto de estímulos se duplicaba cada vez que los participantes respondían correctamente alrededor de 80% del tiempo. Al igual que en otros estudios de formación de conceptos, el aprendizaje del concepto igual/diferente se evaluó probando a los participantes con estímulos nuevos.

El desempeño en los ensayos de transferencia mejoró conforme aumentaba el número de imágenes utilizadas en el entrenamiento. El número de pruebas requeridas para alcanzar el criterio de desempeño también disminuyó con adiciones a los estímulos de entrenamiento. Los monos aprendieron el concepto igual/diferente en menos ensayos que las palomas. Sin embargo, el hecho de que el desempeño mejoró para cada especie con aumentos en el número de estímulos manejados sugiere que los monos y las palomas utilizan similares mecanismos de aprendizaje de conceptos (véase también Wright y Katz, 2007; Wright y Lickteig, 2010). Otros estudios han indicado que el grado de variabilidad en los objetos que aparecen en una pantalla visual determina si las palomas responden a escenas visuales como si fueran igual o diferente. Aunque el grado de variabilidad de estímulos también es relevante en el desempeño humano, estudios comparativos más detallados están empezando a revelar algunas diferencias interesantes en cómo las personas y las palomas realizan juicios igual/diferente (Wasserman y Castro, 2012).

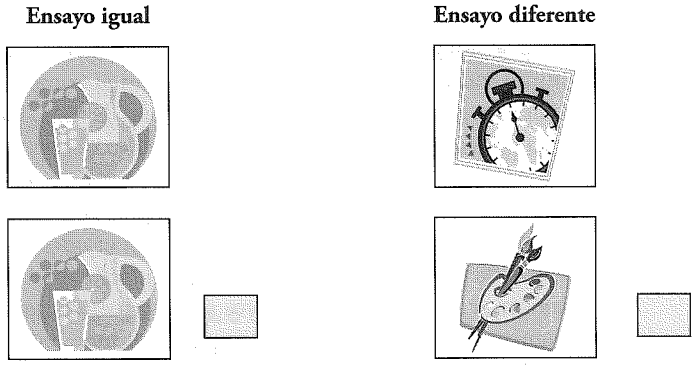



**FIGURA 12.16**
Diagrama del procedimiento para el entrenamiento de una discriminación igual/diferente. En los ensayos *igual*, dos de las imágenes en los paneles de estímulo son las mismas, y los participantes son reforzados por tocar o picotear el panel inferior. En los ensayos *diferente*, las imágenes son distintas y los participantes son reforzados por tocar o picotear el botón de respuesta a la derecha de las imágenes. (En el estudio de Wright y Katz, 2007, se utilizaron fotografías en lugar de dibujos.)

## Uso de herramientas en animales no humanos

En esta sección y la siguiente nos enfocamos en dos de los temas más controvertidos en la cognición comparada: el uso de herramientas y el aprendizaje de idiomas en los animales no humanos. Desde que Köhler (1927) observó a un chimpancé colocando una caja encima de otra para alcanzar una ración de comida, los científicos interesados en la cognición comparada han quedado fascinados con el uso de herramientas en los animales. Este interés fue motivado por el supuesto de que la construcción y el uso de herramientas requiere procesos cognitivos complejos (por ejemplo, Vaesen, 2012). Sin embargo, este supuesto básico no puede aplicarse a todos los casos del uso de herramientas. El cómo los animales aprenden a confeccionarlas y utilizarlas, y qué procesos conductuales y cognitivos son los responsables de este tipo de comportamiento continúa siendo uno de los principales problemas en la cognición comparada.

Se ha observado a numerosas especies utilizar herramientas de diversas maneras (por ejemplo, Bentley-Condit y Smith, 2010). Gran parte de la investigación sobre el uso no humano de herramientas se ha llevado a cabo con chimpancés y otros primates (por ejemplo, Boesch y Boesch, 1990; Visalberghi y Fragaszy, 2012). Teniendo en cuenta todo lo que hemos aprendido sobre las capacidades cognitivas de estas especies, el hecho de que utilicen herramientas no cuestiona en gran medida nuestra visión sobre ellas. Más provocadores son los informes de un amplio uso y fabricación de utensilios por varias especies de aves (Lefebvre, Nicolakakis y Boire, 2002).

Algunos de los ejemplos más interesantes sobre el uso de herramientas se relacionan con los cuervos (*Corvus moneduloides*) que viven en la isla de Nueva Caledonia, en el Pacífico occidental. Estos cuervos modifican ramitas, hojas, cartón, plástico y plumas para utilizarlos como herramientas a efecto de obtener alimentos de las grietas y otros lugares a los que no pueden acceder con su pico. Para estudiar de manera más sistemática el uso de herramientas en esta especie, Alex Kacelnik y sus colegas establecieron una colonia de estas aves en la Universidad de Oxford (por ejemplo, Bluff *et al*, 2007; Kacelnik *et al*, 2006). En un experimento, a dos cuervos silvestres capturados se les proporcionó acceso a alimentos colocados en un tubo de plástico horizontal transparente, abierto por un extremo. La comida se colocó a diferentes distancias de la apertura del tubo, y ramas de distintas longitudes estaban disponibles a efecto de que las aves las utilizaran para empujar la comida (Chappell y Kacelnik, 2002). Los cuervos utilizaron fácilmente las ramas que les fueron proporcionadas. Más importante aún, seleccionaron aquellas de longitud adecuada en cada prueba a un ritmo que superó con creces la casualidad (ver también, Hunt, Rutledge y Gray, 2006).

En otro estudio (Weir y Kacelnik, 2006), *Betty*, uno de los cuervos silvestres capturados, se puso a prueba con los alimentos colocados en un recipiente pequeño (una cubeta) que se bajó dentro de un tubo de plástico transparente. Para conseguir la comida, *Betty* tuvo que modelar un gancho de una pieza de metal que pudiera usar para agarrar el asa del recipiente de manera que éste fuera levantado para proporcionar la comida. *Betty* fue proveída con bandas metálicas de diferentes formas. Sin mucha dificultad, descubrió cómo modificar cada una de una manera única para que le sirviera como gancho eficaz.

Una cuestión importante en el estudio del uso de herramientas consiste en identificar cómo se adquiere la conducta. Los estudios con cuervos de Nueva Caledonia en su hábitat natural indican que los menores no logran la competencia de un adulto en el uso de herramientas sino hasta el final de su primer año de vida. Por tanto, este uso se aprende durante un largo periodo. Los jóvenes parecen aprender observando cómo sus padres utilizan las herramientas. Este aprendizaje observacional complementa lo que aprenden a través de sus propias experiencias individuales con utensilios potenciales (Holzhaider, Hunt y Gray, 2010).

Los estudios de laboratorio con cuervos criados en cautiverio han demostrado que el modelado de herramientas facilita el aprendizaje, pero no es necesario (Kenward *et al*, 2005; Kenward *et al*, 2006). Los cuervos son capaces de averiguar por su propia cuenta que pueden obtener pedazos de comida utilizando ramitas para empujarlos. Sin embargo, este tipo de uso de herramientas está precedido por otras conductas que implican la manipulación de las

ramitas. Evidentemente, los cuervos de Nueva Caledonia tienen una predisposición para recoger objetos no comestibles y manejarlos de diversas maneras. Esta conducta manipuladora les permite entonces aprender a utilizarlos como instrumentos.

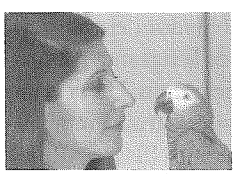
El uso de herramientas en las especies no humanas ha sido teóricamente estimulante, ya que parece ser muy astuto y puede reflejar inteligencia avanzada. Una interpretación alternativa indica que la fabricación y manejo de aperos constituye una forma de conducta instrumental reforzada por los alimentos que se obtienen utilizándolos. La importancia de esta distinción se ilustra con una comparación reciente sobre el uso de herramientas entre los monos y los córvidos que implica el mismo tipo de tarea (Albiach-Serrano, Bugnyar y Call, 2012). Los simios muestran en general mejor desempeño que los córvidos, pero éstos también manifiestan el uso de herramientas. Más importante aún, pruebas especiales indican que la conducta de los simios refleja conocimiento causal de la tarea. En contraste, no se observan datos de conocimiento causal en los córvidos. Estos resultados demuestran que "el uso de herramientas" no es una categoría de conducta homogénea. Más bien, cada caso puede reflejar diferentes mecanismos conductuales y cognitivos.

## Aprendizaje del lenguaje en animales no humanos

Tal vez la habilidad cognitiva más compleja es la competencia lingüística. De hecho, históricamente la opinión dominante ha sido que el lenguaje es tan complejo y especializado que constituye una habilidad exclusivamente humana. Según esta visión, la capacidad lingüística depende de ciertos módulos neuronales innatos que han evolucionado sólo en nuestra propia especie (por ejemplo, Chomsky, 1972; Lennenberg, 1967). Por el contrario, otros han propuesto que los seres humanos son capaces de utilizar el lenguaje porque son especialmente inteligentes y poseen experiencias que permiten su adquisición. Este segundo punto de vista sugiere que los organismos no humanos también pueden adquirir habilidades de lenguaje si son lo suficientemente inteligentes y se encuentran con las experiencias necesarias. Animados por esta posibilidad, los investigadores han tratado de enseñar habilidades lingüísticas a diferentes especies (por ejemplo, Hillix y Rumbaugh, 2004).

Los primeros esfuerzos de entrenamiento lingüístico intentaron determinar si los animales no humanos tienen la capacidad del lenguaje. Sin embargo, pronto se hizo evidente que esto no fundamenta una pregunta que tenga respuesta (Roitblat, Harley y Helweg, 1993). El lenguaje no es una entidad unitaria que se tiene o no se tiene. Más bien, se constituye de una serie de habilidades componentes. Por ejemplo, las habilidades lingüísticas de un bebé humano mejoran gradualmente a medida que el niño adquiere e integra competencias lingüísticas cada vez más sofisticadas. En esta secuencia de desarrollo no hay un punto en el que el niño se gradúe y pase de no tener el lenguaje a tenerlo.

Si el objetivo no es demostrar la competencia lingüística humana en las especies no humanas, ¿cuál es el propósito de este tipo de investigación? Varios son los objetivos. Uno es aprovechar el entrenamiento del lenguaje como vehículo para estudiar las capacidades cognitivas de las especies no humanas. Esta es la finalidad básica del programa de trabajo dirigido por Irene Pepperberg (por ejemplo, 1999, 2010), quien ha venido estudiando las capacidades cognitivas de los loros grises desde 1977. Una opinión relacionada ha sido expresada por Louis Herman, quien dirigió los estudios del lenguaje en los delfines: "El trabajo en el lenguaje animal puede ayudarnos a identificar con más certeza aquellos procesos en los seres humanos que pudieran derivarse de estructuras cognitivas generales y no de las estructuras específicas del lenguaje" (Herman y Uyeyama, 1999, p. 22). La investigación sobre el aprendizaje del lenguaje en las especies no humanas también nos puede ayudar a identificar los requisitos cognitivos previos y los componentes de la competencia lingüística, además de proporcionar información sobre la mejor manera de enseñar estas habilidades. Esta información puede tener un buen uso en la instrucción lingüística para personas con discapacidades cognitivas o del desarrollo.



AP Photo/File

La etóloga Irene Pepperberg con *Alex*, su loro gris africano.

## Los primeros intentos en el entrenamiento del lenguaje

La mayoría de los esfuerzos por enseñar el lenguaje a los animales ha involucrado a chimpancés, ya que éstos comparten muchas características con los seres humanos. Sin embargo, a pesar de estas similitudes, los chimpancés no aprenden a hablar cuando se les aporta el mismo tipo de experiencias que reciben los niños a medida que aprenden a hablar. Por ejemplo, Cathy y Keith Hayes criaron a un chimpancé llamado *Viki* con la intención explícita de enseñarle a hablar (Hayes y Hayes, 1951). A pesar de un entrenamiento de varios años, *Viki* aprendió a decir sólo tres palabras: *mamá*, *papá* y *copa*. La búsqueda de la competencia lingüística en los chimpancés no progresó significativamente sino hasta el trabajo innovador de Allen y Beatrice Gardner y sus estudiantes (Gardner y Gardner, 1969, 1975, 1978), quienes enseñaron al chimpancé *Washoe* el lenguaje de señas americano en lugar del habla vocal.

El lenguaje de señas utiliza gestos manuales en vez de sonidos vocales. Aunque los chimpancés emiten una serie de vocalizaciones distintas con propiedades lingüísticas (por ejemplo, Taglialatela, Savage-Rumbaugh y Baker, 2003), se puede estimular una gama mucho más amplia de movimientos con las manos y los gestos. *Washoe* era buen estudiante. Ella aprendió a señalar más de 100 palabras. El éxito de los Gardner con *Washoe* alentó otros esfuerzos de entrenamiento del lenguaje con chimpancés, así como con otras especies, incluyendo a un gorila (Patterson, 1978), delfines (Herman, 1987), lobos marinos (Gisiner y Schusterman, 1992; Schusterman y Gisiner, 1988), y loros grises africanos (Pepperberg, 1990).

## Procedimientos para el entrenamiento del lenguaje

Se han empleado diversos procedimientos para entrenar las habilidades lingüísticas. Por ejemplo, en el programa de investigación sobre loros grises africanos dirigido por Irene Pepperberg (1999, 2010) se utilizó un procedimiento de aprendizaje por observación conocido como **técnica modelo/rival**. En esta técnica, un asistente de investigación actúa como un entrenador y el otro actúa como un estudiante rival que compite con el loro por la atención del instructor. Éste puede presentar un objeto de interés para el loro y preguntar de qué color es. La persona que actúa como estudiante responde entonces, a veces correctamente y a veces de forma incorrecta. Una respuesta incorrecta se traduce en una reprimenda del entrenador y la remoción temporal del objeto. Una respuesta correcta resulta en alabanza y la oportunidad de manipular el objeto. El loro observa estas interacciones e intenta ganar la atención del instructor (y obtener el objeto) respondiendo correctamente antes que el estudiante humano rival.

El proyecto de entrenamiento del lenguaje de más larga duración y más informativo fue desarrollado por Duane Rumbaugh y sus colegas en el Centro de Investigación del Lenguaje de la Universidad Estatal de Georgia. En lugar de emplear el lenguaje de signos, las palabras utilizadas en este proyecto consistieron en diseños visuales simples de diversas formas y colores (Rumbaugh, 1977; ver también Savage-Rumbaugh, 1986). Estos símbolos, llamados *lexigramas*, se presentaron en una tabla (figuras 12.17 y 12.18). Algunos chimpancés y sus parientes cercanos, los bonobos (*Pan paniscus*), participaron en este proyecto. Los bonobos son más similares a los seres humanos que los chimpancés, pero son raros tanto en la naturaleza como en cautiverio.

Los participantes fueron criados en un ambiente generoso en lenguaje, con contacto humano durante todo el día todos los días. Ellos podían comunicarse con sus cuidadores señalando o pulsando lexigramas particulares en el tablero. Las versiones portátiles del tablero de lexigramas permitió a los participantes utilizarlos mientras se movían alrededor del complejo en el que habitaban. Los registros por computadora de estas respuestas de lexigrama proporcionan información detallada sobre el desempeño lingüístico de los participantes. Un bonobo concreto, *Kanzi*, se hizo famoso por manifestar un lenguaje aprendido sin instrucción explícita y por proporcionar inusualmente buena evidencia de habilidad lingüística (Savage-Rumbaugh *et al*, 1993; Savage-Rumbaugh *et al*, 1990).

*Kanzi* vivió con su madre, *Matata*, durante los primeros 2.5 años de su vida. Ella nació salvaje, y comenzó su entrenamiento lingüístico en el Centro de Investigación del Lenguaje de la Universidad Estatal de Georgia cuando *Kanzi* tenía seis meses de edad. *Matata* se entrenó con los procedimientos estándar en los que tenía que indicar el lexigrama correspondiente al nombre de los objetos comestibles para poder obtenerlos. En sus primeros años, *Kanzi* obser-

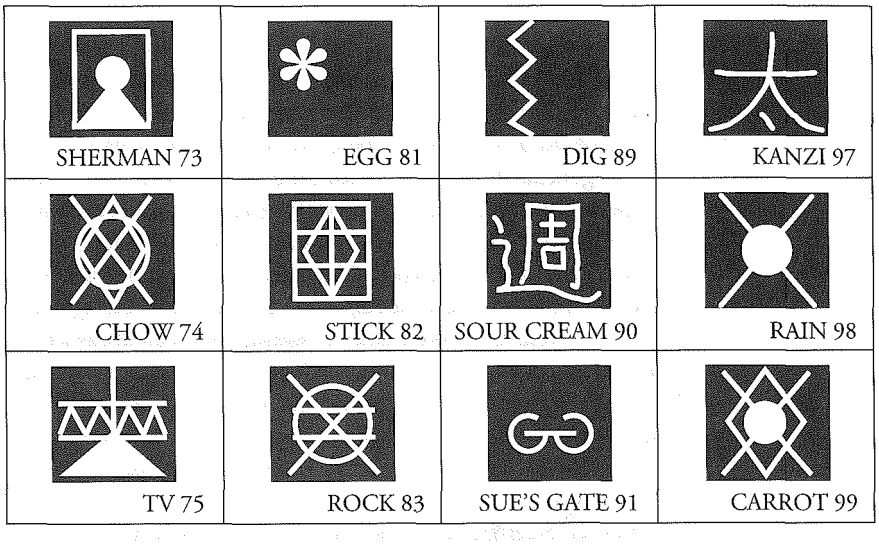



**FIGURA 12.17**
Ejemplos de lexigramas utilizados en el Centro de Investigación del Lenguaje. Cortesía de Duane Rumbaugh, Centro de Investigación del Lenguaje, Universidad Estatal de Georgia.

vó estas sesiones de entrenamiento, pero no participó en ellas. *Matata* fue separada después por un periodo para propósitos de reproducción. Durante esta separación, *Kanzi* comenzó a interaccionar espontáneamente con el tablero de lexigramas. Los investigadores aprovecharon este uso espontáneo y permitieron a *Kanzi* seguirlo utilizando, al tiempo que se comunicaba con gestos manuales. Los cuidadores también le permitieron a *Kanzi* continuar aprendiendo habilidades del lenguaje escuchando inglés hablado y observando a humanos comunicándose con gestos y lexigramas.

Se hizo todo lo posible por proporcionarle a *Kanzi* un ambiente tan vivo y tan natural como fuera posible. Se le permitió salir de excursión en una zona boscosa de 50 acres adyacente al laboratorio. Los bosques fueron aprovisionados con estaciones de comida en lugares fijos. Las excursiones proporcionaron numerosas oportunidades para la conversación referente a qué sitio de comida visitar, qué tomar en el camino, y así sucesivamente. También se le permitió a *Kanzi* visitar varias áreas del laboratorio, incluidas las zonas en las que se alojaban otros simios, y periódicamente fue llevado a paseos en automóvil.

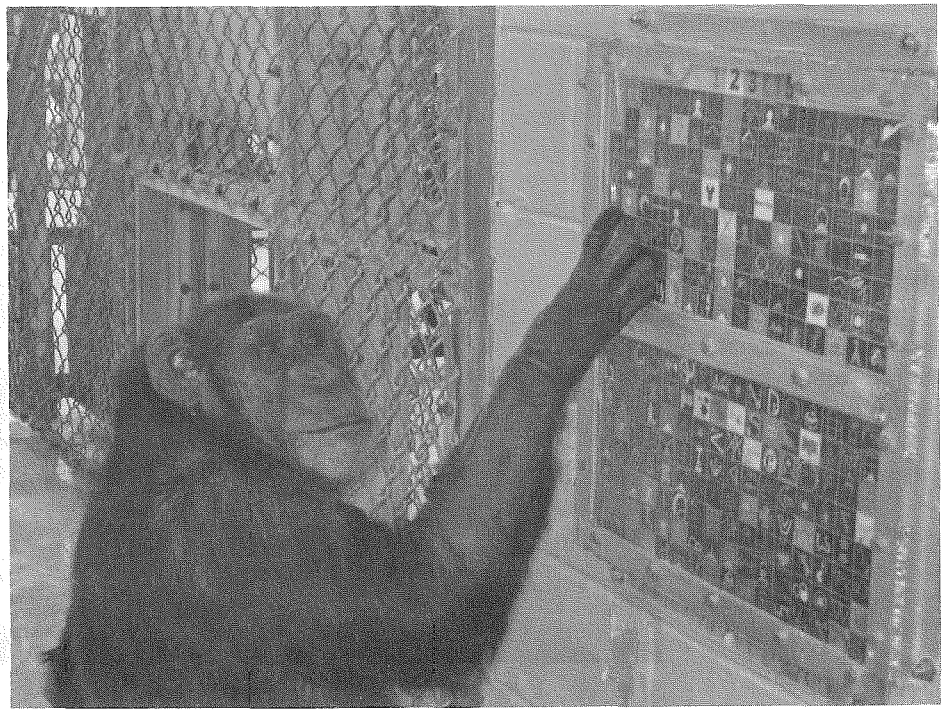

Cortesía de Michael Beran

**FIGURA 12.18** *Panzee* trabajando con un tablero de lexigramas.

A las actividades diarias de *Kanzi*, tales como cambio de pañales, preparación de alimentos y juegos diversos, le fueron incorporados lenguaje hablado y léxico. Se tenía la esperanza de que adquiriera el lenguaje incidental durante sus actividades diarias normales, como hacen los niños. No se llevaron a cabo sesiones de entrenamiento lingüístico explícito, y el uso del lenguaje para *Kanzi* no se reforzó de manera explícita con los alimentos. Sin embargo, las contingencias de reforzamiento inherentes a las interacciones sociales fueron probablemente importantes en el aprendizaje del lenguaje de este simio (Sundberg, 1996).

Además de aprender espontáneamente lexigramas, *Kanzi* también aprendió a reconocer palabras habladas en inglés. Al igual que otros chimpancés, no podía producir los sonidos de las palabras, pero parecía conocer su significado. Savage-Rumbaugh y sus colegas evaluaron esta comprensión presentando el sonido de las palabras a través de auriculares y luego permitiendo que *Kanzi* seleccionara el lexigrama correspondiente eligiendo entre tres alternativas (Savage-Rumbaugh *et al*, 1986) (ver la figura 12.19). El experimentador no podía ver las posibles opciones de lexigrama y, por ende, llevar inadvertidamente a la respuesta correcta. *Kanzi* respondió correctamente en casi todas las pruebas.

Los resultados obtenidos con este chimpancé indican que la capacidad de discriminar fonemas en el lenguaje humano no es única del *Homo sapiens*. Los límites de la percepción del habla en chimpancés se pusieron a prueba aún más con *Panzee*, otro chimpancé criado en un ambiente generoso en lenguaje humano (Heimbauer, Beran y Owren, 2011). En estas pruebas, las características acústicas de las palabras fueron severamente degradadas. Los oyentes humanos encontraron las palabras habladas normalmente más fáciles de identificar que los sonidos de las palabras burdamente sintetizados. *Panzee* mostró resultados similares, pero respondió con más precisión al azar que incluso con los estímulos auditivos degradados.

## Componentes de la habilidad lingüística

Ya no hay ninguna duda de que los grandes simios y otras especies (por ejemplo, loros grises, delfines y leones marinos) pueden aprender numerosos elementos de vocabulario. Los chimpancés y los bonobos criados en un entorno social rico en lenguaje suelen adquirir un vocabulario del orden de 100 o 200 palabras. Pero eso probablemente no es el límite de su capacidad de aprenderlas. En una impresionante demostración, una *border collie* llamada *Chaser* aprendió los nombres de 1,022 objetos diferentes que fue animada a recuperar (Pilley y Reid,



Cortesía de Duane Rumbaugh, Centro de Investigación del Lenguaje, Universidad Estatal de Georgia.

**FIGURA 12.19**
El chimpancé bonobo *Kanzi* participa en una prueba de comprensión del inglés. Las palabras le fueron presentadas a través de los auriculares y tenía que responder pulsando lexigramas en el panel del fondo.

2011). Tales manifestaciones dejan claro que el aprendizaje de vocabulario no es una habilidad únicamente humana. Tan impresionante como era el vocabulario de *Chaser*, aprender el significado de las palabras es sólo un componente de la habilidad lingüística.

*Chaser* recuperó correctamente el objeto nombrado en un ensayo determinado a partir de un ámbito de ocho objetos familiares, pero no aprendió combinaciones de palabras y no utilizó su vocabulario de forma flexible para responder comandos más complejos o para comunicarse sobre los objetos y eventos con alguien más. El idioma implica la disposición de las palabras en secuencias de acuerdo con ciertas reglas de gramática o sintaxis. Por tanto, un tema importante en la investigación del lenguaje ha consistido en definir si los participantes muestran evidencia del uso de reglas gramaticales. Otra cuestión importante radica en determinar si los animales entrenados en el lenguaje limitan su uso para hacer peticiones en lugar de utilizarlo también para comunicar acerca de objetos y eventos sin un objetivo o reforzador específico. (Para más información sobre estos y otros temas relacionados, consulte Washburn, 2007). Existe un considerable debate acerca de este tema, y el debate continúa (por ejemplo, Kako, 1999; Roitblat, 2007).

## Evidencias de "gramática" en los grandes simios

Los primeros estudios de la producción del lenguaje en chimpancés no aportaron pruebas convincentes de respuestas basadas en una especie de gramática o en un conjunto de reglas para las combinaciones de las palabras (Terrace, 1979; Terrace *et al*, 1979). El chimpancé *Nim*, que aprendió el lenguaje de señas de Terrace y sus colegas, emitió secuencias de signos, pero éstas parecían ser imitaciones del entrenador, incluyendo repeticiones sin sentido. Por ejemplo, la combinación más común de cuatro signos de *Nim* era comer-beber-comer-beber. La evidencia más convincente del desarrollo de secuencias gramaticales de palabras se obtuvo inicialmente en estudios con *Kanzi* (Greenfield y Lyn, 2007; Greenfield y Savage-Rumbaugh, 1990; ver también Savage-Rumbaugh *et al*, 1990). Análisis posteriores incluyeron datos de *Kanzi*, así como de su media hermana, *Panbanisha*, y un chimpancé llamado *Panpanzee* (Lyn, Greenfield y Savage-Rumbaugh, 2011).

Los análisis de miles de expresiones de *Kanzi* y de otros grandes monos indican que la gran mayoría incluyó una sola palabra. Sólo alrededor de 10-15% de sus enunciados incluyeron dos o más palabras, y la mayoría era sólo secuencias de dos vocablos. Esto contrasta con la actuación lingüística de los niños en una etapa de desarrollo comparable, cuyos enunciados incluyen dos o más palabras en más de 50% de los casos (Lyn *et al*, 2011*a*). Cuando esto ocurre, en las expresiones de dos palabras entre los grandes simios está implicada una petición de algún tipo. Por ejemplo, 96% de las expresiones de dos palabras de *Kanzi* eran peticiones.

A pesar de que las expresiones de dos palabras no eran comunes con los grandes simios, cuando ocurrieron, las palabras no aparecieron en orden aleatorio. Esto fue más evidente con expresiones que incluían un lexigrama y un gesto. En estos casos, la respuesta lexigrama generalmente se realizó primero, seguida por el gesto. La respuesta lexigrama precedió al gesto 91% del tiempo para *Panpanzee*, 88% del tiempo para *Panbanisha*, y 81% del tiempo en *Kanzi*.

Los análisis de casos en los que las dos palabras eran ambas respuestas lexigrama también mostraron cierta evidencia de un orden de preferencia (Lyn *et al*, 2011*a*). Pero el orden preferido no fue uniforme entre los tres monos estudiados. Por ejemplo, si un lexigrama se refería a un objeto y el otro a una acción, la mayor parte del tiempo *Kanzi* puso la acción antes del objeto. Por su parte, los otros dos chimpancés no mostraron una preferencia de orden en estos casos. Por el contrario, si los lexigramas utilizaban una acción y un objetivo, *Panpanzee* y *Panbanisha* siempre colocaron la acción primero, pero *Kanzi* no. Como ilustran estos ejemplos, las preferencias de orden de las palabras de *Panpanzee* coincidían con las de *Panbanisha* más a menudo de lo que coincidían con las de *Kanzi*. Esto puede estar relacionado con el hecho de que *Panpanzee* y *Panbanisha* se habían criado juntos.

Como se señaló anteriormente, en muchas de las secuencias de dos palabras de los grandes simios participan diversos tipos de solicitudes. Tal uso imperativo del lenguaje orientado a objetivos también es común en los niños. Sin embargo, las personas también usan el lengua-

je para expresar o declarar algo sin una consecuencia prevista. Este uso del lenguaje declarativo no ocurre tan a menudo entre los primates. Lyn y colaboradores (2011*b*) encontraron que alrededor de 5% de los enunciados de los grandes simios es declarativo en comparación con 40% para los niños.

Los enunciados declarativos emitidos por los grandes simios se refieren más a menudo a los acontecimientos del pasado o del futuro, que las declaraciones de los niños, e incluyen un menor número de expresiones sobre los nombres de las cosas. Sin embargo, en otros aspectos, el contenido de los enunciados declarativos no es inusual. Por ejemplo, Lyn y colaboradores (2011*b*) describieron un episodio en el que *Panbanisha* comía una fresa y luego indicaba la palabra "fresa" en el tablero de lexigramas mientras observaba al cuidador, que estuvo de acuerdo en que ella estaba comiendo una fresa. Observe que este episodio representa comunicación, ya que *Panbanisha* utilizó el tablero de lexigramas y miró al experimentador. *Panbanisha* no eligió una palabra aleatoriamente, porque el lexigrama seleccionado correspondía a lo que estaba comiendo. Por otra parte, la comunicación no era una petición de una fresa, ya que ya había comido la fruta. Por tanto, ella estaba haciendo una expresión declarativa. (Para los datos y discusión adicionales, consulte Lyn *et al*, 2011*b*).

Los estudios del entrenamiento del lenguaje en los grandes simios han recorrido un largo camino desde los esfuerzos pioneros de Cathy y Keith Hayes. Algunos de los grandes monos han demostrado competencia lingüística más allá de lo que los primeros investigadores hubieran esperado ver. Aunque no hemos descubierto la manera de comunicarnos con ellos con la facilidad y riqueza de contenido que caracterizan las interacciones del lenguaje humano, la investigación ha reivindicado la creencia de Darwin de que las habilidades del lenguaje humano aparentemente únicas no reflejan una discontinuidad en el reino animal.

## Preguntas de estudio

1. Describa la conducta de almacenamiento de alimentos en escondites y qué factores tienen que descartar los experimentadores antes de concluir que la conducta está mediada por la memoria de trabajo.
2. Explique cómo la conducta de almacenamiento de alimentos en las aves se puede utilizar para proporcionar evidencia de memoria episódica.
3. Describa el procedimiento de pico y de qué forma los resultados obtenidos con este procedimiento pueden ser explicados por la teoría de la expectativa escalar.
4. Compare y contraste el modelo de la expectativa escalar y la teoría conductual de la estimación temporal.
5. Explique por qué las pruebas con subconjuntos de elementos de una presentación simultánea son útiles para evaluar los mecanismos de aprendizaje de un patrón serial.
6. Compare y contraste el aprendizaje de conceptos perceptuales y conceptos abstractos.
7. Describa los casos del uso de herramientas en las especies de aves y analice cómo se puede adquirir el uso de herramientas.
8. Exponga las similitudes y diferencias en el aprendizaje del lenguaje entre los chimpancés y los niños humanos.

## Términos clave

**aprendizaje de pares asociados** Aprendizaje de asociaciones entre pares sucesivos de una lista ordenada de estímulos.

**aprendizaje de representación serial** Aprendizaje de la representación mental del orden de una lista o de una serie de estímulos.

**cadena de respuestas** Serie de respuestas ordenadas consecutivamente en las que cada respuesta produce la señal para la siguiente respuesta de la secuencia.

**conductas adjuntivas** Actividades sistemáticas o respuestas que se producen cuando los reforzadores se entregan a intervalos fijos. Diferentes conductas adjuntivas se desarrollan en diferentes puntos del intervalo entre reforzadores.

**desempeño en orden serial** Aprendizaje para responder a un conjunto de estímulos en un orden determinado. El desempeño en orden serial se puede lograr mediante el aprendizaje de una serie de asociaciones E–R o E–E, o mediante la formación de una representación mental del orden de los estímulos.

**estimación de la duración** Procedimiento de discriminación en el que el estímulo discriminativo consiste en la duración de un evento.

**invariancia o invarianza escalar** Propiedad del control temporal de la conducta que hace hincapié en que los participantes responden a intervalos de tiempo en términos de sus duraciones relativas o proporcionales en vez de por sus duraciones absolutas.

**procedimiento de cadena simultánea** Procedimiento para estudiar el aprendizaje del orden serial en el que todos los estímulos de la serie se presentan al mismo tiempo y el participante tiene que seleccionar los estímulos en un orden determinado.

**procedimiento de pico** Variación de un ensayo discreto en un programa de intervalo fijo utilizado para estudiar la estimación temporal en los animales. Cada ensayo comienza con un estímulo. El reforzador está configurado en un tiempo fijo después de la aparición del estímulo, y se entrega cuando el participante responde. Después del entrenamiento se proporcionan ensayos de prueba no reforzados durante los cuales el estímulo de prueba se extiende sustancialmente más allá del tiempo habitual de reforzamiento. La respuesta en estos ensayos de prueba muestra un pico en el valor del intervalo fijo del programa de entrenamiento.

**producción de la duración** Procedimiento en el que los participantes aprenden a responder en un tiempo establecido después de la aparición de un estímulo o el inicio de un ensayo.

**técnica modelo/rival** Procedimiento de aprendizaje observacional en el que el participante observa a un entrenador instruyendo a un estudiante que hace el papel de rival, y trata de competir con ese estudiante para captar la atención del entrenador.

# Referencias


Abramson, L. Y., Metalsky, G. I. y Alloy, L. B. (1989). Hopelessness depression: A theory-based subtype of depression. *Psychological Review, 96*, 358-372.

Ahearn, W. H., Clark, K. M., Gardenier, N. C., Chung, B. I. y Dube, W. V. (2003). Persistence of stereotypic behavior: examining the effects of external reinforcers. *Journal of Applied Behavior Analysis, 36*, 439-448.

Akin-Little, K. A., Eckert, T. L., Lovett, B. J. y Little, S. G. (2004). Extrinsic reinforcement in the classroom: Bribery or best practice. *School Psychology Review, 33*, 344-362.

Akins, C. K. (1998). Context excitation and modulation of conditioned sexual behavior. *Animal Learning and Behavior, 26*, 416-426.

——. (2000). Effects of species-specific cues and the CS–US interval on the topography of the sexually conditioned response. *Learning and Motivation, 31*, 211-235.

Akins, C. K. y Domjan, M. (1996). The topography of sexually conditioned behaviour: effects of a trace interval. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49B*, 346-356.

Albert, M. y Ayres, J. J. B. (1997). One-trial simultaneous and backward excitatory fear conditioning in rats: lick suppression, freezing and rearing to CS compounds and their elements. *Animal Learning and Behavior, 25*, 210-220.

Albiach-Serrano, A., Bugnyar, T. y Call, J. (2012). Apes (*Gorilla gorilla, Pan paniscus, P. troglodytes, Pongoabelii*) versus corvids (*Corvuscorax, C. corone*) in a support task: the effect of pattern and functionality. *Journal of Comparative Psychology, 126*, 355-367.

Allam, M. D. E. *et al.* (2010). Long-lasting memory for an odor acquired at the mother's breast. *Developmental Science, 13*, 849-863.

Allan, L. G. (2005, con artículos adicionales, pp. 131-263). Learning of contingent relationships. *Special Issue of Learning and Behavior, 33*, 127-130.

Allan, R. W. y Zeigler, H. P. (1994). Autoshaping the pigeon's gape response: acquisition and topography as a function of reinforcer type and magnitude. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 62*, 201-223.

Allison, J. (1993). Response deprivation, reinforcement and economics. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 60*, 129-140.

Altevogt, B. M., Pankevich, D. E., Shelton-Davenport, M. K. y Kahn, J. P. (Eds.). (2011). *Chimpanzees in biomedical and behavioral research: assessing the necessity*. Washington, DC: Institute of Medicine and the National Research Council of the National Academy of Sciences.

Alvarez, V. A. y Sabatini, B. L. (2007). Anatomical and physiological plasticity of dendritic spines. *Annual Review of Neuroscience, 30*, 79-87.

Amat, J., Matus-Amat, P., Watkins, L. R. y Maier, S. F. (1998). Escapable and inescapable stress differentially alter extracellular levels of 5-HT in the basolateral amygdala of the rat. *Brain Research, 812*, 113-120.

Amsel, A. (1958). The role of frustrative nonreward in noncontinuous reward situations. *Psychological Bulletin, 55*, 102-119.

——. (1992). *Frustration theory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Amundson, J. C. y Miller, R. R. (2008). CS–US temporal relations in blocking. *Learning and Behavior, 36*, 92-103.

Anderson, M. C. y Shettleworth, S. J. (1977). Behavioral adaptation to fixed interval and fixed-time food delivery in golden hamsters. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 25*, 33-49.

Andrzejewski, M. E., Cardinal, C. D., Field, D. P., Flannery, B. A., Johnson, M., Bailey, K. y Hineline, P. N (2005). Pigeons' choices between fixed-interval and random-interval schedules: Utility of variability? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 83*, 129-145.

Andrzejewski, M. E., Ryals, C. D., Higgins, S., Sulkowski, J., Doney, J.,

Kelley, A. E. y Bersh, P. J. (2007). Is extinction the hallmark of operant discrimination? Reinforcement and $S^A$ effects. *Behavioural Processes, 74*, 49-63.

Anger, D. (1963). The role of temporal discrimination in the reinforcement of Sidman avoidance behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 6*, 477-506.

Arentes, J. y Machado, A. (2008). Context effects in a temporal discrimination task: Further tests of the scalar expectancy theory and learning learning-to-time models. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 90*, 33-51.

Asada, M., Hallam, J. C. T., Meyer, J.-A. y Tani, J. (Eds.) (2008). *From animals to animats 10*. Expedientes de la 10 Conferencia Internacional sobre Conducta Adaptativa Simulada, Osaka, Japón. Berlín: Springer-Verlag.

Ator, N. A. y Griffiths, R. R. (2003). Principles of drug abuse liability assessment in laboratory animals. *Drug and Alcohol Dependence, 70*, S55-S72.

Audrain-McGovern, J., Rodriguez, D., Epstein, L. H., Cuevas, J., Rodgers, K. y Wileyto, E. P. (2009). Does delay discounting play an etiological role in smoking or is it a consequence of smoking? *Drug and Alcohol Dependence, 103*, 99-106.

Aust, U. y Huber, L. (2003). Elemental versus configural perception in a people-present/people-absent discrimination task by pigeons. *Learning and Behavior, 31*, 213-234.

Ayres, J. J. B. (1998). Fear conditioning and avoidance. En W. O'Donohue (ed.), *Learning and behavior therapy* (pp. 122-145). Boston: Allyn Bacon.

——. (2012). Conditioned suppression. En N. M. Seel (ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 749-751). Nueva York: Springer Science.

Azorlosa, J. L. y Cicala, G. A. (1986). Blocking of conditioned suppression with 1 or 10 compound trials. *Animal Learning and Behavior, 14*, 163-167.

Azrin, N. H. (1956). Some effects of two intermittent schedules of immediate and non-immediate punishment. *Journal of Psychology, 42*, 3-21.

——. (1959). Punishment and recovery during fixed ratio performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 2*, 301-305.

——. (1960). Effects of punishment intensity during variable interval reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 3*, 123-142.

Azrin, N. H. y Holz, W. C. (1961). Punishment during fixed-interval reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 4*, 343-347.

——. (1966). Punishment. En W. K. Honig (ed.), *Operant behavior: Areas of research and application* (pp. 380-447). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Azrin, N. H., Holz, W. C. y Hake, D. F. (1963). Fixed-ratio punishment. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 6*, 141-148.

Azrin, N. H., Hutchinson, R. R. y Hake, D. F. (1966). Extinction induced aggression. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 9*, 191-204.

Babkin, B. P. (1949). *Pavlov: A biography*. Chicago: University Chicago Press.

Baer, D. M. y Wolf, M. M. (1970). The entry into natural communities of reinforcement. En R. Ulrich, T. Stachnik y J. Mabry (eds.), *Control of human behavior* (vol. 2, pp. 319-324). Glenview, IL: Scott Foresman.

Baerends, G. P. (1988). Ethology. En R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey y R. D. Luce (eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology* (vol. 1, pp. 765-830). Nueva York: Wiley.

Bailey, C. H. y Kandel, E. R. (2008). Synaptic remodeling, synaptic growth and the storage of long-term memory in Aplysia. *Progress in Brain Research, 169*, 179-198.

Baillargeon, R. (2008). Innate ideas revisited. *Perspectives in Psychological Science, 3*, 2-13.

Baker, T. B. *et al.* (2004). Addiction motivation reformulated: An affective processing model of negative reinforcement. *Psychological Review, 111*, 33-51.

Balci, F. *et al.* (2009). Acquisition of peak responding: What is learned? *Behavioural Processes, 80*, 67-75.

Balda, R. P. y Turek, R. J. (1984). The cache-recovery system as an example of memory capabilities in Clark's nutcracker. En H. L. Roitblat, T. G. Bever y H. S. Terrace (eds.), *Animal cognition* (pp. 513-532). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Balleine, B. W. y Ostlund, S. B. (2007). Still at the choice point. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1104*, 147-171.

Balsam, P. D. (1985). The functions of context in learning and performance. En P. D. Balsam y A. Tomie (eds.), *Context and learning* (pp. 1-21). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1988). Selection, representation and equivalence of controlling stimuli. En R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey y R. D. Luce (eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology* (vol. 2: *Learning and cognition*, pp. 111-166). Nueva York: Wiley.

Balsam, P. D., Deich, J. D., Ohyama, T. y Stokes, P. D. (1998). Origins of new behavior. En W. O'Donohue (ed.), *Learning and behavior therapy* (pp. 403-420). Boston: Allyn and Bacon.

Balsam, P. D., Drew, M. R. y Gallistel, C. R. (2010). Time associate learning. *Comparative Cognition and Behavior Reviews, 5*, 1-22.

Balsam, P. D., Drew, M. R. y Yang, C. (2001). Timing at the start of associative learning. *Learning and Motivation, 33*, 141-155.

Balsam, P. D. y Gallistel, C. R. (2009). Temporal maps and informativeness in associative learnig. *Trends in Neuroscience, 32*, 73-78.

Balsam, P. D. y Tomie, A. (Eds.). (1985). *Context and learning*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Balsam, P., Sanchez-Castillo, H., Taylor, K., Van Volkinburg, H. y Ward, R. D. (2009). Timing and anticipation: Conceptual and methodological approaches. *European Journal of Neuroscience, 30*, 1749-1755.

Bandarian Balooch, S. y Neumann, D. L. (2011). Effects of multiple contexts and context similarity on the renewal of extinguished conditioned behaviour in an ABA design with humans. *Learning and Motivation, 42*, 53-63.

Banks, R. K. (1976). Resistance to punishment as a function of intensity and frequency of prior punishment experience. *Learning and Motivation, 7*, 551-558.

Baratta, M. V., Christianson, J. P., Gomez, D. M., Zarza, C. M., Amat, J., Masini, C. V., Watkins, L. R. y Maier, S. F. (2007). Controllable versus uncontrollable stressors bi-directionally modulate conditioned but not innate fear. *Neuroscience, 146*, 1495-1503.

Bargai, N., Ben-Shakhar, G. y Shalev, A. Y. (2007). Posttraumatic stress disorder and depression in battered women: The mediating role of learned helplessness. *Journal of Family Violence, 22*, 267-275.

Bargh, J. A. y Morsella, E. (2008). The unconscious mind. *Perspectives in Psychological Science, 3*, 73-79.

Barlow, D. H. (1988). *Anxiety and its disorders*. Nueva York: Guilford Press.

Barnet, R. C. y Miller, R. R. (1996). Second order excitation mediated by a backward conditioned inhibitor. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 22*, 279-296.

Baron, A. (1965). Delayed punishment of a runway response. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 60*, 131-134.

Baron, A. y Herpolsheimer, L. R. (1999). Averaging effects in the study of fixed ratio response patterns. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 71*, 145-153.

Barrett, D. (2010). *Supernormal stimuli*. Nueva York: W. W. Norton.

Bashinski, H., Werner, J. y Rudy, J. (1985). Determinants of infant visual attention: Evidence for a two-process theory. *Journal of Experimental Child Psychology, 39*, 580-598.

Bateson, P. y Mameli, M. (2007). The innate and the acquired: Useful clusters or a residual distinction from folk biology? *Developmental Psychobiology, 49*, 818-837

Batsell, W. R. y Paschall, G. Y. (2009). Mechanisms of overshadowing and potentiation in flavor-aversion conditioning. En S. Reilly y T. R. Schachtman (eds.), *Conditioned taste aversion: Behavioral and neural processes* (pp. 179-195). Oxford/ Nueva York: Oxford University Press.

Batsell, W. R., *Jr.*, Paschall, G. Y., Gleason, D. I. y Batson, J. D. (2001). Taste preconditioning augments odor-aversion learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 27*, 30-47.

Batson, J. D. y Batsell, W. R., *Jr.* (2000). Augmentation, not blocking, in an A+/AX+ flavor-conditioning procedure. *Psychonomic Bulletin and Review, 7*, 466-471.

Baum, M. (1969). Extinction of avoidance response following response prevention: Some parametric investigations. *Canadian Journal of Psychology, 23*, 1-10.

——. (1970). Extinction of avoidance responding through response prevention (flooding). *Psychological Bulletin, 74*, 276-284.

Baum, W. (2012). Rethinking reinforcement: Allocation, induction and contingency. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 97*, 101-124.

Baum, W. M. (1974). On two types of deviation from the matching law: Bias and undermatching. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 22*, 231-242.

——. (1979). Matching, undermatching and overmatching in studies of choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 32*, 269-281.

——. (1993). Performances on ratio and interval schedules of reinforcement: Data and theory. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 59*, 245-264.

——. (2002). From molecular to molar: A paradigm shift in behavior analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 78*, 95-116.

——. (2012). Extinction as discrimination: The molar view. *Behavioural Processes, 90*, 101-110.

Bear, M. F. y Malenka, R. C. (1994). Synatic plasticity: LTP and LTD. *Current Opinion in Neurobiology, 4*, 389-399.

Bechterev, V. M. (1913). *La psychologie objective*. París: Alcan.

Begley, S. (2001, 12 de febrero). How it all starts inside your brain. *Newsweek, 137(7)*, 40-42.

Belin, D., Jonkman, S., Dickinson, A., Robbins, T. W. y Everitt, B. J. (2009). Parallel and interactive learning processes within the basal ganglia: Relevance for the understanding of addiction. *Behavioural Brain Research, 199*, 89-102.

Belke, T. W. y Hancock, S. D. (2003). Responding for sucrose and wheel-running reinforcement: Effects of sucrose concentration and wheel-running reinforcer duration. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 79*, 243-265.

Bentley-Condit, V. K. y Smith, E. O. (2010). Animal tool use: Current definitions and an updated comprehensive catalog. *Behaviour, 147*, 185-221.

Beran, M. J. *et al.* (2012*a*). Prospective memory in a language trained chimpanzee (*Pan troglodytes*). *Learning and Motivation, 43*, 192-199.

——. (2012*b*). Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) and capuchin monkeys (*Cebus apella*) remember future responses in a computerized task. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 38*, 233-243.

Beran, M. J., Evans, T. A. y Hoyle, D. (2011). Numerical judgments by chimpanzees (*Pan troglodytes*) in a token economy. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 165-174.

Beran, M. J. y Parrish, A. E. (2012). Sequential responding and planning in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Animal Cognition, 15*, 1085-1094.

Bernstein, I. L. y Borson, S. (1986). Learned food aversion: A component of anorexia syndromes. *Psychological Review, 93*, 462-472.

Bernstein, I. L. y Webster, M. M. (1980). Learned taste aversions in humans. *Physiology and Behavior, 25*, 363-366.

Berridge, K. C., Robinson, T. E. y Aldridge, J. W. (2009). Dissecting components of reward: "liking", "wanting" and learning. *Current Opinion in Pharmacology, 9*, 65-73.

Berridge, K. C. y Krinelbach, M. L. (2008). Affective neuroscience of pleasure: Reward in humans and animals. *Psychopharmacology, 199*, 457-480.

Berridge, K. C. y Robinson, T. E. (2003). Parsing reward. *Trends in Neuroscience, 26*, 507-513.

Best, M. R., Dunn, D. P., Batson, J. D., Meachum, C. L. y Nash, S. M. (1985). Extinguishing conditioned inhibition in flavour-aversion learning: Effects of repeated testing and extinction of the excitatory element. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 37B*, 359-378.

Bevins, R. A., McPhee, J. E., Rauhut, A. S. y Ayres, J. J. B. (1997). Converging evidence for one-trial context fear conditioning with an immediate shock: Importance of shock potency. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 23*, 312-324.

Bickel, W. K., Green, L. y Vuchinich, R. E. (1995). Behavioral economics. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 64*, 257-262.

Bickel, W. K., Miller, M. L., Yi, R., Kowal, B. P., Lindquist, D. M. y Pitcock, J. A. (2007). Behavioral and neuro-economics of drug addiction: Competing neural systems and temporal discounting processes. *Drug and Alcohol Dependence, 90*, S85-891.

Bizo, L. A. y McMahon, C. V. (2007). Temporal generalization and peak shift in humans. *Learning and Behavior, 35*, 123-130.

Bjork, R. A. (1972). The updating of human memory. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 12, pp. 235-259). Nueva York: Academic Press.

Blackman, D. (1977). Conditioned suppression and the effects of classical conditioning on operant behavior. En W. K. Honig y J. E. R. Staddon (eds.), *Handbook of operant behavior* (pp. 340-363). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Blackmore, T. L., Foster, T. M., Sumpter, C. E. y Temple, W. (2008). An investigation of colour discrimination with horses (*Equus caballus*). *Behavioural Processes, 78*, 387-396.

Blaisdell, A. P., Gunther, L. M. y Miller, R. R. (1999). Recovery from blocking through deflation of the blocking stimulus. *Animal Learning and Behavior, 27*, 63-76.

Blakemore, C. y Cooper, G. F. (1970). Development of the brain depends on visual environment. *Science, 228*, 477-478.

Blanchard, D. C. (1997). Stimulus, environmental and pharmacological control of defensive behaviors. En M. E. Bouton y M. S. Fanselow (eds.), *Learning, motivation and cognition* (pp. 283-303). Washington, DC: American Psychological Association.

Blass, E. M., Ganchrow, J. R. y Steiner, J. E. (1984). Classical conditioning in newborn humans 2-48 hours of age. *Infant Behavior and Development, 7*, 223-235.

Bliss, T. V. P. y Lomo, T. (1973). Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *Journal of Physiology, 232*, 331-356.

Blokland, A., Geraerts, E. y Been, M. (2004). A detailed analysis of rats' spatial memory in a probe trial of a Morris task. *Behavioural Brain Research, 154*, 71-75.

Blough, D. S. (1959). Delayed matching in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 2*, 151-160.

Bluff, L. A., Weir, A. A. S., Rutz, C., Wimpenny, J. H. y Kacelnik, A. (2007). Tool-related cognition in New Caledonian Crows. *Comparative Cognition and Behavior Reviews, 2*, 1-25.

Blumberg, M. S. y Wasserman, E. A. (1995). Animal mind and the argument from design. *American Psychologist*, 50, 133-144.

Boakes, R. A. (1984). *From Darwin to behaviourism*. Cambridge: Cambridge University Press.

Boddez, Y., Baeyens, F., Hermans, D. y Beckers, T. (2011). The hide-and-seek of retrospective revaluation: Recovery from blocking is context dependent in human causal learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 230-240.

Bodily, K. D., Katz, J. S. y Wright, A. A. (2008). Matching-to-sample abstract concept learning by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 178-184.

Boesch, C. y Boesch, H. (1990). Tool use and tool making in wild chimpanzees. *Folia Primatologica: International Journal of Primatology, 54*, 86-99.

Boice, R. (1973). Domestication. *Psychological Bulletin, 80*, 215-230.

——. (1977). Burrows of wild and albino rats: Effects of domestication, outdoor raising, age, experience and maternal state. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 91*, 649-661.

——. (1981). Behavioral comparability of wild and domesticated rats. *Behavior Genetics, 11*, 545-553.

Bolles, R. C. (1969). Avoidance and escape learning: Simultaneous acquisition of different responses. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 68*, 355-358.

——. (1970). Species-specific defense reactions and avoidance learning. *Psychological Review, 71*, 32-48.

——. (1971). Species-specific defense reaction. En F. R. Brush (ed.), *Aversive conditioning and learning* (pp. 183-233). Nueva York: Academic Press.

Bolles, R. C. y Fanselow, M. S. (1980). A perceptual defensive recuperative model of fear and pain. *Behavioral and Brain Sciences, 3*, 291-323.

Bolles, R. C. y Grossen, N. E. (1969). Effects of an informational stimulus on the acquisition of avoidance behavior in rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 68*, 90-99.

Bolles, R. C., Holtz, R., Dunn, T. y Hill, W. (1980). Comparisons of stimulus learning and response learning in a punishment situation. *Learning and Motivation, 11*, 78-96.

Borovsky, D. y Rovee-Collier, C. (1990). Contextual constraints on memory retrieval at six months. *Child Development, 61*, 1569-1583.

Borrero, J. C., Crisolo, S. S., Tu, Q., Rieland, W. A., Ross, N. A., Francisco, M. T. *et al.* (2007). An application of the matching law to social dynamics. *Journal of Applied Behavior Analysis, 40*, 589-601.

Bouton, M. E. (1984). Differential control by context in the inflation and reinstatement paradigms. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 10*, 56-74.

——. (1993). Context, time and memory retrieval in the interference paradigms of Pavlovian learning. *Psychological Bulletin, 114*, 80-99.

——. (1994). Conditioning, remembering and forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 20*, 219-231.

——. (2001). Classical conditioning and clinical psychology. En N. J. Smelser y P. B. Baltes (eds.), *Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Nueva York: Elsevier Science.

Bouton, M. E., Kenney, F. A. y Rosengard, C. (1990). State-dependent fear extinction with two benzodiazepine tranquilizers. *Behavioral Neuroscience, 104*, 44-55.

Bouton, M. E., Todd, T. P., Vurbic, D. y Winterbauer, N. E. (2011). Renewal after the extinction of free operant behavior. *Learning and Behavior, 39*, 57-67.

Bouton, M. E., Woods, A. M., Moody, E. W., Sunsay, C. y Garcia Gutiérrez, A. (2006). Counteracting the context-dependence of extinction: Relapse and tests of some relapse prevention methods. En M. G. Craske, D. Hermans y D. Vansteenwegen (eds.), *Fear and learning* (pp. 175-196). Washington, DC: American Psychological Association.

Bouton, M. E. y Bolles, R. C. (1980). Conditioned fear assessed by freezing and by the suppression of three different baselines. *Animal Learning and Behavior, 8*, 429-434.

Bouton, M. E. y King, D. A. (1983). Contextual control of the extinction of conditioned fear: Tests for the associative value of the context. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 9*, 248-265.

Bouton, M. E. y Ricker, S. T. (1994). Renewal of extinguished responding in a second context. *Animal Learning and Behavior, 22*, 317-324.

Bouton, M. E. y Woods, A. M. (2008). Extinction: Behavioral mechanisms and their implications. En R. Menzel (ed.), *Learning theory and behavior.* En *J. Byrne (ed.), Learning and Memory: A comprehensive reference* (vol. 1, pp. 151-172). Oxford: Elsevier.

Bowe, C. A., Miller, J. D. y Green, L. (1987). Qualities and locations of stimuli and responses affecting discrimination learning of chinchillas (*Chinchilla laniger*) and pigeons (*Columba livia*). *Journal of Comparative Psychology, 101*, 132-138.

Bradfield, L. y McNally, G. P. (2008). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 256-265.

Bradley, M. M., Moulder, B. y Lang, P. J. (2005). When good things go bad: The reflex physiology of defense. *Psychological Science, 16*, 468-473.

Brakke, K. E. y Savage-Rumbaugh, E. S. (1995). The development of language skills in bonobo and chimpanzee. I. Comprehension. *Language and Communication, 15*, 121-148.

Breland, K. y Breland, M. (1961). The misbehavior of organisms. *American Psychologist, 16*, 681-684.

Briggs, J. F. y Riccio, D. C. (2007). Retrograde amnesia for extinction: Similarities with amnesia for original acquisition memories. *Learning and Behavior, 35*, 131-140.

Brogden, W. J., Lipman, E. A. y Culler, E. (1938). The role of incentive in conditioning and extinction. *American Journal of Psychology, 51*, 109-117.

Brooks, D. C. (2000). Recent and remote extinction cues reduce spontaneous recovery. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 53B*, 25-58.

Brooks, D. C., Bowker, J. L., Anderson, J. E. y Palmatier, M. I. (2003). Impact of brief or extended extinction of a taste aversion in inhibitory associations: Evidence from summation, retardation and preference tests. *Learning and Behavior, 31*, 69-84.

Brooks, D. C., Palmatier, M. I., Garcia, E. O. y Johnson, J. L. (1999). An extinction cue reduces spontaneous recovery of a conditioned taste aversion. *Animal Learning and Behavior, 27*, 77-88.

Brooks, D. C. y Bouton, M. E. (1993). A retrieval cue for extinction attenuates spontaneous recovery. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 19*, 77-89.

——. (1994). A retrieval cue for extinction attenuates response recovery caused by a return to the conditioning context. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 20*, 366-379.

Brown, G. S. y White, K. G. (2005). On the effects of signaling reinforcer probability and magnitude in delayed matching to sample. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 83*, 119-128.

Brown, J. S. (1969). Factors affecting selfpunitive behavior. En B. Campbell y R. M. Church (eds.), *Punishment and aversive behavior*. Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Brown, J. S. y Cunningham, C. L. (1981). The paradox of persisting selfpunitive behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 5*, 343-354.

Brown, J. S. y Jacobs, A. (1949). The role of fear in the motivation and acquisition of responses. *Journal of Experimental Psychology, 39*, 747-759.

Brown, K. L. y Woodruff-Pak, D. S. (2011). Eyeblink conditioning in animal models and humans. *Animal Models of Behavioral Analysis: Neuromethods, 50*, 1-27.

Brown, M. F. (2012). Spatial patterns: Behavioral control and cognitive representation. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford Handbook of Comparative Cognition* (pp. 579-593). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Brown, M. F., Farley, R. F. y Lorek, E. J. (2007). Remembrance of places you passed: Social spatial working memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 213-224.

Brown, P. L. y Jenkins, H. M. (1968). Autoshaping the pigeon's key peck. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 11*, 1-8.

Bruzek, J. L., Thompson, R. H. y Peters, L. C. (2009). Resurgence of infant caregiving responses. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 92*, 327-343.

Buckner, R. L. (2010). The role of the hippocampus in prediction and imagination. *Annual Review of Psychology, 61*, 28-48.

Budzynski, C. A. y Bingman, V. P. (1999). Time-of-day discriminative learning in homing pigeons. *Columba livia. Animal Learning and Behavior, 27*, 295-302.

Buhusi, C. V. y Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience, 6*, 755-765.

Bulow, P. J. y Meller, P. J. (1998). Predicting teenage girls' sexual activity and contraception use: An application of matching law. *Journal of Community Psychology, 26*, 581-596.

Burghardt, G. M. (2009). Darwin's legacy to comparative psychology and ethology. *American Psychologist, 64*, 102-110.

Burns, M. y Domjan, M. (1996). Sign tracking versus goal tracking in the sexual conditioning of male Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 22*, 297-306.

——. (2000). Sign tracking in domesticated quail with one trial a day: Generality across CS and US parameters. *Animal Learning and Behavior, 28*, 109-119.

——. (2001). Topography of spatially directed conditioned responding: Effects of context and trial duration. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 27*, 269-278.

Busoniu, L., Babuska, R., De Schutter, B. y Ernst, D. (2010). *Reinforcement learning and dynamic programming using function approximations.* Boca Ratón, FL: CRC Press.

Byrne, J. H. (Ed.). (2008). *Learning and Memory: A comprehensive Reference* (vols. 1-4). Oxford: Elsevier.

Byron, K. y Khazanchi, S. (2012). Rewards and creative performance: A meta-analytic test of theoretically derived hypotheses. *Psychological Bulletin, 138*, 809-830.

Cain, C. K. y LeDoux, J. E. (2007). Escape from fear: A detailed behavioral analysis of two atypical responses reinforced by CS termination. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 451-463.

Cain, C. K., Blouin, A. M. y Barad, M. (2003). Temporally massed CS presentations generate more fear extinction than spaced presentations. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 29*, 323-333.

Calvert, A. L., Green, L. y Myerson, J. (2011). Discounting in pigeons when the choice is between two delayed rewards: Implications for species comparisons. *Frontiers in Neuroscience, 5* (artículo 96), 1-10. Doi:10:3389/fnins. 2011.00096.

Cameron, J., Banko, K. M. y Pierce, W. D. (2001). Pervasive negative effects of rewards on intrinsic motivation: The myth continues. *The Behavior Analyst, 24*, 1-44.

Camhi, J. M. (1984). *Neuroethology*. Sunderland, MA: Sinauer.

Camp, D. S., Raymond, G. A. y Church, R. M. (1967). Temporal relationship between response and punishment. *Journal of Experimental Psychology, 74*, 114-123.

Campolattaro, M. M., Schnitker, K. M. y Freeman, J. H. (2008). Changes in inhibition during differential eyeblink conditioning with increased training. *Learning and Behavior, 36*, 159-165.

Cándido, A., González, F. y de Brugada, I. (2004). Safety signals from avoidance learning but not from yoked classical conditioning training pass both summation and retardation tests of inhibition. *Behavioural Processes, 66*, 153-160.

Cándido, A., Maldonado, A. y Vila, J. (1991). Effects of duration of feedback on signaled avoidance. *Animal Learning and Behavior, 19*, 81-87.

Capaldi, E. D., Hunter, M. J. y Lyn, S. A. (1997). Conditioning with taste as the CS in conditioned flavor preference learning. *Animal Learning and Behavior, 25*, 427-436.

Capaldi, E. J. (1967). A sequential hypothesis of instrumental learning. En K. W. Spence y J. T. Spence (eds.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 1, pp. 67-156). Nueva York: Academic Press.

——. (1971). Memory and learning: A sequential viewpoint. En W. K. Honig y P. H. R. James (eds.), *Animal memory* (pp. 115-154). Nueva York: Academic Press.

Capaldi, E. J., Alptekin, S. y Birmingham, K. M. (1996). Instrumental performance and time between reinforcements: Intimate relation to learning or memory retrieval? *Animal Learning and Behavior, 24*, 211-220.

Capaldi, E. J., Alptekin, S., Miller, D. J. y Barry, K. (1992). The role of instrumental responses in memory retrieval in a T-maze. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 45B*, 65-76.

Carlson, C. L. y Tamm, L. (2000). Responsiveness of children with attention deficit-hyperactivity disorder to reward and response cost: Differential impact on performance and motivation. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 68*, 73-83.

Carr, D., Wilkinson, K. M., Blackman, D. y McIlvane, W. J. (2000). Equivalence classes in individuals with minimal verbal repertoires. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 74*, 101-114.

Carroll, M. E., Anker, J. J., Mach, J. L., Newman, J. L. y Perry, J. L. (2010). Delay discounting as a predictor of drug abuse. En G. J. Madden y W. K. Bickel (eds.), *Impulsivity: The behavioral and neurological science of discounting* (pp. 243-271). Washington, DC: American Psychological Association.

Carter, M. M., Hollon, S. D., Carson, R. y Shelton, R. C. (1995). Effects of a safe person on induced distress following a biological challenge in panic disorder with agoraphobics. *Journal of Abnormal Psychology, 104*, 156-163.

Chamizo, V. D., Rodrigo, T. y Mackintosh, N. J. (2006). Spatial integration with rats. *Learning and Behavior*, 34, 348-354.

Champagne, F. A. (2010). Early adversity and developmental outcomes: Interaction between genetics, epigenetics and social experiences across the life span. *Perspectives in Psychological Science, 5*, 564-574.

Chance, P. (1999). Thorndike's puzzle boxes and the origins of the experimental analysis of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 72*, 433-440.

Chang, C. y Maren, S. (2009). Early extinction after fear conditioning yields a context-independent and short-term suppression of conditional freezing in rats. *Learning and Memory, 16*, 62-68.

Chang, R. C., Blaisdell, A. P. y Miller, R. R. (2003). Backward conditioning: Mediation by context. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 29*, 171-183.

Chappell, J. y Kacelnik, A. (2002). Tool selectivity in a non primate, the New Caledonian crow (*Corvus moneduloides*). *Animal Cognition, 5*, 71-78.

Charlop, M. H., Kurtz, P. F. y Casey, F. G. (1990). Using aberrant behaviors as reinforcers for autistic children. *Journal of Applied Behavior Analysis, 23*, 163-181.

Chase, A. R. (2001). Music discrimination by carp (*Cyprinus carpio*). *Animal Learning and Behavior, 29*, 336-353.

Cheng, K. y Crystal, J. D. (2008). Learning to time intervals. En R. Menzel (ed.), *Learning theory and behavior*. vol. 1, J. Byrne (ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 341-364). Oxford: Elsevier.

Cheng, K. y Newcombe, N. S. (2005). Is there a geometric module for spatial orientation? Squaring theory and evidence. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*, 1-23.

Cheng, K. y Spetch, M. L. (1995). Stimulus control in the use of landmarks by pigeons in a touchscreen task. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 63*, 187-201.

Chomsky, N. (1972). *Language and mind*. Nueva York: Harcourt Brace Jovanovich.

Christensen, D. R. y Grace, R. C. (2010). A decision model for steady-state choice in concurrent chains. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 94*, 227-240.

Christianson, J. P. y Maier, S. F. (2008). The sensory insular cortex mediates the stress buffering effects of safety signals but not behavioral control. *Journal of Neuroscience, 28*, 13703-13711.

Church, R. M. (1963). The varied effects of punishment on behavior. *Psychological Review, 70*, 369-402.

——. (1969). Response suppression. En B. A. Campbell y R. M. Church (eds.), *Punishment and aversive behavior* (pp. 111-156). Nueva York: Appleton Century-Crofts.

——. (2003). A concise introduction to scalar timing theory. En W. H. Meck (ed.), *Functional and neural mechanisms of interval timing* (pp. 2-21). Boca Ratón, FL: CRC Press.

——. (2012). Behavioristic, cognitive, biological and quantitative explanations of timing. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 409-433). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Church, R. M., Meck, W. H. y Gibbon, J. (1994). Application of scalar timing

theory to individual trials. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 20*, 135-155.

Clark, R. E. y Squire, L. R. (1998). Classical conditioning and brain systems: The role of awareness. *Science, 280*, 77-81.

Clayton, N. S. y Dickinson, A. (1999). Scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*) remember the relative time of caching as well as the location and content of their caches. *Journal of Comparative Psychology, 113*, 403-416.

Clayton, N. S. y Russell, J. (2009). Looking for episodic memory in animals and young children: Propsects for a new minimalism. *Neuropsychologia, 47*, 2330-2340.

Clayton, N. S., Bussey, T. J. y Dickinson, A. (2003). Can animals recall the past and plan for the future? *Nature Reviews Neuroscience, 4*, 685-691.

Cole, M. R. (1994). Response-rate differences in variable-interval and variable ratio schedules: An old problem revisited. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 61*, 441-451.

——. (1999). Molar and molecular control in variable-interval and variable-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 71*, 319-328.

Cole, M. R. y Chappell-Stephenson, R. (2003). Exploring the limits of spatial memory in rats, using very large mazes. *Learning and Behavior, 31*, 349-368.

Cole, R. P., Barnet, R. C. y Miller, R. R. (1997). An evaluation of conditioned inhibition as defined by Rescorla's two-test strategy. *Learning and Motivation, 28*, 323-341.

Colombo, J. y Mitchell, D. W. (2009). Infant visual habituation. *Neurobiology of Learning and Memory, 92*, 225-234.

Colombo, M. y Frost, N. (2001). Representation of serial order in humans: A comparison to the findings with monkeys (*Cebus apella*). *Psychonomic Bulletin and Review, 8*, 262-269.

Colwill, R. M. y Motzkin, D. K. (1994). Encoding of the unconditioned stimulus in Pavlovian conditioning. *Animal Learning and Behavior, 22*, 384-394.

Colwill, R. M. y Rescorla, R. A. (1986). Associative structures in instrumental learning. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 20, pp. 55-104). Orlando, FL: Academic Press.

——. (1990). Evidence for the hierarchical structure of instrumental learning. *Animal Learning and Behavior, 18*, 71-82.

Conklin, C. A. y Tiffany, S. T. (2002). Applying extinction research and theory to cue-exposure addiction treatments. *Addiction, 97*, 155-167.

Conn, P. M. y Parker, J. (1998). Animal rights: Reaching the public. *Science, 282*, 1417.

Cook, R. G., Beale, K. y Koban, A. (2011). Velocity-based motion categorization by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 175-188.

Cook, R. G., Brown, M. F. y Riley, D. A. (1985). Flexible memory processing by rats: Use of prospective and retrospective information in the radial maze. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*, 453-469.

Cook, R. G., Levison, D. G., Gillett, S. R. y Blaisdell, A. P. (2005). Capacity and limits of associative memory in pigeons. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*, 350-358.

Cook, R. G. y Wasserman, E. A. (2012). Relational discrimination learning in pigeons. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 533-551). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Costa, D. S. J. y Boakes, R. A. (2011). Varying temporal contiguity and intereference in a human avoidance task. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 71-78.

Coull, J. T., Cheng, R.-K. y Meck, W. H. (2011). Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology Reviews, 36*, 3-25.

Courville, A. C., Daw, N. D. y Touretzky, D. S. (2006). Bayesian theories of conditioning in a changing world. *Trends in Cognitive Sciences, 10*, 294-300.

Craig, W. (1918). Appetites and aversions as constituents of instinct. *Biological Bulletin, 34*, 91-107.

Craske, M. G. (1999). *Anxiety disorders: Psychological approaches to theory and treatment*. Boulder, CO: Westview Press.

Craske, M. G., Glover, D. y DeCola, J. (1995). Predicted versus unpredicted panic attacks: Acute versus general distress. *Journal of Abnormal Psychology, 104*, 214-223.

Craske, M. G., Hermans, D. y Vansteenwegen, D. (Eds.). (2006). *Fear and learning*. Washington, DC: American Psychological Association.

Crespi, L. P. (1942). Quantitative variation in incentive and performance in the white rat. *American Journal of Psychology, 55*, 467-517.

Critchfield, T. S., Haley, R., Sabo, B., Colbert, J. y Macropoulis, G. (2003). A half century of scalloping in the work habits of the United States Congress. *Journal of Applied Behavior Analysis, 36*, 465-486.

Critchfield, T. S., Paletz, E. M., MacAleese, K. R. y Newland, M. C. (2003). Punishment in human choice: Direct or competitive suppression? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 80*, 1-27.

Critchfield, T. S. y Kollins, S. H. (2001). Temporal discounting: Basic research and the analysis of socially important behavior. *Journal of Applied Behavior Analysis, 34*, 101-122.

Critchfield, T. S. y Lattal, K. A. (1993). Acquisition of a spatially defined operant with delayed reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 59*, 373-387.

Cronin, P. B. (1980). Reinstatement of post response stimuli prior to reward in delayed-reward discrimination learning by pigeons. *Animal Learning and Behavior, 8*, 352-358.

Crossman, E. K., Bonem, E. J. y Phelps, B. J. (1987). A comparison of response patterns on fixed-, variable-, and random-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 48*, 395-406.

Crown, E. D. y Grau, J. W. (2001). Preserving and restoring behavioral potential within the spinal cord using an instrumental training paradigm. *Journal of Neurophysiology, 86*, 845-855.

Crystal, J. D. (2006). Sensitivity to time: Implications for the representation of time. En E. A. Wasserman y T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition* (pp. 270-284). Oxford, UK: Oxford University Press.

——. (2010). Episodic-like memory in animals. *Behavioural Brain Research, 215*, 235-243.

——. (2012). Prospective cognition in rats. *Learning and Motivation, 43*, 181-191.

——. (2012). Sensitivity to time: Implications for the representation of time. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 434-450). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Crystal, J. D. y Babb, S. J. (2008). Spatial memory in rats after 25 hours. *Learning and Motivation, 39*, 278-284.

Crystal, J. D. y Baramidze, G. T. (2007). Endogenous oscillations in short interval timing. *Behavioural Processes, 74*, 152-158.

Cumming, W. W. (1999). A review of Geraldine Jonçich's the sane positivist: A biography of Edward L. Thorndike. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 72*, 429-432.

Cunningham, C. L. (1979). Alcohol as a cue for extinction: State dependency produced by conditioned inhibition. *Animal Learning and Behavior, 7*, 45-52.

Cusato, B. y Domjan, M. (1998). Special efficacy of sexual conditioned stimuli that include species typical cues: Tests with a CS preexposure design. *Learning and Motivation, 29*, 152-167.

——. (2000). Facilitation of appetitive conditioning with naturalistic conditioned stimuli: CS and US factors. *Animal Learning and Behavior, 28*, 247-256.

——. (2012). Naturalistic conditioned stimuli facilitate sexual conditioning because of their similarity with the unconditioned stimulus. *International Journal of Comparative Psychology, 25*, 166-179.

D'Amato, M. R. (1973). Delayed matching and short-term memory in monkeys. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 7, pp. 227-269). Nueva York: Academic Press.

D'Amato, M. R. y Colombo, M. (1988). Representation of serial order in monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 14*, 131-139.

D'Amato, M. R. y Salmon, D. P. (1982). Tune discrimination in monkeys (*Cebus apella*) and in rats. *Animal Learning and Behavior, 10*, 126-134.

D'Amato, M. R., Fazzaro, J. y Etkin, M. (1968). Anticipatory responding and avoidance discrimination as factors in avoidance conditioning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 77*, 41-47.

Da Silva, S. P., Maxwell y Lattal, K. A. (2008). Concurrent resurgence and behavioral history. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 90*, 313-331.

Dallery, J. y Soto, P. L. (2013). Quantitative description of environment-behavior relations. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of Behavior Analysis* (vol. 1, pp. 219-249). Washington, DC: American Psychological Association.

Dally, J. M., Emery, N. J. y Clayton, N. S. (2006). Food caching Western scrubjays keep track of who was watching when. *Science, 312*, 1662-1665.

Daman-Wasserman, M., Brennan, B., Radcliffe, F., Prigot, J. y Fagen, J. (2006). Auditory-visual context and memory retrieval in 3-month old infants. *Infancy, 10*, 201-220.

Danker, J. F. y Anderson, J. R. (2010). The ghosts of brain states past: Remembering reactives the brain regions engaged during encoding. *Psychological Bulletin, 136*, 87-102.

Darwin, C. (1897). *The descent of man and selection in relation to sex*. Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Davey, G. C. L. y Cleland, G. G. (1982). Topography of signal-centered behavior in the rat: Effects of deprivation state and reinforcer type. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 38*, 291-304.

Davey, G. C. L., Phillips, S. y Cleland, G. G. (1981). The topography of signal centered behaviour in the rat: The effects of solid and liquid food reinforcers. *Behaviour Analysis Letters, 1*, 331-337.

Davidson, T. L., Flynn, F. W. y Jarrard, L. E. (1992). Potency of food deprivation intensity cues as discriminative stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 18*, 174-181.

Davis, H. P. y Squire, L. R. (1984). Protein synthesis and memory: A review. *Psychological Bulletin, 96*, 518-559.

Davis, M. (1974). Sensitization of the rat startle response by noise. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 87*, 571-581.

——. (1989). Sensitization of the acoustic startle reflex by footshock. *Behavioral Neuroscience, 103*, 495-503.

——. (1997). The neurophysiological basis of acoustic startle modulation: Research on fear motivation and sensory gating. En P. J. Lang, R. F. Simons y M. T. Balaban (eds.), *Attention and orienting Sensory and motivational processes* (pp. 69-96). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Davis, M., Antoniadis, E. A., Amaral, D. G. y Winslow, J. T. (2008). Acoustic startle in rhesus monkeys: A review. *Reviews in the Neurosciences, 19*, 171-185.

Davis, R. L. (1996). Physiology and biochemistry of Drosophila learning mutants. *American Physiological Society, 76*, 299-317.

Davison, M. y Baum, W. M. (2003). Every reinforcer counts: Reinforcer magnitude and local preference. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 80*, 95-129.

Davison, M. y McCarthy, D. (1988). *The matching law: A research review*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Davison, M. y Nevin, J. A. (1999). Stimuli, reinforcers and behavior: An integration. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 71*, 439-482.

De Carvalho, M. P. y Machado, A. (2012). Relative versus absolute stimulus control in the temporal bisection task. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 98*, 23-44.

De Houwer, J. (2011). Evaluative conditioning: A review of functional knowledge. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 399-416). Oxford y Nueva York: Oxford University Press.

De Kort, S. R., Dickinson, A. y Clayton, N. S. (2005). Retrospective cognition by food-caching Western scrub-jays. *Learning and Motivation, 36*, 159-176.

De Kort, S. R., Emery, N. J. y Clayton, N. S. (2012). Corvid caching: The role of cognition. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 390-406). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

De la Casa, Marquez, R. y Lubow, R. E. (2009). Super-latent inhibition of conditioned taste preference with a long retention interval. *Learning and Motivation, 40*, 329-342.

De Oca, B. M., Minor, T. R. y Fanselow, M. S. (2007). Brief flight to a familiar enclosure in response to a conditioned stimulus in rats. *Journal of General Psychology, 134*, 153-172.

Dean, S. J. y Pittman, C. M. (1991). Selfpunitive behavior: A revised analysis. En M. R. Denny (ed.), *Fear, avoidance and phobias* (pp. 259-284). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Declercq, M., De Houwer, J. y Baeyens, F. (2008). Evidence for an expectancy based theory of avoidance behaviour. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 61*, 1803-1812.

DeFrancisco, B. S. y Rovee-Collier, C. (2008). The specificity of priming effects over the first year of life. *Developmental Psychobiology, 50*, 486-501.

DeFulio, A. y Hackenberg, T. D. (2007). Discriminated timeout avoidance in pigeons: The roles of added stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 88*, 51-71.

DeGrandpre, R. J., Bickel, W. K., Rizvi, S. A. T. y Hughes, J. R. (1993). Effect of income on drug choice in humans. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 59*, 483-500.

Deich, J. D., Allan, R. W. y Zeigler, H. P. (1988). Conjunctive differentiation of gape during food-reinforced keypecking in the pigeon. *Animal Learning and Behavior, 16*, 268-276.

Delamater, A. R. (1996). Effects of several extinction treatments upon the integrity of Pavlovian stimulus-outcome associations. *Animal Learning and Behavior, 24*, 437-449.

——. (2004). Experimental extinction in Pavlovian conditioning: Behavioural and neuroscience perspectives. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 57B*, 97-132.

——. (2012). Issues in extinction of specific stimulus outcome associations in Pavlovian conditioning. *Behavioural Processes, 90*, 9-19.

Delamater, A. R., Campese, V., LoLordo, V. M. y Sclafani, A. (2006). Unconditioned stimulus devaluation effects in nutrient conditioned flavor preferences. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 32*, 295-306.

Delamater, A. R. y Holland, P. C. (2008). The influence of CS–US interval on several different indices of learning in appetitive conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 202-222.

Delius, J. D., Jitsumori, M. y Siemann, M. (2000). Stimulus equivalencies through discrimination reversals. En C. Heyes y L. Huber (eds.), *The evolution of cognition* (pp. 103-122). Cambridge, MA: Bradford/MIT Press.

Denniston, J. C., Blaisdell, A. P. y Miller, R. R. (2004). Temporal coding in conditioned inhibtion: Analysis of associative structure of inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 30*, 190-202.

Denniston, J. C., Savastano, H. I. y Miller, R. R. (2001). The extended comparator hypothesis: Learning by contiguity, responding by relative strength. En R. R. Mowrer y S. B. Klein (eds.), *Handbook of contemporary learning theories* (pp. 65-117). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Deroche-Gamonet, V., Belin, D. y Piazza, P. V. (2004). Evidence for addiction-like behavior in the rat. *Science, 305*, 1014-1017.

DeVilliers, P. A. (1974). The law of effect and avoidance: A quantitative relationship between response rate and shockfrequency reduction. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 21*, 223-235.

DeVito, P. L. y Fowler, H. (1987). Enhancement of conditioned inhibition via an extinction treatment. *Animal Learning and Behavior, 15*, 448-454.

Dickinson, A. y Brown, K. J. (2007). Flavor-evaluative conditioning is unaffected by contingency knowledge during training with color flavor compounds. *Learning and Behavior, 35*, 36-42.

Dickinson, A., Balleine, B., Watt, A., Gonzalez, F. y Boakes, R. A. (1995). Motivational control after extended instrumental training. *Animal Learning and Behavior, 23*, 197-206.

Dickinson, A., Nicholas, D. J. y Macintosh, N. J. (1983). A reexamination of onetrial blocking in conditioned suppression. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 35*, 67-79.

Dickinson, A., Watt, A. y Griffiths, W. J. H. (1992). Free-operant acquisition with delayed reinforcement. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 45B*, 241-258.

Didden, R., Prinsen, H. y Sigafoos, J. (2000). The blocking effect of pictorial prompts on sight-word reading. *Journal of Applied Behavior Analysis, 33*, 317-320.

Dinsmoor, J. A. (1952). A discrimination based on punishment. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4*, 27-45.

——. (1954). Punishment: I. The avoidance hypothesis. *Psychological Review, 61*, 34-46.

——. (1977). Escape, avoidance, punishment: Where do we stand? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 28*, 83-95.

——. (1998). Punishment. En W. O'Donohue (ed.), *Learning and behavior therapy* (pp. 188-204). Boston: Allyn Bacon.

——. (2001*a*). Still no evidence for temporally extended shockfrequency reduction as a reinforcer. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 75*, 367-378.

——. (2001*b*). Stimuli inevitably generated by behavior that avoids electric shock are inherently reinforcing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 75*, 311-333.

Dittlinger, L. H. y Lerman, D. C. (2011). Further analysis of picture interference when teaching word recognition to children with autism. *Journal of Applied Behavior Analysis, 44*, 341-349.

Dixon, M. R. *et al.* (1998). Using a self-control training procedure to increase appropriate behavior. *Journal of Applied Behavior Analysis, 31*, 203-210.

Dixon, M. R. y Holcomb, S. (2000). Teaching self-control to small groups of dually diagnosed adults. *Journal of Applied Behavior Analysis, 33*, 611-614.

Dobrzecka, C., Szwejkowska, G. y Konorski, J. (1966). Qualitative versus directional cues in two forms of differentiation. *Science, 153*, 87-89.

Dollard, J., Miller, N. E., Doob, L. W., Mowrer, O. H. y Sears, R. R. (1939). *Frustration and aggression*. New Haven, CT: Yale University Press.

Domjan, M. (1980). Ingestional aversion learning: Unique and general processes. En J. S. Rosenblatt, R. A. Hinde, C. Beer y M. Busnel (eds.), *Advances in the study of behavior* (vol. 11). Nueva York: Academic Press.

——. (1983). Biological constraints on instrumental and classical conditioning: Implications for general process theory. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 17). Nueva York: Academic Press.

——. (1987). Animal learning comes of age. *American Psychologist, 42*, 556-564.

——. (1993). *Principles of learning and behavior* (3a. ed.). Belmont, CA: Wadsworth.

——. (1997). Behavior systems and the demise of equipotentiality: Historical antecedents and evidence from sexual conditioning. En M. E. Bouton y M. S. Fanselow (eds.), *Learning, motivation and cognition: The functional behaviorism of Robert C. Bolles* (pp. 31-51). Washington, DC: American Psychological Association.

——. (2005). Pavlovian conditioning: A functional perspective. *Annual Review of Psychology, 56*, 179-206.

——. (2008). Adaptive specializations and generality of the laws of classical and instrumental conditioning. En R. Menzel (ed.), *Learning theory and behavior*, vol. 1, J. Byrne (ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 327-340). Oxford: Elsevier.

——. (2012). Learning and instinct. En N. M. Seel (ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 1790-1793). Nueva York: Springer Science.

Domjan, M. y Akins, C. K. (2011). Applications of pavlovian conditioning to sexual behavior and reproduction. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 507-531). Nueva York: Oxford University Press.

Domjan, M., Cusato, B. y Krause, M. (2004). Learning with arbitrary versus ecological conditioned stimuli: Evidence from sexual conditioning. *Psychonomic Bulletin and Review, 11*, 232-246.

Domjan, M., Mahometa, M. J. y Matthews, R. N. (2012). Learning in intimate connections: Conditioned fertility and its role in sexual competition. *Socioaffective Neuroscience and Psychology, 2*, 17333. Doi:10.3402/snp.v2i0.17333.

Donaldson, J. M. y Vollmer, T. R. (2011). An evaluation and comparison of time-out procedures with and without release contingencies. *Journal of Applied Behavior Analysis, 44*, 693-705.

Doyere, V., Debiec, J., Monfils, M.-H., Schafe, G. E. y LeDoux, J. E. (2007). Synapse-specific reconsolidation of distinct fear memories in the lateral amygdala. *Nature Neuroscience, 10*, 414-416.

Dube, W. V. y McIlvane, W. J. (2001). Behavioral momentum in computer presented discriminations in individuals with severe mental retardation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 75*, 15-23.

Dube, W. V., McIlvane, W. J., Mazzitelli, K. y McNamara, B. (2003). Reinforcer rate effects and behavioral momentum in individuals with developmental disabilities. *American Journal on Mental Retardation, 108*, 134-143.

Dudai, Y. (1989). *The neurobiology of memory: Concepts, findings, trends*. Oxford University Press: Oxford.

——. (2004). The neurobiology of consolidation, or how stable is the engram? *Annual Review of Psychology, 55*, 51-86.

Dudeney, J. E., Olsen, K. N. y Kehoe, E. J. (2007). Time-specific extinction and recovery of the rabbit's (*Oryctolagus cuniculus*) conditioned nictitating membrane response using mixed interstimulus intervals. *Behavioral Neuroscience, 121*, 808-813.

Dunsmoor, J. E., White, A. J. y LaBar, K. S. (2011). Conceptual similarity promotes generalization of higher order fear learning. *Learning and Memory, 18*, 156-160.

Dweck, C. S. y Wagner, A. R. (1970). Situational cues and correlation between conditioned stimulus and unconditioned stimulus as determinants of the conditioned emotional response. *Psychonomic Science, 18*, 145-147.

Dwyer, D. M., Haselgrove, M. y Jones, P. M. (2011). Cue interactions in flavor preference learning: A configural analysis. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 41-57.

Eagleman, D. (2011). *Incognito: The secret lives of the brain*. Nueva York: Pantheon Books.

Edgerton, V. R., Tillakaratne, N. J. K., Bigbee, A. J., De Leon, R. D. y Roy, R. R. (2004). Plasticity of the spinal neural circuitry after injury. *Annual Review of Neuroscience, 27*, 145-167.

Eichenbaum, H. *et al.* (2012). A comparative analysis of episodic memory. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 305-321). Nueva York/ Oxford: Oxford University Press.

Eisenberger, R. y Adornetto, M. (1986). Generalized self-control of delay and effort. *Journal of Personality and Social Psychology, 51*, 1020-1031.

Eisenberger, R., Karpman, M. y Trattner, J. (1967). What is the necessary and sufficient condition for reinforcement in the contingency situation? *Journal of Experimental Psychology, 74*, 342-350.

Eisenberger, R. y Shanock, L. (2003). Rewards, intrinsic motivation and creativity: A case study of conceptual and methodological isolation. *Creativity Research Journal, 15*, 121-130.

Emmerton, J. y Renner, J. C. (2006). Scalar effects in the visual discrimination of numerosity by pigeons. *Learning and Behavior, 34*, 176-192.

Epstein, D. H., Preston, K. L., Stewart, J. y Shaham, Y. (2006). Toward a model of drug relapse: An assessment of the validity of the reinstatement procedure. *Psychopharmacology, 189*, 1-16.

Epstein, L. H., Handley, E. A., Dearing, K. K., Cho, D. D., Roemmich, J. N., Paluch, R. A. *et al.* (2006). Purchases of food in youth. *Psychological Science, 17*, 82-89.

Epstein, L. H., Leddy, J. J., Temple, J. L. y Faith, M. S. (2007). Food reinforcement and eating: A multilevel analysis. *Psychological Bulletin, 133*, 884-906.

Epstein, L. H., Paluch, R. y Coleman, K. J. (1996). Differences in salivation to repeated food cues in obese and nonobese women. *Psychosomatic Medicine, 58*, 160-164.

Epstein, L. H., Robinson, J. L., Temple, J. L., Roemmich, J. N., Marusewski, A. y Nadbrzuch, R. (2008). Sensitization and habituation of motivated behavior in overweight and nonoverweight children. *Learning and Motivation, 39*, 243-255.

Epstein, L. H., Rodefer, J. S., Wisniewski, L. y Caggiula, A. R. (1992). Habituation and dishabituation of human salivary response. *Physiology and Behavior, 51*, 945-950.

Epstein, L. H., Saad, F. G., Giacomelli, A. M. y Roemmich, J. N. (2005). Effects of allocation of attention on habituation to olfactory and visual food stimuli in children. *Physiology and Behavior, 84*, 313-319.

Epstein, L. H., Saad, F. G., Handley, E. A., Roemmich, J. N., Hawk, L. W. y McSweeney, F. K. (2003). Habituation of salivation and motivated responding for food in children. *Appetite, 41*, 283-289.

Epstein, L. H., Temple, J. L., Roemmich, J. N. y Bouton, M. E. (2009).

Habituation as a determinant of human food intake. *Psychological Review, 116*, 384-407.

Escobar, M. y Miller, R. R. (2003). Timing in retroactive interference. *Learning and Behavior, 31*, 257-272.

Esmorís-Arranz, F. J., Pardo-Vázquez, J. L. y Vázquez-Garcia, G. A. (2003). Differential effects of forward or simultaneous conditioned stimulus unconditioned stimulus intervals on the defensive behavior system of the Norway rat (*Rattus norvegicus*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 29*, 334-340.

Estes, W. K. (1943). Discriminative conditioning: I. A discriminative property of conditioned anticipation. *Journal of Experimental Psychology, 32*, 150-155.

——. (1944). An experimental study of punishment. *Psychological Monographs, 57* (3, completo; No. 263).

——. (1948). Discriminative conditioning: II. Effects of a Pavlovian conditioned stimulus upon a subsequently established operant response. *Journal of Experimental Psychology, 38*, 173-177.

——. (1969). Outline of a theory of punishment. En B. A. Campbell y R. M. Church (eds.), *Punishment and aversive behavior* (pp. 57-82). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Estes, W. K. y Skinner, B. F. (1941). Some quantitative properties of anxiety. *Journal of Experimental Psychology, 29*, 390-400.

Ettenberg, A. (2004). Opponent process properties of selfadministered cocaine. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 27*, 721-728.

Evans, T. A. y Beran, M. J. (2012). Monkeys exhibit prospective memory in a computerized task. *Cognition, 125*, 131-140.

Everitt, B. J. y Robbins, T. W. (2005). Neural systems of reinforcement for drug addiction: From actions to habits to compulsion. *Nature Neuroscience, 8*, 1481-1489.

Fanselow, M. S. (1997). Species-specific defense reactions: Retrospect and prospect. En M. E. Bouton y M. S. Fanselow (eds.), *Learning, motivation and cognition* (pp. 321-341). Washington, DC: American Psychological Association.

——. (1998). Pavlovian conditioning, negative feedback and blocking: Mechanisms that regulate association formation. *Neuron, 20*, 625-627.

——. (1999). Learning theory and neuropsychology: Configuring their disparate elements in the hippocampus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 25*, 275-283.

Fanselow, M. S., Lester, L. S. y Helmstetter, F. J. (1988). Changes in feeding and foraging patterns as an antipredator defensive strategy: A laboratory simulation using aversive stimulation in a closed economy. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 50*, 361-374.

Fanselow, M. S. y Lester, L. S. (1988). A functional behavioristic approach to aversively motivated behavior: Predatory imminence as a determinant of the topography of defensive behavior. En R. C. Bolles y M. D. Beecher (eds.), *Evolution and learning* (pp. 185-212). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Fanselow, M. S. y Poulos, A. M. (2005). The neuroscience of mammalian associative learning. *Annual Review of Psychology, 56*, 207-234.

Farmer-Dougan, V. (1998). A disequilibrium analysis of incidental teaching determining reinforcement effects. *Behavior Modification, 22*, 78-95.

Feeney, M. C., Roberts, W. A. y Sherry, D. F. (2011). Black-capped chickadees (*Poecile atricapillus*) anticipate future outcomes of foraging choices. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 30-40.

Felton, M. y Lyon, D. O. (1966). The postre inforcement pause. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 9*, 131-134.

Ferster, C. B. y Skinner, B. F. (1957). *Schedules of reinforcement*. Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Fetsko, L. A., Stebbins, H. E., Gallagher, K. K. y Colwill, R. M. (2005). Acquisition and extinction of facilitation in the C57BL/6J mouse. *Learning and Behavior, 33*, 479-500.

Fetterman, J. G. (1995). The psychophysics of remembered duration. *Animal Learning and Behavior, 23*, 49-62.

——. (1996). Dimensions of stimulus complexity. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 22*, 3-18.

Fetterman, J. G. y Killeen, P. R. (2010). Prospective and retrospective timing by pigeons. *Learning and Behavior, 38*, 119-125.

Fiser, J. (2009). Perceptual learning and representational learning in humans and animals. *Learning and Behavior, 37*, 141-153.

Fiset, S. (2007). Landmark-based search memory in the domesticated dog (*Canis familiaris*). *Journal of Comparative Psychology, 121*, 345-353.

FitzGerald, R. E., Isler, R., Rosenberg, E., Oettinger, R. y Battig, K. (1985). Maze patrolling by rats with and without food reward. *Animal Learning and Behavior, 13*, 451-462.

Flagel, S. B., Akil, H. y Robinson, T. E. (2009). Individual differences in the attribution of incentive salience to reward-related cues: Implications for addiction. *Neuropharmacology, 56* (suplemento 1), 139-148.

Flagel, S. B. *et al.* (2011). A selective role for dopamine in stimulus-reward learning. *Nature, 469*, 53-57.

Flaherty, C. F. (1996). *Incentive relativity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Flaten, M. A. y Blumenthal, T. D. (1999). Caffeine-associated stimuli elicit conditioned responses: An experimental model of the placebo effect. *Psychopharmacology, 145*, 105-112.

Foa, E. B., Zinbarg, R. y Rothbaum, B. O. (1992). Uncontrollability and unpredictability in post-traumatic stress disorder: An animal model. *Psychological Review, 112*, 218-238.

Foltin, R. W. (1999). Food and cocaine self-administration by baboons: Effects of alternatives. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 72*, 215-234.

Foree, D. D. y LoLordo, V. M. (1973). Attention in the pigeon: The differential effects of food-getting vs. shock avoidance procedures. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 85*, 551-558.

Forestell, P. H. y Herman, L. M. (1988). Delayed matching of visual materials by a bottle nosed dolphin aided by auditory symbols. *Animal Learning and Behavior, 16*, 137-146.

Forgeard, M. J. C., Haigh, E. A. P., Beck, A. T., Davidson, R. J., Henn, F. A., Maier, S. F., Mayberg, H. S. y Seligman, M. E. P. (2011). Beyond depression: Towards a process-based approach to research, diagnosis and treatment. *Clinical Psychology, 18*, 275-299.

Fountain, S. B. *et al.* (2012). The organization of sequential behavior: Conditioning, memory and

abstraction. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 594-614). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Foxx, R. M. y Azrin, N. H. (1973). The elimination of autistic self stimulatory behavior by overcorrection. *Journal of Applied Behavioral Analysis, 6*, 1-14.

France, K. G. y Hudson, S. M. (1990). Behavior management of infant sleep disturbance. *Journal of Applied Behavior Analysis, 23*, 91-98.

Franklin, S. y Hall, G. (2011). Analysis of US-preexposure effects in appetitive conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 495-500.

Freeman, J. H. y Nicholson, D. A. (2004). Developmental changes in the neural mechanisms of eyeblink conditioning. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, 3*, 3-13.

Freeman, J. H. y Steinmetz, A. B. (2011). Neural circuitry and plasticity mechanisms underlying delayed eyeblink conditioning. *Learning and Memory, 18*, 666-677.

Fremouw, T., Herbranson, W. T. y Shimp, C. P. (2002). Dynamic shifts of avian local/global attention. *Animal Cognition, 5*, 233-243.

Friedman, B. X., Blaisdell, A. P., Escobar, M. y Miller, R. R. (1998). Comparator mechanisms and conditioned inhibition: Conditioned stimulus preexposure disrupts Pavlovian conditioned inhibition but not explicitly unpaired inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 24*, 453-466.

Frisher, M. y Beckett, H. (2006). Drug use desistance. *Criminology and Criminal Justice, 6*, 127-145.

Gallistel, C. R. (2012). Extinction from a rationalist perspective. *Behavioural Processes, 90*, 66-80.

Gallistel, C. R. y Gibbon, J. (2000). Time, rate and conditioning. *Psychological Review, 107*, 289-344.

——. (2001). Computational versus associative models of simple conditioning. *Current Directions in Psychological Science, 10*, 146-150.

Gallistel, C. R. y Matzel, L. D. (2013). The neuroscience of learning: Beyond the Hebbian synapse. *Annual Review of Psychology, 64*, 169-200.

Galluccio, L. y Rovee-Collier, C. (1999). Reinstatement effects on retention at 3 months of age. *Learning and Motivation, 30*, 296-316.

Gallup, G. G., *Jr.* y Suarez, S. D. (1985). Alternatives to the use of animals in psychological research. *American Psychologist, 40*, 1104-1111.

Galtress, T., Marshall, A. T. y Kirkpatrick, K. (2012). Motivation and timing: Clues for modeling the reward system. *Behavioural Processes, 90*, 142-153.

Gámez, A. M. y Rosas, J. M. (2007). Associations in human instrumental conditioning. *Learning and Motivation, 38*, 242-261.

Gamzu, E. R. y Williams, D. R. (1973). Associative factors underlying the pigeon's key pecking in autoshaping procedures. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 19*, 225-232.

Gantt, W. H. (1966). Conditional or conditioned, reflex or response? *Conditioned Reflex, 1*, 69-74.

Garcia, J. y Koelling, R. A. (1966). Relation of cue to consequence in avoidance learning. *Psychonomic Science, 4*, 123-124.

Garcia, J., Ervin, F. R. y Koelling, R. A. (1966). Learning with prolonged delay of reinforcement. *Psychonomic Science, 5*, 121-122.

Gardner, E. T. y Lewis, P. (1976). Negative reinforcement with shock frequency increase. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 25*, 3-14.

Gardner, R. A. y Gardner, B. T. (1969). Teaching sign language to a chimpanzee. *Science, 165*, 664-672.

——. (1975). Early signs of language in child and chimpanzee. *Science, 187*, 752-753.

——. (1978). Comparative psychology and language acquisition. *Annals of the New York Academy of Science, 309*, 37-76.

Garner, A. y Mayford, M. (2012). New approaches to neural circuits in behavior. *Learning and Memory, 19*, 385-390.

Gasbarri, A. y Tomaz, C. (2013). Habit formation. En N. M. Seel (ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 1409-1410). Nueva York: Springer Science.

Gemberling, G. A. y Domjan, M. (1982). Selective association in one day-old rats: Taste-toxicosis and texture-shock aversion learning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 96*, 105-113.

Gershoff, E. T. (2002). Parental corporal punishment and associated child behaviors and experiences: A metaanalytic and theoretical review. *Psychological Bulletin, 128*, 539-579.

——. (2008). *Report on physical punishment in the United States.* Columbus, OH: Center for Effective Discipline.

Gershoff, E. T., Grogan-Kaylor, A., Lansford, J. E., Chang, L., Zelli, A., Deater-Deckard, K. *et al.* (2010). Parent discipline practices in an international sample: Associations with child behaviors and moderation by perceived normativeness. *Child Development, 81*, 487-502.

Ghirlanda, S. y Enquist, M. (2003). A century of generalization. *Animal Behaviour, 66*, 15-36.

Gibbon, J. y Balsam, P. (1981). Spreading association in time. En C. M. Locurto, H. S. Terrace y J. Gibbon (eds.), *Autoshaping and conditioning theory* (pp. 219-253). Nueva York: Academic Press.

Gibbon, J. y Church, R. M. (1984). Sources of variance in an information processing theory of timing. En H. L. Roitblat, T. G. Bever y H. S. Terrace (eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gibson, B. M. y Shettleworth, S. J. (2003). Competition among spatial cues in a naturalistic food-carrying task. *Learning and Behavior, 31*, 143-159.

Gibson, J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.

Gilbert, D. (2006). *Stumbling on happiness.* Nueva York: Afred A. Knopf.

Gillan, D. J. y Domjan, M. (1977). Taste-aversion conditioning with expected versus unexpected drug treatment. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 3*, 297-309.

Gillihan, S. J. y Foa, E. B. (2011). Fear extinction and emotional processing theory: A critical review. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non human applications* (pp. 27-43). Nueva York: Oxford University Press.

Gisiner, R. y Schusterman, R. J. (1992). Sequence, syntax and semantics: Responses of a language-trained sea lion (*Zalophus californianus*) to novel sign combinations. *Journal of Comparative Psychology, 106*, 78-91.

Gisquet-Verrier, P. y Alexinsky, T. (1990). Facilitative effect of a pretest exposure to the CS: Analysis and

implications for the memory trace. *Animal Learning and Behavior, 18*, 323-331.

Gisquet-Verrier, P. y Riccio, D. C. (2012). Memory reactivation effects independent of reconsolidation. *Learning and Memory, 19*, 401-409.

Glanzman, D. L. (2006). The cellular mechanisms of learning in Aplysia: Of blind men and elephants. *Biological Bulletin, 210*, 271-279.

——. (2008). New tricks for an old slug: The critical role of postsynaptic mechanisms in learning and memory in Aplysia. *Progress in Brain Research, 169*, 277-292.

Glover, E. M. *et al.* (2011). Tools for translational neuroscience: PTSD is associated with heightened fear responses using acoustic startle but not skin conductance measures. *Depression and Anxiety, 28*, 1058-1066.

Gnadt, W. y Grossberg, S. (2007). SOVEREIGN: An autonomous neural system for incrementally learning planned action sequences to navigate toward a rewarded goal. *Neural Networks, 21*, 699-758.

Godsil, B. P. y Fanselow, M. S. (2004). Light stimulus change evokes an activity response in the rat. *Learning and Behavior, 32*, 299-310.

Gold, P. (2008). Memory enhancing drugs. En H. Eichenbaum (ed.), Learning and memory: *A comprehensive reference*, vol. 3: *Memory systems* (pp. 555-576). Oxford: Elsevier.

Goodall, G. (1984). Learning due to the response-shock contingency in signalled punishment. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 36B*, 259-279.

Gordon, W. C. (1981). Mechanisms for cue induced retention enhancement. En N. E. Spear y R. R. Miller (eds.), *Information processing in animals: Memory mechanisms*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gormezano, I., Kehoe, E. J. y Marshall, B. S. (1983). Twenty years of classical conditioning research with the rabbit. En J. M. Prague y A. N. Epstein (eds.), *Progress in psychobiology and physiological psychology* (vol. 10). Nueva York: Academic Press.

Grace, R. C. (1999). The matching law and amount-dependent exponential discounting as accounts of self control choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 71*, 27-44.

Grace, R. C. y Hucks, A. D. (2013). The allocation of operant behavior. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 1: *Methods and principles*, pp. 307-338). Washington, DC: American Psychological Association.

Grace, R. C. y Nevin, J. A. (2004). Behavioral momentum and Pavlovian conditioning. *Behavioral and Brain Sciences, 27*, 695-697.

Graeff, F. G., Viana, M. B. y Mora, P. O. (1997). Dual role of 5-HT in defense and anxiety. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 21*, 791-799.

Grainger, J., Dufau, S., Montant, M., Ziegler, J. C. y Fagot, J. (2012). Orthographic processing in baboons (*Papio papio*). *Science, 336*, 245-248.

Grand, C. y Honey, R. C. (2008). Solving XOR. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 486-493.

Grant, D. S. (1976). Effect of sample presentation time on long-delay matching in the pigeon. *Learning and Motivation, 7*, 580-590.

——. (2000). Influence of intertrial interval duration on the intertrial agreement effect in delayed matching-to-sample with pigeons. *Animal Learning and Behavior, 28*, 288-297.

Grau, J. W. y Joynes, R. L. (2001). Spinal cord injury: From animal research to human therapy. En M. E. Carroll y J. B. Overmier (eds.), *Animal research and human health: Advancing human welfare through behavioral science* (pp. 209-226). Washington, DC: American Psychological Association.

——. (2005). A neural-functionalist approach to learning. *International Journal of Comparative Psychology, 18*, 1-22.

Grau, J. W., Crown, E. D., Ferguson, A. R., Washburn, S. N., Hook, M. A. y Miranda, R. C. (2006). Instrumental learning within the spinal cord: Underlying mechanisms and implications for recovery after injury. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, 5*, 1-48.

Grau, J. W., Huie, J. R., Garraway, S. M., Hook, M. A., Crown, E. D., Baumbauer, K. M., Lee, K. H., Hoy, K. C. y Ferguson, A. F. (2012). Impact of behavioral control on the processing of nociceptive stimulation. *Frontiers in Integrative Physiology, 3*, 1-21.

Greenfield, P. M. y Savage-Rumbaugh, E. S. (1990). Grammatical combination in *Pan panicus*: Processes of learning and invention in the evolution and development of language. En S. T. Parker y K. R. Gibson (eds.), *Language and intelligence in monkeys and apes* (pp. 540-578). Cambridge: Cambridge University Press.

Greenfield, P. y Lyn, H. (2007). Symbol combination in Pan: Language, Action and Culture. En D. A. Washburn (ed.), *Primate perspectives on behavior and cognition* (pp. 255-267). Washington, DC: American Psychological Association.

Grice, G. R. (1948). The relation of secondary reinforcement to delayed reward in visual discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology, 38*, 1-16.

Griffin, D. R. (1992). *Animal minds*. Chicago: University of Chicago Press.

Grigson, P. S. *et al.* (2009). Drug-induced suppression of CS intake: Reward, aversion and addiction. En S. Reilly y T. R. Schachtman (eds.), *Conditioned taste aversion: Behavioral and neural processes* (pp. 74-91). Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Groves, P. M. y Thompson, R. F. (1970). Habituation: A dual-process theory. *Psychological Review, 77*, 419-450.

Groves, P. M., Lee, D. y Thompson, R. F. (1969). Effects of stimulus frequency and intensity on habituation and sensitization in acute spinal cat. *Physiology and Behavior, 4*, 383-388.

Guttman, N. y Kalish, H. I. (1956). Discriminability and stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychology, 51*, 79-88.

Habib, D. y Dringenberg, H. C. (2010). Low-frequency induced potentiation: A paradigm shift in the field of memory related plasticity mechanisms? *Hippocampus, 20*, 29-35.

Haggbloom, S. J., Lovelace, L., Brewer, V. R., Levins, S. M. y Owens, J. D. (1990). Replacement of event-generated memories of nonreinforcement with signal-generated memories of reinforcement during partial reinforcement training: Effects on resistance to extinction. *Animal Learning and Behavior, 18*, 315-322.

Hagopian, L. P., Dozier, C. L., Rooker, G. W. y Jones, B. A. (2013). Assessment and treatment of severe problem behavior. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 2: *Translating principles into*

*practice*, pp. 353-386). Washington, DC: American Psychological Association.

Hake, D. F. y Azrin, N. H. (1965). Conditioned punishment. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 8*, 279-293.

Halberstandt, A. L. y Geyer, M. A. (2009). Habituation and sensitization of acoustic startle: Opposite influences of dopamine D1 and D2-family receptors. *Neurobiology of Learning and Memory, 92*, 243-248.

Hall, G. (1991). *Perceptual and associative learning*. Oxford, UK: Clarendon Press.

——. (2009). Preexposure to the US in nausea-based aversion learning. En S. Reilly y T. R. Schachtman (eds.), *Conditioned taste aversion: Behavioral and neural processes* (pp. 58-73). Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Hall, G., Kaye, H. y Pearce, J. M. (1985). Attention and conditioned inhibition. En R. R. Miller y N. E. Spear (eds.), *Information processing in animals: Conditioned inhibition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Hallam, S. C., Grahame, N. J., Harris, K. y Miller, R. R. (1992). Associative structures underlying enhanced negative summation following operational extinction of a Pavlovian inhibitor. *Learning and Motivation, 23*, 43-62.

Hammack, S., Cooper, M. A. y Lezak, L. R. (2012). Overlapping neurobiology of learned helplessness and conditioned defeat: Implications for PTSD and mood disorders. *Neuropharmacology, 62*, 565-575.

Hanley, G. P., Iwata, B. A., Thompson, R. H. y Lindberg, J. S. (2000). A component analysis of "stereotypy as reinforcement" for alternative behavior. *Journal of Applied Behavioral Analysis, 33*, 285-297.

Hanson, H. M. (1959). Effects of discrimination training on stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychology, 58*, 321-333.

Hardt, O., Einarsson, E. Ö. y Nader, K. (2010). A bridge over troubled water: Reconsolidation as a link between cognitive and neuroscientific memory research traditions. *Annual Review of Psychology, 61*, 141-167.

Harlow, H. F. (1969). Age-mate or peer affectional system. En D. S. Lehrman, R. H. Hinde y E. Shaw (eds.), *Advances in the study of behavior* (vol. 2). Nueva York: Academic Press.

Harper, D. N. y Garry, M. (2000). Postevent cues bias recognition performance in pigeons. *Animal Learning and Behavior, 28*, 59-67.

Harris, E. H., Gulledge, J. P., Beran, M. J. y Washburn, D. A. (2010). What do Arabic numerals mean to macaques (*Macaca mulatta*)? *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 36*, 66-76.

Harris, J. A., Gharaei, S. y Moore, C. A. (2009). Representations of single and compound stimuli in negative and positive patterning. *Leaning and Behavior, 37*, 230-245.

Harris, J. A., Jones, M. L., Bailey, G. K. y Westbrook, R. F. (2000). Contextual control over conditioned responding in an extinction paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 26*, 174-185.

Harris, J. A., Livesey, E. J., Gharaei, S. y Westbrook, R. F. (2008). Negative patterning is easier than a biconditional discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 494-500.

Harvey, L., Inglis, S. J. y Espie, C. A. (2002). Insomniac's reported use of CBT components and relationship to long-term clinical outcome. *Behavioural Research and Therapy, 40*, 75-83.

Haselgrove, M. y Hogarth, L. (2012). *Clinical applications of learning theory*. Hove y Nueva York: Psychology Press.

Haselgrove, M., Aydin, A. y Pearce, J. M. (2004). A partial reinforcement extinction effect despite equal rates of reinforcement during Pavlovian conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 30*, 240-250.

Hawkins, R. D. y Kandel, E. R. (1984). Is there a cell-biological alphabet for simple forms of learning? *Psychological Review, 91*, 375-391.

Hawkins, R. D., Kandel, E. R. y Bailey, C. H. (2006). Molecular mechanisms of memory storage in Aplysia. *Biological Bulletin, 210*, 174-191.

Hayes, K. J. y Hayes, C. (1951). The intellectual development of a home raised chimpanzee. *Proceedings of the American Philosophical Society, 95*, 105-109.

Healy, S. D. y Hurly, R. A. (1995). Spatial memory in rufous hummingbirds (*Selasphorus rufus*): A field test. *Animal Learning and Behavior, 23*, 63-68.

Hearst, E. (1968). Discrimination learning as the summation of excitation and inhibition. *Science, 162*, 1303-1306.

——. (1969). Excitation, inhibition and discrimination learning. En N. J. Mackintosh y W. K. Honig (eds.), *Fundamental issues in associative learning*. Halifax: Dalhousie University Press.

——. (1975). Pavlovian conditioning and directed movements. En G. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 9). Nueva York: Academic Press.

Hearst, E. y Jenkins, H. M. (1974). *Signtracking: The stimulus reinforcer relation and directed action*. Austin, TX: Psychonomic Society.

Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. Nueva York: Wiley.

Heffner, H. E. (1998). Auditory awareness. *Applied Animal Behavioural Science, 57*, 259-268.

Heimbauer, L. A., Beran, M. J. y Owren, M. J. (2011). A chimpanzee recognizes synthetic speech with significantly reduced acoustic cues to phonetic content. *Current Biology, 21*, 1210-1214.

Herbranson, W. T., Fremouw, T. y Shimp, C. P. (2002). Categorizing a moving target in terms of its speed and direction. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 78*, 249-270.

Herman, L. M. (1987). Receptive competencies of language-trained animals. En J. S. Rosenblatt, C. Beer, M.-C. Busnel y P. J. B. Slater (eds.), *Advances in the study of behavior* (vol. 17, pp. 1-60). Orlando, FL: Academic Press.

Herman, L. M. y Uyeyama, R. K. (1999). The dolphin's grammatical competency: Comments on *Kako* (1999). *Animal Learning and Behavior, 27*, 18-23.

Herman, L. M., Pack, A. A. y Morrel-Samuels, P. (1993). Representational and conceptual skills of dolphins. En H. L. Roitblat, L. M. Herman y P. E. Nachtigall (eds.), *Language and communication: Comparative perspectives* (pp. 403-442). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Herman, R. L. y Azrin, N. H. (1964). Punishment by noise in an alternative response situation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 7*, 185-188.

Hernandez, P. J. y Abel, T. (2008). The role of protein synthesis in memory consolidation: Progress amid decades of debate. *Neurobiology of Learning and Memory, 89*, 293-311.

Herrnstein, R. J. (1961). Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 4*, 267-272.

——. (1969). Method and theory in the study of avoidance. *Psychological Review, 76*, 49-69.

——. (1970). On the law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 13*, 243-266.

——. (1997). En H. Rachlin y D. I. Laibson (eds.), *The matching law*. Nueva York: Russell Sage y Cambridge: Harvard University Press.

Herrnstein, R. J. y Hineline, P. N. (1966). Negative reinforcement as shock frequency reduction. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 9*, 421-430.

Herrnstein, R. J., Loveland, D. H. y Cable, C. (1976). Natural concepts in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 2*, 285-301.

Herzog, H. A., *Jr.* (1988). The moral status of mice. *American Psychologist, 43*, 473-474.

Hespos, S. J., Ferry, A. L. y Rips, L. J. (2009). Five-month-old infants have different expectations for solids and liquids. *Psychological Science, 20*, 603-611.

Heyman, G. M. y Herrnstein, R. J. (1986). More on concurrent interval-ratio schedules: A replication and review. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 46*, 331-351.

Higgins, S. T., Heil, S. H. y Sigmon, S. C. (2012). Voucher-based contingency management in the treatment of substance use disorder. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 2: *Translating principles into practice*, pp. 281-500). Washington, DC: American Psychological Association.

Hilliard, S. H., Domjan, M., Nguyen, M. y Cusato, B. (1998). Dissociation of conditioned appetitive and consummatory sexual behavior: Satiation and extinction tests. *Animal Learning and Behavior, 26*, 20-33.

Hillix, W. A. y Rumbaugh, D. (2004). *Animal bodies, human minds: Ape, dolphin and parrot language skills*. Nueva York: Kluwer Academic/Plenum.

Hineline, P. N. (1977). Negative reinforcement and avoidance. En W. K. Honig y J. E. R. Staddon (eds.), *Handbook of operant behavior*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall.

——. (1981). The several roles of stimuli in negative reinforcement. En P. Harzem y M. D. Zeiler (eds.), *Predictability, correlation and contiguity*. Chichester, UK: Wiley.

Hineline, P. N. y Rosales-Ruiz, J. (2013). Behavior in relation to aversive events: Punishment and negative reinforcement. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of Behavior Analysis*, vol. 1: *Methods and Principles* (pp. 483-512).Washington, DC: American Psychological Association.

Hoffman, C. M., Timberlake, W., Leffel, J. y Gont, R. (1999). How is radial arm maze behavior in rats related to locomotor search tactics? *Animal Learning and Behavior, 27*, 426-444.

Hoffmann, H. (2011). Hot and bothered: Classical conditioning of sexual incentives in humans. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 532-550). Oxford, UK: Oxford University Press.

Hoffman, H. S. y Fleshler, M. (1964). An apparatus for the measurement of the startle-response in the rat. *American Journal of Psychology, 77*, 307-308.

Hoffman, M. L., Beran, M. J. y Washburn, D. A. (2009). Memory for "what," "where" and "when" information in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 35*, 143-152.

Hoffmann, W., De Houwer, J., Perugini, M., Baeyens, F. y Crombez, G. (2010). Evaluative conditioning in humans: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 136*, 390-421.

Hogarth, L., Dickinson, A. y Duka, T. (2010). Selective attention to conditioned stimuli in human discrimination learning: Untangling the effects of outcome prediction, valence, arousal and uncertainty. En C. J. Mitchell y M. E. Le Pelley (eds.), *Attention and associative learning* (pp. 71-97). Oxford, UK: Oxford University Press.

——. (2010). The associative basis of cue-elicited drug taking in humans. *Psychopharmacology, 208*, 337-351.

Hogarth, L., Dickinson, A., Wright, A., Kouvaraki, M. y Duka, T. (2007). The role of drug expectancy in the control of human drug seeking. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 484-496.

Hogarth, L. y Chase, H. W. (2011). Parallel goal-directed and habitual control of human drug-seeking: Implications for dependence vulnerability. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 261-276.

Holland, P. C. (1984). Origins of behavior in Pavlovian conditioning. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 18, pp. 129-174). Orlando, FL: Academic Press.

——. (1985). The nature of conditioned inhibition in serial and simultaneous feature negative discriminations. En R. R. Miller y N. E. Spear (eds.), Information processing in animals: Conditioned inhibition. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1986). Temporal determinants of occasion setting in feature-positive discriminations. *Animal Learning and Behavior, 14*, 111-120.

——. (1989). Feature extinction enhances transfer of occasion setting. *Animal Learning* and *Behavior, 17*, 269-279.

——. (1992). Occasion setting in Pavlovian conditioning. En D. L. Medin (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 28, pp. 69-125). San Diego, CA: Academic Press.

——. (2000). Trial and intertrial durations in appetitive conditioning in rats. *Animal Learning and Behavior, 28*, 121-135.

——. (2004). Relations between pavlovian-instrumental transfer and reinforcer devaluation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 30*, 104-117.

Holland, P. C. y Gallagher, M. (1999). Amygdala circuitry in attentional and representational processes. *Trends in Cognitive Science, 3*, 65-73.

Holland, P. C. y Kenmuir, C. (2005). Variations in unconditioned stimulus processing in unblocking. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 31*, 155-171.

Holland, P. C. y Maddux, J.-M. (2010). Brain systems of attention in associative learning. En C. J. Mitchell y M. E. Le Pelley (eds.), *Attention and associative learning* (pp. 305-349). Oxford, UK: Oxford University Press.

Holland, P. C. y Rescorla, R. A. (1975). The effect of two ways of devaluing the unconditioned stimulus after first-and second-order appetitive conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 1*, 355-363.

Hollis, K. L. (1997). Contemporary research on Pavlovian conditioning: A "new" functional analysis. *American Psychologist, 52*, 956-965.

Hollis, K. L., Cadieux, E. L. y Colbert, M. M. (1989). The biological function of Pavlovian conditioning: A mechanism for mating success in the blue gourami (*Trichogaster trichopterus*). *Journal of Comparative Psychology, 103*, 115-121.

Holmes, N. M., Marchand, A. R. y Coutureau, E. (2010). Pavlovian to instrumental transfer: A neurobehavioural perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 34*, 1277-1295.

Holz, W. C. y Azrin, N. H. (1961). Discriminative properties of punishment. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 4*, 225-232.

Holzhaider, J. C., Hunt, G. R., Gray, R. D. (2010). Social learning in New Caledonian crows. *Learning and Behavior, 38*, 206-219.

Honey, R. C. y Hall, G. (1989). Acquired equivalence and distinctiveness of cues. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 15*, 338-346.

Honig, W. K. (1978). Studies of working memory in the pigeon. En S. H. Hulse, H. Fowler y W. K. Honig (eds.), *Cognitive processes in animal behavior* (pp. 221-248). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Honig, W. K., Boneau, C. A., Burstein, K. R. y Pennypaker, H. S. (1963). Positive and negative generalization gradients obtained under equivalent training conditions. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 56*, 111-116.

Honig, W. K. y Urcuioli, P. J. (1981). The legacy of Guttman and Kalish (1956): 25 years of research on stimulus generalization. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 36*, 405-445.

Hook, M. A. y Grau, J. W. (2007). An animal model of functional electrical stimulation: Evidence that the central nervous system modulates the consequences of training. *Spinal Cord, 45*, 702-712.

Horgen, K. B. y Brownell, K. D. (2002). Comparison of price change and health message interventions in promoting healthy food choices. *Health Psychology, 21*, 505-512.

Horne, M. R. y Pearce, J. M. (2011). Potentiation and overshadowing between landmarks and environmental geometric cues. *Learning and Behavior, 39*, 371-382.

Horsley, R. R., Osborne, M., Norman, C. y Wells, T. (2012). High frequency gamblers show increased resistance to extinction following partial reinforcement. *Behavioural Brain Research, 229*, 428-442.

Hourlhan, K. L. y Taylor, T. L. (2006). Case remembering: Control processes in directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32*(6), 1354-1365.

Hu, C. J. *et al.* (2003). Trace but not delay fear conditioning requires attention and the anterior cingulate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 100*, 13087-13092.

Huber, L. y Aust, U. (2006). A modified feature theory as an account of pigeon visual categorization. En E. A. Wasserman y T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition* (pp. 325-342). Oxford, UK: Oxford University Press.

——. (2012). A modified feature theory as an account of pigeon visual categorization. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 497-512). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Huber, L., Apfalter, W., Steurer, M. y Prossinger, H. (2005). A new learning paradigm elicits fast visual discrimination in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 31*, 237-246.

Hull, C. L. (1930). Knowledge and purpose as habit mechanisms. *Psychological Review, 30*, 511-525.

——. (1931). Goal attraction and directing ideas conceived as habit phenomena. *Psychological Review, 38*, 487-506.

Hulse, S. H. (1958). Amount and percentage of reinforcement and duration of goal confinement in conditioning and extinction. *Journal of Experimental Psychology, 56*, 48-57.

Hunt, G. R., Rutledge, R. B. y Gray, R. D. (2006). The right tool for the job: What stratetgies do wild New Caledonian crows use? *Animal Cognition, 9*, 307-316.

Hunter, W. S. (1913). The delayed reaction in animals and children. *Behavior Monographs, 2*, serie No. 6.

Hursh, S. R., Madden, G. J., Spiga, R., DeLeon, I. y Francisco, M. T. (2013). The translational utility of behavioral economics: The experimental analysis of consumption and choice. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 2: *Translating principles into practice,* pp. 191-224). Washington, DC: American Psychological Association.

Hyman, S. E., Malenka, R. C. y Nestler, E. J. (2006). Neural mechanisms of addiction: The role of reward-related learning and memory. *Annual Review of Neuroscience, 29*, 565-598.

Innis, N. K., Simmelhag-Grant, V. L. y Staddon, J. E. R. (1983). Behavior induced by periodic food delivery: The effects of interfood interval. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 39*, 309-322.

Irwin, M. R., Cole, J. C. y Nicassio, P. M. (2006). Comparative meta-analysis of behavioral interventions for insomnia and their efficacy in middle-aged adults and in older adults 55+ years of age. *Health Psychology, 25*, 3-14.

Ishida, M. y Papini, M. R. (1997). Massedtrial overtraining effects on extinction and reversal performance in turtles (*Geoclemys reevesii*). *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 50B*, 1-16.

Iversen, I. H. (1993). Acquisition of matching-to-sample performance in rats using visual stimuli on nose keys. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 59*, 471-482.

Ivkovich, D., Collins, K. L., Eckerman, C. O., Krasnegor, N. A. y Stanton, M. E. (1999). Classical delay eyeblink conditioning in 4- and 5-month-old human infants. *Psychological Science, 10*, 4-8.

Jackson, R. L. y Minor, T. R. (1988). Effects of signaling inescapable shock on subsequent escape learning: Implications for theories of coping and "learned helplessness". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 14*, 390-400.

Jackson, R. L., Alexander, J. H. y Maier, S. F. (1980). Learned helplessness, inactivity and associative deficits: Effects of inescapable shock on response choice escape learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 6*, 1-20.

Jacobs, E. A., Borrero, J. C. y Vollmer, T. R. (2013). Translational applications of quantitative choice models. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 2: *Translating principles into practice*, pp. 165-190). Washington, DC: American Psychological Association.

Jacobs, L. F. y Schenk, F. (2003). Unpacking the cognitive map: The parallel map theory of hippocampal function. *Psychological Review, 110*, 285-315.

Jacobs, N. S., Cushman, J. D. y Fanselow, M. S. (2010). The accurate measurement of fear memory in Pavlovian conditioning: Resolving the baseline issue. *Journal of Neuroscience Methods, 190*, 235-239.

Jasnow, A. M., Cullen, P. K. y Riccio, D. C. (2012). Remembering another aspect of forgetting. *Frontiers in Psychology, 3*, artículo 175. Doi:10.3389/fpsyg.2012.00175.

Jenkins, H. M. (1962). Resistance to extinction when partial reinforcement is followed by regular reinforcement. *Journal of Experimental Psychology, 64*, 441-450.

Jenkins, H. M. y Harrison, R. H. (1960). Effects of discrimination training on auditory generalization. *Journal of Experimental Psychology, 59*, 246-253.

——. (1962). Generalization gradients of inhibition following auditory discrimination learning. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 5*, 435-441.

Jenkins, H. M. y Moore, B. R. (1973). The form of the autoshaped response with food or water reinforcers. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 20*, 163-181.

Jenkins, H. M., Barnes, R. A. y Barrera, F. J. (1981). Why autoshaping depends on trial spacing. In C. M. Locurto, H. S. Terrace y J. Gibbon (eds.), *Autoshaping and conditioning theory* (pp. 255-284). Nueva York: Academic Press.

Jennings, D. J., Bonardi, C. y Kirkpatrick, K. (2007). Overshadowing and stimulus duration. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 464-475.

Jennings, H. E. (1976). *Behavior of lower organisms*. Bloomington, IN: Indiana University Press. (Publicado originalmente en 1904.)

Ji, R.-R., Kohno, T., Moore, K. A. y Woolf, C. J. (2003). Central sensitization and LTP: Do pain and memory share similar mechanisms? *Trends in Neuroscience, 26*, 696-705.

Jiao, C., Knight, P. K., Weerakoon, P. y Turman, A. B. (2007). Effects of visual erotic stimulation on vibrotactile detection thresholds in men. *Archives of Sexual Behavior, 36*, 787-792.

Jimenez-Gomez, C. y Shahan, T. A. (2012). Concurrent-chain schedules as a method to study choice between alcohol-associated conditioned reinforcers. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 97*, 71-83.

Jimura, K. *et al.* (2011). Domain independence and stability in young and older adults' discounting of delayed rewards. *Behavioural Processes, 87*, 253-259.

Jitsumori, M. (2006). Category structure and typicality effects. En E. A. Wasserman y T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition* (pp. 343-362). Oxford, UK: Oxford University Press.

——. (2012). Artificial categories and prototype effects in animals. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 513-532). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Jitsumori, M., Shimada, N. e Inoue, S. (2006). Family resemblance facilitates formation and expansion of functional equivalence classes in pigeons. *Learning and Behavior, 34*, 162-175.

Job, R. F. S. (2002). The effects of uncontrollable, unpredictable aversive and appetitive events: Similar effects warrant similar, but not identical, explanations? *Integrative Psychological and Behavioral Science, 37*, 59-81.

Johansen, J. P., Cain, C. K., Ostroff, L. E. y LeDoux, J. E. (2011). Molecular mechanisms of fear learning and memory. *Cell, 147*, 509-524.

Johansen, J. P., Wolff, S. B. E., Lüthi, A. y LeDoux, J. E. (2012). Controlling the elements: An optogenetic approach to understanding the neural circuits of fear. *Biological Psychiatry, 71*, 1053-1060.

Johnson, H. M. (1994). Processes of successful intentional forgetting. *Psychological Bulletin, 116*, 274-292.

Johnson, J. W., Munk, D. D., Van Laarhoven, T., Repp, A. C. y Dahlquist, C. M. (2003). Classroom applications of the disequilibrium model of reinforcement. *Behavioral Interventions, 18*, 63-85.

Johnson, M. W. y Bickel, W. K. (2006). Replacing relative reinforcing efficacy with behavioral economic demand curves. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 85*, 73-93.

Jones, B. M. (2003). Quantitative analyses of matching-to-sample performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 79*, 323-350.

Jostad, C. M., Miltenberger, R. G., Kelso, P. y Knudson, P. (2008). Peer tutoring to prevent firearm play: Acquisition, generalization and long-term maintenance of safety skills. *Journal of Applied Behavior Analysis, 41*, 117-123.

Jozefowiez, J. y Staddon, J. E. R. (2008). Operant behavior. En R. Menzel (ed.), Learning theory and behavior. (vol. 1), J. Byrne (ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 75-102). Oxford: Elsevier.

Jozefowiez, J., Staddon, J. E. R. y Cerutti, D. T. (2009). The behavioral economics of choice and interval timing. *Psychological Review, 116*, 519-539.

Kacelnik, A., Chappell, J., Kenward, B. y Weir, A. A. S. (2006). Cognitive adaptations for tool-related behavior in New Caledonian crows. En E. A. Wasserman y T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition* (pp. 515-528). Oxford, UK: Oxford University Press.

Kaiser, D. H., Sherburne, L. M. y Zentall, T. R. (1997). Directed forgetting in pigeons resulting from reallocation of memory maintaining processes on forget-cue trials. *Psychonomic Bulletin and Review, 4*, 559-565.

Kako, E. (1999). Elements of syntax in the systems of three language trained animals. *Animal Learning and Behavior, 27*, 1-14.

Kalat, J. W. (2009). *Biological psychology*. Belmont, CA: Wadsworth.

Kalmbach, B. E., Ohyama, T., Kreider, J. C., Riusech, F. y Mauk, M. D. (2009). Interactions between prefrontal cortex and cerebellum revealed by trace eyelid conditioning. *Learning and Memory, 16*, 86-95.

Kamil, A. C. (1978). Systematic foraging by a nectar feeding bird, the

amakihi (*Loxops virens*). *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 92*, 388-396.

Kamil, A. C. y Balda, R. P. (1985). Cache recovery and spatial memory in Clark's nutcrackers (*Nucifraga columbiana*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*, 95-111.

——. (1990). Spatial memory in seed-caching corvids. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 26, pp. 1-25). San Diego: Academic Press.

Kamil, A. C. y Gould, K. L. (2008). Memory in food caching animals. En R. Menzel (ed.), *Learning theory and behavior* (vol. 1), *J. Byrne (ed.), Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 419-440). Oxford: Elsevier.

Kamin, L. J. (1965). Temporal and intensity characteristics of the conditioned stimulus. En W. F. Prokasy (ed.), *Classical conditioning* (pp. 118-147). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

——. (1968). "Attention-like" processes in classical conditioning. En M. R. Jones (ed.), *Miami Symposium on the Prediction of Behavior: Aversive stimulation* (pp. 9-31). Miami: University of Miami Press.

——. (1969). Predictability, surprise, attention and conditioning. En B. A. Campbell y R. M. Church (eds.), *Punishment and aversive behavior* (pp. 279-296). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Kamin, L. J., Brimer, C. J. y Black, A. H. (1963). Conditioned suppression as a monitor of fear of the CS in the course of avoidance training. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 56*, 497-501.

Kandel, E. R. (1976). *Cellular basis of behaviour*. San Francisco: Freeman.

Kandel, E. R. y Schwartz, J. H. (1982). Molecular biology of learning: Modulation of transmitter release. *Science, 218*, 433-443.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H. y Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science*. Nueva York: McGraw-Hill.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A. y Hudspeth, A. J. (2013). *Principles of neural science*. Nueva York: McGraw-Hill.

Kaplan, G. B., Heinrichs, S. C. y Carey, R. J. (2011). Treatment of addiction and anxiety using extinction approaches: Neural mechanisms and their treatment implications. *Pharmacology Biochemistry and Behavior, 97*, 619-625.

Kastak, D., Schusterman, R. J., Southall, B. L. y Reichmuth, C. J. (1999). Underwater temporary threshold shift induced by octave-band noise in three species of pinniped. *Journal of the Acoustical Society of America, 106*, 1142-1148.

Kastak, D. y Schusterman, R. J. (1994). Transfer of visual identity matching-to-sample in two California sea lions (*Zatophus californianus*). *Animal Learning and Behavior, 22*, 427-435.

——. (1998). Low-frequency amphibious hearing in pinnipeds: Methods, measurement, noise and ecology. *Journal of the Acoustical Society of America, 103*, 2216-2228.

Katz, J. S. y Wright, A. A. (2006). Same/different abstract-concept learning by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 32*, 80-86.

Katzev, R. D. y Berman, J. S. (1974). Effect of exposure to conditioned stimulus and control of its termination in the extinction of avoidance behavior. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 87*, 347-353.

Kaufman, L. W. y Collier, G. (1983). Cost and meal pattern in wild caught rats. *Physiology and Behavior, 30*, 445-449.

Kearns, D. N., Weiss, S. J., Schindler, C. W. y Panlilio, L. V. (2005). Conditioned inhibition of cocaine seeking in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 31*, 247-253.

Kehoe, E. J. (2008). Discrimination and generalization. En R. Menzel (ed.), *Learning theory and behavior* (vol 1), J. Byrne (ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 123-150). Oxford: Elsevier.

Kehoe, E. J. y White, N. E. (2004). Overexpectation: Response loss during sustained stimulus compounding in the rabbit nictitating membrane response. *Learning and Memory, 11*, 476-483.

Kelamangalath, L., Seymour, C. M. y Wagner, J. J. (2009). D-Serine facilitates the effects of extinction to reduce cocaine-primed reinstatement of drugseeking behavior. *Neurobiology of Learning and Memory, 92*, 544-551.

Kelber, A., Vorobyev, M. y Osorio, D. (2003). Animal colour vision: Behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews, 78*, 81-118.

Kellendonk, C., Simpson, E. H., Polan, H. J., Malleret, G., Vronskaya, S., Winiger, V., Moore, H. M. y Kandel, E. R. (2006). Transient and selective overexpression of dopamine D2 receptors in the striatum causes persistent abnormalities in prefrontal cortex functioning. *Neuron, 49*, 603-615.

Kelling, A. S., Snyder, R. J., Marr, M. J., Bloomsmith, M. A., Gardner, W. y Maple, T. L. (2006). Color vision in the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*). *Learning and Behavior, 34*, 154-161.

Kelly, D. M. y Spetch, M. L. (2012). Comparative spatial cognition. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 366-389). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Kenward, B., Rutz, C., Weir, A. A. S. y Kacelnik, A. (2006). Development of tool use in New Caledonian crows: Inherited action patterns and social influences. *Animal Behavior, 72*, 1329-1343.

Kenward, B., Weir, A. A. S., Rutz, C. y Kacelnik, A. (2005). Tool manufacture by naïve juvenile crows. *Nature, 433*, 121.

Kesner, R. P. y DeSpain, M. J. (1988). Correspondence between rats and humans in the utilization of retrospective and prospective codes. *Animal Learning and Behavior, 16*, 299-302.

Kesner, R. P. y Martinez, J. L. (2007). Neurobiology of learning and memory. Boston: Academic Press.

Killeen, P. R. (2001). Writing and overwriting short-term memory. *Psychonomic Bulletin and Review, 8*, 18-43.

Killeen, P. R., Fetterman, J. G. y Bizo, L. A. (1997). Time's causes. En C. M. Bradshaw y E. Szabadi (eds.), *Time and behaviour: Psychological and neurobiological analyses* (pp. 79-239). Amsterdam: Elsevier Science.

Killeen, P. R. y Fetterman, J. G. (1993). The behavioral theory of timing: Transition analyses. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 59*, 411-422.

Kim, J. J., Krupa, D. J. *et al.* (1998). Inhibitory cerebello-olivary projections and blocking effect in classical conditioning. *Science, 279*, 570-573.

Kim, S. D., Rivers, S., Bevins, R. A. y Ayres, J. J. B. (1996). Conditioned stimulus determinants of conditioned response form in Pavlovian fear conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 22*, 87-104.

Kimble, G. A. (1961). *Hilgard and Marquis' conditioning and learning* (2a. ed.). Nueva York: Appleton.

Kimble, G. A. y Ost, J. W. P. (1961). A conditioned inhibitory process in eyelid conditioning. *Journal of Experimental Psychology, 61*, 150-156.

King, K. M., Fleming, C. B., Monahan, K. C. y Catalano, R. F. (2011). Changes in self-control problems and attention problems during middle school predict alcohol, tobacco and marijuana use in high school. *Psychology of Addictive Behaviors, 25*, 69-79.

Kinloch, J. M., Foster, T. M. y McEwan, J. S. A. (2009). Extinction induced variability in human behavior. *Psychological Record, 59*, 347-370.

Kirby, K. N. (2009). One-year temporal stability of delay discounting. *Psychonomic Bulletin and Review, 16*, 457-462.

Kirby, K. N., Winston, G. C. y Santiesteban, M. (2005). Impatience and grades: Delay-discount rates correlate negatively with college GPA. *Learning and Individual Differences, 15*, 213-222.

Kirkpatrick, K. (2002). Packet theory of conditioning and timing. *Behavioral Processes, 57*, 89-106.

Kirkpatrick, K. y Church, R. M. (2000). Independent effects of stimulus and cycle duration in conditioning: The role of timing processes. *Animal Learning and Behavior, 28*, 373-388.

——. (2003). Tracking of the expected time to reinforcement in temporal conditioning procedures. *Learning and Behavior, 31*, 3-21.

——. (2004). Temporal learning in random control procedures. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 30*, 213-228.

Kirmayer, L. J., Lemelson, R. y Barad, M. (Eds.). (2007). *Understanding trauma: Integrating biological, clinical and cultural perspectives*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Klein, B. G., LaMon, B. y Zeigler, H. P. (1983). Drinking in the pigeon (*Columba livia*): Topography and spatiotemporal organization. *Journal of Comparative Psychology, 97*, 178-181.

Knight, D. C., Waters, N. S., King, M. K. y Bandettini, P. A. (2010). Learning related diminution of unconditioned SCR and fMRI signal responses. *NeuroImage, 49*, 843-848.

Koba, R., Takemoto, A., Miwa, M. y Nakamura, K. (2012). Characteristics of serial order learning in common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of Comparative Psychology, 126*, 279-287.

Köhler, W. (1927). *The mentality of apes*. Londres: Routledge and Kegan Paul.

——. (1939). Simple structural functions in the chimpanzee and in the chicken. En W. D. Ellis (ed.), *A source book of Gestalt psychology* (pp. 217-227). Nueva York: Harcourt Brace Jovanovich.

Koob, G. F. (1999). Drug reward and addiction. En L. S. Squire, F. E. Bloom, S. K. McConnell, J. L. Roberts, N. C. Spitzer y M. J. Zigmond (eds.), *Fundamental neuroscience*. Nueva York: Academic Press.

——. (2009). Neurobiological substrates for the dark side of compulsivity and addiction. *Neuropharmacology, 56*, 18-31.

Koob, G. F. y Le Moal, M. (2008). Addiction and the brain antireward system. *Annual Review of Psychology, 59*, 29-53.

Koychev, I., El-Deredy, W., Haenschel, C. y Deakin, J. F. W. (2010). Visual information processing deficits as biomarkers of vulnerability to schizophrenia: An event-related potential study in schizotypy. *Neuropsychologia, 48*, 2205-2214.

Kraemer, P. J. y Golding, J. M. (1997). Adaptive forgetting in animals. *Psychonomic Bulletin and Review, 4*, 480-491.

Krägeloh, C. U., Davison, M. y Elliffee, D. M. (2005). Local preference in concurrent schedules: The effects of reinforcer sequences. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 84*, 37-64.

Krank, M. D., O'Neill, S. K. y Jacob, J. (2008). Goal and signal directed incentive: Conditioned approach, seeking and consumption established with unsweetened alcohol in rats. *Psychopharmacology, 196*, 397-405.

Krieckhaus, E. E. y Wolf, G. (1968). Acquisition of sodium by rats: Interaction of innate and latent learning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 65*, 197-201.

Kruschke, J. (2008). Bayesian approaches to associative learning: From passive to active learning. *Learning and Behavior, 36*, 210-226.

Kruse, J. M., Overmier, J. B., Konz, W. A. y Rokke, E. (1983). Pavlovian conditioned stimulus effects upon instrumental choice behavior are reinforcer specific. *Learning and Motivation, 14*, 165-181.

Kundey, S. M. A., Strandell, B., Mathis, H. y Rowan, J. D. (2010). Learning of monotonic and nonmonotonic sequences in domesticated horses (*Equus callabus*) and chickens (*Gallus domesticus*). *Learning and Motivation, 41*, 213-223.

Kyonka, E. G. E. y Grace, R. C. (2010). Rapid acquisition of choice and timing and the provenance of the terminal-link effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 94*, 209-225.

LaBar, K. S. y Phelps, E. A. (2005). Reinstatement of conditioned fear in humans is context dependent and impaired in amnesia. *Behavioral Neuroscience, 119*, 677-686.

Laborda, M. A., Witnauer, J. E. y Miller, R. R. (2011). Contrasting AAC and ABC renewal: The role of context associations. *Learning and Behavior, 39*, 46-56.

Laborda, M. A. y Miller, R. R. (2012). Reactivated memories compete for expression after Pavlovian extinction. *Behavioural Processes, 90*, 20-27.

Laming, D. (2009). Failure to recall. *Psychological Review, 116*, 157-186.

Lansdell, H. (1988). Laboratory animals need only humane treatment: Animal "rights" may debase human rights. *International Journal of Neuroscience, 42*, 169-178.

Lanuza, E., Nader, K. y LeDoux, J. E. (2004). Unconditioned stimulus pathways to the amygdala: Effects of posterior thalamic and cortical lesions on fear conditioning. *Neuroscience, 125*, 305-315.

Lashley, K. S. y Wade, M. (1946). The Pavlovian theory of generalization. *Psychological Review, 53*, 72-87.

Lattal, K. A. (1998). A century of effect: Legacies of E. L. Thorndike's animal intelligence monograph. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 70*, 325-336.

——. (2010). Delayed reinforcement of operant behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 93*, 129-139.

——. (2013). The five pillars of the experimental analysis of behavior. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 1: *Methods and principles,* pp. 33-63). Washington, DC: American Psychological Association.

Lattal, K. A., St. Peter Pipkin, C. y Escobar, R. (2013). Operant extinction: Elimination and generation of behavior. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol 2: *Translating principles into practice,* pp. 77-107). Washington, DC: American Psychological Association.

Lattal, K. A. y Neef, N. A. (1996). Recent reinforcement-schedule research and applied behavior analysis. *Journal of Applied Behavior Analysis, 29,* 213-230.

Lattal, K. A. y St. Peter Pipkin, C. (2009). Resurgence of previously reinforced responding: Research and application. *The Behavior Analyst Today, 10,* 254-266.

Lattal, K. M. (1999). Trial and intertrial durations in Pavlovian conditioning: Issues of learning and performance. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 25,* 433-450.

Lattal, K. M. y Lattal, K. A. (2012). Facets of Pavlovian and operant extinction. *Behavioural Processes, 90,* 1-8.

Lattal, K. M. y Nakajima, S. (1998). Overexpectation in appetitive Pavlovian and instrumental conditioning. *Animal Learning and Behavior, 26,* 351-360.

Lazareva, O. F. (2012). Relational learning in a context of transposition: A review. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 97,* 231-248.

Lazareva, O. F., Freiburger, K. L. y Wasserman, E. A. (2004). Pigeons concurrently categorize photographs at both basic and superordinate levels. *Psychonomic Bulletin and Review, 11,* 1111-1117.

——. (2006). Effects of stimulus manipulations on visual categorization in pigeons. *Behavioural Processes, 72,* 224-233.

Lazareva, O. F., Miner, M., Wasserman, E. A. y Young, M. E. (2008). Multiplepair training enhances transposition in pigeons. *Learning and Behavior, 36,* 174-187.

Lea, S. E. G. y Wills, A. J. (2008). Use of multiple dimensions in learned discriminations. *Comparative Cognition and Behavior Reviews, 3,* 115-133.

Leaton, R. N. (1976). Long-term retention of the habituation of lick suppression and startle response produced by a single auditory stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 2,* 248-259.

LeDoux, J. E. y Gorman, J. M. (2001). A call to action: Overcoming anxiety through active coping. *American Journal of Psychiatry, 158,* 1953-1955.

Lee, D., Seo, H. y Jung, M. W. (2012). Neural basis of reinforcement learning and decision making. *Annual Review of Neuroscience, 35,* 287-308.

Lee, Y.-S. y Silva, A. J. (2009). The molecular and cellular biology of enhanced cognition. *Nature Reviews: Neuroscience, 10,* 126-140.

Lefebvre, L., Nicolakakis, N. y Boire, D. (2002). Tools and brains in birds. *Behaviour, 139,* 939-973.

Leising, K. J., Sawa, K. y Blaisdell, A. P. (2007). Temporal integration in Pavlovian appetitive conditioning in rats. *Learning and Behavior, 35,* 11-18.

Lejeune, H. y Wearden, J. H. (2006). Scalar properties in animal timing: Conformity and violations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59,* 1875-1908.

Lejuez, C. W., Eifert, G. H., Zvolensky, M. J. y Richards, J. B. (2000). Preference between onset predictable and unpredictable administrations of 20% carbon-dioxide-enriched air: Implications for better understanding the etiology and treatment of panic disorder. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 6,* 349-358.

Lejuez, C. W., O'Donnell, J., Wirth, O., Zvolensky, M. J. y Eifert, G. H. (1998). Avoidance of 20% carbon dioxide enriched air with humans. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 70,* 79-86.

Lencz, T., Bilder, R. M., Turkel, E., Goldman, R. S., Robinson, D., Kane, J. M. *et al.* (2003). Impairments in perceptual competency and maintenance on a visual delayed match-to-sample test in first-episode schizophrenia. *Archives of General Psychiatry, 60,* 238-243.

Lennenberg, E. H. (1967). *Biological foundations of language.* Nueva York: Wiley.

Lerman, D. C., Iwata, B. A., Shore, B. A. y DeLeon, I. G. (1997). Effects of intermittent punishment on self-injurious behavior: An evaluation of schedule thinning. *Journal of Applied Behavioral Analysis, 30,* 187-201.

Lerman, D. C. y Vorndran, C. M. (2002). On the status of knowledge for using punishment: Implications for treating behavior disorders. *Journal of Applied Behavior Analysis, 35,* 431-464.

Leslie, A. M. (2001). Learning: Association or computation? Introduction to special section. *Psychological Science, 10,* 124-127.

Leuner, B. y Gould, E. (2010). Structural plasticity and hippocampal function. *Annual Review of Psychology, 61,* 111-140.

Leung, H. T., Bailey, G. K., Laurent, V. y Westbrook, R. F. (2007). Rapid reacquisition of fear to a completely extinguished context is replaced by transient impairment with additional extinction training. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33,* 299-313.

Leung, H. T., Reeks, L. M. y Westbrook, R. F. (2012). Two ways to deepen extinction and the difference between them. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 38,* 394-406.

Leung, H. T. y Westbrook, R. F. (2008). Spontaneous recovery of extinguished fear response deepens their extinction: A role for error-correction mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34,* 461-474.

Levenson, D. H. y Schusterman, R. J. (1999). Dark adaptation and visual sensitivity in shallow and deep diving pinnipeds. *Marine Mammal Science, 15,* 1303-1313.

Levis, D. J. (1995). Decoding traumatic memory: Implosive theory of psychopathology. En W. O'Donohue y L. Krasner (eds.), *Theories of behavior therapy* (pp. 173-207). Washington, DC: American Psychological Association.

Levis, D. J. y Brewer, K. E. (2001). The neurotic paradox: Attempts by two-factor fear theory and alternative avoidance models to resolve the issues associated with sustained avoidance responding in extinction. En R. R. Mowrer y S. B. Klein (eds.), *Handbook of contemporary learning theories* (pp. 561-597). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lieberman, D. A., McIntosh, D. C. y Thomas, G. V. (1979). Learning when reward is delayed: A marking hypothesis. *Journal of Experimental*

*Psychology: Animal Behavior Processes, 5*, 224-242.

Lieberman, D. A., Sunnucks, W. L. y Kirk, J. D. J. (1998). Reinforcement without awareness: I. Voice level. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 51B*, 301-316.

Lindberg, J. S., Iwata, B. A., Kahng, S. W. y DeLeon, I. G. (1999). DRO Contingencies: An analysis of variable momentary schedules. *Journal of Applied Behavior Analysis, 32*, 123-136.

Lionello-DeNolf, K. M. (2009). The search for symmetry: 25 years in review. *Learning and Behavior, 37*, 188-203.

Liu, X., Ramirez, S., Pang, P. T., Puryear, C. B., Govindarajan, A., Deisseroth, K. y Tonegawa, S. (2012). Optogenetic stimulation of hippocampal engram activates fear memory recall. *Nature, 484*, 381-385.

LoBue, V. y DeLoache, J. S. (2010). Superior detection of threat relevant stimuli in infancy. *Developmental Science, 13*, 221-228.

——. (2011). What's so special about slithering serpents? Children and adults rapidly detect snakes based on their simple features. *Visual Cognition, 19*, 129-143.

Lockard, R. B. (1968). The albino rat: A defensible choice or a bad habit? *American Psychologist, 23*, 734-742.

Loeb, J. (1900). *Comparative physiology of the brain and comparative psychology*. Nueva York: G. P. Putman.

Logue, A. W. (1985). Conditioned food aversion learning in humans. *Annals of the New York Academy of Sciences, 433*, 316-329.

——. (1988). A comparison of taste aversion learning in humans and other vertebrates: Evolutionary pressures in common. En R. C. Bolles y M. D. Beecher (eds.), *Evolution and learning* (pp. 97-116). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1995). *Self-control: Waiting until tomorrow for what you want today*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Logue, A. W., Ophir, I. y Strauss, K. E. (1981). The acquisition of taste aversions in humans. *Behaviour Research and Therapy, 19*, 319-333.

Loidolt, M., Aust, U., Steurer, M., Troje, N. F. y Huber, L. (2006). Limits of dynamic object perception in pigeons: Dynamic stimulus presentation does not enhance perception and discrimination of complex shape. *Learning and Behavior, 34*, 71-85.

LoLordo, V. M. (1979). Selective associations. En A. Dickinson y R. A. Boakes (eds.), *Mechanisms of learning and motivation* (pp. 367-398). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

LoLordo, V. M., Jacobs, W. J. y Foree, D. D. (1982). Failure to block control by a relevant stimulus. *Animal Learning and Behavior, 10*, 183-193.

LoLordo, V. M. y Fairless, J. L. (1985). Pavlovian conditioned inhibition: The literature since 1969. En R. R. Miller y N. E. Spear (eds.), *Information processing in animals: Conditioned inhibition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

LoLordo, V. M. y Overmier, J. B. (2011). Trauma, learned helplessness, its neuroscience and implications for posttraumatic stress disorder. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 121-151). Oxford/ Nueva York: Oxford University Press.

Losey, G. S. y Sevenster, P. (1995). Can three-spined sticklebacks learn when to display? Rewarded displays. *Animal Behaviour, 49*, 137-150.

Lovibond, P. F. (1983). Facilitation of instrumental behavior by a Pavlovian appetitive conditioned stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 9*, 225-247.

——. (2011). Learning and anxiety: A cognitive perspective. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 104-120). Nueva York: Oxford University Press.

Lovibond, P. F., Mitchell, C. J., Minard, E., Brady, A. y Menzies, R. G. (2009). Safety behaviours preserve threat beliefs: Protection from extinction of human fear conditioning by an avoidance response. *Behavioural Research and Therapy, 47*, 716-720.

Lovibond, P. F., Saunders, J. C., Weidemann, G. y Mitchell, C. J. (2008). Evidence for expectancy as a mediator of avoidance and anxiety in a laboratory model of human avoidance learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 61*, 1199-1216.

Lubow, R. E. (1989). *Latent inhibition and conditioned attention theory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

——. (2011). Aberrant attentional processes in schizophrenia as reflected in latent inhibition data. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 152-167). Nueva York: Oxford University Press.

Lubow, R. E. y Moore, A. U. (1959). Latent inhibition: The effect of non-reinforced preexposure to the conditioned stimulus. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 52*, 415-419.

Lubow, R. E. y Weiner, I. (Eds.). (2010). *Latent inhibition: Cognition, Neuroscience and applications to schizophrenia*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lussier, J. P., Heil, S. H., Mongeon, J. A., Badget, G. J. y Higgins, S. T. (2006). A meta-analysis of voucher-based reinforcement therapy for substance abuse disorder. *Addiction, 101*, 192-203.

Lyn, H., Greenfield, P. M., Savage-Rumbaugh, S. E., Gillespie-Lynch, K. y Hopkins, W. D. (2011*b*). Nonhuman primates do declare! A comparison of declarative symbol and gesture use in two children, two bonobos and a chimpanzee. *Language and Communication, 31*, 63-74.

Lyn, H., Greenfield, P. M. y Savage-Rumbaugh, E. S. (2011*a*). Semiotic combinations in Pan: A comparison of communication in a chimpanzee and two bonobos. *First Language, 31*, 300-325.

Lynch, M. A. (2004). Long-term potentiation and memory. *Physiological Reviews, 125*, 87-136.

Lysle, D. T. y Fowler, H. (1985). Inhibition as a "slave" process: Deactivation of conditioned inhibition through extinction of conditioned excitation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*, 71-94.

MacArdy, E. A. y Riccio, D. C. (1995). Time-dependent changes in the effectiveness of a noncontingent footshock reminder. *Learning and Motivation, 26*, 29-42.

MacDonald, S. E. (1993). Delayed matching to-successive-samples in pigeons: Short-term memory for item and order information. *Animal Learning and Behavior, 21*, 59-67.

MacDonall, J. S. (2000). Synthesizing concurrent interval performances. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 74*, 189-206.

——. (2005). Earning and obtaining reinforcers under concurrent interval scheduling. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 84*, 167-183.

Mace, F. C., Pratt, J. L., Prager, K. L. y Pritchard, D. (2011). An evaluation of three methods of saying "no" to avoid an escalating response class hierarchy. *Journal of Applied Behavior Analysis, 44*, 83-94.

Machado, A. (1997). Learning the temporal dynamics of behavior. *Psychological Review, 104*, 241-265.

Machado, A., Malheiro, M. T. y Erlhagen, W. (2009). Learning to time: A perspective. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 92*, 423-458.

MacKillop, J. *et al.* (2011). Delayed reward discounting and addictive behavior: A meta-analysis. *Psychopharmacology, 216*, 305-321.

Mackintosh, N. J. (1974). *The psychology of animal learning*. Londres: Academic Press.

——. (1975). A theory of attention: Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review, 82*, 276-298.

Mackintosh, N. J., Bygrave, D. J. y Picton, B. M. B. (1977). Locus of the effect of a surprising reinforcer in the attenuation of blocking. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 29*, 327-336.

Mackintosh, N. J. y Dickinson, A. (1979). Instrumental (type II) conditioning. En A. Dickinson y R. A. Boakes (eds.), *Mechanisms of learning and motivation* (pp. 143-169). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

McNally, G. P., Johansen, J. P. y Blair, H. T. (2011). Placing prediction into the fear circuit. *Trends in Neuroscience, 34*, 283-292.

Madden, G. J. (Ed.). (2013). *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 2: *Translating principles into practice*). Washington, DC: American Psychological Association.

Madden, G. J. y Bickel, W. K. (1999). Abstinence and price effects on demand for cigarettes: A behavioral economic analysis. *Addiction, 94*, 577-588.

——. (2010). *Impulsivity: The behavioral and neurological science of discounting*. Washington, DC: American Psychological Association.

Madden, G. J., Peden, B. F. y Yamaguchi, T. (2002). Human group choice: Discrete-trial and free-operant tests of the ideal free distribution. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 78*, 1-15.

Madden, G. J., Petry, N. M., Badger, G. J. y Bickel, W. K. (1997). Impulsive and self-control choices in opioiddependent patients and nondrugusing control participants: Drug and monetary rewards. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 5*, 256-262.

Madden, G. J., Smethells, J., Ewan, E. E. y Hursh, S. R. (2007). Tests of behavioral economic assessments of relative reinforcer efficacy II. Economic complements. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 88*, 355-367.

Maia, T. V. (2010). Two-factor theory, the actor-critic model and conditioned avoidance. *Learning and Behavior, 38*, 50-67.

Maier, S. F. y Seligman, M. E. P. (1976). Learned helplessness: Theory and evidence. *Journal of Experimental Psychology: General, 105*, 3-46.

Maier, S. F., Jackson, R. L. y Tomie, A. (1987). Potentiation, overshadowing and prior exposure to inescapable shock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 13*, 260-270.

Maier, S. F., Rapaport, P. y Wheatley, K. L. (1976). Conditioned inhibition and the UCS–CS interval. *Animal Learning and Behavior, 4*, 217-220.

Maier, S. F., Seligman, M. E. P. y Solomon, R. L. (1969). Pavlovian fear conditioning and learned helplessness. En B. A. Campbell y R. M. Church (eds.), *Punishment and aversive behavior*. Nueva York: Appleton Century-Crofts.

Maier, S. F. y Watkins, L. R. (1998). Stressor controllability, anxiety and serotonin. *Cognitive Therapy and Research, 6*, 595-613.

——. (2005). Stressor controllability and learned helplessness: The roles of the dorsal raphe nucleus, serotonin and corticotropin-releasing factor. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 29*, 829-841.

——. (2010). Role of the medial prefrontal cortex in coping and resilience. *Brain Research, 1355*, 52-60.

Maki, W. S., Moe, J. C. y Bierley, C. M. (1977). Short-term memory for stimuli, responses and reinforcers. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 3*, 156-177.

Malenka, R. C. (2003). Synaptic plasticity and AMPA receptor trafficking. *Annual Review of the New York Academy of Sciences, 1003*, 1-11.

Malenka, R. C. y Bear, M. F. (2004). LTP and LTD: An embarrassment of riches. *Neuron, 44*, 5-21.

Malenka, R. C. y Nicoll, R. A. (1999). Long term potentiation– a decade of progress? *Science, 285*, 1870-1874.

Marchand, A. R. y Kamper, E. (2000). Time course of cardiac conditioned responses in restrained rats as a function of the trace CS–US interval. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 26*, 385-398.

Maren, S. (2007). The threatened brain. *Science, 317*, 1043-1044.

——. (2011). Seeking a spotless mind: Extinction, deconsolidation and erasure of fear memory. *Neuron, 70*, 830-845.

Marsh, G. (1972). Prediction of the peak shift in pigeons from gradients of excitation and inhibition. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 81*, 262-266.

Martin-Malivel, J., Mangini, M. C., Fagot, J. y Biederman, I. (2006). Do humans and baboons use the same information when categorizing human and baboon faces? *Psychological Science, 17*, 599-607.

Martin, S. J., Grimwood, P. D. y Morris, R. G. M. (2000). Synaptic plasticity and memory: An evaluation of the hypothesis. *Annual Review of Neuroscience, 23*, 649-711.

Marx, B. P., Heidt, J. M. y Gold, S. D. (2005). Perceived uncontrollability and unpredicatability, self-regulation and sexual revictimization. *Review of General Psychology, 9*, 67-90.

Matthews, R. N., Domjan, M., Ramsey, M. y Crews, D. (2007). Learning effects on sperm competition and reproductive fitness. *Psychological Science, 18*, 758-762.

Mauk, B. y Dehnhardt, G. (2005). Identity concept formation during visual multiple-choice matching in a harbor seal (*Phoca vitulina*). *Learning and Behavior, 33*, 428-436.

Mauk, M. D. y Buonomano, D. V. (2004). The neural basis of temporal processing. *Annual Review of Neuroscience, 27*, 307-340.

Mayford, M., Bach, M. E., Huang, Y.-Y., Wang, L., Hawkins, R. D. y Kandel, E. R. (1996). Control of memory formation through regulated

expression of a CaMKII transgene. *Science, 125*, 1678-1683.

Mayford, M. y Kandel, E. R. (1999). Genetic approaches to memory storage. *Trends in Genetics, 125*, 463-470.

Mazur, J. E. (1987). An adjusting procedure for studying delayed reinforcement. En M. L. Commons, J. E. Mazur, J. A. Nevin y H. Rachlin (eds.), *Quantitative analyses of behavior* (vol. 5: *The effect of delay and intervening events on reinforcement value*, pp. 55-73). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (2006). Choice between single and multiple reinforcers in concurrent chains schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 86*, 211-222.

McAllister, W. R. y McAllister, D. E. (1995). Two-factor fear theory: Implications for understanding anxiety-based clinical phenomena. En W. O'Donohue y L. Krasner (eds.), *Theories of behavior therapy* (pp. 145-171). Washington, DC: American Psychological Association.

McAndrew, A., Jones, F. W., McLaren, R. P. y McLaren, I. P. L. (2012). Dissociating expectancy of shock and changes in skin conductance: An investigation of the Perruchet effect using an electrodermal paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 38*, 203-208.

McCarthy, D. E., Baker, T. B., Minami, H. M. y Yeh, V. M. (2011). Applications of contemporary learning theory in the treatment of drug abuse. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 235-269). Nueva York: Oxford University Press.

McClure, S. M., York, M. K. y Montague, P. R. (2004). The neural substrates of reward processing in humans: The modern role of fMRI. *The Neuroscientist, 10*, 260-268.

McConnell, B. L. y Miller, R. R. (2010). Protection from extinction provided by a conditioned inhibitor. *Learning and Behavior, 8*, 68-79.

McConnell, B. L., Urushihara, K. y Miller, R. R. (2010). Contrasting predictions of the extended comparator hypothesis and acquisition focused models of learning concerning retrospective revaluation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 36*,137-147.

McCrink, K. y Wynn, K. (2007). Ratio abstraction by 6-month-old infants. *Psychological Science, 18*, 740-745.

McGaugh, J. L. (2000). Memory– a century of consolidation. *Science, 287*, 248-251.

McGaugh, J. L. y Herz, M. J. (1972). *Memory consolidation*. San Francisco: Albion.

McGee, G. G., Krantz, P. J. y McClannahan, L. E. (1986). An extension of incidental teaching procedures to reading instruction for autistic children. *Journal of Applied Behavior Analysis, 19*, 147-157.

McKenzie, S. y Eichenbaum, H. (2011). Consolidation and reconsolidation: Two lives of memories? *Neuron, 71*, 224-233.

McLaren, I. P. L. y Mackintosh, N. J. (2000). An elemental model of associative learning: I. Latent inhibition and perceptual learning. *Animal Learning and Behavior, 28*, 211-246.

——. (2002). Associative learning and elemental representation: II. Generalization and discrimination. *Animal Learning and Behavior, 30*, 177-200.

McLean, A. P., Campbell-Tie, P. y Nevin, J. A. (1996). Resistance to change as a function of stimulus-reinforcer and location-reinforcer contingencies. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 66*, 169-191.

McNally, G. P. y Westbrook, R. F. (2006). A short intertrial interval facilitates acquisition of context-conditioned fear and a short retention interval facilitates its expression. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 32*, 164-172.

McNish, K. A., Betts, S. L., Brandon, S. E. y Wagner, A. R. (1997). Divergence of conditioned eyeblink and conditioned fear in backward Pavlovian training. *Animal Learning and Behavior, 25*, 43-52.

McSweeney, F. K. y Murphy, E. S. (2009). Sensitization and habituation regulate reinforcer effectiveness. *Neurobiology of Learning and Memory, 92*, 189-198.

McSweeney, F. K. y Swindell, S. (1999). General-process theories of motivation revisited: The role of habituation. *Psychological Bulletin, 125*, 437-457.

Mercado, E. I., Murray, S. O., Uyeyama, R. K., Pack, A. A. y Herman, L. M. (1998). Memory for recent actions in the bottlenosed dolphin (*Tursiops truncates*): Repetition of arbitrary behaviors using an abstract rule. *Animal Learning and Behavior, 26*, 210-218.

Merritt, D. J., DeWind, N. K. y Brannon, E. M. (2012). Comparative cognition of number representation. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 451-476). Nueva York/ Oxford: Oxford University Press.

Merritt, D. J. y Terrace, H. S. (2011). Mechanisms of inferential order judgments in humans (*Homo sapiens*) and rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Comparative Psychology, 125*, 227-238.

Meuret, A. E., Wolitzky-Taylor, K., Twohig, M. P. y Craske, M. G. (2012). Coping skills and exposure therapy in panic disorder and agoraphobia: Latest advances and future directions. *Behavior Therapy, 43(2)*, 271-284.

Miguez, G., Witnauer, J. E. y Miller, R. R. (2012). The role of contextual associations in producing the partial reinforcement acquisition deficit. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 38*, 40-51.

Milad, M. R. y Quirk, G. J. (2012). Fear extinction as a model for translational neuroscience: Ten years of progress. *Annual Review of Psychology, 63*, 129-151.

Miller, C. A. y Sweatt, J. D. (2006). Amnesia or retrieval deficit? Implications of a molecular approach to the question of reconsolidation. *Learning and Memory, 13*, 498-505.

Miller, G. A. (1956). The magic number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*, 81-97.

Miller, J. S., Jagielo, J. A. y Spear, N. E. (1990). Alleviation of shortterm forgetting: Effects of the CS- and other conditioning elements in prior cueing or as context during test. *Learning and Motivation, 21*, 96-109.

——. (1992). The influence of the information value provided by prior-cuing treatment on the reactivation of memory in preweanling rats. *Animal Learning and Behavior, 20*, 233-239.

Miller, N. E. (1951). Learnable drives and rewards. En S. S. Stevens (ed.), *Handbook of experimental psychology*. Nueva York: Wiley.

——. (1960). Learning resistance to pain and fear: Effects of overlearning, exposure and rewarded exposure in context. *Journal of Experimental Psychology, 60*, 137-145.

Miller, N. E. y Dollard, J. (1941). *Social learning and imitation*. New Haven, CT: Yale University Press.

Miller, N. Y. y Shettleworth, S. J. (2007). Learning about environmental geometry: An associate model. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 191-212.

——. (2008). An associative model of geometry learning: A modified choice rule. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 419-422.

Miller, R. R., Barnet, R. C. y Grahame, N. J. (1995). Assessment of the Rescorla-Wagner model. *Psychological Bulletin, 117*, 363-386.

Miller, R. R., Kasprow, W. J. y Schachtman, T. R. (1986). Retrieval variability: Sources and consequences. *American Journal of Psychology, 99*, 145-218.

Miller, R. R. y Matzel, L. D. (1988). The comparator hypothesis: A response rule for the expression of associations. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 51-92). Orlando, FL: Academic Press.

——. (2006). Retrieval failure vs. memory loss in experimental amnesia: Definitions and processes. *Learning and Memory, 13*, 491-497.

Miller, R. R. y Springer, A. D. (1973). Amnesia, consolidation and retrieval. *Psychological Review, 80*, 69-79.

Miller, V. y Domjan, M. (1981). Selective sensitization induced by lithium malaise and footshock in rats. *Behavioral and Neural Biology, 31*, 42-55.

Millin, P. M. y Riccio, D. C. (2004). Is the context shift effect a case of retrieval failure? The effects of retrieval enhancing treatments on forgetting under altered stimulus conditions in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 30*, 325-334.

Milmine, M., Watanabe, A. y Colombo, M. (2008). Neural correlates of directed forgetting in the avian prefrontal cortex. *Behavioral Neuroscience, 122*, 199-209.

Mineka, S. (1979). The role of fear in theories of avoidance learning, flooding and extinction. *Psychological Bulletin, 86*, 985-1010.

Mineka, S. y Gino, A. (1980). Dissociation between conditioned emotional response and extended avoidance performance. *Learning and Motivation, 11*, 476-502.

Mineka, S. y Henderson, R. (1985). Controllability and predictability in acquired motivation. *Annual Review of Psychology, 36*, 495-530.

Mineka, S. y Öhman, A. (2002). Phobias and preparedness: The selective, automatic and encapsulated nature of fear. *Biological Psychiatry, 52*, 927-937.

Minor, T. R., Dess, N. K. y Overmier, J. B. (1991). Inverting the traditional view of "learned helplessness". En M. R. Denny (ed.), *Fear, avoidance and phobias* (pp. 87-133). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Minor, T. R., Trauner, M. A., Lee, C.-Y. y Dess, N. K. (1990). Modeling signal features of escape response: Effects of cessation conditioning in "learned helplessness" paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 16*, 123-136.

Misanin, J. R., Miller, R. R. y Lewis, D. J. (1968). Retrograde amnesia produced by electroconvulsive shock after reactivation of a consolidated memory trace. *Science, 160*, 554-555.

Mischel, H. N., Ebbesen, E. B. y Zeiss, A. R. (1972). Cognitive and attentional mechanisms in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology, 21*, 204-218.

Mitchell, C. J., Lovibond, P. F., Minard, E. y Lavis, Y. (2006). Forward blocking in human learning sometimes reflects the failure to encode a cue-outcome relationship. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 830-844.

Mitchell, C. J. y Le Pelley, M. E. (Eds.). (2010). *Attention and associative learning*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Mitchell, W. S. y Stoffelmayr, B. E. (1973). Application of the Premack principle to the behavioral control of extremely inactive schizophrenics. *Journal of Applied Behavior Analysis, 6*, 419-423.

Mobbs, D., Yu, R., Rowe, J. B., Eich, H., Feldman Hall, O. y Dalgleish, T. (2010). Neural activity associated with monitoring the oscillating threat value of a tarantula. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*(47), 20582-20586.

Moffitt, T. E. *et al*, (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(7), 2693-2698.

Molet, M., Leconte, C. y Rosas, J. M. (2006). Acquisition, extinction and temporal discrimination in human conditioned avoidance. *Behavioural Processes, 73*(2), 199-208.

Monfils, M., Cowansaage, K. K., Klann, E. y LeDoux, J. E. (2009). Extinction reconsolidation boundaries: Key to persistent attenuation of fear memories. *Science, 324*, 951-955.

Montague, P. R., King-Casas, B. y Cohen, J. D. (2006). Imaging valuation models in human choice. *Annual Review of Neuroscience, 29*, 417-448.

Moody, E. W., Sunsay, C. y Bouton, M. E. (2006). Priming and trial spacing in extinction: Effects on extinction performance, spontaneous recovery and reinstatement in appetitive conditioning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 809-929.

Morgan, C. L. (1894). *An introduction to comparative psychology*. Londres: Scott.

——. (1903). *Introduction to comparative psychology* (ed. rev.). Nueva York: Scribner.

Morgan, D. L. (2010). Schedules of reinforcement at 50: A retrospective appreciation. *Psychological Record, 60*, 151-172.

Morris, R. G. M. (1974). Pavlovian conditioned inhibition of fear during shuttlebox avoidance behavior. *Learning and Motivation, 5*, 424-447.

——. (1975). Preconditioning of reinforcing properties to an exteroceptive feedback stimulus. *Learning and Motivation, 6*, 289-298.

——. (1981). Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and Motivation, 12*, 239-260.

Morris, R. G. M., Anderson, E., Lynch, G. S. y Baudry, M. (1986). Selective impairment of learning and blockade of long-term potentiation by an N-methyl-D-aspartate receptor antagonist, AP5. *Nature, 319*, 774-776.

Mowrer, O. H. (1947). On the dual nature of learning: A reinterpretation of "conditioning" and "problem-solving". *Harvard Educational Review, 17*, 102-150.

Mowrer, O. H. y Lamoreaux, R. R. (1942). Avoidance conditioning and signal duration: A study of secondary motivation and reward. *Psychological Monographs, 54* (No. 247 completo).

Mowrer, R. R. y Klein, S. B. (Eds.). (2001). *Handbook of contemporary learning theories.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Mui, R., Haselgrove, M., McGregor, A., Futter, J., Heyes, C. y Pearce, J. M. (2007). The discrimination of natural movement by budgerigars (*Melopsittacus undulates*) and pigeons (*Columba livia*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 371-380.

Mukerjee, M. (1997, febrero). Trends in animal research. *Scientific American, 276*, 86-93.

Murphy, J. G., Correla, C. J. y Barnett, N. P. (2007). Behavioral economic approaches to reduce college student drinking. *Addictive Behaviors, 32*, 2573-2585.

Musienko, P., Heutschi, J., Friedli, L., Van den Brand, R. y Courtine, G. (2012). Multi-system neurorehabilitative strategies to restore motor functions following severe spinal cord injury. *Experimental Neurology, 235*, 100-109.

Myers, K. M., Ressler, K. J. y Davis, M. (2006). Different mechanisms of fear extinction dependent on length of time since fear acquisition. *Learning and Memory, 13*, 216-223.

Myers, K. M. y Davis, M. (2007). Mechanisms of fear extinction. *Molecular Psychiatry, 12*, 120-150.

Mystkowski, J. L., Craske, M. G., Echiverri, A. M. y Labus, J. S. (2006). Mental reinstatement of context and return of fear in spider fearful participants. *Behaviour Therapy, 37*, 49-60.

Nader, K., Schafe, G. E. y LeDoux, J. E. (2000). Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature, 406*, 722-726.

——. (2000). Reconsolidation: The labile nature of consolidation theory. *Nature Reviews Neuroscience, 1*, 216-219.

Nader, K. y Einarsson, E. O. (2010). Memory consolidation: An update. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1191*, 27-41.

Nader, K. y Hardt, O. (2009). A single standard for memory: The case for reconsolidation. *Nature Reviews Neuroscience, 10*, 224-234.

Nakajima, A. y Tang, Y.-P. (2005). Genetic approaches to the molecular/neuronal mechanisms underlying learning and memory in the mouse. *Journal of Pharmacological Sciences, 125*, 1-5.

Nakamura, T., Croft, D. B. y Westbrook, R. F. (2003). Domestic pigeons (*Columba livia*) discriminate between photographs of individual pigeons. *Learning and Behavior, 31*, 307-317.

Nakamura, T., Ito, M., Croft, D. B. y Westbrook, R. F. (2006). Domestic pigeons (*Columba livia*) discriminate between photographs of male and female pigeons. *Learning and Behavior, 34*, 327-339.

Neill, J. C. y Harrison, J. M. (1987). Auditory discrimination: The Konorski quality-location effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 48*, 81-95.

Nelson, A. B., Hang, G. B., Grueter, B. A., Pascoli, V., Luscher, C., Malenka, R. C. *et al.* (2012). A comparison of striatal dependent behaviors in wild-type and hemizygous Drd1a and Drd2 BAC transgenic mice. *Journal of Neuroscience, 32*, 9119-9123.

Nelson, J. B., Del Carmen Sanjuan, M., Vadillo-Ruiz, S., Prez, J. y Len, S. P. (2011). Experimental renewal in human participants. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 58-70.

Nelson, J. B. y Del Carmen Sanjuan, M. (2006). A context-specific latent inhibition effect in a human conditioned suppression task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 1003-1020.

Neuringer, A. (2004). Reinforced variability in animals and people: Implications for adaptive action. *American Psychologist, 59*, 891-906.

Neuringer, A., Kornell, N. y Olufs, M. (2001). Stability and variability in extinction. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 27*, 79-94.

Nueringer, A. y Jensen, G. (2010). Operant variability and voluntary action. *Psychological Review, 117*, 972-993.

Nevin, J. A. (2012). Resistance to extinction and behavioral momentum. *Behavioural Processes, 90*, 89-97.

Nevin, J. A., Mandell, G. y Atak, J. R. (1983). The analysis of behavioral momentum. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 39*, 49-59.

Nevin, J. A. y Grace, R. C. (2000). Behavioral momentum and the law of effect. *Behavioral and Brain Sciences, 23*, 73-130.

——. (2005). Resistance to extinction in the steady state and in transition. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 31*, 199-212.

Nevin, J. A. y Shahan, T. A. (2011). Behavioral momentum theory: Equations and applications. *Journal of Applied Behavior Analysis, 44*, 877-895.

Norrholm, S. D. *et al.* (2006). Conditioned fear extinction and reinstatement in a human fear-potentiated startle paradigm. *Learning and Memory, 13*, 681-685.

O'Donnell, J., Crosbie, J., Williams, D. C. y Saunders, K. J. (2000). Stimulus control and generalization of point-loss punishment with humans. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 73*, 261-274.

O'Donohue, W. (1998). Conditioning and third-generation behavior therapy. En W. O'Donohue (ed.), *Learning and behavior therapy* (pp. 1-14). Boston: Allyn and Bacon.

O'Keefe, J. y Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map.* Oxford, UK: Oxford University Press.

Oden, D. L., Thompson, R. K. R. y Premack, D. (1988). Spontaneous transfer of matching by infant chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 14*, 140-145.

Odum, A. L. y Baumann, A. A. L. (2010). Delay discounting: State and trait variable. En G. J. Madden y W. K. Bickel (eds.), *Impulsivity: The behavioral and neurological science of discounting* (pp. 39-65). Washington, DC: American Psychological Association.

Oehlberg, K. y Mineka, S. (2011). Fear conditioning and attention to threat: An integrative approach to understanding the etiology of anxiety disorders. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 44-78). Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Öhman, A., Carlsson, K., Lundqvist, D. y Ingvar, M. (2007). On the unconscious subcortical origin of human fear. *Physiology and Behavior, 92*, 180-185.

Öhman, A. y Mineka, S. (2001). Fear, phobias and preparedness: Towards an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review, 108*, 483-522.

Öhman, A. y Soares, J. J. F. (1998). Emotional conditioning to masked stimuli: Expectancies for aversive outcomes following nonrecognized fear-irrelevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General, 127*, 69-82.

Ohyama, T., Nores, W. L., Murphy, M. y Mauk, M. D. (2003). What the cerebellum computes. *Trends in Neuroscience, 26*, 222-227.

Ohyama, T. y Mauk, M. D. (2001). Latent acquisition of timed responses in cerebellar cortex. *Journal of Neuroscience, 21*, 682-690.

Okouchi, H. (2009). Response acquisition by humans with delayed reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 91*, 377-390.

Olton, D. S. (1978). Characterization of spatial memory. En S. H. Hulse, H. Fowler y W. K. Honig (eds.), *Cognitive processes in animal behavior* (pp. 341-374). Hillsdale, NJ: Erlbum.

Olton, D. S. y Samuelson, R. J. (1976). Remembrance of places passed: Spatial memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 2*, 97-116.

O'Reilly, R. C. y Rudy, J. W. (2001). Conjunctive representations in learning and memory: Principles of cortical and hippocampal function. *Psychological Review, 108*, 311-345.

Ortega, L. A., Daniel, A. M., Davis, J. B., Fuchs, P. N. y Papini, M. R. (2011). Peripheral pain enhances the effects of incentive downshifts. *Learning and Motivation, 42*, 203-209.

Ost, J. W. P. y Lauer, D. W. (1965). Some investigations of salivary conditioning in the dog. En W. F. Prokasy (ed.), *Classical conditioning.* Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Ostlund, S. B., Winterbauer, N. E. y Balleine, B. W. (2008). Theory of reward systems. En R. Menzel (ed.), *Learning theory and behavior,* vol. 1, J. Byrne (ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 701-720). Oxford: Elsevier.

Ostlund, S. B. y Balleine, B. W. (2007). Selective reinstatement of instrumental performance depends on the discriminative stimulus properties of the mediating outcome. *Learning and Behavior, 35*, 43-52.

Otto, M. W., Tolin, D. F., Simon, N. M., Pearlson, G. D., Basden, S., Meunier, S. A. *et al.* (2010). Efficacy of D-cycloserine for enhancing response to cognitive-behavior therapy for panic disorder. *Biological Psychiatry, 67*, 365-370.

Overmier, J. B. (2002). On learned helplessness. *Integrative Physiological and Behavioral Science, 37*, 4-8.

Overmier, J. B. y Seligman, M. E. P. (1967). Effects of inescapable shock upon subsequent escape and avoidance learning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 63*, 23-33.

Page, S. y Neuringer, A. (1985). Variability as an operant. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*, 429-452.

Panagiotaropoulos, T., Diamantopoulou, A., Stamatakis, A., Dimitropoulou, M. y Stylianopoulou, F. (2009). Learning of a T-maze by rat pups when contact with the mother is either permitted or denied. *Neurobiology of Learning and Memory, 91*, 2-12.

Papini, M. R. (2003). Comparative psychology of surprising nonreward. Brain, *Behavior and Evolution, 62*, 83-95.

——. (2008). *Comparative psychology* (2a. ed.). Londres: Taylor Francis.

Parsons, T. D. y Rizzo, A. A. (2008). Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 39*, 250-261.

Patterson, F. G. (1978). The gestures of a gorilla: Language acquisition in another pongid. *Brain and Language, 5*, 56-71.

Patterson, M. M. (2001). Classical conditioning of spinal reflexes: The first seventy years. En J. E. Steinmetz, M. A.Gluck y P. R. Solomon (eds.), *Model systems and the neurobiology of associative learning.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Patterson, M. M. y Grau, J. W. (Eds.) (2001). *Spinal cord plasticity: Alterations in reflex function.* Boston: Kluwer Academic Publishers.

Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes* (trad. G. V. Anrep). Londres: Oxford University Press.

Pearce, J. M. (1987). A model for stimulus generalization in Pavlovian conditioning. *Psychological Review, 94*, 61-73.

——. (1994). Similarity and discrimination: A selective review and a connectionistic model. *Psychological Review, 101*, 587-607.

——. (2002). Evaluation and development of a connectionist theory of configural learning. *Animal Learning and Behavior, 30*, 73-95.

——. (2009). The 36th Sir Frederick Bartlett Lecture: An associative analysis of spatial learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 62*, 1665-1684.

Pearce, J. M., Esber, G. R. y George, D. N. (2008). The nature of discrimination learning in pigeons. *Learning and Behavior, 36*, 188-199.

Pearce, J. M. y Bouton, M. E. (2001). Theories of associative learning. *Annual Review of Psychology, 52*, 111-139.

Pearce, J. M. y Hall, G. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychological Review, 87*, 532-552.

Pecina, S., Smith, K. S. y Berridge, K. C. (2006). Hedonic hot spots in the brain. *The Neuroscientist, 12*, 500-511.

Pelchat, M. L. y Rozin, P. (1982). The special role of nausea in the acquisition of food dislikes by humans. *Appetite, 3*, 341-351.

Pelloux, Y., Everitt, B. J. y Dickinson, A. (2007). Compulsive drug seeking by rats under punishment: *Effects of drug taking history. Psychopharmacology, 194*, 127-137.

Pepperberg, I. M. (1990). Some cognitive capacities of an African grey parrot (*Psittacus erithacus*). En P. J. B. Slater, J. S. Rosenblatt y C. Beer (eds.), *Advances in the study of behavior* (vol. 19, pp. 357-409). San Diego: Academic Press.

——. (1993). Cognition and communication in an African grey parrot (*Psittacus erithacus*): Studies on a nonhuman, nonprimate, nonmammalian subject. En H. L. Roitblat, L. M. Herman y P. E. Nachtigall (eds.), *Language and communication: Comparative perspectives* (pp. 221-248). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1999). Rethinking syntax: A commentary on E. Kako's "elements of syntax in the systems of three language-trained animals". *Animal Learning and Behavior, 27*, 15-17.

——. (1999). *The Alex studies: Cognitive and communicative abilities of Grey Parrots.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

——. (2010). Vocal learning in Grey parrots: A brief review of perception, production and cross-species comparisons. *Brain and Language, 115*, 81-91.

Perry, D. G. y Parke, R. D. (1975). Punishment and alternative response training as determinants of response inhibition in children. *Genetic Psychology Monographs, 91*, 257-279.

Perry, J. L. y Dess, N. K. (2012). Laboratory animal research ethics: A practical educational approach. En S. J. Knapp (ed.), *APA Handbook of ethics in psychology* (vol. 2: *Practice, teaching and research,* pp. 423-440). Washington, DC: American Psychological Association.

Peters, J., Kalivas, P. W. y Quirk, G. J. (2009). Extinction circuits for fear and addition overlap in prefrontal cortex. *Learning and Memory, 16*, 279-288.

Peterson, C., Maier, S. F. y Seligman, M. E. P. (1993). *Learned helplessness: A theory for the age of personal control.* Nueva York: Oxford University Press.

Peterson, G. B., Ackil, J. E., Frommer, G. P. y Hearst, E. S. (1972). Conditioned approach and contact behavior toward signals for food and brain-stimulation reinforcement. *Science, 177*, 1009-1011.

Peterson, G. B. y Trapold, M. A. (1980). Effects of altering outcome expectancies on pigeons' delayed conditional discrimination performance. *Learning and Motivation, 11*, 267-288.

Pietras, C. J., Brandt, A. E. y Searcy, G. D. (2010). Human responding on random-interval schedules of response-cost punishment: The role of reduced reinforcement density. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 93*, 5-26.

Pilley, J. W. y Reid, A. K. (2011). Border collie comprehends object names as verbal referents. *Behavioural Processes, 86*, 184-195.

Pizzo, M. J. y Crystal, J. D. (2007). Temporal discrimination of alternative days in rats. *Learning and Behavior, 35*, 165-168.

Ploog, B. O. (2001). Effects of primary reinforcement on pigeons' initial-link responding under a concurrent chains schedule with nondifferential terminal links. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 76*, 75-94.

Ploog, B. O. y Zeigler, H. P. (1996). Effects of food-pellet size on rate, latency and topography of auto-shaped key pecks and gapes in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 65*, 21-35.

Podlesnik, C. A. y Shahan, T. A. (2008). Response-reinforcer relations and resistance to change. *Behavioural Processes, 77*, 109-125.

Poling, A., Nickel, M. y Alling, K. (1990). Free birds aren't fat: Weight gain in captured wild pigeons maintained under laboratory conditions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 53*, 423-424.

Polivy, J., Herman, C. P. y Girz, L. (2011). Learning to eat: The influence of food cues on what, when and how much we eat. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and nonhuman applications* (pp. 290-304). Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Postman, L. (1971). Transfer, interference and forgetting. En J. W. Kling y L. A. Riggs (eds.), *Woodworth and Schlosberg's experimental psychology* (3a. ed.). Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.

Prados, J. (2011). Blocking and overshadowing in human geometry learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 37*, 121-126.

Pravosudov, V. V. y Clayton, N. S. (2002). A test of the adaptive specialization hyothesis: Population differences in caching, memory and the hippocampus in black-capped chickadees (*Poecile atricapilla*). *Behavioral Neuroscience, 116*, 515-522.

Premack, D. (1965). Reinforcement theory. En D. Levine (ed.), *Nebraska Symposium on Motivation* (vol. 13, pp. 123-180). Lincoln: University of Nebraska Press.

——. (1971*a*). Catching up with common sense, or two sides of a generalization: Reinforcement and punishment. En R. Glaser (ed.), *The nature of reinforcement.* Nueva York: Academic Press.

——. (1971*b*). Language in chimpanzee? *Science, 172*, 808-822.

——. (1976). *Intelligence in ape and man.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Prescott, T. J., Bryson, J. J. y Seth, A. K. (2007). Modelling natural action selection. *Philosophical Transactions of the Royal Society, 362B*, 1521-1529.

Preston, K. L., Umbricht, A., Wong, C. J. y Epstein, D. H. (2001). Shaping cocaine abstinence by successive approximations. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 69*, 43-654.

Prus, A. (2014). *An introduction to drugs and the neuroscience of behavior.* Belmont, CA: Wadsworth.

Pryce, C. R. *et al.* (2011). Helplessness: A systematic translational review of theory and evidence for its relevance to understanding and treating depression. *Pharmacology and Therapeutics, 132*, 242-267.

Quee, P. J., Eling, P. A. T. M., van der Heijden, F. M. M. A. e Hildebrandt, H. (2011). Working memory in schizophrenia: A systematic study of specific modalities and processes. *Psychiatry Research, 185*, 54-59.

Quirk, G. J. *et al.* (2010). Erasing fear memories with extinction training. *Journal of Neuroscience, 30*, 14993-14997.

Quirk, G. J. y Mueller, D. (2008). Neural mechanisms of extinction learning and retrieval. *Neuropsychopharmacology, 33*, 56-72.

Rachlin, H. (1976). *Behavior and learning.* San Francisco: W. H. Freeman.

——. (2000). *The science of self-control.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

——. (2006). Notes on discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 85*, 425-435.

Rachlin, H. C. y Green, L. (1972). Commitment, choice and self-control. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 17*, 15-22.

Rachlin, H. C. y Herrnstein, R. L. (1969). *Hedonism revisited: On the negative law of effect.* En B. A. Campbell y R. M. Church (eds.), *Punishment and aversive behavior.* Nueva York: Appleton Century-Crofts.

Radke, A. K., Rothwell, P. E. y Gewirtz, J. C. (2011). An anatomical basis for opponent process mechanisms of opiate withdrawal. *Journal of Neuroscience, 31*, 7533-7539.

Raia, C. P., Shillingford, S. W., Miller, H. L., Jr. y Baier, P. S. (2000). *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 74*, 265-281.

Raiff, B. R., Bullock, C. E. y Hackenberg, T. D. (2008). Response cost punishment with pigeons: Further evidence of response suppression via

token loss. *Learning and Behavior, 36*, 29-41.

Randell, T. y Remington, B. (1999). Equivalence relations between visual stimuli: The functional role of naming. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 71*, 395-415.

Randich, A. y LoLordo, V. M. (1979). Associative and non-associative theories of the UCS preexposure phenomenon: Implications for Pavlovian conditioning. *Psychological Bulletin, 86*, 523-548.

Rankin, C. H. *et al.* (2009). Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation. *Neurobiology of Learning and Memory, 92*, 135-138.

Rasmussen, E. B. y Newland, M. C. (2008). Asymmetry of reinforcement and punishment in human choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 89*, 157-167.

Rau, V. y Fanselow, M. S. (2007). Neurobiological and neuroethological perspectives on fear and anxiety. En L. J. Kirmayer, R. Lemelson y M. Barad (eds.), *Understanding trauma: Integrating biological, clinical and cultura perspectives* (pp. 27-40). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Rauhut, A. S., Thomas, B. L. y Ayres, J. J. B. (2001). Treatments that weaken Pavlovian conditioned fear and thwart its renewal in rats: Implications for treating human phobias. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 27*, 99-114.

Rayburn-Reeves, R. y Zentall, T. R. (2009). Animal memory: The contribution of generalization decrement to delayed conditional discrimination retention functions. *Learning and Behavior, 37*, 299-304.

Raymond, J. L., Lisberger, S. G. y Mauk, M. D. (1996). The cerebellum: A neuronal learning machine? *Science, 272*, 1126-1131.

Reberg, D. (1972). Compound tests for excitation in early acquisition and after prolonged extinction of conditioned suppression. *Learning and Motivation, 3*, 246-258.

Reed, D. D., Critchfield, T. S. y Martins, B. K. (2006). The generalized matching law in elite sport competition: Football play calling as operant choice. *Journal of Applied Behavior Analysis, 39*, 281-297.

Reed, P. (2007*a*). Human sensitivity to reinforcement feedback functions. *Psychonomic Bulletin and Review, 14*, 653-657.

——. (2007*b*). Response rate and sensitivity to the molar feedback function relating response and reinforcement rate on VI+ schedules of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 428-439.

Reed, P. y Yoshino, T. (2008). Effect of contingent auditory stimuli on concurrent schedule performance: An alternative punisher to electric shock. *Behavioural Processes, 78*, 421-428.

Reger, M. L. *et al.* (2012). Concussive brain injury enhances fear learning and excitatory processes in the amygdala. *Biological Psychiatry, 71*, 335-343.

Rehfeldt, R. A. (2011). Toward a technology of derived stimulus relations: An analysis of articles published in the *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1992-2009. *Journal of Applied Behavior Analysis, 44*, 109-119.

Reilly, S. y Schachtman, T. R. (Eds.). (2009). *Conditioned taste aversion: Behavioral and neural processes*. Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Repp, A. C. y Singh, N. N. (Eds.). (1990). *Perspectives on the use of nonaversive and aversive interventions for persons with developmental disabilities*. Sycamore, IL: Sycamore.

Rescorla, R. A. (1967*a*). Inhibition of delay in Pavlovian fear conditioning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 64*, 114-120.

——. (1967*b*). Pavlovian conditioning and its proper control procedures. *Psychological Review, 74*, 71-80.

——. (1968). Pavlovian conditioned fear in Sidman avoidance learning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 65*, 55-60.

——. (1969*a*). Conditioned inhibition of fear resulting from negative CS–US contingencies. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 67*, 504-509.

——. (1969*b*). Pavlovian conditioned inhibition. *Psychological Bulletin, 72*, 77-94.

——. (1980). Pavlovian second-order conditioning. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1985). Conditioned inhibition and facilitation. En R. R. Miller y N. E. Spear (eds.), *Information processing in animals: Conditioned inhibition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1986). Extinction of facilitation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 12*, 16-24.

——. (1987). Facilitation and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 13*, 250-259.

——. (1992). Association between an instrumental discriminative stimulus and multiple outcomes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 18*, 95-104.

——. (1993*a*). Inhibitory associations between S and R in extinction. *Animal Learning and Behavior, 21*, 327-336.

——. (1993*b*). Preservation of response-outcome associations through extinction. *Animal Learning and Behavior, 21*, 238-245.

——. (1996*a*). Preservation of Pavlovian associations through extinction. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49B*, 245-258.

——. (1996*b*). Response-outcome associations remain functional through interference treatments. *Animal Learning and Behavior, 24*, 450-458.

——. (1997). Response-inhibition in extinction. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 50B*, 238-252.

——. (1997*a*). Spontaneous recovery after Pavlovian conditioning with multiple outcomes. *Animal Learning and Behavior, 25*, 99-107.

——. (1997*b*). Spontaneous recovery of instrumental discriminative responding. *Animal Learning and Behavior, 27*, 485-497.

——. (1999*a*). Summation and overexpectation with qualitatively different outcomes. *Animal Learning and Behavior, 27*, 50-62.

——. (1999*b*). Within-subject partial reinforcement extinction effect in autoshaping. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 52B*, 75-87.

——. (2000). Extinction can be enhanced by a concurrent excitor. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 26*, 251-260.

——. (2001). Retraining of extinguished Pavlovian stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 27*, 115-124.

——. (2003). Protection from extinction. *Learning and Behavior, 31*, 124-132.

——. (2004*a*). Spontaneous recovery. *Learning and Memory, 11*, 501-509.

——. (2004*b*). Spontaneous recovery varies inversely with the training-extinction

interval. *Learning and Behavior, 32*, 401-408.

——. (2006*a*). Deepened extinction from compound stimulus presentation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 32*, 135-144.

——. (2006*b*). Stimulus generalization of excitation and inhibition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 53-67.

——. (2008). Evaluating conditioning of related and unrelated stimuli using a compound test. *Learning and Behavior, 36*, 67-74.

Rescorla, R. A. y Furrow, D. R. (1977). Stimulus similarity as a determinant of Pavlovian conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 3*, 203-215.

Rescorla, R. A. y Heth, C. D. (1975). Reinstatement of fear to an extinguished conditioned stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 104*, 88-96.

Rescorla, R. A. y Solomon, R. L. (1967). Two-process learning theory: Relationships between Pavlovian conditioning and instrumental learning. *Psychological Review, 74*, 151-182.

Rescorla, R. A. y Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. En A. H. Black y W. F. Prokasy (eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory* (pp. 64-99). Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

Revusky, S. H. y Garcia, J. (1970). Learned associations over long delays. En G. H. Bower y J. T. Spence (eds.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 4). Nueva York: Academic Press.

Reynolds, G. S. (1961). Attention in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 4*, 203-208.

——. (1975). *A primer of operant conditioning*. Glenview, IL: Scott Foresman.

Riccio, D. C., MacArdy, E. A. y Kissinger, S. C. (1991). Associative processes in adaptation to repeated cold exposure in rats. *Behavioral Neuroscience, 105*, 599-602.

Riccio, D. C., Millin, P. M. y Bogart, A. R. (2006). Reconsolidation: A brief history, a retrieval view, and some recent issues. *Learning and Memory, 13*, 536-544.

Riccio, D. C. y Richardson, R. (1984). The status of memory following experimentally induced amnesias: Gone, but not forgotten. *Physiological Psychology, 12*, 59-72.

Ristau, C. A. (Ed.). (1991). *Cognitive ethology*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Robbins, S. J. (1990). Mechanisms underlying spontaneous recovery in autoshaping. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 16*, 235-249.

Roberts, S. (1981). Isolation of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 7*, 242-268.

Roberts, W. A. (1998). *Animal cognition*. Boston: McGraw-Hill.

——. (2002). Are animals stuck in time? *Psychological Bulletin, 128*, 473-489.

——. (2010). "Counting" serially presented stimuli by human and nonhuman primates and pigeons. *Learning and Motivation, 41*, 241-251.

——. (2012). Evidence for future cognition in animals. *Learning and Motivation, 43*, 169-180.

Roberts, W. A. y Grant, D. S. (1976). Studies of short-term memory in the pigeon using the delayed matching to sample procedure. En D. L. Medin, W. A. Roberts y R. T. Davis (eds.), *Processes of animal memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1978). An analysis of light-induced retroactive inhibition in pigeon short term memory. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 4*, 219-236.

Roberts, W. A. y Mazmanian, D. S. (1988). Concept learning at different levels of abstraction by pigeons, monkeys and people. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 14*, 247-260.

Roberts, W. A. y Van Veldhuizen, N. (1985). Spatial memory in pigeons on a radial maze. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*, 241-260.

Robinson, T. E. y Berridge, K. C. (2003). Addiction. *Annual Review of Psychology, 54*, 25-53.

Rodriguez, C. A., Chamizo, V. D. y Mackintosh, N. J. (2011). Overshadowing and blocking between landmark learning and shape learning: The importance of sex differences. *Learning and Behavior, 39*, 324-335.

Roesch, M. R., Esber, G. R., Li, J., Daw, N. D. y Schoenbaum, G. (2012). Surprise! Neural correlates of Pearce-Hall and Rescorla-Wagner coexist within the brain. *European Journal of Neuroscience, 35*, 1190-1200.

Roitblat, H. L. (1980). Codes and coding processes in pigeon short term memory. *Animal Learning and Behavior, 8*, 341-351.

——. (2007). A comparative psychologist looks at language. En D. A. Washburn (ed.), *Primate perspectives on behavior and cognition* (pp. 235-242). Washington, DC: American Psychological Association.

Roitblat, H. L., Harley, H. E. y Helweg, D. A. (1993). Cognitive processing in artificial language research. En H. L. Roitblat, L. M. Herman y P. E. Nachtigall (eds.), Language and communication: Comparative perspectives (pp. 1-23). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Roll, J. M. y Newton, T. (2008). Methamphetamines. En S. T. Higgins, K. Silverman y S. H. Heil (eds.), *Contingency management in substance abuse treatment* (pp. 80-98). Nueva York: Guilford Press.

Romanes, G. J. (1882). *Animal intelligence*. Nueva York: Appleton.

Romaniuk, C. B. y Williams, D. A. (2000). Conditioning across the duration of a backward conditioned stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 26*, 454-461.

Roane, H. S., Kelley, M. E., Trosclair, N. M. y Hauer, L. S. (2004). Behavioral momentum in sports: A partial replication with women's basketball. *Journal of Applied Behavior Analysis, 37*, 385-390.

Roper, K. L., Chaponis, D. M. y Blaisdell, A. P. (2005). Transfer of directed forgetting cues across discrimination tasks with pigeons. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*, 1005-1010.

Roper, K. L., Kaiser, D. H. y Zentall, T. R. (1995). True directed forgetting in pigeons may occur only when alternative working memory is required on forget-cue trials. *Animal Learning and Behavior, 23*, 280-285.

Rosellini, R. A. y DeCola, J. P. (1981). Inescapable shock interferes with the acquisition of a low-activity response in an appetitive context. *Animal Learning and Behavior, 9*, 487-490.

Ross, C. y Neuringer, A. (2002). Reinforcement of variations and repetitions along three independent response dimensions. *Behavioural Processes, 57*, 199-209.

Ross, R. T. y Holland, P. C. (1981). Conditioning of simultaneous and serial feature-positive discriminations. *Animal Learning and Behavior, 9*, 293-303.

Routtenberg, A. (2008). The substrate for long-lasting memory: If not protein synthesis, then what? *Neurobiology of Learning and Memory, 89*, 225-233.

Rovee-Collier, C. y Barr, R. (2008). Infant learning and memory. En B. J. Gavin y A. Fogel (eds.), *Blackwell handbook of infant development* (pp. 139-168). Oxford: Blackwell.

Rovee-Collier, C. y Giles, A. (2010). Why a neuromaturational model of memory fails: Exuberant learning in early infancy. *Behavioural Processes, 83*, 197-206.

Rudy, J. W. (2008*a*). Is there a baby in the bathwater? Maybe: Some methodological issues for the de novo protein synthesis hypothesis. *Neurobiology of Learning and Memory, 89*, 219-224.

——. (2008*b*). *The neurobiology of learning and memory*. Sunderland, Mass: Sinauer Associates.

——. (2009). Context representations, context functions and the parahippocampal-hippocampal system. *Learning and Memory, 16*, 573-584.

Rumbaugh, D. M. (Ed.). (1977). *Language learning by a chimpanzee: The Lana project*. Nueva York: Academic Press.

Russell, M. S. y Burch, R. L. (1959). *The principles of humane experimental technique*. Londres: Methuen.

Russell, W. R. y Nathan, P. W. (1946). *Traumatic amnesia. Brain, 69*, 280-300.

Russella, R. y Kirkpatrick, K. (2007). The role of temporal generalization in a temporal discrimination task. *Behavioural Processes, 74*, 115-125.

Saddoris, M., Gallagher, M. y Schoenbaum, G. (2005). Rapid associative encoding in basolateral amygdala depends on connections with orbitofrontal cortex. *Neuron, 46*, 321-331.

Sajwaj, T., Libet, J. y Agras, S. (1974). Lemon-juice therapy: The control of life-threatening rumination in a sixmonth-old infant. *Journal of Applied Behavior Analysis, 7*, 557-563.

Salwiczek, L. H., Watanabe, A. y Clayton, N. S. (2010). Ten years of research into avian models of episodic-like memory and its implications for developmental and comparative cognition. *Behavioural Brain Research, 215*, 221-234.

Sanabria, F., Sitomer, M. T. y Killeen, P. R. (2006). Negative automaintenance omission training is effective. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 86*, 1-10.

Santi, A., Hoover, C. y Simmons, S. (2011). Rats' memory for time and relational responding in the duration comparison procedure. *Learning and Motivation, 42*, 173-184.

Sargisson, R. J. y White, K. G. (2001). Generalization of delayed matching to sample following training at different delays. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 75*, 1-14.

Savage-Rumbaugh, E. S. (1986). *Ape language*. Nueva York: Columbia University Press.

Savage-Rumbaugh, E. S., McDonald, K., Sevcik, R. A., Hopkins, W. D. y Rubert, E. (1986). Spontaneous symbol acquisition and communicative use by pigmy chimpanzees (*Pan paniscus*). *Journal of Experimental Psychology: General, 115*, 211-235.

Savage-Rumbaugh, E. S., Murphy, J., Sevcik, R. A., Brakke, K. E., Williams, S. L. y Rumbaugh, D. M. (1993). Language comprehension in ape and child. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 58* (Nos. 3-4, serie 233).

Savage-Rumbaugh, E. S., Sevcik, R. A., Brakke, K. E. y Rumbaugh, D. M. (1990). Symbols: Their communicative use, comprehension and combination by bonobos (*Pan paniscus*). En C. Rovee-Collier y L. P. Lipsitt (eds.), *Advances in infancy research* (vol. 6, pp. 221-278). Norwood, NJ: Ablex.

Savage-Rumbaugh, S., Shanker, S. G. y Taylor, T. J. (1998). *Apes, language and the human mind*. Nueva York: Oxford University Press.

Savastano, H. I. y Fantino, E. (1996). Differences in delay, not ratios, control choice in concurrent chains. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 66*, 97-116.

——. (1994). Human choice in concurrent ratio-interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 61*, 453-463.

Savastano, H. I. y Miller, R. R. (1998). Time as content in Pavlovian conditioning. *Behavioural Processes, 44*, 147-162.

Sawa, K., Nakajima, S. e Imada, H. (1999). Facilitation of sodium aversion learning in sodium-deprived rats. *Learning and Motivation, 30*, 281-295.

Scalera, G. (2002). Effects of conditioned food aversions on nutritional behavior in humans. *Nutritional Neuroscience, 5*, 159-188.

Scalera, G. y Bavieri, M. (2009). Role of conditioned taste aversion on the side effects of chemotherapy in cancer patients. En S. Reilly y T. R. Schachtman (eds.), *Conditioned taste aversion: Behavioral and neural processes* (pp. 513-541). Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Scarf, D. y Colombo, M. (2010). Representation of serial order in pigeons (*Columba livia*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 36*, 423-429.

Scavio, M. J., *Jr.* y Gormezano, I. (1974). CS intensity effects on rabbit nictitating membrane conditioning, extinction and generalization. *Pavlovian Journal of Biological Science, 9*, 25-34.

Schaal, D. W. (2013). Behavioral neuroscience. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 1: *Methods and principles*, pp. 339-360). Washington, DC: American Psychological Association.

Schachter, D. L. *et al.* (2012). The future of memory: Remembering, imagining and the brain. *Neuron, 76*, 677-694.

Schachter, D. L. y Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? En D. L. Schachter y E. Tulving (eds.), *Memory systems 1994* (pp. 1-38). Cambridge, MA: MIT Press.

Schachtman, T. R., Brown, A. M. y Miller, R. R. (1985). Reinstatement-induced recovery of a taste-LiCl association following extinction. *Animal Learning and Behavior, 13*, 223-227.

Schachtman, T. R., Walker, J. y Fowler, S. (2011). Effects of conditioning in advertising. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 481-506). Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Schachtman, T. R. y Reilly, S. (Eds.). (2011). *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications*. Oxford/Nueva York: Oxford University Press.

Schafe, G. E. y LeDoux, J. E. (2000). Memory consolidation of auditory Pavlovian fear conditioning requires protein synthesis and protein kinase A in the amygdala. *Journal of Neuroscience, 20*, RC96, 1-5.

Schiff, R., Smith, N. y Prochaska, J. (1972). Extinction of avoidance in rats as a function of duration and number of blocked trials. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 81*, 356-359.

Schiller, D., Monfils, M. H., Raio, C. M., Johnson, D. C., LeDoux, J. E. y Phelps, E. A. (2010). Preventing the return of fear in humans using reconsolidation update mechanisms. *Nature, 463*, 49-54.

Schindler, C. W. y Weiss, S. J. (1982). The influence of positive and negative reinforcement on selective attention in the rat. *Learning and Motivation, 13*, 304-323.

Schlinger, H., Blakely, E. y Kaczor, T. (1990). Pausing under variable ratio schedules: Interaction of reinforcer magnitude, variable-ratio size and lowest ratio. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 53*, 133-139.

Schlosberg, H. (1934). Conditioned responses in the white rat. *Journal of Genetic Psychology, 45*, 303-335.

——. (1936). Conditioned responses in the white rat: II. Conditioned responses based upon shock to the foreleg. *Journal of Genetic Psychology, 49*, 107-138.

Schmajuk, N. A. (2010). *Mechanisms in classical conditioning: A computational approach*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Schmajuk, N. A. y Holland, P. C. (Eds.). (1998). *Occasion setting: Associative learning and cognition in animals*. Washington, DC: American Psychological Association.

Schmidt, N. B., Anthony, R. J., Maner, J. K. y Woolaway-Bickel, K. (2006). Differential effects of safety in extinction of anxious responding to a $CO_2$ challenge in patients with panic disorder. *Journal of Abnormal Psychology, 115*, 341-350.

Schneider, A. M. y Sherman, W. (1968). Amnesia: A function of the temporal relation of footshock to electroconvulsive shock. *Science, 159*, 219-221.

Schneiderman, N. y Gormezano, I. (1964). Conditioning of the nictitating membrane of the rabbit as a function of CS–US interval. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 57*, 188-195.

Schner, G. y Thelen, E. (2006). Using dynamic field theory to rethink infant habituation. *Psychological Review, 113*, 273-299.

Schreibman, L., Koegel, R. L., Charlop, M. H. y Egel, A. L. (1990). Infantile autism. En A. S. Bellack, M. Hersen y A. E. Kazdin (eds.), *International handbook of behavior modification and therapy* (pp. 763-789). Nueva York: Plenum.

Schreurs, B. G. (1998). Long-term memory and extinction of rabbit nictitating membrane trace conditioning. *Learning and Motivation, 29*, 68-82.

Schroers, M., Prigot, J. y Fagen, J. (2007). The effect of a salient odor context on memory retrieval in young infants. *Infant Behavior and Development, 30*, 685-689.

Schultz, W. (2006). Behavioral theories and the neurophysiology of reward. *Annual Review of Psychology, 57*, 87-115.

——. (2007). Multiple dopamine functions at different time courses. *Annual Review of Neuroscience, 30*, 259-288.

Schultz, W., Dayan, P. y Montaque, P. R. (1997). A neural substrate of prediction and reward. *Science, 275*, 1593-1599.

Schuster, R. H. y Rachlin, H. (1968). Indifference between punishment and free shock: Evidence for the negative law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 11*, 777-786.

Schusterman, R. J. y Gisiner, R. (1988). Artificial language comprehension in dolphins and sea lions: The essential cognitive skills. *Psychological Record, 38*, 311-348.

Schwartz, B. (1988). The experimental synthesis of behavior: Reinforcement, behavioral stereotypy and problem solving. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 22, pp. 93-138). Orlando, FL: Academic Press.

Schweitzer, J. B. y Sulzer-Azaroff, B. (1988). Self-control: Teaching tolerance for delay in impulsive children. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 50*, 173-186.

Seligman, M. E. P. y Johnston, J. C. (1973). A cognitive theory of avoidance learning. En F. J. McGuigan y D. B. Lumsden (eds.), *Contemporary approaches to conditioning and learning* (pp. 69-110). Washington, DC: Winston.

Seligman, M. E. P. y Maier, S. F. (1967). Failure to escape traumatic shock. *Journal of Experimental Psychology, 74*, 1-9.

Sevenster, P. (1973). Incompatibility of response and reward. En R. A. Hinde y J. Stevenson-Hinde (eds.), *Constraints on learning* (pp. 265-284). Londres: Academic Press.

Sharma, S., Rakoczy, S. y Brown-Borg, H. (2010). Assessment of spatial memory in mice. *Life Sciences, 87*, 521-536.

Sheffield, F. D., Roby, T. B. y Campbell, B. A. (1954). Drive reduction versus consummatory behavior as determinants of reinforcement. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 47*, 349-354.

Sherry, D. F. (1984). Food storage by blackcapped chickadees: Memory for the location and contents of caches. *Animal Behaviour, 32*, 451-464.

——. (1985). Food storage by birds and mammals. *Advances in the Study of Behavior, 15*, 153-188.

Sherry, D. F., Krebs, J. R. y Cowie, R. J. (1981). Memory for the location of stored food in marsh tits. *Animal Behaviour, 29*, 1260-1266.

Shettleworth, S. J. (1975). Reinforcement and the organization of behavior in golden hamsters: Hunger, environment and food reinforcement. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 1*, 56-87.

——. (2010). *Cognition, evolution and behavior* (2a. ed.). Nueva York: Oxford University Press.

Shettleworth, S. J. y Krebs, J. R. (1986). Stored and encountered seeds: A comparison of two spatial memory tasks in marsh tits and chickadees. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 12*, 248-257.

Shettleworth, S. J. y Sutton, J. E. (2005). Multiple systems for spatial learning: Dead reckoning and beacon homing in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 31*, 125-141.

Shimp, C. P. (1969). Optimum behavior in free-operant experiments. *Psychological Review, 76*, 97-112.

Shimp, C. P., Herbranson, W. T., Fremouw, T. y Froehlich, A. L. (2006). Rule learning, memorization strategies, switching attention between local and global levels of perception and optimality in avian visual categorization. En E. A.Wasserman y T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition* (pp. 388-404). Oxford, UK: Oxford University Press.

Shors, T. J. (2006). Stressful experience and learning across the lifespan. *Annual Review of Psychology, 57*, 55-85.

Shuwairi, S. M., Albert, M. K. y Johnson, S. P. (2007). Discrimination of possible and impossible objects in infancy. *Psychological Science, 18*, 303-307.

Sidman, M. (1953*a*). Avoidance conditioning with brief shock and no exteroceptive warning signal. *Science, 118*, 157-158.

——. (1953*b*). Two temporal parameters of the maintenance of avoidance behavior by the white rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 46*, 253-261.

——. (1960). *Tactics of scientific research.* Nueva York: Basic Books.

——. (1966). Avoidance behavior. En W. K. Honig (ed.), *Operant behavior.* Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

——. (1994). *Equivalence relations and behavior: A research story.* Boston: Authors Cooperative.

——. (2000). Equivalence relations and the reinforcement contingency. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 74*, 127-146.

Sidman, M. y Tailby, W. (1982). Conditional discrimination vs. matching to sample: An expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 37*, 5-22.

Siegel, S. (1984). Pavlovian conditioning and heroin overdose: Reports by overdose victims. *Bulletin of the Psychonomic Society, 22*, 428-430.

——. (1999). Drug anticipation and drug addiction. The 1998 H. David Archibald lecture. *Addiction, 94*, 1113-1124.

——. (2005). Drug tolerance, drug addiction and drug anticipation. *Current Directions in Psychological Science, 14*, 296-300.

——. (2008). Learning and the wisdom of the body. *Learning and Behavior, 36*, 242-252.

Siegel, S., Baptista, M. A. S., Kim, J. A., McDonald, R. V. y Weise Kelly, L. (2000). Pavlovian psychopharmacology: The associative basis of tolerance. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 8*, 276-293.

Siegel, S., Hinson, R. E., Krank, M. D. y McCully, J. (1982). Heroin "overdose" death: Contribution of drug associated environmental cues. *Science, 216*, 436-437.

Siegel, S. y Allen, L. G. (1996). The widespread influence of the Rescorla-Wagner model. *Psychonomic Bulletin and Review, 3*, 314-321.

Siegel, S. y Domjan, M. (1971). Backward conditioning as an inhibitory procedure. *Learning and Motivation, 2*, 1-11.

Sigmundi, R. A. (1997). Performance rules for problem-specific defense reactions. En M. E. Bouton y M. S. Fanselow (eds.), *Learning, motivation and cognition* (pp. 305-319). Washington, DC: American Psychological Association.

Sigmundi, R. A. y Bolles, R. C. (1983). CS modality, context conditioning and conditioned freezing. *Animal Learning and Behavior, 11*, 205-212.

Sigurdsson, T., Doyere, V., Cain, C. K. y LeDoux, J. E. (2007). Long-term potentiation in the amygdala: A cellular mechanism of fear learning and memory. *Neuropharmacology, 52*, 215-227.

Silberberg, A., Warren-Boulton, F. R. y Asano, T. (1987). Inferior good and Giffen-good effects in monkey choice behavior. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 13*, 292-301.

Silva, A. J. y Giese, K. P. (1998). Gene targeting: A novel window into the biology of learning and memory. En J. L. Martinez y R. P. Kesner (eds.), *Neurobiology of learning and memory* (pp. 89-142). San Diego: Academic Press.

Silva, K. M. y Timberlake, W. (1997). A behavior systems view of conditioned states during long and short CS–US intervals. *Learning and Motivation, 28*, 465-490.

——. (1998). The organization and temporal properties of appetitive behavior in rats. *Animal Learning and Behavior, 26*, 182-195.

——. (2005). A behavior systems view of the organization of multiple responses during a partially or continuously reinforced interfood clock. *Learning and Behavior, 33*, 99-110.

Silver, R., Balsam, P. D., Butler, M. P. y LeSauter, J. (2011). Food anticipation depends on oscillators and memories in both body and brain. *Physiology and Behavior, 104*, 562-571.

Simons, R. C. (1996). *Boo! Culture, experience and the startle reflex.* Nueva York: Oxford University Press.

Singh, N. N. y Solman, R. T. (1990). A stimulus control analysis of the picture word problem in children who are mentally retarded: The blocking effect. *Journal of Applied Behavior Analysis, 23*, 525-532.

Sissons, H. T. y Miller, R. R. (2009). Overexpectation and trial massing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 35*, 186-196.

Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms.* Nueva York: Appleton-Century-Crofts.

——. (1948). "Superstition" in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology, 38*, 168-172.

——. (1953). *Science and human behavior.* Nueva York: Macmillan.

Slamecka, N. J. y Ceraso, J. (1960). Retroactive and proactive inhibition of verbal learning. *Psychological Bulletin, 57*, 449-475.

Small, W. S. (1899). An experimental study of the mental processes of the rat: 1. *American Journal of Psychology, 11*, 133-164.

——. (1900). An experimental study of the mental processes of the rat: 11. *American Journal of Psychology, 12*, 206-239.

Smeets, P. M. y Barnes-Holmes, D. (2005). Establishing equivalence classes in preschool children with one-to-many and many-to-one training protocols. *Behavioural Processes, 69*, 281-293.

Smith, C. N., Clark, R. E., Manns, J. R. y Squire, L. R. (2005). Acquisition of differential delay eyeblink classical conditioning is independent of awareness. *Behavioral Neuroscience, 119*, 78-86.

Smith, J. C. y Roll, D. L. (1967). Trace conditioning with X-rays as an aversive stimulus. *Psychonomic Science, 9*, 11-12.

Smith, M. C., Coleman, S. R. y Gormezano, I. (1969). Classical conditioning of the rabbit's nictitating membrane response at backward, simultaneous and forward CS–US intervals. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 69*, 226-231.

Smith, M. T., Perlis, M. L., Park, A., Smith, M. S., Pennington, J., Giles, D. E.

*et al.* (2002). Comparative meta-analysis of pharmacotherapy and behavior therapy for persistent insomnia. *American Journal of Psychiatry, 159*, 5-11.

Solomon, R. L., Kamin, L. J. y Wynne, L. C. (1953). Traumatic avoidance learning: The outcomes of several extinction procedures with dogs. *Journal of Abnormal and Social Psychology, 48*, 291-302.

Solomon, R. L. y Corbit, J. D. (1974). An opponent-process theory of motivation: I. The temporal dynamics of affect. *Psychological Review, 81*, 119-145.

Solomon, R. L. y Wynne, L. C. (1953). Traumatic avoidance learning: Acquisition in normal dogs. *Psychological Monographs, 125* (No. 354, completo).

Soto, F. A. y Wasserman, E. A. (2010). Error-driven learning in visual categorization and object recognition: A common-elements model. *Psychological Review, 117*, 349-381.

——. (2012*a*). A category-overshadowing effect in pigeons: Support for the common elements model of object categorization learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 38*, 322-328.

——. (2012*b*). Visual object categorization in birds and primates: Integrating behavioral, neurobiological and computational evidence within a "general process" framework. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience, 12*, 220-240.

Spear, N. E. y Riccio, D. C. (1994). *Memory: Phenomena and principles*. Boston: Allyn and Bacon.

Spence, K. W. (1936). The nature of discrimination learning in animals. *Psychological Review, 43*, 427-449.

——. (1937). The differential response in animals to stimuli varying within a single dimension. *Psychological Review, 44*, 430-444.

——. (1956). *Behavior theory and conditioning*. New Haven, CT: Yale University Press.

Spetch, M. L. (1987). Systematic errors in pigeons' memory for event duration: Interaction between training and test delays. *Animal Learning and Behavior, 15*, 1-5.

Spetch, M. L., Cheng, K. y Clifford, C. W. G. (2004). Peak shift but not range effects in recognition of faces. *Learning and Motivation, 35*, 221-241.

Spetch, M. L., Wilkie, D. M. y Pinel, J. P. J. (1981). Backward conditioning: A reevaluation of the empirical evidence. *Psychological Bulletin, 89*, 163-175.

Spetch, M. L., Wilkie, D. M. y Skelton, R. W. (1981). Control of pigeons' keypecking topography by a schedule of alternating food and water reward. *Animal Learning and Behavior, 9*, 223-229.

Spetch, M. L. y Kelly, D. M. (2006). Comparative spatial cognition: Processes in landmark and surface based place finding. En E. A. Wasserman y T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition* (pp. 210-228). Oxford, UK: Oxford University Press.

Spiga, R. (2006). "Using behavioral economics to understand reinforcer interactions: Human methadone, hydromorphone and valium self administration". Documento presentado en el Simposio sobre Economía Conductual y Drogas, 32 Convención Anual de la Asociación de Análsis Conductual, Atlanta, GA.

Spiga, R. *et al.* (2005). Methadone and nicotine self-administration in humans: A behavioral economic analysis. *Psychopharmacology, 178*, 223-231.

Spoormaker, V. I., Andrade, K. C., Schrter, M. S., Sturm, A., Goya Maldonado, R., Smann, P. G. *et al.* (2011). The neural correlates of negative prediction error signaling in human fear conditioning. *Neuroimage, 54*, 2250-2256.

Spradlin, J. E. (2002). Punishment: A primary process? *Journal of Applied Behavior Analysis, 35*, 457-477.

Squire, L. R. (2006). Lost forever or temporarily misplaced? The long debate about the nature of memory impairment. *Learning and Memory, 13*, 522-529.

Squire, L. R. *et al.* (Eds.). (2003). *Fundamental Neuroscience* (2a. ed.) San Diego, CA: Academic Press.

Squire, L. R. y Wixted, J. T. (2011). The cognitive neuroscience of human memory since H. M. *Annual Review of Neuroscience, 34*, 258-288.

Staddon, J. E. R. (2001). *The new behaviorism: Mind, mechanism and society*. Philadelphia: Taylor Fracis, Psychology Press.

——. (1983/2003). *Adaptive behavior and learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

——. (1988). Quasidynamic choice models: Melioration and ratio invariance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 49*, 303-320.

——. (2001). *Adaptive dynamics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Staddon, J. E. R. y Cerutti, D. T. (2003). Operant conditioning. *Annual Review of Psychology, 54*, 115-144.

Staddon, J. E. R. y Simmelhag, V. L. (1971). The "superstition" experiment: A reexamination of its implications for the principles of adaptive behavior. *Psychological Review, 78*, 3-43.

Stafford, D. y Branch, M. N. (1998). Effects of step size and break point criterion on progressive-ratio performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 70*, 123-138.

Stafford, J. M. y Lattal, K. M. (2011). Is an epigenetic switch the key to persistent extinction? *Neurobiology of Learning and Memory, 96*, 35-40.

Stahlman, W. D., Roberts, S. y Blaisdell, A. P. (2010). Effect of reward probability on spatial and temporal variation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 36*, 77-91.

Stahlman, W. D. y Blaisdell, A. P. (2011). The modulation of operant variation by the probability, magnitude and delay of reinforcement. *Learning and Motivation, 42*, 221-236.

Stahlman, W. D., Young, M. E. y Blaisdell, A. P. (2010). Response variability in pigeons in a Pavlovian task. *Learning and Behavior, 38*, 111-118.

Stasiak, M. y Masterton, R. B. (1996). Auditory quality cues are more effective than auditory location cues in a R-no R (go-no go) differentiation: The extension of the rule to primitive mammals (*American opposum Didelphis virginiana*). *Acta Neurobiologica Experimentalis, 56*, 949-953.

Steel, P. (2007). The nature of procrastination: A meta-analysis and theoretical review of quintessential self-regulatory failure. *Psychological Bulletin, 133*, 65-94.

Steinert, P., Fallon, D. y Wallace, J. (1976). Matching to sample in goldfish (*Carassuis auratus*). *Bulletin of the Psychonomic Society, 8*, 265.

Steinmetz, J. E., Gluck, M. A. y Solomon, P. R. (2001). *Model systems and the*

*neurobiology of associative learning: A festschrift in honor of Richard F. Thompson*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Steinmetz, J. E., Tracy, J. A. y Green, J. T. (2001). Classical eyeblink conditioning: Clinical models and applications. *Integrative Physiological and Behavioral Science, 36,* 220-238.

Stevens, S. S. (1951). Mathematics, measurement and psychophysics. En S. S. Stevens (ed.), *Handbook of experimental psychology* (pp. 1-49). Nueva York: Wiley.

Stewart, J. y Wise, R. A. (1992). Reinstatement of heroin self administration habits: Morphine prompts and naltrexone discourages renewed responding after extinction. *Psychopharmacology, 108,* 79-84.

Stokes, P. D. (2006). *Creativity from constraints*. Nueva York: Springer.

Stokes, P. D., Mechner, F. y Balsam, P. D. (1999). Effects of different acquisition procedures on response variability. *Animal Learning and Behavior, 27,* 28-41.

Stokes, T. F. y Baer, D. M. (1977). An implicit technology of generalization. *Journal of Applied Behavior Analysis, 10,* 349-367.

Stolerman, I. P., Childs, E., Ford, M. M. y Grant, K. A. (2011). Role of training dose in drug discrimination: A review. *Behavioural Pharmacology, 22,* 415-429.

Storsve, A. B., McNally, G. P. y Richardson, R. (2012). Renewal and reinstatement of the conditioned but not the unconditioned response following habituation of the unconditioned stimulus. *Behavioural Processes, 90,* 58-65.

Stote, D. L. y Fanselow, M. S. (2004). NMDA receptor modulation of incidental learning in Pavlovian context conditioning. *Behavioral Neuroscience, 118,* 253-257.

Stout, S., Escobar, M. y Miller, R. R. (2004). Trial number and compound stimuli temporal relationships as joint determinants of second-order conditioning and conditioned inhibition. *Learning and Behavior, 32,* 230-239.

Stout, S. C. y Miller, R. R. (2007, corrección publicada en 2008, *Psychological Review, 115,* 82.). Sometimes competing retrieval (SOCR): A formalization of the comparator hypothesis. *Psychological Review, 114,* 759-783.

Suarez, S. D. y Gallup, G. G. (1981). An ethological analysis of open-field behavior in rats and mice. *Learning and Motivation, 12,* 342-363.

Sumpter, C. E., Temple, W. y Foster, T. M. (1998). Response form, force and number: Effects on concurrent schedule performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 70,* 45-68.

Sundberg, M. L. (1996). Toward granting linguistic competence to apes: A review of Savage Rumbaugh *et al* language comprehension in ape and child. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 65,* 477-492.

Sunsay, C. y Bouton, M. E. (2008). Analysis of the trial-spacing effect with relatively long intertrial intervals. *Learning and Behavior, 36,* 104-115.

Suss, C., Gaylord, S. y Fagen, J. (2012). Odor as a contextual cue in memory reactivation in young infants. *Infant Behavior and Development, 35,* 580-583.

Sutherland, A. (2008). *What Shamu taught me about life, love and marriage.* Nueva York: Random House.

Sutton, R. S. y Barto, A. G. (1998). *Reinforcement learning: An Introduction*. Cambridge, Mass: MIT Press.

Suzuki, S., Augerinos, G. y Black, A. H. (1980). Stimulus control of spatial behavior on the eight-arm maze in rats. *Learning and Motivation, 11,* 1-18.

Svartdal, F. (2000). Persistence during extinction: Conventional and reversed PREE under multiple schedules. *Learning and Motivation, 31,* 21-40.

Swartzentruber, D. (1995). Modulatory mechanisms in Pavlovian conditioning. *Animal Learning and Behavior, 23,* 123-143.

——. (1997). Modulation by the stimulus properties of excitation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 23,* 434-440.

Swearingen, J. E. y Buhusi, C. V. (2010). The pattern of responding in the peak-interval procedure with gaps: An individual-trials analysis. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 36,* 443-455.

Taglialatela, J. P., Savage-Rumbaugh, S. y Baker, L. A. (2003). Vocal production by a language competent *Pan paniscus*. *International Journal of Primatology, 24,* 1-15.

Tait, R. W. y Saladin, M. E. (1986). Concurrent development of excitatory and inhibitory associations during backward conditioning. *Animal Learning and Behavior, 14,* 133-137.

Takeuchi, S. A. (2006). On the matching phenomenon in courtship: A probability matching theory of mate selection. *Marriage and Family Review, 40,* 25-51.

Tang, Y.-P., Shimizu, E., Dube, G. R., Rampon, C., Kerchner, G. A., Zhuo, M. *et al.* (1999). Genetic enhancement of learning and memory in mice. *Nature, 401,* 63-69.

Tanno, T. y Sakagami, T. (2008). On the primacy of molecular processes in determining response rates under variable-ratio and variable-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 89,* 5-14.

Taylor, K. M., Joseph, V. T., Balsam, P. D. y Bitterman, M. E. (2008). Target-absent controls in blocking experiments with rats. *Learning and Behavior, 36,* 145-148.

Taylor, S. E., Klein, L. C., Lewis, B. P., Gruenewald, T. L., Gurung, R. A. R. y Updegraff, J. A. (2000). Biobehavioral responses to stress in females: Tendand-befriend, not fight-or-flight. *Psychological Review, 107,* 411-429.

Terrace, H. (2012). The comparative psychology of ordinal knowledge. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), The Oxford handbook of comparative cognition (pp. 615-551). Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

Terrace, H. S. (1979). *Nim.* Nueva York: Knopf.

Terrace, H. S., Petitto, L. A., Sanders, R. J. y Bever, T. G. (1979). Can an ape create a sentence? *Science, 206,* 891-1201.

Terrace, H. S., Son, L. K. y Brannon, E. M. (2003). Serial expertise of *rhesus macaques*. *Psychological Science, 14,* 66-73.

Theios, J. (1962). The partial reinforcement effect sustained through blocks of continuous reinforcement. *Journal of Experimental Psychology, 64,* 1-6.

Theios, J. y Brelsford, J. (1964). Overlearning-extinction effect as an incentive phenomena. *Journal of Experimental Psychology, 67,* 463-467.

Thomas, B. L., Vurbic, D. y Novak, C. (2009). Extensive extinction in multiple contexts eliminates the

renewal of conditioned fear in rats. *Learning and Motivation, 40*, 147-159.

Thomas, B. L. y Ayres, J. J. B. (2004). Use of the ABA fear renewal paradigm to assess the effects of extinction with co-present fear inhibitors or excitors: Implications for theories of extinction and for treating human fears and phobias. *Learning and Motivation, 35*, 22-52.

Thomas, D. R. (1993). A model for adaptation-level effects on stimulus generalization. *Psychological Review, 100*, 658-673.

Thomas, D. R., McKelvie, A. R. y Mah, W. L. (1985). Context as a conditional cue in operant discrimination reversal learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 11*, 317-330.

Thomas, G. V. y Lieberman, D. A. (1990). Commentary: Determinants of success and failure in experiments on marking. *Learning and Motivation, 21*, 110-124.

Thompson, R. F. (1986). The neurobiology of learning and memory. *Science, 233*, 941-947.

——. (1993). *The brain: A neuroscience primer*. W. H. Freeman: Nueva York.

——. (2005). In search of memory traces. *Annual Review of Psychology, 56*, 1-23.

——. (2009). Habituation: A history. *Neurobiology of Learning and Memory, 92*, 127-134.

Thompson, R. F., Groves, P. M., Teyler, T. J. y Roemer, R. A. (1973). A dual-process theory of habituation: Theory and behavior. En H. V. S. Peeke y M. J. Herz (eds.), *Habituation*. Nueva York: Academic Press.

Thompson, R. F. y Spencer, W. A. (1966). Habituation: A model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior. *Psychological Review, 73*, 16-43.

Thompson, R. H., Iwata, B. A., Conners, J. y Roscoe, E. M. (1999). Effects of reinforcement for alternative behavior during punishment of self-injury. *Journal of Applied Behavior Analysis, 32*, 317-328.

Thomsen, M., Lindsley, C. W., Conn, P. J., Wessell, J. W., Fulton, B. S., Wess, J. *et al.* (2011). Contribution of both M1 and M4 receptors to muscarinic agonist-mediated attenuation of the cocaine discriminative stimulus in mice. *Psychopharmacology, 220*(4), 673-685.

Thorndike, E. L. (1898). Animal intelligence: An experimental study of the association processes in animals. *Psychological Review Monograph, 2* (No. 8, completo).

——. (1911). *Animal intelligence: Experimental studies*. Nueva York: Macmillan.

——. (1932). *The fundamentals of learning*. Nueva York: Teachers College, Columbia University.

Timberlake, W. (1980). A molar equilibrium theory of learned performance. En G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 14). Nueva York: Academic Press.

——. (1983). Rats' responses to a moving object related to food or water: A behavior-systems analysis. *Animal Learning and Behavior, 11*, 309-320.

——. (1990). Natural learning in laboratory paradigms. En D. A. Dewsbury (ed.), *Contemporary issues in comparative psychology* (pp. 31-54). Sunderland, MA: Sinauer.

——. (1995). Reconceptualizing reinforcement: A causal system approach to reinforcement and behavior change. En W. O'Donohue y L. Krasner (eds.), *Theories of behavior therapy* (pp. 59-96). Washington, DC: American Psychological Association.

——. (2001). Motivational modes in behavior systems. En R. R. Mowrer y S. B. Klein (eds.), *Handbook of contemporary learning theories* (pp. 155-209). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Timberlake, W., Leffel, J. y Hoffman, C. M. (1999). Stimulus control and function of arm and wall travel by rats on a radial arm floor maze. *Animal Learning and Behavior, 27*, 445-460.

Timberlake, W., Sinning, S. A. y Leffel, J. K. (2007). Beacon training in a water maze can facilitate and compete with subsequent room cue learning in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 33*, 225-243.

Timberlake, W., Wahl, G. y King, D. (1982). Stimulus and response contingencies in the misbehavior of rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 8*, 62-85.

Timberlake, W. y Allison, J. (1974). Response deprivation: An empirical approach to instrumental performance. *Psychological Review, 81*, 146-164.

Timberlake, W. y Farmer Dougan, V. A. (1991). Reinforcement in applied settings: Figuring out ahead of time what will work. *Psychological Bulletin, 110*, 379-391.

Timberlake, W. y Grant, D. S. (1975). Auto-shaping in rats to the presentation of another rat predicting food. *Science, 190*, 690-692.

Timberlake, W. y Lucas, G. A. (1985). The basis of superstitious behavior: Chance contingency, stimulus substitution, or appetitive behavior? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 44*, 279-299.

——. (1989). Behavior systems and learning: From misbehavior to general principles. En S. B. Klein y R. R. Mowrer (eds.), *Contemporary learning theories: Instrumental conditioning and the impact of biological constraints on learning* (pp. 237-275). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Timberlake, W. y White, W. (1990). Winning isn't everything: Rats need only food deprivation and not food reward to efficiently traverse a radial arm maze. *Learning and Motivation, 21*, 153-163.

Tinbergen, N. (1951). *The study of instinct*. Oxford: Oxford University Press, Clarendon Press.

Tinbergen, N. y Perdeck, A. C. (1950). On the stimulus situation releasing the begging response in the newly hatched herring gull chick (*Larus argentatus argentatus Pont*). *Behaviour, 3*, 1-39.

Tindell, A. J., Smith, K. S., Pecina, S., Berridge, K. C. y Aldridge, J. W. (2006). Ventral pallidum firing codes hedonic reward: When a bad taste turns good. *Journal of Neurophysiology, 96*, 2399-2409.

Todes, D. P. (1997). From the machine to the ghost within: Pavlov's transition from digestive physiology to conditioned reflexes. *American Psychologist, 52*, 947-955.

Tomie, A., Grimes, K. L. y Pohorecky, L. A. (2008). Behavioral characteristics and neurobiological substrates shared by Pavlovian sign-tracking and drug abuse. *Brain Research Reviews, 58*, 121-135.

Trenholme, I. A. y Baron, A. (1975). Immediate and delayed punishment of human behavior by loss of reinforcement. *Learning and Motivation, 6*, 62-79.

Trosclair-Lasserre, N. M., Lerman, D. C., Call, N. A., Addison, L. R. y Kodak, T. (2008). Reinforcement magnitude: An evaluation of preference and reinforcer efficacy. *Journal of Applied Behavior Analysis, 41*, 203-220.

Tsao, J. C. I. y Craske, M. G. (2000). Timing of treatment and return of fear: Effects of massed, uniform- and expanding-spaced exposure schedules. *Behavior Therapy, 31*, 479-497.

Tsien, J. Z. (2000). Building a brainier mouse. *Scientific American, 282*, 62-69.

Tulving, E. (1983). *Elements of Episodic Memory*. Nueva York: Clarendon Press.

Turati, C., Bulf, H. y Simion, F. (2008). Newborns' face recognition over changes in viewpoint. *Cognition, 106*, 1300-1321.

Turkkan, J. S. (1989). Classical conditioning: The new hegemony. *The Behavioral and Brain Sciences, 12*, 121-179.

Twitmyer, E. B. (1974). A study of the knee jerk. *Journal of Experimental Psychology, 103*, 1047-1066.

Tzschentke, T. M. (2007). Measuring reward with the conditioned place preference (CPP) paradigm: Update of the last decade. *Addictive Biology, 12*, 227-262.

Underwood, B. J. (1957). Interference and forgetting. *Psychological Review, 64*, 49-60.

Üngör, M. y Lachnit, H. (2006). Contextual control in discrimination reversal learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 32*, 441-453.

Urcelay, G. P., Wheeler, D. S. y Miller, R. R. (2009). Spacing extinction trials alleviates renewal and spontaneous recovery. *Learning and Behavior, 37*, 60-73.

Urcelay, G. P. y Miller, R. R. (2008). Retrieval from memory. En R. Menzel (ed.), Learning theory and behavior. vol 1, J. Byrne (ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 53-74). Oxford: Elsevier.

——. (2010). Two roles of the context in Pavlovian fear conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 36*, 268-280.

Urcuioli, P. J. (2005). Behavioral and associative effects of differential outcomes in discrimination learning. *Learning and Behavior, 33*, 1-21.

——. (2006). Responses and acquired equivalence classes. En E. A. Wasserman y T. R. Zentall (eds.), *Comparative cognition* (pp. 405-421). Nueva York: Oxford University Press.

——. (2008). The nature of the response in Simon discriminations by pigeons. *Learning and Behavior, 36*, 200-209.

——. (2013). Stimulus control and stimulus class formation. En G. J. Madden (ed.), *APA Handbook of behavior analysis* (vol. 1: *Methods and principles*, pp. 361-386). Washington, DC: American Psychological Association.

Urcuioli, P. J. y Kasprow, W. J. (1988). Long-delay learning in the T-maze: Effects of marking and delay-interval location. *Learning and Motivation, 19*, 66-86.

Urcuioli, P. J. y Swisher, M. (2012). Emergent identity matching after successive matching training. II: Reflexivity or transitivity. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 97*, 5-27.

Vaesen, K. (2012). The cognitive bases of human tool use. *Behavioral and Brain Sciences, 35*, 203-262.

Vaidyanathan, U., Patrick, C. J. y Cuthbert, B. N. (2009). Linking dimensional models of internalizing psychopathology to neurobiological systems: Affect modulated startle as an indicator of fear and distress disorder and affiliated traits. *Psychological Bulletin, 135*, 909-942.

Van der Kolk, B. A. (2006). Clinical implications of neuroscience research in PTSD. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1071*, 277-293.

Vansteenwegen, D., Dirikx, T., Hermans, D., Vervliet, B. y Eelen, P. (2006). *Renewal and reinstatement of fear: Evidence from human conditioning research*. En M. G. Craske, D. Hermans y D. Vansteenwegen (eds.), *Fear and learning* (pp. 197-215). Washington, DC: American Psychological Association.

Vansteenwegen, D., Vervliet, B., Iberico, C., Baeyens, F., Van den Bergh, O. y Hermans, D. (2007). The repeated confrontation with videotapes of spiders in multiple contexts attenuates renewal of fear in spider-anxious students. *Behaviour Research and Therapy, 45*, 1169-1179.

Vaughan, W., *Jr.* (1981). Melioration, matching and maximizing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 36*, 141-149.

Vicken, R. J. y McFall, R.M. (1994). Paradox lost: Implications of contemporary reinforcement theory for behavior therapy. *Current Directions in Psychological Science, 4*, 121-125.

Visalberghi, E. y Fragaszy, D. (2012). What is challenging about tool use? The capuchin's perspective. En T. R. Zentall y E. A. Wasserman (eds.), *The Oxford handbook of comparative cognition* (pp. 795-817). Nueva York: Oxford University Press.

Vogel, E. H., Castro, M. E. y Saavedra, M. A. (2004). Quantitative models of Pavlovian conditioning. *Brain Research Bulletin, 63*, 173-202.

Volkert, V. M., Lerman, D. C., Call, N. A. y Trosclair-Lasserre, N. (2009). An evaluation of resurgence during treatment with functional communication training. *Journal of Applied Behavior Analysis, 42*, 145-160.

Vollmer, T. R. y Bourret, J. (2000). An application of the matching law to evaluate the allocation of two and three-point shots by college basketball players. *Journal of Applied Behavior Analysis, 33*, 137-150.

Vorndran, C. M. y Lerman, D. C. (2006). Establishing and maintaining treatment effects with less intrusive consequences via a pairing procedure. *Journal of Applied Behavior Analysis, 39*, 35-48.

Vuchinich, R. E. y Tucker, J. A. (2006). Behavioral economic concepts in the analysis of substance abuse. En F. Rotgers, J. Morgenstern y S. T. Walters (eds.), *Treating substance abuse: Theory and technique* (pp. 217-247). Nueva York: Guilford Press.

Wade-Galuska, T., Perone, M. y Wirth, O. (2005). Effects of past and upcoming response-force requirements on fixed-ratio pausing. *Behavioural Processes, 68*, 91-95.

Waddell, J., Morris, R. W. y Bouton, M. E. (2006). Effects of bed nucleus of the stria terminalis lesions conditioned anxiety: Conditioning with long duration conditional stimuli and reinstatement of extinguished fear. *Behavioral Neuroscience, 120*, 324-336.

Wagner, A. R. (1961). Effects of amount and percentage of reinforcement and number of acquisition trials on

conditioning and extinction. *Journal of Experimental Psychology, 62*, 234-242.

——. (1976). Priming in STM: An information processing mechanism for self-generated or retrieval generated depression in performance. En T. J. Tighe y R. N. Leaton (eds.), *Habituation: Perspectives from child development, animal behavior and neurophysiology*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (1981). SOP: A model of automatic memory processing in animal behavior. En N. E. Spear y R. R. Miller (eds.), *Information processing in animals: Memory mechanisms* (pp. 5-47). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

——. (2008*b*). Some observations and remembrances of Kenneth W. Spence. *Learning and Behavior, 36*, 169-173.

Wagner, A. R., Logan, F. A., Haberlandt, K. y Price, T. (1968). Stimulus selection in animal discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology, 76*, 171-180.

Wagner, A. R., Rudy, J. W. y Whitlow, J. W. (1973). Rehearsal in animal conditioning. *Journal of Experimental Psychology, 97*, 407-426.

Wagner, A. R. y Brandon, S. E. (2001). A componential theory of Pavlovian conditioning. En R. R. Mowrer y S. B. Klein (eds.), *Handbook of contemporary learning theories* (pp. 23-64). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Wagner, A. R. y Rescorla, R. A. (1972). *Inhibition in Pavlovian conditioning: Application of a theory*. En R. A. Boakes y M. S. Halliday (eds.), *Inhibition and learning*. Londres: Academic Press.

Walters, E. T. (1994). Injury related behavior and neuronal plasticity: An evolutionary perspective on sensitization, hyperalgesia and analgesia. *International Review of Neurobiology, 36*, 325-427.

Wang, S. H. y Morris, R. G. (2010). Hippocampal-neocortical interactions in memory formation, consolidation and reconsolidation. *Annual Review of Psychology, 61*, 49-79.

Ward, R. D., Kellendonk, C., Kandel, E. R. y Balsam, P. D. (2012). Timing as a window on cognition in schizophrenia. *Neuropharmacology, 62*, 1175-1181.

Ward, R. D., Simpson, E. H., Kandel, E. R. y Balsam, P. D. (2011). Modeling motivational deficits in mouse models of schizophrenia: Behavior analysis as a guide for neuroscience. *Behavioural Processes, 87*, 149-156.

Washburn, D. A. (Ed.). (2007). *Primate perspectives on behavior and cognition*. Washington, DC: American Psychological Association.

Wasserman, E. A. (1993). Comparative cognition: Beginning the second century of the study of animal intelligence. *Psychological Bulletin, 113*, 211-228.

Wasserman, E. A. y Castro, L. (2012). Categorical discrimination in humans and animals: All different and yet the same? *Psychology of Learning and Motivation, 56*, 145-184.

Watanabe, S., Sakamoto, J. y Wakita, M. (1995). Pigeons' discrimination of paintings by Monet and Picasso. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 63*, 165-174.

Watson, J. B. y Rayner, R. (1920). Conditioned emotional reactions. *Journal of Experimental Psychology, 3*, 1-14. Reimpreso en 2000 por la *American Psychologist, 55*, 313-317.

Wayman, G. A., Lee, Y.-S., Tokumitsu, H., Silva, A. y Soderling, T. R. (2008). Calmodulin-kinases: Modulators of neuronal development and plasticity. *Neuron, 59*, 914-931.

Wegner, D. M. (2002). *The illusion of conscious will*. Cambridge, Mass: MIT Press.

Weidemann, G. y Kehoe, E. J. (2003). Savings in classical conditioning in the rabbit as a function of extended extinction. *Learning and Behavior, 31*, 49-68.

Weinberger, N. (1965). Effect of detainment on extinction of avoidance responses. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 60*, 135-138.

Weir, A. A. S. y Kacelnik, A. (2006). A New Caledonian crow (*Corvus moneduloides*) creatively re-designs tools by bending or unbending aluminium strips. *Animal Cognition, 9*, 317-334.

Weisman, R. G. y Litner, J. S. (1972). The role of Pavlovian events in avoidance training. En R. A. Boakes y M. S. Halliday (eds.), *Inhibition and learning*. Londres: Academic Press.

Weiss, S. J. (2012). Selective associations. En (ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2983-2987). Nueva York: Springer Science.

Weiss, S. J., Panlilio, L. V. y Schindler, C. W. (1993*a*). Selective associations produced solely with appetitive contingencies: The stimulus-reinforcer interaction revisited. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 59*, 309-322.

——. (1993*b*). Single incentive selective associations produced solely as a function of compound-stimulus conditioning context. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 19*, 284-294.

Wernig, A., Muller, S., Nanassy, A. y Cagol, E. (1995). Laufband therapy based on "rules of spinal locomotion" is effective in spinal cord injured persons. *European Journal of Neuroscience, 7*, 823-829.

Wheeler, D. S., Sherwood, A. y Holland, P. C. (2008). Excitatory and inhibitory learning with absent stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 247-255.

White, K. G. (2001). Forgetting functions. *Animal Learning and Behavior, 29*, 193-207.

——. (2013). Remembering and forgetting. En G. J. Madden (ed.), *Handbook of Behavior Analysis* (vol. 1, pp. 411-437). Washington, DC: American Psychological Association.

White, K. G., Parkinson, A. E., Brown, G. S. y Wixted, J. T. (2004). Local proactive interference in delayed matching to sample: The role of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 30*, 83-95.

White, K. G. y Brown, G. S. (2011). Reversing the signaled magnitude effect in delayed matching to sample: Delay specific remembering? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 96*, 7-15.

Wiers, R. W. y Stacy, A. W. (2006). Implicit cognition and addiction. *Current Directions in Psychological Science, 15*, 292-296.

Wilkie, D. M. y Summers, R. J. (1982). Pigeons' spatial memory: Factors affecting delayed matching of key location. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 37*, 45-56.

Wilkinson, A., Chan, H.-M. y Hall, G. (2007). Spatial learning and memory in the tortoise (*Geochelone carbonaria*). *Journal of Comparative Psychology, 121*, 412-418.

Williams, B. A. (1994). Reinforcement and choice. En N. J. Mackintosh (ed.), *Animal learning and cognition* (pp. 81-108). San Diego: Academic Press.

——. (1991). Marking and bridging versus conditioned reinforcement. *Animal Learning and Behavior, 19*, 264-269.
——. (1999). Associative competition in operant conditioning: Blocking the response-reinforcer association. *Psychonomic Bulletin and Review, 6*, 618-623.
——. (2001). The critical dimensions of the response reinforcer contingency. *Behavioural Processes, 54*, 111-126.
Williams, D. A., Johns, K. W. y Brindas, M. (2008). Timing during inhibitory conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34*, 237-246.
Williams, D. A., Overmier, J. B. y LoLordo, V. M. (1992). A reevaluation of Rescorla's early dictums about Pavlovian conditioned inhibition. *Psychological Bulletin, 111*, 275-290.
Williams, D. A. y Hurlburt, J. L. (2000). Mechanisms of second order conditioning with a backward conditioned stimulus. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 26*, 340-351.
Williams, D. C., Saunders, K. J. y Perone, M. (2011). Extended pausing by humans on multiple fixed-ratio schedules with varied reinforcer magnitude and response requirements. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 95*, 203-220.
Willis, W. D. (2001). Mechanisms of central sensitization of nociceptive dorsal horn neurons. En M. M. Patterson y J. W. Grau (eds.), *Spinal cord plasticity: Alterations in reflex function* (pp. 127-161). Boston: Kluwer Academic Publishers.
Winter, J. y Perkins, C. C. (1982). Immediate reinforcement in delayed reward learning in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 38*, 169-179.
Winterbauer, N. E., Lucke, S. y Bouton, M. E. (2013). Some factors modulating the strength of resurgence after extinction of an instrumental behavior. *Learning and Motivation, 44*, 60-71.
Winterbauer, N. E. y Bouton, M. E. (2011). Mechanisms of resurgence II: Response-contingent reinforcers can reinstate a second extinguished behavior. *Learning and Motivation, 42*, 154-164.
Wise, L. E., Iredale, P. A., Stokes, R. J. y Lichtman, A. H. (2007). Combination of rimonabant and donepezil prolongs spatial memory duration. *Neuropsychopharmacology, 32*, 1805-1812.
Wisniewski, M. G., Church, B. A. y Mercado III, E. (2009). Learning related shifts in generalization gradients for complex sounds. *Learning and Behavior, 37*, 325-335.
Witcher, E. S. y Ayres, J. J. B. (1984). A test of two methods for extinguishing Pavlovian conditioned inhibition. *Animal Learning and Behavior, 12*, 149-156.
Witnauer, J. E. y Miller, R. R. (2011). Some determinants of second order conditioning. *Learning and Behavior, 39*, 12-26.
——. (2012). Associative status of the training context determines the effectiveness of compound extinction. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 38*, 52-65.
Wolpe, J. (1990). *The practice of behavior therapy* (4a. ed.). Nueva York: Pergamon.
Wood, W. y Neal, D. T. (2007). A new look at habits and the habit goal interface. *Psychological Review, 114*, 843-863.
Woodruff Pak, D. S., Seta, S., Roker, L. A. y Lehr, M. A. (2007). Effects of age andinter-stimulus interval in delay and trace eyeblink classical conditioning in rabbits. *Learning and Memory, 14*, 287-294.
Woodruff-Pak, D. S. y Disterhoft, J. F. (2008). Where is the trace in trace conditioning? *Trends in Neuroscience, 31*, 105-112.
Woods, A. M. y Bouton, M. E. (2008). Immediate extinction causes a less durable loss of performance than delayed extinction following either fear or appetitive conditioning. *Learning and Memory, 15*, 909-920.
Woodson, J. C. (2002). Including "learned sexuality" in the organization of sexual behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 26*, 69-80.
Wright, A. A., Cook, R. G., Rivera, J. J., Sands, S. F. y Delius, J. D. (1988). Concept learning by pigeons: Matching to sample with trial-unique video picture stimuli. *Animal Learning and Behavior, 16*, 436-444.
Wright, A. A., Katz, J. S. y Ma, W. J. (2012). How to be proactive about interference: Lessons from animal memory. *Psychological Science, 23*, 453-458.
Wright, A. A. y Delius, J. D. (1994). Scratch and match: Pigeons learn matching and oddity with gravel stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 20*, 108-112.
Wright, A. A. y Katz, J. S. (2006). Mechanisms of same/different concept learning in primates and avians. *Behavioural Processes, 72*, 234-254.
——. (2007). Generalization hypothesis of abstract-concept learning: Learning strategies and related issues in *Macaca mulatta, Cebus apella* and *Columba livia*. *Journal of Comparative Psychology, 121*, 387-397.
Wright, A. A. y Lickteig, M. T. (2010). What is learned when concept learning fails?- A theory of restricted-domain relational learning. *Learning and Motivation, 41*, 273-286.
Xe, Y. Q., Steketee, J. D. y Sun, W. L. (2012). Inactivation of the central nucleus of the amygdala reduces the effect of punishment on cocaine self-administration in rats. *European Journal of Neuroscience, 35*, 775-783.
Yerkes, R. M. y Morgulis, S. (1909). The method of Pavlov in animal psychology. *Psychological Bulletin, 6*, 257-273.
Yi, R., Mitchell, S. H. y Bickel, W. K. (2010). Delay discounting and substance abuse-dependence. En G. J. Madden y W. K. (eds.), *Impulsivity: The behavioral and neurological science of discounting* (pp. 191-211). Washington, DC: American Psychological Association.
Yin, H., Barnet, R. C. y Miller, R. R. (1994). Second-order conditioning and Pavlovian conditioned inhibition: Operational similarities and differences. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 20*, 419-428.
Zapata, A., Minney, V. L. y Shippenberg, T. S. (2010). Shift from goal-directed to habitual cocaine seeking after prolonged experience in rats. *Journal of Neuroscience, 30*, 15457-15463.
Zelikowsky, M. y Fanselow, M. S. (2011). Conditioned analgesia, negative feedback and error correction. En T. R. Schachtman y S. Reilly (eds.), *Associative learning and conditioning theory: Human and non-human applications* (pp. 305-320). Nueva York: Oxford University Press.
Zentall, T. R. (2001). The case for a cognitive approach to animal learning and behavior. *Behavioural Processes, 54*, 65-78.

——. (2005). Animals may not be stuck in time. *Learning and Motivation, 36*, 208-225.

——. (2010). Coding of stimuli by animals: Retrospection, prospection, episodic memory and future planning. *Learning and Motivation, 41*, 225-240.

Zentall, T. R., Singer, R. A. y Stagner, J. P. (2008). Episodic-like memory: Pigeons can report location pecked when unexpectedly asked. *Behavioural Processes, 79*, 93-98.

Zentall, T. R. y Smeets, P. M. (Eds.). (1996). *Stimulus class formation in humans and animals. Advances in Psychology* (vol. 117). Nueva York: North-Holland (Elsevier Science).

Zentall, T. R. y Wasserman, E. A. (Eds.). (2012). *Oxford handbook of comparative cognition*. Nueva York: Oxford University Press.

Zhou, Y. y Riccio, D. C. (1995). Concussion-induced retrograde amnesia in rats. *Physiology and Behavior, 57*, 1107-1115.

Zimmer-Hart, C. L. y Rescorla, R. A. (1974). Extinction of Pavlovian conditioned inhibition. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 86*, 837-845.

Zoladek, L. y Roberts, W. A. (1978). The sensory basis of spatial memory in the rat. *Animal Learning and Behavior, 6*, 77-81.

Zolotor, A. J. y Puzia, M. E. (2010). Bans against corporal punishment: A systematic review of the laws, changes in attitudes and behaviours. *Child Abuse Review, 19*, 229-247.

# Índice onomástico


## A

Abel, T., 261, 338
Abramson, L. Y., 148
Adornetto, M., 177
Agras, S., 290
Ahearn, W. H., 270
Akil, H., 70
Akin-Little, K. A., 135
Akins, C. K., 76, 96, 97, 98, 103, 234, 235
Albert, M., 40, 76
Albiach-Serrano, A., 371
Aldridge, J. W., 193
Alexander, J. H., 148
Alexinsky, T., 332
Allam, M. D.-E., 84
Allan, L. G., 84
Allan, R. W., 95, 130
Allen, L. G., 106, 110
Alling, K., 25
Allison, J., 200, 201
Alloy, L. B., 148
Altevogt, B. M., 26
Amat, J., 151
Amsel, A., 248, 264, 268
Amundson, J. C., 76, 114
Anderson, J. R., 340
Anderson, M. C., 145
Andrzejewski, M. E., 173, 222
Apfalter, W., 222
Arantes, J., 354
Aristoteles, 6
Asada, M., 308
Asano, T., 208
Atak, J. R., 270
Ator, N. A., 14
Audrain-McGovern, J., 177
Augerinos, G., 319
Aust, U., 364, 366-367
Aydin, A., 267
Ayres, J. J. B., 64, 76, 110, 189, 260
Azorlosa, J. L., 114
Azrin, N. H., 248, 289, 290, 291, 293, 294, 299, 300, 302

## B

Babb, S. J., 319
Babkin, B. P., 11
Babuska, R., 14
Baer, D. M., 215, 216
Baerends, G. P., 32, 33, 34
Bailey, C. H., 49, 51, 136, 320
Baillargeon, R., 40
Baker, L. A., 372
Baker, T. B., 51, 54, 224
Balci, F., 351
Balda, R. P., 344, 345, 346
Balleine, B. W., 186, 195
Balsam, P. D., 76, 98, 114, 115, 129, 130, 224, 234, 357
Bandarian Balooch, S., 258
Banko, K. M., 135
Banks, R. K., 291
Barad, M., 34, 256, 287, 288
Baramidze, G. T., 355
Baratta, M. V., 148
Bargai, N., 148
Bargh, J. A., 309
Barlow, D. H., 80
Barnes, R. A., 115
Barnet, R. C., 81, 82, 83, 93, 110, 114
Barnett, N. P., 207
Baron, A., 159, 290, 293
Barr, R., 332, 333
Barrera, F. J., 115
Barrett, D., 33
Bashinski, H., 38, 39
Bateson, P., 34
Baum, M., 164, 169, 171, 200, 264, 280, 281
Baumann, A. A. L., 176
Bavieri, M., 71
Beale, K., 366
Bear, M. F., 238
Bechterev, V., 274
Beckett, H., 170
Been, M., 317
Belin, D., 188, 298
Belke, T. W., 198
Bell, Charles, 7
Ben-Shakhar, G., 148
Bentley-Condit, V. K., 370
Beran, M. J., 327, 328, 347, 362, 363, 373, 374
Berman, J. S., 281
Bernstein, I. L., 71
Berridge, K. C., 191, 193
Best, M. R., 110, 118
Bever, T. G., 353
Bevins, R. A., 90
Bickel, W. K., 174, 176, 177, 180, 181, 204, 205, 207
Bierley, C. M., 313
Bigbee, A. J., 297
Bizo, L. A., 230, 231, 354
Bjork, R. A., 328
Black, A. H., 319
Blackman, D., 189, 233
Blackmore, T. L., 217
Blaisdell, A. P., 80, 94, 116, 248, 330
Blakely, E., 159
Blakemore, C., 15
Blanchard, D. C., 286
Blass, E. M., 84
Bliss, T. V. P., 237, 238

Blokland, A., 317
Blough, D. S., 312
Blouin, A. M., 256
Bluff, L. A., 370
Blumberg, M. S., 309
Blumenthal, T. D., 101
Boakes, R. A., 61, 274
Boddez, Y., 116
Bodily, K. D., 316
Boesch, C., 370
Boesch, H., 370
Bogart, A. R., 335
Boice, R., 24
Boire, D., 370
Bolles, R. C., 63, 96, 285, 286, 292
Bonardi, C., 218, 236
Bonem, E. J., 160
Borovsky, D., 331
Borrero, J. C., 168, 170
Borson, S., 71
Bouton, M. E., 63, 74, 97, 98, 104, 114, 246, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 271
Bradfield, L., 104
Bradley, M. M., 43, 44
Branch, M. N., 158
Brandon, S. E., 220
Brandt, A. E., 293
Brannon, E. M., 362, 363
Breland, K., 136-137
Breland, M., 136-137
Brelsford, J., 266
Brewer, K. E., 277, 280
Briggs, J. F., 335, 336, 337
Brindas, M., 80
Brogden, W. J., 274, 275
Brooks, D. C., 255, 258
Brown, A. M., 252
Brown, G. S., 315, 318, 329
Brown, J. S., 278, 300
Brown, K. J., 72
Brown, K. L., 65
Brown, M. F., 326, 359
Brown, P. L., 68
Brown, T., 7
Brown-Borg, H., 316
Brownell, 205
Bruzek, J. L., 254
Buckner, R. L., 237
Bugnyar, T., 371
Buhusi, C. V., 350, 352, 353, 356-358
Bulf, H., 40
Bullock, C. E., 291
Bulow, P. J., 168
Buonomano, D. V., 66
Burch, R. L., 25
Burghardt, G. M., 10
Burns, M., 69, 84, 115
Busoniu, L., 14
Bussey, T. J., 346
Bygrave, D. J., 114
Byrne, J. H., 15
Byron, K., 135

## C

Cable, C., 364
Cadieux, E. L., 84
Cain, C. K., 111, 256, 261, 278, 286
Call, J., 371
Calvert, A. L., 174
Cameron, J., 135
Camhi, J. M., 33
Camp, D. S., 292, 293
Campbell, B. A., 197
Campbell-Tie, P., 270
Campolattaro, M. M., 79, 221
Cándido, A., 285
Capaldi, E. D., 71
Capaldi, E. J., 268, 269
Carey, R. J., 247
Carlson, C. L., 18, 302
Carr, D., 233
Carroll, M. E., 177
Carter, M. M., 82
Casey, F. G., 199, 200
Castro, L., 369
Castro, M. E., 104
Ceraso, J., 334
Cerutti, D. T., 161, 355
Chamizo, V. D., 218, 325
Champagne, F. A., 34
Chan, H.-M., 318
Chance, P., 123
Chang, C., 256, 325
Chang, R. C., 80
Chaponis, D. M., 330
Chappell, J., 370
Chappell-Stephenson, R., 319, 324
Charlop, M. H., 199, 200, 215
Chase, H. W., 195, 196
Cheng, K., 213, 352, 355
Cheng, R.-K., 350, 356
Chomsky, N., 371
Christensen, D. R., 173
Christianson, J. P., 149
Church, B. A., 230
Church, H. L., 352, 353
Church, R. M., 75, 115, 289, 291, 292, 349, 351, 352, 353, 354
Cicala, G. A., 114
Clark, R. E., 68
Clayton, N. S., 344, 345, 346, 347, 348, 349
Cleland, G. G., 95
Clifford, C. W. G., 230
Cohen, J. D., 179
Colbert, M. M., 84
Cole, M. R., 164, 319, 324
Cole, R. P., 81, 82, 83, 114
Coleman, K. J., 37
Collier, G., 24
Colombo, J., 39
Colombo, M., 328, 330, 360-361, 362
Colwill, R. M., 99, 195, 196, 240, 241
Conklin, C. A., 246
Conn, P. M., 26
Conners, J., 299
Cook, R. G., 326, 364, 366, 369
Cooper, G. F., 15
Corbit, J. D., 52, 53
Correla, C. J., 207
Costa, D. S. J., 274
Coull, J. T., 350, 356, 357
Courville, A. C., 106
Coutureau, E., 191
Cowie, R. J., 345
Craig, W., 35
Craske, M. G., 63, 78, 84, 256, 288
Critchfield, T. S., 141, 161, 170, 177, 302
Crofts, D. B., 15, 366
Cronin, P. B., 142
Crossman, E. K., 160
Crystal, J. D., 319, 326, 347, 349, 350, 352, 355
Cullen, P. K., 333
Culler, E., 274
Cumming, W. W., 125
Cunningham, C. L., 252, 300
Cusato, B., 7, 90
Cushman, J. D., 63
Cuthbert, B. N., 44

## D

D'Amato, M. R., 285, 313, 360
Da Silva, S. P., 254
Dallery, J., 167
Dally, J. M., 345
Daman-Wasserman, M., 332
Danker, J. F., 340
Darwin, Charles, 9-11, 21, 122, 307, 308, 346, 376
Davey, G. C. L., 95
Davis, H. P., 320
Davis, M., 40, 42, 43, 47, 48, 49, 261
Davison, M., 169, 171, 187
Daw, N. D., 106
De Brugada, I., 285
De Carvalho, M. P., 350
De Houwer, J., 72
De Kort, S., 344, 345, 349
De la Casa, Marquez, R., 88
De Leon, R. D., 297
De Oca, B. M., 286
De Schutter, B., 14
Dean, S. J., 300
Declercq, M., 288
DeCola, J. P., 78, 147
DeFrancisco, B. S., 333
DeFulio, A., 274
DeGrandpre, R. J., 208
Dehnhardt, G., 313
Deich, J. D., 130
Del Carmen Sanjuan, M., 64
Delamater, A. R., 100, 264
DeLeon, I. G., 132
Delius, J. D., 232
DeLoache, J. S., 34, 92
Denniston, J. C., 80, 116
Deroche-Gamonet, V., 298

Descartes, R., 4-10, 34, 36
DeSpain, M. J., 318, 326
Dess, N. K., 24, 148, 149
deVilliers, P. A., 285
DeVito, P. L., 110
DeWind, N. K., 363
Dickinson, A., 52, 72, 113, 114, 141, 142, 196, 297, 298, 346, 347, 348, 349
Didden, R., 106
Dinsmoor, J. A., 285, 300, 302
Disterhoft, J. F., 76
Dittlinger, L. H., 106
Dixon, M. R., 178
Dollard, J., 12
Domjan, M., 2, 7, 9, 16, 34, 49, 62, 69, 71, 76, 84, 85, 90, 91, 97, 100, 103, 114, 115, 116, 189, 275, 292
Donaldson, J. M., 132
Drew, M. R., 76, 114
Dringenberg, H. C., 238
Dube, W. V., 270
Dudai, Y., 50, 67, 239, 261
Dudeney, J. E., 77
Duka, T., 52, 113, 196
Dunsmoor, J. E., 94
Dweck, C. S., 80
Dwyer, D. M., 218

## E

Eagleman, D., 3
Ebbesen, E. B., 178
Ebbinghaus, Hermann, 7, 9
Edgerton, V. R., 297
Egel, A. L., 215
Eichenbaum, H., 261, 263, 338, 339, 349
Einarsson, E. Ö., 261, 262, 263, 340
Eisenberger, R., 135, 177, 200
Elliffee, D. M., 171
Emery, N. J., 345
Enquist, M., 214
Epstein, D. H., 129
Epstein, L. H., 36, 37, 205, 208, 253
Erlhagen, W., 352,
Ernst, D., 14
Ervin, F. R., 71
Escobar, M., 93, 334
Esmorís-Arranz, F. J., 76, 96, 97, 98, 278, 279, 288
Estes, W. K., 189, 289, 300, 301
Etkin, M., 285
Ettenberg, A., 54
Evans, T. A., 328, 363
Everitt, B. J., 124, 188, 297, 298

## F

Fagen, J., 332
Fairless, J. L., 79
Faith, M. S., 205
Fallon, D., 313
Fanselow, M. S., 63, 66, 97, 101, 107, 111, 112, 237, 286, 287, 288
Fantino, E., 171, 173
Farley, R. F., 318
Farmer-Dougan, V., 203
Fazzaro, J., 285
Feeney, M. C., 326
Felton, M., 158
Ferry, A. L., 40
Ferster, C. B., 156, 157, 159, 161
Fetsko, L. A., 240
Fetterman, J. G., 350, 354, 355
Fiser, J., 9
Fiset, S., 325
FitzGerald, R. E., 318
Flagel, S. B., 70
Flaherty, C. F., 140
Flaten, M. A., 101
Foa, E. B., 148, 246
Foree, D. D., 218
Forestell, P. H., 313
Forgeard, M. J. C., 150
Fountain, S. B., 359
Fowler, H., 110, 118
Fowler, S., 73, 93
Foxx, R. M., 290
Fragaszy, D., 370
Franklin, S., 88, 89
Freeman, J. H., 65, 79, 221
Freiburger, K. L., 368
Fremouw, T., 367
Frisher, M., 170
Frost, N., 360-361, 362
Furrow, D. R., 7

## G

Gallagher, K. K., 240, 241
Gallagher, M., 113, 180
Gallistel, C. R., 9, 15, 76, 114, 115, 116, 264
Galluccio, L., 332
Gallup, G. G., 287
Gallup, G. G., *Jr.*, 26
Galtress, T., 350, 355
Gámez, A. M., 196
Gamzu, E. R., 69
Ganchrow, J. R., 84
Gantt, W. H., 62
Garcia, J., 71, 72, 90, 91
Gardner, B. T., 372
Gardner, E. T., 286
Gardner, R. A., 372
Garner, A., 322
Garry, M., 334
Gasbarri, A., 3
Gaylord, S., 332
Gemberling, G. A., 91
Geraerts, E., 317
Gershoff, E. T., 303
Gewirtz, J. C., 53
Geyer, M. A., 40
Ghirlanda, S., 214
Gibbon, J., 114, 115, 116, 352, 353, 354
Gibson, B. M., 325
Gibson, J., 296
Giese, K. P., 321
Gilbert, D., 45
Gillan, D. J., 114
Gillihan, S. J., 246
Gino, A., 279
Girz, L., 71
Gisiner, R., 372
Gisquet-Verrier, P., 332
Glanzman, D. L., 51
Glisson, Francis, 8
Glover, D., 78
Glover, E. M., 44
Gluck, M. A., 65, 66
Gnadt, W., 308
Godsil, B. P., 287
Gold, P., 14, 308
Gold, S. D., 148
Golding, J. M., 333
González, F., 285
Goodall, G., 292, 293
Gordon, W. C., 337
Gorman, J. M., 278
Gormezano, I., 66, 90
Gould, E., 237, 239
Gould, K. L., 344, 345
Grace, R. C., 167, 169, 172, 173, 175, 267, 269, 270
Graeff, F. G., 150
Grainger, J., 364-365
Grand, C., 227
Grant, D. S., 95, 313, 314, 334
Grau, J. W., 294, 295, 296, 297, 356
Gray, R. D., 370
Green, J. T., 65
Green, L., 174, 204
Greenfield, P., 376
Greenfield, P. M., 375
Grice, G. R., 141
Griffin, D. R., 308
Griffiths, R. R., 14
Griffiths, W. J. H., 141, 142
Grigson, P. S., 140
Grimes, K. L., 69
Grossberg, S., 308
Grossen, N. E., 285
Groves, P. M., 47, 295
Gunther, L. M., 116
Guttman, N., 214, 215

## H

Haberlandt, K., 104
Habib, D., 238
Hackenberg, T. D., 274, 291
Haggbloom, S. J., 269

Hagopian, L. P., 297
Hake, D. F., 248, 290
Halberstandt, A. L., 40
Hall, G., 88, 89, 90, 113, 114, 232, 318
Hallam, S. C., 110
Hancock, S. D., 198
Hanley, G. P., 199
Hanson, H. M., 229
Hardt, O., 339
Harley, H. E., 371
Harlow, H. F., 15
Harper, D. N., 334
Harris, E. H., 363
Harris, J. A., 220, 226, 227
Harrison, R. H., 223, 224, 229, 230
Haselgrove, M., 13, 218, 267
Hawkins, R. D., 49, 320
Hayes, C., 372
Hayes, K., 372
Healy, S. D., 317
Hearst, E., 69, 231
Heffner, H. E., 217
Heidt, J. M., 148
Heil, S. H., 139, 206
Heimbauer, L. A., 374
Heinrichs, S. C., 247
Helmstetter, F. J., 287
Helweg, D. A., 371
Henderson, R., 78
Herbranson, W. T., 367
Herman, C. P., 71
Herman, L. M., 313, 371, 372
Herman, R. L., 299
Hermans, D., 63, 84
Hernandez, P. J., 261, 338
Herpolsheimer, L. R., 159
Herrnstein, R. J., 167, 169, 171, 172, 285, 364, 365, 366
Herrnstein, R. L., 302
Herz, M. J., 335, 336
Herzog, H. A., *Jr.*, 25
Hespos, S. J., 40
Heth, C. D., 253
Heyman, G. M., 171
Higgins, S. T., 139, 206
Hilliard, S. H., 99
Hillix, W. A., 371
Hineline, P. N., 284, 285, 286, 290
Hobbes, T., 6
Hoffman, C. M., 318
Hoffman, M. L., 347, 349
Hoffmann, H., 84
Hoffmann, W., 72
Hogarth, L., 13, 52, 113, 194, 195, 196
Holcomb, S., 178
Holland, P. C., 93, 96, 99, 104, 113, 114, 115, 240, 241, 242
Hollis, K. L., 84, 85, 103
Holmes, N. M., 191
Holz, W. C., 289, 291, 294, 299, 300, 302
Holzhaider, J. C., 370
Honey, R. C., 227, 232
Honig, W. K., 214, 227, 299, 312
Hook, M. A., 297
Hoover, C., 350
Horne, M. R., 218
Horsley, R. R., 266
Hourlhan, K. L., 328
Hoyle, D., 363
Huber, L., 222, 364, 366-367
Hucks, A. D., 167, 169
Hughes, J. R., 208
Hull, C., 188
Hulse, S. H., 266
Hunt, G. R., 370
Hunter, M. J., 71
Hurlburt, J. L., 76
Hurly, R. A., 317
Hursh, S. R., 204, 207
Hutchinson, R. R., 248
Hyman, S. E., 191-193

## I

Imada, H., 90
Innis, N. K., 145
Ishida, M., 266
Iversen, I. H., 313
Ivkovich, D., 65
Iwata, B. A., 132, 299

## J

Jackson, R. L., 148, 149
Jacobs, A., 278
Jacobs, E. A., 168
Jacobs, L. F., 324
Jacobs, N. S., 63
Jagielo, J. A., 332
James, W., 125
Jasnow, A. M., 333
Jenkins, H. M., 68, 69, 94, 95, 115, 223, 224, 229, 230, 268
Jennings, D. J., 218, 236
Jennings, H. S., 309
Jensen, G., 134
Jiao, C., 43
Jimenez-Gomez, C., 173
Jimura, K., 174, 176
Jitsumori, M., 232, 364, 366, 367
Johansen, J. P., 111, 112, 261, 323
Johns, K. W., 80
Johnson, H. M., 328
Johnson, J. W., 200
Johnson, M. W., 205, 206
Johnson, S. P., 40
Johnston, J. C., 289
Jones, P. M., 218
Jostad, C. M., 216
Joynes, R. L., 296, 297
Jozefowiez, J., 136, 161, 349, 355
Jung, M. W., 191

## K

Kacelnik, A., 370
Kaczor, T., 159
Kahng, S. W., 132
Kaiser, D. H., 330
Kako, E., 375
Kalat, J. W., 17
Kalish, H. I., 214., 215
Kalivas, P. W., 246
Kalmbach, B. E., 76
Kamil, A. C., 317, 344, 345, 346
Kamin, L. J., 90, 104, 106, 279, 280
Kamper, E., 76
Kandel, E. R., 18, 49, 50, 51, 238, 239, 262, 294, 320, 322, 357
Kaplan, G. B., 247
Kasprow, W. J., 142
Kastak, D., 313
Katz, J. S., 316, 334, 369
Katzev, R. D., 281
Kaufman, L. W., 24
Kaye, H., 113
Kearns, D. N., 227, 228
Kehoe, E. J., 66, 77, 109, 214, 221, 224, 255
Kelamangalath, L., 253
Kelber, A., 217
Kellendonk, C., 357
Kelling, A. S., 217
Kelly, D. M., 324, 325
Kenmuir, C., 104
Kenney, F. A., 252
Kenward, B., 371
Kesner, R. P., 15, 318, 326
Khazanchi, S., 135
Killeen, P. R., 17, 132, 334, 354, 355
Kim, J. J., 68
Kim, S. D., 96
Kimble, G. A., 65, 100
King, D., 138
King, K. M., 177
King-Casas, B., 179
Kirby, K. N., 176
Kirk, J. D. J., 3
Kirkpatrick, K., 75, 115, 218, 230, 350, 351, 353, 355
Kirmayer, L. J., 34, 287, 288
Klein, B. G., 95
Klein, S. B., 104
Knight, D. C., 100
Knight, P. K., 43
Koba, R., 362
Koban, A., 366
Koegel, R. L., 215
Koelling, R. A., 71, 90, 91
Köhler, W., 231, 370
Kollins, S. H., 177
Koob, G. F., 51, 53, 54, 191, 193
Kornell, N., 247
Koychev, I., 313
Kraemer, P. J., 333
Krägeloh, C. U., 171

Krank, M. D., 190
Krantz, P. J., 216
Krebs, J. R., 345
Krieckhaus, E. E., 90
Krinelbach, M. L., 191, 193
Kruschke, J., 9
Kruse, J. M., 194
Kundey, S. M. A., 360
Kurtz, P. F., 199
Kyonka, E. G. E., 172

## L

LaBar, K. S., 94
Laborda, M. A., 251, 258
Lachnit, H., 236
Laming, D., 328
LaMon, B., 95
Lamoreaux, R. R., 277, 289
Lang, P. J., 43
Lansdell, H., 25
Lanuza, E., 111
Lashley, K. S., 221
Lattal, K. A., 9, 115, 122, 141, 143, 156, 246, 249, 250, 254
Lattal, K. M., 109, 246
Lazareva, O. F., 227, 231, 368
Le Moal, M., 51, 54, 191
Le Pelley, M. E., 113
Lea, S. E. G., 224
Leaton, R. N., 41
Leconte, C., 274
Leddy, J. J., 205
LeDoux, J. E., 111, 261, 262, 278, 286, 323, 339
Lee, C.-Y., 149
Lee, D., 191
Lee, Y.-S., 321
Lefebvre, L., 370
Leffel, J. K., 318, 325
Leising, K. J., 94
Lejeune, H., 349, 351
Lejuez, C. W., 78, 282, 283
Lemelson, R., 34, 287, 288
Lencz, T., 312
Lennenberg, E. H., 371
Lerman, D. C., 106, 290, 304
Lester, L. S., 287
Leuner, B., 237, 239
Leung, H. T., 250, 255, 259
Levis, D. J., 277, 280
Lewis, D. J., 262, 339
Lewis, P., 286
Libet, J., 290
Lickteig, M. T., 369
Lieberman, D. A., 3, 142
Lindberg, J. S., 132
Lionello-DeNolf, K. M., 233
Lipman, E. A., 274
Liu, X., 323
LoBue, V., 34, 92
Lockard, R. B., 24
Locke, J., 6
Loeb, J., 21
Logan, F. A., 104
Logue, A. W., 71, 91, 176
Loidolt, M., 366
LoLordo, V. M., 78, 79, 89, 146, 147, 218, 219
Lomo, T., 237, 238
Lorek, E. J., 318
Loveland, D. H., 364
Lovibond, P. F., 189, 260, 279, 280, 281, 288
Lubow, R., 88
Lubow, R. E., 88, 89
Lucas, G. A., 137, 146
Lucke, S., 254
Lukas, S., 84
Lussier, J. P., 139
Lüthi, A., 323
Lyn, H., 375, 376
Lyn, S. A., 71
Lynch, M. A., 11
Lyon, D. O., 158
Lysle, D. T., 110, 118

## M

Ma, W. J., 334
MacAleese, K. R., 302
MacArdy, E. A., 332
MacDonald, S. E., 313
MacDonall, J. S., 171
Mace, F. C., 299
Machado, A., 350, 352, 354, 355
Macintosh, N. J., 114
MacKillop, J., 177
Mackintosh, N. J., 90, 113, 114, 138, 196, 218, 220, 325
Madden, G. J., 172, 174, 176, 208
Maddux, J.-M., 114
Magendie, F., 7
Mah, W., 235, 236
Mahometa, M. J., 85, 103
Maia, T. V., 277, 289
Maier, S. F., 76, 146, 147, 148, 150, 151, 295
Maki, W. S., 313
Malenka, R. C., 191, 238, 239
Malheiro, M. T., 352, 355
Mameli, M., 34
Mandell, G., 270
Marchand, A. R., 76, 191
Maren, S., 247, 256, 288, 333
Marsh, G., 231
Marshall, A. T., 350, 355
Marshall, B. S., 66
Martin, S. J., 296
Martin-Malivel, J., 367
Martinez, J. L., 15
Martins, B., 170
Marx, B. P., 148
Matthews, R. N., 85, 103
Matus-Amat, P., 151
Matzel, L. D., 9, 15, 116, 337
Mauk, B., 66, 313
Mauk, M. D., 76
Mayford, M., 320, 323
Mazmanian, D. S., 368
Mazur, J. E., 172
McAllister, D. E., 277
McAllister, W. R., 277
McAndrew, A., 289
McCarthy, D. E., 102, 169
McClannahan, L. E., 216
McClure, S. M.; 179, 180, 181
McConnell, B. L., 260
McConnell, B.L., 118
McCrink, K., 40
McGaugh, J. L., 261, 335, 336
McGee, G. G., 216
McIlvane, W. J., 233
McIntosh, D. C., 142
McKelvie, A. R., 235
McKenzie, S., 261, 263, 338, 339
McLaren, I. P. L., 90, 113, 220
McLean, A. P., 270
McMahon, C. V., 230, 231
McNally, G. P., 99, 104, 112, 113, 235
McNish, K. A., 76
McSweeney, F. K., 45, 51
Mechner, F., 130
Meck, W. H., 350, 353, 356-358
Meller, P. J., 168
Mercado III, E., 230
Mercado, E. I. I. I., 313
Merritt, D. J., 362, 363
Metalsky, G. I., 148
Meuret, A. E., 246
Miguez, G., 118
Milad, M. R., 247
Miller, J. S., 332
Miller, N. E., 12, 277, 291
Miller, N. Y., 104
Miller, R. R., 76, 80, 81, 82, 83, 93, 109, 110, 114, 116, 117, 118, 234, 251, 252, 256, 258, 260, 262, 310, 319, 325, 330, 332, 334, 337, 339
Miller, V., 49
Millin, P. M., 332, 335
Milmine, M., 328, 329, 330
Mineka, S., 63, 78, 84, 92, 278, 279
Minney, V. L., 188
Minor, T. R., 149, 286
Misanin, J. R., 262, 339
Mischel, H. N., 178
Mitchell, C. J., 104, 113
Mitchell, D. W., 39
Mitchell, S. H., 177
Mitchell, W. S., 198
Mobbs, D., 288
Moe, J. C., 313
Moffitt, T. E., 177

Molet, M., 274
Monfils, M., 263
Montague, P. R., 179, 181
Moore, A. U., 89
Moore, B. R., 94, 95
Moore, H. M., 357
Mora, P. O., 150
Morgan, C. L., 21, 309
Morgan, D. L., 156
Morris, R. G. M., 237, 239, 285, 316, 317, 319, 321
Morris, R. W., 97, 98, 111
Morsella, E., 309
Motzkin, D. K., 99
Moulder, B., 3, 44
Mowrer, O. H., 277, 289
Mowrer, R. R., 104
Murkerjee, M., 25-26
Murphy, E. S., 45
Murphy, J. G., 207
Musienko, P., 297
Myers, K. M., 261
Myerson, J., 174
Mystkowski, J. L., 259

## N

Nadel, L., 324
Nader, K., 111, 261, 262, 263, 339, 340
Nakajima, A., 321
Nakajima, S., 90, 109
Nakamura, T., 366
Nathan, P. W., 335
Neal, D. T., 3, 124, 187, 188
Nelson, A. B., 251, 276
Nelson, J. B., 64, 251
Nelson J.C., 246
Nestler, E. J., 191
Neumann, D. L., 258
Nevin, J. A., 187, 267, 269, 270
Newcombe, N. S., 325
Newland, M. C., 302, 303
Newton, T., 157
Nicholas, D. J., 114
Nicholson, D. A., 65
Nickel, M., 25
Nicolakakis, N., 370
Norrholm, S. D., 253
Nueringer, A., 134, 135, 247, 248

## O

O'Donnell, J., 290, 291
O'Keefe, J., 324
O'Reilly, R. C., 237
Oden, D. L., 316
Odum, A. L., 176
Oehlberg, K., 63, 84
Öhman, A., 92
Ohyama, T., 66, 76
Okouchi, H., 141
Olsen, K. N., 77
Olton, D. S., 318, 319
Olufs, M., 247
Ortega, L. A., 140
Osorio, D., 217
Ost, J. W. P., 100
Ostlund, S. B., 186, 195
Ostroff, L. E., 111, 261
Otto, M. W., 14
Overmier, J. B., 78, 146, 147, 148
Owren, M. J., 374

## P

Page, S., 135
Paletz, E. M., 302
Paluch, R., 37
Panagiotaropoulos, T., 126
Panlilio, L. V., 218
Papini, M. R., 11, 23, 248, 264, 266, 268
Pardo-Vázquez, J. L., 76, 97, 98, 299
Parke, R. D., 299
Parker, J., 26
Parrish, A. E., 362
Parsons, T. D., 246
Patrick, C. J., 44
Patterson, F. G., 372
Patterson, M. M., 294, 295
Pavlov, I. P., 3, 8, 9, 60, 62, 68, 74, 79-81, 217
Pearce, J. M., 90, 104, 113, 114, 218, 220, 227, 231, 267, 325
Peden, B. F., 172
Pelchat, M. L., 91
Pelloux, Y., 297, 298
Pepperberg, I., 371
Perdeck, A. C., 33
Perkins, C. C., 142
Perone, M., 158, 159, 222
Perry, D. G., 299
Perry, J. L., 24
Peters, J., 246
Peters, L. C., 254
Peterson, C., 148
Peterson, G. B., 194
Phelps, B. J., 160
Phillips, S., 95
Piazza, P. V., 298
Picton, B. M. B., 114
Pierce, W. D., 135
Pietras, C. J., 293
Pilley, J. W., 374
Pinel, J. P. J., 76
Pipkin, C. P., 254
Pittman, C. M., 300
Ploog, B. O., 95
Podlesnik, C. A., 270
Pohorecky, L. A., 69
Poling, A., 25
Polivy, J., 71
Postman, L., 334
Poulos, A. M., 66, 111
Pravosudov, V. V., 344
Premack, D., 197-201, 208, 316
Preston, K. L., 129
Price, T., 104
Prigot, J., 332
Prinsen, H., 106
Prochaska, J., 280
Prosssinger, H., 222
Prus, A., 17
Puzia, M. E., 304

## Q

Quee, P. J., 313
Quirk, G. J., 246, 247, 255

## R

Rachlin, H. C., 30, 174, 176, 181, 302
Radke, A. K., 53
Raia, C. P., 162, 163
Raiff, B. R., 291
Rakoczy, S., 316
Randell, T., 233
Randich, A., 89
Rankin, C. H., 37, 42
Rapaport, P., 76
Rasmussen, E. B., 302, 303
Rau, V., 97, 287, 288
Rayburn-Reeves, R., 315
Rayner, R., 63
Reberg, D., 259
Reed, D. D., 170
Reed, P., 164, 290
Reeks, L. M., 259
Rehfeldt, R. A., 233
Reid, A. K., 374
Reilly, S., 13, 71
Remington, B., 233
Repp, A. C., 289
Rescorla, R. A., 7, 75, 78, 80, 82, 83, 91, 93, 99, 104, 106, 107-110, 112, 114, 116, 139, 181, 188, 189, 192, 195, 196, 241, 242, 246, 249, 250, 253, 256, 257, 259, 260, 265, 267, 285, 367
Revusky, S. H., 71
Reynolds, G. S., 162, 163, 212, 213, 216
Riccio, D. C., 310, 332, 333, 335, 336, 337
Richardson, R., 99
Riley, D. A., 326
Rips, L. J., 40
Ristau, C. A., 308
Rizvi, S. A. T., 208
Rizzo, A. A., 246
Roane, H. S., 270
Robbins, T. W., 124, 188
Roberts, S., 248
Roberts, W. A., 314, 317, 319, 326, 347, 350, 351, 352, 363, 368
Robinson, T. E., 70, 193
Roby, T. B., 197
Rodrigo, T., 325
Rodriguez, C. A., 218
Roesch, M. R., 113, 181
Roitblat, H. L., 327, 353, 371, 375

Roll, D. L., 72
Roll, J. M., 157
Romanes, G. J., 10-11, 14
Romaniuk, C. B., 76
Roper, K. L., 330
Rosales-Ruiz, J., 284, 290
Rosas, J. M., 196, 274
Roscoe, E. M., 299
Rosellini, R. A., 147
Rosengard, C., 252
Ross, C., 134, 135
Ross, R. T., 241
Rothbaum, B. O., 148
Rothwell, P. E., 53
Routtenberg, A., 263
Rovee-Collier, C., 94, 331, 332, 333
Rozin, P., 92
Rudy, J. W., 15, 38, 39, 237, 263, 328
Rumbaugh, D. M., 371, 372, 373, 374, 375
Russell, J., 349
Russell, M. S., 25
Russell, W. R., 335
Russella, R., 230
Rutledge, R. B., 370

## S

Saavedra, M. A., 104
Saddoris, M., 180
Sajwaj, T., 290
Sakagami, T., 164
Saladin, M. E., 76
Salwiczek, L. H., 346, 347, 349
Samuelson, R. J., 318, 319
Sanabria, F., 132
Santi, A., 350
Sargisson, R. J., 314, 315
Saunders, K. J., 158, 222
Savage-Rumbaugh, E. S., 372, 374, 375
Savastano, H. I., 114, 116, 171, 173
Sawa, K., 90, 94
Scalera, G., 71
Scavio, M. J., Jr., 90
Schaal, D. W., 225
Schachter, D. L., 311, 326
Schachtman, T. R., 13, 71, 73, 93, 252
Schafe, G. E., 261, 339
Schenk, F., 324
Schiff, R., 280
Schiller, D., 263, 264
Schindler, C. W., 218
Schlinger, H., 159
Schlosberg, H., 274
Schmajuk, N. A., 89, 240
Schmidt, N. B., 260
Schneider, A. M., 339
Schnitker, K. M., 79, 221
Schoenbaum, G., 180, 181
Schöner, G., 40, 47
Schreibman, L., 215
Schreurs, B. G., 76
Schroers, M., 332
Schultz, W., 192, 358
Schuster, R. H., 302
Schusterman, R. J., 313, 372
Schwartz, B., 134
Schweitzer, J. B., 178
Searcy, G. D., 293
Sechenov, I. M., 8, 9
Seligman, M. E. P., 146, 147, 148, 150, 289, 295
Seo, H., 191
Sevenster, P., 122, 136
Shahan, T. A., 173, 270
Shalev, A. Y., 148
Shanock, L., 135
Sharma, S., 261, 316
Sheffield, F. D., 197
Sherburne, L. M., 330
Sherman, W., 339
Sherry, D. F., 326, 344, 345
Sherwood, A., 93
Shettleworth, S. J., 11, 104, 138, 145, 308, 324, 325, 344, 345
Shimp, C. P., 170, 367
Shippenberg, T. S., 188
Shuwairi, S. M., 40
Sidman, M., 233, 282
Siegel, S., 101, 102, 106, 110
Siemann, M., 232
Sigafoos, J., 106
Sigmon, S. C., 139, 206
Sigmundi, R. A., 96, 286
Silberberg, A., 207
Silva, A., 321
Silva, A. J., 321
Silva, K. M., 98, 145, 146, 354
Silver, R., 355
Simion, F., 40
Simmelhag, V. L., 144, 145, 146
Simmelhag-Grant, V. L., 145
Simmons, S., 350
Simons, R. C., 45
Simpson, E. H., 357
Singer, R. A., 349
Singh, N. N., 106, 289
Sinning, S. A., 325
Sissons, H. T., 109
Sitomer, M. T., 132
Skelton, R. W., 95
Skinner, B. F., 9, 12, 126-128, 130, 134-135, 144-145, 157, 159, 161, 185-187, 196, 209, 211, 289, 300, 354
Slamecka, N. J., 334
Small, W. S., 125
Smith, C. N., 3
Smith, E. O., 370
Smith, J. C., 72
Smith, N., 280, 281
Snarskii, A. T., 61
Soderling, T. R., 321
Solman, R. T., 106
Solomon, P. R., 66
Solomon, R. L., 51, 52, 54, 55, 147, 188, 189, 278, 279, 280
Son, L. K., 362
Soto, F. A., 367-368
Soto, P. L., 167
Spear, N. E., 310, 332, 335, 337
Spence, K. W., 188, 227, 228, 230-231
Spencer, W. A., 42
Spetch, M. L., 76, 95, 213, 230, 315, 324, 325
Spiga, R., 207, 208
Spoormaker, V. I., 107
Spradlin, J. E., 300
Springer, A. D., 337
Squire, L. R., 68, 237, 261, 320, 335
Stacy, A. W., 3
Staddon, J., 9, 202
Staddon, J. E. R., 136, 144, 145, 146, 161, 349, 355
Stafford, D., 158
Stagner, J. P., 349
Stahlman, W. D., 248
Stebbins, H. E., 240
Steel, P., 160
Steiner, J. E., 84
Steinert, P., 313
Steinmetz, J. E., 65, 66
Steketee, J. D., 297
Steurer, M., 222
Stevens, S. S., 213
Stoffelmayr, B. E., 198
Stokes, P. D., 130, 135
Stokes, T. F., 215
Stolerman, I. P., 224
Storsve, A. B., 99
Stote, D. L., 237
Stout, S. C., 93, 116, 117
Suarez, S. D., 26, 287
Sulzer-Azaroff, B., 178
Summers, R. J., 313
Sun, W. L., 297
Sundberg, M. L., 374
Sunnucks, W. L., 3
Sunsay, C., 74, 114
Suss, C., 332
Sutherland, A., 133
Sutton, J. E., 325
Suzuki, S., 319
Svartdal, F., 267
Swammerdam, J., 7
Swartzentruber, D., 240
Swearingen, J. E., 352
Swindell, S., 51
Swisher, M., 233

## T

Taglialatela, J. P., 372
Tailby, W., 233
Tait, R. W., 76
Takeuchi, S. A., 170
Tamm, L., 302
Tang, Y.-P., 321
Tanno, T., 164
Taylor, K. M., 104
Taylor, S. E., 288

Taylor, T. L., 328
Temple, J. L., 205
Terrace, H. S., 353, 360, 362, 375
Theios, J., 266, 268
Thelen, E., 40, 47
Thomas, B. L., 257, 260
Thomas, D. R., 231, 235, 236, 240
Thomas, G. V., 142
Thompson, R. F., 42, 47, 66, 240, 295
Thompson, R. H., 254, 299
Thompson, R. K. R., 316
Thomsen, M., 225
Thorndike, E. L., 22, 122-125, 134-136, 185-188, 194, 197, 209, 211, 289, 302
Tiffany, S. T., 246
Tillakaratne, N. J. K., 297
Timberlake, W., 22, 35, 95, 97, 98, 137, 138, 145, 146, 200, 201, 203, 318, 325, 354
Tinbergen, N., 33, 35
Todes, D. P., 61
Tokumitsu, H., 321
Tomaz, C., 3
Tomie, A., 69, 148, 234
Touretzky, D. S., 106
Tracy, J. A., 65
Trapold, M. A., 194
Trauner, M. A., 149
Trenholme, I. A., 290
Trosclair-Lasserre, N. M., 138
Tsao, J. C. I., 256
Tucker, J. A., 170
Tulving, E., 311, 346
Turati, C., 40
Turek, R. J., 344
Turkkan, J. S., 62
Turman, A. B., 43
Twitmyer, E. B., 60
Tzschentke, T. M., 235

## U

Umbricht, A., 129
Underwood, B. J., 334
Üngör, M., 236
Urcelay, G. P., 234, 256, 310, 330, 332, 337
Urcuioli, P. J., 142, 194, 214, 232, 233
Urushihara, K., 118
Uyeyama, R. K., 371

## V

Vaesen, K., 370
Vaidyanathan, U., 44
van der Kolk, B. A., 278
Van Veldhuizen, N., 318
Vansteenwegen, D., 63, 84, 258
Vaughan, W., Jr., 172
Vázquez-Garcia, G. A., 76, 97, 98, 279
Viana, M. B., 150
Vicken, R. J., 203
Vila, J., 285
Visalberghi, E., 370
Vogel, E. H., 104
Volkert, V. M., 255
Vollmer, T. R., 132, 168, 170
Vorndran, C. M., 290, 304
Vorobyev, M., 217
Vuchinich, R. E., 170, 204
Vul'fson, S. G., 61

## W

Waddell, J., 97, 98
Wade, M., 221
Wade-Galuska, T., 159
Wagner, A. R., 80, 104, 106, 107-110, 112, 181, 192, 220, 227, 246, 260, 266, 328, 367
Wahl, G., 138
Walker, J., 73, 93
Wallace, J., 313
Walters, E. T., 49
Wang, S. H., 111, 237
Ward, R. D., 357, 358
Warren-Boulton, F. R., 208
Washburn, D. A., 347, 375
Wasserman, E. A., 11, 308, 309, 332, 344, 367-368, 369
Watanabe, A., 328, 330, 346, 347, 349
Watkins, L. R., 150, 151
Watson, J. B., 63
Watt, A., 141
Wayman, G. A., 321
Wearden, J. H., 349, 351
Webster, M. M., 71
Weerakoon, P., 43
Wegner, D. M., 3, 309
Weidemann, G., 255
Weinberger, N., 281
Weiner, I., 88
Weir, A. A. S., 370
Weisman, R. G., 285
Weiss, S. J., 218
Werner, J., 38
Westbrook, R. F., 235, 250, 259, 366
Wheatley, K. L., 76
Wheeler, D. S., 93, 256
White, A. J., 94
White, K. G., 312, 314, 315, 329, 333, 334
White, N. E., 109
White, W., 318
Whitlow, J. W., 328
Wiers, R. W., 3
Wilkie, D. M., 76, 95, 313
Wilkinson, A., 318
Wilkinson, K. M., 233
Williams, B. A., 141, 142, 143, 150
Williams, D. A., 75, 76, 78, 80, 114
Williams, D. C., 158, 222
Williams, D. R., 69
Wills, A. J., 224
Winter, J., 142
Winterbauer, N. E., 195, 254, 255
Wirth, O., 159
Wise, L. E., 320
Wisniewski, M. G., 36, 230
Witcher, E. S., 110
Witnauer, J. E., 93, 118, 251, 260
Wixted, J. T., 237, 261
Wolf, G., 90
Wolf, M. M., 216
Wolff, S. B. E., 323
Wolpe, J., 92
Wong, C. J., 129
Wood, W., 3, 124, 187, 188
Woodruff-Pak, D. S., 65, 76
Woods, A. M., 246, 250, 253, 256, 271
Woodson, J. C., 84
Wright, A. A., 316, 334, 369
Wynn, K., 40
Wynne, L. C., 279, 280

## X

Xe, Y. Q., 297

## Y

Yamaguchi, T., 172
Yang, C., 76, 114
Yi, R., 177
Yin, H., 93
Yoshino, T., 290

## Z

Zapata, A., 188
Zeigler, H. P., 95, 130
Zeiss, A. R., 178
Zelikowsky, M., 101, 107
Zentall, T. R., 11, 308, 309, 315, 326, 330, 344, 347, 349
Zimmer-Hart, C. L., 110
Zoladek, L., 319
Zolotor, A. J., 304

# Índice analítico


## A

Adaptabilidad de la habituación y sensibilización, 45-46
Adicción
  asociación E–R y, 188
  castigo y, 297-298
  condicionamiento instrumental y, 191-194
  condicionamiento pavloviano y, 101-102
  el papel de la dopamina en la, 191-194
  teoría del proceso oponente y, 54-55
  terapia de exposición para la, 246
Adquisición, 82, 310-311, 323-325
Almacenamiento y recuperación de alimentos, 344-349
Amígdala, 111-113, 288, 294
Amígdala basolateral, 111. *ver* también amígdala
Amnesia, 334-338
Amnesia retrógrada, 334-338
  definición, 336-337
  explicaciones sobre la, 336-338
  por extinción, 335-336
Analgesia condicionada, 101
Animales
  alternativas al uso de, en la investigación, 25-26
  aprendizaje automatizado y, 14
  aprendizaje del lenguaje en, 371-376
  como modelos de conducta humana, 12-13
  invertebrados, aprendizaje en, 49-51
  laboratorio *versus* conducta normal, 24
  trato ético a los, 25
  uso de, en la investigación, 23-26
  uso de herramientas en los, 370-371
  y desarrollo de fármacos, 13-14
Anorexia y aversión condicionada a la comida, 71
Antropomorfismo, 309
Aplysia, 49
Aprendizaje
  animales no humanos utilizados en la investigación sobre, 23-26
  aspectos metodológicos del estudio del, 16-23
  como una ciencia experimental, 16-20
  definición, 14-16
  diferencia entre desempeño y, 14-15
  enfoque de proceso general para el estudio del, 20-23
  en la extinción, 264-269
  en los invertebrados, 49-51
  factores del, en el control del estímulo y, 221-234
  genes y, 320-323
  instrumental en la médula espinal, 294-297
  sin un estímulo incondicionado, 92-94
  y niveles de análisis, 15-16
Aprendizaje automatizado, y modelos animales, 14
Aprendizaje de aversión al sabor. *ver* condicionamiento de aversión gustativa
Aprendizaje de conceptos abstractos, 369
Aprendizaje de conceptos de nivel superior, 368-369
Aprendizaje de conceptos perceptuales, 364-368
Aprendizaje de objeto, 61
Aprendizaje de pares asociados, 359
Aprendizaje de regla específica, 315-316
Aprendizaje de regla general, 315-316
Aprendizaje de representación serial, 359
Aprendizaje declarativo, 3
Aprendizaje del lenguaje en animales no humanos, 371-376
  componentes de la habilidad lingüística en el, 374-375
  evidencias de "gramática" en los grandes simios, 375-376
  primeros intentos en el entrenamiento del, 372
  procedimientos para el entrenamiento del, 372-374
Aprendizaje del lugar de preferencia, 235
Aprendizaje del orden serial, 355-363
  desempeño en orden serial, 355-359
  técnicas para el estudio del, 359-363
Aprendizaje en los invertebrados, 49-51
Aprendizaje estímulo-estímulo, 98-100
Aprendizaje estímulo-respuesta, 98-100
Aprendizaje gustativo, 36-38, 70-73, 89-90
Aprendizaje/memoria episódica, 311, 346-349
Aprendizaje/memoria procedimental, 3, 311
Arco reflejo, 31
Asociación E–C y expectativa de la recompensa, 188-194
Asociación E–R y la ley del efecto, 187-188
Asociación E(R–C), 194-196
Asociación, reglas de, 6-7
Asociaciones inhibitorias E–R, 264-266
Asociaciones R–C, evidencia de, 194-196
Atención visual en los bebés humanos, 38-40
Autocontrol, 173-178
  descuento del valor y, 174-175
  entrenamiento de la capacidad para el, 177-178
Automodelamiento, 68
Aversión a la comida, 71. *ver* también conducta de evitación; condicionamiento de aversión gustativa
Axón, 19

## B

Bebés humanos
  atención visual en los, 38-40
  condicionamiento del parpadeo en, 65
  memoria en, 331-333
  respuestas reflejas en, 31-32
Bloqueo de respuesta, 280-281
Búsqueda focalizada posterior a la comida, 146, 354. *ver* también teoría de los sistemas de conducta
Búsqueda focalizada previa al alimento, 354

## C

Cadena de respuestas, 358
Caja de Skinner, 22
Cámara con estabilómetro, 41
Cambio, resistencia al, 269-271
Cambios del desarrollo, 16
Capacidad de control de los reforzadores, 146
Capacidad de habituación y sensibilización, 44-45
Capacidad sensorial, 217

Características o funciones relevantes, 13
Características (o señales) geométricas, 325
Carrera de razón, 158
Castigo, 289-304
análisis experimental del, 290-300
características del estímulo aversivo, 290-292
como procedimiento de condicionamiento instrumental, 131
como señal de la disponibilidad del reforzamiento positivo, 300
definición, 273
efectos de la demora en el, 293
efectos de los programas de, 293
efectos de los programas de reforzamiento positivo, 293
efectos del estímulo discriminativo para el, 299-300
fuentes alternativas de reforzamiento positivo en el, 299
fuera del laboratorio, 303-304
ley del efecto negativo y, 302-303
respuesta contingente *versus* respuesta independiente de la estimulación aversiva, 292-293
teoría de la evitación del, 302
teoría de la respuesta emocional condicionada al, 300-301
teorías del, 300-303
tipos y efectos de los programas de reforzamiento positivo en el, 290, 293-298
Castigo corporal, 303-304
Castigo discriminativo, 299-300
Castigo negativo (o entrenamiento de omisión), 132
Castigo positivo, 131
Categorización, 366-368
Categorización y aprendizaje de conceptos, 363-369
conceptos abstractos, 369
conceptos de nivel superior, 368-369
conceptos perceptuales, 364-368
Cerebelo, 66
Ciclos de prueba, 256-257
Circuito anti-recompensa, 54
Clase de equivalencia, 233
Claves (o señales)
configuracionales en estímulos compuestos, 219-220
contextuales, 94, 234-236
de extinción, 258-259
de recuperación, 330
de retroalimentación de cese de la descarga, 149
de retroalimentación de las señales de seguridad, 149
entrenamiento en discriminación centrada en, interoceptivas, 224-225
entrenamiento en discriminación enfocada en, compuestas o configuracionales, 224-227
señal de olvido (señal O), 328-330
y niños humanos, 331-332
Claves configuracionales en estímulos compuestos, 219-220
Claves contextuales y relaciones condicionales, 234-236
Claves de recuperación, 330
generalidad de las, 332
y facilitación o cebado de la memoria, 332-333
Claves (o señales) configuracionales, 225-227
Codificación del estímulo, el problema de la, 323-325
Codificación prospectiva, 325-328
Codificación retrospectiva, 325-328
Codificación temporal, 114
Códigos de navegación, 324-325
Cognición comparada
aprendizaje del lenguaje en animales no humanos, 371-376
aprendizaje del orden serial, 355-363
categorización y aprendizaje de conceptos, 363-369
control temporal de la conducta, 349-355
definición, 308-310
en el almacenamiento y recuperación de los alimentos, 344-349
evolución histórica en el estudio de la, 9-11
genética y, 320-323
mecanismos de la memoria, 307-340
olvido, 333-338
temas especiales en la, 343-376
uso de herramientas en los animales no humanos y, 370-371
Condicionamiento apetitivo, la amígdala en el, 113
Condicionamiento clásico, 59-85
aprendizaje gustativo en el, 70-73
condicionamiento del miedo, 63-64
condicionamiento del parpadeo, 64-66
condicionamiento pavloviano excitatorio, 73-77
condicionamiento pavloviano inhibitorio, 77-83
eficacia de los procedimientos comunes del, 76-77
estimación temporal y teoría de la información, 114-116
hipótesis del comparador del, 116-118
interacciones de la respuesta en la transferencia instrumental pavloviana, 190-191
medición de respuestas condicionadas, 74-75
modelos atencionales del, 113-114
parpadeo condicionado y búsqueda de engramas, 66-68
prevalencia del, 83-85
primeros años del, 60-62,
procedimientos de control para el, 75-76
procedimientos del condicionamiento pavloviano excitatorio, 73-77
seguimiento de señales y seguimiento de objetivo, 68-70
situaciones experimentales en el, 62-73
Condicionamiento configuracional *versus* modulación, 242
Condicionamiento de aversión gustativa, 70-73, 91-92
Condicionamiento de demora corta, 74
Condicionamiento de demora larga, 71-72, 74
Condicionamiento de huella, 74
Condicionamiento de lugar de preferencia, 235
Condicionamiento de orden superior, 92-93
Condicionamiento de primer orden, 93-94
Condicionamiento de segundo orden, 93
Condicionamiento de tercer orden, 93
Condicionamiento de tolerancia a las drogas, 101-102
Condicionamiento del parpadeo, 64-66
Condicionamiento evaluativo, 72
Condicionamiento inhibitorio, 77-83
asociación EC–EI y, 109-110
contingencia o correlación negativa del EC–EI, 80
extinción del, 110
medición del, 81-83
miedo y, 284-285
procedimientos para el, 79-80
prueba de retraso en la adquisición del, 82-83
prueba de sumación, 81-82
prueba del estímulo compuesto del, 81-82
sistemas de respuesta bidireccional en el, 81
Condicionamiento instrumental, 122-152
adicción y, 191-194
asociación E–C en el, 188-194
asociación E–R en el, 187-188
condicionamiento de escape y, 148-150
control de los reforzadores y, 146
diseño triádico y, 146-147
efectos sobre la relación temporal en el, 141-144
elementos fundamentales del, 134-150
enfoques modernos para el estudio del, 125-130
estructura asociativa del, 186-196
expectativa de la recompensa y, 188-194
experimento de superstición y, 144-145
hipótesis de déficit de actividad en el, 147-148
hipótesis de la indefensión, 147-148
hipótesis de la indefensión aprendida, 147
interacciones de la respuesta en el, 190-191
ley del efecto en el, 187-188
mecanismos motivacionales, 185-209
periodicidad de respuestas interinas y terminales, 145-146
pertinencia en el, 136
primeras investigaciones sobre el, 122-124
procedimientos de ensayo discreto, 125-126
procedimientos de operante libre, 126-130
reforzador instrumental en el, 138-140
relación respuesta-reforzador en el, 141-150
relaciones R–C y E(R–C) en el, 194-196
respuesta instrumental en el, 134-138
restricciones en el, 137-138
teoría de los dos procesos en el, 188-189
teoría de los sistemas de conducta y, 137-138
tratamiento de la conducta autolesiva con, 132-133

tratamiento de problemas de conducta con, 132-133
Condicionamiento pavloviano, 73-83, 240-241
Condicionamiento retroactivo, 74
Condicionamiento sexual, 69, 84-85, 103
Condicionamiento simultáneo, 74
Condicionamiento, y la amígdala, 111-113
*ver* también condicionamiento clásico
Conducta apetitiva, 35
Conducta autolesiva, 132-133
Conducta consumatoria, 35
Conducta de congelación, 63-64, 287, 288
Conducta de elección, 155-181
de autocontrol, 173-178
elección compleja y, 172-178
ley de igualación y, 167-169
medidas de, 166
programas concurrentes y, 165-172
programas de reforzamiento concurrente encadenado y, 172-173
programas de reforzamiento intermitente y, 156-165
Conducta de evitación, 274-289
análisis experimental de la, 277-284
bloqueo de la respuesta y, 280-281
conducta de recuperación y, 287-288
conducta defensiva y, 284-289
exposición al EC solo para la extinción de la, 280-281
extinción de la, 280-281
inhibición condicionada del miedo y, 284-285
inminencia depredadora y, 287-288
no discriminada, 281-284
operante libre, 281-284
orígenes del estudio de la, 274-275
procedimiento de evitación discriminada, 275-276
reacciones de defensa específicas de la especie, 286
reforzamiento de, mediante la reducción de la frecuencia de descarga 285-286
señales de seguridad y, 284-285
teoría de los dos procesos de la, 276-277
Conducta de evitación no discriminada, 281-284
Conducta de recuperación, 287-288
Conducta humana compleja, 170
Conducta instrumental, 122
Conducta operante, tasa de ocurrencia de la, 130
Conducta perseverante, 199
Conducta provocada, naturaleza de la 30-35
estimulación repetida y, 36-46
modulación de la, 42-44
organización secuencial de la, 35
patrones de acción modal, 32-34
reflejo, concepto de, 30-32
Conducta supersticiosa, 144-145
Conductas adjuntivas, 354. *ver* también respuestas interinas; respuestas terminales
Congelamiento condicionado. *ver* conducta de congelación
Consolidación, 256
Consolidación de la memoria (recuerdos), 261-263, 338
definición, 336
Contigüidad, 105-106, 141
Contigüidad temporal, 105, 141
Contingencia de tres términos, 187, 196
Contingencia instrumental, 201-202
Contingencia negativa, 132
Contingencia o correlación negativa del EC–EI, 80
Contingencia respuesta-reforzador, 143-144
Contingencias de reforzamiento. *ver* programas de reforzamiento
Contraste anticipatorio negativo, 140
Contraste conductual, 140
Contraste conductual negativo, 140
Control aversivo. *ver* conducta de evitación; castigo
Control condicional, 240-242
de excitación frente a modulación, 242
en el condicionamiento pavloviano, 240-241
modulación *versus* condicionamiento configuracional, 242
Control de estímulo, 211-243
capacidad sensorial y orientación, 217
claves contextuales y, 234-236
claves de configuración en estímulos compuestos, 219-220
discriminación y, 212-213, 221-227
elementos de estímulos compuestos, 219-220
facilidad relativa de condicionamiento de diversos estímulos, 217-218
factores de aprendizaje en el, 220-234
generalización y, 213-215, 215-216
gradiente de generalización para medir el, 213-215
identificación y medición del, 213-215
mediante relaciones condicionales, 240-242
respuesta diferencial y, 212-213
tipo de reforzamiento, 218-219
y reforzamiento variables, 216-220
Control explícitamente no apareado, 75
Control temporal de la conducta, 350-352
modelos de estimación temporal en el, 352-355
osciladores en lugar de marcapasos en el, 355
propiedades del, 351-352
técnicas de estudio del, 350-351
teoría conductual de la estimación temporal, 354-355
teoría de la expectativa escalar, 352-354
Corteza prefrontal, 150-152
Curva de demanda, 204-206

## D

Déficit de actividad, 147-148
Dendritas, 17
Demanda del consumidor, 204-206
Demora en el castigo, efectos de la, 293
Depresión e indefensión, 148
Deriva instintiva, 137-138
Desarrollo de fármacos y pruebas, en modelos animales, 13-14
Descuento por demora, 173-178
definición, 174
en las relaciones humanas, 176-177
Desempeño, 14-15
Desempeño en orden serial, 355
Despolarización, 17
Devaluación del reforzador, 194-196
Discriminación del estímulo, 212-213
definición, 213
procedimiento de, 222
Discriminación intradimensional, 229
Diseño de las pruebas comunes, 100
Diseño del entrenamiento común, 100
Diseño triádico, 146-147
Disminución condicionada de la RI, 100
Dopamina, 191-194, 356-358
Dualismo (cartesiano), 4

## E

EC. *ver* estímulo condicionado (EC)
EC como un factor determinante para la RC, 95-96
EC–EI emparejados, 96, 118
EC–EI, intensidad y saliencia, 89-90
Ecolalia demorada, 199
Economía conductual, 204-208
aportaciones de la, 208-209
Efecto de bloqueo, 104-106
Efecto de cambio de pico, 229-231
Efecto de habituación, 37
Efecto de inhibición latente, 88
Efecto de preexposición al EC, 88
Efecto de preexposición al EI, 89
Efectos de reevaluación, 116
Efecto de renovación, 251
Efecto de sensibilización, 38, 42-46, 47-49
Efecto de la magnitud del reforzamiento en la extinción, 266
Efecto del reforzamiento parcial en la extinción (ERPE), 266
Efecto del sobreentrenamiento en la extinción, 266
Efectos paradójicos de la recompensa, 266-269
EI. *ver* estímulo incondicionado (EI)
Elasticidad de la demanda, 205, 206-208
complementaria, enlace con la, 208
disponibilidad de sustitutos, 206-207
nivel de ingresos, 208
rango de precio, 207
Elección compleja, 172-178
Elección con compromiso, 172
Electrofisiología, 68
Emociones
conducta motivada y, 51-55
conducta provocada y, 51-55
reacciones emocionales y sus consecuencias, 52-53
Empirismo, 6
EMT. *ver* estimulación magnética transcraneal (EMT)
Enfoque de la clave configuracional, 219
Enfoque de la regulación de la respuesta, 196-209
antecedentes del, 197-200
aportes del, 208-209
contingencia instrumental y, 201-202

contingencias de reforzamiento y, 204
demanda del consumidor y, 204-206
efectos del reforzamiento y, 202
hipótesis de privación de la respuesta, 199-200
principio de Premack y, 197-199
teoría de la respuesta consumatoria, 197
y conceptos económicos, 204-208
y terapia conductual, 203
Enfoque de los elementos del estímulo, 219
Enfoque de proceso general, 20-23
Engrama, 66
Engramas, búsqueda de, y parpadeo condicionado, 66-68
Ensayos, tipos de
de condicionamiento, 73
de escape, 275, 276
de evitación, 275, 276
de prueba, 74
número y espaciamiento de los, de extinción, 255-256
procedimientos de ensayo discreto, 125-126
Ensombrecimiento, 217-218
Entrenamiento de compartimiento de alimento o comedero, 128-129
Entrenamiento de omisión, 132-133
Entrenamiento de respuesta común, 232
Entrenamiento del compartimiento y moldeamiento, 128-129
Entrenamiento en discriminación, 221-234
centrada en señales interoceptivas, 224-225
conductas aprendidas en el, 227
del estímulo, 221-227
discriminación intradimensional, 229
efecto del cambio de pico en el, 229-231
efectos sobre el control de estímulos, 223-224
enfocada en señales compuestas o configuracionales, 225-227
en equivalencia de estímulos, 231-234
interacciones entre el E+ y E–, 229-231
Entrenamiento en equivalencia de estímulos, 231-234
Entrenamiento para un resultado común, 232
Equivalencia funcional, 232-233
ERPE. *ver* efecto del reforzamiento parcial en la extinción (ERPE)
Escape condicionado, 148-150
Eslabón de elección, 172-173
Eslabón terminal, 172-173
Espera limitada, 162
Establecimiento de la ocasión, 241, 242
Estado satisfactorio de las atenciones, 197
Estimación de intervalos, 350
Estimación de la duración, 350
Estimación temporal, 349-355
control temporal de la conducta, 350-352
modelos de, 352-355
método de introducción al, 290-292
Estimulación magnética transcraneal (EMT), 356
Estimulación repetida
atención visual en los bebés humanos y, 38-40
efectos de la, 36-46
en la conducta provocada, 42-44
modulación y, 42-44
respuesta de salivación y, 36-37
respuesta de sobresalto y, 40-42
sensibilización y, 42-45
valoraciones hedónicas del sabor y, 36-37
Estímulo apetitivo, 131
Estímulo aversivo, 131
Estímulo condicionado (EC)
como factor determinante para la RC, 95-96
definición, 62
efecto de la preexposición al EC, 88-89
exposición al EC solo, para la extinción de la conducta de evitación, 280-281
intensidad, 89-90
intervalo EC–EI, 74, 76
relevancia o pertinencia del EC–EI, 90-92
saliencia, 89-90
Estímulo discriminativo, 222, 299-300
Estímulo incondicionado (EI)
aprendizaje sin un, 92-94
como un factor determinante para la RC, 94-95
condicionamiento pavloviano como modificación de las respuestas al, 100-103
definición, 62
devaluación del, 99
efecto de preexposición al, 89
intensidad del, 89-90
intervalo EC–EI, 74, 76
relevancia o pertinencia del EC–EI, 90-92
saliencia, 89-90
Estímulo liberador, 33
Estímulo provocador, 30
Estímulo signo, 33
Estímulo supranormal, 33
Estímulos compuestos, 219-220, 259-260
Estímulos orosensoriales, 61
Estructura asociativa del condicionamiento instrumental, 186-196
Etapas del procesamiento de la información, 310-311
Etología cognitiva, 308
Evento molesto, 124
Evento satisfactorio, 124
Evitación, 134
definición, 273
Evitación activa, 274
Evitación de vaivén, 276
Evitación discriminada, 275
Evitación en la caja de vaivén en dos sentidos, 276
Evitación en un sentido, 276
Evitación pasiva, 274
Evitación señalada, 275
Excitación frente a modulación, 242
Expectativa de la recompensa, 188-194
Expectativas de recompensa-específica, 194
Extinción, 245-271
actualización de la memoria para la reconsolidación, 260-264
amnesia retrógrada por, 335-336
aprendizaje en, 264-266
asociaciones inhibitorias E–R y, 265-266
de conductas de evitación, 280-281
de estímulos compuestos, 259-260
de la excitación, 110
de la inhibición, 110
definición, 246
efecto del reforzamiento parcial en la, mecanismo del, 267-269
efectos de los procedimientos de, 247-249
efectos paradójicos de la recompensa en la, 266-266
en múltiples contextos, 257-258
formas de recuperación de la, 249-255
inmediata *versus* retardada, 256
número y espaciamiento de los ensayos de, 255-256
momento conductual y, 269-271
optimización de la, 255-264
presentación de señales recordatorias de la, 258-259
recuperación espontánea y, 249-250
renovación de la respuesta condicionada, 250-252
resistencia al cambio y momento conductual, 269-271
restablecimiento de la respuesta condicionada, 252-253
resurgimiento de la conducta condicionada, 254-255
teoría de la frustración y, 268
teoría secuencial y, 268-269

## F

Facilitación, 241, 242
Facilitación de la memoria (cebado), 332-334
Falla de consolidación, 336
Falla de recuperación, 330
Fatiga, 15
Fatiga de la respuesta *versus* habituación, 45-46
Fertilidad condicionada, 103
Festón del intervalo fijo, 160
Función de decaimiento hiperbólico, 175
Función de descuento de valor, 174
Función del hipocampo, 237-239
Funciones de retroalimentación
programas y, 164-165
señales de retroalimentación de la señal de seguridad, 149
Frustración, 248

## G

Ganglios basales, 179
Generalización
a nuevos ejemplares, 364
en el control de estímulos, 213-215
Generalización del estímulo, 213-215, 215-216
Genes y aprendizaje, 320-323
Gradiente de generalización del estímulo, 214-215
Gradiente de generalización excitatorio, 229

## H

Habilidad lingüística, en los simios, 374-375
Habituación
adaptabilidad de la, 44-45
adaptación sensorial *versus*, 46

estimulación repetida y, 36
fatiga de la respuesta frente a la, 45-46
sensibilización y, 46-49
teoría del proceso dual de la, 47-49
Habituación *versus* adaptación sensorial, 46-47
Hedonismo, 6
Hipocampo, 66, 111
Hipótesis de codificación temporal, 76, 114
Hipótesis de déficit de atención, 148
Hipótesis de discriminación, 268
Hipótesis de privación de la respuesta, 199-200
Hipótesis de la indefensión aprendida, 147
Hipótesis de la señal de seguridad, 285
Hipótesis del comparador del condicionamiento, 116-118
Hipótesis del tiempo relativo de espera, 115
Homeostasis, 53

## I

Igualación demorada a la muestra, 312-316
aprendizaje de regla general *versus* regla específica, 315-316
determinantes procedimentales de la, 313-315
Importancia adaptativa del aprendizaje, 16
Indefensión, 146-152
Indefensión aprendida
efecto de la, 146
papel de la corteza prefrontal y del rafe dorsal en la, 150-152
Inhibición condicionada, 109-110, 284-285
Inminencia depredadora, 287-289
Innatismo, 5
Inteligencia animal, 123
Inteligencia artificial, 14
Intensidad del EC–EI, 89-90
Interacciones de la respuesta en la transferencia instrumental pavloviana, 190-191
Interacciones entre el E+ y el E–, 229-231
Interferencia proactiva, 334
Interferencia retroactiva, 334
Interneurona, 31
Intervalo de huella, 74
Intervalo de retención, 310
Intervalo E–E (descarga-descarga), 282
Intervalo EC–EI, 96-98, 114
Intervalo entre ensayos, 74
Intervalo entre estímulos, 74
Intervalo R–E (respuesta-descarga), 282
Inundación, 280
Invariancia escalar, 351-352

## L

Laberinto de agua de Morris, 316-317
Laberinto de brazos radiales, 317-320
Latencia de la conducta en los corredores del laberinto, 126
Latencia de la respuesta condicionada, 75
Lenguaje de señas americano, 372
Ley de igualación, 167-169
conducta de elección (de alternativas) y, 167-169
conducta humana compleja y, 170
maximización molar y, 171
maximización molecular y, 170-171
mecanismos de la, 169-172,
mejoramiento y, 171-172
sesgo de respuesta y, 168-169
tasas de reforzamiento y, 169-170
Ley del efecto, 124, 187-188
Ley del efecto negativo, 302-303

## M

Maduración, 15
Magnitud de la respuesta condicionada, 74
Manipulación e ingestión de alimento, 35
Mapas cognitivos, 324-325
Marcapasos, 353-355
Maximización molar, 171
Maximización molecular, 170-171
Mecanismos de condicionamiento clásico, 87-119
aprendizaje E–R *versus* E–E, 98-100
aprendizaje sin estímulo incondicionado, 92-94
efecto de bloqueo, 104-106
efecto de la preexposición al EI, 89
eficacia de los estímulos, 88-94
el EI como un factor determinante para la RC, 94-95
modelo Rescorla-Wagner, 106-113
precondicionamiento sensorial, 93-94
respuesta compensatoria condicionada y, 102
respuesta condicionada y sistemas de conducta, 97-98
sistemas de conducta, 97-98
Mecanismos de la memoria, 307-340
adquisición y el problema de la codificación del estímulo, 323-325
codificación prospectiva y, 325-328
códigos de navegación y, 324-325
en niños humanos, 331-333
igualación demorada a la muestra, 312-316
laberinto de agua de Morris y, 316-317
laberinto de brazos radiales y, 317-320
mapas cognitivos y, 324-325
memoria de referencia, 311-312
memoria de trabajo, 311-312
recuperación y, 330-333
retención y el problema del repaso, 328-330
Mecanismos neurobiológicos dopaminérgicos, 89
Médula espinal
aprendizaje instrumental dentro de la, 294-297
definición, 294
Mejoramiento, 171-172
Memoria, 310-311
etapas del procesamiento de la información, 310-311
tipos de, 311
Memoria de referencia, 311-312
Memoria de trabajo, 311-312
Memoria episódica, 237
Memoria espacial, 316-320, 345-346
Mentalismo, 5
Miedo (temor). *ver también* conducta de evitación
condicionamiento clásico y, 63-64
inhibición condicionada y, 284-285
medición del, 278-280
reacciones o respuestas de sobresalto y, 43-44
restablecimiento de, 252-253
Modelo de desviación mínima, 202
Modelo de sustitución de estímulo, 95
Modelo de tolerancia a las drogas condicionada, 101-102
Modelo Rescorla-Wagner, 106-113
extinción de la excitación y la inhibición en el, 110
inhibición condicionada y, 109-110
para el efecto de bloqueo, 108
pérdida del valor asociativo y, 108-109
problemas con el, 110
Modelos atencionales del condicionamiento, 113-114
Modelos de estimación temporal, 352-355. *ver también* control temporal de la conducta
Modelos teóricos de estimación temporal e información, 114-116
Modificación condicionada de la RI, 100-103
Modificación secuencial, 215
Modo de búsqueda focalizada, 35, 146
Modo de búsqueda general, 35, 146
Modulación
de la conducta provocada, 42-44
distinción de la, respecto de la excitación, 242
*versus* condicionamiento configuracional, 242
Modulador, 240
Moldeamiento
entrenamiento del comedero o compartimiento y, 128-129
y conducta nueva, 129-130
Moldeamiento de respuesta, 129
Momento conductual, 269-271
Motivación
emociones y, 51-55
mecanismos de la, 185-209
posefectos oponentes y, 54
teoría del proceso oponente de la, 52-55

## N

Nervismo, 11
Neurobiología, del tiempo, 356-358
Neuroeconomía, 179-181
Neurofuncionalismo, 297
Neurología, funcional, 11-12
Neurona aferente, 30
Neurona eferente, 30
Neurona motora, 30, 46, 50
Neurona sensorial, 30, 49-51
Neuronas, 17
Neurotransmisor, 19
Niveles de análisis del aprendizaje, 15-16
Novedad de los estímulos, 88-89
Núcleo central de la amígdala, 112, 113

## O

Olvido, 246, 333-338
Olvido dirigido, 328-330
Operante libre

conducta, 130
conducta de evitación de, 281-284
demostraciones del aprendizaje de evitación de, 282-284
entrenamiento del compartimento, 128-129
moldeamiento, 128-129
procedimientos de, 126-130
tasa de respuesta como medida de la conducta operante, 130
Optogenética, 322
Organización secuencial, de la conducta, 35
Orientación, y capacidad sensorial, 217
Osciladores, 354

## P

PAM. *ver* patrones de acción modal (PAM)
Patrón negativo, 226
Patrón positivo, 226
Patrones de acción modal (PAM), 32-34
Patrones de acción modal típicos de la especie, 32
Pausa posreforzamiento, 158, 159, 160
Pausa prerazón, 159
Pérdida del valor asociativo, 108-109
Periodicidad de las respuestas interinas y terminales, 145-146
Pertinencia, 90-92, 136-137
Posefectos oponentes y motivación, 54-55
Postergación, 160
Potenciación a largo plazo (PLP), 238, 320
Potencial de acción, 19
Precondicionamiento sensorial, 93-94
Principio de Premack, aplicaciones del, 198-199
Principio de probabilidad diferencial. *ver* principio de Premack
Probabilidad de la respuesta condicionada, 75
Problema de imagen-palabra en la enseñanza de la lectura, 106
Problemas de conducta, tratamiento de los, 132-133
Procedimiento de cadena simultánea, 359
Procedimiento de condicionamiento instrumental, 130-133
castigo, 131
entrenamiento de omisión o castigo negativo, 132-133
reforzamiento negativo, 132
reforzamiento positivo, 131
Procedimiento de control aleatorio, 75
Procedimientos de ensayo discreto, 125-126
Procedimiento de ensayo único, 316
Procedimiento de escape del miedo (PEM), 278
Procedimiento de evitación discriminada, 275-276
Procedimiento de marcado, 142
Procedimiento de operante libre, 126-130
Procedimiento de pico, 350
Procedimiento de supresión de lengüeteo, 64
Procedimientos pavlovianos de condicionamiento excitatorio, 73-77
Proceso *a*. *ver* proceso primario
Proceso *b*. *ver* teoría motivacional del proceso oponente
Proceso de habituación, 47
Proceso de sensibilización, 47
Proceso primario, 53
Producción de la duración, 350
Programa de reforzamiento de intervalo fijo, 160-161
Programa de reforzamiento de intervalo variable, 161-162
Programa de reforzamiento de razón fija, 157-159, 160
Programa de reforzamiento de razón variable, 159-160
Programa de reforzamiento múltiple, 222
Programas concurrentes, 165-172
Programas de reforzamiento
castigo y, 290, 293-300
disponibilidad limitada y, 162
funciones de retroalimentación y, 164-165
intermitente, 156-165
programa de intervalo fijo, 160-161
programa de intervalo variable, 161-162
programa de razón fija, 157-159, 160
programa de razón variable 159-160
programa de reforzamiento múltiple, 222
programas de intervalo, 160-165
programas de razón, 157-160, 162-165
reforzamiento de TER y, 163-164
Programas de reforzamiento concurrente encadenado, 172-173
Programas de reforzamiento de intervalo, 160-165
Programas de reforzamiento de razón, 157-160, 162-165
Programas de reforzamiento intermitente, 156-165
Programas de reforzamiento positivo, 293-298
Prueba de sumación, 81-82
Prueba de transferencia instrumental pavloviana, 189
interacciones de respuesta en la, 190-191
Prueba del estímulo compuesto, 81-82
Prueba del retraso en la adquisición, 82-83
Pseudocondicionamiento, 75
Punto de deleite conductual, 201
Puntos de referencia, 218, 319, 324, 325

## Q

Quimioterapia y aversión condicionada a la comida, 3, 71

## R

Rafe dorsal, 151-152
Ratón *knockout* con un gen específico modificado, 321
Ratón transgénico, 321
RC. *ver* respuesta condicionada (RC)
RDEE. *ver* reacciones de defensa específicas de la especie (RDEE)
RDO, *ver* reforzamiento diferencial de otras conductas (ROO)
Reacciones de defensa específicas de la especie (RDEE), 286
Reacciones defensivas y conducta, 34, 286
REC. *ver* respuesta emocional condicionada (REC)
Receptor NMDA, 111, 239, 295
Recompensa. *ver también* reforzamiento positivo
expectativa de la, 188-194
papel de la dopamina en la, 191-194
Reconsolidación, 260-263, 339-340
Reconsolidación de la memoria, 260-263
Recuperación, 310, 330-333
Recuperación espontánea, 42, 48, 249-250
Reducción de la frecuencia de descarga, 285
RFC. *ver* reforzamiento continuo (RFC)
Reflejo de oclusión de las vías respiratorias, 31
Reflejos, 4, 7-9, 30-32
Reflexividad, 233
Reflexología, 5
Reforzador condicionado, 142
Reforzador instrumental, 138-140
cambios en la calidad o cantidad del reforzador, 139-140
cantidad y calidad del, 138-139
Reforzador secundario, 142
Reforzamiento
capacidad de control del, 146
de aproximaciones sucesivas a la conducta final, 129
de evitación mediante la reducción de la frecuencia de descarga, 285-286
efectos del, en el control de estímulos, 218-219
ley de la igualación y tasas de, 169-170
programas de, intermitente, 155-181
Reforzamiento accidental o fortuito, 144
Reforzamiento continuo (RFC), 157, 248, 266-268
Reforzamiento diferencial de otras conductas (RDO), 132-133
Reforzamiento intermitente, 267
Reforzamiento negativo, 132
Reforzamiento positivo
como procedimiento de condicionamiento instrumental, 131
y los efectos del castigo, 293-300
y programas de reforzamiento, 155-181, 293-298
Registro acumulativo, 157
Reglas de asociación, 6-7
Relación causal, 141
Relación condicional, 240
Relación respuesta-reforzador, 141-150
Relación temporal
definición, 141
efectos de la, 141-143
Relaciones binarias, 240
Relaciones emergentes, 234
Relaciones jerárquicas E(R–C), 196
Relaciones R–C y E(R–C), 194-196
Relevancia EC–EI, 90-92
Relevancia o pertinencia, 90-92, 136-137
Renovación de la respuesta condicionada, 250-252
Reproducción condicionada, 103
Resistencia al cambio, 269-271
Resonancia magnética funcional (IRMIf), imágenes de, 179, 356
Respuesta condicionada (RC), 62, 95-96
Respuesta condicionada y sistemas de conducta, 97-98

Respuesta contingente a la estimulación, 292-293
Respuesta correspondiente, 30
Respuesta de huida o pelea, 288
Respuesta de salivación, 36-37
Respuesta de sobresalto, 40-42
Respuesta de sobresalto ante un ataque inminente, 287, 288
Respuesta diferencial, 212-213
Respuesta emocional condicionada (REC), 300-301
Respuesta incondicionada (RI), 62
Respuesta independiente de la estimulación aversiva, 292-293
Respuesta instrumental, 128, 134-138
Respuesta operante, 128
Respuestas condicionadas compensatorias, 102
Respuestas interinas, 145-146
Respuestas terminales, 145-146
Restablecimiento de la respuesta condicionada, 252-253
Resurgimiento de la conducta condicionada, 254-255
Retención, 328-330
Revolución cognitiva, 187
RI. *ver* respuesta incondicionada (RI)
Ritmos circadianos, 355

## S

Saliencia del EC–EI, 89-90
Saliencia del estímulo, 90
Secreciones psíquicas, 60
Sensibilidad táctil, 44
Seguimiento de la baliza, 324
Seguimiento de señal, 68-70
Señal de olvido (señal O), 328-330
Señal O (señal de olvido), 328-330
Señales compuestas, 225-227
Señales de retroalimentación de cese de la descarga, 149
Señales de retroalimentación de la señal de seguridad, 149
Señales de seguridad, 284-285
Señales del comparador, 116-118
Señales interoceptivas, 224-225
Sesgo de respuesta, 168-169
SGP. *ver* sustancia gris periacueductal (SGP)
Sílabas sin sentido, 7
Simetría, 233
Simulaciones por computadora, del aprendizaje, 26
Sinapsis, 19
Síntesis de proteínas, 261-263, 320, 336
Sistema de estado, 47
Sistema E-R, 47
Sistema límbico, 68, 111, 113
Sistemas de respuesta bidireccionales, 81
Sobrecorrección, 290
Sobreigualación, 168-169
Subigualación, 168-169
Supresión condicionada, 64
Sustancia gris periacueductal (SGP), 112-113

## T

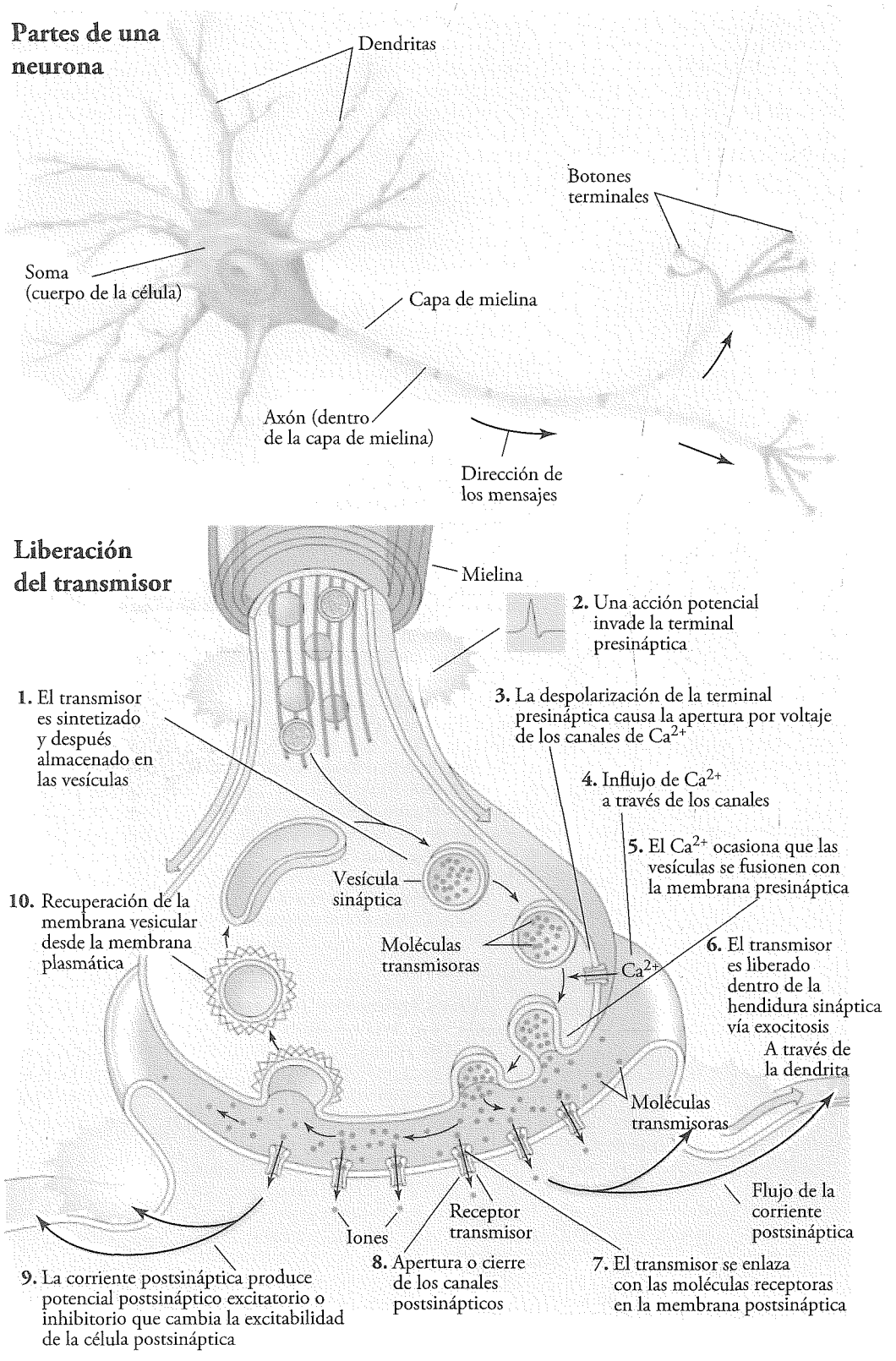
Tasa de reforzamiento, 270
Tasa de respuesta, 130, 159-160, 164, 166
Tasa local de respuesta, 171
Tasa relativa de respuesta, 166
Técnica modelo/rival, 372
TEE. *ver* teoría de la expectativa escalar (TEE)
Tensión de razón, 158
Teoría conductual de la estimación temporal, 354-355
Teoría de evitación del castigo, 302
Teoría de la expectativa escalar (TEE), 353-354
Teoría de la frustración, 268
Teoría de la respuesta consumatoria, 197
Teoría de los dos procesos
  de la evitación, 276-277
  definición, 277
  del condicionamiento instrumental, 188-189
Teoría de los sistemas de conducta, 137-138
Teoría del proceso dual de la habituación, 47-49
Teoría motivacional del proceso oponente, 53-55
  después de una exposición prolongada al estímulo, 54
  durante la exposición al estímulo inicial, 53-54
  posefectos y motivación, 54-55
Teoría secuencial, 268-269
TEPT. *ver* trastorno de estrés postraumático (TEPT)
TER. *ver* tiempo entre respuestas
Terapia
  conductual, 215-216
  de exposición, 246, 255-259
  implosiva, 280
  para la conducta autolesiva, 132-133
Terapia de exposición, 246, 255-259
Terapia implosiva, 280
Tiempo entre respuestas (TER), 163-164
Tiempo fuera, 290
Tolerancia a las drogas, 52, 84, 101-102
Transferencia instrumental pavloviana, 190-191
Transitividad, 233
Trastorno de estrés postraumático (TEPT), 34, 148
Trastornos alimentarios y condicionamiento de aversión a la comida, 71
Trato ético a los animales, 25
Trato humanitario a los animales, 24-25

## U

Uso de herramientas en los animales no humanos, 370-371
Uso de la "gramática" en los grandes simios, 375-376

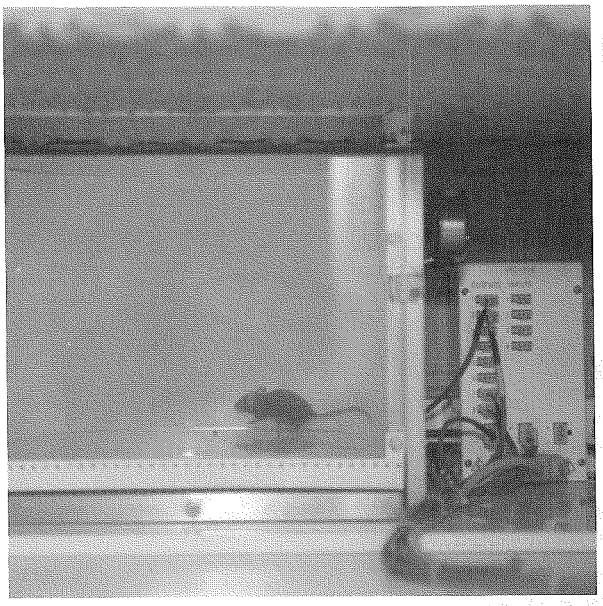
## V

Valoraciones hedónicas del sabor, 36-37
Variabilidad conductual *versus* estereotipia, 134-136
Variabilidad de la respuesta, 134
Velocidad de la carrera, 125-126
Ventana de consolidación, 336



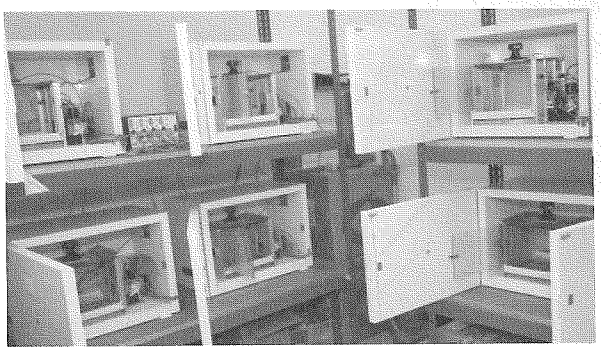

© Cengage Learning, 2015

**FIGURA (i)**



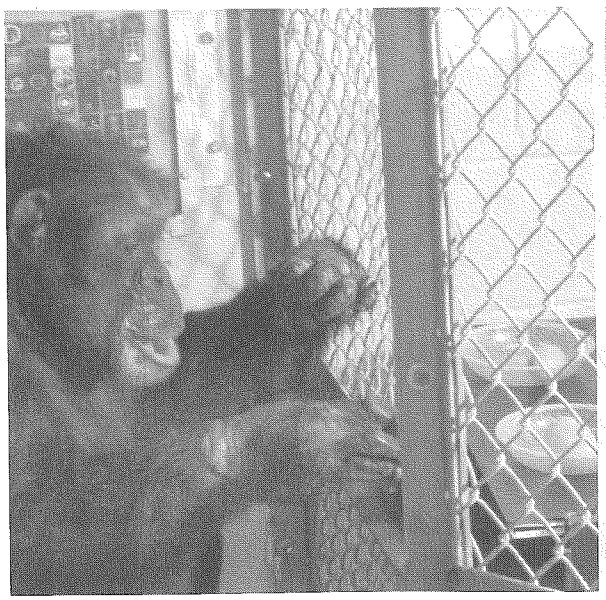
Cortesía de Michael Fanselow

Ratón en una prueba de contexto del condicionamiento del miedo.



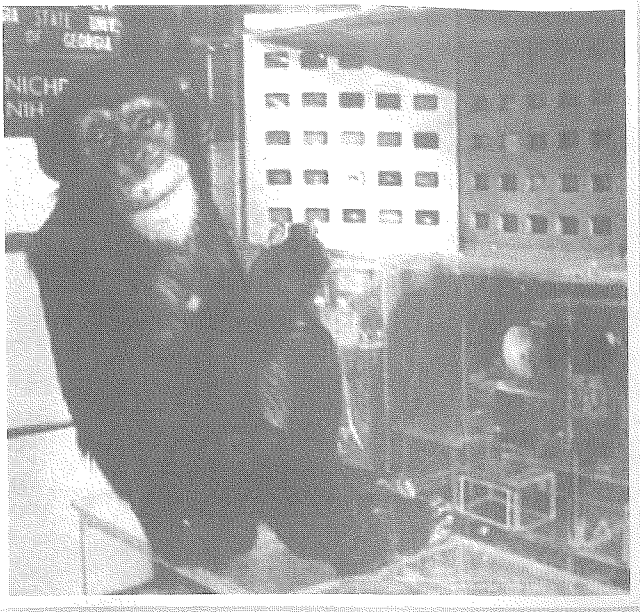
Cortesía de Michael Fanselow

Cámaras experimentales utilizadas en el condicionamiento del miedo.



Cortesía de Michael Beran

El chimpancé *Sherman* trabajando en una tarea de discriminación intradimensional.



Cortesía de Michael Beran

La chimpancé *Lana* utilizando el teclado de un lexigrama.



Cortesía de Aaron Blaisdell

Paloma en una prueba de cognición comparada.

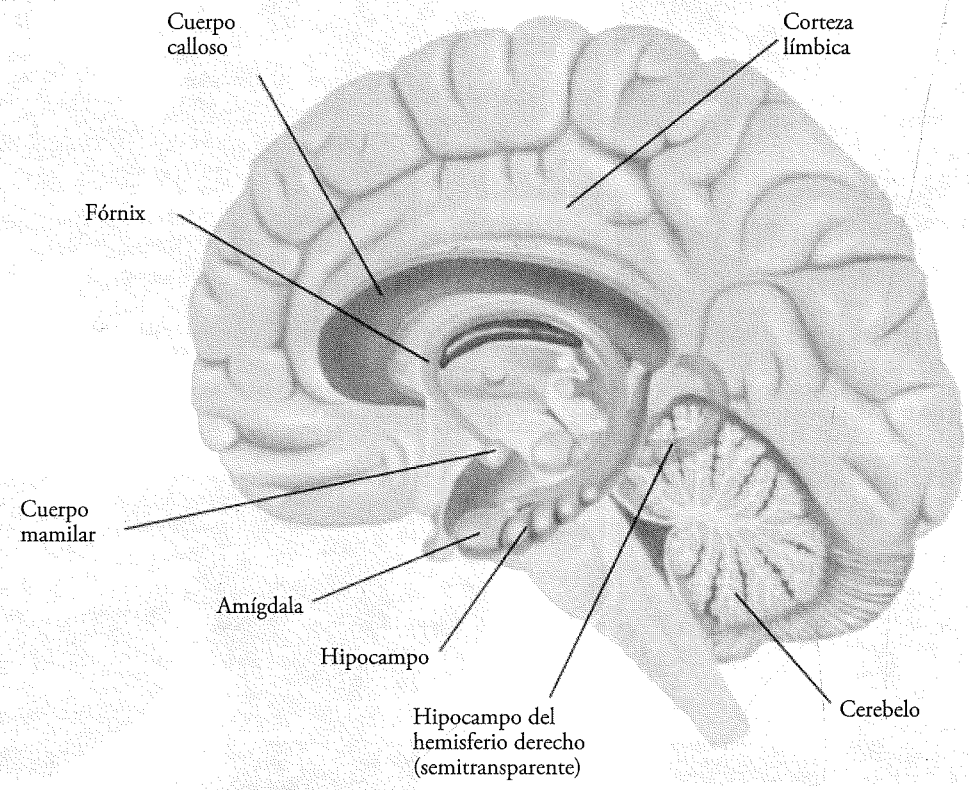


Cortesía de Michael Domjan

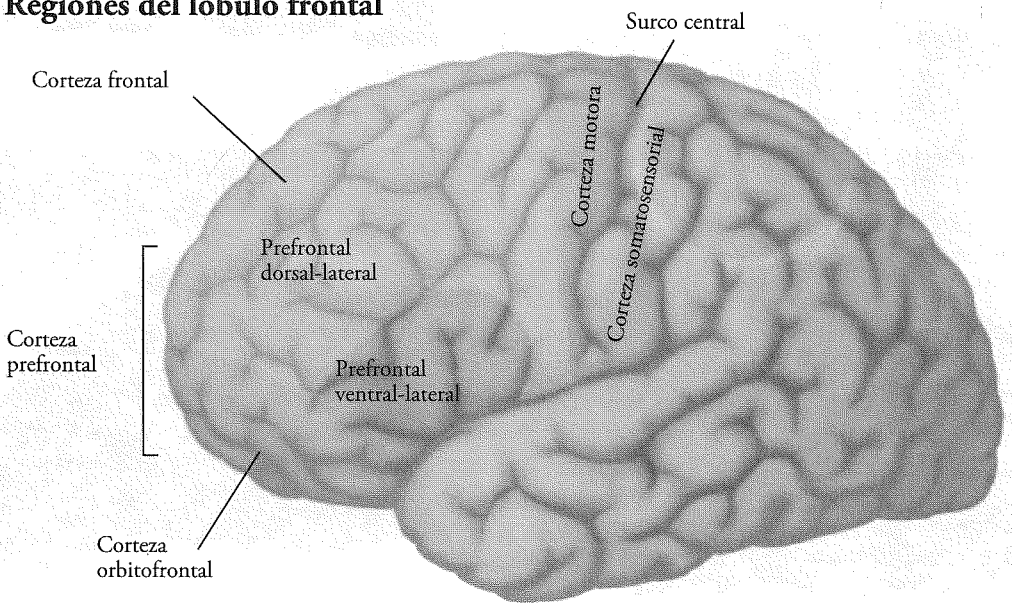
Codorniz macho mostrando una respuesta al fetiche de condicionamiento sexual.

**FIGURA (ii)**

## El sistema límbico



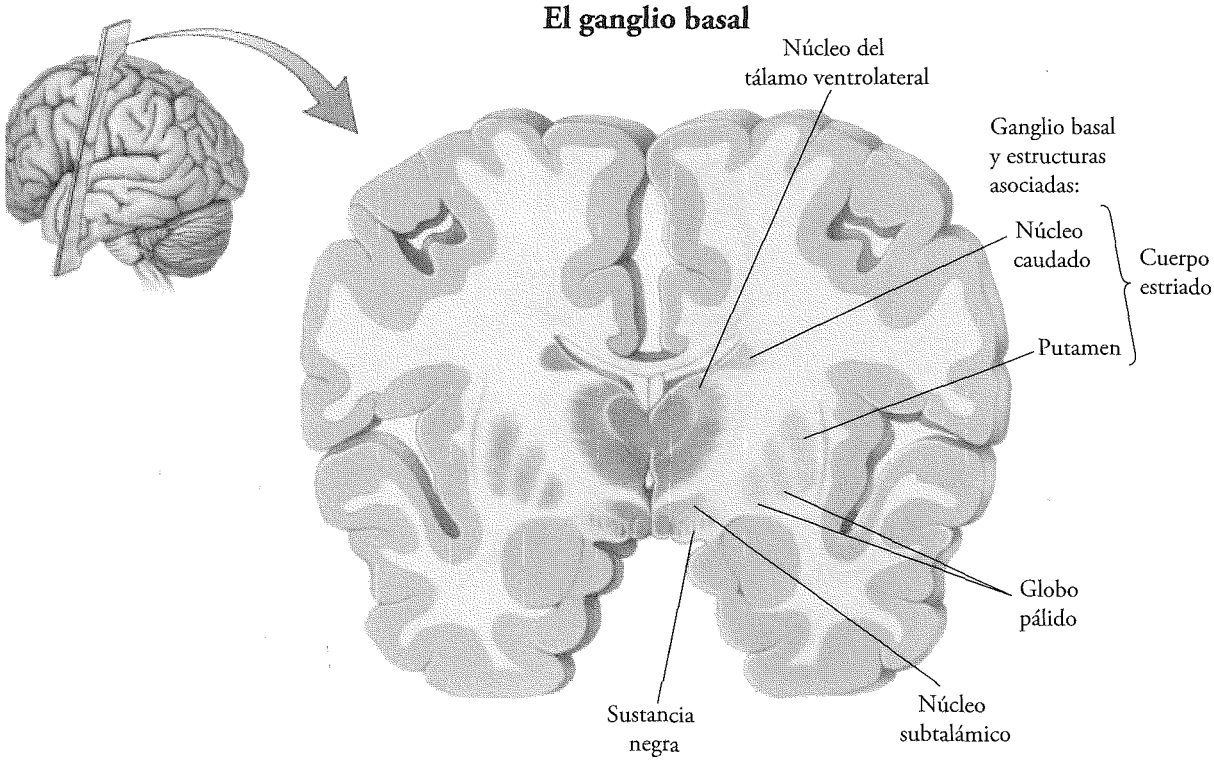

## Regiones del lóbulo frontal



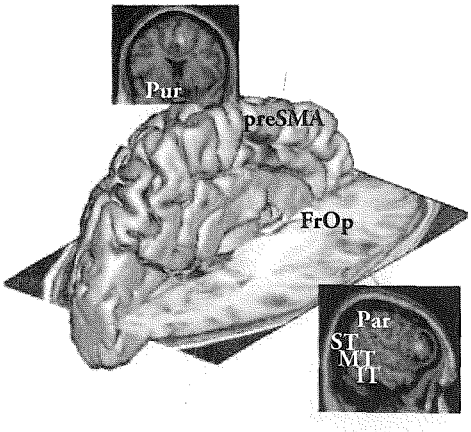

© Cengage Learning, 2015

**FIGURA (iii)**

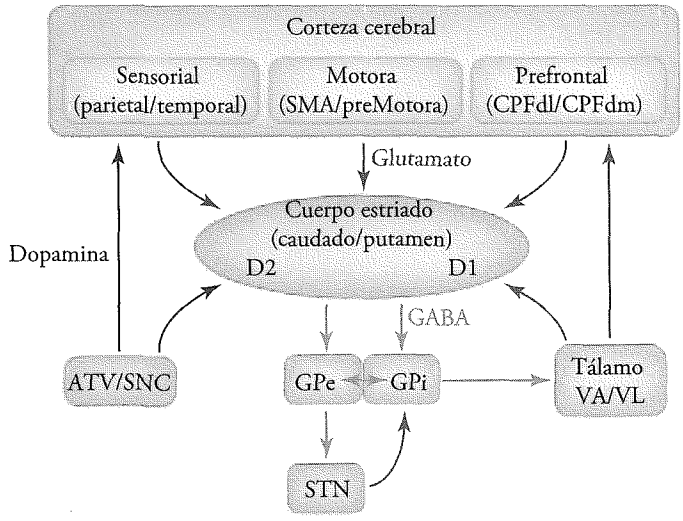
## El ganglio basal




## Estimación del intervalo: imágenes funcionales




## Modelo neurobiológico de la estimación del intervalo




© Cengage Learning, 2015

**FIGURA (iv)**