

CAPÍTULO 2

Patrones de conducta innata y habituación

James E. Mazur

Learning and Behavior

7º edición

Traducción: María Elena Ortiz

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo, deberás ser capaz de:

- Describir los principales conceptos de la teoría de los sistemas de control y aplicarlos a ejemplos vivientes y no vivientes de conducta dirigida a metas
- Describir cuatro tipos distintos de patrones de conducta innata y explicar sus diferencias
- Describir algunas capacidades y predisposiciones humanas que pueden ser innatas
- Definir la habituación y mencionar los principios generales de la misma que se encuentran en todas las especies animales
- Analizar lo que se sabe sobre los mecanismos fisiológicos de la habituación
- Describir la teoría del proceso oponente y hacer el diagrama del patrón típico de una respuesta emocional a un estímulo novedoso y a otro que se ha repetido en varias ocasiones.

Cuando un animal nace, ya está dotado de diversas habilidades complejas. Su supervivencia inmediata depende de la capacidad de respirar y bombear sangre por sus venas. Si se trata de un mamífero, tiene la capacidad para regular su temperatura dentro de estrechos límites. Si su supervivencia depende de la capacidad de huir de los depredadores, es posible que empiece a caminar y correr minutos después del nacimiento. Los animales recién nacidos también están equipados con una variedad de capacidades sensoriales. Como demostraron Hubel y Wiesel (1963), los gatitos recién nacidos poseen células visuales sensibles a los colores, bordes y probablemente a otros aspectos del mundo visual. Esas estructuras sensoriales innatas de ningún modo se limitan a los gatitos o al sistema visual.

Un propósito importante de este capítulo es brindar ejemplos de los tipos de capacidades conductuales que un animal puede poseer cuando llega al mundo. Existen buenas razones para examinar los patrones de conducta innata en un texto sobre aprendizaje. Primero, muchas conductas aprendidas son derivados, extensiones o variaciones de conductas innatas. Segundo, muchos de los rasgos de las conductas aprendidas (por ejemplo, el hecho de que son controladas por estímulos ambientales, sus mecanismos de secuenciación temporal) tienen paralelos en los patrones de conducta innata. Otro propósito de este capítulo es examinar el fenómeno de la habituación, que suele considerarse el tipo más simple de aprendizaje.

La mayoría de los ejemplos de patrones de conducta innata que se describen en este capítulo se basan en el trabajo de los **etólogos**, científicos que estudian la forma en que los animales se comportan en sus ambientes naturales. Aunque tanto etólogos como psicólogos en el campo del aprendizaje estudian la conducta animal, sus propósitos y estrategias son diferentes. Los

psicólogos del aprendizaje utilizan ambientes de prueba que suelen ser áridos y artificiales porque su meta es descubrir principios generales de aprendizaje que no dependen de tipos específicos de estímulos. Por su parte, los etólogos suelen realizar sus experimentos en el hábitat natural del animal o en un escenario seminaturalista porque su propósito es conocer cómo contribuye la conducta de un animal a que sobreviva en su ambiente. Los etólogos se interesan en conductas tanto aprendidas como innatas, y muchos de los patrones conductuales que han estudiado en detalle son específicos de la especie (exclusivos de una especie).

Una característica común a muchas conductas, aprendidas e innatas, es que parecen tener un propósito o estar dirigidas a una meta. Como veremos, esto es cierto lo mismo para algunos de nuestros reflejos más primitivos como para nuestras habilidades más complejas. Por esta razón será útil empezar el capítulo con la revisión de algunos conceptos de la **teoría de los sistemas de control**, una rama de la ciencia que se ocupa de las conductas dirigidas a metas tanto en criaturas vivas como en objetos inanimados.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DIRIGIDOS A METAS

La teoría de los sistemas de control ofrece un marco general para analizar una gran variedad de sistemas dirigidos a metas. La terminología usada aquí se basa en el trabajo de McFarland (1971). El sistema de calefacción de una casa es un ejemplo relativamente simple de un sistema inanimado dirigido a una meta. El propósito del sistema de calefacción es mantener la temperatura de la casa por arriba de algún nivel mínimo, digamos 18 grados Celsius. Si la temperatura de la casa cae por debajo de los 18 grados el sistema de calefacción de la casa entra en acción de manera “espontánea”, empezando a caldear el ambiente. Actividad que cesa una vez que se alcanza la

temperatura meta. Por supuesto, sabemos que en este proceso no hay nada mágico. La actividad del sistema de calefacción es controlada por el termostato, que depende del hecho de que los metales se expanden al ser calentados y se contraen cuando son enfriados. El enfriamiento de los metales del termostato los hacen curvarse y cerrar un interruptor eléctrico, empezando así el caldeoamiento. El calentamiento de los metales abre el interruptor y detiene el caldeoamiento.

El termostato es un ejemplo de un concepto fundamental en la teoría de los sistemas de control, el **comparador**. Como se muestra en la Figura 1, un comparador recibe dos tipos de entrada, la **entrada de referencia** y la **entrada real**. La entrada de referencia a menudo no es una entidad física sino una conceptual (la temperatura que, cuando se alcance, será suficiente para abrir el interruptor y detener el caldeoamiento). Por otro lado, la entrada real mide alguna característica física real del ambiente presente, en este caso, la temperatura del aire en la cercanía del termostato.

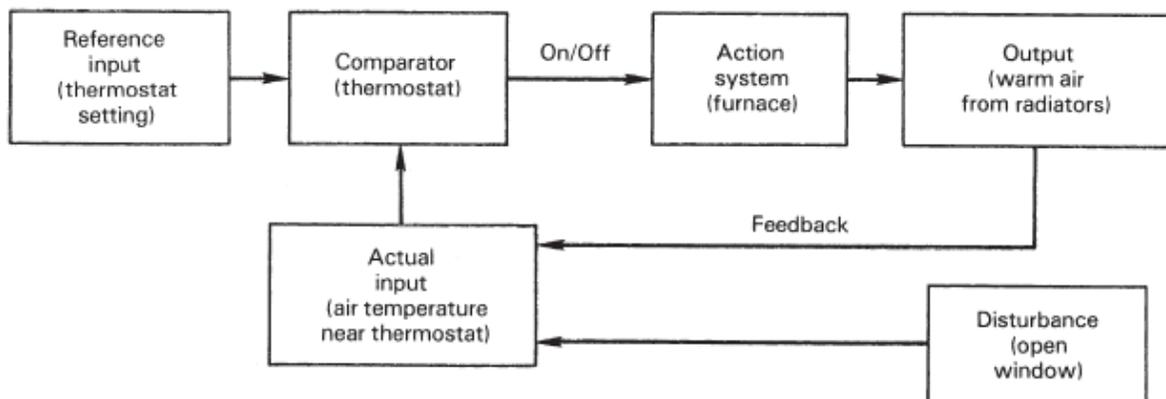


FIGURA 1. Conceptos de la teoría de sistemas de control aplicados al sistema de calefacción de una casa.

Cualquier comparador tiene reglas que sigue para determinar, con base en la entrada real actual y la entrada de referencia, cuál será su resultado. En el caso de un termostato, el resultado es un comando de encender/apagar la caldera, lo que es un ejemplo de un *sistema de acción*. Las reglas que sigue el termostato podrían ser las siguientes: (1) Si la caldera está apagada y la temperatura del aire es un grado menor a la entrada de referencia, enciende la caldera; (2) si la caldera está encendida y la temperatura del aire es un grado mayor a la entrada de referencia, apaga la caldera. En un escenario de 18 grados Celsius esas reglas mantendrían la temperatura del aire entre 17 y 19 grados Celsius.

Se conoce como *salida al producto* del sistema de acción -en este ejemplo, la entrada de aire caliente de los radiadores. Como muestra la Figura 1, la salida del sistema de acción retroalimenta y afecta la entrada real al comparador. Por esta razón, es común que los sistemas dirigidos a metas se conozcan como *sistemas de retroalimentación* o *sistemas de bucle cerrado*. Existe al parecer una estrecha relación entre la salida del sistema de acción (el aire caliente) y la entrada real al comparador (temperatura del aire), por lo que uno podría preguntarse por qué se necesitan dos términos separados para describirlos. La razón es que no siempre existe una relación estrecha entre la salida del sistema de acción y la entrada real, ya que otros factores pueden afectar la entrada real. Un ejemplo es la *alteración* que se describe en la Figura 1. Una ventana abierta en un día frío también afectará la temperatura del aire cerca del termostato, que entonces podría ser muy diferente de la temperatura del aire que proviene de los radiadores.

Este ejemplo ilustra seis de los conceptos más importantes de la teoría de los sistemas de control: comparador, entrada de referencia, entrada real, sistema de acción, salida y alteración. En este texto encontraremos muchos ejemplos de conductas dirigidas a metas, y a menudo será útil tratar de identificar *en esos ejemplos los diferentes componentes del bucle de retroalimentación*. La sección sobre los reflejos es la primera de muchas secciones de este texto en que se hará uso de los conceptos de la teoría de los sistemas de control.

REFLEJOS

Un **reflejo** es un patrón estereotipado de movimiento de una parte del cuerpo que es provocado de manera confiable por la presentación del estímulo apropiado. Es probable que estés familiarizado con el reflejo rotuliano (flexión de la rodilla): si se sostiene la pierna de una persona de modo que el pie no toque el piso y la parte inferior de la pierna pueda oscilar con libertad, un ligero golpe con un martillo de goma debajo de la rótula provocará un pequeño movimiento de pataleo. Igual que con todos los reflejos, el reflejo rotuliano involucra una conexión innata entre un estímulo y una respuesta. En este ejemplo el estímulo es el golpe del tendón debajo de la rodilla y la respuesta es el movimiento de pataleo.

Un recién nacido normal exhibe una variedad de reflejos: el pezón en su boca provocará una respuesta de succión; un pinchazo con un alfiler en la planta del pie provocará la flexión de las rodillas alejando los pies del estímulo doloroso. Si un adulto coloca un dedo en su palma, el niño cerrará sus dedos alrededor en un reflejo de prensión. Algunos de los reflejos del recién nacido desaparecen con la edad; otros, como la constricción de las pupilas, el cierre de los ojos en

respuesta a una luz brillante, o la tos en respuesta a una irritación de la garganta, persisten durante toda la vida.

Si por accidente alguna vez tocado una estufa caliente es probable que hayas mostrado un reflejo de flexión, una rápida retirada de la mano causada porque el brazo se dobla a nivel del codo. La respuesta es muy rápida porque la asociación entre las neuronas sensoriales y motoras ocurre directamente en la médula espinal. La Figura 2 presenta un corte transversal de la médula espinal y parte de la maquinaria neuronal involucrada en este reflejo. La mano contiene neuronas sensoriales sensibles al dolor y sus largos axones viajan hasta la médula espinal antes de hacer sinapsis con otras neuronas. En el reflejo de flexión, una o más neuronas pequeñas, llamadas **interneuronas**, separan las neuronas sensoriales de las neuronas motoras. Las neuronas motoras tienen cuerpos celulares dentro de la médula espinal de donde salen sus axones por la parte frontal para regresar al brazo donde hacen sinapsis con fibras musculares individuales. Al ser excitadas las fibras musculares se contraen, produciendo así la respuesta. La fisiología de este reflejo se conoce como **arco reflejo espinal** por la forma de la trayectoria de la excitación neuronal que se muestra en la Figura 2. En la producción de la respuesta refleja participan no una sino muchas de esas neuronas sensoriales, interneuronas y neuronas motoras.

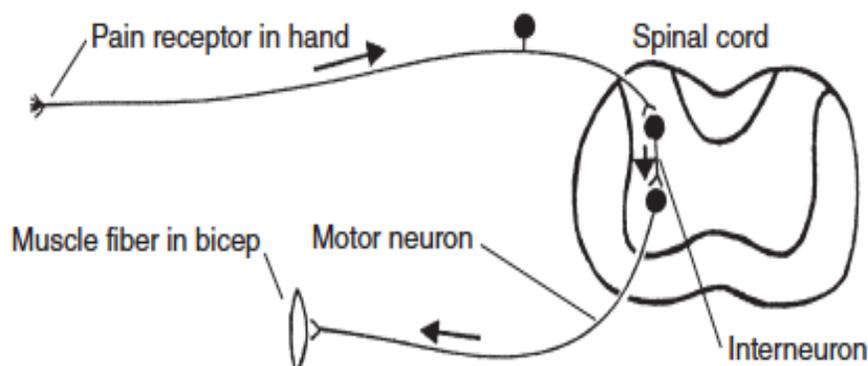


FIGURA 2. Corte transversal de la médula espinal junto con los componentes del reflejo de retirada espinal .

Esta descripción de la cadena de conexiones en el reflejo espinal es congruente con la definición común de un reflejo, es decir, un estímulo provoca una respuesta. Sin embargo, hay más en la historia del reflejo espinal, por lo que ahora veremos la posibilidad de analizar este reflejo como un sistema de retroalimentación. Los músculos del brazo contienen en su interior estructuras llamadas *receptores de estiramiento* que funcionan como los comparadores del sistema de retroalimentación. Aunque no entraremos en detalle sobre cómo ocurre esto, los receptores de estiramiento comparan (1) la meta o entrada de referencia -los comandos enviados de las neuronas motoras a las fibras musculares pidiéndoles que se contraigan, y (2) la cantidad real de contracción de los músculos. Advierte que el hecho de que algunas neuronas motoras hayan enviado sus órdenes al músculo no garantiza que el brazo se retire del objeto peligroso ya que, por ejemplo, puede presentarse una alteración (una obstrucción que impida el movimiento del brazo) o los músculos pueden encontrarse en un estado de fatiga que les impide dar una respuesta suficiente a las órdenes de las neuronas motoras. Si por cualquier razón la contracción de los músculos no es suficiente, los receptores de estiramiento empiezan a estimular a las neuronas motoras (que a su vez estimulan con más vigor a las fibras musculares), y esta estimulación continúa hasta que la contracción se completa. En resumen, los comparadores (los receptores de estiramiento) continúan estimulando al sistema de acción (las neuronas motoras y las fibras musculares) hasta que se alcanza la meta (una contracción muscular exitosa). Este análisis del arco reflejo espinal muestra el importante papel que juega la retroalimentación incluso en las conductas reflejas más simples.

TROPISMOS Y ORIENTACIÓN

Mientras un reflejo es el movimiento estereotipado de una parte del cuerpo, un **tropismo** es un movimiento o cambio en la orientación del animal entero. El primero en estudiar los

tropismos fue Jacques Loeb (1900), quien llamó tropismos a los *movimientos forzados* para sugerir que no involucraban inteligencia, voluntad o elección. Otros investigadores (como Fraenkel y Gunn, 1940) agruparon a los tropismos en dos categorías principales: **kinesis** y **taxias**.

Kinesis

Un ejemplo de kinesis que se cita con frecuencia es la conducta de búsqueda de humedad de la cochinilla. Aunque en realidad se trata de un pequeño crustáceo, esta criatura se asemeja a un insecto y pasa la mayor parte de su tiempo debajo de una piedra o un tronco en el bosque. La cochinilla debe permanecer en áreas húmedas para poder sobrevivir; si el aire es demasiado seco, morirá por deshidratación en cuestión de horas. Por suerte para ella, la naturaleza la dotó de una técnica sencilla pero eficaz para encontrar las áreas húmedas y permanecer en ellas. Para estudiar dicha estrategia, Fraenkel y Gunn (1940) colocaron varios ejemplares en el centro de una cámara en que el aire era húmedo en un extremo y seco en el otro. Descubrieron que las cochinillas se mantenían en movimiento cuando se encontraban en el extremo seco de la cámara, pero que se detenían por largos períodos en el extremo húmedo, donde tendían a congregarse.

Lo que distingue a una kinesis de una taxia es que en la kinesis la *dirección* del movimiento es aleatoria en relación con un estímulo. La cochinilla no se encamina directamente hacia el área húmeda ni se aleja de una zona seca porque no tiene medios para detectar la humedad de un lugar distante, sólo puede sentir la humedad de su ubicación actual. No obstante, su tendencia a mantenerse en movimiento al encontrarse en un área seca y detenerse cuando se encuentra en una zona húmeda por lo general logra mantener a la criatura con vida. Las kinesis también pueden ser útiles para mantener a las criaturas alejadas de los depredadores. Por ejemplo, una especie de

babosas se mueve con rapidez al ser expuestas a una sustancia química producida por un escarabajo que las depreda y a moverse menos cuando la sustancia no está presente (Armsworth, Bohan, Powers, Glen y Symondson, 2005).

La conducta de búsqueda de humedad de la cochinilla es otro ejemplo de un sistema de retroalimentación. Aunque no se sabe con exactitud cómo mide la humedad, la conducta de la cochinilla sugiere que debe tener un comparador capaz de detectar la entrada real (humedad actual) y compararla con la entrada de referencia (la meta de una alta humedad). En este caso el sistema de acción es el sistema de locomoción de la criatura, es decir, las neuronas motoras, músculos y extremidades que le permiten moverse. Por supuesto, la locomoción es la salida de este sistema de acción, pero no hay garantía de que lleve a la meta de una alta humedad. La cochinilla puede moverse de manera incesante si se encuentra en una ubicación seca, pero si no hay áreas húmedas cercanas, no alcanzará la meta de una elevada humedad.

Taxias

A diferencia de las kinesis, en una taxia la dirección del movimiento tiene cierta relación con la ubicación del estímulo. Un ejemplo de una taxia es el movimiento de una larva para alejarse de una fuente de luz brillante. Si se enciende una luz brillante a la derecha de la larva, ésta girará con rapidez hacia la izquierda alejándose de la luz de forma bastante directa. Para realizar este movimiento dirigido la larva utiliza un receptor sensible a la luz localizado en el extremo de su cabeza. Cuando la larva se mueve, su cabeza oscila repetidamente de izquierda a derecha, y este movimiento oscilatorio le permite comparar la brillantez de la luz en distintas direcciones y moverse hacia la ubicación en que la luz es menos intensa.

La taxia de la larva es primitiva, ya que sólo puede orientar al organismo en una sola dirección, lejos de la luz. La hormiga exhibe una taxia más compleja en que utiliza al sol como apoyo de navegación cuando se aleja de su hogar o se dirige a él. Cuando la hormiga se aleja de casa sigue una trayectoria recta en que mantiene al sol en un ángulo constante con la dirección de su movimiento. Para regresar a casa, cambia el ángulo en 180 grados; su dependencia del sol puede demostrarse presentando un sol artificial que puede ser controlado por el experimentador. Si esta fuente de luz se mueve gradualmente, la hormiga cambiará la dirección de su viaje para mantener constante su orientación con respecto a la luz (Schneirla, 1933).

SECUENCIAS DE CONDUCTA

Hasta ahora hemos hablado de conductas innatas que consisten en un movimiento breve o en una serie continua de ajustes. Los patrones de conducta innata que examinaremos ahora son más complejos, ya que consisten en una serie de movimientos diferentes realizados en una secuencia ordenada.

Patrones de acción fija

El término etológico **patrón de acción fija** se ha usado para describir algunas secuencias conductuales. Aunque algunos etólogos (Eibl-Eibesfeldt, 1975) incluyen a los reflejos simples en la categoría más amplia de los patrones de acción fija, la categoría también incluye secuencias de conducta más complejas. Un patrón de acción fija tiene las siguientes características: (1) forma parte del repertorio de todos los miembros de una especie y puede ser exclusivo de esa especie; (2) experimentos adecuados han confirmado que la capacidad del animal para realizar la conducta

no es resultado de experiencias previas de aprendizaje; y (3) en una secuencia de conductas, éstas ocurren en un orden rígido independientemente de que sean apropiadas en un contexto particular; es decir, una vez que se inicia un patrón de acción fija, continuará hasta completarse sin apoyo adicional de estímulos ambientales.

Eibl-Eibesfeldt (1975) describió la conducta de ocultamiento de nueces de una especie de ardillas como ejemplo de un patrón de acción fija:

Cada otoño la ardilla *Sciurus vulgaris L.* esconde nueces bajo tierra, para lo cual realiza una secuencia bastante estereotipada de movimientos. Toma una nuez, desciende al suelo y busca un lugar en la parte inferior del tronco de un árbol o una piedra grande. En la base de ese punto de referencia escarba un hoyo alternando los movimientos de sus extremidades inferiores y coloca ahí la nuez. Luego mete la nuez en su lugar con rápidos empujones del hocico, la cubre con tierra con movimientos de barrido y la apisona con las patas delanteras.

Aunque todos los miembros de la especie exhiben este patrón de conducta, eso no prueba que la conducta sea innata. Cada ardilla puede aprender la manera de enterrar nueces observando a sus padres al inicio de su vida. Para determinar si el patrón de conducta es innato, Eibl-Eibesfeldt realizó un experimento de privación en que se eliminaron todos los medios posibles de aprender la conducta. Al nacer se separó a una ardilla de sus padres y se le crió en aislamiento, de modo que no tuviese oportunidad de observar a otras ardillas enterrando nueces (o, para el caso, haciendo cualquier otra cosa). Además, la ardilla sólo recibía alimento líquido y vivía sobre piso sólido, por lo que no tenía experiencia en la manipulación de comida o en excavar o enterrar objetos en la

tierra. Se mantuvo al animal bien alimentado de modo que tuviera poca oportunidad de descubrir que almacenar comida para momentos de necesidad es una buena estrategia. Cuando la ardilla llegó a la adultez, Eibl-Eibesfeldt le dio finalmente algunas nueces, una a la vez. Al principio la ardilla comió las nueces al parecer hasta saciarse. Cuando se le dieron más nueces, no las dejó caer sino que las llevó en su boca mientras buscaba alrededor de la jaula. Al parecer se sentía atraída por objetos verticales, como una esquina de la jaula, donde podía dejar caer la nuez. Obviamente no podía escarbar un hoyo en el piso, pero podía arañarlo con sus patas delanteras, empujar la nuez hacia la esquina con el hocico y realizar los movimientos de cubrir y apisonar observados en la secuencia de ocultamiento de una ardilla salvaje. Este cuidadoso experimento demuestra de manera concluyente el carácter innato del repertorio de enterramiento de nueces de las ardillas. Los movimientos de arañar, cubrir y apisonar exhibidos por la ardilla enjaulada en ausencia de tierra muestran que los componentes de un patrón de acción fija ocurrirán en su lugar habitual en la secuencia incluso cuando no cumplan ninguna función.

Igual que con los reflejos simples, por lo general se requiere un estímulo bastante específico, que los etólogos llaman **estímulo signo**, para iniciar un patrón de acción fija. En el caso de la ardilla, es claro que el estímulo signo es la nuez, pero sin otros experimentos no podemos saber qué rasgos de la misma (su tamaño, forma, color, etcétera) son ingredientes esenciales para provocar la respuesta. Para otros patrones de acción fija, la investigación sistemática ha revelado qué rasgos de un estímulo son importantes y cuáles son irrelevantes. En los seres humanos, Provine (1989) ha encontrado evidencia de que el bostezo contagioso (la tendencia a bostezar cuando alguien más lo hace) es un patrón de acción fija que puede ocurrir si vemos toda la cara de la

persona que bosteza. Para provocar el bostezo contagioso no basta ver sólo los ojos o la boca de la persona que bosteza.

Otro ejemplo de un patrón de acción fija es la respuesta de defensa territorial del espinoso macho (Tinbergen, 1951). Durante la temporada de apareamiento, este pez defenderá ferozmente su territorio contra la intrusión de otros espinosos machos (a las hembras les permite la entrada). Las conductas estereotipadas de amenaza del macho son provocadas por la vista de una mancha roja en el vientre del intruso. El intruso no será atacado si no presenta la mancha roja (lo que sólo puede ocurrir si la mancha fue pintada por un experimentador taimado). Por otro lado, el macho defensor atacará a piezas de madera con forma de pastel o de puro colocadas en su territorio si dichos objetos tienen una mancha roja en su parte inferior. Este ejemplo muestra que el estímulo signo a menudo es un detalle específico; como resultado, el patrón de acción fija puede ser provocado por una imitación aparentemente mediocre del estímulo signo natural.

Un hallazgo más sorprendente es que en ocasiones un modelo poco realista puede provocar una respuesta más fuerte que el propio estímulo signo. Un ejemplo es proporcionado por el ostrero, un ave que pone huevos blancos con manchas café. Si uno de sus huevos rueda fuera del nido, el ave la recuperará con movimientos estereotipados de cabeza y cuello. Sin embargo, si se le da a elegir entre uno de sus huevos y una réplica cuatro veces mayor, prefiere este estímulo supranormal al normal y se esfuerza por llevar este “huevo” al nido (Figura 3). de manera similar, Rowland (1989) encontró que las hembras del espinoso eran fuertemente atraídas por modelos del espinoso macho más grandes que cualquier macho que hubiesen visto.



FIGURA 3. Un ostrero intenta regresar un huevo supranormal al nido (Tinbergen, 1951).

Cadenas de reacción

Los etólogos distinguen entre los patrones de acción fija y lo que en ocasiones llaman **cadenas de reacción**. Mientras los patrones de acción fija continúan hasta completarse una vez que empiezan, en una cadena de reacción la progresión de una conducta a la siguiente depende del estímulo externo apropiado. Si el estímulo no está presente, la cadena de conductas se verá interrumpida. Por otro lado, si se presenta al inicio el estímulo de una conducta correspondiente a la parte media de una cadena, las conductas iniciales serán omitidas.

El cangrejo ermitaño ofrece un ejemplo interesante de dicha secuencia de conductas, todas innatas. Este animal no posee su propio caparazón, por lo que vive en las conchas vacías de gastrópodos (moluscos). Durante su vida, es frecuente que el cangrejo ermitaño crezca demasiado para su caparazón actual y deba encontrar uno más grande. Reese (1963) identificó por lo menos ocho patrones separados de acción fija que suelen ocurrir en secuencia cuando esta criatura busca y selecciona un nuevo caparazón. Un cangrejo sin caparazón o con uno inadecuado muestra un

alto nivel de locomoción. Durante sus viajes, en algún momento localiza visualmente un caparazón, en cuyo punto se aproxima y lo toca. El cangrejo toma el caparazón con sus dos patas delanteras y se trepa a él, utiliza su pinza para sentir la textura de la superficie (se prefiere una textura rugosa). Luego desciende y hace rotar el caparazón con sus patas, explorando la superficie externa. Cuando localiza la apertura del caparazón, la explora insertando la pinza hasta donde sea posible. Si encuentra arena u otros detritos, los elimina. Una vez que la abertura está limpia el cangrejo gira, inserta su abdomen profundamente en el caparazón y luego se retira, evidentemente para determinar si el tamaño del interior es aceptable. Si el caparazón es adecuado, el cangrejo lo coloca de manera vertical, se introduce en él y sigue su camino.

En la Figura 4 se presenta el diagrama de las conductas de esta secuencia y los estímulos que las provocan, lo que permite enfatizar la característica distintiva de las cadenas de reacción, a saber, que el desempeño de una conducta por lo general produce el estímulo que provoca la siguiente conducta de la cadena. Por ejemplo, la primera conducta de la cadena, la locomoción, a la larga da lugar al contacto visual con un caparazón, lo que es el estímulo para la segunda respuesta, la aproximación. Esta respuesta lleva al cangrejo a una estrecha cercanía con el caparazón, lo que es el estímulo para la tercera conducta, levantarlo, y así sucesivamente. A diferencia de las conductas de un patrón de acción fija, las de una cadena de reacción no siempre ocurren en esta secuencia completa. La secuencia puede detenerse si no se presenta el estímulo que se requiere para el siguiente paso. Por ejemplo, Reese (1963) encontró que los caparazones llenados con plástico son lo bastante similares a los caparazones utilizables para provocar las seis primeras conductas que se muestran en la Figura 4. Sin embargo, la séptima conducta no ocurría porque la abertura no estaba abierta y a la larga el cangrejo se alejaba. Por otro lado, los primeros

pasos de la secuencia pueden omitirse si se presenta el estímulo para una conducta de la parte media de la secuencia. Cuando se presentaba a los cangrejos un caparazón adecuado con la abertura directamente frente a ellos, a menudo omitían las primeras cinco conductas y procedían con las cuatro últimas respuestas de la secuencia. Esta dependencia de los estímulos externos hace más variables a las conductas de una cadena de reacción, pero al mismo tiempo más adaptables que las

de un patrón de acción fija.

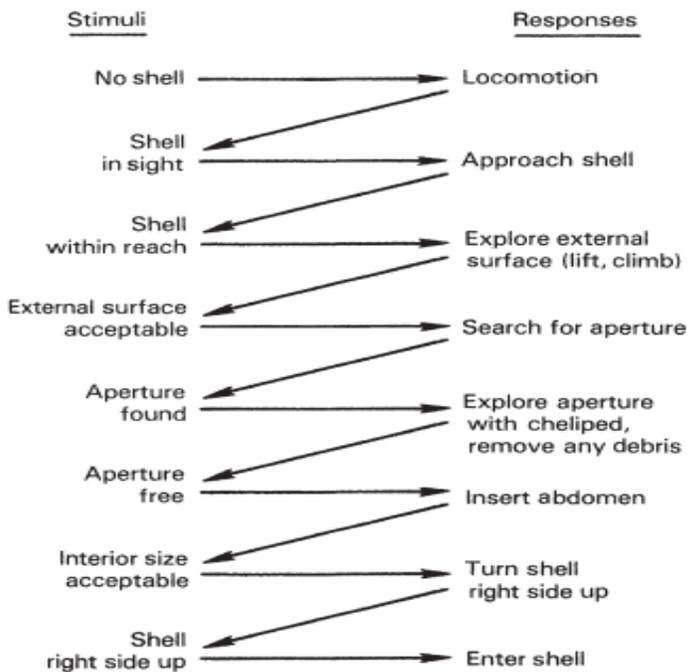


FIGURA 4. Cadena de reacción de las conductas de búsqueda y elección de caparazón en el cangrejo ermitaño. Las conductas forman una cadena porque cada conducta sucesiva por lo general conduce al estímulo para la siguiente conducta en la cadena.

CAPACIDADES Y PREDISPOSICIONES INNATAS EN EL SER HUMANO

Aunque los seres humanos poseen una variedad de reflejos, además de unos cuantos patrones de acción fija y otras conductas innatas, esas respuestas innatas constituyen ciertamente una parte muy pequeña de lo que hacemos. Casi todas nuestras conductas cotidianas son producto de nuestras experiencias de aprendizaje. Dado el importante papel que juega el aprendizaje en la

conducta humana, algunos filósofos, como los empiristas ingleses, han sostenido que toda la conducta humana se basa en el aprendizaje previo. Este punto de vista sobre el papel crucial de la experiencia fue compartido por muchos psicólogos, incluyendo al conductista John B. Watson (1925), cuya osada afirmación sobre la relevancia de la crianza se cita con frecuencia:

Dame una docena de niños sanos, bien formados y mi propio mundo especificado para educarlos, y me comprometo a tomar a cualquiera de ellos al azar y entrenarlo para convertirse en cualquier tipo de especialista que decida -médico, abogado, artista, comerciante o ladrón, sin importar sus talentos, inclinaciones, tendencias, capacidades, vocaciones y la raza de sus ancestros. Admito que voy más allá de los hechos, pero han existido muchos defensores de lo contrario, y lo han estado haciendo por miles de años. (p. 82).

Watson creía que el ambiente puede jugar un papel tan importante en la determinación del tipo de adulto en que se convertirá un niño porque pensaba que la herencia tiene poco o nada que ver con la forma en que la gente se comporta. En *The Blank Slate*, Steven Pinker (2002) sostiene que este punto de vista, aunque ampliamente sostenido en la sociedad moderna, es incorrecto y que la herencia desempeña un papel mucho mayor de lo que suele suponerse. Pinker revisó evidencia de varias áreas de investigación científica como la neurofisiología, genética, psicología y antropología, para apoyar su opinión de que todos los seres humanos tienen en común un gran conjunto de capacidades, tendencias y predisposiciones innatas que en conjunto pueden llamarse “naturaleza humana”. Sostiene que el cerebro humano no es una pila de neuronas uniformes e indiferenciadas que esperan a ser moldeadas por lo que sea que el ambiente presente. Revisa

evidencia de que neuronas en diferentes partes del cerebro se especializan en realizar ciertas funciones o en responder al ambiente de ciertas formas preestablecidas.

Sabemos que nuestros receptores sensoriales son neuronas especializadas que responden a colores, sabores, sonidos, olores específicos, y así sucesivamente. Este tipo de especialización no termina en las neuronas sensoriales. Por ejemplo, es bien sabido que ciertas partes del cerebro humano juegan un papel fundamental en nuestra capacidad para usar el lenguaje. El área de Wernicke, una parte de la corteza cerebral, es esencial para la comprensión del lenguaje: una persona no podrá entender el lenguaje hablado si esa área se daña por accidente o enfermedad. Otra área de la corteza cerebral, el área de Broca, es necesaria para la producción del habla, por lo que una persona perderá la capacidad de enunciar oraciones coherentes si el área es dañada. Pinker sostiene que la presencia de neuronas específicamente diseñadas para responder al habla humana es lo que permite que los niños aprendan el lenguaje con tanta facilidad. Hasta cierto grado es posible enseñar a chimpancés, delfines y a unas cuantas especies más a usar un lenguaje similar al humano, pero ninguna otra especie se acerca a lo que pueden hacer los niños pequeños.

Una estrategia usada por Pinker (y otros científicos) para apoyar la afirmación de que una característica particular de los seres humanos es innata es demostrar que dicha característica se encuentra en gente de todo el planeta. No podemos realizar en personas experimentos de privación como el que realizó Eibl-Eibesfeldt (1975) con una ardilla, pero podemos demostrar que la gente que vive en culturas y ambientes muy diferentes exhiben una característica particular. Existen muchas lenguas diferentes en el planeta, pero todas las sociedades humanas poseen un lenguaje verbal y todas las lenguas humanas contienen sustantivos, verbos, adjetivos y adverbios. Aunque

las diferentes lenguas usan órdenes distintos de las palabras, existen ciertas características comunes en la forma en que se estructuran las oraciones (Baker, 2001). Niños de todas las culturas balbucean antes de aprender a hablar, e incluso los niños sordos balbucean a una edad temprana (Lenneberg, 1967), aunque la naturaleza de su balbuceo es diferente al de los niños con audición normal (Oller y Eilers, 1988). Esos y otros universales transculturales se han usado como evidencia a favor de una capacidad humana innata para adquirir el lenguaje. Sin embargo, algunos investigadores sostienen que una inspección más rigurosa revelaría que las semejanzas entre las lenguas humanas en realidad no son tan universales como podría parecer (Evans y Levinson, 2009), y esta disputa no ha sido resuelta.

Otro aspecto de la conducta humana que puede ser innato es la variedad de emociones que experimenta la gente, la forma en que reflejan las emociones en sus expresiones faciales y la manera en que los demás interpretan esas expresiones. Charles Darwin (1872) propuso que las diferentes emociones pueden haber evolucionado porque ayudaron a sobrevivir a las criaturas, y que los gestos y expresiones faciales de emoción son medios importantes de comunicación social entre los miembros de una especie. Desde la década de los setenta el psicólogo Paul Ekman (1973, 2003) ha realizado investigación que muestra que las expresiones faciales pueden ser entendidas por personas de culturas de todo el mundo. Por ejemplo, Ekman mostró a personas de muchas culturas diferentes fotografías de rostros que mostraban seis emociones distintas (felicidad, repulsión, sorpresa, tristeza, enojo y temor) y les pidió clasificar la emoción de la persona en la fotografía. Sin importar dónde vivían, las personas mostraron un alto grado de precisión en la clasificación de las emociones mostradas en las fotografías. Ekman y sus colegas sugirieron también que existe la capacidad transcultural para reconocer emociones básicas a través de las

vocalizaciones de una persona, como gritos o risas (Sauter, Eisner, Ekman y Scott, 2010). Algunas de las hipótesis de Ekman siguen siendo polémicas, pero muchos psicólogos coinciden en que existe una uniformidad transcultural en la forma en que la gente expresa emociones e interpreta las expresiones faciales. Sin embargo, el aprendizaje también está involucrado ya que algunos tipos de expresión facial son específicos a la cultura. Por ejemplo, en China sacar la lengua es una forma de demostrar sorpresa, lo que no sucede en las sociedades occidentales.

El antropólogo Donald E. Brown (1991) compiló una lista de **universales humanos** - capacidades o conductas que se encuentran en todas las culturas humanas conocidas. La lista contiene alrededor de 400 elementos e incluye algunas conductas muy específicas como la danza, la música, los rituales funerarios, el cuidado de la higiene, los chistes y el folklore, así como algunas características importantes de la vida humana como el matrimonio, las reglas de la sucesión hereditaria, la confección y uso de herramientas, gobierno, sanciones por delitos y división del trabajo. Es claro que el aprendizaje y la experiencia afectan casi cada elemento de la lista de Brown: la danza, la música y el folklore varían enormemente de una cultura a otra, igual que el tipo de gobierno de una sociedad, lo que se considera un delito y el castigo que recibe la gente, los tipos de herramientas elaborados por las personas y la manera en que se divide el trabajo entre los individuos. Sin embargo, el argumento de Brown es que cada sociedad humana tiene *algún* tipo de danza, *algún* tipo de gobierno, *algún* tipo de división del trabajo, etcétera. Sostiene que debido a que esas características de la existencia humana se encuentran en todas las culturas, incluso las que están totalmente aisladas del mundo moderno, lo más probable es que reflejen tendencias humanas innatas.

No es fácil decidir que una determinada tendencia o característica conductual es innata. El hecho de que una característica conductual se encuentre en todas las culturas humanas no prueba por sí mismo que sea innata. Otra posibilidad es que la conducta se observa en todas las culturas porque el ambiente impone restricciones similares en personas de todo el mundo. Por ejemplo, podría argumentarse que la división del trabajo es ventajosa en todos los ambientes porque es más eficiente que un individuo se convierta en experto en una línea de trabajo a que trate de dominar docenas de habilidades distintas. Es posible que la investigación futura sobre genética humana ayudará a discernir cuáles de esas características humanas universales son hereditarias, cuáles son productos de ambientes similares y cuáles son una combinación de ambos. Cualquiera que sea el resultado, es interesante contemplar la lista de universales humanos de Brown porque muestra lo mucho que la especie humana tiene en común en un mundo lleno de personas con estilos de vida, intereses, creencias y personalidades diferentes.

EXAMEN DE PRÁCTICA (1)

1. En la teoría de los sistemas de control, el comparador compara al/a la _____ y al/a la _____, y si no coinciden, el comparador señala al/a la _____.
2. En el reflejo de flexión, los receptores de dolor de la mano tienen conexiones sinápticas con los/las _____, que a su vez tienen sinapsis con _____.
3. Una kinesis es un movimiento _____ en respuesta a un estímulo, mientras que una taxia es un movimiento _____ en respuesta a un estímulo.
4. La principal diferencia entre los patrones de acción fija y las cadenas de reacción es que _____.
5. Se conoce como _____ a las capacidades o conductas que se encuentran en todas las culturas humanas conocidas.

Respuestas

1. entrada real, entrada de referencia, sistema de acción. 2. interneuronas, neuronas motoras. 3. aleatorio, con dirección. 4. en los patrones de acción fija la secuencia conductual ocurre en un orden rígido, pero es más flexible en las cadenas de reacción. 5. universales humanos

HABITUACIÓN

La **habituación** se define como un decremento en la fuerza de una respuesta luego de la presentación repetida del estímulo que la provoca. Aunque en principio cualquier respuesta provocada puede exhibir habituación, en la práctica ésta es más evidente en las respuestas automáticas del cuerpo a estímulos novedosos y repentinos. Veamos un ejemplo: Dick rentó para las vacaciones una cabaña cerca de un pintoresco lago en lo profundo del bosque. El dueño de la cabaña le informó que, aunque la zona suele ser muy tranquila, los miembros del club de caza y pesca que bajan a la orilla suelen practicar tiro al blanco por unas horas durante la tarde. A pesar de esta advertencia, el primer disparo le provoca una respuesta de sobresalto; Dick prácticamente salta de la silla, el latido de su corazón se acelera y su respiración se hace pesada durante varios segundos. Después de un medio minuto Dick se ha recuperado por completo y acaba de regresar a su novela cuando un segundo tiro vuelve a sobresaltarlo, aunque esta vez la reacción de sobresalto no es tan intensa como la primera. Su cuerpo no se sacude en forma tan notable y su ritmo cardíaco no se acelera tanto. Con disparos adicionales la respuesta de sobresalto disminuye hasta desaparecer por completo, es decir, el ruido ya no interrumpe la concentración de Dick en la novela.

Otra conducta que suele mostrar habituación es la **respuesta de orientación**. Si a un perro u otro animal se le presenta una nueva vista o sonido, el animal puede detener su actividad, levantar las orejas y la cabeza y girar en dirección del estímulo. La respuesta de orientación desaparecerá si el estímulo se presenta de manera repetida sin tener consecuencias. De igual modo, si se presenta a un bebé una grabación con la voz de un adulto, el niño girará la cabeza en dirección del sonido.

Pero esa respuesta pronto cesará si se presenta al niño la misma grabación una y otra vez. Por consiguiente, tanto los seres humanos como los animales por lo general exhibirán una respuesta de orientación hacia un estímulo novedoso y mostrarán habituación de dicha respuesta si el mismo estímulo se presenta muchas veces.

Una característica importante de la habituación (que la distingue de la adaptación sensorial y la fatiga muscular) es que es *específica al estímulo*. Por ende, una vez que la reacción de sobresalto de Dick se ha habituado al sonido de un arma de fuego, exhibirá sobresalto si la puerta trasera se cierra de golpe. Un bebé que ha dejado de girar la cabeza hacia una bocina que presenta la misma sílaba una y otra vez, lo hará de nuevo si la bocina presenta una sílaba diferente. Lo anterior permite a los psicólogos afirmar que incluso los bebés de pocos meses de edad son capaces de distinguir diferencias sutiles en los sonidos del habla humana (Polka, Rvachew y Molnar, 2008).

Debería ser clara la función que cumple la habituación para el individuo. Durante sus actividades diarias una criatura encuentra muchos estímulos, algunos potencialmente benéficos, otros potencialmente peligrosos, y muchos que no son ni útiles ni dañinos. Es ventajoso que la criatura sea capaz de ignorar los muchos estímulos irrelevantes en encuentros repetidos. Ser continuamente sobresaltado o distraído por dichos estímulos sería un desperdicio del tiempo y energía de la criatura.

Un estudio de Dielengerg y McGregor (1999) demuestra que los animales pueden habituarse a un estímulo que les provoca miedo si dicho estímulo demuestra ser irrelevante de manera repetida. Ratas a las que se presentó un collar de gato que contenía el olor del felino

respondieron corriendo hasta un escondite donde permanecían por un buen rato. Sin embargo, la Figura 5 muestra que luego de varias presentaciones del collar del gato, el tiempo que las ratas permanecían ocultas disminuía y se acercaban al de un grupo control (ratas que fueron expuestas a un collar pero sin el olor del gato).

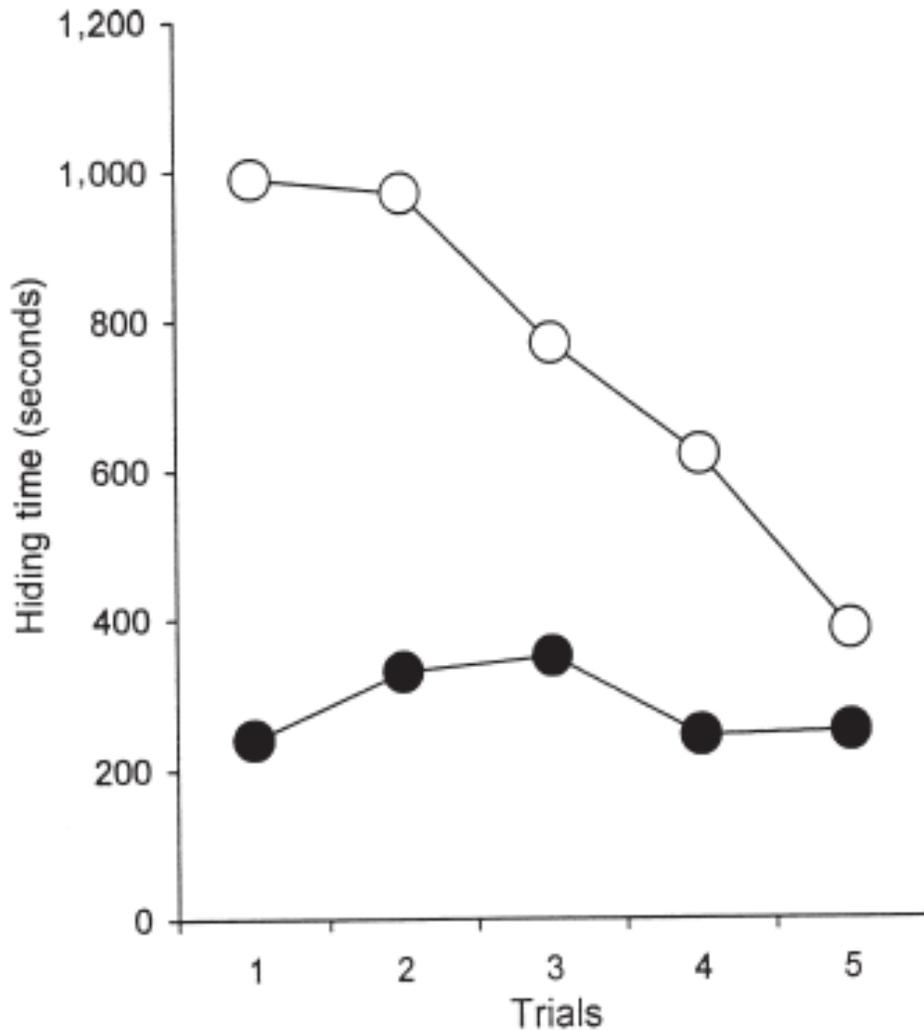


FIGURA 5. La cantidad de tiempo que las ratas pasaban escondidas al ser expuestas a un collar de gato con olor al felino exhibe habituación a lo largo de días sucesivos de exposición. Los círculos oscuros corresponden a un grupo control de ratas expuestas al collar, pero sin el olor al gato.

Una criatura que fuese incapaz de habituarse a estímulos irrelevantes probablemente tendría dificultades para atender a estímulos más importantes. De hecho, existe evidencia de que la tasa de habituación en bebés y niños se correlaciona con las capacidades mentales que éstos exhiben más tarde. Laucht, Esser y Schmidt (1994) encontraron que bebés que a los tres meses de edad mostraban habituación más rápida a estímulos repetidos, a los cuatro años y medio obtenían, en promedio, puntuaciones ligeramente más elevadas en pruebas de inteligencia. Incluso antes de nacer un feto humano exhibe habituación a estímulos como vibración o sonidos, y un estudio encontró que la tasa de habituación de un feto se relacionaba con su desempeño en pruebas de funcionamiento cognitivo seis meses después del nacimiento (Gaultney y Gingras, 2005). Otro estudio encontró que adolescentes que se habituaban de manera muy lenta a estímulos repetitivos corrían un riesgo mayor de desarrollar más adelante esquizofrenia, un trastorno psiquiátrico grave (Hollister, Mednick, Brennan y Cannon, 1994). Dichos estudios son correlacionales, no experimentos, por lo que sería un error tratar de sacar de ellos conclusiones de causalidad. No obstante, la investigación sugiere que la capacidad para habituarse a estímulos repetitivos no relevantes al inicio de la vida puede ser un predictor de las capacidades mentales y la salud mental posteriores.

La utilidad de la habituación es evidenciada por su universalidad en todo el reino animal. El fenómeno puede observarse en la hidra, cuyas difusas redes de neuronas se encuentran entre los sistemas nerviosos más primitivos del planeta (Rushford, Burnett y Maynard, 1963). Existen incluso reportes de habituación en protozoarios (organismos unicelulares). En un estudio, Wood (1973) encontró que la presentación repetida de un estímulo táctil provocaba una disminución en

la respuesta de contracción del *Stentor coeruleus*; al mismo tiempo, se mantuvo sin cambio la respuesta de dicho protozoo a otro estímulo, una luz.

Principios generales de la habituación

Cualquiera que cuestione la factibilidad de descubrir principios generales del aprendizaje que puedan aplicarse a una gran variedad de especies debería leer las numerosas publicaciones sobre el tema de la habituación. Hemos visto que la habituación ocurre en especies tan diferentes como la *Stentor coeruleus* y el *Homo sapiens*. Además, no es sólo la existencia de la habituación lo que comparten esas especies tan diversas. En un estudio citado con frecuencia, Thompson y Spencer (1966) registraron algunas de las propiedades más destacadas de la habituación, mismas que han sido observadas en seres humanos, otros mamíferos e invertebrados. A continuación se describen varios de los principios de Thompson y Spencer.

1. *Curso de la habituación.* La habituación de una respuesta ocurre siempre que un estímulo se presenta de manera repetida. Los decrementos que se dan en la respuesta de un ensayo a otro al principio son grandes, pero a medida que la habituación procede se hacen progresivamente más pequeños.
2. *Efectos del tiempo.* La respuesta se recuperará si después de la habituación el estímulo se suspende por cierto tiempo. La cantidad de recuperación depende de la cantidad de tiempo que transcurre. Para establecer un paralelo con los hallazgos de Ebbinghaus, podríamos decir que la habituación es “olvidada” a medida que pasa el tiempo. Supón que después de que la respuesta de Dick a los disparos se ha habituado, estos se suspenden durante 30 minutos, pero luego vuelven a empezar. Es probable que después de la pausa Dick exhiba una débil respuesta

de sobresalto ante el primer disparo. (Es decir, existen algunos ahorros al paso del tiempo, pero también cierto olvido). En comparación, si los disparos se suspendieran hasta la siguiente tarde, sería mayor la respuesta de sobresalto de Dick después de este tiempo más largo.

3. *Efectos del reaprendizaje.* Aunque la habituación puede desaparecer luego de un intervalo largo, debería proceder con mayor rapidez en una segunda serie de presentaciones del estímulo. En otras series de presentaciones del estímulo, la habituación debería ocurrir en forma progresivamente más rápida. Para usar el término de Ebbinghaus, existirían ahorros de los períodos previos de habituación. Por ejemplo, aunque el sobresalto inicial de Dick al sonido de los disparos en la segunda tarde de sus vacaciones podría ser casi tan grande como en la primera tarde, la respuesta debería desaparecer con mayor prontitud en la segunda ocasión.
4. *Efectos de la intensidad del estímulo.* Ya vimos que las repuestas reflejas suelen más fuertes ante estímulos más intensos. Dicha respuesta también es más resistente a la habituación. La habituación procede con mayor rapidez con estímulos débiles, y si un estímulo es muy intenso, puede no haber habituación en absoluto.
5. *Efectos del sobreaprendizaje.* Como en los experimentos de Ebbinghaus, es posible que el aprendizaje continúe en un momento en que ya no existe cambio en la conducta observable. Thompson y Spencer llamaron a este fenómeno *habituación bajo cero* porque ocurre en un momento en que no hay una respuesta observable al estímulo. Supón que después de 20 disparos, la respuesta de sobresalto de Dick ha desaparecido por completo. Sin embargo, éste podría mostrar un pequeño ahorro de la experiencia del día anterior luego de un intervalo de 24 horas. Si durante la primera tarde se dieron 100 disparos, es probable que la respuesta de sobresalto sea menor en la segunda tarde. En otras palabras, aunque los 80 disparos adicionales

no produjeron en ese momento más cambios en la conducta de Dick, aumentaron su retención a largo plazo de la habituación.

6. *Generalización de estímulos.* Se conoce como **generalización** a la transferencia de la habituación de un estímulo a otros estímulos nuevos, pero similares. Por ejemplo, si en la tercera tarde los sonidos de los disparos son algo distintos (debido quizá a que se están usando diferentes tipos de armas), es posible que a Dick le resulte difícil ignorarlos. La cantidad de generalización depende del grado de semejanza entre los estímulos, y el juez último de la semejanza siempre es el sujeto, no el experimentador. Esto es lo que permite a los psicólogos usar la habituación como herramienta para identificar con exactitud los estímulos que un individuo encuentra similares. Por ejemplo, Johnson y Aslin (1995) mostraron a bebés de dos meses de edad un arreglo que presentaba un bastón oscuro que se movía de un lado a otro detrás de una caja blanca (Figura 6). Al principio, los niños miraban el arreglo durante muchos segundos, pero esta respuesta de orientación se habituaba luego de presentaciones repetidas. Luego se probó a los pequeños con dos nuevos estímulos, un bastón ininterrumpido que se movía de un lado a otro sin tener una caja enfrente y un bastón interrumpido que se movía de un lado a otro. ¿Cuál de esos nuevos estímulos resultaría más similar al arreglo original para los bebés? Es evidente que el bastón ininterrumpido les resultaba más similar porque los infantes dedicaban menos tiempo a mirarlo que el que dedicaban al bastón interrumpido. En otras palabras, los infantes mostraron más generalización de la habituación al bastón ininterrumpido que al interrumpido. A partir de este hallazgo, Johnson y Aslin infirieron que aunque los bebés no pudieran ver la parte intermedia del bastón, trataban al estímulo original como un bastón ininterrumpido (no uno interrumpido) que se movía detrás de la caja.

Muchos experimentadores han usado procedimientos similares para examinar una gran variedad de habilidades en los infantes humanos, incluyendo su capacidad para percibir los rostros (Easterbrook, Kisilevsky, Muir y Laplante, 1999), para usar las señales de perspectiva para percibir profundidad en imágenes bidimensionales (Durand, Lecuyer y Frichtel, 2003), y para analizar causalidad en una cadena de eventos (Kosugi, Ishida, Murat y Fujita, 2009). Esta estrategia de usar la habituación para medir sorpresa o cambios en la atención ha demostrado ser una técnica valiosa para estudiar las capacidades perceptuales y mentales de los bebés, incluso los menores de un mes.

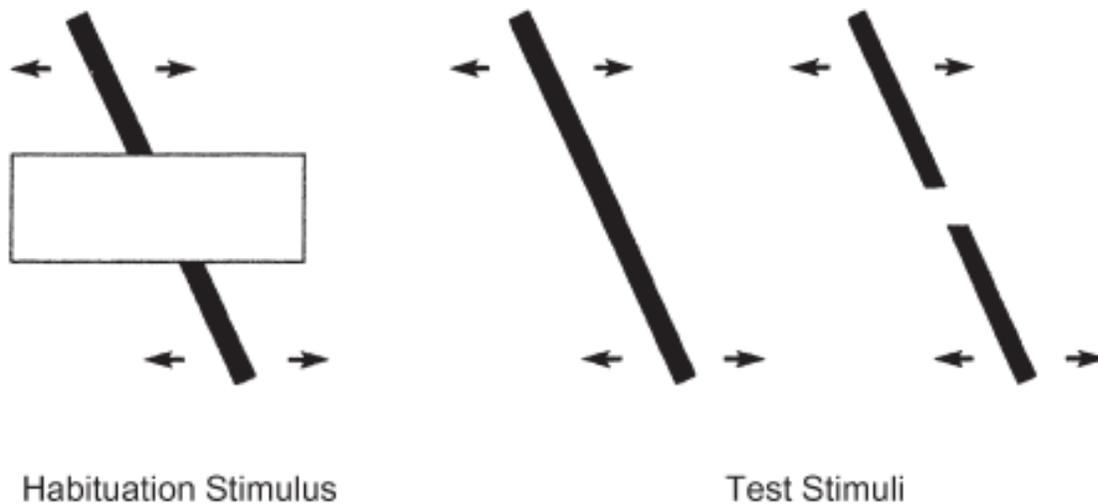


FIGURA 6. En el estudio de Johnson y Aslin (1995), se mostró a bebés de manera repetida el estímulo de la izquierda hasta que se habituó su respuesta de orientación hacia el estímulo. Luego se utilizaron los dos estímulos de la derecha para probar su generalización.

Mecanismos fisiológicos de la habituación

Invitación con una criatura simple

Dado que los principios de la habituación son comunes a una gran variedad de criaturas, simples y complejas, algunos psicólogos han especulado sobre la posibilidad de que los mecanismos fisiológicos de la habituación sean también similares en especies distintas. Esta estrategia de estudiar criaturas bastante primitivas, cuyos sistemas nerviosos son más pequeños y menos complejos, se conoce como **aproximación de los sistemas simples**. Un buen ejemplo de dicho enfoque es el trabajo de Eric Kandel.

Kandel y sus colegas (Antonov, Kandel y Hawkins, 2010; Castellucci, Pinsker, Kupfermann y Kandel, 1970; Hawkins, Cohen y Kandel, 2006) han dedicado varias décadas al estudio de la conducta y el sistema nervioso de la *Aplysia*, un caracol marino grande (ve la Figura 7a). Decidieron estudiar este animal porque su sistema nervioso es relativamente simple - contiene sólo unos pocos miles de neuronas en comparación con los billones del sistema nervioso de un mamífero. Kandel y sus colaboradores investigaron el proceso de la habituación en uno de los reflejos de la *Aplysia*, el reflejo de retracción de la branquia. Con un toque ligero del sifón de la criatura (descrito como un “surtidor carnosos”), la branquia se retrae y se oculta debajo del manto por unos segundos. Hoy comprendemos bien los

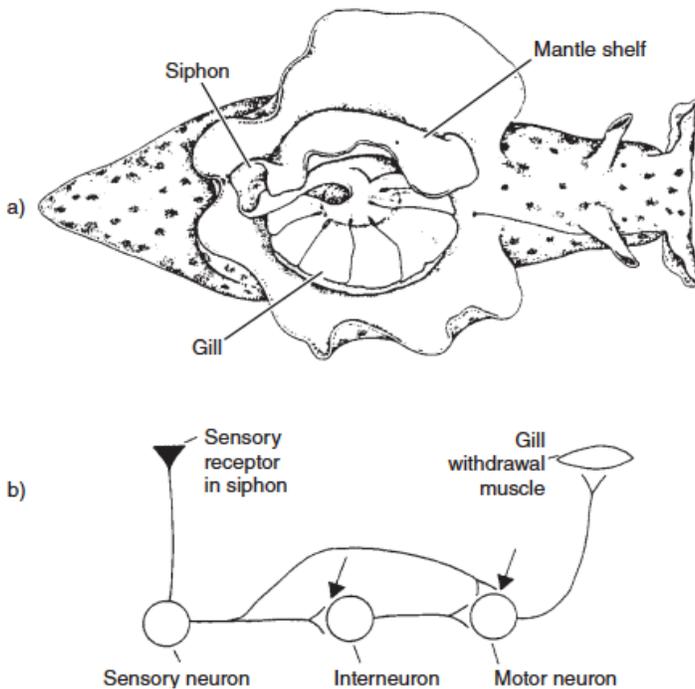


FIGURA 7. (a) El caracol marino *Aplysia*. (b) Una pequeña parte de los circuitos neuronales que participan en el reflejo de retracción de la branquia. Los receptores sensoriales del sifón hacen sinapsis directamente con una neurona motora de la branquia o con una interneurona. En cualquier caso, Kandel y sus colaboradores encontraron que la habituación ocurre en la primera sinapsis de la cadena, como lo indican las flechas (Tomado de Kandel, 1979).

mecanismos neuronales de este reflejo. El

sifón contiene 24 neuronas sensoriales que responden a la estimulación táctil, y seis neuronas motoras que controlan la respuesta de retracción de la branquia. Cada una de las 24 neuronas sensoriales tiene una conexión *monosináptica* (es decir, una conexión directa que involucra una única sinapsis) con cada una de las seis neuronas motoras. Además, otros axones de las neuronas sensoriales participan en conexiones *polisinápticas* (conexiones indirectas mediadas por una o más interneuronas) con las mismas neuronas motoras. La Figura 7b describe una pequeña parte de este circuito neuronal.

Si el sifón es estimulado una vez cada minuto durante 10 o 15 ensayos, el reflejo de retracción de la branquia se habitúa. La habituación completa dura alrededor de una hora, y es posible observar habituación parcial hasta por 24 horas. Si se realizan esos ensayos durante tres o cuatro días sucesivos, es posible observar habituación de largo plazo (que dura varias semanas).

¿Qué cambios a nivel fisiológico son responsables de esta habituación? El grupo de Kandel pudo determinar a través de una serie de pruebas complejas que durante la habituación siempre ocurría una disminución en la conducción excitatoria en las sinapsis en las que participan los axones de las neuronas sensoriales (los puntos marcados por las flechas en la Figura 7b). Los investigadores también encontraron que no había cambio en la sensibilidad al transmisor de la neurona postsináptica, lo que había cambiado era la cantidad de transmisor liberada por las neuronas presinápticas (sensoriales). Con presentaciones repetidas del estímulo, se liberaba menos transmisor en la sinapsis. Kandel (1979) advirtió que este mecanismo de habituación no es exclusivo de la *Aplysia*; investigaciones fisiológicas de la habituación en otras dos especies (el cangrejo de río y el gato) también encontraron disminuciones en la cantidad de transmisor liberada por las neuronas sensoriales.

Una vez que identificaron exactamente qué neuronas sufren cambios durante la habituación del reflejo de retracción de la branquia, Kandel procedió a plantear preguntas a un nivel más profundo: ¿qué mecanismos químicos son responsables de la disminución en la liberación del transmisor por las neuronas sensoriales? Cada vez que una neurona dispara, hay una entrada de iones de calcio a las terminales del axón, y se cree que esta corriente de calcio ocasiona la liberación del transmisor dentro de la sinapsis. Es posible que con la estimulación repetida de la neurona sensorial se debilite progresivamente esta corriente de calcio al interior de las terminales del axón. Los estudios de Kandel apoyaban esa idea: la corriente de calcio se debilitaba durante la habituación mientras que en el período de recuperación posterior a la habituación aumentaban a la misma tasa tanto la corriente de calcio como la respuesta de la neurona postsináptica (motora) (Klein Shapiro y Kandel, 1980). Los experimentadores concluyeron que una disminución

en la corriente de calcio ocasiona un decremento en la cantidad de transmisor liberado en la sinapsis, lo que a su vez disminuye la excitación de la neurona motora, produciendo el debilitamiento de la respuesta de retracción de la branquia.

El trabajo de Kandel y sus colaboradores hace una buena ilustración de las ventajas potenciales de la estrategia de sistemas simples en la investigación fisiológica del aprendizaje. La sencillez comparativa de las redes neuronales de la *Aplysia* permitió a los investigadores localizar los cambios neuronales responsables de la habituación y empezar a examinar los procesos químicos involucrados. Esta investigación demuestra que, por lo menos en algunos casos, el aprendizaje depende de cambios en ubicaciones neuronales muy específicas y no de cambios generalizados en muchas partes del sistema nervioso. Además, este aprendizaje no involucró cambios anatómicos, como el crecimiento de nuevos axones, sino solamente cambios en la efectividad de conexiones ya establecidas entre neuronas.

INVESTIGACIÓN CON MAMÍFEROS, INCLUYENDO A SERES HUMANOS. Debido a que el sistema nervioso de un mamífero típico es mucho más complejo que el de la *Aplysia*, es mucho más difícil identificar las neuronas individuales que experimentan un cambio durante la habituación a un estímulo. No obstante, se ha hecho un progreso considerable en la localización de las ubicaciones cerebrales involucradas en la habituación, por lo menos en ciertos casos específicos. Michael Davis (1989) ha realizado mucha investigación sobre un caso específico, la respuesta de sobresalto de una rata a un ruido fuerte repentino. Para medir la respuesta de sobresalto se coloca a la rata en una cámara sentada sobre resortes que es sacudida ligeramente por el movimiento del animal al sobresaltarse; dicho movimiento es medido por un sensor. Tal como

sucede en los seres humanos, la reacción de sobresalto de la rata se habituará si el ruido se presenta de manera repetida. Davis quería identificar las partes del sistema nervioso de la rata que son responsables de dicha habituación.

Para empezar, Davis tenía que identificar las partes del sistema nervioso que participan en la reacción de sobresalto. A través de muchos estudios cuidadosos, Davis y sus colegas pudieron trazar todo el circuito en el sistema nervioso (Davis, Gendelman, Tischler y Gendelman, 1982). El circuito empezaba en el nervio auditivo y seguía su camino por las vías auditivas hacia el tallo cerebral, de donde iba a las vías motoras que controlan los músculos involucrados en la respuesta de sobresalto. La investigación posterior indicó que los cambios que ocurren durante la habituación tienen lugar en las primeras partes de este circuito (es decir, en las vías auditivas). Aunque no se han identificado las neuronas exactas responsables de la habituación, los hallazgos de Davis son similares a los obtenidos con la *Aplysia* en dos aspectos. Primero, las neuronas que sufren cambio durante la habituación se encuentran en el lado sensorial del circuito. Segundo, los cambios tienen lugar dentro del circuito reflejo en sí, en lugar de ser resultado de nuevas entradas de neuronas localizadas en otros lugares del sistema nervioso.

Otros estudios realizados con mamíferos amplían, aunque también complican, la imagen fisiológica de la habituación. En algunos casos de habituación parecen participar secciones superiores del cerebro, incluyendo la corteza auditiva, que se localiza en ambos lados del cerebro en el área de las sienas. Condon y Weinberger (1991) encontraron en cobayos que si se presentaba repetidamente el mismo tono, células individuales de la corteza auditiva se “habituaban”, es decir, disminuían su sensibilidad a este tono, pero no hacia tonos de mayor o menor altura.

Con las técnicas modernas de obtención de imágenes cerebrales como la **tomografía por emisión de positrones (PET)** y la **imagenología por resonancia magnética funcional (IRMf)**, se ha hecho posible identificar áreas del cerebro que participan en la habituación en seres humanos. Con la resonancia magnética funcional los investigadores pueden medir en tiempo real la actividad de diferentes partes del cerebro, mientras la persona realiza alguna tarea o se le presenta algún estímulo. Por ejemplo, un estudio que usó resonancia magnética funcional encontró habituación en muchas partes diferentes del cerebro, incluyendo la corteza cerebral y el hipocampo, cuando se presentaron repetidamente a los participantes las mismas fotografías de rostros humanos (Fischer *et al.*, 2003). Otras áreas del cerebro muestran habituación cuando se presenta a la gente sonidos repetidos del habla (Joanisse, Zevin y McCandliss, 2007). Las tomografías por emisión de positrones han mostrado cambios en el cerebelo a medida que se habitúa la respuesta de sobresalto de una persona a un ruido fuerte (Timmann *et al.*, 1998). Cada vez es más la evidencia de que muchas áreas distintas del cerebro y el sistema nervioso muestran habituación (una disminución de la sensibilidad) cuando el mismo estímulo se presenta de manera repetida.

Los neurofisiólogos usan el término **plasticidad** para referirse a la capacidad del sistema nervioso para cambiar como resultado de la experiencia o estimulación. En definitiva, los estudios fisiológicos de la habituación demuestran que la plasticidad es posible en muchos niveles diferentes del sistema nervioso y que esta plasticidad en ocasiones es resultado de cambios químicos en sinapsis existentes más que del crecimiento de nuevas sinapsis.

Habituación en las respuestas emocionales: la teoría del proceso oponente

Richard Solomon y John Corbit (1974) propusieron una teoría de la emoción que ha llamado mucho la atención y que, supuestamente, puede aplicarse a una gran variedad de reacciones emocionales. El tipo de aprendizaje que los autores proponen es muy similar a los ejemplos de habituación que ya examinamos: en ambos tipos de aprendizaje, la respuesta de un sujeto a un estímulo cambia simplemente como resultado de las presentaciones repetidas de dicho estímulo. Sin embargo, según la teoría del proceso oponente de Solomon y Corbit, con la repetición del estímulo algunas reacciones emocionales se debilitan mientras que otras son fortalecidas.

EL PATRÓN TEMPORAL DE UNA RESPUESTA EMOCIONAL.

Imagina que como parte de los cursos propedéuticos de medicina llevas una clase de química orgánica. En este curso obtuviste una calificación de 7 en el trimestre y tu desempeño en los ejercicios de laboratorio fue aceptable. Aunque te preparaste duro para el examen final, no pudiste responder algunas partes del examen. Al salir del salón, escuchaste decir a varios compañeros que fue una prueba difícil. Unas semanas después recibes las calificaciones del semestre y para tu sorpresa te enteras de que tu calificación en química orgánica fue ¡de 9! De inmediato te sientes eufórico y le cuentas la buena nueva a todos los que ves. Estás demasiado emocionado para trabajar en serio, pero mientras realizas algunas diligencias, ninguna de las pequeñas contrariedades de un día típico (largas colas, vendedores poco amables) te molestan. Sin embargo, para la tarde tu emoción se ha asentado y experimentas un estado de alegría. La siguiente mañana recibes una llamada de la secretaría escolar para informarte que hubo un error administrativo en el reporte de las calificaciones y que tu verdadera calificación en química orgánica fue de 8. Esta noticia te provoca sentimientos inmediatos de abatimiento y desesperanza. Revaloras tus planes acerca de a qué escuela de medicina solicitarás ingreso e incluso te preguntas

si te inscribirás a una. Sin embargo, en el curso de unas cuantas horas tu estado emocional se recupera y regresa gradualmente a la normalidad.

Este ejemplo ilustra las principales características de un episodio emocional típico propuesto por la teoría del proceso oponente. La Figura 8 presenta una gráfica de tus estados emocionales durante este episodio imaginario. La barra sólida al fondo marca el tiempo durante el cual está presente algún estímulo que provoca emoción. En este ejemplo, se refiere al tiempo en que creíste que tu calificación era 9. El eje de las y describe la fuerza de las reacciones emocionales de un individuo cuando el estímulo está presente y cuando termina. (Solomon y Corbit siempre grafican la respuesta al estímulo en la dirección positiva, sin importar que podamos considerar a la emoción “placentera” o “desagradable”. De acuerdo con la teoría, el inicio de dicho

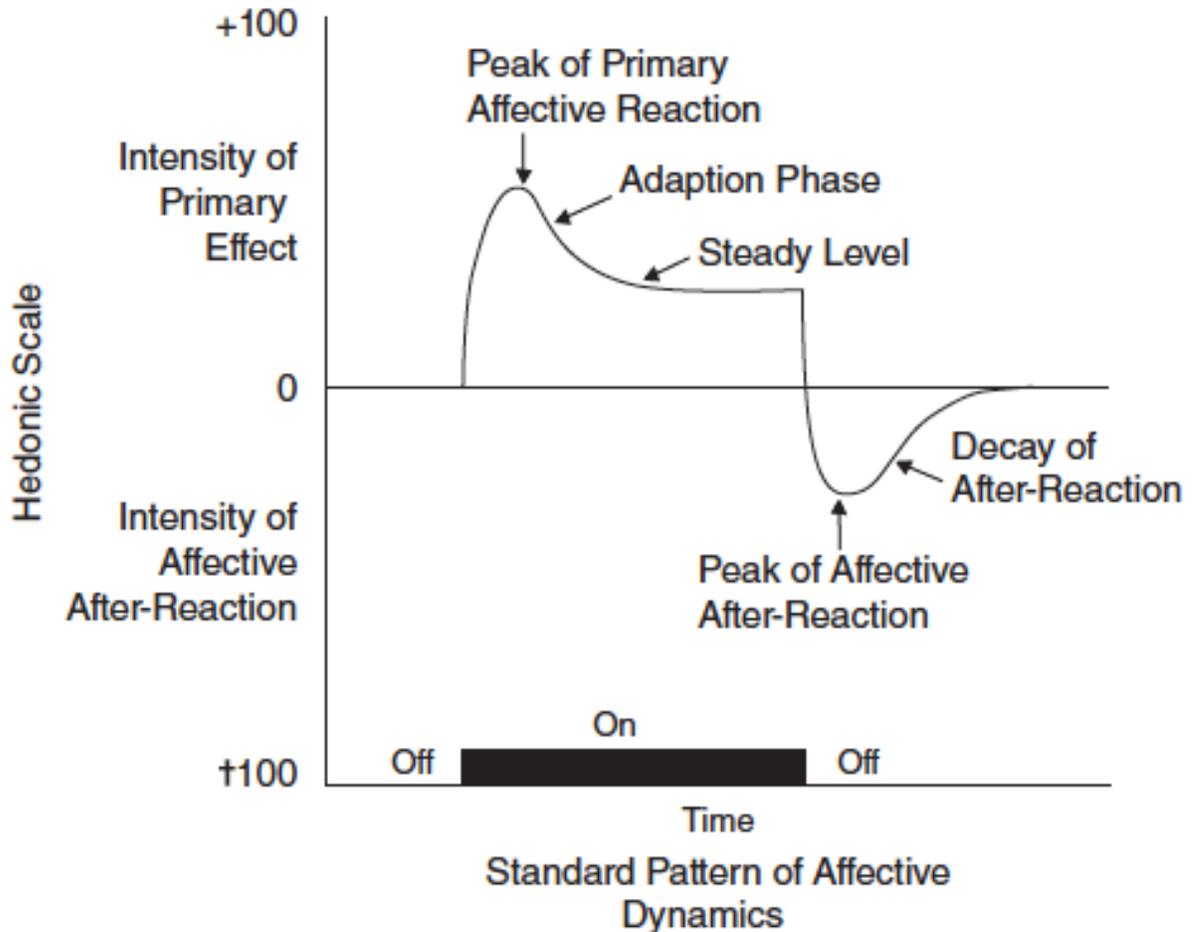


FIGURA 8. El patrón típico de una respuesta emocional según la teoría del proceso oponente. La barra sólida muestra el tiempo durante el cual está presente un estímulo que provoca emoción.

estímulo produce la aparición repentina de una reacción emocional que pronto alcanza un pico de intensidad (en este ejemplo, la euforia inicial). Esta respuesta disminuye luego gradualmente hasta un nivel algo inferior, o meseta (tu alegría durante la tarde). Con la terminación del estímulo (la llamada telefónica) se da un cambio repentino a una reacción emocional posterior que en cierto sentido es opuesta a la emoción inicial (el abatimiento y desesperanza). Esta reacción posterior disminuye gradualmente y el estado emocional del individuo regresa a un estado neutral.

Para fortalecer sus argumentos, Solomon y Corbit revisaron algunos datos experimentales de una situación con una respuesta emocional inicial decididamente negativa para la cual se utilizó el ritmo cardiaco como medida objetiva. En este experimento (Church, LoLordo, Overmier, Solomon y Turner, 1966) se usaron arneses para inmovilizar a perros que recibieron una serie de descargas. Durante las primeras descargas, las respuestas manifiestas de los animales fueron típicamente de terror (podían aullar, jalar el arnés, orinar o defecar, y los pelos se les ponían de puntas). Al terminar la descarga, la conducta de un perro típico se describía como “sigilosa, vacilante y poco amistosa” (1966, p. 121). A nivel intuitivo, podríamos pensar que esas reacciones posteriores no son lo contrario del terror, pero ciertamente son diferentes de la reacción inicial. Después de un corto tiempo, desaparecía el sigilo y la disposición del perro regresaba a la normalidad -“activo, alerta y socialmente receptivo” (1966, p. 121). Las medidas del ritmo cardiaco proporcionaron más apoyo convincente al patrón mostrado en la Figura 8: durante la descarga, el ritmo cardiaco se elevó con rapidez de un estado de reposo de alrededor de 120 latidos por minuto a un máximo de cerca de 200 latidos por minuto y luego empezó a disminuir. Al terminar la descarga ocurrió un efecto de recuperación en que el ritmo cardiaco cayó a cerca de 90 latidos por minuto para regresar a la normalidad después de entre 30 y 60 segundos.

EL PROCESO A Y EL PROCESO B.

Solomon y Corbit propusieron que muchas reacciones emocionales exhiben el patrón mostrado en la Figura 8. Especularon que este patrón es resultado de dos procesos internos antagónicos a los que llamaron el **proceso a** y el **proceso b**. En gran medida el proceso a es responsable de la respuesta emocional inicial, mientras que el proceso b es totalmente responsable

de la reacción posterior. La mitad izquierda de la Figura 9 muestra cómo se combinan ambos procesos para producir el patrón mostrado en la Figura 8. Solomon y Corbit describen al proceso a como una respuesta de acción rápida a un estímulo, la cual se eleva hasta un máximo y se mantiene ahí en tanto el estímulo esté presente. Al terminar el estímulo el proceso a decae con gran rapidez (ve la gráfica central izquierda de la Figura 9). En el estudio sobre el ritmo cardiaco, el proceso a sería algún hipotético mecanismo interno (quizá el flujo de adrenalina) que produce, entre otras respuestas, un incremento en el ritmo cardiaco. Teóricamente el antagonista proceso b sólo se activa en respuesta a la actividad del proceso a, y se cree que es más lento tanto para aumentar como para decaer. La gráfica central izquierda de la Figura 9 también muestra el incremento y decremento más graduales del proceso b. En el ejemplo del ritmo cardiaco, el proceso b sería algún mecanismo interno que causa una disminución en el ritmo cardiaco.

Advierte en la Figura 9 que el proceso b empieza a crecer mientras todavía está presente el estímulo (la descarga). Solomon y Corbit propusieron que cuando ambos procesos, a y b, están activos hasta cierto grado, es posible predecir la respuesta emocional resultante por una simple resta. Es decir, la acción del proceso a será contrarrestada hasta cierto punto por la acción del proceso b, lo que hará más débil a la respuesta emocional. Según la teoría, lo que ocasiona la caída de la reacción emocional inicial del pico a la meseta es el crecimiento del proceso b. Cuando el estímulo termina y el proceso a decae con rapidez, todo lo que queda es el proceso b, que produce

la reacción emocional posterior. En la gráfica central izquierda de la Figura 9 puedes ver cómo se combinan ambos procesos para producir el patrón exhibido en la gráfica superior izquierda.

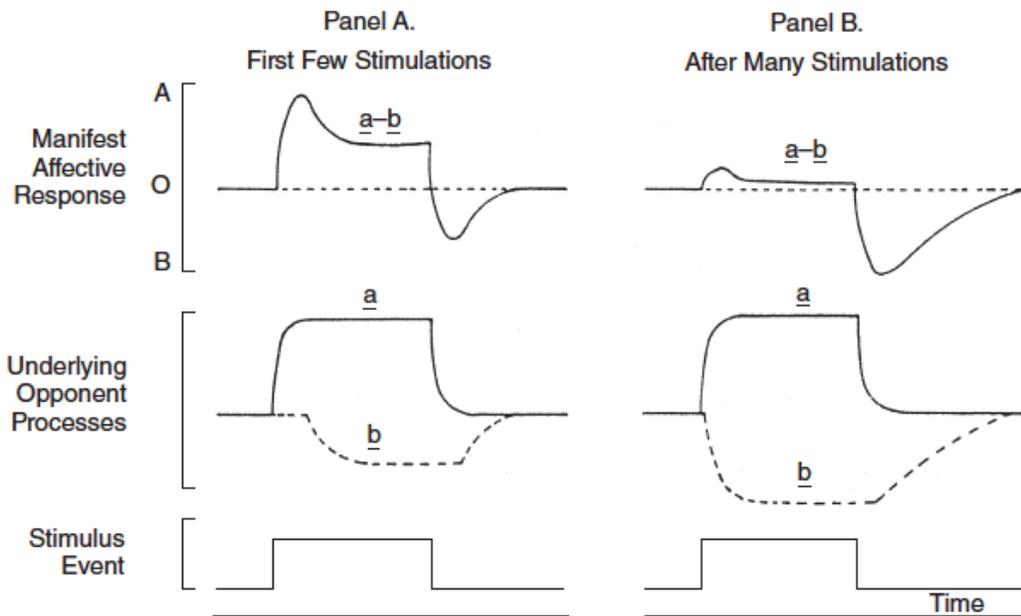


FIGURA 9. Según la teoría del proceso oponente, la reacción emocional (o “respuesta afectiva manifiesta”) de una persona es determinada en conjunto por los procesos a y b subyacentes. A la izquierda se muestra el curso temporal propuesto de esos procesos durante las primeras presentaciones de un estímulo que provoca emoción. El lado derecho muestra el patrón anticipado luego de muchas repeticiones del mismo estímulo.

LOS EFECTOS DE LA ESTIMULACIÓN REPETIDA.

Hasta ahora la discusión se ha limitado al primer encuentro de un individuo con un nuevo estímulo. Sin embargo, un rasgo crucial de la teoría del proceso oponente son sus predicciones sobre la forma en que cambia el patrón de una respuesta emocional con las presentaciones repetidas del mismo estímulo. Para plantearlo de manera sencilla, la teoría afirma que con exposiciones repetidas a un estímulo, la respuesta emocional primaria exhibe una especie de habituación (se hace progresivamente menor) al mismo tiempo que se da un marcado incremento en el tamaño y duración de la reacción posterior. La gráfica superior derecha de la Figura 9 muestra el patrón

anticipado de una respuesta emocional luego de muchas presentaciones del estímulo. La gráfica central derecha muestra que, de acuerdo con la teoría, este cambio es resultado de un incremento en el tamaño del proceso b. Solomon y Corbit propusieron que mientras el proceso a no cambia, el proceso b es fortalecido con el uso y debilitado con el desuso. Con estimulaciones repetidas, el proceso b crece con más rapidez, alcanza un máximo mayor y disminuye con mayor lentitud al terminar el estímulo.

Solomon y Corbit apoyaron esas predicciones al describir el patrón de respuesta después de que los perros del estudio de Church y colaboradores (1966) habían recibido una serie de descargas. Después de varias sesiones, el ritmo cardiaco durante la descarga se incrementaba muy poco (si es que lo hacía). Sin embargo, una vez que la descarga terminaba, el ritmo cardiaco disminuía hasta 60 latidos por minuto y se requerían de dos a cinco minutos para que regresara a la normalidad (en lugar de un minuto o menos). La conducta manifiesta de los perros también mostraba cambios con la experiencia.

Durante las descargas desaparecían las señales de terror. Los perros parecían adoloridos, molestos y ansiosos, pero no aterrados. Por ejemplo, gimoteaban en lugar de aullar y ya no mostraban micción, defecación o lucha. Luego, cuando al final de la sesión eran liberados repentinamente, salían corriendo, saltaban sobre la gente, meneaban la cola en lo que en ese momento llamamos “un ataque de alegría”. Finalmente, varios minutos después volvían a la normalidad, amistosos pero sin carreras (Solomon y Corbit, 1974, p. 122)

En resumen, con la mayor experiencia las conductas manifiestas de los perros igualaban su respuesta del ritmo cardiaco. La reacción a la descarga era menor que antes, pero la reacción posterior era más grande y de mayor duración.

OTROS EJEMPLOS DE REACCIONES EMOCIONALES.

Solomon y Corbit (1974) afirman que la teoría del proceso oponente describe la dinámica temporal de muchos tipos distintos de experiencias emocionales, y algunos de sus ejemplos indican la generalidad de la teoría. Para ello analizaron el reporte de S. M. Epstein (1967) sobre las respuestas emocionales de paracaidistas en sus primeros saltos y en los saltos posteriores. En general, las experiencias emocionales de los paracaidistas son parecidas a las de los perros en el estudio sobre el ritmo cardiaco. Los paracaidistas novatos lucían aterrados durante un salto; después del salto parecían aturridos durante unos minutos y luego regresaban a la normalidad. Los paracaidistas experimentados parecían sólo moderadamente ansiosos durante un salto, pero después reportaban sentimientos de júbilo y euforia que podían mantenerse por horas. Los paracaidistas afirmaban que este sentimiento de euforia era una de las principales razones por la que seguían saltando.

Un ejemplo gráfico que implica una reacción inicial placentera seguida de una reacción posterior aversiva tiene que ver con el consumo de opiáceos. Después de la primera inyección del opiáceo, la persona experimenta una intensa sensación de placer (un “subidón”). Este pico de emoción disminuye a un estado de placer menos intenso; sin embargo, a medida que el efecto de la droga se desvanece, se inician las reacciones posteriores aversivas: náusea, insomnio, irritabilidad, ansiedad, incapacidad para comer y otros problemas físicos junto con sentimientos

de un deseo intenso de la droga. La duración de los síntomas de abstinencia puede ir de unas horas a unos cuantos días.

El patrón cambia para un consumidor de opiáceos experimentado. La inyección ya no produce el subidón inicial, si acaso provoca sólo sensaciones leves de placer. Este decremento en los efectos de la droga con el consumo repetido se conoce como **tolerancia**, y se observa con muchos fármacos además de los opiáceos. Algunos teóricos han sugerido que la tolerancia a las drogas es un buen ejemplo de habituación (Baker y Tiffany, 1985). Sin embargo, de acuerdo con la teoría del proceso oponente, la tolerancia es el producto del fortalecimiento del proceso b. Un proceso b más fuerte también explica por qué el consumo repetido aumenta la gravedad y duración de los síntomas de abstinencia (pueden durar semanas o más). En esta etapa el individuo no consume el opiáceo por placer sino para obtener un alivio temporal de los síntomas de abstinencia. En términos de la teoría del proceso oponente, cada inyección restaura el proceso a, lo que contrarresta los síntomas de abstinencia producidos por el proceso b. Por desgracia, cada inyección también fortalece más al proceso b, por lo que el individuo queda atrapado en un círculo vicioso. Solomon y Corbit afirman que su teoría ofrece un marco para entender no sólo el consumo de opiáceos, sino todas las conductas adictivas (como el tabaquismo, alcoholismo y consumo de barbitúricos y anfetaminas). Otros investigadores que estudian el consumo de drogas no están de acuerdo con los detalles de la teoría del proceso oponente.

¿A qué se debe que muchas reacciones emocionales incluyan tanto un proceso a como un proceso b antagonista? Solomon y Corbit sugieren que el proceso b es el mecanismo, imperfecto, con que el cuerpo evita emociones intensas prolongadas. Los extremos de la emoción, positiva o

negativa, agotan los recursos corporales, por lo que cuando un proceso a persiste por cierto tiempo, se provoca el correspondiente proceso b para contrarrestarlo, por lo menos en parte. Si esta es en realidad la función del proceso b, entonces es claro que los ejemplos de las conductas adictivas demuestran que este mecanismo es imperfecto.

UNA BREVE EVALUACIÓN.

Dos características de las buenas teorías científicas son que hacen predicciones que pueden someterse a prueba y que son congruentes con los resultados experimentales. La teoría del proceso oponente hace predicciones específicas acerca del patrón de las respuestas emocionales que han sido puestas a prueba en numerosos experimentos. En muchos casos las predicciones de la teoría han recibido apoyo (por ejemplo, Glover, 1992; Vargas-Pérez, Ting-A-Kee, Heinmiller, Sturgess y van der Kooy, 2007), pero en otros no (Newton, Kalechstein, Tervo y Ling, 2003). Otra característica de las buenas teorías es su fecundidad, la capacidad de estimular nuevas ideas y nueva investigación. En definitiva, la teoría del proceso oponente puede clasificarse como una teoría fecunda que ha dado lugar a una serie de teorías relacionadas que utilizan la idea básica del proceso oponente en formas algo distintas. Se ha aplicado a una gran variedad de conductas humanas, incluyendo los efectos del ejercicio (Lochbaum, 1999), los viajes de placer en personas jubiladas (Staats y Pierfelice, 2003) y a la manera en que la gente experimenta las sensaciones de dolor seguidas por alivio cuando el dolor termina (Leknes, Brooks, Wiech y Tracey, 2008).

Investigaciones recientes sobre los mecanismos cerebrales de la adicción a las drogas apoyan las suposiciones de la teoría del proceso oponente acerca del debilitamiento del proceso a (el placer derivado de una dosis de la droga) y el fortalecimiento del proceso b (los síntomas de

abstinencia, Koob y Le Moal, 2006, 2008). Un estudio con ratas identificó una parte del cerebro (el *núcleo accumbens*) que parece estar involucrada tanto en la reacción inicial positiva a los opiáceos como en las reacciones negativas posteriores (Koob, Caine, Parsons, Markou y Weiss, 1997). La investigación sobre los cambios cerebrales en la adicción a fármacos es congruente con la idea de Solomon y Corbit de que la motivación de los adictos para seguir consumiendo drogas no se debe tanto a que sigan brindando placer sino más bien a que ofrecen un alivio temporal de los desagradables síntomas de abstinencia (Baker, Piper, McCarthy, Majeskie y Fiore, 2004).

Los críticos de la teoría del proceso oponente señalan que los diferentes ejemplos presentados por Solomon y Corbit exhiben cursos temporales muy diferentes. En los estudios del ritmo cardiaco con perros, el proceso b dura sólo segundos o unos cuantos minutos, mientras que en una adicción el proceso b puede mantenerse por meses. ¿Es probable que los mismos mecanismos fisiológicos estén involucrados en eventos emocionales cuyas duraciones difieren por un factor de 10,000 o más? Los críticos sostienen que en los diferentes ejemplos de Solomon y Corbit sólo puede haber un parecido superficial.

En defensa de la teoría del proceso oponente podríamos afirmar que en la medida que las respuestas emocionales se ajusten a las predicciones de la teoría, no importa si esos patrones se basan en un único mecanismo fisiológico o en una docena de mecanismos diferentes. A un nivel estrictamente descriptivo, las características principales de los episodios emocionales enfatizados por la teoría del proceso oponente (el pico, la meseta, el efecto posterior, los cambios con la estimulación repetida) parecen estar muy bien documentados por historias de caso, observaciones sistemáticas y experimentos. Sea que esos patrones compartan o no un mecanismo fisiológico

común, los datos sugieren que la teoría captura algunas características muy generales de las respuestas emocionales. Aunque se ha considerado una debilidad, el ambicioso intento de la teoría de unir diversas situaciones emocionales en un solo marco en realidad puede ser su mayor virtud. La amplia perspectiva ofrecida por la teoría del proceso oponente nos permite ver características comunes entre nuestras emociones que probablemente pasarían inadvertidas en un análisis más miope de las respuestas emocionales individuales.

EXAMEN DE PRÁCTICA (2)

1. La segunda vez que un estímulo pasa por habituación, el curso temporal de la habituación es _____.
2. Estímulos más intensos se habitúan _____ que los estímulos más débiles.
3. La investigación con la *Aplysia* encontró que la habituación involucra cambios _____ en las neuronas _____.
4. En la teoría del proceso oponente al repetir la estimulación no hay cambio en el _____, pero el _____ empieza antes, se hace más fuerte y dura más tiempo.
5. En la adicción a las drogas, el proceso b aparece como _____, mientras que en el salto de paracaídas, el proceso b aparece como _____.

Respuestas

1. más rápido. 2. más lentamente. 3. químicos, sensoriales. 4. proceso a, proceso b. 5. deseos intensos y síntomas de abstinencia, euforia.

Resumen

Uno de los tipos más sencillos de conducta innata es el reflejo, que es una respuesta simple a un estímulo específico, como el parpadeo cuando se presenta una luz brillante al ojo. Las kinesis son movimientos aleatorios en respuesta a un estímulo específico, mientras que las taxis son movimientos dirigidos (como una hormiga que usa al sol como brújula). Los patrones de acción fija son secuencias de conducta que ocurren siempre en un orden rígido, mientras que las cadenas de reacción son secuencias más flexibles que pueden adaptarse a las situaciones actuales. Para el análisis de esos patrones de conducta innata resultan útiles los conceptos de la teoría de los sistemas de control, que describen una comparación entre el estado actual del mundo y un estado meta. En los seres humanos se han encontrado pocos patrones de conducta innata, pero existe evidencia de que la especie puede poseer muchas capacidades y predisposiciones innatas, incluyendo las habilidades para el lenguaje, la forma en que se muestran las emociones en las expresiones faciales y otras conductas sociales.

La habituación es la disminución y final desaparición de una respuesta refleja cuando el mismo estímulo se presenta de manera repetida. La habituación da a una criatura la capacidad de ignorar eventos repetitivos que no son importantes. En criaturas tanto simples como complejas la habituación exhibe el mismo conjunto de propiedades, como olvido, sobreaprendizaje y generalización del estímulo. La investigación tanto con criaturas simples, como la *Aplysia*, como con mamíferos, ha encontrado los cambios químicos y fisiológicos que ocurren en el cerebro

durante la habituación y, en algunos casos, las estructuras cerebrales específicas que participan en la habituación.

La teoría del proceso oponente de Solomon y Corbit afirma que muchas reacciones emocionales consisten en una respuesta inicial, llamada el proceso a, y una respuesta contraria posterior conocida como el proceso b. Las presentaciones repetidas del mismo estímulo fortalecen al proceso b, por lo que la reacción inicial se hace más débil y la reacción posterior aumenta su fuerza y duración. Esta teoría ha sido aplicada a una gran variedad de reacciones emocionales, incluyendo la adicción a drogas, las emociones involucradas en el salto de paracaídas y las respuestas a estímulos dolorosos o aversivos.

Preguntas de repaso

1. Elabora un ejemplo de cada uno de los siguientes patrones de conducta innata: reflejo, kinesis, taxia, patrón de acción fija y cadena de reacción. Elige uno de esos ejemplos y muestra la forma en que puede ser analizado usando los conceptos de la teoría de sistemas de control.
2. ¿Qué tipos de evidencia usan los científicos para apoyar las afirmaciones de que los seres humanos nacen con ciertas capacidades y predisposiciones? ¿Qué ejemplos de predisposiciones humanas innatas encuentras más convincentes y cuáles te parecen menos convincentes? Explica tu razonamiento.
3. Si compras para tu cuarto un reloj que hace un fuerte sonido de tictac, es probable que te habitúes pronto al sonido. Usa este ejemplo para ilustrar los principios generales de la habituación. ¿Por qué es útil este tipo de aprendizaje simple?
4. ¿Cómo puede estudiarse la habituación en infantes humanos?

5. ¿A qué se debe que los investigadores hayan dedicado tanto tiempo a estudiar la habituación en la *Aplysia*? ¿Qué se ha aprendido sobre los mecanismos neuronales y químicos de la habituación en el reflejo de retracción de la branquia de esta criatura?
6. Dibuja un diagrama que muestre el patrón de una respuesta emocional típica a un nuevo estímulo de acuerdo a la teoría del proceso oponente. Dibuja luego el cambio que ocurre en el patrón en respuesta a un estímulo que se repite con frecuencia. Usa un ejemplo específico, como la adicción a las drogas o el tabaquismo, para explicar los diagramas.