

# 2

## Cerebro y conducta

### Un golpe de mala suerte

**Una mañana Bryan Kolb** perdió la mano izquierda. Se levantó temprano para alimentar a su gato, no podía ver su mano o cualquier otra cosa a su lado superior izquierdo. Kolb, un neurocientífico canadiense, de inmediato se dio cuenta de que había sufrido una apoplejía en un lugar específico en el lado derecho de su cerebro. (Una apoplejía se presenta cuando una arteria que lleva la sangre al cerebro sufre una hemorragia o un bloqueo, lo que causa la muerte de algún tejido del cerebro.) Él condujo al hospital donde discutió con los médicos sobre su diagnóstico. ¡Era obvio que tenía razón! Con el tiempo reasumió su carrera e incluso escribió un relato fascinante sobre su caso (Kolb, 1990).

Por lo regular, no notamos el rol central que desempeña el cerebro en todo lo que es humano. Pero una apoplejía u otras lesiones cerebrales pueden cambiar eso en un instante. Casi al instante, las víctimas se dan cuenta de que algo anda mal. Tú también lo harías si de repente descubrieras que no puedes moverte ni sentir partes de tu cuerpo, ver o hablar. Sin embargo, algunas lesiones del cerebro no son tan obvias. Muchas implican cambios menos drásticos pero igual de incapacitantes en la personalidad, el pensamiento, el juicio o las emociones.

Tu cerebro de tres libras está igual de arrugado que una nuez, es del tamaño de una toronja y tiene la textura del tofu. La próxima vez que estés en un mercado que vende sesos de res, detente y obsérvalos. Lo que verás es similar a tu cerebro, pero más pequeño. ¿Cómo puede permitir convertirnos en neurocientíficos esa masa informe de tejido blandísimo? ¿Cómo puede ayudarnos a crear música tan exquisita?, ¿a buscar una cura para el cáncer?, ¿a enamorarnos? ¿o a leer un libro como este?

Cada una de los miles de millones de neuronas, o células nerviosas, en tu cerebro está vinculada con otras miles. La red resultante nos permite procesar grandes cantidades de información. De hecho, ¡es probable que haya más vías entre las neuronas en el cerebro que estrellas en el universo visible! Sin lugar a dudas, el cerebro humano es la más sorprendente de todas las computadoras. Visitemos este fascinante reino.

### PREGUNTAS de inicio

- |   |   |
|---|---|
| 2.1 <i>¿Cómo se comunican y operan las neuronas?</i>  | 2.5 <i>¿Cuáles son las principales partes de la subcorteza?</i> |
| 2.2 <i>¿Cuáles son las principales partes del sistema nervioso?</i>   | 2.6 <i>El sistema glandular ¿afecta a la conducta?</i>          |
| 2.3 <i>¿Cómo se identifican las diferentes partes del cerebro y qué hacen?</i>  | 2.7 <i>¿Cuáles son las diferencias entre diestros y zurdos?</i> |
| 2.4 <i>¿Cuáles son las diferencias entre los hemisferios izquierdo y derecho, y cuáles son las distintas funciones de los lóbulos de la corteza cerebral?</i> |   |

## Neuronas: construcción de una “biocomputadora”

**Pregunta de inicio 2.1:** ¿cómo se comunican y operan las neuronas?

El cerebro se compone de unos cien mil millones de **neuronas**, o células nerviosas individuales. De hecho, lo que eres se puede rastrear hasta los impulsos eléctricos que pasan como un relámpago a través de las ramificaciones en forma de telaraña de las neuronas. Aunque estas neuronas pueden parecer muy alejadas de la vida cotidiana, todo lo que piensas, sientes y haces comienza con estas diminutas células (Banich y Compton, 2011). Tus cien mil millones de neuronas están acompañadas por aproximadamente el mismo número de *células gliales*, las cuales apoyan a las neuronas en diferentes formas (Carlson, 2010). Las neuronas transmiten información desde los sentidos hasta el cerebro, donde se procesan. Las neuronas también llevan información de salida desde el cerebro para activar músculos y glándulas. Sin embargo, una sola neurona no es muy inteligente; se necesita mucho más para hacerte parpadear. Literalmente, mil millones de neuronas intervienen cuando una cantante como Lady Gaga interpreta una canción.

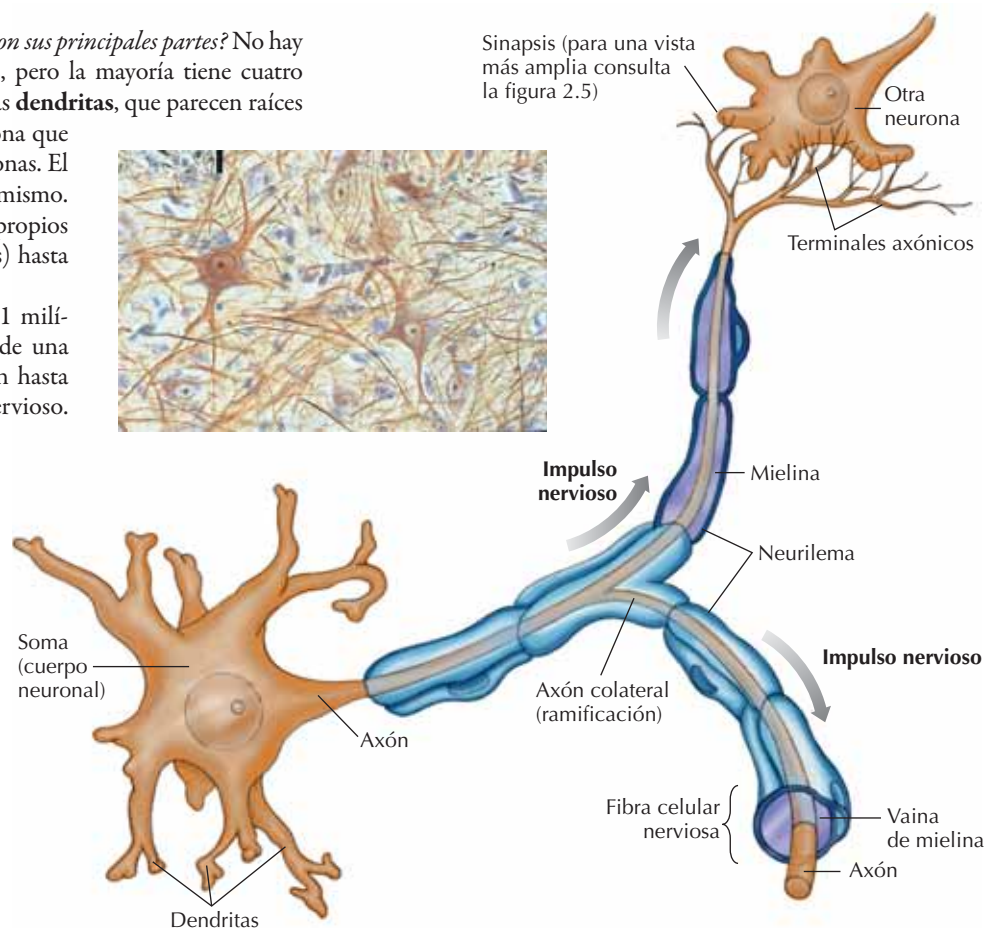
Tu capacidad intelectual surge porque las neuronas individuales se vinculan unas con otras en forma de telarañas. Cada neurona recibe mensajes de muchas otras y envía un mensaje propio para activar muchas otras. Cuando las neuronas forman redes extensas, producen la inteligencia y la conciencia. Veamos cómo funcionan las neuronas y cómo está “cableado” el sistema nervioso.

### Partes de una neurona

¿Cómo se ve una neurona? ¿Cuáles son sus principales partes? No hay dos neuronas exactamente iguales, pero la mayoría tiene cuatro porciones básicas (● figura 2.1). Las **dendritas**, que parecen raíces de árbol, son las fibras de la neurona que reciben los mensajes de otras neuronas. El **soma**, o cuerpo de la célula, hace lo mismo. Además, el soma envía mensajes propios (a través de los impulsos nerviosos) hasta una fibra delgada llamada **axón**.

Algunos axones miden sólo 0.1 milímetros. (Más o menos el ancho de una línea de lápiz.) Otros se extienden hasta un metro a través del sistema nervioso.

● **Figura 2.1** Neurona o célula nerviosa. En el primer plano derecho se observa una fibra de la célula nerviosa en sección transversal. La foto superior izquierda da una imagen más realista de la forma de las neuronas. En general, los impulsos nerviosos suelen viajar del soma y las dendritas a los extremos de las ramificaciones del axón. La célula nerviosa que se muestra a continuación es una neurona motora. Los axones de las neuronas motoras se extienden desde el cerebro y la médula espinal hasta los músculos o las glándulas del cuerpo.



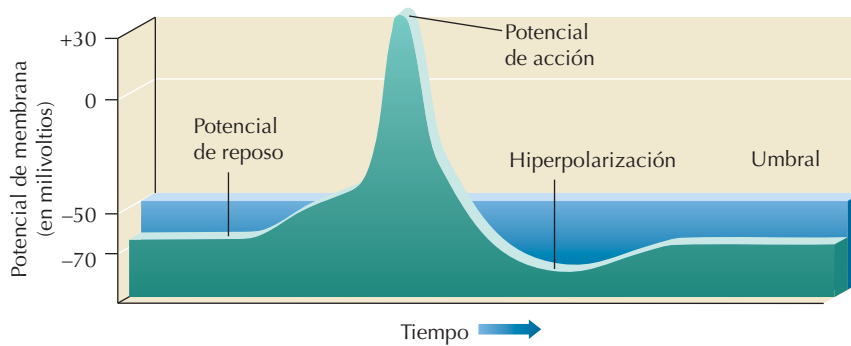
(Desde la base de la columna vertebral hasta el dedo gordo, por ejemplo.) Como cables en miniatura, los axones llevan los mensajes a través del cerebro y el sistema nervioso. En conjunto, el cerebro contiene cerca de tres millones de millas de axones (Breedlove, Watson y Rosenzweig, 2010).

Los axones se “ramifican” en fibras más pequeñas en forma de bulbo llamados **terminales axónicos**. Mediante la formación de conexiones con las dendritas y somas de otras neuronas, los terminales axónicos permiten pasar la información de neurona a neurona.

Ahora, resumamos con una metáfora. Imagina que te encuentras en una larga fila de personas tomadas de la mano. Una persona en el extremo izquierdo de la hilera quiere enviar un mensaje en silencio a la persona en el extremo derecho. Esto lo hace al tomar la mano de la persona a su derecha, quien presiona la mano de la persona a su derecha, y así sucesivamente. El mensaje llega a tu mano izquierda (tus dendritas). Tú decides si pasarlo o no. (Tú eres el soma.) El mensaje sale a través de tu brazo derecho (el axón). Con la mano derecha (los terminales axónicos), aprietas la mano de la persona a tu derecha y pasas el mensaje.

### El impulso nervioso

Dentro de cada neurona encontramos moléculas cargadas eléctricamente llamadas **iones**. Otros iones se encuentran fuera de la neurona. Mientras que algunos iones tienen una carga eléctrica positiva, otros tienen una carga negativa. Cuando una neurona está inactiva (o descansando), existen más cargas “positivas” fuera de la neurona y menos cargas “negativas” dentro de ella. Como



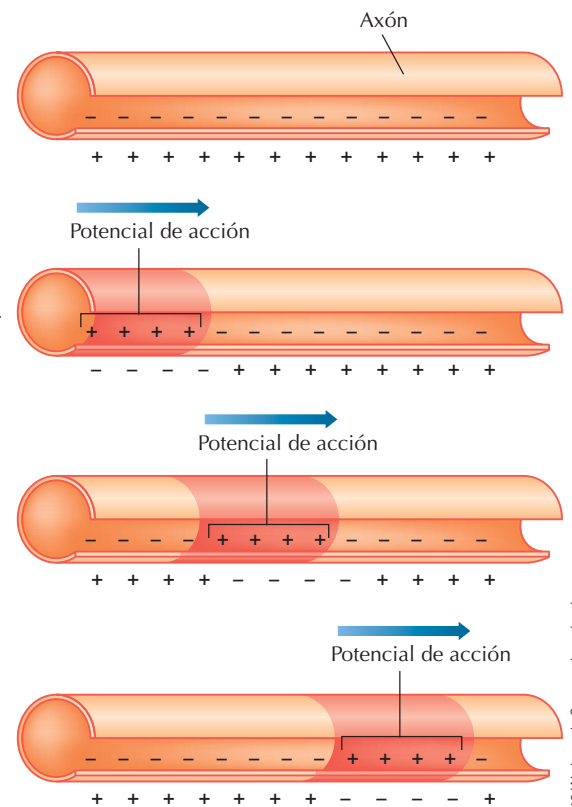
• **Figura 2.2** Sondajes eléctricos colocados dentro y fuera de un axón para medir su actividad. (La escala es exagerada. Dichas medidas requieren electrodos minúsculos, como se describe en este capítulo.) El interior de un axón en reposo es de aproximadamente  $-60$  a  $-70$  milivoltios, comparado con el exterior. Los cambios electroquímicos en una neurona generan un potencial de acción. Cuando los iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ), que tienen cargas positivas, entran precipitadamente a la célula, por un instante su interior se vuelve positivo. Este es el potencial de acción. Después del potencial de acción, los iones positivos de potasio ( $\text{K}^+$ ) fluyen fuera del axón y restauran su carga negativa. (Consulta la figura 2.3 para una explicación más extensa.)



© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

• **Figura 2.3** En general, el interior de un axón tiene una carga eléctrica negativa. Normalmente, el líquido que rodea el axón es positivo. Conforme el potencial de acción pasa a lo largo del axón, estas cargas se invierten de modo que el interior del axón por un momento se convierte en positivo. Este proceso se describe con más detalle en la figura 2.4.

1. En su estado de reposo, el axón tiene un interior cargado negativamente.
2. Durante un potencial de acción, los átomos positivamente cargados (iones) entran de prisa al axón. Esto cambia por poco tiempo la carga eléctrica dentro del axón, de negativa a positiva. Al mismo tiempo, la carga fuera del axón se vuelve negativa.
3. El potencial de acción avanza como cargas positivas y negativas inversas a una zona de movimiento de actividad eléctrica que baja rápidamente por el axón.
4. Después de que el potencial de acción pasa, los iones positivos fluyen fuera del axón para restaurar de inmediato su carga negativa. Un flujo pasivo de iones positivos adicionales regresa el axón a su estado de reposo.



© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

resultado, el interior de cada neurona en descanso del cerebro tiene una carga eléctrica de aproximadamente  $-60$  a  $-70$  milivoltios en el axón. (Un milivoltio es una milésima parte de un voltio.) Esta carga permite que cada neurona del cerebro actúe como una minúscula batería biológica (• figura 2.2).

A la carga eléctrica de una neurona inactiva se le conoce como **potencial de reposo**. Pero las neuronas rara vez descansan mucho: los mensajes que llegan de otras neuronas aumentan y disminuyen el potencial de reposo. Si la carga eléctrica se eleva por encima de los  $-50$  milivoltios, la neurona alcanza su **umbral** o activa el punto de descarga (consulta la • figura 2.2). Es como si la neurona dijera: “¡Ajá! Es hora de enviar un mensaje a mis vecinos”. Cuando una neurona alcanza su umbral, un **potencial de acción** o un impulso nervioso baja rápidamente por el axón a 200 millas por hora (• figura 2.3). Eso podría parecer rápido, pero reaccionar le toma por lo menos una fracción de segundo. Esta es la razón por la cual golpear un lanzamiento profesional de beisbol a 100 millas por hora es tan difícil.

¿Qué sucede durante un potencial de acción? La membrana del axón está atravesada por pequeños túneles o “agujeros”, llamados **canales iónicos**. Por lo regular, estos diminutos orificios están

**Neurona** Célula nerviosa individual.

**Dendritas** Fibras de la neurona que reciben los mensajes entrantes.

**Soma** Cuerpo principal de la neurona o de otra célula.

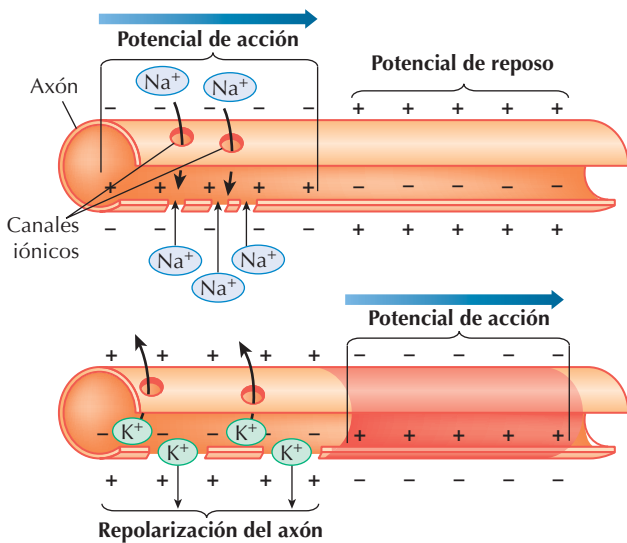
**Axón** Fibra que lleva la información lejos del cuerpo celular de la neurona.

**Terminales axónicos** Estructuras en forma de bulbo en los extremos de los axones que forman sinapsis con las dendritas y los somas de otras neuronas.

**Potencial de reposo** Carga eléctrica de una neurona en descanso.

**Umbral** Punto en que se desencadena un impulso nervioso.

**Potencial de acción** El impulso nervioso.



© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

• **Figura 2.4** El interior de un axón. El extremo derecho del axón superior está en reposo. Por lo tanto, tiene carga negativa. Un potencial de acción comienza cuando los canales de iones se abren y los iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) se precipitan al axón. En esta fotografía, el potencial de acción viajará de izquierda a derecha a lo largo del axón. En el axón inferior, el potencial de acción se mueve hacia la derecha. Después de pasar, los iones de potasio ( $\text{K}^+$ ) fluyen fuera del axón. Esto renueva con rapidez la carga negativa dentro del axón para que pueda encenderse otra vez. Los iones de sodio que entran en el axón durante un potencial de acción se bombean más despacio. Al eliminarlos, se restaura el potencial de reposo original.

bloqueados por las moléculas que actúan como “entradas” o “puertas”. Durante un potencial de acción, las entradas se abren. Esto permite que los iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) se precipiten al axón (Carlson, 2010). Primero, los canales se abren cerca del soma. Entonces las entradas se abren una tras otra a lo largo del axón conforme el potencial de acción se cierra (• figura 2.4).

Cada potencial de acción es un *evento todo o nada* (un impulso nervioso se produce en su totalidad o en absoluto). Puede resultarte útil imaginar el axón como una fila de fichas de dominó. Volcar la fila es una acción todo o nada. Una vez que caiga la primera, una ola de fichas caerá velozmente hasta el final de la línea. De igual manera, cuando se desencadena un impulso nervioso cerca del soma, una ola de actividad (el potencial de acción) viaja a lo largo del axón. Esto es lo que pasa en las largas cadenas de neuronas, como cuando el cerebro de una bailarina le dice a sus pies que deben moverse de acuerdo con el sonido de la música.

Después de cada impulso nervioso, la célula se sumerge brevemente por debajo de su nivel de reposo y está menos dispuesta a reaccionar. Esta **hiperpolarización** se produce porque los iones de potasio ( $\text{K}^+$ ) fluyen fuera de la neurona mientras están abiertas las puertas de la membrana (• figura 2.4). Después de un impulso nervioso, los iones fluyen dentro y fuera del axón, recargándolo para más acción. En nuestro modelo, restablecer la fila de fichas de dominó solo tomaría un instante. Sin embargo, mucho más pronto el axón estará listo para otra ola de actividad.

## Conducción saltatoria

Los axones de algunas neuronas (como la que se representa en la figura 2.1) están cubiertos con una capa de grasa llamada **mielina**. Pequeños espacios en la mielina ayudan a los impulsos nerviosos a moverse más rápido. En lugar de pasar por toda la longitud del

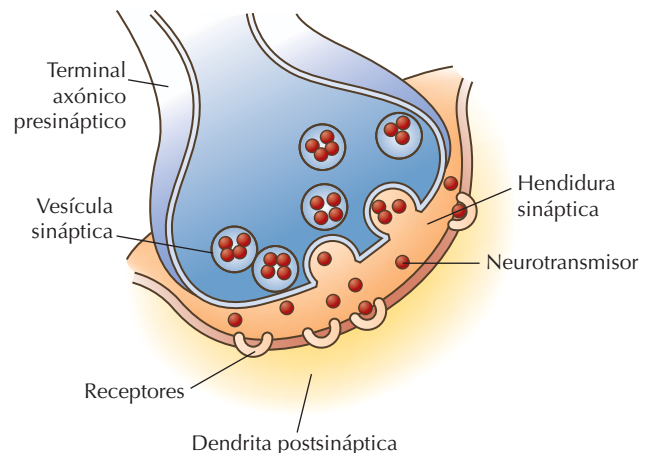
axón, el potencial de acción salta en intervalos, un proceso llamado **conducción saltatoria**. (En latín, la palabra *saltare* significa brincar o saltar.) Sin la velocidad añadida de los potenciales saltatorios de acción, probablemente sería imposible frenar a tiempo y evitar muchos accidentes automovilísticos (o golpear una bola rápida). Cuando la capa de mielina se daña, una persona puede sufrir entumecimiento, debilidad o parálisis. De hecho, esto es lo que sucede con la esclerosis múltiple, una enfermedad que se presenta cuando el sistema inmunológico ataca y destruye la mielina en el cuerpo de una persona (Khan, Tselis y Lisak, 2010).

## Sinapsis y neurotransmisores

¿Cómo pasa la información de una neurona a otra? El impulso nervioso es principalmente eléctrico. Por ello, estimular eléctricamente el cerebro afecta la conducta. Para probarlo, el investigador José Delgado entró en una plaza de toros con una capa y un transmisor de radio. El toro lo embistió. Delgado se replegó. En el último instante, el toro se detuvo en seco. ¿Por qué? Porque Delgado había colocado electrodos activados por radio (cables de metal) en el cerebro del toro. Estos, a su vez, estimularon los “centros de control” que provocaron que el toro se detuviera (Horgan, 2005).

En contraste con los impulsos nerviosos, la comunicación entre las neuronas es *química*. Al espacio microscópico entre dos neuronas, sobre los cuales pasan los mensajes, se le conoce como **sinapsis** (• figura 2.5). Cuando un potencial de acción llega a las puntas de los terminales axónicos, se liberan los **neurotransmisores** en el espacio sináptico. Los neurotransmisores son sustancias químicas que alteran la actividad de las neuronas.

Volvamos a nuestra metáfora sobre gente parada en una línea. Para ser más exactos, tú y los demás no deberían estar tomados de la mano. En lugar de eso, cada persona debe tener una pistola de agua en la mano derecha. Para pasar el mensaje, deberás lanzar un chorro de agua a la mano izquierda de la persona a tu derecha. Cuando esa persona reciba el “mensaje”, él o ella podría arrojar un chorro de agua a la mano izquierda de la persona a su derecha, y así sucesivamente.



• **Figura 2.5** Vista muy ampliada de una sinapsis. Los neurotransmisores se almacenan en sacos minúsculos llamados vesículas sinápticas. Cuando un impulso nervioso llega al final de un axón, las vesículas se mueven hacia la superficie y liberan los neurotransmisores. Estas moléculas cruzan el espacio sináptico para afectar la neurona siguiente. El tamaño del espacio es exagerado; en realidad mide aproximadamente una millonésima de pulgada. Algunas moléculas transmisoras estimulan la siguiente neurona y otras inhiben su actividad.

© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

## ■ CUADRO 2.1 Principales neurotransmisores

Neurotransmisor	Modo principal de acción	Función en el cerebro	Efectos del desequilibrio
Acetilcolina	Neurotransmisor estimulante	Participa en el movimiento, la función autónoma, el aprendizaje y la memoria.	La deficiencia puede ser importante en el desarrollo de Alzheimer.
Dopamina	Neurotransmisor estimulante	Participa en la motivación, la recompensa y la planeación de la conducta.	La deficiencia puede conducir a la enfermedad de Parkinson y la reducción de los sentimientos de placer; el exceso puede llevar a la esquizofrenia.
GABA	Neurotransmisor inhibitorio	Efecto inhibitorio importante en el sistema nervioso central; participa en el humor.	La deficiencia puede conducir a la ansiedad.
Glutamato	Neurotransmisor estimulante	Efecto estimulante importante en el sistema nervioso central; participa en el aprendizaje y la memoria.	El exceso puede conducir a la muerte y el autismo; su deficiencia puede llevar al agotamiento.
Norepinefrina	Neurotransmisor estimulante	Participa en la excitación, la vigilia y el humor.	El exceso puede provocar ansiedad.
Serotonina	Neurotransmisor inhibitorio	Participa en el humor, el apetito y el sueño.	La deficiencia puede conducir a la depresión o ansiedad.

(Adaptado de Freberg, 2010; Kalat, 2009.)

Cuando las moléculas químicas cruzan una sinapsis, se pegan a las áreas receptoras especiales en la neurona siguiente (● figura 2.5). Estos minúsculos **receptores** en la membrana de la célula son sensibles a los neurotransmisores. Estos receptores se encuentran en grandes cantidades en el cuerpo de las células neuronales y las dendritas. Los músculos y las glándulas también tienen receptores.

¿Los neurotransmisores siempre desencadenan un potencial de acción en la siguiente neurona? No, pero cambian la probabilidad de un potencial de acción en la neurona subsecuente. Algunos neurotransmisores estimulan la siguiente neurona (se mueve más cerca para la activación). Otros lo *inhiben* (al disminuir la probabilidad de activación). En el cerebro se encuentran más de 100 neurotransmisores químicos. Algunos ejemplos son acetilcolina, dopamina, GABA, glutamato, noradrenalina y serotonina (consulta el ■ cuadro 2.1).

¿Por qué hay tantos neurotransmisores? Para vincular las regiones del cerebro, algunos “senderos” específicos utilizan neurotransmisores. Es como si diferentes senderos hablaran diversos idiomas. Quizás esto ayuda a evitar la “interferencia” o a entremezclar los mensajes. Por ejemplo, el cerebro tiene un sistema de recompensa o “placer” que “habla” principalmente con dopamina (aunque también hay otros neurotransmisores) (Oppland, Leininger y Myers, 2010; Salamone, 2007).

Las ligeras variaciones en la función de los neurotransmisores tal vez se relacionen con los diferentes temperamentos durante la infancia y las distintas personalidades en la adultez (Ashton, 2007). Las perturbaciones absolutas de cualquier neurotransmisor tienen consecuencias graves. Por ejemplo, mientras que demasiada dopamina puede causar esquizofrenia (Di Forti, Lappin y Murray, 2007), muy poca serotonina puede ser la base de la depresión (Merens *et al.*, 2008).

Muchas drogas imitan, duplican o bloquean los neurotransmisores. Por ejemplo, la estructura química de la cocaína es similar a la de la dopamina. En el corto plazo, la cocaína puede provocar un incremento de dopamina en el sistema de recompensa, resultando en una droga “dura” (Briand *et al.*, 2008). En el largo plazo, el abuso de drogas recreacionales, como la cocaína, sobreestimula el sistema de recompensa y modifica la función de la dopamina, dando por resultado la drogadicción (Volkow *et al.*, 2007).

Otro ejemplo es la droga curare, que causa parálisis. Por lo regular, la acetilcolina activa los músculos. Al unirse a los sitios receptores en los músculos, el curare bloquea la acetilcolina, con lo que impide la activación de las células musculares. Como resultado, una persona o animal no se puede mover, un hecho conocido por los indios de América del Sur de la cuenca del río Amazonas, quienes usan curare como veneno en sus flechas para cazar. Sin la acetilcolina, un lanzador de béisbol no podría moverse, mucho menos arrojar una pelota.

## Reguladores neurales

Las actividades más sutiles del cerebro se ven afectadas por sustancias químicas llamadas **neuropéptidos**. Los neuropéptidos no llevan mensajes de forma directa por el contrario, *regulan* la actividad de otras neuronas; de esta manera, repercuten en la memoria, el dolor, la emoción, el placer, los estados de ánimo, el hambre, la conducta sexual y otros procesos básicos. Por ejemplo, cuando tocas algo caliente y alejas la mano con brusquedad, los neurotransmisores llevan mensajes para esta acción. Al mismo tiempo, el dolor puede causar que el cerebro libere neuropéptidos llamados *encefalinas*; estos reguladores neuronales, parecidos a los opiáceos, alivian el dolor y el estrés. Puesto que la glándula pituitaria libera los neuropéptidos relacionados, conoci-

**Canales iónicos** Pequeñas aperturas a través de la membrana del axón.

**Hiperpolarización** Disminución de la carga eléctrica por debajo del potencial de reposo.

**Mielina** Capa de grasa que recubre algunos axones.

**Conducción saltatoria** Proceso mediante el cual se conducen los impulsos nerviosos a través de los axones de las neuronas, están recubiertos con mielina y saltan de un espacio a otro en esta.

**Sinapsis** Espacio microscópico entre dos neuronas, sobre el cual pasan los mensajes.

**Neurotransmisor** Cualquier sustancia química liberada por una neurona que altera la actividad de otras neuronas.

**Receptores** Zonas en la superficie de las neuronas y otras células que son sensibles a los neurotransmisores o las hormonas.

**Neuropéptidos** Químicos cerebrales, como las encefalinas y las endorfinas, que regulan la actividad de las neuronas.

dos como *endorfinas*, juntos, estos químicos reducen el dolor para que no sea demasiado incapacitante (Drolet *et al.*, 2001).

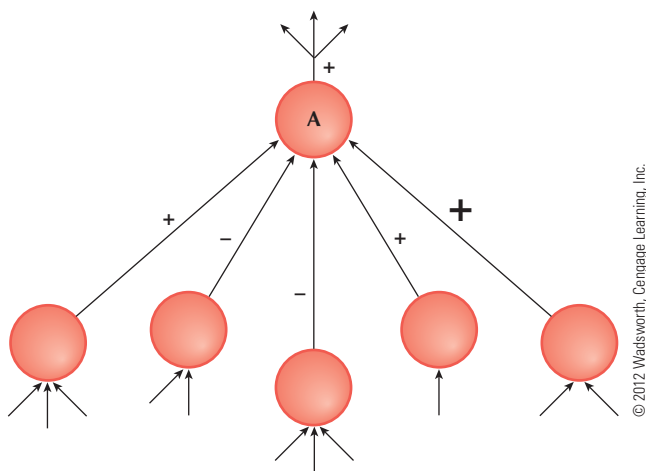
Ahora podemos explicar el efecto analgésico de los placebos (pastillas o inyecciones falsas), los cuales elevan los niveles de endorfinas (Stewart-Williams, 2004). La liberación de endorfinas parece asimismo disminuir la “euforia del corredor”, el masoquismo, la acupuntura y la euforia, que algunas veces se relacionan con el parto, los ritos de iniciación dolorosos e incluso el paracaidismo (Janssen y Arntz, 2001). En cada caso, el dolor y el estrés provocan la liberación de endorfinas; a su vez, estas inducen sentimientos de placer o de euforia similares a drogarse con morfina. Por tanto, las personas que dicen ser “adictas” a correr pueden estar más cerca de la verdad de lo que creen e incluso, aún más importante, por fin podremos saber por qué algunos valientes ¡toman saunas calientes seguidos de duchas frías! En última instancia, los reguladores neuronales pueden ayudarnos a explicar la depresión, la esquizofrenia, la drogadicción y otros temas desconcertantes.

### ENLACE

Lee más sobre cómo, a veces, el dolor puede producir sentimientos de relajación o de euforia. **Consulta el capítulo 4, páginas 139-141.**

## Redes neuronales

Enlacemos lo que sabemos sobre el impulso nervioso y la transmisión sináptica para ver cómo las **redes neuronales**, conjuntos de neuronas interrelacionados, procesan la información en nuestro cerebro. La **•** figura 2.6 muestra una pequeña parte de una red neural. Cinco sinapsis con una sola neurona que, a su vez, se conectan con otras tres neuronas. En el punto representado en el diagrama, la única neurona está recibiendo un mensaje estimulante fuerte y dos débiles (+), así como dos mensajes inhibitorios (-). ¿Se disparó un impulso? Depende. Si se reciben suficientes mensajes “estimulantes” al mismo tiempo, la neurona llegará a su límite y a la activación, pero solo si no se reciben suficientes mensajes “inhibitorios” que lo lleven *lejos* de su punto de activación.



**• Figura 2.6** Una pequeña red neuronal. La neurona A recibe entradas estimulantes de dos conexiones más débiles y una conexión más fuerte (+) y dos entradas inhibitorias (-), y combina los elementos de entrada en una “decisión” para iniciar su potencial de acción, lo cual puede ayudar a activar las transmisiones sinápticas en otras neuronas.

De esta manera, los mensajes se *combinan* antes de que una neurona “decida” activar su potencial de acción de todo o nada.

Probemos otra metáfora. Cuando sales de compras con cinco amigos, encuentras un par de pantalones que deseas comprar. Tres de ellos creen que debes adquirirlos. Tu mejor amigo es especialmente positivo (+) y dos consideran que no debes comprarlos (-). Puesto que, en definitiva, su aportación es positiva, decides continuar y comprar los pantalones. Además, probablemente les digas a algunos de tus amigos que también deben comprarse unos. Del mismo modo, una sola neurona en una red neuronal “escucha” a las neuronas que hacen sinapsis con ella y combina esa entrada en una salida. En un momento, una sola neurona puede analizar cientos o miles de entradas para producir un mensaje de salida. Después de que la neurona se recupera del potencial de acción resultante combina las entradas nuevas, que pueden haber cambiado desde entonces, en una salida y otra y otra.

De esta manera, cada neurona opera en el cerebro como una computadora diminuta. En comparación con una computadora promedio, una neurona es muy simple y lenta; pero si multiplicas estos eventos por 100 mil millones de neuronas y 100 mil millones de sinapsis, todas operando al mismo tiempo, tendrás un equipo increíble, uno que podría caber fácilmente en una caja de zapatos.

## Plasticidad neuronal

Las redes neuronales en el cerebro cambian todo el tiempo. El término **plasticidad neuronal** se refiere a la capacidad que tiene nuestro cerebro de cambiar como resultado de la experiencia. Se pueden formar sinapsis nuevas entre las neuronas, las conexiones sinápticas pueden crecer y otras conexiones sinápticas pueden debilitarse e incluso morir (la **•** figura 2.6 muestra una sinapsis particularmente fuerte, la gran +). Cada experiencia nueva que tenemos se refleja en forma de cambios en nuestro cerebro. Por ejemplo, los cerebros de las ratas criadas en un entorno complejo tienen más sinapsis y dendritas más largas que los de las ratas criadas en un entorno más sencillo (Kolb, Gibb y Gorny, 2003). Si consideramos a Nico y Brooke, adolescentes a quienes se les retiró gran parte del cerebro cuando eran bebés y que hoy muestran un funcionamiento adecuado, son un buen ejemplo de cómo, con los años, los cerebros compensan dicha pérdida (Immordino-Yang, 2008).

¿Los cerebros adultos también son “plásticos”? Aunque los cerebros adultos son menos plásticos, con paciencia y persistencia todavía pueden cambiar. Consulta la sección “Puedes cambiar de parecer, pero ¿puedes cambiar tu cerebro?”.

## El sistema nervioso: cableado para la acción

**Pregunta de inicio 2.2:** ¿cuáles son las principales partes del sistema nervioso?

Harry y Maya juegan a atrapar un balón de fútbol. Esto puede parecer bastante sencillo; sin embargo, el simple hecho de lanzar el balón o atraparlo implica detectar, interpretar y dirigir una gran cantidad de información a las fibras musculares. Mientras juegan, las redes neuronales de Maya y Harry están en actividad febril. Exploremos el “diagrama de cableado” que hace posible su juego.

Como se aprecia en la **•** figura 2.7, el **sistema nervioso central (SNC)** está compuesto por el cerebro y la médula espinal. El cerebro lleva a cabo la mayor parte del “procesamiento” en el

**Pensamiento crítico****Puedes cambiar de parecer, pero ¿puedes cambiar tu cerebro?**

**Siempre podemos cambiar de opinión**, pero ¿eso tiene algo que ver con el cerebro? De acuerdo con los científicos que lo estudian, la respuesta debería ser “sí”, ya que ellos creen que todo proceso mental implica una actividad cerebral.

En un estudio, las personas que sufrían de un miedo intenso a las arañas (aracnofobia) pudieron tocarlas después de someterse a terapia conductual cognitiva. Las imágenes de sus cerebros mostraron menor actividad en las

áreas relacionadas con la fobia (Paquette *et al.*, 2003). No sólo cambiaron de parecer sobre las arañas, de hecho cambiaron sus cerebros.

Otro estudio, centrado en pacientes con dificultades de lenguaje causadas por daño en el lado izquierdo del cerebro, tenía como objetivo ayudar a su recuperación. Los pacientes recibieron capacitación en comprensión del lenguaje, cosa que, en efecto, mejoró su capacidad de entenderlo. Además, las imágenes revelaron que el lado derecho de sus cerebros

se había vuelto más activo para compensar el daño en el lado izquierdo (Musso *et al.*, 1999). Una vez más, una experiencia de aprendizaje modificó sus cerebros.

Cada vez que aprendemos algo, remodelamos nuestro cerebro vivo (Begley, 2006). Incluso hay una frase elegante que describe lo que hacemos: *plasticidad neuronal dirigida*. Basta con que pienses que al estudiar este libro de texto de psicología estás cambiando tu mente, y tu cerebro, sobre la psicología.

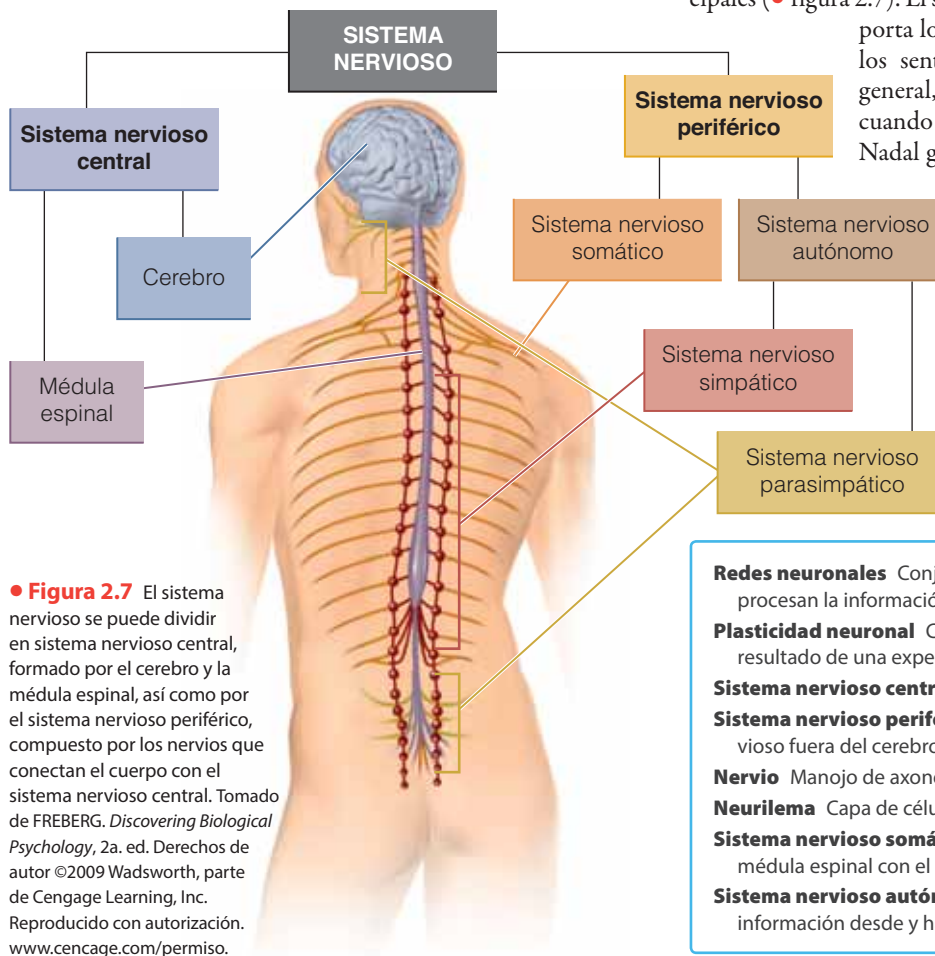
sistema nervioso. Harry deberá usar su cerebro para anticipar cuándo y dónde llegará la pelota. El cerebro de Harry se comunica con el resto de su cuerpo a través de un gran “cable” llamado médula espinal; desde esta, los mensajes fluyen a través del **sistema nervioso periférico (SNP)**, una intrincada red de *nervios* que lleva la información desde y hacia el SNC.

¿Las neuronas son lo mismo que los nervios? No. Las neuronas son pequeñas células nerviosas con un axón (necesitarías un microscopio para verlas); los **nervios** son manojos grandes de axones neuronales (sin necesidad de un microscopio podrías ver con facilidad los nervios).

Los nervios en el sistema nervioso periférico pueden regenerarse si se dañan; los axones de la mayoría de las neuronas de los nervios fuera del cerebro y la médula espinal están cubiertos por una capa fina de células llamada **neurilema** (consulta la • figura 2.1). El neurilema forma un “túnel” que pueden seguir las fibras dañadas para repararse; debido a esto, los pacientes pueden esperar recuperar algo de control sobre los miembros amputados, una vez que los nervios se hayan rehecho.

**El sistema nervioso periférico**

El sistema nervioso periférico se puede dividir en dos partes principales (• figura 2.7). El **sistema nervioso somático (SNS)** transporta los mensajes hacia y desde los órganos de los sentidos y los músculos esqueléticos; en general, controla la conducta voluntaria, como cuando Maya lanza la pelota o cuando Rafael Nadal golpea una pelota de tenis. En contraste, el **sistema nervioso autónomo (SNA)** sirve a los órganos internos y las glándulas (la palabra *autónomo* significa “gobierno propio”). Las actividades que se rigen por el sistema nervioso autónomo son en su mayoría “vegetativas” o automáticas, como la frecuencia cardíaca, la digestión y la transpiración. Por tanto, los mensajes transportados por el sistema somático pueden



• **Figura 2.7** El sistema nervioso se puede dividir en sistema nervioso central, formado por el cerebro y la médula espinal, así como por el sistema nervioso periférico, compuesto por los nervios que conectan el cuerpo con el sistema nervioso central. Tomado de FREBERG. *Discovering Biological Psychology*, 2a. ed. Derechos de autor ©2009 Wadsworth, parte de Cengage Learning, Inc. Reproducido con autorización. [www.cengage.com/permiso](http://www.cengage.com/permiso).

- Redes neuronales** Conjuntos de neuronas vinculados entre sí que procesan la información en el cerebro.
- Plasticidad neuronal** Capacidad del cerebro para cambiar como resultado de una experiencia.
- Sistema nervioso central (SNC)** El cerebro y la médula espinal.
- Sistema nervioso periférico (SNP)** Todas las partes del sistema nervioso fuera del cerebro y la médula espinal.
- Nervio** Manojos de axones neuronales.
- Neurilema** Capa de células que encierra muchos axones.
- Sistema nervioso somático (SNS)** Sistema de nervios que une la médula espinal con el cuerpo y los órganos de los sentidos.
- Sistema nervioso autónomo (SNA)** Sistema de nervios que llevan información desde y hacia los órganos internos y las glándulas.

hacer que muevas la mano, pero no que tus ojos se dilaten. Del mismo modo, los mensajes realizados por el SNA pueden estimular la digestión, pero no ayudarte a llevar a cabo una acción voluntaria, como escribir una carta. Si Harry siente un destello de ira cuando pierde una pelota, una breve ráfaga de actividad se extenderá a través de su sistema nervioso autónomo.

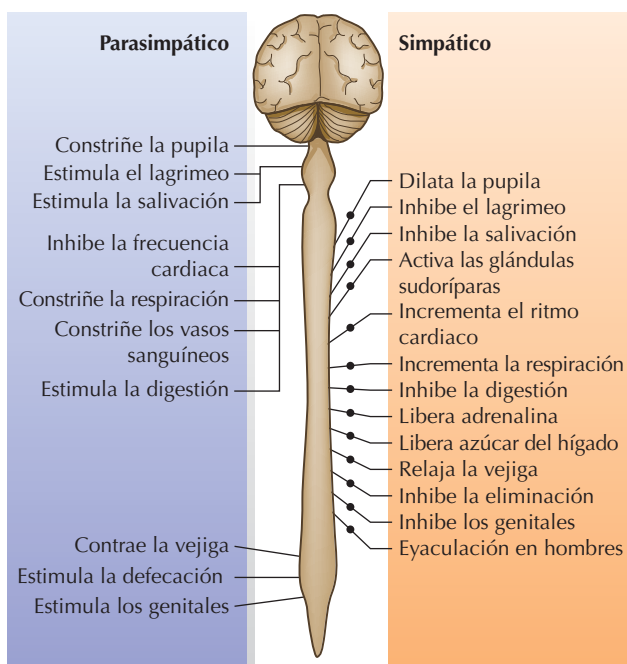
### ENLACE

El SNA desempeña un rol central en nuestra vida emocional; de hecho, sin él, una persona sentiría poca emoción. **Para obtener más información acerca del SNA y la emoción, consulta el capítulo 10, páginas 351-354.**

El SNS y el SNA trabajan juntos para coordinar las reacciones internas del cuerpo ante los acontecimientos del mundo exterior. Por ejemplo, si un perro que gruñe se abalanza sobre ti, el SNS controlará los músculos de tus piernas para que se activen. Al mismo tiempo, el SNA aumentará la presión sanguínea, acelerará los latidos del corazón, y así sucesivamente. El SNA se divide en dos ramas, *simpática* y *parasimpática*.

¿Cuál es la diferencia entre las ramas del sistema autónomo?

Tanto las ramas simpática y parasimpática se vinculan con las respuestas emocionales, como el llanto, la sudoración, el ritmo cardíaco y otros comportamientos involuntarios (● figura 2.8). Sin embargo, la **rama simpática** es un sistema de “emergencia”. Prepara el cuerpo para “luchar o huir” en momentos de peligro o de gran emoción; en esencia, despierta el cuerpo para la acción. En contraste, la **rama parasimpática** tranquiliza el cuerpo y lo regresa a un nivel de menor excitación. Se activa inmediatamente después de un evento emocional. La rama parasimpática también



● **Figura 2.8** Ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo. Ambas ramas controlan las acciones involuntarias. En general, mientras que el sistema simpático activa el cuerpo, el sistema parasimpático lo tranquiliza. La rama simpática transmite sus mensajes a través de grupos de células nerviosas fuera de la médula espinal.

ayuda a mantener procesos vitales como la frecuencia cardíaca, la respiración y la digestión a niveles moderados.

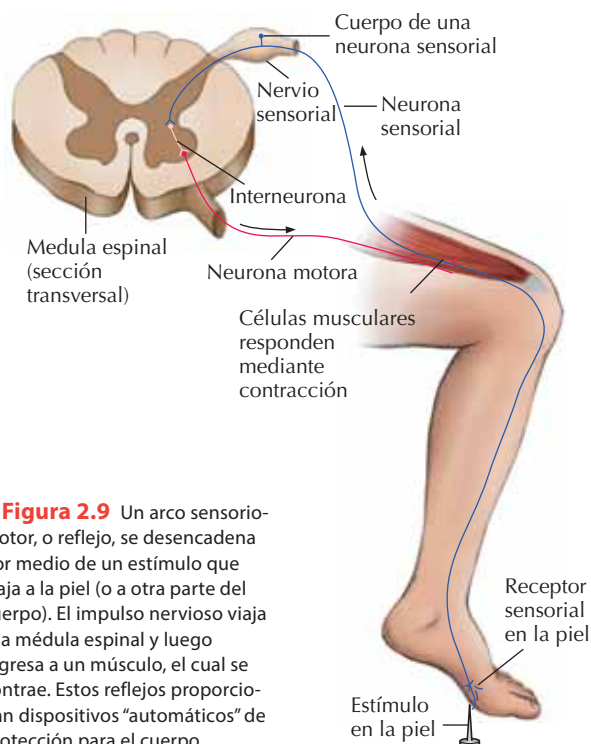
Obviamente, las dos ramas del SNA siempre están activas; en un momento dado, su actividad combinada determina si el cuerpo está más o menos relajado o excitado.

### La médula espinal

Como ya se mencionó, la médula espinal conecta el cerebro con otras partes del cuerpo. Si cortáramos este “cable”, veríamos columnas de *materia blanca* (manojos de axones cubiertos con mielina). Este tejido se compone de axones que al final salen de la médula espinal para formar los nervios del sistema nervioso periférico. Treinta y un pares de **nervios espinales** llevan mensajes sensitivos y motores desde y hacia la médula espinal. Además, 12 pares de **nervios craneales** dejan el cerebro directamente sin pasar a través de la médula espinal. Juntos, estos nervios mantienen todo tu cuerpo en comunicación con el cerebro.

¿Conectar el cerebro con el sistema nervioso es la única función de la médula espinal? En realidad, la médula espinal puede hacer un poco de “procesamiento” simple por su cuenta. Cuando un estímulo provoca una respuesta automática, se produce un **arco reflejo**. Tales reflejos surgen dentro de la médula espinal sin ninguna ayuda del cerebro (consulta la ● figura 2.9). Imagina que Maya pisa una espina. (Sí, todavía están jugando a la pelota.) El pie detecta el dolor por medio de una **neurona sensorial**, es decir, una neurona que transmite mensajes de los sentidos hacia el SNC. Al instante, la neurona sensorial dispara un mensaje hacia la médula espinal de Maya.

Dentro de la médula espinal, la neurona sensorial hace sinapsis con una **interneurona** (una neurona que une otras dos). La interneurona activa una **neurona motora** (aquella que lleva instrucciones desde el SNC a los músculos y las glándulas). Las fibras musculares se componen de **células efectoras** (células capaces de



● **Figura 2.9** Un arco sensorio-motor, o reflejo, se desencadena por medio de un estímulo que viaja a la piel (o a otra parte del cuerpo). El impulso nervioso viaja a la médula espinal y luego regresa a un músculo, el cual se contrae. Estos reflejos proporcionan dispositivos “automáticos” de protección para el cuerpo.



## Ondas cerebrales

## Reparación de tu cerebro

**Hasta hace pocos años** existía la creencia generalizada de que nacemos con todas las células del cerebro que siempre tendremos (Ben Abdallah, 2010). Esto llevó a la idea deprimente de que todos, poco a poco, vamos cuesta abajo, ya que el cerebro pierde miles de neuronas cada día. En la actualidad, en lugar de enfrentar una disminución constante, sabemos que un cerebro sano de 75 años de edad tiene tantas neuronas como cuando viajaba a toda velocidad a través de la vida en el cuerpo de una persona de 25 años. Si bien es cierto que el cerebro pierde células a diario, también lo es que crecen nuevas neuronas para reemplazarlas. Este proceso se llama **neurogénesis**, la producción de nuevas células cerebrales (Kempermann, 2005). Cada día, miles de nuevas células se originan en la profundidad del cerebro, se mueven a la superficie y se vinculan con otras neuronas para conformar los circuitos del cerebro. Esta fue una noticia sorprendente para los neurocientíficos, que ahora deben averiguar lo que hacen las células nuevas. Lo más probable es que se relacionen con el aprendizaje, la memoria y nuestra capacidad de adaptación a las circunstancias cambiantes (Canales, 2010).

Antes de que se descubriera la neurogénesis, se suponía que solo a partir de los trasplan-

tes de neuronas se podía tratar al cerebro presa de la edad (Wong, Hodges y Horsburgh, 2005). Imagina que un paciente llamado Bobby M. sufrió un derrame cerebral (como Bryan Kolb) que le provocó una parálisis parcial en el brazo izquierdo. ¿Qué se podría hacer para ayudar a Bobby a recuperarse? Una forma consiste en inyectar células madre en las áreas cerebrales dañadas. Esto permitiría que las nuevas células se vincularan con las neuronas existentes para reparar el daño de Bobby causado por el accidente cerebrovascular (Davies *et al.*, 2008; Zhang, Zhang y Chopp, 2005).

El descubrimiento de la neurogénesis en el cerebro adulto hoy conduce hacia nuevos tratamientos para algunos tipos de daño cerebral. Por ejemplo, un enfoque llamado *terapia de movimiento inducido por restricción* podría utilizarse para acelerar la recuperación de Bobby. En este caso, el brazo derecho sano de Bobby se vería afectado, lo que forzaría a su brazo izquierdo deteriorado a ser más activo. Mediante el uso de su brazo izquierdo, Bobby podría aumentar la neurogénesis en la parte dañada de su cerebro (Taub, 2004). Con base en otro enfoque, los medicamentos que aceleran la neurogénesis podrían inyectarse en el área dañada del cerebro de Bobby (Zhang, Zhang y Chopp,

2005). Estas técnicas están empezando a ofrecer una nueva esperanza para las personas que sufren diferentes discapacidades, como la ceguera y la enfermedad de Parkinson (Brinton y Wang, 2006; Burke *et al.*, 2007).

*¿Pero estos tratamientos no suponen que el cerebro de Bobby es todavía capaz de la neurogénesis? ¿Y si no lo es? ¡Brillante!* Aunque es muy probable que un golpe no dañe la capacidad del cerebro de repararse a sí mismo, es muy posible que otros trastornos cerebrales surjan de la neurogénesis alterada (Thompson *et al.*, 2008). De hecho, esta es exactamente la teoría propuesta por los neurocientíficos Carla Toro y Bill Deakin para explicar el grave trastorno mental de la esquizofrenia (Toro y Deakin, 2007). Los cerebros de las personas con esquizofrenia suelen ser más pequeños de lo normal, lo que indica que tienen un menor número de neuronas. La idea de Toro y Deakin es que el cerebro esquizofrénico puede ser incapaz de crear continuamente neuronas nuevas para reemplazar las que mueren. Si son correctas, las nuevas terapias para promover la neurogénesis pueden ser la clave para el tratamiento de la esquizofrenia, una de las enfermedades mentales más devastadoras. (Para más información sobre la esquizofrenia, consulta el capítulo 14.)

producir una respuesta). Las células musculares se contraen y causan que el pie de Maya se retraiga. Ten en cuenta que no se requiere actividad cerebral para que se produzca un arco reflejo. El cuerpo de Maya va a reaccionar en forma automática para protegerse.

En realidad, aunque se trate de un simple reflejo, suele desencadenar una actividad más compleja. Por ejemplo, los músculos de la otra pierna de Maya deben contraerse para apoyarla cuando ella cambia su peso. Esto lo puede hacer la médula espinal, pero implica muchas más células y varios nervios espinales. Además, la médula espinal normalmente informa al cerebro sobre sus acciones. A medida que su pie se separa de la espina, Maya siente dolor y piensa, “¡Ay!, ¿qué fue eso?”

Tal vez te has dado cuenta de lo adaptativo que resulta tener una médula espinal capaz de responder por sí misma. Tales respuestas automáticas permiten a los cerebros de nuestras estrellas del fútbol para lidiar con información más importante (la ubicación de los árboles, los postes de luz y los espectadores atractivos) mientras se turnan para hacer atrapadas espectaculares.

Aunque los nervios periféricos pueden regenerarse, una lesión grave en el cerebro o la médula espinal por lo general es permanente. Sin embargo, los científicos están comenzando a hacer progresos en la reparación de neuronas dañadas en el SNC. Por ejemplo, los cortes en la médula espinal de las ratas se han reparado parcialmente mediante el establecimiento de “puentes celulares” para cerrar la brecha. Las estrategias incluyen persuadir a las fibras nerviosas cortadas de crecer a través del hueco (Cheng, Cao y Olson, 1996), el injerto de fibras nerviosas para llenar el vacío (Féron *et al.*, 2005) y la inyección de células madre (células

inmaduras que pueden madurar en una variedad de células especializadas, como las neuronas) en el hueco (Davies *et al.*, 2008).

Investigaciones con ratones y ratas han sido seguidas de estudios con humanos. Imagínate lo que eso podría significar para una persona confinada a una silla de ruedas. Aunque no es aconsejable crear falsas esperanzas, las soluciones a estos problemas empiezan a surgir. No obstante, es recomendable cuidar apropiadamente el sistema nervioso central. Eso incluye el uso de cinturones de seguridad al conducir, llevar casco al montar en motocicleta o bicicleta, usar equipo de protección durante la práctica de deportes y evitar actividades que constituyan un riesgo para la cabeza o la médula espinal.

*¿Puede repararse también el daño cerebral?* Aunque exploremos el cerebro más a fondo más adelante en el capítulo, por ahora responderemos con un optimista pero cuidadoso *sí* (consulta el recuadro “Reparación de tu cerebro”).

**Rama simpática** Rama del SNA que estimula el cuerpo.

**Rama parasimpática** Rama del SNA que tranquiliza el cuerpo.

**Nervios espinales** Principales nervios que transportan mensajes sensoriales y motores dentro y fuera de la médula espinal.

**Nervios craneales** Principales nervios que salen del cerebro sin pasar a través de la médula espinal.

**Arco reflejo** La conducta más simple, en la que un estímulo provoca una respuesta automática.

**Neurona sensorial** Aquella que lleva la información desde los sentidos hacia el SNC.

**Neurogénesis** Producción de nuevas células cerebrales.

Antes de explorar algunas de las herramientas de investigación que utilizan los biopsicólogos, repasemos lo mucho que hemos aprendido.

### Creación del conocimiento

## Las neuronas y el sistema nervioso

### REPASA

1. El \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ son las áreas de recepción de una neurona, donde se acepta la información de otras neuronas.
2. Los impulsos nerviosos se transmiten por medio del \_\_\_\_\_ al \_\_\_\_\_.
3. El potencial de \_\_\_\_\_ se convierte en un potencial de \_\_\_\_\_ cuando una neurona pasa el umbral de activación.
4. Los neuropéptidos son sustancias transmisoras que ayudan a regular la actividad de las neuronas. ¿V o F?
5. Los sistemas nerviosos somático y autónomo forman parte del sistema nervioso \_\_\_\_\_.
6. Los iones de sodio y de potasio fluyen a través de los canales iónicos en la sinapsis para activar un impulso nervioso en la neurona receptora. ¿V o F?
7. La secuencia más simple del comportamiento es \_\_\_\_\_.
8. El sistema nervioso parasimpático es el más activo en momentos de gran emoción. ¿V o F?

### REFLEXIONA

#### Pensamiento crítico

9. ¿Qué efecto esperas que tenga una droga si bloquea el paso de los neurotransmisores a través de la sinapsis?
10. ¿En qué parte de todo el "hardware" del cerebro crees que se encuentra la mente? ¿Cuál es la relación entre la mente y el cerebro?

#### Autorreflexiona

Para hacer frente a todos los términos técnicos de este capítulo, podría ayudar pensar en las neuronas como criaturas extrañas. ¿Cómo actúan? ¿Qué las estimula? ¿Cómo se comunican?

Para recordar las funciones de las principales ramas del sistema nervioso, piensa en lo que *no podrías* hacer si cada parte se perdiera. ¿En qué forma difiere una red neuronal de la unidad central de procesamiento de una computadora?

Respuestas: 1. dendritas, soma, 2. axón, terminales axónicas 3. reposo, acción 4. V 5. perirríco 6. F 7. arco reflejo 8. F 9. Esa droga podría tener efectos de gran alcance, según el neurotransmisor biológico que queda. Si el fármaco bloquea las sinapsis estimuladoras, disminuiría la actividad cerebral; si bloquea mensajes inhibitorios, actuaría como un poderoso estimulante. 10. Estas preguntas, conocidas como el problema mente-cuerpo, han desafiado a los pensadores durante siglos. Un punto de vista reciente es que los estados mentales son "propiedades emergentes" de la actividad cerebral. Esto significa que la actividad del cerebro forma patrones complejos que son, en cierto sentido, más que la suma de sus partes. O, para usar una analogía aproximada, si el cerebro fuera un instrumento musical, la vida mental sería la música que se reproduce en ese instrumento.

## Métodos de investigación: gráfica del campo interno del cerebro

**Pregunta de inicio 2.3:** ¿cómo se identifican las diferentes partes del cerebro y qué hacen?

La *biopsicología* es el estudio de cómo los procesos biológicos, en particular los que se producen en el sistema nervioso, se relacionan con la conducta. En su investigación, muchos biopsicólogos

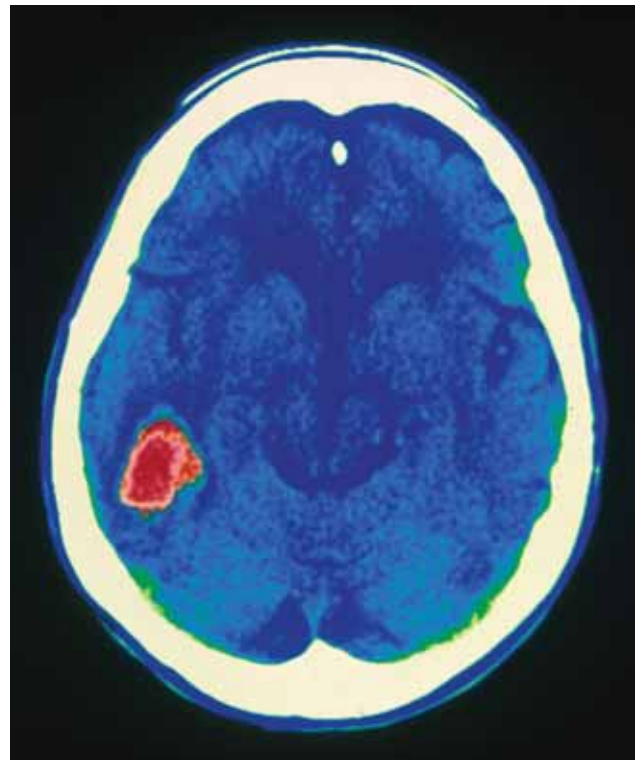
tratan de determinar las partes del cerebro que controlan determinadas funciones mentales o la conducta, como ser capaz de reconocer las caras o mover las manos. Es decir, buscan averiguar dónde se localizan (ubicación) las funciones en el cerebro. Muchas técnicas se han desarrollado para ayudar a identificar las estructuras cerebrales y las funciones que controlan.

### Mapeo de la estructura del cerebro

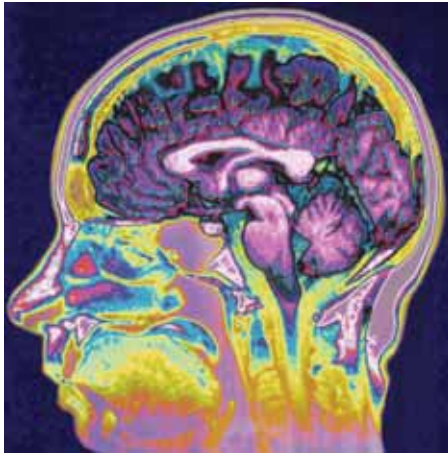
Los anatomistas han aprendido mucho sobre la estructura del cerebro mediante la disección (corte) de cerebros humanos y animales muertos, y al examinarlos bajo un microscopio. La disección revela que el cerebro está compuesto de muchas áreas o "partes" anatómicamente distintas. Se han inventado nuevos métodos menos invasivos, como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, útiles para mapear las estructuras cerebrales en cerebros vivos.

### Tomografía computarizada

El equipo de tomografía computarizada revolucionó el estudio de las estructuras del cerebro y facilitó la identificación de enfermedades y lesiones cerebrales. En el mejor de los casos, los rayos X convencionales producen solo imágenes sombrías del cerebro. La tomografía computarizada (TC) es un tipo especializado de rayos X mucho más eficiente para observar el cerebro. En una tomografía computarizada, una computadora reúne los rayos X tomados desde diferentes ángulos y los alinea en una imagen del cerebro. Una tomografía computarizada puede revelar la localización de accidentes cerebrovasculares, lesiones, tumores y otros trastornos cerebrales.



El cerebro en la foto tiene una apoplejía (en rojo); la ubicación de la misma determinará las funciones mentales o conductuales afectadas.



© Pete Saloutos/Corbis

• **Figura 2.10** Una resonancia magnética a color del cerebro revela muchos detalles. ¿Puedes identificar las regiones del cerebro?

### Imágenes por resonancia magnética

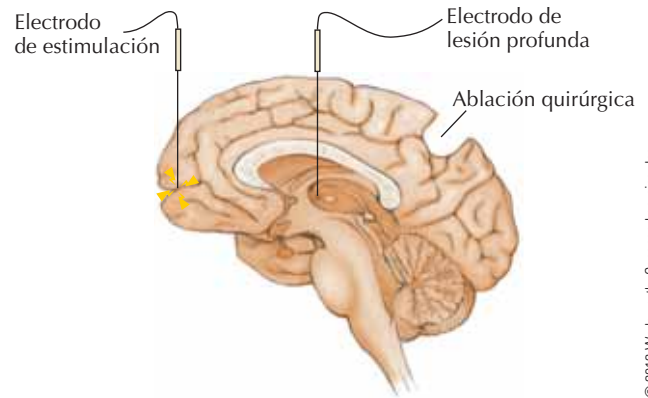
La **imagenología por resonancia magnética (IRM)** usa un campo magnético muy potente, en lugar de rayos X, para producir una imagen del interior del cuerpo. Durante una resonancia magnética, el cuerpo se coloca dentro de un campo magnético y, a continuación, una computadora crea un modelo tridimensional del cerebro o del cuerpo; este método permite seleccionar cualquier plano, o corte, en dos dimensiones del cuerpo y mostrarlo como una imagen en la pantalla de una computadora. Las IMR producen imágenes más detalladas que las **tomografías computarizadas**, lo cual nos permite observar dentro del cerebro vivo casi como si fuera transparente (consulta la • figura 2.10).

### Exploración de la función cerebral

A pesar de que poder examinar las imágenes de diferentes estructuras cerebrales es muy valioso, como en la tomografía computarizada y la resonancia magnética, visualizar el papel que desempeñan las estructuras de la función normal del cerebro es algo por completo diferente.

¿Qué partes del cerebro nos permiten pensar, sentir, percibir o actuar? Para responder preguntas como estas, debemos localizar la **función cerebral** mediante el vínculo de las capacidades psicológicas o del comportamiento con determinadas estructuras cerebrales. En muchos casos, esto se ha hecho a través de **estudios de casos clínicos**, los cuales examinan los cambios en la personalidad, la conducta o la capacidad sensorial causados por enfermedades o lesiones cerebrales. Si el daño a una parte específica del cerebro conduce de manera sistemática a la pérdida de una función particular, entonces se dice que la función se localiza en esa estructura. Es de suponer que esa parte del cerebro controla la misma función en todos nosotros.

Aunque las principales lesiones cerebrales son bastante fáciles de detectar, los psicólogos también buscan signos más sutiles de que el cerebro no está funcionando correctamente. Los **signos neurológicos blandos**, como se les conoce, incluyen torpeza, una forma extraña de caminar, mala coordinación mano-ojo y otros problemas con la percepción o el control muscular fino (Morgan y Ricke, 2008). Estos signos reveladores son “blandos” en el sentido de que no son evaluaciones directas del cerebro, como una tomografía computarizada o una resonancia magnética. En un princi-



© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

• **Figura 2.11** Las funciones de las estructuras cerebrales se exploran mediante la activación o la eliminación selectiva de las mismas. La investigación del cerebro a menudo se basa en la estimulación eléctrica, pero algunas veces se utiliza también la estimulación química.

pio, Bryan Kolb se autodiagnosticó que había sufrido una apoplejía únicamente a partir de los signos blandos. Del mismo modo, los signos blandos ayudan a los psicólogos a diagnosticar problemas que van desde trastornos del aprendizaje durante la niñez hasta un episodio psicótico completo (Stuss y Levine, 2002).

En lugar de confiar en los estudios clínicos, los investigadores han aprendido mucho con la **estimulación eléctrica cerebral (EEC)** (• figura 2.11). Por ejemplo, la superficie del cerebro se puede “activar” al estimularla con una ligera corriente eléctrica suministrada a través de un alambre aislado delgado llamado **electrodo**. Cuando se hace esto durante una cirugía cerebral, el paciente puede describir qué efecto tendrá la estimulación. (El cerebro no tiene receptores de dolor, por lo que la cirugía se puede realizar mientras el paciente está despierto. Sólo se utilizan analgésicos locales en el cuero cabelludo y el cráneo. ¿Algún voluntario?) Incluso las estructuras debajo de la superficie del cerebro pueden activarse al reducir la estimulación de los electrodos, aislados excepto en la punta, en un área objetivo en el interior del cerebro. La EEC puede estimular la conducta de manera asombrosa. Al instante, se puede llevar a la agresión, al estado de alerta, a escapar, a comer, a beber, a dormir, a moverse, a la euforia, a los recuerdos, al habla, a las lágrimas y más.

**Tomografía computarizada (tc)** Imagen del cerebro o del cuerpo en rayos X mejorada por computadora.

**Imagenología por resonancia magnética (IRM)** Técnica de imagenología que resulta en una imagen tridimensional del cerebro o del cuerpo, con base en su respuesta a un campo magnético.

**Localización de la función cerebral** Estrategia de investigación que consiste en vincular las estructuras específicas del cerebro con funciones psicológicas o conductuales específicas.

**Estudio de caso clínico** Investigación detallada sobre una sola persona, especialmente una que sufre alguna lesión o enfermedad.

**Signos neurológicos blandos** Signos conductuales sutiles de disfunción cerebral, incluidos torpeza, una forma extraña de caminar, mala coordinación mano-ojo y otros problemas perceptuales y motores.

**Estimulación eléctrica cerebral (EEC)** Estimulación eléctrica directa y activación del tejido cerebral.

**Electrodo** Cualquier dispositivo (como un alambre, aguja o placa de metal) utilizado para estimular eléctricamente o destruir el tejido nervioso o para registrar su actividad.

¿La EEC se podría utilizar para controlar a una persona en contra de su voluntad? Parecería que la EEC podría utilizarse para controlar a una persona como si fuera un robot. Pero los detalles de las emociones y los comportamientos provocados por la EEC son modificados debido a la personalidad y las circunstancias. Contrario a las películas de ciencia ficción, sería imposible que un dictador despiadado esclavizara personas al “radiocontrolar” sus cerebros.

Un enfoque alternativo es la **ablación**, o la extirpación quirúrgica de las partes del cerebro (● figura 2.11). Cuando la ablación provoca cambios en la conducta o la capacidad sensorial, también profundiza los efectos de la “parte” faltante. Mediante una técnica llamada **lesión por radiofrecuencia**, las estructuras debajo de la superficie del cerebro también se pueden remover. En este caso, un electrodo se baja a un área objetivo dentro del cerebro y se utiliza una corriente eléctrica potente para destruir una pequeña cantidad de tejido cerebral (● figura 2.11). Una vez más, los cambios en la conducta dan pistas sobre la función de la zona afectada.

Para averiguar qué hacen las neuronas individuales, tenemos que hacer una grabación de microelectrodos. Un *microelectrodo* es un tubo muy fino de vidrio lleno con un fluido salino. La punta de un microelectrodo es tan pequeña como para detectar la actividad eléctrica de una *sola* neurona. Observar los potenciales de acción de una neurona es un vistazo fascinante a los verdaderos orígenes de la conducta. (El potencial de acción que se muestra en la ● figura 2.2 se registró con un microelectrodo.)

¿Existen técnicas menos invasivas para el estudio de la función del cerebro? Mientras que las tomografías computarizadas y las resonancias magnéticas no pueden decirnos lo que *hacen* las diferentes partes del cerebro, otras técnicas nos permiten observar la actividad de las partes del cerebro sin hacer ningún daño. Estas incluyen el EEG, la tomografía TEP y la IRMF. Dichas técnicas permiten a los biopsicólogos establecer claramente las áreas del cerebro responsables de los pensamientos, sentimientos y acciones.

## EEG

La *electroencefalografía* mide las ondas de actividad eléctrica producidas cerca de la superficie del cerebro. Para esto se colocan placas de metal en forma de discos pequeños en el cuero cabelludo de una persona. Los impulsos eléctricos del cerebro son detectados por estos electrodos y enviados a un **electroencefalógrafo** (EEG). El EEG amplifica esas señales débiles (ondas cerebrales) y las graba en una hoja de papel en movimiento o una pantalla de computadora (● figura 2.12). Varios patrones de ondas cerebrales pueden identificar la presencia de tumores, epilepsia y otras enfer-



© AJPhoto/Photo Researchers, Inc.

● **Figura 2.12** Una grabación EEG.

medades. El EEG revela además cambios en la actividad cerebral durante el sueño, el soñar despierto, la hipnosis y otros estados mentales.

## ENLACE

En el capítulo 5, páginas 171-172, se explica cómo los cambios en las ondas cerebrales ayudan a definir varias etapas del sueño.

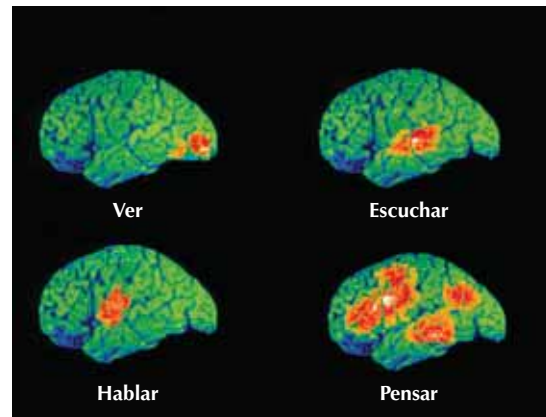
## TEP

Una nueva tecnología, llamada tomografía por emisión de positrones (TEP), ofrece imágenes mucho más detalladas de la actividad, tanto *cerca* de la superficie del cerebro como *debajo* de ella. Una TEP detecta los positrones (partículas subatómicas) emitidas por la glucosa débilmente radiactiva (azúcar), pues el cerebro la consume. Debido a que el cerebro funciona con glucosa, un estudio TEP muestra qué áreas están utilizando más energía. El uso de energía superior corresponde a una mayor actividad. Por tanto, al colocar los detectores de positrones alrededor de la cabeza y enviar datos a una computadora es posible crear una imagen a color en movimiento de los cambios en la actividad cerebral. Como se puede ver en la ● figura 2.13, las exploraciones TEP revelan que áreas del cerebro muy específicas se activan cuando vemos, hablamos o pensamos.

## ENLACE

Las exploraciones TEP sugieren que distintos patrones de actividad cerebral acompañan a los principales trastornos psicológicos, como la depresión o la esquizofrenia. **Para más información, consulta el capítulo 14, páginas 490 y 504.**

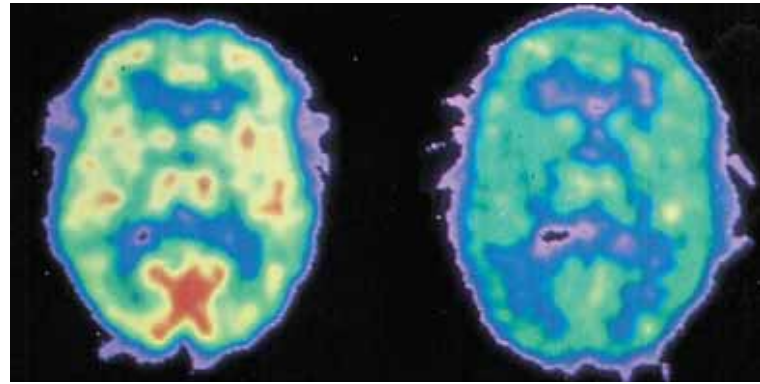
*Los cerebros más activos son buenos, ¿cierto?* Aunque podríamos suponer que los cerebros que trabajan duro son cerebros inteligentes, al parecer ocurre al contrario (Neubauer y Fink, 2009). Mediante escáneres TEP, el psicólogo Richard Haier y sus colegas descubrieron que los cerebros de las personas que se desempeñan bien en una prueba de razonamiento difícil consumen menos energía que los de bajo desempeño (Haier *et al.*, 1988) (● Figura 2.14). Haier cree que esto demuestra que la inteligencia tiene que ver con la eficiencia del cerebro: los cerebros menos eficientes trabajan más duro y aun así logran menos (Haier, White y Alkire, 2003). ¡Todos hemos tenido días así!



© WDCN/University College London/Photo Researchers, Inc.

● **Figura 2.13** Las exploraciones TEP a color revelan diferentes patrones de activación del cerebro al realizar tareas variadas.

● **Figura 2.14** En las imágenes que ves aquí, el rojo, el naranja y el amarillo indican un consumo elevado de glucosa; el verde, el azul y el rosa muestran las áreas de consumo bajo de glucosa. El estudio TEP del cerebro de la izquierda muestra que un hombre que resolvió 11 de los 36 problemas de razonamiento quemó más glucosa que el hombre de la derecha, quien resolvió 33.



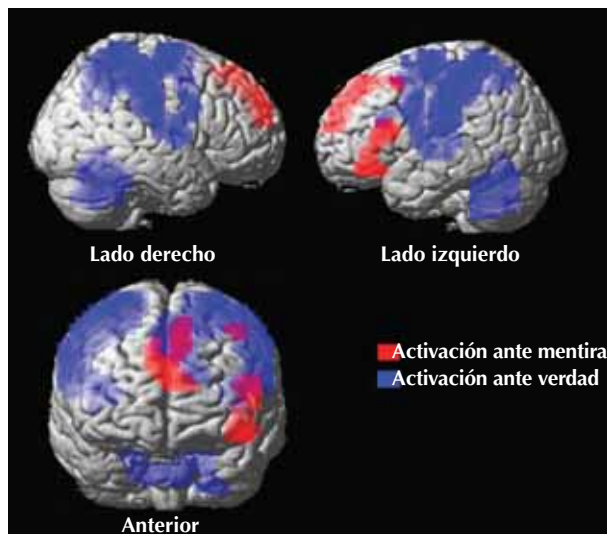
Cortesía de Richard Haier, University of California, Irvine

¿Es cierto que la mayoría de la gente usa solo 10 por ciento de su capacidad cerebral? Este es uno de los mitos perdurables sobre el cerebro. Los escáneres cerebrales revelan que todas las partes del cerebro están activas durante las horas de vigilia. Como resulta obvio, algunas personas hacen mejor uso de su capacidad intelectual innata que otras. Sin embargo, no hay grandes reservas de capacidad mental ocultas o sin explorar en un cerebro que funciona con normalidad.

### (IRMF)

La **resonancia magnética funcional (IRMF)** utiliza la tecnología de la resonancia magnética para hacer visible la actividad cerebral. Al igual que las exploraciones TEP, la IRMF también ofrece imágenes de la actividad en todo el cerebro. Por ejemplo, si escaneamos a Bryan Kolb mientras lee un artículo periodístico, las áreas cerebrales que controlan sus manos destacarán en la imagen de la resonancia magnética funcional. (En cambio, si usamos la IRM en lugar de IRMF, obtendríamos una hermosa imagen de su estructura cerebral sin ninguna pista sobre qué partes de su cerebro están más o menos activas.)

El psiquiatra Daniel Langleben y sus colegas (2005; Hakun *et al.*, 2009) incluso han utilizado las imágenes por resonancia magnética funcional para saber si una persona miente. Como se aprecia en la ● figura 2.15, la parte frontal del cerebro es más activa cuando una persona miente en vez de decir la verdad. Esto puede ocurrir debido a que se necesita un esfuerzo extra para mentir, y la



Cortesía de Daniel Langleben, University of Pennsylvania

● **Figura 2.15** Se pidió a los participantes decir la verdad o mentir mientras se les tomaban imágenes de resonancia magnética funcional a sus cerebros. Al comparar cuando se dice la verdad (en azul), las áreas de la parte frontal del cerebro se activaron al decir mentiras (en rojo). (Adaptado de Langleben *et al.*, 2005.)

actividad del cerebro extra resultante se detecta con la IRMF. Con el tiempo, la IRMF puede ayudar a distinguir entre las mentiras, falsas declaraciones hechas con la intención de engañar, y las *confabulaciones*, que son afirmaciones falsas que se consideren reales (Hirstein, 2005; Langleben, Dattilio y Gutheil, 2006).

Conforme aprenden más sobre el cerebro humano, los investigadores crean mapas cerebrales tridimensionales digitales. Estos “atlas” muestran las estructuras cerebrales e incluso sus funciones psicológicas asociadas. Estos estudios prometen ser guías valiosas para el tratamiento médico, así como para explorar el cerebro (Jagaroo, 2009; Jellinger, 2009). Como es evidente, solo es cuestión de tiempo para que se ilumine aún más el oscuro mundo interno del cerebro.

### Creación del conocimiento

## Investigación cerebral

### REPASA

- ¿Cuál de las siguientes técnicas de investigación tiene más en común con los estudios clínicos sobre los efectos de las lesiones cerebrales?
  - grabación EEG
  - lesión por radiofrecuencia
  - grabación por microelectrodos
  - TEP
- Las tomografías computarizadas no pueden determinar qué parte del cerebro tiene un rol importante en la expresión porque
  - Utiliza rayos X
  - Revela la estructura del cerebro, no la actividad cerebral
  - Revela la actividad del cerebro, no la estructura del cerebro
  - Utiliza campos magnéticos
- La estrategia que trata de vincular las estructuras cerebrales con funciones cerebrales se llama \_\_\_\_\_.
- Las personas solo usan 10 por ciento de su capacidad cerebral. ¿V o F?

### REFLEXIONA

#### Pensamiento crítico

- La lesión por radiofrecuencia se utiliza para la ablación (eliminación) de un área en el hipotálamo de una rata. Después de la operación, la rata parece perder interés en los alimentos y en comer.

**Ablación** Extirpación quirúrgica de tejido.

**Lesión por radiofrecuencia** Eliminación de tejido dentro del cerebro mediante el uso de un electrodo.

**Electroencefalógrafo (EEG)** Dispositivo que detecta, amplifica y registra la actividad eléctrica en el cerebro.

**Tomografía por emisión de positrones (TEP)** Técnica de imagenología que resulta en una imagen de la actividad cerebral generada por computadora, con base en el consumo de glucosa en el cerebro.

**IRM funcional (IRMF)** Técnica de resonancia magnética que registra la actividad cerebral.

¿Por qué concluir automáticamente que la zona de ablación es el "centro del hambre" sería un error?

#### Autorreflexiona

Se sospecha que cierta parte del cerebro está relacionada con la toma de riesgos. ¿Cómo podrías usar los estudios clínicos, la ablación, la lesión por radiofrecuencia y la EEC para estudiar dicha estructura?

Te interesa saber cómo responden las neuronas individuales en el nervio óptico cuando el ojo está expuesto a la luz, ¿qué técnica utilizarías?

Para saber qué áreas de la superficie del cerebro están más activas cuando una persona observa un rostro, ¿qué métodos usarías?

Respuestas: 1. b. 2. b. 3. Localización de la función cerebral. 4. F. 5. Por que otros factores podrían explicar la aparente pérdida de apetito, por ejemplo, el sabor o el olor de los alimentos, o que la rata tenga dificultad para tragar. También es posible que el hambre que se origina en el cerebro y en otros lugares de la zona separada por ablación simplemente transmite mensajes que hacen que la rata coma.

## La corteza cerebral: ¡qué cerebro tan arrugado tienes!

**Pregunta de inicio 2.4:** ¿cuáles son las diferencias entre los hemisferios izquierdo y derecho, y cuáles son las distintas funciones de los lóbulos de la corteza cerebral?

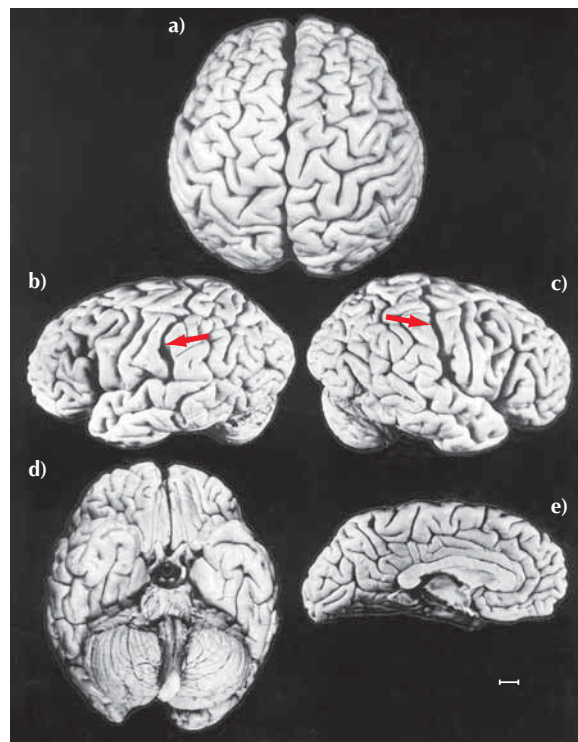
En muchos sentidos, somos criaturas poco impresionantes. Los animales sobrepasan a los humanos en casi todas las categorías de fuerza, velocidad y sensibilidad sensorial; sin embargo, nosotros destacamos en inteligencia.

¿Eso significa que los seres humanos tienen cerebros más grandes? Sorprendentemente, no. Los mamíferos tienen los cerebros más grandes de todos los animales; sin embargo, los humanos no tenemos el récord de los mamíferos. Ese honor le corresponde a las ballenas, cuyos cerebros inclinan la balanza cerca de las 19 libras, en comparación con las tres libras del cerebro humano. Esto parece insignificante, hasta que se compara el peso del cerebro con el peso corporal. Entonces encontramos que el cerebro de un cachalote es 1/10 000 de su peso. La relación de los seres humanos es de 1/60. Sin embargo, la relación de las musarañas arborícolas (un tipo de ardilla pequeña que come insectos) es de más o menos 1/30. Por lo tanto, nuestros cerebros humanos no son dignos de mención en términos de peso, ya sea absoluto o relativo (Coolidge y Wynn, 2009).

¿Así que tener un cerebro más grande no significa necesariamente que una persona es más inteligente? Eso es correcto. Aunque existe una pequeña correlación positiva entre la inteligencia y el tamaño del cerebro, el tamaño total no determina la inteligencia humana (Johnson *et al.*, 2008; Witelson, Beresh y Kigar, 2006). De hecho, muchas partes del cerebro son sorprendentemente similares a las áreas correspondientes del cerebro en los animales inferiores, como las lagartijas; la **corteza cerebral** es lo que hace la diferencia.

La corteza cerebral, que parece una nuez gigante y arrugada, se compone de dos grandes hemisferios que cubren la parte superior del cerebro. Los dos hemisferios se dividen en áreas más pequeñas conocidas como lóbulos. Algunas partes de los lóbulos son responsables de la capacidad de ver, oír, moverse, pensar y hablar. Por lo tanto, como veremos a continuación, un mapa de la corteza cerebral es, de alguna manera, un mapa de la conducta humana.

La corteza cerebral cubre la mayor parte del cerebro con un manto de *materia gris* (tejido esponjoso compuesto en su mayo-



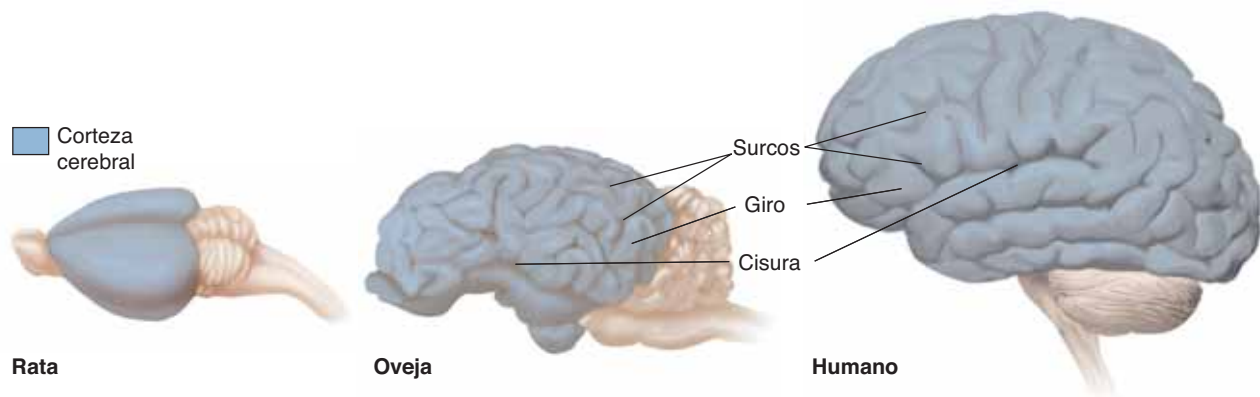
Fotografías de vistas del cerebro de Einstein: desde la parte superior **a)**, izquierda **b)**, derecha **c)**, inferior **d)** y la sección central **e)**. El tamaño total del cerebro era normal; sin embargo, las partes del cerebro necesarias para el razonamiento espacial en el lóbulo parietal (ver flechas en **b** y **c**) tenían una anatomía única y eran más grandes que en los cerebros de control. (Adaptado de Witelson, Kigar y Harvey, Lancet, 1999, y reimpresso con el permiso de S. F. Witelson.)

ría por cuerpos celulares). Aunque la corteza tiene solo tres milímetros de grosor (una décima de pulgada), contiene 70 por ciento de las neuronas en el sistema nervioso central.

Además, la corteza es en gran medida responsable de nuestra capacidad de usar el lenguaje, hacer herramientas, adquirir habilidades complejas y vivir en grupos sociales complejos (Coolidge y Wynn, 2009). En los seres humanos, la corteza está torcida y plegada, y es la estructura más grande del cerebro. En los animales inferiores, es suave y pequeña (consulta la • figura 2.16). El hecho de que los seres humanos sean más inteligentes que otros animales se relaciona con esta **corticalización** o aumento en el tamaño y la formación de arrugas de la corteza. Sin la corteza, los seres humanos no podrían ser mucho más inteligentes que los sapos.

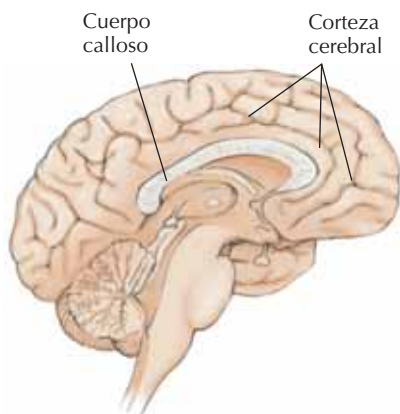
### Hemisferios cerebrales

La corteza se compone de dos lados, o hemisferios cerebrales (mitades circulares), conectados por una banda gruesa de fibras de axones llamada  *cuerpo calloso* (• figura 2.17). El lado izquierdo del cerebro controla principalmente el lado derecho del cuerpo. De la misma manera, el lado derecho del cerebro controla principalmente el lado izquierdo del cuerpo. Cuando nuestra amiga Marge tuvo una apoplejía, su hemisferio derecho sufrió daño; en su caso, la lesión ocasionó cierta parálisis y pérdida de la sensación en el lado izquierdo de su cuerpo. (Su golpe fue más grave que el que sufrió Bryan Kolb y su parálisis fue similar a la de Bobby M., solo que se extendió más.) Los daños a un hemisferio también pueden provocar un curioso problema que se llama *negligencia espacial cerebral*. Un paciente con



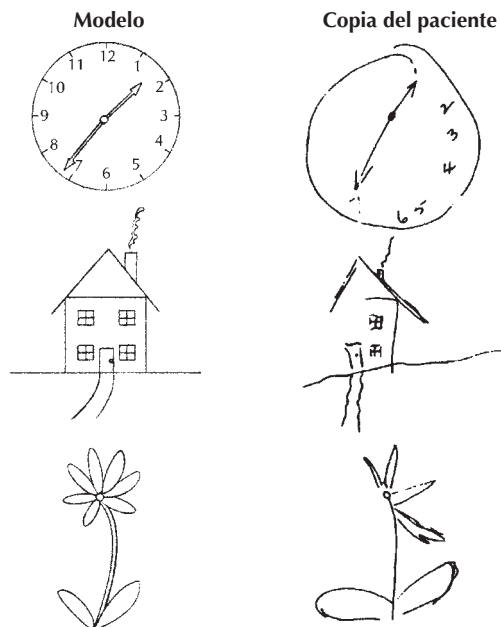
© 2013 Cengage Learning, Inc.

• **Figura 2.16** Una corteza más arrugada tiene mayor capacidad cognitiva. Una corticalización amplia es la clave de la inteligencia humana. Tomado de FREBERG. *Discovering Biological Psychology*, 2a. ed. Derechos de autor ©2009 Wadsworth, parte de Cengage Learning, Inc. Reproducido con autorización. [www.cengage.com/permiso](http://www.cengage.com/permiso).



© Cengage Learning 2013

• **Figura 2.17**



• **Figura 2.18** Negligencia espacial. Se pidió a un paciente con daño en el hemisferio derecho que copiara tres dibujos de modelos. Observe el evidente abandono del lado izquierdo en sus dibujos. Casos similares de negligencia ocurren en muchos pacientes con daño en el hemisferio derecho. Tomado de *Left Brain, Right Brain*, 5a. ed., de Sally P. Springer y Georg Deutsch. ©1981, 1985, 1989, 1993, 1998 de Sally P. Springer y Georg Deutsch. Usado con la autorización de W. H. Freeman and Company.

daño cerebral en el lado derecho puede no prestar atención a la parte izquierda del espacio visual (• figura 2.18). A menudo, el paciente no comerá los alimentos del lado izquierdo del plato. Algunos incluso se niegan a reconocer un brazo paralizado izquierdo como propio (Hirstein, 2005). Si usted señala al brazo “fantasma”, es probable que el paciente diga: “¡Oh!, ese no es mi brazo, debe pertenecer a otra persona”.

### Especialización de los hemisferios cerebrales

En 1981, Roger Sperry (1914-1994) ganó el Premio Nobel por su notable descubrimiento de que los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro actúan diferente en las pruebas de lenguaje, percepción, música y otras capacidades (Colvin y Gazzaniga, 2007).

### “Cerebros divididos”

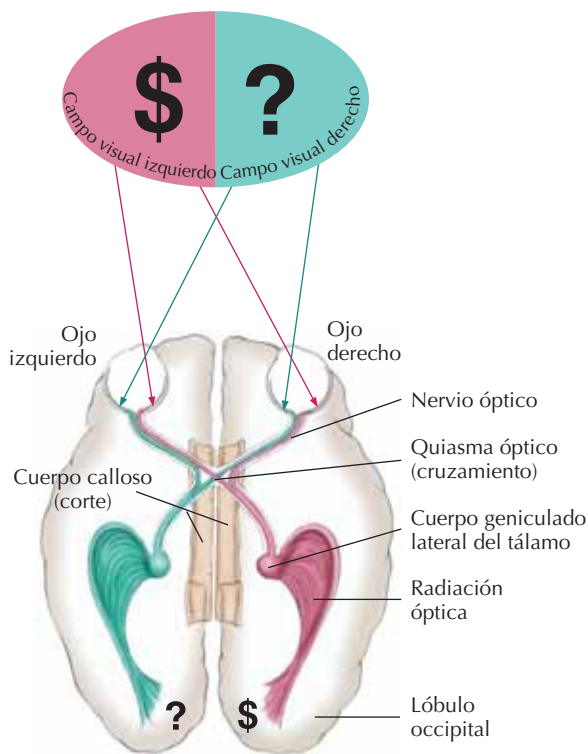
¿Cómo se puede probar un solo lado del cerebro? Una forma es trabajar con personas que han tenido una **operación de “cerebro dividido”**. En este raro tipo de cirugía, el cuerpo calloso se corta para controlar la epilepsia grave. El resultado es, en esencia, una persona con dos cerebros en un cuerpo (Gazzaniga, 2005). Después de la cirugía, es posible enviar información a un hemisferio u otro (• figura 2.19). Después de que el cerebro izquierdo y derecho se separan, cada hemisferio tiene percepciones, conceptos e impulsos propios para actuar.

¿Cómo actúa una persona después de una operación de división de cerebro? Tener dos “cerebros” en un solo cuerpo puede crear algunos dilemas interesantes. Cuando un paciente con el cerebro dividido se viste, a veces se sube los pantalones con una mano (*esta parte de su cerebro quería vestirse...*) y los baja con la otra (*... mientras esa parte no*). Una vez, el paciente sujetó a su esposa con su mano izquierda y la sacudió con violencia; elegantemente, su mano derecha vino en su ayuda y sujetó la agresiva mano izquierda (Gazzaniga, 1970). Sin embargo, para ser exactos, este tipo de conflictos son raros porque, normalmente, las dos mitades del cerebro tienen más o menos la misma experiencia a la vez. Además, si surge un conflicto, por lo general un hemisferio prevalece sobre el otro. Los efectos de los cerebros divididos son más fáciles de observar en pruebas especializadas. Por ejemplo, mostramos un signo de dólar

**Corteza cerebral** Capa exterior del cerebro.

**Corticalización** Incremento en el tamaño relativo de la corteza cerebral.

**Operación de “cerebro dividido”** Corte del cuerpo calloso.



© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

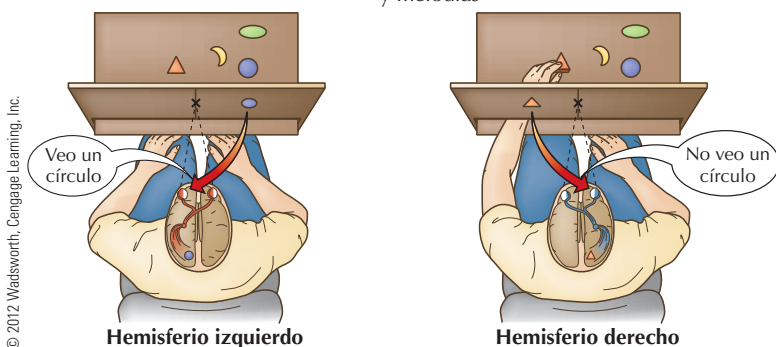
• **Figura 2.19** Trayectorias nerviosas básicas de la visión. Observe que la porción izquierda de cada ojo solo se conecta a la mitad izquierda del cerebro; asimismo, la porción derecha de cada ojo se conecta a la parte derecha del cerebro. Cuando se corta el cuerpo calloso, se produce un “cerebro dividido”. A continuación, la información visual se puede enviar a un solo hemisferio mediante el parpadeo a la derecha o izquierda del campo visual cuando la persona mira al frente.

### Cerebro izquierdo

- Lenguaje
- Sentido del tiempo
- Discurso
- Ritmo
- Escritura
- Ordenamiento de movimientos complejos
- Cálculo

### Cerebro derecho

- No verbal
- Reconocimiento y expresión de emociones
- Habilidades perceptuales
- Habilidades espaciales
- Visualización
- Comprensión del lenguaje simple
- Reconocimiento de patrones, rostros y melodías



© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

• **Figura 2.20** Se mostró un círculo a la parte izquierda del cerebro de un paciente con cerebro dividido y se le preguntó lo que vio. Respondió con facilidad: “Un círculo”. También pudo seleccionar el círculo con solo tocar las formas con la mano derecha, fuera de la vista detrás de una pantalla. Sin embargo, su mano izquierda no puede identificar el círculo. Si se muestra un triángulo a la parte derecha del cerebro del paciente, no podrá decir lo que vio (el habla está controlada por el hemisferio izquierdo). Además, no podrá identificar el triángulo mediante el tacto de la mano derecha; no obstante, su mano izquierda no tiene ninguna dificultad para tomar el triángulo. En otras pruebas, los hemisferios revelan habilidades distintas, como se indica antes del dibujo.

al hemisferio derecho del cerebro y un signo de interrogación al hemisferio izquierdo del cerebro de un paciente llamado Tom (la • figura 2.19 muestra cómo hacerlo). A continuación, le pedimos al paciente que dibujara lo que veía, con su mano izquierda, fuera de la vista. La mano izquierda de Tom dibuja un signo de dólar. Si le pedimos a Tom que señale con su mano derecha una imagen de lo que tomó con su mano izquierda oculta, apuntará a un signo de interrogación (Sperry, 1968). En resumen, para las personas con cerebro dividido, un hemisferio puede no saber lo que sucede en el otro. Esto tiene que ser el caso extremo de “¡la mano derecha no sabe lo que hace la mano izquierda! La • figura 2.20 ofrece un ejemplo más sobre las pruebas de división del cerebro.

## Cerebro derecho/cerebro izquierdo

*Antes ya dijimos que los hemisferios difieren en habilidades. ¿En qué se diferencian?* El cerebro divide su trabajo de una manera interesante. Cerca de 95 por ciento de nosotros usamos nuestro cerebro izquierdo para el lenguaje (habla, escritura y comprensión). Además, el hemisferio izquierdo es superior en matemáticas, para calcular el tiempo y el ritmo, así como para coordinar el orden de movimientos complejos, como los necesarios para el habla (Pinel y Dehaene, 2010).

Por el contrario, el hemisferio derecho solo puede producir el lenguaje y los números más simples. Trabajar con el hemisferio derecho del cerebro es como hablar con un niño que solamente puede decir una docena de palabras más o menos. Para responder a preguntas, el hemisferio derecho tiene que utilizar respuestas no verbales, como señalar los objetos (• figura 2.20).

A pesar de que es pobre en la producción del lenguaje, el cerebro derecho sobresale en habilidades de percepción, como el reconocimiento de patrones, rostros y melodías, armar un rompecabezas o hacer dibujos. También ayuda a expresar las emociones y a detectar las emociones que otras personas sienten (Borod *et al.*, 2002; Castro-Schilo y Kee, 2010).

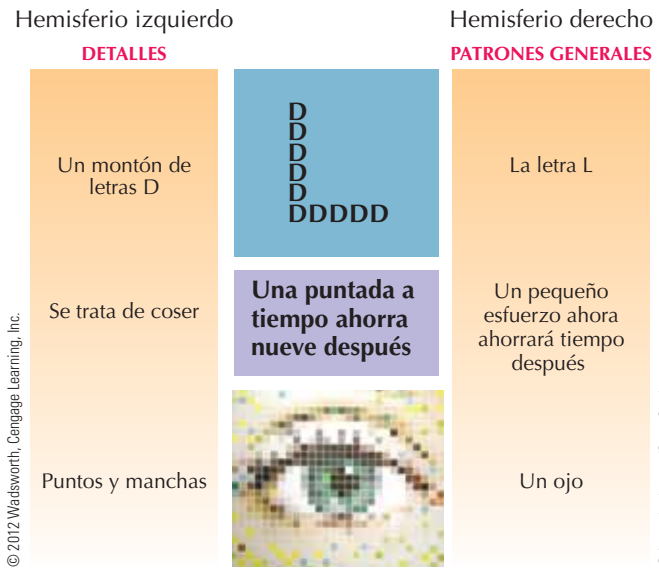
A pesar de que el hemisferio derecho es casi el “mudo”, es superior en algunos aspectos de la comprensión del lenguaje. Si se daña el lado derecho del cerebro, la gente pierde su capacidad de comprender las bromas, la ironía, el sarcasmo, las implicaciones y otros matices del lenguaje. Básicamente, el hemisferio derecho nos ayuda a ver el contexto general en el que se dice algo (Beeman y Chiarello, 1998; Dyukova *et al.*, 2010).

## Un cerebro, dos estilos

En general, el hemisferio izquierdo está asociado con el *análisis* (dividir la información en partes) y también con los procesos de información *en forma secuencial* (en orden, uno tras otro). El hemisferio derecho aparece para procesar la información *holísticamente* (todo a la vez) y *en forma simultánea* (Springer y Deutsch, 1998).

Para resumir aún más, se podría decir que el hemisferio derecho es mejor para ensamblar las piezas del mundo en un cuadro coherente porque ve los patrones generales y las conexiones generales. El lado izquierdo del cerebro se centra en los pequeños detalles (• figura 2.21). El cerebro dere-





• **Figura 2.21** El cerebro izquierdo y el derecho tienen diferentes estilos de procesar la información. El lado derecho del cerebro obtiene el patrón general y el lado izquierdo se centra en los detalles pequeños.

cho ve el punto de vista general, el izquierdo se enfoca en los detalles. El foco del lado izquierdo del cerebro es local, el del derecho es global (Hübner y Volberg, 2005).

¿Las personas suelen hacer rompecabezas o hacer dibujos solo con el hemisferio derecho? ¿Hacen otras cosas solo con el hemisferio izquierdo? Se han escrito numerosos libros acerca de cómo utilizar el cerebro derecho para administrar, enseñar, dibujar, montar a caballo, aprender e, incluso, hacer el amor (Clark, Boutros y Méndez, 2005). Pero esos libros hacen una simplificación drástica del cerebro derecho y de sus diferencias con el cerebro izquierdo. La gente suele usar ambos lados del cerebro en todo momento. Es cierto que algunas tareas pueden hacer más uso de un hemisferio que de otro. Pero en la mayoría de las actividades del “mundo real”, los hemisferios comparten el trabajo. Cada uno hace lo mejor que puede y comparte la información con el otro.

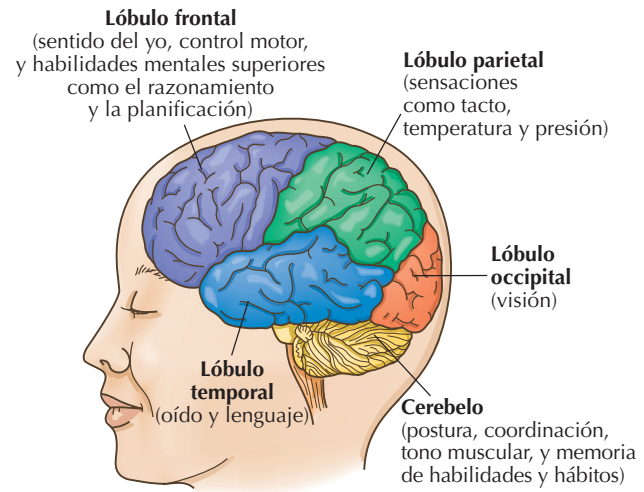
Un cerebro inteligente es aquel que capta al mismo tiempo tanto los detalles como la situación general. Por ejemplo, durante un concierto, un violinista usará su cerebro izquierdo para calcular el tiempo y el ritmo y para coordinar el orden de los movimientos de la mano. Al mismo tiempo, usará su cerebro derecho para reconocer y organizar las melodías.

## Los lóbulos de la corteza cerebral

Cada uno de los dos hemisferios de la corteza cerebral puede dividirse en varios lóbulos más pequeños. Algunos de los lóbulos de la corteza cerebral se definen por fisuras más grandes en la superficie de la corteza. Otros se consideran áreas separadas porque sus funciones son muy diferentes (consulta la • figura 2.22).

### Los lóbulos frontales

Los **lóbulos frontales** se relacionan con las capacidades mentales superiores y desempeñan un rol importante en el sentido del yo. Esta área también es responsable del control del movimiento. En concreto, un arco de tejido en la parte posterior de los



• **Figura 2.22**

lóbulos frontales, llamada **área motora primaria** (o **corteza motora primaria**), dirige los músculos del cuerpo. Si esta área se estimula con una corriente eléctrica, se contraerán o moverán diversas partes del organismo. El dibujo envuelto alrededor de la corteza motora en la • figura 2.23 está fuera de proporción porque refleja la *destreza* de las zonas del cuerpo, no su tamaño. Las manos, por ejemplo, tienen más superficie que los pies (• figura 2.23). Si alguna vez te has preguntado por qué tus manos son más hábiles o ágiles que tus pies, en parte se debe a que una porción más grande de la corteza motora está dedicada a las manos. Por cierto, debido a la plasticidad neuronal, el aprendizaje y la experiencia pueden alterar estos “mapas motores”. Por ejemplo, las personas que tocan el violín, la viola y el violonchelo tienen grandes “mapas de la mano” en la corteza (Hashimoto *et al.*, 2004).

La corteza motora es un área cerebral que contiene las **neuronas espejo**. Estas son las neuronas que se activan cuando realizamos una acción y cuando solo observamos a alguien más llevar a cabo la misma acción. (Para más información sobre las neuronas espejo, consulta la sección “Espejito, espejito en el cerebro”).

A menudo, al resto de los lóbulos frontales se les denominan **áreas frontales de asociación**. Solo una pequeña parte de la corteza cerebral (las áreas primarias) controla directamente el cuerpo o recibe información de los sentidos. Todas las zonas de los alrededores, que se llaman **áreas de asociación** (o **corteza de asociación**), combinan y procesan la información. Por ejemplo, si ves una rosa, las áreas de asociación te ayudarán a conectar tus impresiones sensoriales primarias con recuerdos, para que puedas

**Lóbulos de la corteza cerebral** Áreas de la corteza izquierda y derecha bordeadas por grandes fisuras o definidas por sus funciones.

**Lóbulos frontales** Áreas de la corteza relacionadas con el movimiento, el sentido de sí mismo y las funciones mentales superiores.

**Área motora primaria (corteza motora primaria)** Área del cerebro asociada al control del movimiento.

**Neurona espejo** Neurona que se activa cuando una acción motriz se realiza y cuando se observa otro organismo que lleva a cabo el mismo acto.

**Áreas de asociación (corteza de asociación)** Todas las áreas de la corteza cerebral que no tienen funciones sensoriales o motoras primarias.

**Afasia** Alteración del habla como resultado de daño cerebral.

## Expediente clínico

## Espejito, espejito en el cerebro

**Investigadores italianos** solo habían registrado un aumento en la actividad de una sola neurona en la corteza motora de un mono cuando buscaba comida. Unos segundos más tarde, uno de los investigadores fue por un bocadillo. La misma neurona respondió con atención como si el mono hubiera alcanzado la comida. De manera inesperada, una neurona relacionada con el control del movimiento motor en particular se activó también cuando el mono se limitó a observar ese mismo movimiento motor en otra persona. Así, los italianos descubrieron las *neuronas espejo* (Rizzolatti, Fogassi y Gallese, 2006). Debido a que son un *reflejo* de las acciones realizadas por los demás, dichas neuronas pueden explicar cómo podemos entender intuitivamente la conducta de otras personas. Estas asimismo pueden ser la base de nuestra capacidad de aprender nuevas habilidades por medio de la imitación (Pineda, 2009; Rizzolatti y Craighero, 2004).

El descubrimiento de las neuronas espejo ha despertado una oleada de interés. En fechas recientes, los investigadores han confirmado que las neuronas espejo se encuentran en varias áreas del cerebro y al parecer también existen en el cerebro humano (Bertenthal y Longo,

2007). Además, los neurocientíficos especulan que los humanos recién nacidos (y los monos) son capaces de imitar a otros porque las redes de neuronas espejo se activan cuando un niño ve a alguien realizando una acción. Entonces, la misma red espejo se puede utilizar para realizar esa acción (Lepage y Théret, 2007). Del mismo modo, la empatía humana (la capacidad de identificarse con las experiencias y sentimientos de otra persona) puede deberse a la activación de las neuronas espejo (de C. Hamilton, 2008).

Con el tiempo, es probable que las neuronas espejo puedan explicar en parte los *trastornos del espectro autista*. En la primera infancia, los niños con autismo comienzan a sufrir un deterioro de la capacidad de interactuar y comunicarse con otras personas, además de mostrar una conducta restringida y repetitiva, como golpearse la cabeza. De acuerdo con la hipótesis del “espejo roto”, el autismo puede presentarse en niños cuyo sistema de neuronas espejo ha sido dañado por defectos genéticos o factores ambientales de riesgo (Ramachandran y Oberman, 2006). Esta explicación es atractiva debido a las características principales del autismo, ya que la alteración de la comunicación y la interacción social parecen estar relacionadas con el papel

que desempeñan las neuronas espejo en el reflejo de las acciones y las palabras de los demás.

Hasta la fecha, estas son solo hipótesis que esperan una confirmación empírica. Aún más importante, en la actualidad estas posibilidades solo conducen a la proposición de nuevas terapias para el autismo (Wan *et al.*, 2010). Sin embargo, las posibilidades son muy interesantes.



© Attila Kisbenedek/AFP/Getty Images

Un chimpancé imita a la investigadora Jane Goodall.

reconocer la rosa y el nombre. Algunas áreas de asociación también contribuyen a las capacidades mentales superiores, como el lenguaje. Por ejemplo, una persona con daño en las áreas de asociación en el hemisferio izquierdo puede sufrir **afasia** o deterioro de la capacidad para usar el lenguaje.

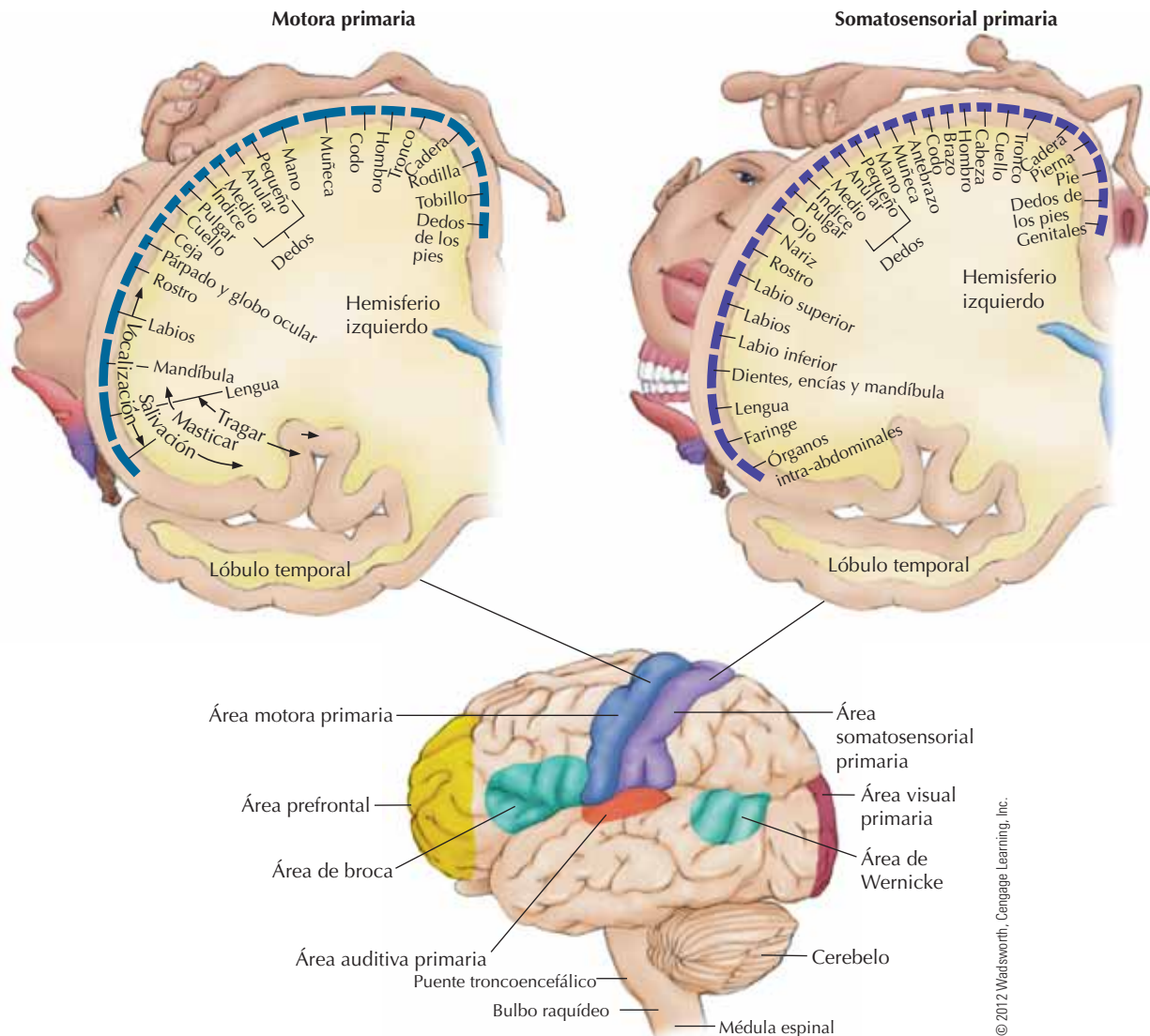
Un tipo de afasia se relaciona con el **área de Broca**, un “centro del habla” que forma parte del área de asociación frontal izquierda (en cinco por ciento de las personas, el área forma parte de la zona de asociación frontal derecha). Los daños en el área de Broca causan *afasia motora (o expresiva)*, una gran dificultad para hablar o para escribir (Grodzinsky y Santi, 2008). Por lo general, la persona sabe lo que quiere decir, pero parece que no puede pronunciar las palabras con fluidez (Geschwind, 1979). Es común que la gramática y la pronunciación de ese paciente sean pobres y el habla sea lenta y trabajosa. Por ejemplo, la persona puede decir “bidicleta” por bicicleta, “domir” por dormir, o “zokaid” para zodiaco.

La parte frontal del área de asociación se conoce como **zona prefrontal (o corteza prefrontal)**. Esta parte del cerebro se vincula con comportamientos más complejos (Banich y Compton, 2011). Si los lóbulos frontales están dañados, la personalidad de un paciente y su vida emocional pueden experimentar cambios drásticos. ¿Recuerdas a Phineas Gage, el capataz del ferrocarril descrito en el capítulo 1? Es probable que la personalidad de Gage se haya modificado después de que sufrió daño cerebral, ya que la corteza prefrontal genera nuestro sentido del yo, incluso la conciencia de nuestro estado emocional actual (Kawasaki *et al.*, 2005; Morán *et al.*, 2006).

El razonamiento o la planeación también pueden verse afectados (Roca *et al.*, 2010). Los pacientes con daño en los lóbulos frontales a menudo se “atascan” en las tareas mentales y repiten las mismas respuestas equivocadas una y otra vez (Stuss y Knight, 2002). Las exploraciones TEP sugieren que gran parte de lo que llamamos inteligencia tiene que ver con una actividad mayor en las áreas frontales de la corteza (Duncan, 2005). La reducción de la función del lóbulo frontal conduce, a la par, a una mayor impulsividad, incluso a un mayor riesgo de adicción a las drogas (Crews y Boettiger, 2009). A su vez, el consumo de drogas puede dañar aún más esta importante área del cerebro (Liu *et al.*, 1998).

### Los lóbulos parietales

Las sensaciones corporales se registran en los **lóbulos parietales**, que se localizan en la parte superior del cerebro. El tacto, la temperatura, la presión y otras sensaciones somáticas desemboacan en el **área somatosensorial primaria (o corteza somatosensorial primaria)** de los lóbulos parietales. Una vez más, encontramos que el mapa de las sensaciones corporales se distorsiona. En el caso de la corteza somatosensorial, el dibujo en la **figura 2.23** refleja la *sensibilidad* de las áreas del cuerpo, no su tamaño. Por ejemplo, los labios son grandes en el dibujo debido a su gran sensibilidad, mientras que la espalda y el tronco, que son menos sensibles, son mucho más pequeñas. Observa que las manos también son grandes en el mapa de la sensibilidad del cuerpo, lo cual es obviamente una ayuda para los músicos, mecánicos, relojeros, masajistas, amantes y neurocirujanos.



• **Figura 2.23** Los lóbulos de la corteza cerebral y las áreas sensorial primaria, motora, visual y auditiva de cada uno. La parte superior de los diagramas muestra (en sección transversal) las cantidades relativas de corteza “asignadas” para el control sensorial y motor de diversas partes del cuerpo. (Cada sección transversal, o “corte” de la corteza, se ha girado 90 grados para que veas cómo se desprende de la parte posterior del cerebro.)

## Los lóbulos temporales

Los **lóbulos temporales** están situados a cada lado del cerebro. La información auditiva se proyecta directamente sobre el **área auditiva primaria**, por lo que es el lugar principal donde escuchamos los primeros registros. Si hiciéramos una exploración TEP de tu cerebro mientras escuchas tu canción favorita, tu área auditiva primaria sería la primera en iluminarse, seguida de las áreas de asociación en los lóbulos temporales. De igual manera, si pudiéramos estimular eléctricamente el área auditiva primaria del lóbulo temporal, deberíamos “escuchar” una serie de sensaciones sonoras.

Un área de asociación, denominada **área de Wernicke**, se encuentra en el lóbulo temporal izquierdo (consulta la • figura 2.23; de nuevo, en cinco por ciento de las personas, el área se encuentra en el lóbulo temporal derecho). El área de Wernicke funciona también como un sitio del idioma. Si está dañado, el resultado es una **afasia receptiva** (o *fluida*). Aunque la persona pueda oír el habla, tendrá dificultad para entender el significado de las palabras. Así, cuando se muestra una imagen de una silla, una persona con afasia

de Broca podría decir “allais”. Por el contrario, un paciente con afasia de Wernicke podría hablar con *fluidéz*, pero identificaría la fotografía incorrectamente como “camión” (Tanner, 2007).

**Área de Broca** Área del lenguaje relacionada con la gramática y la pronunciación.

**Área prefrontal (corteza prefrontal)** Parte frontal de los lóbulos frontales; relacionada con el sentido de sí mismo, el razonamiento y la planeación.

**Lóbulos parietales** Áreas de la corteza en las que se registran las sensaciones corporales.

**Área somatosensorial primaria (corteza somatosensorial primaria)** Área de recepción de las sensaciones del cuerpo.

**Lóbulos temporales** Áreas de la corteza que incluyen los sitios en los que se registra la audición en el cerebro.

**Área auditiva primaria** Parte del lóbulo temporal en que la información auditiva se registra por primera vez.

**Área de Wernicke** Área cerebral del lóbulo temporal relacionada con la comprensión del lenguaje.

## Diversidad humana

## ¿El cerebro de él o de ella?

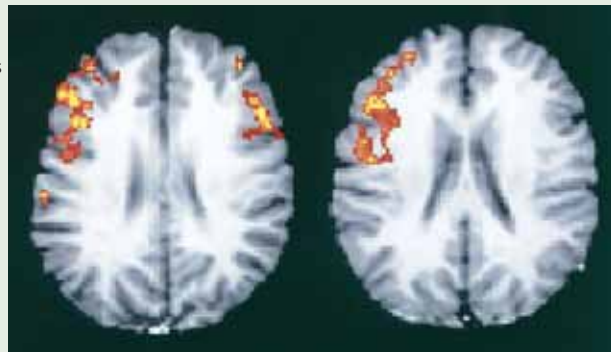
## ¿Los cerebros de los hombres y las mujeres

están especializados en diferentes maneras? En una palabra, sí (Cahill, 2006). Se han hallado muchas diferencias físicas entre los cerebros masculinos y femeninos, aunque sus efectos aún no se comprenden bien. Una generalización que puede resistir el paso del tiempo es que los cerebros de los hombres y de las mujeres pueden estar especializados en diferentes maneras para alcanzar las mismas capacidades (Piefke *et al.*, 2005).

Por ejemplo, en una serie de estudios los investigadores observaron la actividad cerebral de unas personas mientras realizaban tareas de lenguaje. Tanto hombres como mujeres mostraron una mayor actividad en el área de Broca, en el lado izquierdo del cerebro, exactamente como se esperaba. Sin embargo, sorprendentemente, el lado izquierdo y el lado derecho del cerebro se activaron en más de la mitad de las mujeres analizadas (Shaywitz y Gore, 1995; consulta la • figura 2.24). A pesar de esta diferencia, ambos sexos realizaron con eficacia semejante una tarea que implicaba la pronunciación de palabras (Shaywitz *et al.*, 1995).

Otro estudio, esta vez centrado en la inteligencia, encontró asimismo que las mujeres son más propensas que los hombres a utilizar ambos lados de su cerebro (Tang *et al.*, 2010). En un estu-

• **Figura 2.24** Las tareas relacionadas con el idioma activan ambos hemisferios del cerebro en muchas mujeres, pero solo el lado izquierdo en los hombres.



© Shaywitz *et al.*, 1995/NMR Research/Yale Medical School

dio diferente, las imágenes cerebrales de los hombres y las mujeres con coeficientes intelectuales similares revelaron diferencias importantes en las áreas del cerebro asociadas a la inteligencia (Haier *et al.*, 2004). En general, los hombres tenían más materia gris (cuerpos celulares de las neuronas), mientras que las mujeres poseían más materia blanca (axones recubiertos con mielina). Además, las mujeres contaban con más materia gris y blanca concentrada en sus lóbulos frontales que los hombres. La materia gris de los hombres estaba dividida entre los lóbulos frontal y parietal, mientras que su materia blanca se encontraba sobre todo en los lóbulos temporales.

El uso de ambos lados del cerebro para el lenguaje y otras formas de inteligencia puede constituir una gran ventaja. Por ejemplo, cuando el área de Broca se daña, algunas mujeres utilizan el lado derecho de su cerebro para compensar la pérdida, lo que les permite volver a hablar (Hochstenbach *et al.*, 1998). Un hombre con un daño similar podría verse afectado de forma permanente. Por tanto, cuando un hombre dice: "Tengo en la punta de la lengua lo que te quiero decir", curiosamente, puede ser verdad. En cualquier caso, parece que la naturaleza ha dado a los cerebros de los hombres y mujeres diferentes rutas hacia las mismas capacidades.

## Los lóbulos occipitales

En la parte posterior del cerebro encontramos los **lóbulos occipitales**, el área de la corteza relacionada con la visión. Los pacientes con tumores (crecimientos celulares que interfieren con la actividad cerebral) en el **área visual primaria**, parte de la corteza que recibe la primera entrada de los ojos, experimentan puntos ciegos en su visión.

¿Las áreas visuales primarias de la corteza se corresponden directamente con lo que vemos? Las imágenes se mapean en la corteza, pero el mapa se estira mucho y se distorsiona (Carlson, 2010). Es por eso que es importante evitar pensar en el área visual como una pequeña pantalla de televisión en el cerebro. La información visual crea patrones complejos de actividad en las neuronas que *no* tienen una imagen similar a un televisor.

Uno de los resultados más fascinantes de las apoplejías es la **agnosia visual**, la incapacidad de identificar los objetos vistos. A menudo, la agnosia visual es resultado de un daño a las áreas de asociación en los lóbulos occipitales (Farah, 2004). Algunas veces a esta condición se le conoce como "ceguera mental". Por ejemplo, si mostramos a Alice, una paciente con agnosia, una vela, podrá verla y describirla como "un objeto largo y estrecho que se comprime en la parte superior". Alice incluso podrá señalar correctamente la vela, pero no será capaz de nombrarla. Sin embargo, si se le permite sentir la vela, ella la nombrará de inmediato. En resumen, Alice todavía puede ver el color, tamaño y forma, simplemente no puede formar las asociaciones necesarias para percibir los significados de los objetos.

¿La agnosia está limitada a los objetos? No. Una forma fascinante de "ceguera mental" es la **agnosia facial**, una incapacidad de percibir rostros conocidos (Farah, 2006; Sacks, 2010). Una paciente con agnosia facial no pudo reconocer a su esposo ni a su madre cuando la visitaron en el hospital, ni tampoco identificar las fotos de sus hijos. Sin embargo, tan pronto como los visitantes hablaron, los reconoció de inmediato por sus voces.

Las áreas dedicadas a reconocer los rostros se sitúan en las áreas de asociación en la parte inferior de los lóbulos occipitales. Estas áreas parecen no tener otra función. ¿Por qué parte del cerebro se reserva exclusivamente para la identificación de rostros? Desde el punto de vista evolutivo, en realidad no sorprende. Después de todo, somos animales sociales para los que el reconocimiento facial es muy importante. Esta especialización es solo un ejemplo de lo maravilloso que es el órgano de la conciencia que poseemos.

¿Cuánto difieren los cerebros individuales? ¿Podemos encontrar diferentes especializaciones de cerebro a cerebro? Quizá, la sección "¿El cerebro de él o de ella?" te explique por qué.

En resumen, la mayor parte de nuestra experiencia cotidiana y todo nuestro conocimiento del mundo se puede remontar a las diferentes áreas de la corteza. El cerebro humano es una de las más avanzadas y sofisticadas especies portadoras de cerebro en la Tierra. Esto, por supuesto, no garantiza que nuestra maravillosa "biocomputadora" se utilizará por completo. Aun así, debemos respetar el potencial que representa.

## Creación del conocimiento

## Hemisferios y lóbulos de la corteza cerebral

### REPASA

Intenta relacionar lo siguiente:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1. ____ Cuerpo caloso         | A. Área visual   |
| 2. ____ Lóbulos occipitales   | B. El lenguaje, el habla, la escritura                               |
| 3. ____ Lóbulos parietales    | C. Corteza motora y pensamiento abstracto                            |
| 4. ____ Lóbulos temporales    | D. Habilidades espaciales, visualización, reconocimiento de patrones |
| 5. ____ Lóbulos frontales     | E. Alteraciones del lenguaje   |
| 6. ____ Corteza de asociación | F. Causas del sueño  |
| 7. ____ Afasias               | G. Aumento de la relación de la corteza en el cerebro                |
| 8. ____ Corticalización       | H. Sensaciones corporales  |
| 9. ____ Hemisferio izquierdo  | I. Tratamiento para la epilepsia severa                              |
| 10. ____ Hemisferio derecho   | J. Incapacidad para identificar los objetos que se observan          |
| 11. ____ "Cerebro dividido"   | K. Fibras que conectan los hemisferios cerebrales                    |
| 12. ____ Agnosia              | L. Corteza que no tiene función motora o sensorial                   |
|                               | M. Audición  |

### REFLEXIONA

#### Pensamiento crítico

13. Si quisieras aumentar la superficie de la corteza cerebral para que se ajustara más al cráneo, ¿cómo lo harías?
14. Si retiraran tu cerebro, lo reemplazaran con otro y lo cambiaran de cuerpo, ¿cuál considerarías que serías tú, el cuerpo anterior con el cerebro nuevo o el cuerpo nuevo con el cerebro viejo?

#### Autorreflexiona

El aprendizaje de las funciones de los lóbulos del cerebro es como las áreas de aprendizaje en un mapa. Trata de dibujar un mapa de la corteza. ¿Puedes etiquetar a todos los "países" (lóbulos)? ¿Puedes mencionar todas sus funciones? ¿Dónde está el área motora primaria y el área somatosensorial primaria?, ¿el área de Broca?

Intenta dibujar el mapa hasta que sea más detallado y lo puedas hacer fácilmente.

en el cuerpo nuevo sea tu "verdadero yo", derivan de la actividad cerebral, lo cual apunta a que el viejo cerebro personalida, conocimiento, memoria personal y autoconcepto se res. 14. Aunque no hay una respuesta "correcta" a esta pregunta, la teza es más complicada (doblada o arrugada) en los animales superiores. Esto, de hecho, es probablemente la razón por la que la corteza como si tratara de introducir una gran pieza de tela en una caja. 13. La solución sería reunir la superficie de la corteza en pliegues. Respuestas: 1. K, 2. A, 3. H, 4. M, 5. C, 6. L, 7. E, 8. G, 9. B, 10. D, 11. I, 12. J.

comentamos por separado debido a su tamaño e importancia.) Para nuestros propósitos, el mesencéfalo puede verse como un enlace entre el cerebro anterior y el tallo cerebral. Por tanto, vamos a centrarnos en el resto de la subcorteza (• figura 2.25).

### El rombencéfalo

¿Por qué son tan importantes las zonas más bajas del cerebro? Puesto que la médula espinal se une al cerebro, se ensancha en el tallo cerebral. El **tallo cerebral** consiste principalmente en la médula y el cerebelo. La **médula** contiene importantes centros de control del reflejo de las funciones vitales, incluida la frecuencia cardíaca, la respiración, la deglución y otras similares. Varios medicamentos, enfermedades y lesiones pueden afectar la médula o acabar con ella, o poner la vida en peligro. También puede causar parálisis (consulta la sección "¡Atrapado!").

El **punte**, que semeja un pequeño bulto en el tronco cerebral, actúa como conexión entre la médula y otras áreas del cerebro. Además se conecta con muchos otros lugares, incluyendo el cerebelo; el puente influye en el sueño y la excitación.

El cerebelo, que se parece a una corteza cerebral en miniatura, se encuentra en la base del cerebro. Aunque cada vez existe más evidencia de su rol en la cognición y la emoción (Schmahmann, 2010), el **cerebelo** regula principalmente la postura, el tono muscular y la coordinación muscular. El cerebelo también almacena las memorias relacionadas con las habilidades y hábitos (Christian y Thompson, 2005). Una vez más, vemos que la experiencia moldea el cerebro: los músicos, que practican las habilidades motoras especiales a lo largo de su vida, tienen, en promedio, un cerebelo más grande (Hutchinson *et al.*, 2003.).

### ENLACE

En general, el cerebelo almacena el "saber-cómo" o los "recuerdos de habilidades". Los "recuerdos de conocimiento", como recordar el nombre de una persona o saber lo que hace el cerebelo, se almacenan en otras partes del cerebro. **Consulta el capítulo 7, páginas 262-263.**

¿Qué sucede si el cerebelo se daña? Sin el cerebelo, tareas como caminar, correr o jugar a la pelota se vuelven imposibles. Los primeros síntomas de una enfermedad paralizante llamada *degeneración espino-cerebelosa* son temblor, mareos y debilidad muscular. Con el tiempo, las víctimas tienen dificultades para permanecer de pie, caminar o alimentarse.

## La subcorteza: en el centro de la materia (cerebral)

**Pregunta de inicio 2.5:** ¿cuáles son las principales partes de la subcorteza?

Aunque perdieras gran parte de tu corteza cerebral, sobrevivirías. No es el caso de la **subcorteza**, las estructuras del cerebro inmediatamente debajo de la corteza cerebral. Los daños graves en la subcorteza o parte inferior del cerebro pueden ser fatales. El hambre, la sed, el sueño, la atención, el sexo, la respiración y otras funciones vitales están controladas por las partes de la subcorteza. Echemos un vistazo por estas áreas del cerebro, las cuales se pueden dividir en tallo cerebral (o rombencéfalo), mesencéfalo y prosencéfalo. (El cerebro anterior también incluye la corteza cerebral, que ya

**Lóbulos occipitales** Porción de la corteza cerebral en la que la visión se registra en el cerebro.

**Área visual primaria** Parte del lóbulo occipital que recibe la primera entrada de los ojos.

**Agnosia visual** Incapacidad para identificar los objetos observados.

**Agnosia facial** Incapacidad para percibir los rostros conocidos.

**Subcorteza** Todas las estructuras del cerebro por debajo de la corteza cerebral.

**Tallo cerebral** Las partes más bajas del cerebro, incluyendo el cerebelo, la médula, el bulbo y la formación reticular.

**Bulbo raquídeo** Estructura que conecta el cerebro con la médula espinal y controla las funciones vitales.

**Punte** Área en el tronco cerebral que actúa como vínculo entre la médula y otras estructuras.

**Cerebelo** Estructura del cerebro que controla la postura, el tono muscular y la coordinación.

## Expediente clínico

## ¡Atrapado!

**A la edad de 33 años**, Kate Adamson tuvo un derrame cerebral que causó daños catastróficos a su tallo cerebral. Este evento la dejó con *síndrome de enclaustramiento*: justo antes del derrame se encontraba bien y al momento siguiente estaba totalmente paralizada, atrapada en su propio cuerpo y casi sin poder respirar (Laureys y Boly, 2007; Smith y Delargy, 2005). No podía mover ni un músculo, pero seguía del todo despierta y consciente, era incapaz de comunicar sus pensamientos y sentimientos más simples a los demás.

Kate pensó que iba a morir. Sus médicos, que consideraban que tenía *muerte cerebral*, no le administraron analgésicos mientras insertaban tubos de respiración y alimentación por su

garganta. Sin embargo, con el tiempo Kate descubrió que podía comunicarse mediante el parpadeo. Después de una recuperación que fue milagrosa fuera de cualquier medida, llegó a aparecer ante el Congreso de Estados Unidos e incluso escribió sobre sus experiencias (Adamson, 2004).

No todo el mundo tiene tanta suerte. Basta pensar en lo que podría haberle sucedido a Kate si no hubiera sido capaz de parpadear. En un estudio escalofriante, el investigador Steven Laureys y sus colegas utilizaron la resonancia magnética funcional para reexaminar a 54 pacientes previamente diagnosticados en *estado vegetativo persistente* (conocido como muerte cerebral). A los pacientes se les pidió varias

veces imaginarse balanceando una raqueta de tenis o caminando por una calle conocida. Cinco de los pacientes mostraron una actividad cerebral claramente diferente en las dos tareas a pesar de ser incapaces de comunicarse con los médicos de cualquier otra manera (Monti *et al.*, 2010).

¿Y si pudieran “tener” una computadora que hablara por ellos? ¡Adelante! Estos resultados sugieren que no todos los pacientes paralizados por completo presentan muerte cerebral y dan esperanzas sobre la posibilidad de que con el tiempo serán capaces de desarrollar interfaces cerebrales que les ayudarán a liberarse de sus prisiones corporales (Hinterberger *et al.*, 2003; Karim *et al.*, 2006).

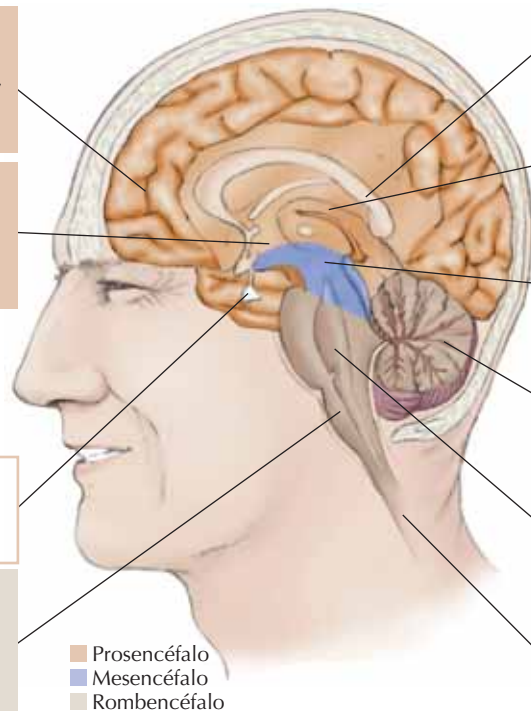
• **Figura 2.25** Este dibujo simplificado muestra las principales estructuras del cerebro humano y describe algunas de sus características más importantes. (Podrías utilizar el código de color en primer plano para identificar las áreas que forman parte del rombencéfalo, el mesencéfalo y el prosencéfalo).

**Corteza cerebral**  
Movimientos voluntarios; sensaciones, aprendizaje, recordar, pensamiento, emociones, conciencia

**Hipotálamo**  
Control del hambre, sed, temperatura y otras funciones corporales y viscerales

**Glándula pituitaria**  
La “glándula maestra” del sistema endocrino

**Bulbo raquídeo**  
Centros de control sobre la respiración, deglución, digestión y frecuencia cardíaca



**Cuerpo caloso**  
Manejo de fibras que conecta los dos hemisferios

**Tálamo**  
Estación de relevo de la información sensorial de la corteza cerebral

**Mesencéfalo**  
Centro de conducción e intercambio

**Cerebelo**  
Tono muscular; balance corporal, coordinación del movimiento experto

**Formación reticular**  
Activación; atención; movimiento; reflejos

**Médula espinal**  
Vías de conducción para los impulsos sensoriales y motores, reflejos locales (arco reflejo)

© 2012 Wadsworth, Cengage Learning, Inc.

## Formación reticular

La red de fibras y cuerpos celulares llamada **formación reticular (FR)** se ubica dentro de la médula y del tronco cerebral. Conforme los mensajes fluyen en el cerebro, la FR da prioridad a algunos, mientras que otros son desviados (Kalat, 2009). Al hacerlo, la FR influye en la *atención*. La FR no madura completamente hasta la adolescencia; quizá esa sea la razón de que los niños tengan lapsos de atención cortos. La FR a su vez, modifica las instrucciones que salen hacia el cuerpo. De esta manera, afecta el tono muscular, la postura y los movimientos de los ojos, la cara, la cabeza, el cuerpo y las extremidades. Al mismo tiempo, la FR controla los reflejos relacionados con la respiración, los estornudos, la tos y el vómito.

La FR también nos mantiene atentos, alertas y despiertos. Los mensajes de entrada de los órganos sensitivos se derivan en parte de la FR y forman el **sistema de activación reticular (SAR)**. El SAR bombardea la corteza por medio de la estimulación, manteniéndolo activo y alerta. Por ejemplo, digamos que un conductor está cansado, da la vuelta a una curva y ve a un ciervo parado en el camino. El conductor se pone alerta y aplica los frenos. Puede darle las gracias al SAR por despertar el resto de su cerebro y evitar un accidente. Si te estás quedando dormido mientras lees este capítulo, intenta pellizcarte la oreja, un poco de dolor hará que el SAR despierte por un momento tu corteza.

## El prosencéfalo

Al igual que un tesoro enterrado, dos de las partes más importantes del cuerpo se encuentran en lo profundo del cerebro. El tálamo y el área justo debajo de él, llamada hipotálamo, son partes clave del prosencéfalo (● figura 2.25).

¿Cómo pueden ser estas partes más importantes que las otras áreas que ya describimos? El **tálamo** actúa como “estación final de interruptores” de los mensajes sensoriales en su trayecto hacia la corteza. La visión, la audición, el gusto y el tacto pasan a través de esta pequeña estructura, con forma de balón de fútbol. Por lo tanto, cualquier lesión aun en las áreas más pequeñas del tálamo puede causar sordera, ceguera o pérdida de cualquier otro sentido, excepto del olfato.

El hipotálamo humano es aproximadamente del tamaño de una uva pequeña. No obstante su pequeñez, el **hipotálamo** es una especie de centro de control maestro para la emoción y muchos de los impulsos básicos (Carlson, 2010).

### ENLACE

El hipotálamo afecta conductas tan diversas como el sexo, la ira, el control de la temperatura, la liberación de las hormonas, comer y beber, dormir, despertar y la emoción. **Consulta el capítulo 10, páginas 334-335.**

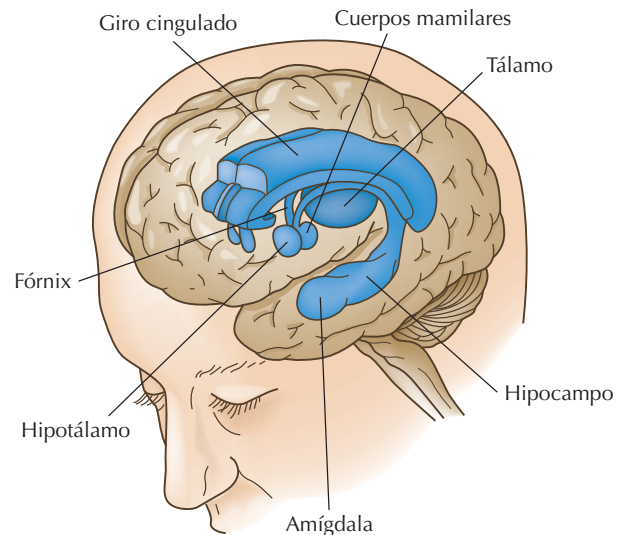
El hipotálamo es básicamente un “cruce de caminos” que conecta muchas áreas del cerebro. También es la vía final para muchos tipos de conducta. Es decir, el hipotálamo es el último lugar donde se organizan muchos comportamientos o “decisiones” antes de que los mensajes vayan al cerebro y causen que el cuerpo reaccione.

## El sistema límbico

En conjunto, el hipotálamo, las partes del tálamo, la amígdala, el hipocampo y otras estructuras componen el sistema límbico (● figura 2.26). El **sistema límbico** tiene una función importante en la producción de la emoción y la conducta motivada. La ira, el miedo, la respuesta sexual y la excitación intensa se localizan en varios puntos del sistema límbico. La risa, un área privilegiada de la vida social humana, se origina asimismo en el sistema límbico (Cardoso, 2000).

Durante la evolución, el sistema límbico fue la primera capa del prosencéfalo en desarrollarse. En los animales inferiores, el sistema límbico ayuda a organizar las respuestas básicas de supervivencia: la alimentación, la huida, la lucha o la reproducción. En los seres humanos, tiene un vínculo claro con la emoción. La **amígdala**, en particular, guarda una relación estrecha con el miedo. Por ejemplo, durante una prueba médica, una mujer reaccionó con un estallido repentino de miedo e ira cuando se estimuló su amígdala, al decir: “¡Siento como que quiero levantarme de esta silla! ¡Por favor, no dejes que lo haga! ¡Yo no quiero ser mala! ¡Quiero tomar algo y romperlo!” (King, 1961).

La amígdala proporciona una “vía rápida” primitiva hacia corteza. Al igual que los animales inferiores, podemos ser sorprendidos y, como tal, somos capaces de reaccionar a los estímulos peligrosos antes de enterarnos por completo de lo que sucede (Fellous y LeDoux, 2005). En situaciones en las que existe cierto peligro, como en el combate militar, la respuesta rápida de la amígdala podría ayudar a la supervivencia.



● **Figura 2.26** Las partes del sistema límbico. Aunque aquí solo se muestra un lado, el hipocampo y la amígdala se extienden hacia afuera en los lóbulos temporales a cada lado del cerebro. El sistema límbico es una especie de “núcleo primitivo” del cerebro fuertemente relacionado con la emoción.

Sin embargo, los trastornos del sistema cerebral del miedo pueden ser muy perjudiciales. Un ejemplo es el veterano de guerra que involuntariamente se sumerge en los arbustos cuando escucha el ruido de un motor. El papel de la amígdala en la emoción puede explicar también por qué las personas que sufren de fobias y ansiedad incapacitante a menudo sienten miedo, sin saber por qué (Lamprecht *et al.*, 2009; Schlund y Cataldo, 2010).

### ENLACE

El miedo inconsciente producido por la amígdala parece explicar por qué las personas que sobreviven a experiencias horribles, como un accidente de avión, pueden padecer de temores años después. **Consulta en el capítulo 14, páginas 498-499, el análisis de los trastornos del estrés.**

Algunas partes del sistema límbico han asumido funciones adicionales, de un nivel superior. Una parte llamada **hipocampo** es importante para la formación de recuerdos duraderos (Kumaran y Maguire, 2005). El hipocampo se encuentra en el interior de los lóbulos temporales, por lo que la estimulación de estos puede producir experiencias memorísticas o ensoñaciones. El hipocampo también ayuda a navegar a través del espacio. El lado derecho del hipocampo se volverá más activo, por ejemplo,

**Formación reticular (FR)** Red dentro de la médula y el tallo cerebral; se relaciona con la atención, el estado de alerta y algunos reflejos.

**Sistema de activación reticular (SAR)** Parte de la formación reticular que activa la corteza cerebral.

**Tálamo** Estructura cerebral que transmite la información sensorial a la corteza cerebral.

**Hipotálamo** Pequeña área del cerebro que regula los comportamientos emocionales e impulsos.

**Sistema límbico** Sistema en el cerebro anterior que guarda un vínculo estrecho con la respuesta emocional.

**Amígdala** Parte del sistema límbico relacionada con las respuestas al miedo.

**Hipocampo** Parte del sistema límbico asociado con los recuerdos perdurables.

cuando planeamos mentalmente un recorrido a través de la ciudad (Maguire, Frackowiak y Frith, 1997).

Los psicólogos han descubierto que los animales aprenden a presionar una palanca con el fin de administrar una dosis de estimulación eléctrica para el sistema límbico. Los animales actúan como si la estimulación fuera satisfactoria o placentera. De hecho, varias áreas del sistema límbico actúan como vías de recompensa o “placer”. Muchas se encuentran en el hipotálamo, donde se superponen con áreas que controlan la sed, el sexo y el hambre. Como mencionamos antes, las drogas que más se consumen, como la cocaína, las anfetaminas, la heroína, la nicotina, la marihuana y el alcohol, activan muchas de las mismas vías de placer. Esto parece ser en parte la razón por la que estas drogas son tan gratificantes (Niehaus, Cruz-Bermúdez y Kauer, 2009).

Tal vez te interesaría saber que la música que describirías como “emocionante” activa los sistemas de placer en el cerebro. Esto quizá explique en parte el atractivo de la música que puede enviar escalofríos por la espina dorsal (Blood y Zatorre, 2001). (¡Además de explicar por qué la gente paga tanto por entradas para los conciertos!)

Al mismo tiempo, se han encontrado áreas del castigo, o “aver-sivas”, en el sistema límbico. Cuando se activan estas áreas, los animales muestran incomodidad y se esforzarán en apagar la estimulación. Debido a que gran parte de nuestro comportamiento se basa en la búsqueda del placer y en evitar el dolor, estos descubrimientos continúan fascinando a los psicólogos.

### El todo

Hemos visto que el cerebro humano es un conjunto impresionante de miles de millones de células sensibles y fibras nerviosas. El cerebro controla funciones corporales vitales, no pierde de

vista el mundo externo, los problemas, las instrucciones a los músculos y las glándulas, responde a las necesidades actuales, regula su propia conducta, e incluso crea la “mente” y la magia de la conciencia, *todo* al mismo tiempo.

Ahora nos preocupan dos notas finales. En primer lugar, en aras de la simplicidad, hemos asignado funciones a cada “parte” del cerebro como si fuera una computadora. Esta es solo una verdad a medias. En realidad, el cerebro es un vasto sistema de procesamiento de información. La información entrante se dispersa por todo el cerebro y converge de nuevo, ya que sale a través de la médula espinal hacia los músculos y las glándulas. El sistema en su conjunto es mucho, mucho más complicado de lo que nuestra discusión de “partes” separadas implica. En segundo lugar, hemos hecho hincapié en cómo el cerebro se basa en toda experiencia humana. Una vez más, esto es solo una verdad a medias. La experiencia humana también da forma a los circuitos del cerebro (Kolb y Whishaw, 2011). Por ejemplo, como ya hemos visto, la práctica de los conocimientos culturales, como las matemáticas o la música, no solo mejorará el rendimiento sino que dará lugar a un cerebro modificado (Merlin, 2008).

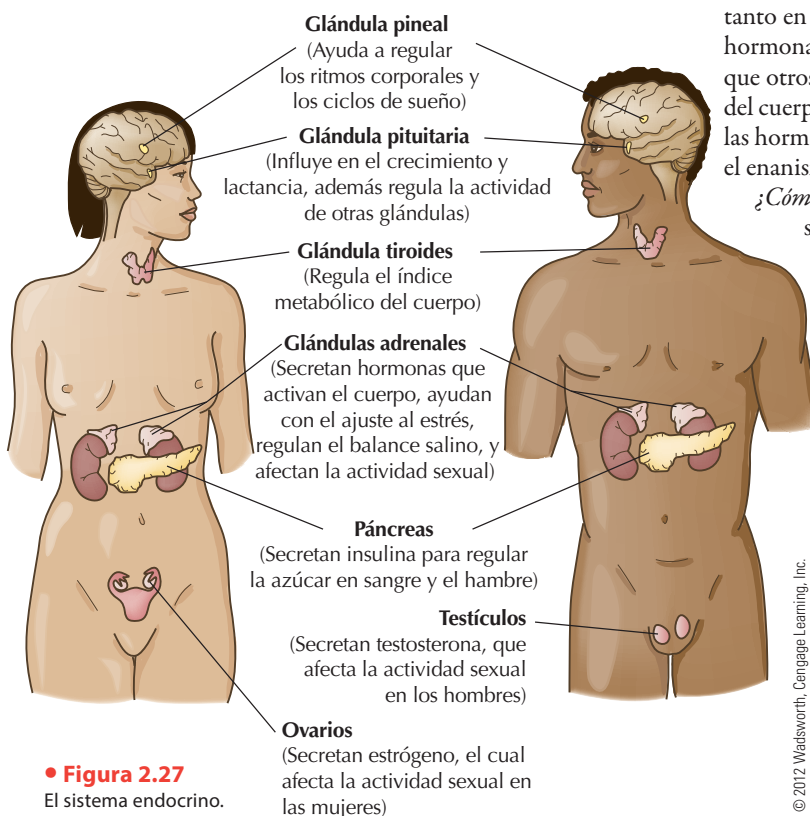
## El sistema endocrino: mis hormonas me obligaron

**Pregunta de inicio 2.6:** *el sistema glandular ¿afecta la conducta?*

Nuestro comportamiento no es solo un producto del sistema nervioso. Las glándulas endócrinas constituyen una parte igualmente importante del sistema de comunicación paralelo en el cuerpo. El **sistema endocrino** se compone de glándulas que secretan sustancias químicas directamente en el torrente sanguíneo o el sistema linfático (• figura 2.27). Estas sustancias químicas, llamadas **hormonas**, se liberan en todo el cuerpo, con lo que repercuten tanto en las actividades internas como en la conducta visible. Las hormonas están relacionadas con los neurotransmisores. Al igual que otros transmisores químicos, las hormonas activan las células del cuerpo. Para responder, las células deben tener receptores para las hormonas. Las hormonas afectan la pubertad, la personalidad, el enanismo, el desfase horario y mucho más.

*¿Cómo afectan las hormonas la conducta?* Aunque raras veces somos conscientes inmediatamente de ello, las hormonas nos afectan de muchas maneras (Carlson, 2010). He aquí una breve muestra: la producción de hormonas de las glándulas suprarrenales se eleva durante situaciones estresantes; los andrógenos (hormonas “masculinas”) se asocian con el deseo sexual tanto en hombres como en mujeres; a veces la secreción de hormonas de emoción extrema intensifican la formación de la memoria; al menos parte de la agitación emocional de la adolescencia se debe a los niveles elevados de hormonas; diferentes hormonas predominan cuando se está enojado, a diferencia de cuando se tiene miedo; incluso los patrones perturbadores de la personalidad pueden estar relacionados con irregularidades hormonales (Evardone, Alexander y Morey 2007).

De hecho, algo tan rutinario como ver una película puede alterar los niveles hormonales. Después de presenciar las escenas violentas de *El Padrino*, los hombres tenían niveles más altos de la hormona masculina, la testosterona. Tanto los hombres como las mujeres que



• **Figura 2.27**  
El sistema endocrino.



vieron una película romántica incrementaron el nivel de una hormona que está vinculada con la relajación y la reproducción (Schultheiss, Wirth y Stanton, 2004). Debido a que estos son solo ejemplos, vamos a considerar algunos efectos adicionales que tienen las hormonas sobre el cuerpo y la conducta.

La glándula **pituitaria**, o **hipófisis**, es un globo del tamaño de un chícharo que cuelga de la base del cerebro (consulta la • figura 2.27). Una de las funciones más importantes de la hipófisis es regular el crecimiento. Durante la infancia, la hipófisis secreta una hormona que acelera el desarrollo del cuerpo. Si se libera muy poca **hormona del crecimiento**, una persona puede ser mucho más baja que el promedio. Si esta condición no se trata, un niño puede ser de seis a 12 pulgadas más bajo que los niños de su edad. Como adultos, algunos tendrán *enanismo hipofisario*. Tales individuos son de proporciones perfectas, pero pequeñas. Las inyecciones regulares de la hormona del crecimiento pueden aumentar la altura de un niño en varios centímetros, por lo general un poco menos del promedio.

El exceso de hormona de crecimiento produce *gigantismo* (crecimiento corporal excesivo). La secreción de demasiada hormona del crecimiento a finales del periodo de crecimiento provoca *acromegalia*, una condición en la que los brazos, las manos, los pies y los huesos faciales se agrandan. La acromegalia produce rasgos faciales prominentes, que a algunas personas les ha servido de base para carreras como actores de carácter, luchadores y otras similares.

La **oxitocina**, otra hormona importante liberada por la hipófisis, desempeña un papel importante en la regulación de muchos comportamientos, en general relacionados con la felicidad (Viero *et al.*, 2010). Estos incluyen el embarazo, la paternidad, la actividad sexual, la vinculación social, la confianza e, incluso, la reducción de las reacciones de estrés (Gordon *et al.*, 2010; Kingsley y Lambert, 2006; Mikolajczak *et al.*, 2010).

A menudo, a la pituitaria se le llama la “glándula maestra” porque influye en otras glándulas endocrinas (en particular, la tiroides, la glándula suprarrenal y los ovarios o los testículos).



© Corbis Sygma



© Sunset Boulevard/Corbis

La hipoactividad de la glándula pituitaria puede dar lugar a un enano. El actor de dos pies y ocho pulgadas Verne Troyer (arriba), mejor conocido por interpretar a *Mini-Me* en las películas de *Austin Powers*, ha disfrutado de una impresionante carrera como actor. La hiperactividad de la glándula pituitaria puede producir un gigante. El actor de siete pies y dos pulgadas Richard Kiel (abajo) ha tenido una trayectoria igualmente extraordinaria. Es mejor conocido por interpretar a *Tiburón* en varias películas de *James Bond*.

Estas glándulas, a su vez regulan procesos corporales como el metabolismo, las respuestas al estrés y la reproducción. Pero el maestro tiene un maestro: la hipófisis está dirigida por el hipotálamo, que yace justo por encima de ella. De esta manera, el hipotálamo puede afectar a las glándulas de todo el cuerpo. Esto, entonces, es el principal vínculo entre el cerebro y las hormonas (Kalat, 2009).

La **glándula pineal** alguna vez fue considerada como un vestigio inútil de la evolución. En ciertos peces, ranas y lagartijas, esta glándula se une a un órgano bien desarrollado sensible a la luz, o así llamado tercer ojo. En los seres humanos, la función de la glándula pineal está saliendo a la luz (por así decirlo). La glándula pineal libera una hormona llamada **melatonina** que responde a las variaciones diarias de luz. Los niveles de melatonina en el torrente sanguíneo se incrementan al atardecer, llegan al máximo a la medianoche y disminuyen de nuevo por la mañana. En lo que se refiere al cerebro, cuando los niveles de melatonina se elevan es la hora de acostarse (Norman, 2009).

#### ENLACE

La melatonina se puede usar para restablecer el “reloj” del cuerpo y reducir al mínimo el desfase horario para los pilotos de larga distancia, las tripulaciones aéreas y los viajeros. **Consulta el capítulo 10, página 334.**

La **glándula tiroides**, ubicada en el cuello, regula el metabolismo. Como recordarás de tu curso de biología, el metabolismo es la velocidad a la que la energía se produce y se gasta en el cuerpo. Al alterar el metabolismo, la tiroides puede tener un efecto considerable en la personalidad. Una persona que sufre de *hipertiroidismo* (tiroides hiperactiva) tiende a ser delgada, tensa, excitable y nerviosa. Una tiroides con baja actividad (*hipotiroidismo*) en un adulto puede causar inactividad, somnolencia, lentitud, obesidad y depresión (Joffe, 2006).

#### ENLACE

En la infancia, el hipotiroidismo limita el desarrollo del sistema nervioso, dando lugar a una discapacidad intelectual grave. **Consulta el capítulo 9, página 316.**

Cuando estás asustado o enojado, algunas reacciones importantes preparan al cuerpo para la acción: tu ritmo cardíaco y presión arterial aumentan, el azúcar almacenada se libera en el

**Sistema endocrino** Glándulas cuyas secreciones pasan directamente al torrente sanguíneo o el sistema linfático.

**Hormona** Secreción glandular que afecta las funciones corporales o el comportamiento.

**Hipófisis** “Glándula maestra”, cuyas hormonas influyen en otras glándulas endocrinas.

**Hormona del crecimiento** Hormona secretada por la glándula pituitaria que promueve el crecimiento del cuerpo.

**Oxitocina** Hormona liberada por la glándula pituitaria que desempeña un papel importante en la regulación del embarazo, la paternidad, la actividad sexual, la vinculación social, la confianza e incluso en la reducción de la reacción de estrés.

**Glándula pineal** Glándula en el cerebro que ayuda a regular los ritmos del cuerpo y los ciclos de sueño.

**Melatonina** Hormona liberada por la glándula pineal como respuesta a ciclos diarios de luz y oscuridad.

**Glándula tiroides** Glándula endocrina que ayuda a regular la velocidad del metabolismo.

torrente sanguíneo para obtener energía rápidamente, tus músculos se tensan y reciben más sangre, y la sangre se prepara para coagular más rápidamente en caso de lesión. Como ya comentamos, estos cambios son controlados por el sistema nervioso autónomo. En concreto, la rama simpática del SNA provoca que las glándulas suprarrenales liberen las hormonas *epinefrina* y *norepinefrina*. La **epinefrina**, relacionada con el miedo, tiende a despertar el cuerpo. (A la epinefrina se le conoce asimismo como adrenalina, que quizá te resulte más familiar.) La **norepinefrina** (que funciona como un neurotransmisor en el cerebro) tiende a despertar el cuerpo, pero está vinculada también con la ira.

Las **glándulas suprarrenales** se localizan justo debajo de la parte posterior de la caja torácica, encima de los riñones. La *médula suprarrenal*, o núcleo interno de las glándulas suprarrenales, es la fuente de la epinefrina y la norepinefrina. La *corteza suprarrenal*, o “corteza” exterior de las glándulas suprarrenales, produce una serie de hormonas llamadas corticoides. Una de sus funciones es regular el equilibrio de la sal en el cuerpo. La deficiencia de ciertos corticoides puede suscitar un anhelo poderoso del sabor de la sal en los humanos. Los corticoides también ayudan al cuerpo a adaptarse al estrés y son una fuente secundaria de hormonas sexuales.

La hipersecreción de hormonas sexuales adrenales puede causar *virilismo* (características masculinas exageradas). Por ejemplo, en una mujer puede crecer la barba o la voz de un hombre puede llegar a ser tan grave que sea difícil de entender. La hipersecreción temprana en la vida puede causar *pubertad precoz* (desarrollo sexual pleno durante la niñez). Uno de los casos más notables registrados es el de una niña peruana de cinco años de edad que dio a luz un hijo (Strange, 1965).

Ya que estamos en el tópico de las hormonas sexuales, hay un tema ligado digno de mencionar. Uno de los principales andróge-

nos, u hormonas “masculinas”, es la testosterona, que es segregada en pequeñas cantidades por las glándulas suprarrenales. (Los testículos son la fuente principal de la testosterona en los hombres.) Tal vez has escuchado del uso de esteroides anabólicos por atletas que quieren “llenarse de músculos” o estimular el crecimiento muscular. La mayor parte de estos medicamentos son versiones sintéticas de la testosterona.

Aunque hay cierto desacuerdo en si los esteroides en realidad mejoran el rendimiento deportivo, es muy aceptado que pueden tener efectos secundarios graves (Sjöqvist, Garle y Rane, 2008). Los problemas incluyen la profundización de la voz o la calvicie en las mujeres, y el engorgamiento de los testículos, la impotencia sexual o el crecimiento de las mamas en los hombres (Millman y Ross, 2003). La exacerbación peligrosa de la hostilidad y la agresión (“rabia de esteroide”) se han relacionado también con el uso de esteroides (Hartgens y Kuipers, 2004). Además, es común que el uso de esteroides por parte de los adolescentes más jóvenes incremente el riesgo de ataque cardíaco y accidente cerebrovascular, daño al hígado y retraso del crecimiento. Por lo tanto, es comprensible que casi todas las principales organizaciones deportivas prohíban el uso de esteroides anabólicos.

En este breve análisis del sistema endocrino, consideramos solo algunas de las glándulas más importantes. Sin embargo, esto debe darte una visión general sobre cómo la conducta y la personalidad están ligadas por completo a los flujos y reflujos de las hormonas en el cuerpo.

## Un vistazo al frente

En la siguiente sección *Psicología en acción*, retomaremos el cerebro para ver cómo la preferencia manual depende de la organización del cerebro. También descubrirás si ser diestro o zurdo determina tus posibilidades de vivir hasta una edad avanzada.

### Creación del conocimiento

## Subcorteza y sistema endocrino

### REPASA

- Las tres divisiones principales del cerebro son el tallo cerebral o \_\_\_\_\_, el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
- Los centros de reflejo para la frecuencia cardíaca y la respiración se encuentran en  
a. el cerebelo b. el tálamo c. la médula d. la FR
- Una porción de la formación reticular, conocida como SAR, sirve como un sistema \_\_\_\_\_ en el cerebro.  
a. de activación b. suprarrenal c. de ajuste d. aversivo
- El \_\_\_\_\_ es el relevo final, o “estación final de interruptores”, para la información sensorial en su trayecto hacia la corteza.
- Las zonas de “recompensa” y “castigo” se encuentran en todo el sistema \_\_\_\_\_, que también se relaciona con las emociones.
- La hiposecreción de la tiroides puede causar los dos  
a. enanismo b. gigantismo c. obesidad d. discapacidad intelectual
- La capacidad del cuerpo de resistir el estrés se asocia con la acción de las \_\_\_\_\_ suprarrenales.

### REFLEXIONA

#### Pensamiento crítico

- Las estructuras subcorticales en los seres humanos son muy similares a las áreas inferiores del cerebro correspondientes en

los animales. ¿Por qué saberlo te permitirá predecir, en términos generales, las funciones controladas por la subcorteza?

- ¿En qué parte de todo el “hardware” del cerebro crees que se encuentra la mente? ¿Cuál es la relación entre la mente y el cerebro?

### Autorreflexiona

Si la Sra. Médula conociera al Sr. Cerebelo en una fiesta, ¿cuáles dirías que son sus funciones en el cerebro? ¿Una banda de música en una “formación reticular” sería como una red? ¿Llamaría tu atención? Si estuvieras parado en el trayecto final hacia la salida de la conducta del cerebro, ¿estarías en el tálamo o en el hipotálamo? Cuando eres emocional, ¿agitás tus manos (y esto hace que tu sistema límbico sea más activo)?

Nombra cuantas glándulas endocrinas puedas. ¿Cuál se te olvidó? ¿Puedes resumir las funciones de cada una?

sería como la música que se reproduce en ese instrumento aproximada, si el cerebro fuera un instrumento musical, la vida mental cierto sentido, más que la suma de sus partes. O, para usar una analogía decir, la actividad del cerebro forma patrones complejos que son, en dos mentales son “propiedades emergentes” de la actividad cerebral. Es fido a los pensadores durante siglos. Una visión reciente es que los esta-  
9. Esta pregunta, conocida como el problema mente-cuerpo, ha desafiado a los pensadores durante siglos. Una visión reciente es que los esta-  
enfrente de los sentidos y las instrucciones salientes a los músculos.  
de la temperatura. La subcorteza también dirige y procesa la información de la temperatura, como el latido del corazón, la respiración y funciones vegetativas, como el latido del corazón, la respiración y funciones vegetativas, como el latido del corazón, la respiración y funciones animales superiores: motivaciones, emociones, sueño, atención y función.  
teza debe estar vinculada con las funciones básicas comunes en todos los  
4. tálamo 5. límbico 6. c, d (en la infancia) 7. corteza 8. Porque la subcor-  
Respuestas: 1. rombencefalo, mesencefalo, cerebro anterior 2. c, 3. a

## Psicología en acción



## Dominancia manual: ¿eres diestro o zurdo?

**Pregunta de inicio 2.7:** ¿Cuáles son las diferencias entre diestros y zurdos?

A lo largo de la historia, ser zurdo ha sido mal visto. A los “zurdos” con frecuencia se les ha caracterizado como torpes, desafortunados o mentirosos. La palabra latina para la izquierda es en realidad *sinister!* (sinistro). En contraste, el diestro es el parangón de la virtud. La palabra latina para la derecha es *dexter*, y los “diestros” son más propensos a ser conocidos como diestros, coordinados, hábiles y justos. Pero ¿hay alguna base real para estas actitudes?

¿Qué causa la **dominancia manual**, la preferencia por la mano derecha o izquierda? ¿Por qué hay más diestros que zurdos? ¿Cuáles son las diferencias entre zurdos y diestros? ¿Ser zurdo crea problemas o beneficios? Las respuestas a estas preguntas nos llevan de nuevo al cerebro, donde se inicia la dominancia manual. Veamos qué ha revelado la investigación acerca de la dominancia manual, el cerebro y tú.

### Evaluación de la dominancia manual

Escribe tu nombre en una hoja de papel, primero con la mano derecha y luego con la izquierda. Tal vez te sentiste más cómodo al escribir con la mano dominante. Esto es interesante porque no hay diferencia real en la fuerza o destreza de las manos. La agilidad de la mano dominante es una expresión externa del control motor superior en un lado del cerebro. Si eres diestro, literalmente, el área dedicada al control de la mano derecha es más grande en el lado izquierdo; si eres zurdo, se aplica a la inversa.

El ejercicio anterior implica que eres diestro o zurdo. Pero la dominancia manual es una cuestión de grado. Para evaluar mejor el uso de las manos, completa unas cuantas preguntas adaptadas del *Waterloo Handedness Questionnaire* (Brown *et al.*, 2006), selecciona la columna “Derecha”, “Izquierda”, o “Ambas” para cada pregunta. Cuantas más “derechas” selecciones, tanto más diestro serás.

### ¿Eres diestro o zurdo?

Derecha Izquierda Ambas

1. ¿Qué mano utilizarías para girar un trompo? \_\_\_\_\_
2. ¿Qué mano utilizarías para sostener una brocha y pintar una pared? \_\_\_\_\_
3. ¿Qué mano utilizarías para recoger un libro? \_\_\_\_\_
4. ¿Qué mano utilizarías para comer la sopa? \_\_\_\_\_
5. ¿Qué mano utilizarías para voltear hot cakes? \_\_\_\_\_
6. ¿Qué mano utilizarías para recoger un pedazo de papel? \_\_\_\_\_
7. ¿Qué mano utilizarías para hacer un dibujo? \_\_\_\_\_
8. ¿Qué mano utilizarías para insertar y girar una llave en una cerradura? \_\_\_\_\_
9. ¿Qué mano utilizarías para insertar una clavija en una toma eléctrica? \_\_\_\_\_
10. ¿Qué mano utilizarías para lanzar una pelota? \_\_\_\_\_

Alrededor de 90 por ciento de todos los seres humanos son diestros; 10 por ciento son zurdos. La mayoría de las personas (cerca de 75 por ciento) son decididamente diestras o zurdas. El resto muestra algo de inconsistencia en la preferencia de mano. Tú, ¿qué eres?

¿Existe tal cosa como ser zurdo con el pie? Excelente pregunta. ¿Tienes “dos pies izquierdos”? A menudo, la **lateralidad** se mide mediante la evaluación de manos, pies, ojos y la preferencia auditiva (Greenwood *et al.*, 2006). En general, también se prefiere respirar a través de un orificio nasal sobre el otro, e incluso se tiene una preferencia por la dirección hacia la que inclinamos la cabeza al besar (Barrett, Greenwood y McCullagh, 2006). Sin embargo, la dominancia manual sigue siendo el indicador más importante de la conducta de la lateralidad.

Si una persona es **enfáticamente zurda**, ¿significa que el hemisferio derecho es el dominante? No siempre. Es cierto que el hemisferio derecho controla el lado izquierdo, pero el **hemisferio dominante**, que produce el lenguaje, en una persona zurda puede estar del lado opuesto del cerebro.

### Dominancia cerebral

Alrededor de 95 por ciento de los diestros procesa el discurso en el hemisferio izquierdo y su lado dominante es el izquierdo. Casi 70 por ciento de los zurdos produce el discurso en el hemisferio izquierdo, al igual que los diestros. Alrededor de 19 por ciento de los zurdos y tres por ciento de diestros utilizan el cerebro derecho para el lenguaje. Algunos zurdos

**Epinefrina** Hormona suprarrenal que tiende a despertar el cuerpo; se relaciona con el miedo. (También se le conoce como adrenalina.)

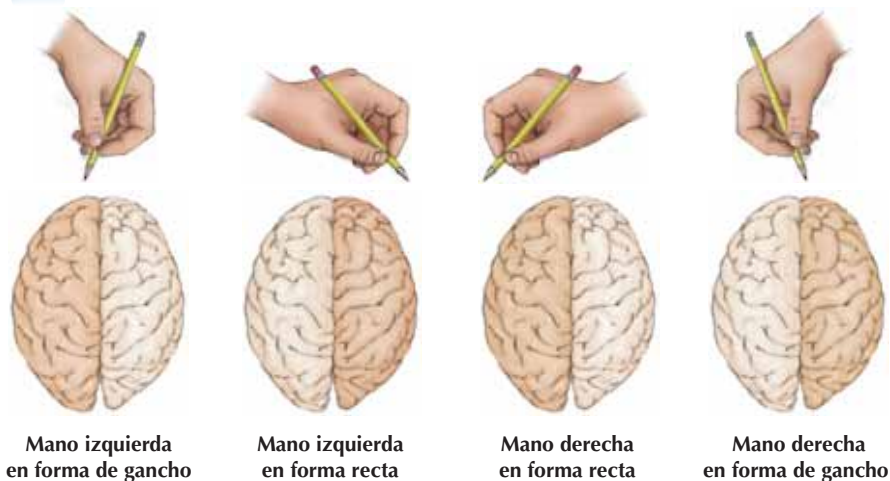
**Norepinefrina** Tanto un neurotransmisor del cerebro como una hormona suprarrenal que tiende a despertar el cuerpo; se vincula con la ira. (También se le conoce como noradrenalina.)

**Glándulas suprarrenales** Glándulas endocrinas que despiertan el cuerpo, regulan el equilibrio de la sal, adaptan el cuerpo al estrés y repercuten en el funcionamiento sexual.

**Dominancia manual** Preferencia por la mano derecha o izquierda en la mayoría de las actividades.

**Lateralidad** Una combinación de preferencia por la mano, el pie, el ojo y el oído.

**Hemisferio dominante** Término que se aplica, en general, a la parte del cerebro de una persona que produce el lenguaje.



• **Figura 2.28** La investigación sugiere que la posición de la mano que se utiliza en la escritura puede indicar cuál hemisferio cerebral se utiliza para el lenguaje. (Dibujo con base en un ejemplo de M. E. Challinor.)

(cerca de 12 por ciento) emplean ambos lados del cerebro para procesar el lenguaje. En total, 90 por ciento de la población usa el hemisferio izquierdo del cerebro para el lenguaje (Coren, 1992; Willems, Peelen y Hagoort, 2010).

¿Existe alguna forma para que una persona diga cuál de sus hemisferios es el dominante? Una pista clásica es la forma en que escribe (• figura 2.28); por lo regular, los individuos diestros que escriben con la mano recta y los zurdos que escriben con la mano en forma de gancho se dejan dominar por el lado izquierdo en el lenguaje. Los zurdos que escriben con la mano por debajo de la línea, y los diestros que utilizan una posición de gancho suelen ser dominados por el hemisferio derecho (Levy y Reid, 1976). Los gestos con las manos proporcionan otra pista. Si los gestos son sobre todo con la mano derecha al hablar, es probable que el hemisferio izquierdo procese el lenguaje. Si los gestos son con la mano izquierda, el procesamiento del lenguaje estará en el hemisferio derecho (Hellige, 1993).

Tus amigos ¿tienen cerebro derecho o izquierdo? Antes de saltar a cualquier conclusión, ten en cuenta que la posición de la escritura y el gesto no son infranqueables. La única forma segura de comprobar el dominio del cerebro es hacer pruebas médicas que implican la evaluación de un hemisferio cerebral a la vez (Kirveskari, Salmelin y Hari, 2006).

## Causas de la dominancia manual

¿La dominancia manual se hereda de los padres? Sí, al menos en parte. Las preferencias de la mano son evidentes aun antes del nacimiento, como se aprecia en la imagen del ultrasonido fetal (• figura 2.29). Según el psicólogo británico Peter Hepper, las preferencias prenatales persisten durante al menos 10

años después del nacimiento (Hepper, Wells y Lynch, 2005). Esto sugiere que la dominancia manual no se puede dictar. Los padres no deben tratar de forzar a un niño zurdo a usar su mano derecha. Esto puede desencadenar problemas en el habla o la lectura (Klöppel *et al.*, 2010).

Los estudios sobre gemelos idénticos muestran que las preferencias de manos no se heredan de manera directa, como el color de ojos o de la piel (Ooki, 2005; Reiss *et al.*, 1999). Sin embargo, dos padres zurdos tienen más probabilidades de tener un niño zurdo que dos padres diestros (McKeever, 2000). Hasta la fecha, la mejor evidencia demuestra que ser zurdo es más común en los hombres, y se debe a la influencia de un único gen en el cromosoma X (femenino) (Papadotou-Pastou *et al.*, 2008).

Por otro lado, los factores ambientales, como el aprendizaje, los traumas de nacimiento y la presión social para usar la mano derecha pueden afectar también qué mano se favorece (Bailey y McKeever, 2004). En el pasado, muchos niños zurdos eran obligados a usar su mano derecha para escribir, comer y otras habilidades. Esto es especialmente cierto

• **Figura 2.29** En esta imagen de ultrasonido, un feto de cuatro meses se chupa el pulgar derecho. La investigación realizada por el psicólogo británico Peter Hepper sugiere que continuará prefiriendo su mano derecha poco después de su nacimiento y que será diestro en la adultez.



en las culturas colectivistas, como India y Japón, donde ser zurdo tiene una carga en particular negativa. No sorprende que la proporción de zurdos en estas sociedades sea de apenas la mitad de la que se encuentra en las culturas individualistas como Estados Unidos y Canadá (Ida y Mandal, 2003).

## Ventaja derecha

¿Hay alguna desventaja en ser zurdo? Una pequeña minoría de zurdos debe su preferencia de mano a los traumas de nacimiento (como prematuridad, bajo peso al nacer y parto de nalgas). Estos individuos tienen mayores tasas de alergias, problemas de aprendizaje y otros (Betancur *et al.*, 1990). Del mismo modo, las personas con dominancia manual inconsistente (en contraposición a los zurdos consistentes) pueden ser propensas a contraer enfermedades relacionadas con la inmunidad (Bryden, Bruyn y Fletcher, 2005). (Dominancia manual inconsistente significa hacer algunas cosas mejor con una mano y otras mejor con la otra.)

¿Es verdad que las personas diestras viven más que los zurdos? Es cierto que hay pocos zurdos de edad avanzada. Una posible explicación radica en el hallazgo generalizado de que los zurdos son más propensos a los accidentes (Dutta y Mandal, 2005). Sin embargo, la supuesta torpeza de los zurdos puede muy bien ser el resultado de vivir en un mundo diestro. Un estudio mostró que los ingenieros de locomotoras zurdos tienen tasas de accidentes más elevadas y que la causa reside en el diseño de los controles de las locomotoras (Bhushan y Khan, 2006). El diseño para agarrar, voltear y girar es probable que sea para diestros. Incluso las manijas de los baños están en el lado derecho. Por otra parte, la escasez de zurdos de edad avanzada solo puede reflejar el hecho de que, en el pasado, los niños zurdos eran obligados a convertirse en diestros. Eso hace que parezca que muchos zurdos no sobreviven a la vejez. En realidad, lo hacen, pero ¡muchos de ellos se hacen pasar por diestros! (Martin y Freitas, 2002).

## Ventaja izquierda

¿Hay ventajas en ser zurdo? En realidad, serlo tiene algunas ventajas claras (Faurie *et al.*, 2008). A lo largo de la historia, un número notable de artistas han sido zurdos, desde Leonardo da Vinci y Miguel Ángel hasta Pablo Picasso y M. C. Escher. Posiblemente debido a que el hemisferio derecho es superior para la visualización y las habilidades visuales, existe una cierta ventaja en usar la mano izquierda para el dibujo o la pintura (Springer y Deutsch, 1998). Por lo menos, en definitiva los zurdos son mejores para visualizar objetos tridimensionales. Tal vez por eso hay más arquitectos, artistas y jugadores de ajedrez zurdos de lo que se esperaría (Coren, 1992). De igual manera, ser diestro no garantiza la superioridad deportiva. Los zurdos han tenido un buen desempeño en una variedad de deportes profesionales, incluyendo boxeo, esgrima, fútbol y tenis (Coren, 1992; Dane y Erzurumluoglu, 2003; Holtzen, 2000).

La **lateralización** se refiere a la especialización en las habilidades de los hemisferios cerebrales. Una característica notable de los zurdos es que suelen ser menos lateralizados que los diestros. De hecho, hasta el tamaño físico y la forma de sus hemisferios cerebrales son más parecidos. Si eres zurdo, podría enorgulle-

certe el hecho de que ¡tu cerebro es menos desigual que el de la mayoría! En general, los zurdos son más simétricos en casi todo, incluyendo la dominancia ocular, tamaño de huellas digitales aun del pie (Bourne, 2008; Polemikos y Papaeliou, 2000).

En algunas situaciones, tener menos lateralización puede ser una ventaja real. Por ejemplo, las personas que son zurdas moderadas o son ambidiestras (pueden hacer las cosas igual de bien con ambas manos) parecen tener mejor memoria que el promedio, lo cual es una habilidad musical básica. En consecuencia, un gran número de músicos son ambidiestros (Springer y Deutsch, 1998).

Las habilidades matemáticas pueden beneficiarse a su vez de un mayor uso del hemisferio derecho. Los estudiantes dotados en matemáticas son mucho más propensos a ser zurdos o ambidiestros (Benbow, 1986). Incluso respecto de las habilidades aritméticas ordinarias, los zurdos parecen sobresalir (Annett, 2002; Annett y Manning, 1990).

La ventaja más clara de ser zurdo se presenta cuando hay una lesión cerebral. Debido a una lateralización más suave, los individuos zurdos suelen experimentar una menor pérdida del lenguaje después del daño en cualquiera de los hemisferios del cerebro y se

recuperan más fácilmente (Geschwind, 1979). Tal vez tener “dos pies izquierdos” no sea tan malo después de todo.



© Friedemann Vogel/Bongarts/Getty Images

Los zurdos, al igual que el campeón del Abierto de Tenis de Estados Unidos 2010, Rafael Nadal, tienen ventajas en deportes como esgrima y tenis. Es probable que sus movimientos sean menos familiares para los opositores, lo cual frenaría a los diestros.

**Lateralización** Diferencias entre los dos lados del cuerpo, en particular las diferencias en las capacidades de los hemisferios cerebrales.

### Creación del conocimiento

## Dominancia manual y lateralización

### REPASA

1. Alrededor de 95 por ciento de las personas procesa el lenguaje con el lado izquierdo del cerebro, al igual que los diestros. ¿V o F?
2. Probablemente los zurdos que escriben con la mano por debajo de la línea de escritura tengan dominancia del lado derecho de su cerebro. ¿V o F?
3. Básicamente, las personas aprenden a ser diestros o zurdos. ¿V o F?
4. En general, los individuos zurdos muestran menos lateralización en el cerebro y en todo el cuerpo. ¿V o F?

### REFLEXIONA

#### Pensamiento crítico

5. Los reportajes que dicen que los zurdos tienden a morir más jóvenes fallan en un aspecto importante: el promedio de edad del

grupo de personas zurdas era más joven que el de personas diestras. ¿Por qué esto marcaría alguna diferencia a la hora de llegar a una conclusión?

### Autorreflexiona

Piensa por un momento sobre lo que “sabías” acerca de la dominancia manual y los zurdos antes de leer esta sección. ¿Cuáles de tus creencias eran correctas? ¿Cómo ha cambiado tu conocimiento acerca de la dominancia manual?

Respuestas: 1. F, 2. V, 3. F, 4. V, 5. Porque no podemos decir si la dominancia manual o la edad promedio marcan una diferencia en los índices de mortalidad. Por ejemplo, si empezamos con un grupo de personas de 20 a 30 años, en los que algunos mueren, la edad media de la muerte tiene que ser entre los 20 y los 30 años. Si empezamos con un grupo de personas de 30 a 40 años, en los que algunos mueren, la edad media de la muerte tiene que ser entre los 30 y los 40 años. Así, el grupo de zurdos podría tener una edad media más temprana de muerte, simplemente porque los miembros del grupo eran más jóvenes.



## Repaso del capítulo Acceso a la mente y la conducta

### PREGUNTAS de inicio revisadas

#### 2.1 ¿Cómo se comunican y operan las neuronas?

**2.1.1** Las dendritas y el soma de una neurona combinan información neural y la envían a través del axón hacia los terminales

axónicos para generar una respuesta a través de la sinapsis con otras neuronas.

**2.1.2** La activación del potencial de acción (impulso nervioso) es básicamente un evento eléctrico.

**2.1.3** La comunicación entre las neuronas es química: los neurotransmisores cruzan la sinapsis, se unen a los receptores y estimulan o inhiben a la célula receptora.

**2.1.4** Las sustancias químicas llamadas neuropéptidos regulan la actividad en el cerebro.

**2.1.5** Todo el comportamiento se remonta a las redes neuronales.

**2.1.6** Los circuitos del cerebro no son estáticos. El cerebro puede “recablearse” e incluso crear células nerviosas nuevas como respuesta a cambios en las condiciones ambientales.

## 2.2 ¿Cuáles son las principales partes del sistema nervioso?

**2.2.1** El sistema nervioso se puede dividir en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP). El SNC está compuesto por el cerebro, que lleva a cabo la mayor parte del “procesamiento” en el sistema nervioso, y la médula espinal, que conecta el cerebro con el SNP.

**2.2.2** El SNP, que incluye el sistema nervioso somático (SNS), lleva la información sensorial y motora al cerebro por medio de instrucciones para el cuerpo y el sistema nervioso autónomo (SNA), que controla los procesos corporales automáticos y “vegetativos”. El SNA tiene una rama simpática y una rama parasimpática.

**2.2.3** La médula espinal puede procesar arcos reflejos simples.

**2.2.4** Las neuronas y los nervios en el sistema nervioso periférico pueden regenerarse. En la actualidad, el daño en el sistema nervioso central suele ser permanente, aunque los científicos están trabajando en mecanismos para reparar el tejido nervioso dañado.

## 2.3 ¿Cómo se identifican las diferentes partes del cerebro y qué hacen?

**2.3.1** Los biopsicólogos estudian cómo los procesos en el cuerpo, el cerebro y el sistema nervioso se relacionan con la conducta.

**2.3.2** Una estrategia importante de investigación sobre el cerebro implica la localización de la función cerebral para vincular las estructuras específicas del cerebro con funciones psicológicas o conductuales específicas.

**2.3.3** La estructura cerebral se investiga por medio de disección, así como mediante tomografías computarizadas y resonancias magnéticas menos intrusivas.

**2.3.4** La función del cerebro se investiga a través de estudios de casos clínicos, la estimulación eléctrica, la ablación, la lesión por radiofrecuencia, el registro eléctrico y la grabación de microelectrodos, así como por grabación de EEG, exploraciones TEP y IRMF menos intrusivas.

## 2.4 ¿Cuáles son las diferencias entre los hemisferios izquierdo y derecho, y cuáles son las distintas funciones de los lóbulos de la corteza del cerebro?

**2.4.1** El cerebro humano está marcado no por su tamaño en general, sino por su corticalización avanzada, o ampliación de la corteza cerebral.

**2.4.2** Los “cerebros divididos” se crean mediante la reducción del cuerpo calloso. El individuo con cerebro dividido muestra un notable grado de independencia entre los hemisferios derecho e izquierdo.

**2.4.3** El hemisferio izquierdo es bueno para el análisis y procesa los pequeños detalles en forma secuencial. En la mayoría de las personas contiene los “centros” del habla o el lenguaje. También se

especializa en la escritura, el cálculo, el juicio del tiempo y el ritmo, así como en ordenar movimientos complejos.

**2.4.4** El hemisferio derecho detecta patrones generales que procesan la información de manera simultánea e integral. Es en gran parte no verbal y se destaca por las habilidades espaciales y de percepción, visualización, y el reconocimiento de patrones, caras y melodías.

**2.4.5** Los lóbulos frontales abarcan el área motora primaria (que comprende muchas neuronas espejo) y muchas áreas de asociación, que combinan y procesan la información. El daño en esta área de asociación (área de Broca) resulta en afasia motora, una dificultad para hablar o escribir. La corteza prefrontal se asocia con el pensamiento abstracto y el sentido del yo.

**2.4.6** Los lóbulos parietales contienen el área sensorial primaria, que procesa las sensaciones corporales.

**2.4.7** Los lóbulos temporales incluyen el área auditiva primaria y son responsables de la audición y el lenguaje. El daño a la zona de Wernicke desemboca en afasia fluida, la dificultad de entender el significado de las palabras.

**2.4.8** Los lóbulos occipitales comprenden el área visual primaria y son responsables de la visión.

**2.4.9** Los cerebros de los hombres y las mujeres se especializan en diferentes maneras.

## 2.5 ¿Cuáles son las principales partes de la subcorteza?

**2.5.1** El cerebro se puede subdividir en rombencéfalo, mesencéfalo y el prosencéfalo. La subcorteza incluye estructuras cerebrales del mesencéfalo y prosencéfalo, así como las partes más bajas del rombencéfalo, por debajo de la corteza.

**2.5.2** La médula contiene centros esenciales para el control de los reflejos, de la frecuencia cardíaca, la respiración y otras funciones “vegetativas”. El puente vincula la médula con otras áreas del cerebro.

**2.5.3** El cerebelo mantiene la coordinación, la postura y el tono muscular.

**2.5.4** La formación reticular dirige los mensajes sensoriales y motores, y parte de ella, conocida como SAR, actúa como un sistema de activación de la corteza cerebral.

**2.5.5** El tálamo lleva la información sensorial a la corteza.

**2.5.6** El hipotálamo ejerce un poderoso control sobre comer, beber, el ciclo del sueño, la temperatura corporal, además de otros impulsos y comportamientos básicos.

**2.5.7** El sistema límbico está muy relacionado con la emoción. Contiene además distintas áreas de recompensa y de castigo, y una zona, conocida como hipocampo, que es importante para la formación de recuerdos.

## 2.6 El sistema glandular ¿afecta a la conducta?

**2.6.1** Las glándulas endocrinas sirven como un sistema de comunicación química en el interior del cuerpo. El flujo y reflujo de las hormonas de las glándulas endocrinas que entran en el torrente sanguíneo afectan la conducta, los estados de ánimo y la personalidad.

**2.6.2** Muchas de las glándulas endocrinas reciben la influencia de la hipófisis (la “glándula maestra”), que a su vez está influenciada por el hipotálamo. Por lo tanto, el cerebro controla el cuerpo a través tanto del sistema nervioso (más rápido) como del sistema endocrino (más lento).

## 2.7 ¿Cuáles son las diferencias entre diestros y zurdos?

**2.7.1** La gran mayoría de las personas son diestras y, por lo tanto, el cerebro izquierdo domina sus habilidades motoras. Más de

90 por ciento de las personas diestras y alrededor de 70 por ciento de las zurdas también producen el discurso desde el hemisferio izquierdo.

**2.7.2** La dominancia cerebral y la actividad cerebral determinan si eres diestro, zurdo o ambidiestro.

**2.7.3** La mayoría de la gente es consistentemente diestra; la minoría es consistentemente zurda. Las personas que tienen preferencias de mano moderadas o mixtas, son ambidiestros. Por consiguiente, la dominancia manual no es un rasgo simple.

**2.7.4** Los zurdos tienden a tener una lateralización más débil que los diestros (sus hemisferios cerebrales no son tan especializados).

## RECURSOS EN LÍNEA

### Recursos web\*

**Las direcciones de internet cambian constantemente; para encontrar una lista actualizada de URL de los sitios aquí mencionados, visita nuestro *Psychology CourseMate*.\***

**The Nervous System** Explora una visión general de las principales divisiones del sistema nervioso.

**Neural Transmission** Observa una serie de animaciones sobre la transmisión neuronal que ilustran el potencial de acción y de reposo.

**Synaptic Transmission** Lee más acerca de la transmisión sináptica u observa algunas animaciones.

**The Whole Brain Atlas** Observa imágenes de diferentes partes del cerebro.

**The PET Scan** Lee más acerca de las exploraciones TEP.

**Introduction to fMRI** Aprende sobre la IRMF y observa algunas imágenes.

**Split Brain Consciousness** Explora los hemisferios cerebrales y lo que pasa cuando se dividen.

**Probe the Brain** Explora el homúnculo motor de la interactividad del cerebro.

**Brain Maps** Aprende sobre las funciones de una corteza saludable y algunos efectos de la paraplejía.

**The Patient's Journey: Living with Locked-In Syndrome** Conoce a Nick, quien describe cómo es vivir con síndrome de enclaustramiento después de sufrir daño en el tallo cerebral.

**Endo 101: The Endocrine System** Lee una descripción sobre el sistema endócrino y las hormonas.

**Anabolic Steroid Abuse** Aprende en el National Institute on Drug Abuse sobre los esteroides y su abuso.

**What Is "Handedness"?** Lee sobre la dominancia manual y la lateralidad del cerebro; incluye una lista de zurdos famosos.

**The Sinister Hand** Observa una entrevista sobre la dominancia manual con el doctor Michael Corballis.

**Left Brain, Right Brain** Lee sobre las concepciones populares de las diferencias entre los hemisferios del cerebro.

### Aprendizaje interactivo\*

Visita **CengageBrain** para acceder a los recursos que tu profesor te indique. Para este libro, puedes ingresar a:



El **CourseMate**\* da vida a los conceptos del curso por medio de herramientas interactivas de aprendizaje, estudio y preparación de exámenes que apoyan la versión impresa del libro de texto. El sitio web del libro, **Psychology CourseMate**\*, incluye un **libro electrónico interactivo integrado** y otras **herramientas de aprendizaje interactivo**, como pruebas, tarjetas didácticas, videos y más.

### CENGAGENOW™

**CengageNOW**\* es un recurso en línea fácil de utilizar que ayuda a los estudiantes a obtener mejores calificaciones en menos tiempo, ¡AHORA! Realiza la prueba preliminar de este capítulo y recibe un plan de estudio personalizado con base en tus resultados, el cual identificará los capítulos que necesitas revisar y te dirigirá a los recursos en línea que te ayudarán a dominar estos temas. Después, haz una prueba posterior que te ayudará a determinar los conceptos que dominas y los que debes trabajar. Si tu libro de texto no incluye una tarjeta con código de acceso, visita [CengageBrain.com](http://CengageBrain.com).

### WebTUTOR™

Más que una guía interactiva de estudio, **WebTutor**\* es una solución personalizada de aprendizaje a la que se puede acceder en cualquier momento y lugar y que te mantendrá conectado con tu libro de texto, tu profesor y tus compañeros.



Si tu profesor asigna una tarea **Aplia**\*:

1. Accede a tu cuenta.
2. Completa los ejercicios correspondientes, de acuerdo con la solicitud de tu profesor.
3. Al terminar, presiona "Grade It Now" para observar las áreas que dominas y las que necesitas trabajar y para desplegar explicaciones detalladas sobre cada respuesta.

Visita [www.cengagebrain.com](http://www.cengagebrain.com) para acceder a tu cuenta y adquirir materiales.

\*Este material se encuentra disponible solo en inglés.