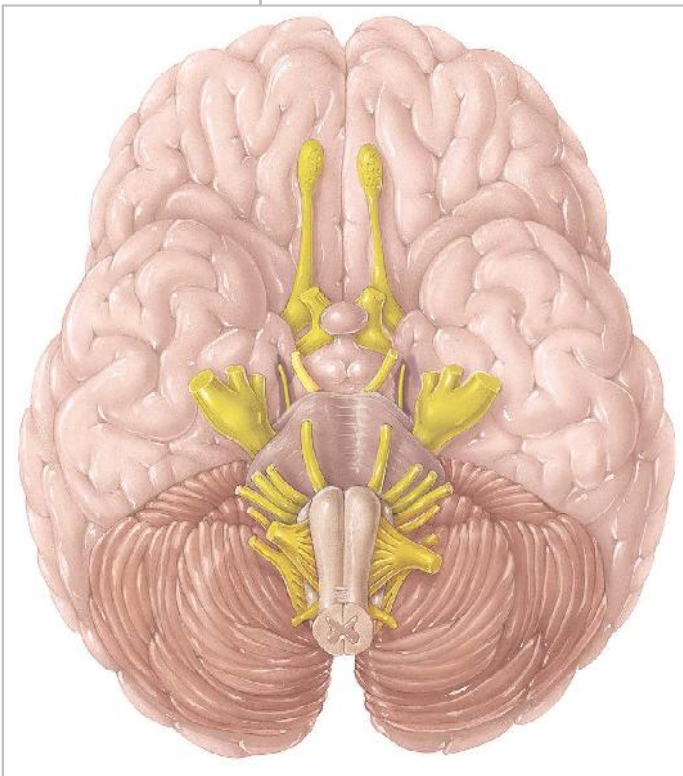


14

EL ENCÉFALO Y LOS NERVIOS CRANEALES

EL ENCÉFALO, LOS NERVIOS CRANEALES Y LA HOMEOSTASIS *El encéfalo contribuye a la homeostasis mediante la recepción de estímulos sensitivos, la integración de información nueva con la almacenada, la toma de decisiones y la ejecución de respuestas a través de la generación de actividades motoras.*



Resolver una ecuación, sentir hambre, reírse: los procesos nerviosos necesarios para llevar a cabo cada una de estas acciones tiene lugar en diferentes regiones del **encéfalo**, la estructura del sistema nervioso central que se encuentra dentro del cráneo. Alrededor de 100 mil millones de neuronas y entre 10 y 50 billones de células de la neuroglia forman el encéfalo, que pesa unos 1 300 g en el adulto. En promedio, cada neurona presenta 1 000 sinapsis con otras neuronas. De esta forma, el número total de sinapsis, alrededor de mil billones –o 10^{15} – es mayor que el número de estrellas en la galaxia.

El encéfalo es el centro de control donde se registran las sensaciones, se las relaciona entre sí y con la información almacenada, además de ser el lugar en el que se toman las decisiones y desde donde se generan acciones. También es el centro del intelecto, las emociones, el comportamiento y la memoria. Pero el encéfalo abarca un dominio mayor: dirige nuestro comportamiento hacia los demás. Con ideas excitantes, habilidades artísticas que deslumbran o retórica que hipnotiza, los actos y los pensamientos de una persona pueden

influir en la vida de otros individuos y modificarla. Como veremos pronto, diferentes regiones del encéfalo están especializadas en distintas funciones. Diversos sectores del encéfalo actúan en conjunto para lograr ciertas acciones compartidas. Este capítulo estudia cómo el encéfalo es protegido y nutrido, qué funciones se llevan a cabo en las principales áreas y cómo la médula espinal y los 12 nervios o pares craneales se conectan con el encéfalo para formar el centro de control del cuerpo humano.



¿Alguna vez pensó cómo ocurren los accidentes cerebrovasculares y cómo se los trata?

14.1 ORGANIZACIÓN, PROTECCIÓN E IRRIGACIÓN DEL ENCÉFALO

OBJETIVOS

- Identificar las regiones principales del encéfalo.
- Describir cómo se encuentra protegido el encéfalo.
- Describir la irrigación del encéfalo.

Es necesario conocer el desarrollo embrionario del encéfalo para comprender la terminología que se usa en la designación de sus principales órganos en el adulto. El encéfalo y la médula espinal derivan del **tubo neural** ectodérmico (véase la **Figura 14.27**). La región anterior del tubo neural se expande, junto con el tejido asociado de la cresta neural. Luego, aparecen constricciones en el tubo expandido, que se divide en tres regiones conocidas como **vesículas encefálicas primarias**: **prosencefalo** (cerebro anterior), **mesencefalo** (cerebro medio) y **rombencefalo** (cerebro posterior) (véase la **Figura 14.28**). Tanto el prosencefalo como el rombencefalo se subdividen y forman las **vesículas encefálicas secundarias**. El prosencefalo se diferencia en telencefalo y diencefalo, y el rombencefalo o encéfalo posterior lo hace en metencefalo y mielencefalo. Las distintas vesículas encefálicas dan origen a las siguientes estructuras en el adulto:

- El **telencefalo** forma el **cerebro** y los **ventrículos laterales**.
- A partir del **diencefalo**, se desarrollan el **tálamo**, el **hipotálamo**, el **epitálamo** y el **tercer ventrículo**.
- El **metencefalo** se convierte en la **protuberancia** (puente), el **cerebelo** y la **parte superior del cuarto ventrículo**.

- A partir del **mielencefalo**, se desarrollan el **bulbo raquídeo** y la **parte inferior del cuarto ventrículo**.
- El **mesencefalo** da origen al **mesencefalo** y al **acueducto del mesencefalo** (**acueducto cerebral**).

Las paredes de estas regiones encefálicas se desarrollan en el tejido nervioso del encéfalo, mientras que el interior hueco del tubo se transforma en las distintas vesículas (espacios llenos de líquido) del encéfalo. El tejido expandido de la cresta neural se torna sobresaliente en el desarrollo encefálico. La mayoría de las estructuras protectoras del encéfalo —es decir, la mayoría de los huesos del cráneo, los tejidos conectivos asociados y las membranas meníngeas— se originan en el tejido expandido de la cresta neural.

Estas relaciones se resumen en el **Cuadro 14.1**.

Partes principales del encéfalo

El encéfalo adulto presenta cuatro porciones principales: el tronco encefálico (o tallo cerebral), el cerebelo, el diencefalo y el cerebro (**Figura 14.1**). El **tronco encefálico** se continúa con la médula espinal y está constituido por el bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencefalo. Por detrás del tronco encefálico se halla el **cerebelo** (de *cerebellum*, cerebro pequeño) y por encima, el **diencefalo** (dia-, de *diá*, a través de), formado por el tálamo, el hipotálamo y el epitálamo. Apoyado sobre el diencefalo y el tronco encefálico, se encuentra el **cerebro**, la parte más grande del encéfalo.

Cubiertas protectoras del encéfalo

El cráneo (véase la **Figura 7.4**) y las meninges rodean y protegen al encéfalo. Las **meninges craneales** se continúan con las meninges

CUADRO 14.1

Desarrollo del encéfalo

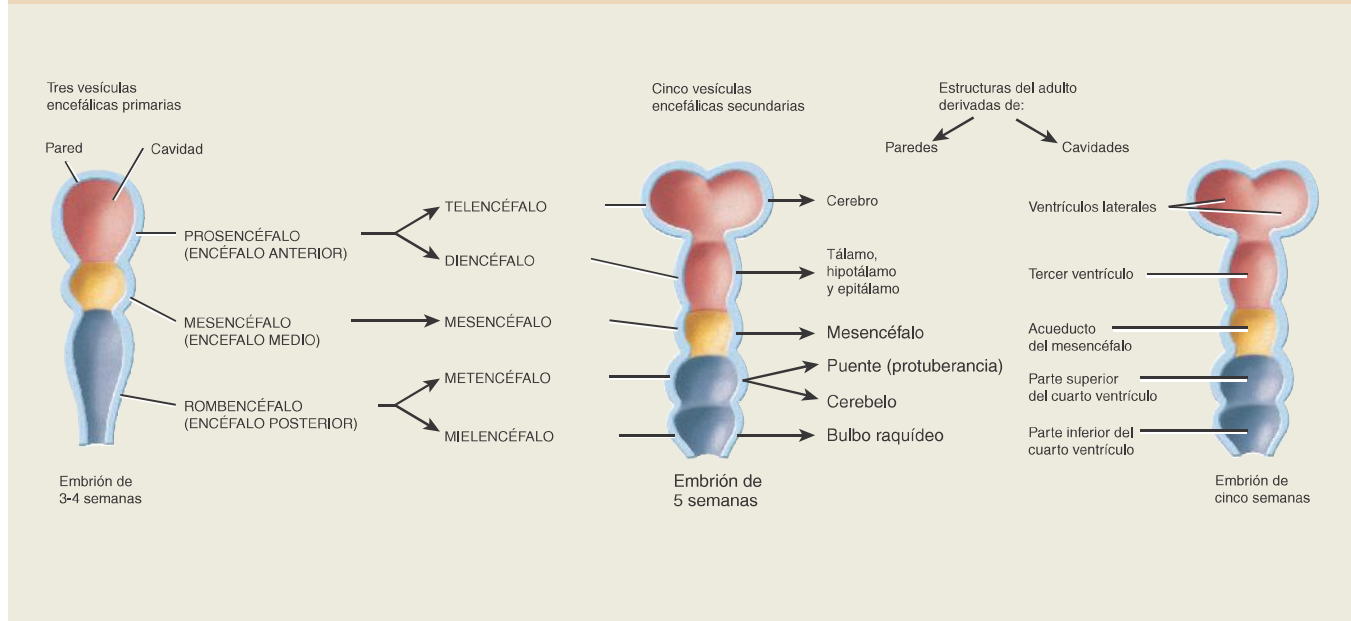
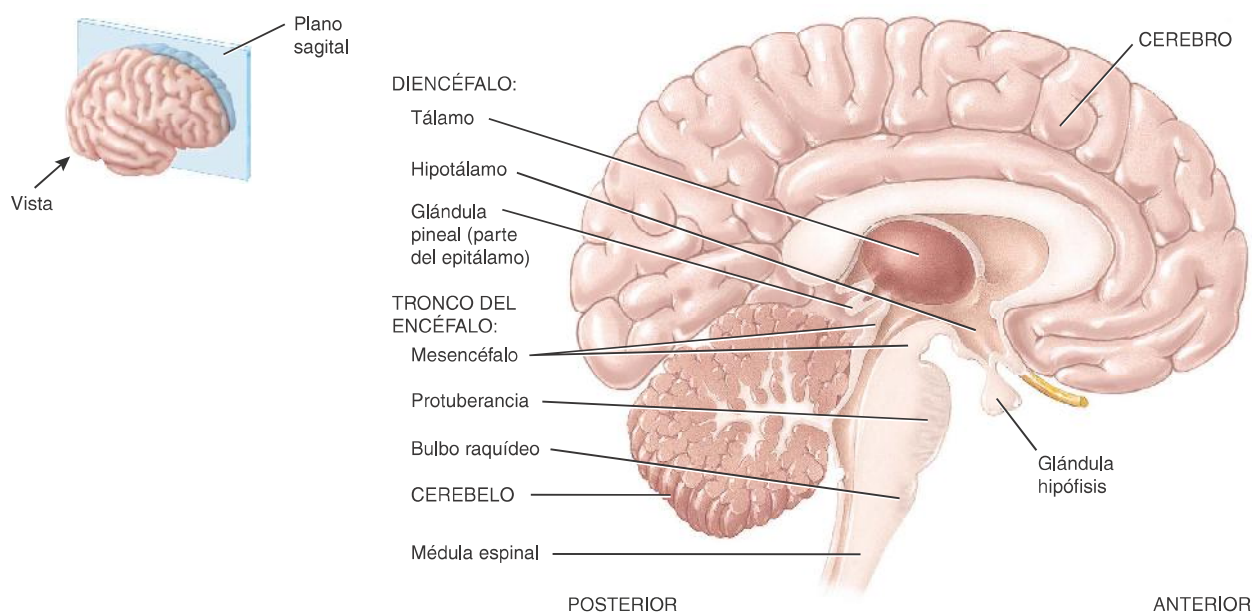
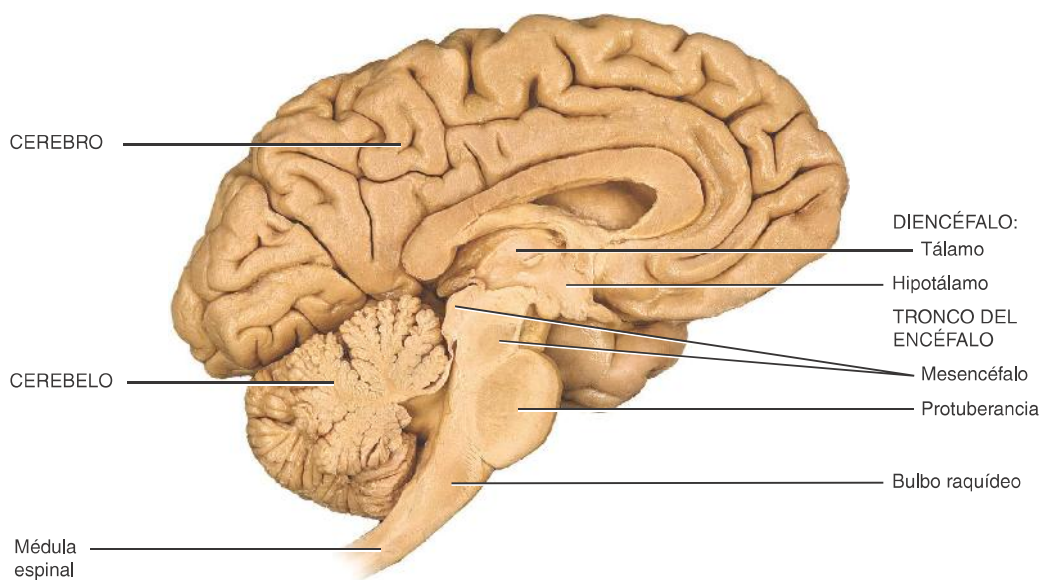


Figura 14.1 El encéfalo. La glándula hipófisis se describe con el sistema endocrino en el Capítulo 18.

Las cuatro partes más importantes del encéfalo son el tronco del encéfalo, el cerebelo, el diencéfalo y el cerebro.




(a) Corte sagital, vista medial

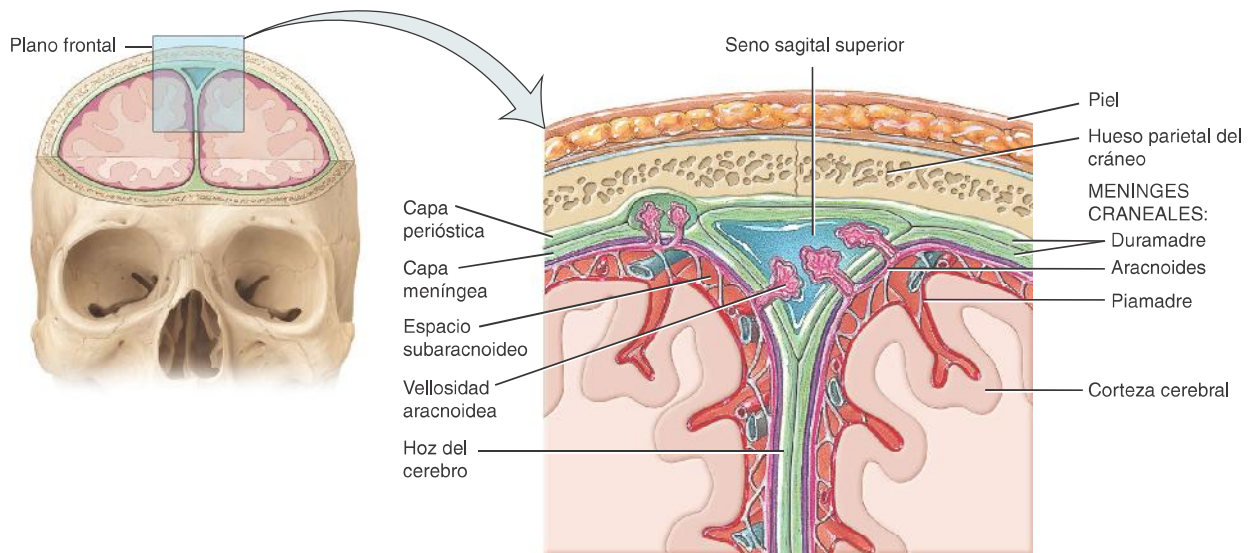


(a) Corte sagital, vista medial

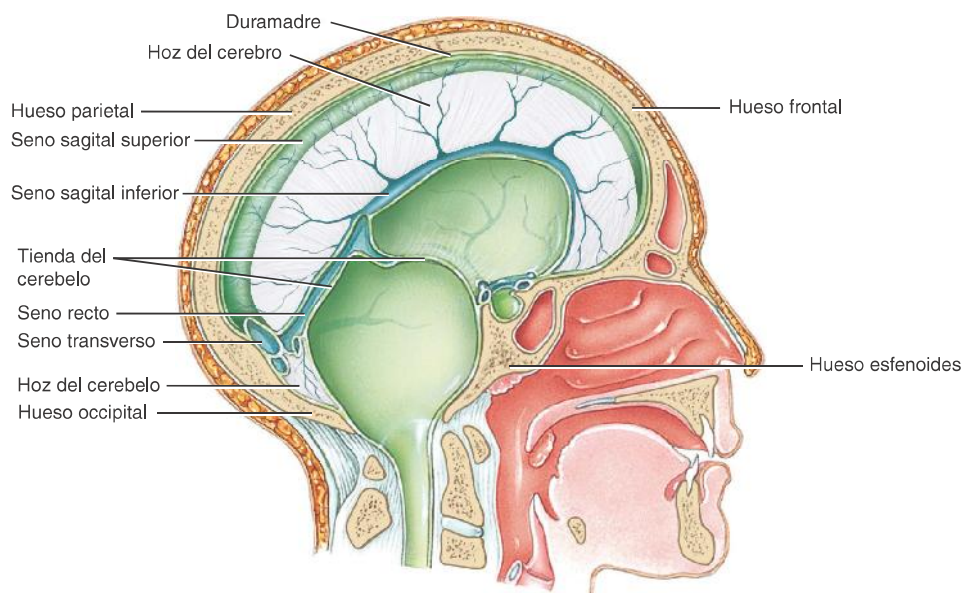
¿Cuál es la porción más grande del encéfalo?

Figura 14.2 Membranas protectoras del encéfalo.


 Los huesos del cráneo y las meninges protegen al encéfalo.



(a) Vista anterior del corte frontal a través del cráneo que muestra las meninges craneales



(b) Corte sagital de las extensiones de la duramadre

 ¿Cuáles son, de la superficie a la profundidad, las tres capas de las meninges craneanas?



espinales; presentan la misma estructura básica y llevan los mismos nombres: **duramadre** por fuera, **aracnoides** en el medio y **piamadre** por dentro (Figura 14.2). Sin embargo, la duramadre craneal tiene dos capas y la duramadre espinal sólo una. Las dos capas durales se denominan *capa perióstica* (que es externa) y *capa meníngea* (que es interna). Las dos capas de la duramadre craneal están fusionadas en toda su extensión, excepto en ciertas regiones en las que se separan para rodear los senos venosos durales (conductos venosos revestidos de endotelio) que drenan la sangre venosa del encéfalo y la llevan a las venas yugulares internas. Además, no hay un espacio epidural en torno del encéfalo. Los vasos sanguíneos transcurren a lo largo de la superficie del encéfalo y, a medida que penetran en su interior, están envueltos por una fina hoja laxa de piamadre. Tres extensiones de la duramadre separan diferentes partes del encéfalo: 1) la **hoz del cerebro** separa los dos hemisferios (lados) cerebrales. 2) La **hoz del cerebelo** separa los dos hemisferios del cerebelo. 3) La **tienda del cerebelo** separa el cerebro del cerebelo.

Flujo sanguíneo encefálico y barrera hematoencefálica

La sangre llega al encéfalo, principalmente, a través de las arterias carótidas internas y las vertebrales (véase la Figura 21.19); los senos venosos durales drenan en las venas yugulares internas y retorna por estas venas hacia el corazón (véase la Figura 21.4).

En el adulto, el encéfalo representa sólo el 2% del peso total del cuerpo, pero utiliza alrededor del 20% del oxígeno y de la glucosa que se consumen, incluso en reposo. Las neuronas sintetizan ATP casi exclusivamente a partir de la glucosa, por medio de reacciones que requieren oxígeno. Cuando aumenta la actividad de las neuronas y de la neuroglia en determinada región del encéfalo, el flujo sanguíneo de ese sector también aumenta. Hasta la más leve disminución de la velocidad del flujo sanguíneo encefálico puede producir desorientación o pérdida del conocimiento, como sucede cuando nos ponemos de pie muy rápidamente después de estar sentados durante mucho tiempo. Generalmente, hasta una breve interrupción de la irrigación de 1 a 2 minutos deteriora la función neuronal, y la privación total de oxígeno por 4 minutos puede generar daño permanente. Como la glucosa casi no se almacena en el encéfalo, su aporte debe ser continuo. Si la sangre que llega al encéfalo tiene bajos niveles de glucosa, pueden sobrevenir: confusión mental, mareos, convulsiones y pérdida de la conciencia. Los individuos diabéticos deben controlar su nivel de glucosa en sangre, ya que este puede disminuir rápidamente y conducir a un shock diabético, que se caracteriza por convulsiones, coma y posiblemente muerte.

La **barrera hematoencefálica (BHE)** está formada, fundamentalmente, por uniones estrechas que cierran el espacio entre las células endoteliales de los capilares encefálicos y por una membrana basal gruesa que los rodea. Las prolongaciones de muchos astrocitos —que como se comentó en el capítulo 12, constituyen un tipo de neuroglia— rodean los capilares y secretan sustancias químicas que mantienen las características de permeabilidad de las uniones estrechas. Algunas sustancias solubles en agua, como la glucosa, atraviesan la BHE por transporte activo. Otras, como la creatinina, la urea y casi todos los iones atraviesan la BHE muy lentamente. Incluso, otras sustancias —como las proteínas y muchos antibióticos— no pueden pasar de la sangre al tejido nervioso. Sin embargo, las sustancias liposolubles, como el oxígeno, el dióxido de carbono, el alcohol y la mayor parte de los anestésicos atraviesan fácilmente la barrera. Los traumatismos, determinadas toxinas y la inflamación pueden provocar una rotura en la barrera hematoencefálica.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Rotura de la barrera hematoencefálica

Como la BHE es tan efectiva, impide el paso de sustancias potencialmente nocivas para el tejido nervioso. Pero también debido a la eficiente protección de la BHE, ciertos fármacos utilizados para el tratamiento del cáncer y para otros trastornos del SNC no pueden atravesarla. Es por eso que los investigadores tratan de encontrar el modo de hacer llegar estas sustancias al tejido nervioso. Una posibilidad es inyectar el fármaco junto con una solución de glucosa concentrada. La elevada presión osmótica de la solución de glucosa hace que las células endoteliales de los capilares se contraigan, que los espacios entre las uniones estrechas se abran y que aumente la permeabilidad de la BHE. Como resultado, el fármaco puede ingresar en el tejido nervioso.



PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Compare el tamaño y la localización del cerebro y del cerebelo.
2. Describa la localización de las meninges craneanas.
3. Explique el flujo sanguíneo encefálico y la importancia de la BHE.

14.2 LÍQUIDO CEFALORRAQUÍDEO

OBJETIVO

- Explicar la formación y circulación del líquido cefalorraquídeo.

El **líquido cefalorraquídeo (LCR)** es un líquido claro e incoloro compuesto principalmente por agua, que protege el encéfalo y la médula espinal de daños físicos y químicos. Además, transporta oxígeno y glucosa desde la sangre a las neuronas y a la neuroglia. El LCR circula continuamente a través de las cavidades del encéfalo y de la médula, y por el espacio subaracnoideo (entre la aracnoides y la piamadre) que rodea a estos órganos. El volumen total de LCR es de 80 a 150 mL en el adulto. El LCR contiene pequeñas cantidades de glucosa, proteínas, ácido láctico, urea, cationes (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) y aniones (Cl^- y HCO_3^-); también presenta algunos leucocitos.

La Figura 14.3 muestra las cuatro cavidades llenas de LCR en el encéfalo, que se denominan **ventrículos**. Los **ventrículos laterales** se localizan en cada uno de los hemisferios cerebrales y están separados por adelante por una membrana fina, el **septum pellucidum**. El **tercer ventrículo** es una cavidad estrecha a lo largo de la línea media superior del hipotálamo y entre las mitades derecha e izquierda del tálamo. El **cuarto ventrículo** se halla entre el tronco del encéfalo y el cerebelo.

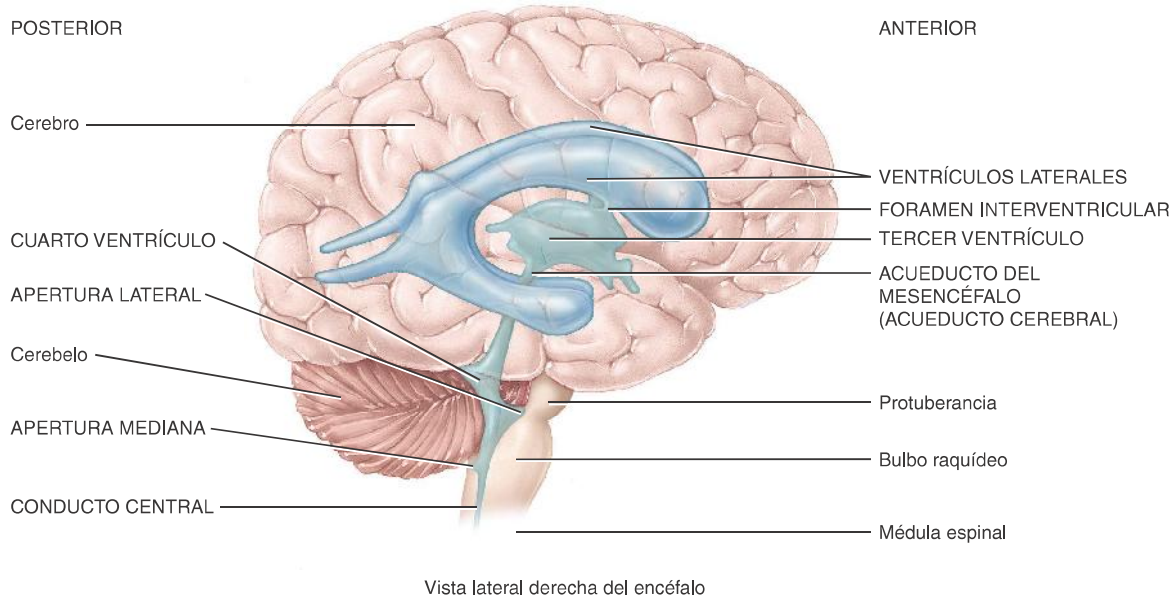
Funciones del LCR

El LCR tiene tres funciones básicas:

1. **Protección mecánica.** Representa un medio que amortigua los impactos y protege el delicado tejido nervioso del encéfalo y la médula espinal de movimientos que provocarían su roce con las paredes óseas del cráneo y el conducto vertebral. El líquido también sostiene al encéfalo de manera tal que este “flota” en la cavidad craneal.
2. **Función homeostática.** El pH del LCR afecta la ventilación pulmonar y el flujo sanguíneo cerebral, algo muy importante para mante-

Figura 14.3 Localización de los ventrículos en un “encéfalo transparente”. Un foramen interventricular a cada lado comunica el ventrículo lateral con el tercer ventrículo, y el acueducto mesencefálico comunica el tercer ventrículo con el cuarto.

Los ventrículos son cavidades intracerebrales que contienen líquido cefalorraquídeo.



¿Qué región cerebral es anterior al cuarto ventrículo? ¿Y cuál es posterior a éste?

ner los controles homeostáticos del tejido encefálico. El LCR también sirve como sistema de transporte para las hormonas polipeptídicas secretadas por neuronas hipotálamicas que actúan en sitios remotos del encéfalo.

3. **Circulación.** El LCR es un medio para el intercambio menor de nutrientes y productos de desecho entre la sangre y el tejido nervioso adyacente.

Formación del LCR en los ventrículos

La mayor parte del LCR se produce en los **plexos coroideos** (de *chórion*, membrana, y *eídos*, forma), redes de capilares sanguíneos en las paredes de los ventrículos (Figura 14.4a). Las células endoteliales, mediante uniones estrechas, cubren los capilares de los plexos coroideos. Sustancias seleccionadas (principalmente agua) provenientes del plasma sanguíneo, que son filtradas de los capilares, son secretadas por las células endoteliales para producir el líquido cefalorraquídeo. Esta capacidad secretoria es bidireccional y explica la producción continua de LCR y el transporte de metabolitos desde el tejido nervioso nuevamente hacia la sangre. A causa de las uniones estrechas entre las células endoteliales, las sustancias que ingresan al LCR desde los capilares coroideos no pueden escapar entre estas células; en cambio, deben atravesar las células endoteliales. Esta **barrera hemorraquídea** permite la entrada de ciertas sustancias en el LCR y la exclusión de otras, lo que protege el encéfalo y la médula espinal de sustancias potencialmente nocivas transportada por la sangre. Al

contrario de la barrera hematoencefálica, la barrera hemorraquídea está formada por uniones estrechas de células endoteliales.

Circulación del LCR

El LCR formado en los plexos coroideos de los ventrículos laterales llega al tercer ventrículo a través de dos orificios estrechos y ovalados, los **forámenes interventriculares** (véase Figura 14.4). El plexo coroideo agrega más LCR en el techo del tercer ventrículo. El líquido luego fluye hacia el cuarto ventrículo a través del **acueducto del mesencéfalo** o **acueducto cerebral (Silvio)**, que atraviesa el mesencéfalo. El plexo coroideo del cuarto ventrículo aporta más líquido. El LCR puede llegar al espacio subaracnoideo por tres aberturas en el techo del cuarto ventrículo: una **abertura media** y dos **aberturas laterales**, una en cada lado. El LCR circula luego por el conducto central —o del epéndimo de la médula espinal— y por el espacio subaracnoideo, alrededor del encéfalo y de la médula.

El LCR es reabsorbido en forma gradual hacia la circulación sanguínea por las **vellosidades aracnoideas**, extensiones digitiformes de la aracnoides que se proyectan dentro de los senos venosos duros, especialmente, en el **seno sagital superior** (véase Figura 14.2). (Un conglomerado de vellosidades aracnoideas se denomina **granulación aracnoidea**). En condiciones normales, el LCR se reabsorbe tan rápidamente como se forma en los plexos coroideos, a una velocidad cercana a los 20 mL/hora (480 mL/día). Como las velocidades de formación y de reabsorción son las mismas, la presión del LCR suele ser



constante. Por la misma razón, el volumen del LCR también se mantiene constante. En la **Figura 14.14**, se resumen la producción y el flujo del LCR.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Hidrocefalia

Ciertas anomalías encefálicas, como tumores, inflamación o malformaciones, pueden interferir en la circulación del LCR desde los ventrículos hacia el espacio subaracnoideo. Cuando el exceso de LCR se acumula en los ventrículos, su presión aumenta. La presión elevada del LCR puede producir el cuadro denominado **hidrocefalia** (*hy'door-*, agua; y *-kephale*, cabeza). La acumulación anormal de LCR puede deberse a una obstrucción al flujo o a una velocidad anormal de producción o reabsorción de LCR. En un lactante cuyas fontanelas todavía no se han cerrado, se observa un abulta-

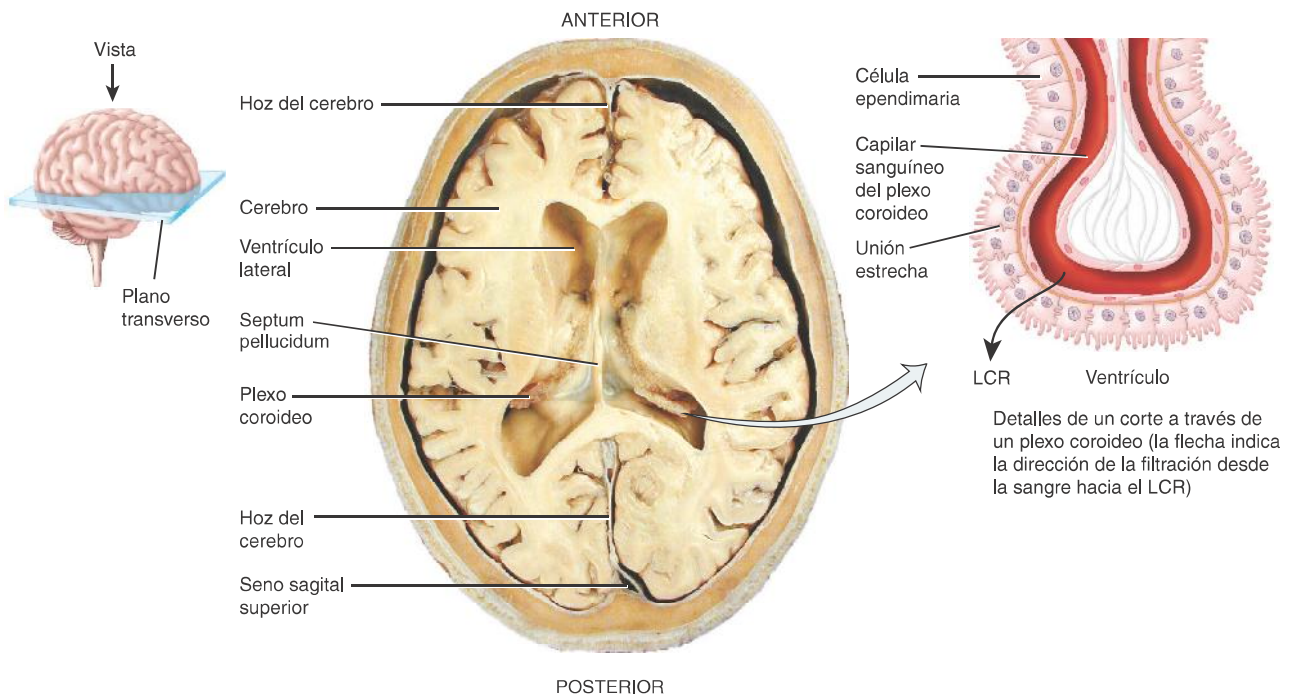
miento debido al aumento de la presión. Si esto continúa, el líquido en exceso comprime y lesiona el delicado tejido nervioso. La hidrocefalia se trata drenando el exceso de LCR. En un procedimiento denominado *ventriculostomía endoscópica del tercer ventrículo*, un neurocirujano realiza una perforación en el piso del tercer ventrículo y el LCR drena directamente en el espacio subaracnoideo. En los adultos, la hidrocefalia puede presentarse después de una lesión cefálica, meningitis o hemorragia subaracnoidea. Como los huesos del cráneo del adulto están fusionados, este trastorno puede poner rápidamente en peligro la vida y requiere una intervención inmediata.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

4. ¿Qué estructuras producen el LCR y dónde se encuentran?
5. ¿Cuál es la diferencia entre la barrera hematoencefálica y la barrera sangre-líquido cefalorraquídeo?

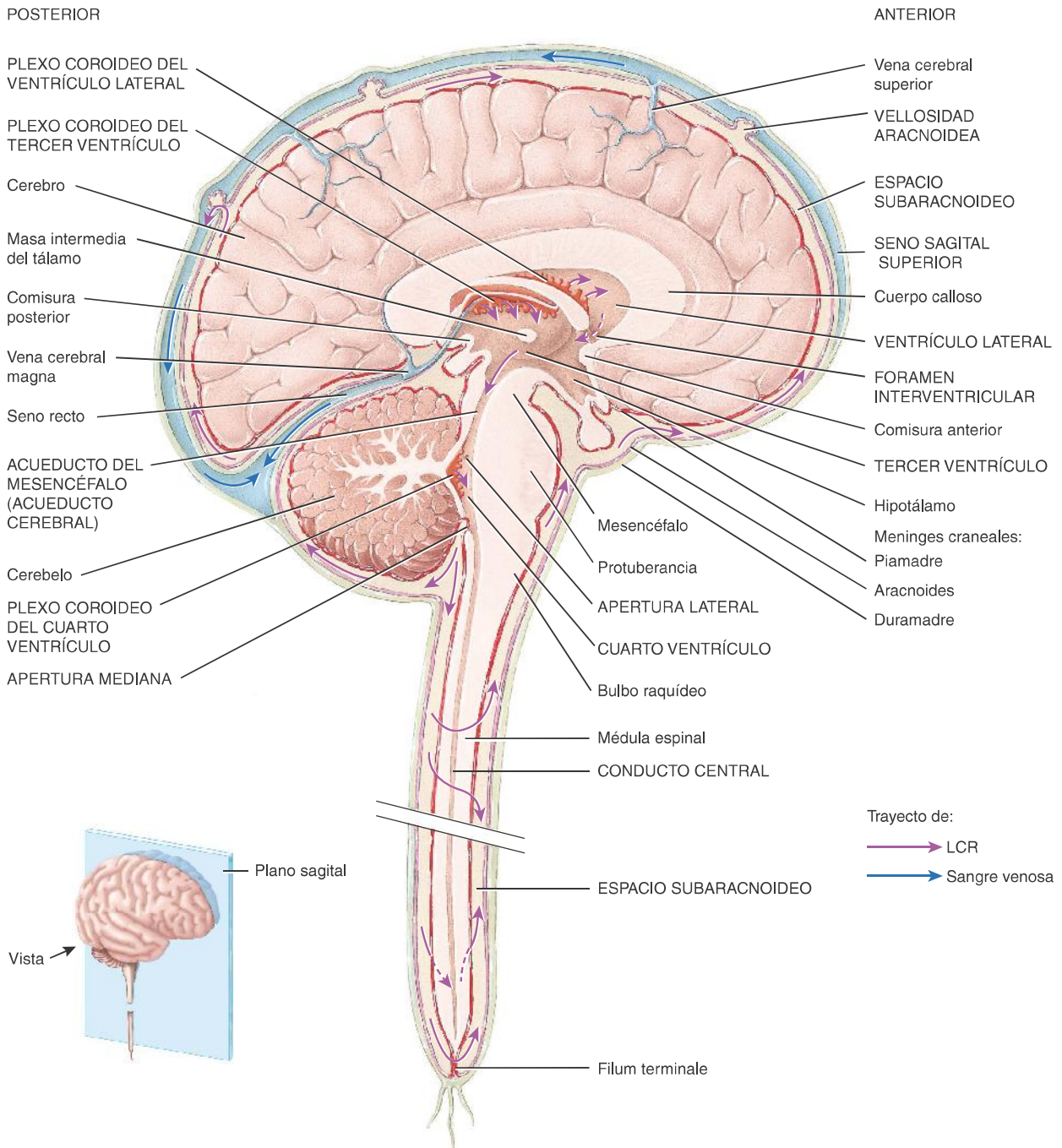
Figura 14.4 Circulación del líquido cefalorraquídeo.

 El LCR se forma a partir del plasma sanguíneo, en las células endimarias que cubren los plexos coroideos de los ventrículos.

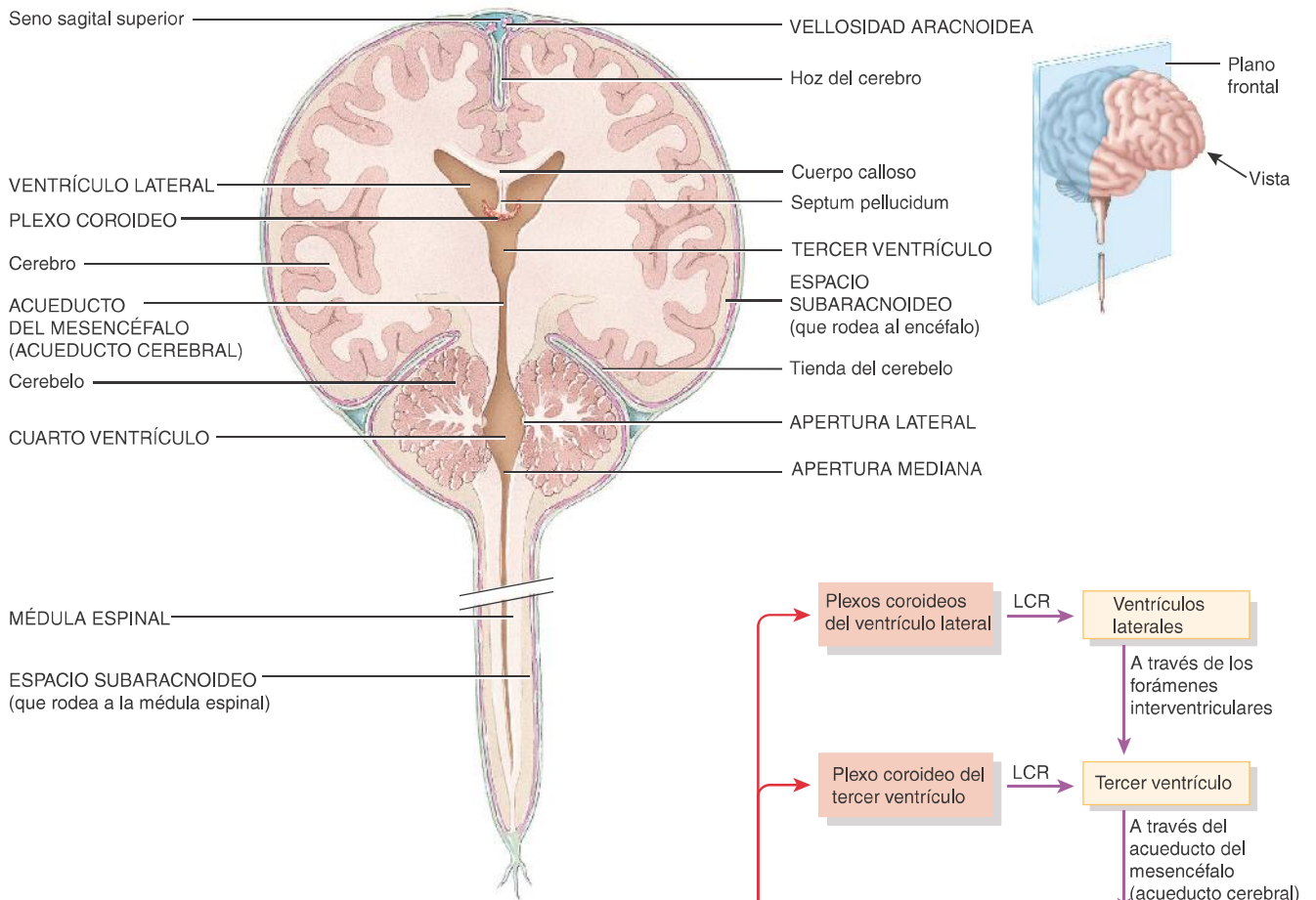


(a) Vista superior del corte transverso del encéfalo que muestra plexos coroideos

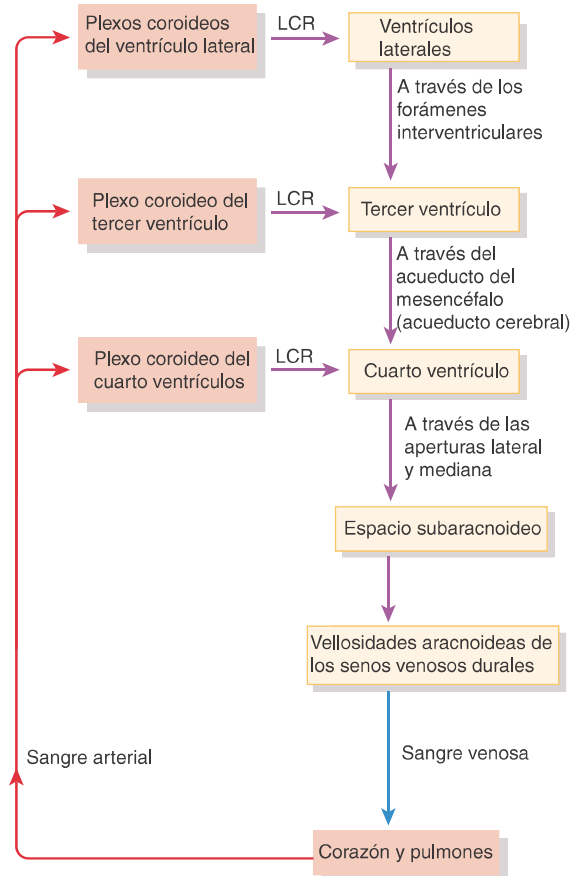
FIGURA 14.4 CONTINUACIÓN



(b) Corte sagital del encéfalo y de la médula espinal



(c) Corte frontal del encéfalo y de la médula espinal



(d) Resumen de la formación, la circulación y la absorción del líquido cefalorraquídeo (LCR)

¿Dónde se reabsorbe el LCR?

14.3 EL TRONCO DEL ENCÉFALO Y LA FORMACIÓN RETICULAR

OBJETIVO

- Describir las estructuras y funciones del tronco del encéfalo y la formación reticular.

El tronco del encéfalo es la zona comprendida entre la médula espinal y el diencefalo; está conformada por tres estructuras: 1) el bulbo raquídeo; 2) la protuberancia (puente) y 3) el mesencéfalo. Extendida a través del tronco del encéfalo se encuentra la formación reticular, una región de sustancias gris y blanca entremezcladas a manera de red.

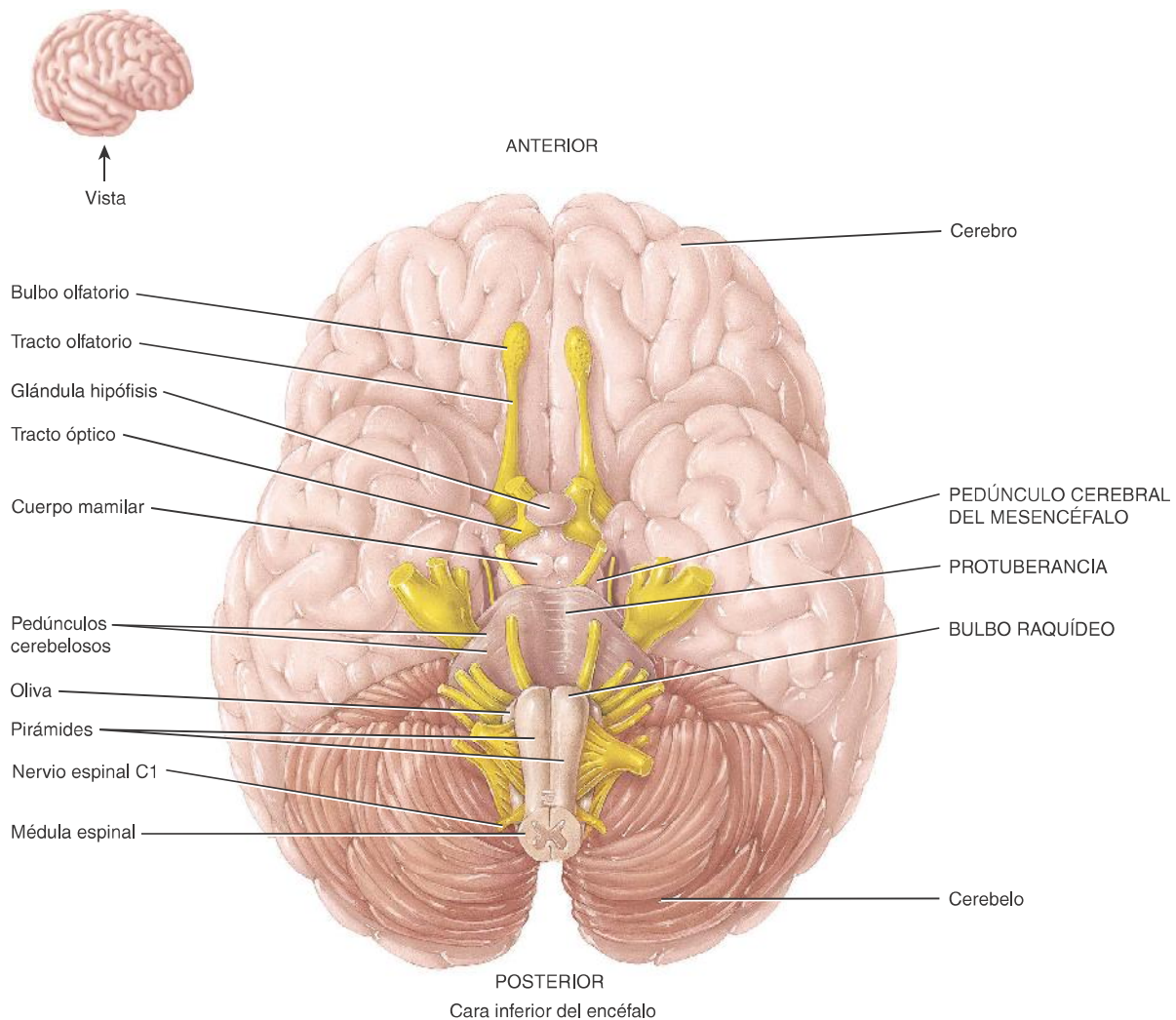
Bulbo raquídeo

El **bulbo raquídeo**, o simplemente **bulbo**, se continúa con la porción superior de la médula espinal y forma la parte inferior del tronco del encéfalo (Figura 14.5; véase también la Figura 14-1). Se extiende desde el nivel del foramen magno hasta el borde inferior de la protuberancia, una distancia de unos 3 cm.

La sustancia blanca del bulbo contiene todos los tractos sensitivos (ascendentes) y motores (descendentes) que transcurren entre la médula espinal y otras regiones del encéfalo. Parte de la sustancia blanca forma abultamientos en la superficie anterior del bulbo, que se conocen con el nombre de **pirámides** (Figura 14.6; véase también la Figura 14.5) y están formadas por los grandes tractos corticoespinales, que van desde el cerebro hasta la médula espinal. Los tractos corticoespinales controlan los movimientos voluntarios de las extremidades y del tronco (véase Figura 16.10). Justo por encima de la unión

Figura 14.5 El bulbo raquídeo en relación con el resto del tronco del encéfalo.

El tronco del encéfalo está formado por el bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencéfalo.



¿Qué parte del tronco encefálico contiene las pirámides? ¿Y los pedúnculos cerebrales? ¿Cuál de las partes significa literalmente "puente"?



entre la médula espinal y el bulbo, el 90% de los axones de la pirámide izquierda cruzan hacia la derecha, y el 90% de los axones de la pirámide derecha pasan al lado izquierdo. Este entrecruzamiento de los axones se conoce como **decusación de las pirámides** y explica por qué cada mitad del encéfalo controla el lado opuesto del cuerpo.

El bulbo también contiene diversos **núcleos**. Recuerde que un núcleo es una colección de cuerpos neuronales dentro del SNC. Algunos de ellos controlan funciones vitales. Los ejemplos de núcleos del bulbo que regulan actividades vitales incluyen el centro cardiovascular y el área rítmica bulbar. El **centro cardiovascular** regula el ritmo y la intensidad de los latidos cardíacos, como así también el diámetro de los vasos sanguíneos (véase la [Figura 21.13](#)). El **área rítmica bulbar** del **centro respiratorio** controla el ritmo básico de la respiración (véase la [Figura 23.25](#)).

Además de regular el latido cardíaco, el diámetro de los vasos sanguíneos y el ritmo respiratorio, los núcleos del bulbo también controlan los reflejos del vómito, la deglución, el estornudo, la tos y el hipo. El **centro del vómito** del bulbo produce el **vómito**, la expulsión forzada del contenido del tracto gastrointestinal (GI) superior a través de la boca (véase la Sección 24.8). El **centro de la deglución** del bulbo promueve la deglución de una masa de alimento que ha pasado de la cavidad oral a la faringe –garganta– (véase la Sección 24.8). El **estor-**

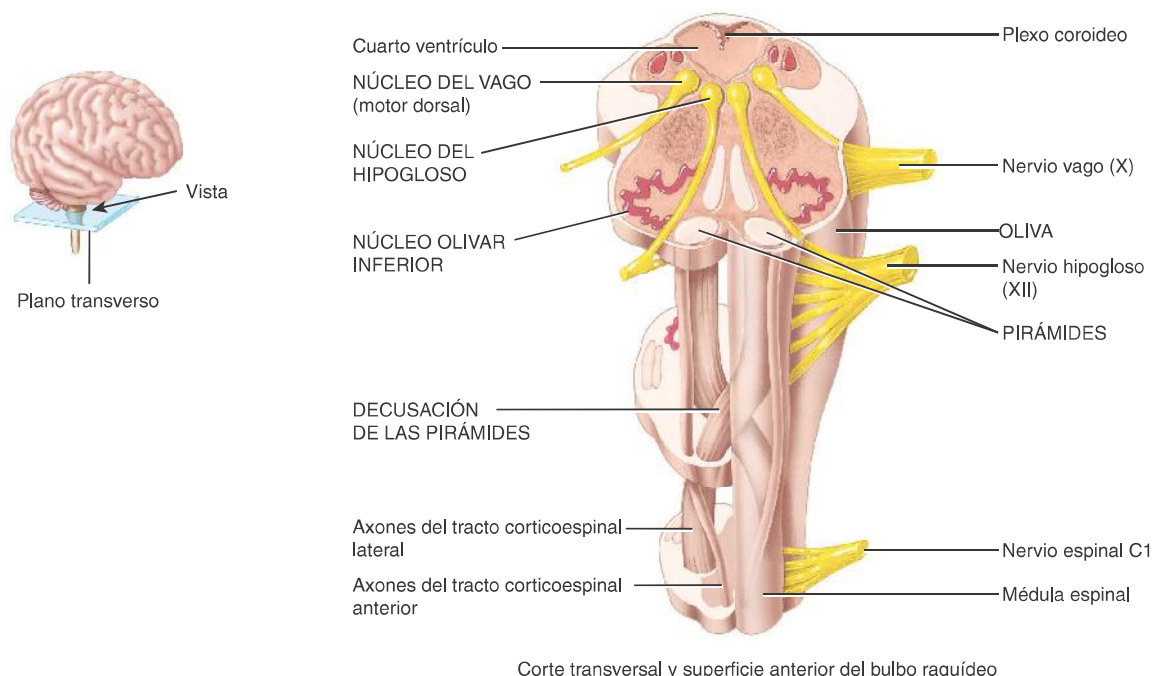
nudo involucra la contracción espasmódica de los músculos respiratorios, que expulsan forzosamente el aire a través de la nariz y la boca. La **tos** comprende una inhalación prolongada y profunda y luego una fuerte exhalación que envía bruscamente una ráfaga de aire a través de las vías respiratorias superiores. El **hipto** es producido por contracciones espasmódicas del diafragma (un músculo respiratorio) que finalmente conduce a la producción de un sonido agudo con la inhalación. En el [Cuadro 23.1](#), se describen con mayor detalle el estornudo, la tos y el hipo.

A los lados de cada pirámide se observa una elevación redondeada denominada **oliva** (véanse las [Figuras 14.5, 14.6](#)). Dentro de las olivas se encuentran los **núcleos olivares inferiores**, que reciben aferencias de la corteza cerebral, el núcleo rojo del mesencéfalo y la médula espinal. Las neuronas del núcleo olivar inferior extienden sus axones en el cerebelo, donde regulan la actividad de las neuronas cerebelosas. Al influir en la actividad de las neuronas cerebelosas, el núcleo olivar inferior proporciona instrucciones que utiliza el cerebelo para producir ajustes en la actividad muscular, a medida que aprendemos nuevas habilidades motoras.

Los núcleos relacionados con las sensaciones de tacto, presión, vibración y propiocepción consciente se localizan en la zona posterior del bulbo; son el **núcleo grácil** y el **núcleo cuneiforme** derechos e

Figura 14.6 Anatomía interna del bulbo raquídeo.

 Por las pirámides del bulbo pasan los grandes tractos motores que van desde el cerebro hasta la médula espinal.



Corte transversal y superficie anterior del bulbo raquídeo

 ¿Qué es una decusación? ¿Cuál es la consecuencia funcional de la decusación de las pirámides?

izquierdos. Los axones sensitivos ascendentes del fascículo grácil y el fascículo cuneiforme, dos tractos de las columnas posteriores de la médula espinal, hacen sinapsis en estos núcleos (véase la [Figura 16.5](#)) y las neuronas postsinápticas transfieren la información sensitiva al tálamo en el lado opuesto del encéfalo (véase la [Figura 14.7b](#)). Los axones ascienden hacia el tálamo a través de una banda de sustancia blanca denominada **lemnisco** (*lemniskós-*, cinta, banda) **medial**, que se extiende a través del bulbo, la protuberancia y el mesencéfalo (véase la [Figura 14.7b](#)). Los tractos de las columnas posteriores y los axones del lemnisco medial se conocen, en conjunto, como vía de **columnas posteriores-lemnisco medial**.

El bulbo también contiene núcleos que son componentes de vías sensitivas para el gusto, la audición y el equilibrio. El **núcleo gustativo** del bulbo es parte de la vía gustativa desde la lengua hasta el encéfalo; recibe aferencias de las papilas gustativas de la lengua (véase la [Figura 17.3e](#)). Los **núcleos cocleares** del bulbo forman parte de la vía auditiva desde el oído interno hasta el encéfalo; reciben aferencias auditivas de la cóclea del oído interno (véase la [Figura 17.23](#)). Los **núcleos vestibulares** del bulbo y la protuberancia son componentes de la vía del equilibrio, desde el oído interno hasta el encéfalo; reciben información sensorial asociada con el equilibrio proveniente de los propioceptores del aparato vestibular del oído interno (véase la [Figura 17.26](#)).

Finalmente, el bulbo contiene núcleos asociados con los cinco pares de nervios craneales que siguen (véase la [Figura 14.5](#)):

1. **Nervios vestibulococleares (VIII)**. Varios núcleos del bulbo reciben aferencias sensitivas de la cóclea del oído interno a través de los nervios vestibulococleares y proveen aferencias motoras hacia ella. Estos nervios transmiten impulsos relacionados con la audición.
2. **Nervios glosofaríngeos (IX)**. Los núcleos del bulbo transmiten impulsos sensitivos y motores relacionados con el gusto, la deglución y la salivación, a través de los nervios glosofaríngeos.
3. **Nervios vagos (X)**. Los núcleos del bulbo reciben impulsos sensitivos y envían impulsos motores desde y hacia la faringe y la laringe, y a muchas vísceras torácicas y abdominales a través de los nervios vagos.
4. **Nervios accesorios (XI) (porción craneal)**. Estas fibras en realidad forman parte de los nervios vagos (X). Los núcleos del bulbo representan el origen de los impulsos nerviosos que controlan la deglución a través de los nervios vagos (porción craneal de los nervios accesorios).
5. **Nervios hipoglosos (XII)**. Los núcleos del bulbo son el origen de los impulsos nerviosos que controlan los movimientos linguales durante el habla y la deglución, a través de los nervios hipoglosos.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Lesión bulbar

Dado que el bulbo controla un gran número de actividades, no es extraño que la **lesión bulbar** por un golpe importante en la zona posterior de la cabeza o en la región superior del cuello, como una caída de espaldas sobre el hielo, pueda ser fatal. El daño en el área rítmica bulbar es particularmente grave y puede causar con rapidez la muerte. Los síntomas de lesión no fatal del bulbo pueden consistir en trastornos funcionales de los nervios craneales del mismo lado del cuerpo, parálisis y pérdida de las sensaciones en el lado opuesto e irregularidades en la respiración y el ritmo cardíaco. La sobredosis de alcohol también suprime el área rítmica bulbar y puede conducir a la muerte.

Protuberancia

La **protuberancia (puente)** se sitúa directamente por encima del bulbo, por delante del cerebelo y mide alrededor de 2,5 cm de largo (véanse [Figuras 14.1, 14.5](#)). Como el bulbo, la protuberancia contiene tanto núcleos como tractos y funciona a modo de puente que conecta diferentes partes del encéfalo. Estas conexiones son provistas por grupos de axones. Algunos axones del puente vinculan las porciones derecha e izquierda del cerebelo. Otros forman parte de los tractos ascendentes sensitivos y de los haces descendentes motores.

La protuberancia tiene dos componentes estructurales principales: una región ventral y una región dorsal. La región ventral de la protuberancia forma una importante estación de transmisión sináptica, que consiste en centros grises dispersos denominados **núcleos pontinos**. Muchos tractos de sustancia blanca entran y salen de estos núcleos y cada uno de ellos proporciona una conexión entre la corteza (capa externa) de un hemisferio cerebral y la del hemisferio opuesto del cerebelo. Este circuito complejo desempeña un papel esencial en la coordinación y la maximización de la eficiencia de las eferencias motoras voluntarias de todo el cuerpo. La región dorsal de la protuberancia es similar a las otras regiones del tronco encefálico, el bulbo raquídeo y el mesencéfalo. Contiene tractos ascendentes y descendentes junto con los núcleos de los nervios craneales.

Otros núcleos localizados en la protuberancia son el **área neumotóxica** y el **área apnéustica**, que se muestran en la [Figura 23.24](#). Junto con el área rítmica bulbar, las áreas neumotóxica y apnéustica ayudan a controlar la respiración.

La protuberancia presenta, además, núcleos asociados con los cuatro nervios craneales siguientes (véase la [Figura 14.5](#)):

1. **Nervios trigéminos (V)**. Los núcleos de la protuberancia reciben impulsos sensitivos para las sensaciones somáticas provenientes de cabeza y del rostro, y envían impulsos motores que gobiernan la masticación a través de los nervios trigéminos.
2. **Nervios abducens (VI)**. Los núcleos de la protuberancia envían impulsos motores que controlan el movimiento ocular a través de los nervios abducens.
3. **Nervios faciales (VII)**. Los núcleos de la protuberancia reciben impulsos sensitivos para el gusto y envían impulsos motores para regular la secreción de saliva y de lágrimas, además de la contracción de los músculos de la expresión facial a través de los nervios faciales.
4. **Nervios vestibulococleares (VIII)**. Los núcleos de la protuberancia reciben impulsos sensitivos y envían impulsos motores hacia el aparato vestibular, a través de los nervios vestibulococleares. Estos nervios transmiten impulsos relacionados con el equilibrio.

Mesencéfalo

El **mesencéfalo** o **cerebro medio** se extiende desde la protuberancia hasta el diencéfalo (véanse la [Figura 14.1, 14.5](#)) y mide alrededor de 2,5 cm de largo. Es atravesado por el acueducto del mesencéfalo (acueducto cerebral), que conecta el tercer ventrículo por arriba con el cuarto ventrículo, por debajo. Como el puente y el bulbo, el mesencéfalo presenta tractos y núcleos ([Figura 14.7](#)).

La parte anterior del mesencéfalo contiene un par de tractos denominados **pedúnculos cerebrales** (véanse la [Figuras 14.5 y 14.7b](#)). Por ellos transcurren los axones de las neuronas motoras de los haces corticoespinal, corticobulbar y corticoprotuberancial, que conducen los impulsos nerviosos desde la corteza cerebral hasta la médula espinal, la protuberancia y el bulbo, respectivamente.

La región posterior del mesencéfalo, denominada **tegmento (tectum)**, presenta cuatro elevaciones redondeadas ([Figura 14.7a](#)). Las



dos superiores, los **colículos (tubérculos cuadrigéminos) superiores**, tienen núcleos que actúan como centros de reflejos visuales. A través de circuitos neuronales que van desde la retina hasta el colículo superior y de este a los músculos extrínsecos del ojo, los estímulos visuales provocan movimientos oculares para seguir imágenes en movimiento (como un automóvil) e imágenes estacionarias (como usted, al leer esta oración). Los colículos superiores también son responsables de los reflejos que gobiernan los movimientos de la cabeza, los ojos, y el tronco en respuesta a estímulos visuales. Las dos elevaciones inferiores, los **colículos (tubérculos cuadrigéminos) inferiores**, forman parte de la vía auditiva, ya que reciben impulsos de los receptores para la audición en el oído interno y los envían al encéfalo. Estos núcleos también son centros para el *reflejo de sobresalto*, movimiento repentino de la cabeza, los ojos y el tronco que se produce frente a un ruido intenso, como un disparo.

El mesencéfalo contiene otros núcleos, como la **sustancia negra** derecha e izquierda, que son núcleos grandes y pigmentados (Figura 14-7b). Las neuronas dopaminérgicas, que se originan en la sustancia negra y se proyectan sobre los ganglios basales, ayudan a controlar la actividad muscular subconsciente. La pérdida de estas neuronas está asociada con el síndrome de Parkinson (véase Trastornos: desequilibrios homeostáticos, al final del Capítulo 16). También se encuentran presentes los **núcleos rojos** derecho e izquierdo, que contienen una

coloración rojiza a causa de su rica vascularización y de la presencia de un pigmento férrico en los cuerpos neuronales. Axones del cerebelo y de la corteza cerebral hacen sinapsis en los núcleos rojos, que ayudan a controlar los movimientos musculares.

Otros núcleos del mesencéfalo se relacionan con dos pares de nervios craneales (véase la Figura 14.5):

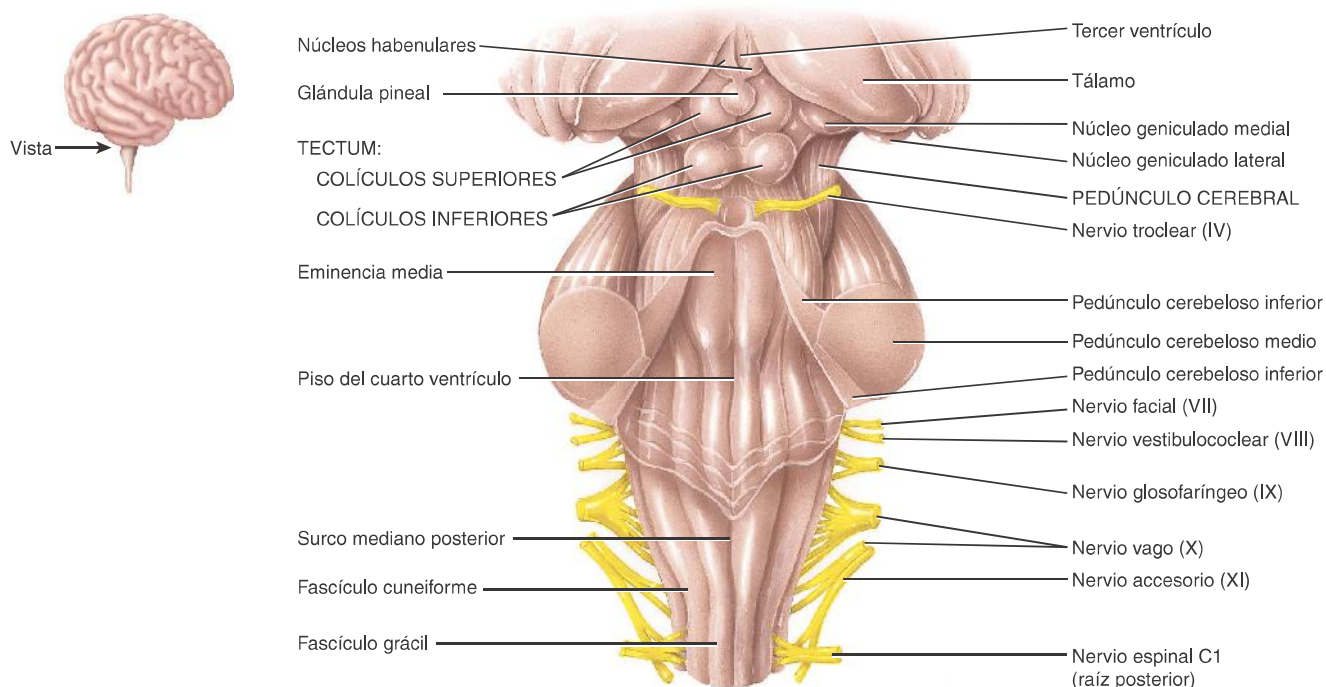
1. **Nervios oculomotores (III)**. Los núcleos del mesencéfalo envían impulsos nerviosos que controlan los movimientos del globo ocular, mientras que los músculos oculomotores accesorios brindan control motor a los músculos lisos que regulan la contracción de la pupila y los cambios de forma del cristalino, a través de los nervios oculomotores.
2. **Nervios trocleares (IV)**. Los núcleos del mesencéfalo envían impulsos nerviosos que controlan los movimientos del globo ocular, a través de los nervios trocleares.

Formación reticular

Junto con los núcleos bien definidos ya descritos, gran parte del tronco del encéfalo está constituida por agrupaciones de cuerpos neuronales (sustancia gris) dispersas entre pequeños haces de axones mie-

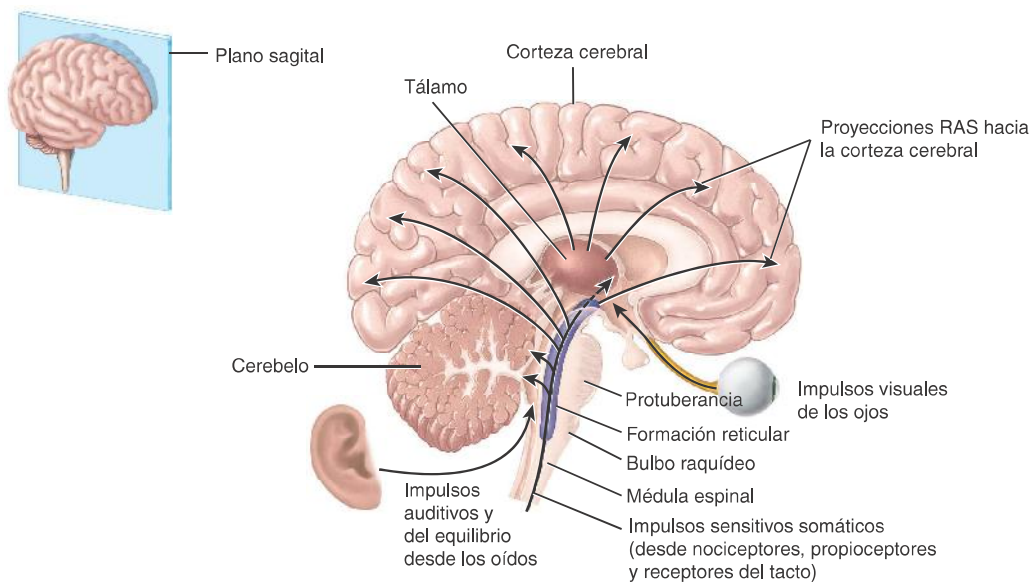
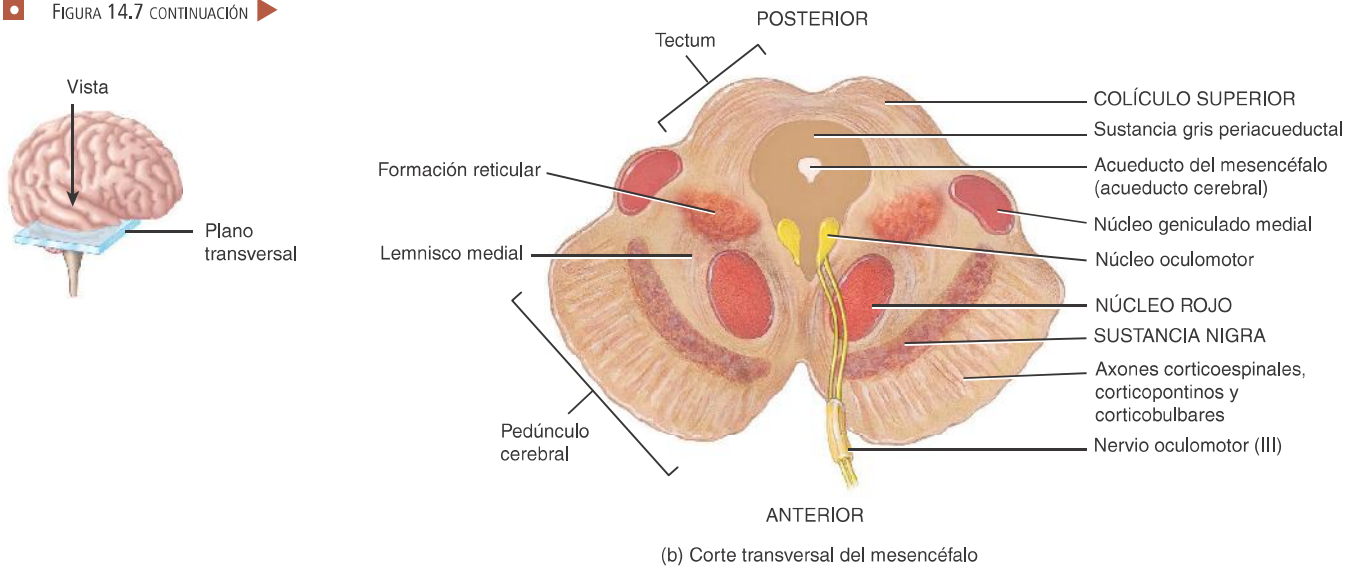
Figura 14.7 Mesencéfalo.

 El mesencéfalo conecta la protuberancia con el diencefalo.



(a) Vista posterior del mesencéfalo en relación con el tronco del encéfalo

FIGURA 14.7 CONTINUACIÓN



¿Cuál es la importancia de los pedúnculos cerebrales?

línicos (sustancia blanca). La vasta región donde la sustancia gris y la blanca se presentan como una estructura en forma de red se conoce como **formación reticular** (Figura 14.7c). Se extiende desde la porción superior de la médula espinal, atraviesa el tronco del encéfalo y llega a la parte inferior del diencefalo. Las neuronas de la formación reticular tienen funciones ascendentes (sensitivas) y descendentes (motoras).

La porción ascendente de la formación reticular se denomina **sistema activador reticular ascendente (SARA)** y consiste en axones sensitivos que se proyectan hacia la corteza cerebral, tanto en forma directa como a través del tálamo. Muchos estímulos sensitivos pueden activar la porción ascendente del SARA. Entre ellos, los estímulos visuales y auditivos; las actividades mentales; los estímulos prove-



nientes de los receptores de dolor, tacto y presión; y los receptores de nuestras extremidades y cabeza, que nos mantienen conscientes de la posición de nuestro cuerpo. Tal vez la función más importante del SARA sea la **conciencia**, un estado de vigilia en el cual un individuo está completamente alerta, vigil y orientado. Los estímulos visuales y auditivos y las actividades mentales pueden estimular el SARA para ayudar a mantener la conciencia. El SARA también se encuentra activo durante el **despertar**. Otra función del SARA es ayudar a mantener la **atención** y el *estado de alerta*. Este sistema, además, previene la **sobrecarga sensitiva**, al filtrar la información sin importancia de modo tal que no llegue a la conciencia. Por ejemplo, cuando esperamos en el hall que comience la clase de anatomía, es posible que no tomemos conciencia del ruido que nos rodea mientras revisamos los apuntes de la clase. La inactivación del SARA produce **sueño**, un estado de conciencia parcial del que un individuo puede ser despertado. Por otro lado, el daño del SARA produce **coma**, estado de inconsciencia del cual el individuo no puede ser despertado. En las etapas más ligeras del coma, persisten los reflejos del tronco del encéfalo y de la médula espinal; pero en las etapas más profundas, se pierden esos reflejos. Y si se pierden los controles respiratorios y cardiovasculares, el paciente muere. Algunos fármacos, como la melatonina, afectan el SARA porque ayudan a inducir sueño, y los anestésicos generales deprimen la conciencia a través del SARA. La porción descendente del SARA posee conexiones con el cerebelo y la médula espinal; además, ayuda a regular el **tono muscular**, el grado leve de contracción involuntaria normal de los músculos esqueléticos en reposo. Esta porción del SARA también colabora en la regulación de la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la frecuencia respiratoria.

Aun cuando el SARA recibe aferencias de ojos, oídos y otros receptores sensitivos, no recibe impulsos de los receptores para el sentido del olfato; es posible, incluso, que los olores fuertes no produzcan despertar. Los individuos que mueren en medio de incendios domésticos suelen sucumbir a la inhalación de humo sin despertar. Por esta razón, todas las áreas para dormir deben tener cerca un detector de humo que emita una alarma intensa. Una almohada que vibra o una luz que parpadea pueden cumplir el mismo propósito para los individuos con deterioro auditivo.

Las funciones del tronco encefálico se resumen en el **Cuadro 14-2**.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Cuáles son las localizaciones relativas del bulbo, la protuberancia y el mesencéfalo?
- ¿Qué funciones del cuerpo son controladas por los núcleos del tronco del encéfalo?
- Mencione las funciones de la formación reticular.

14.4 CEREBELO

● OBJETIVO

- Describir la estructura y las funciones del cerebelo.

El **cerebelo**, que sigue al cerebro en tamaño, ocupa las regiones inferior y posterior de la cavidad craneal. Al igual que el cerebro, el cerebelo posee una superficie sumamente plegada que aumenta mucho el área de superficie de su corteza externa de sustancia gris, lo que permite la presencia de un mayor número de neuronas. Aunque representa una décima parte de la masa encefálica, lo forman la mitad de las neuronas del encéfalo. El cerebelo se halla por detrás del bulbo y la protuberancia y constituye la parte posteroinferior del encéfalo

(véase la **Figura 14.1**). Una depresión profunda conocida como **fisura transversa**, junto con la **tienda del cerebelo (tentorium cerebelli)**—donde se apoya la zona posterior del encéfalo— separan el cerebro del cerebelo (véanse la **Figuras 14.2b, 14.11b**).

Tanto en una vista superior como inferior, el cerebelo se asemeja a una mariposa. La zona central, angosta, es el **vermis**, y las “alas” o lóbulos laterales son los **hemisferios cerebelosos** (**Figura 14.8 a,b**). Cada hemisferio está formado por lóbulos separados por fisuras profundas y nítidas. El **lóbulo anterior** y el **lóbulo posterior** gobiernan los aspectos subconscientes de los movimientos de los músculos esqueléticos. El **lóbulo floculonodular**, en la superficie inferior, contribuye al equilibrio y a la postura.

La capa superficial del cerebelo, denominada **corteza cerebelosa**, consiste en pliegues delgados y paralelos de sustancia gris conocidos como **láminas del cerebelo**. Más en la profundidad, se encuentran tractos de sustancia blanca que forman el **árbol de la vida**, por su parecido con las ramas de un árbol. Todavía más en lo profundo, entre la sustancia blanca, se observan los **núcleos cerebelosos**, regiones de sustancia gris de la que parten axones que conducen impulsos del cerebelo a otros centros encefálicos.

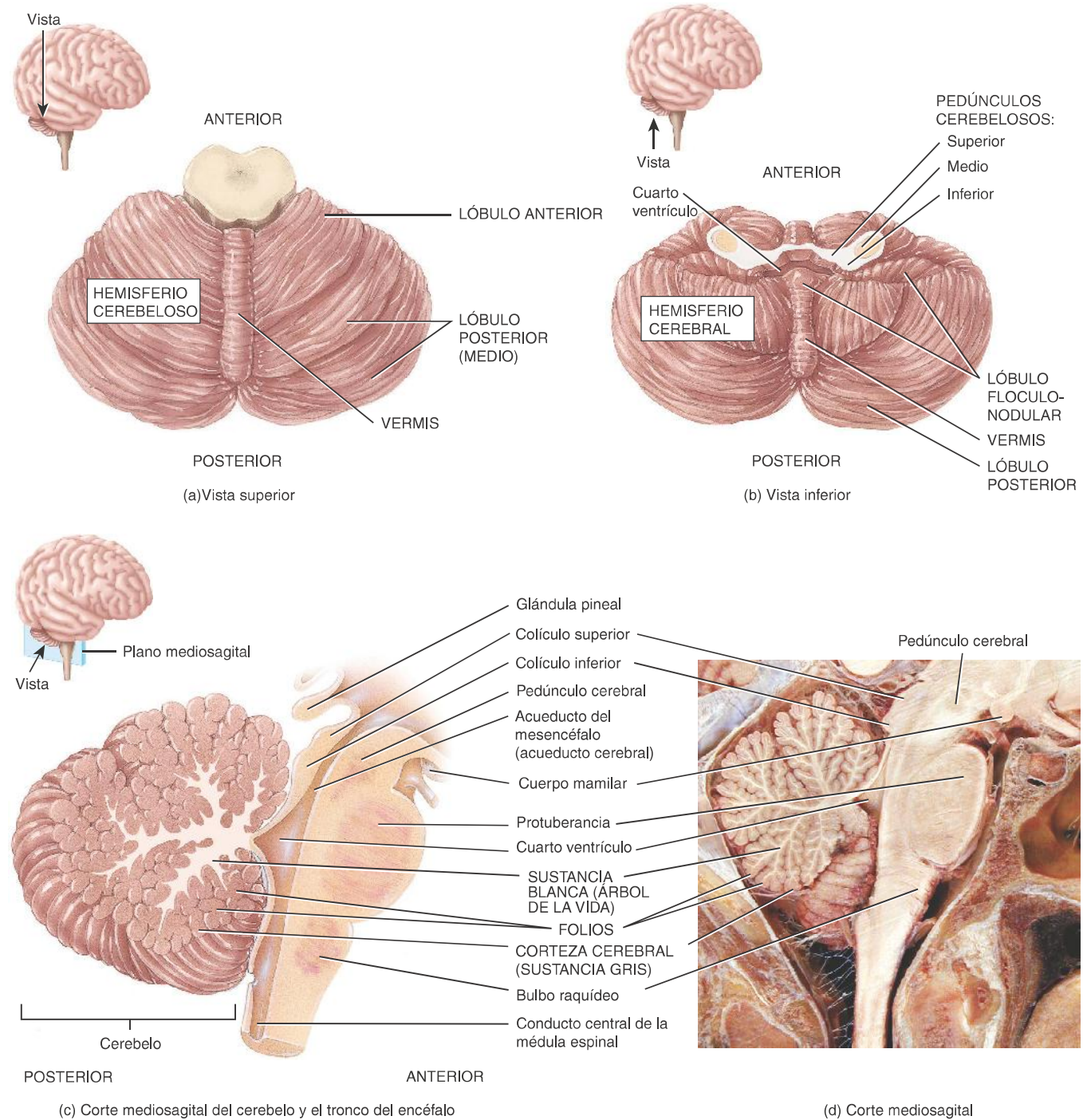
Tres pares de **pedúnculos cerebelosos** unen el cerebelo con el tronco encefálico (véanse **Figuras 14.7a, 14.8b**). Estos haces de sustancia blanca están formados por axones que conducen impulsos nerviosos entre el cerebelo y otras partes del encéfalo. Los **pedúnculos cerebelosos superiores** contienen axones que se extienden desde el cerebelo hasta los núcleos rojos del mesencéfalo y a varios núcleos del tálamo. Los **pedúnculos cerebelosos medios** son los más grandes; sus axones conducen órdenes para los movimientos voluntarios (los que se originan en las áreas motoras de la corteza cerebral) desde los núcleos de la protuberancia hasta el cerebelo. Los **pedúnculos cerebelosos inferiores** consisten en: 1) axones de los tractos espinocerebelosos que transmiten información sensitiva al cerebelo, desde los receptores propioceptivos del tronco y las extremidades; 2) axones desde el aparato vestibular del oído interno y desde los núcleos vestibulares del bulbo raquídeo y la protuberancia, que transmiten información sensitiva al cerebelo desde los receptores propioceptivos de la cabeza; 3) axones provenientes del núcleo olivar inferior del bulbo, que entran en el cerebelo y regulan la actividad de las neuronas cerebelosas; 4) axones que se extienden desde el cerebelo hasta los núcleos vestibulares del bulbo y la protuberancia y 5) axones que se extienden desde el cerebelo hasta la formación reticular.

La función primaria del cerebelo es evaluar cómo se lleva a cabo un movimiento iniciado por las áreas motoras del cerebro. Cuando los movimientos iniciados por las áreas motoras no se ejecutan correctamente, el cerebelo detecta las anomalías. Luego, envía señales por medio de un mecanismo de retroalimentación a las áreas motoras de la corteza, a través sus conexiones con el tálamo. Las señales de retroalimentación ayudan a corregir los errores, afinar el movimiento y coordinar las secuencias complejas de contracciones de los musculares esqueléticos. Además de la coordinación de los movimientos voluntarios, el cerebelo es la principal región del encéfalo que regula la postura y el equilibrio. Estos aspectos de la función cerebelosa hacen posible la realización de todos los movimientos voluntarios, desde jugar al fútbol hasta bailar y hablar. La presencia de conexiones recíprocas entre el cerebelo y las áreas relacionadas en la corteza cerebral sugiere que el cerebelo también puede ejercer funciones no motoras, por ejemplo, cognitivas (adquisición de conocimiento) y de procesamiento del lenguaje. Los estudios con resonancia magnética (RM) y tomografía por emisión de positrones (TEP) confirman esta teoría. Otros estudios también sugieren un probable desempeño del cerebelo en el procesamiento de la información sensorial.

En el **Cuadro 14.2**, se resumen las funciones del cerebelo.

Figura 14.8 Cerebelo.

 El cerebelo coordina movimientos complejos y regula la postura y el equilibrio.



? ¿Qué estructuras contienen axones que transportan información hacia el cerebelo y desde éste?



CORRELACIÓN CLÍNICA | Ataxia

Las lesiones del cerebelo pueden producir una pérdida de la capacidad para coordinar los movimientos musculares, trastorno conocido como **ataxia** (de *ataxia*, desorden). Los pacientes con ataxia no pueden tocarse la punta de la nariz con los ojos cerrados, ya que no son capaces de coordinar el movimiento en relación con la localización de esa parte del cuerpo. Otro signo de la ataxia lo constituyen los cambios en la forma de hablar, a causa de la incoordinación muscular. La lesión cerebelosa puede causar inestabilidad o movimientos anormales al caminar. Las personas que beben mucho alcohol pueden presentar signos de ataxia, puesto que el alcohol inhibe la actividad del cerebelo. Estos individuos tienen dificultad para pasar las pruebas de sobriedad. La ataxia también puede producirse como resultado de enfermedades degenerativas (esclerosis múltiple y enfermedad de Parkinson), traumatismo, tumores encefálicos y factores genéticos, y como efecto colateral de los fármacos prescritos para el trastorno bipolar.



PREGUNTAS DE REVISIÓN

9. Describa la localización y las partes principales del cerebelo.
10. ¿Dónde comienzan y terminan los axones de cada uno de los tres pares de pedúnculos cerebelosos? ¿Cuáles son sus funciones?

14.5 DIENCÉFALO

OBJETIVO

- Describir los componentes y las funciones del diencéfalo (tálamo, hipotálamo y epitalamo).

El **diencéfalo** forma un centro de tejido encefálico inmediatamente por encima del mesencéfalo. Está rodeado casi en su totalidad por los hemisferios cerebrales y contiene muchos núcleos que participan en una amplia variedad de procesos sensitivos y motores entre los centros encefálicos superiores e inferiores. Se extiende entre el tronco del encéfalo y el cerebro y rodea al tercer ventrículo; comprende: el tálamo, el hipotálamo y el epitalamo. Desde el hipotálamo se proyecta la hipófisis. Las porciones del diencéfalo en la pared del tercer ventrículo se denominan órganos circunventriculares y se explicarán más adelante. Los tractos ópticos que llevan neuronas desde la retina entran en el diencéfalo.

Tálamo

El **tálamo**, que mide alrededor de 3 cm de largo y representa el 80% del diencéfalo, está constituido por masas pares y ovaladas de sustancia gris dispuestas como núcleos entre tractos de sustancia blanca (Figura 14.9). Un puente de sustancia gris, la **comisura gris intertalámica (adhesión intertalámica)** une las mitades derecha e izquierda del tálamo en un 70% de los encéfalos humanos. Una lámina vertical de sustancia blanca en forma de "Y", conocida como **lámina medular interna o medial**, divide la sustancia gris de los lados izquierdo y derecho del tálamo (Figura 14.9c). Consiste en axones mielínicos que entran y salen de los numerosos núcleos talámicos. Los axones que conectan el tálamo con la corteza cerebral atraviesan la **cápsula inter-**

na, una banda densa de sustancia blanca lateral al tálamo (véase Figura 14.13b).

El tálamo es la estación de relevo de la mayoría de los impulsos sensitivos que llegan a las áreas sensitivas primarias de la corteza cerebral, desde la médula y el tronco del encéfalo. Además, el tálamo contribuye a las funciones motoras al transmitir información desde el cerebelo y los núcleos basales hasta el área motora primaria de la corteza cerebral. También transmite impulsos nerviosos entre diferentes áreas del cerebro y cumple una función en el mantenimiento de la conciencia.

Teniendo en cuenta su posición y sus funciones, existen siete grupos principales de núcleos a cada lado del tálamo (Figura 14.9c, d):


1. El **núcleo anterior** recibe aferencias desde el hipotálamo y envía eferencias al sistema límbico (que se describe en la Sección 14.6). Actúa en las emociones y en la memoria.
2. Los **núcleos mediales** reciben aferencias del sistema límbico y los núcleos basales y envían eferencias a la corteza cerebral. Participan en las emociones, el aprendizaje, la memoria y la cognición (pensamiento y conocimiento).
3. Los núcleos del **grupo lateral** reciben aferencias del sistema límbico, los colículos superiores y la corteza cerebral de todos los lóbulos cerebrales. El **núcleo lateral dorsal** actúa en la expresión de las emociones. El **núcleo lateral posterior** y el **núcleo pulvinar** ayudan a integrar la información sensitiva.
4. Cinco núcleos forman parte del **grupo ventral**. El **núcleo ventral anterior** recibe aferencias de los núcleos basales y envía eferencias a las áreas motoras de la corteza cerebral; desempeña una función en el control motor. El **núcleo ventral lateral** recibe aferencias del cerebelo y los núcleos basales y envía eferencias a las áreas motoras de la corteza cerebral; también cumple una función en el control del movimiento. El **núcleo ventral posterior** transmite impulsos de sensaciones somáticas como el tacto, la presión, la vibración, el prurito, el cosquilleo, la temperatura, el dolor y la propiocepción desde la cara y el cuerpo hasta la corteza cerebral. El **cuerpo geniculado lateral** lleva impulsos visuales desde la retina hasta el área visual primaria en la corteza cerebral. El **cuerpo geniculado medial** transmite impulsos desde el oído hasta el área auditiva primaria en la corteza cerebral.
5. Los **núcleos intralaminares** se hallan dentro de la lámina medular interna y establecen conexiones con la formación reticular, el cerebelo, los ganglios basales y áreas extensas de la corteza cerebral. Participan en el despertar (activación de la corteza cerebral por la formación reticular del tronco encefálico) y en la integración de información motora y sensitiva.
6. El **núcleo de la línea media** forma una banda fina adyacente al tercer ventrículo, y se presume que actúa en la memoria y la olfacción.
7. El **núcleo reticular** rodea la región lateral del tálamo, próxima a la cápsula interna. Este núcleo monitoriza, filtra e integra las actividades de los otros núcleos talámicos.

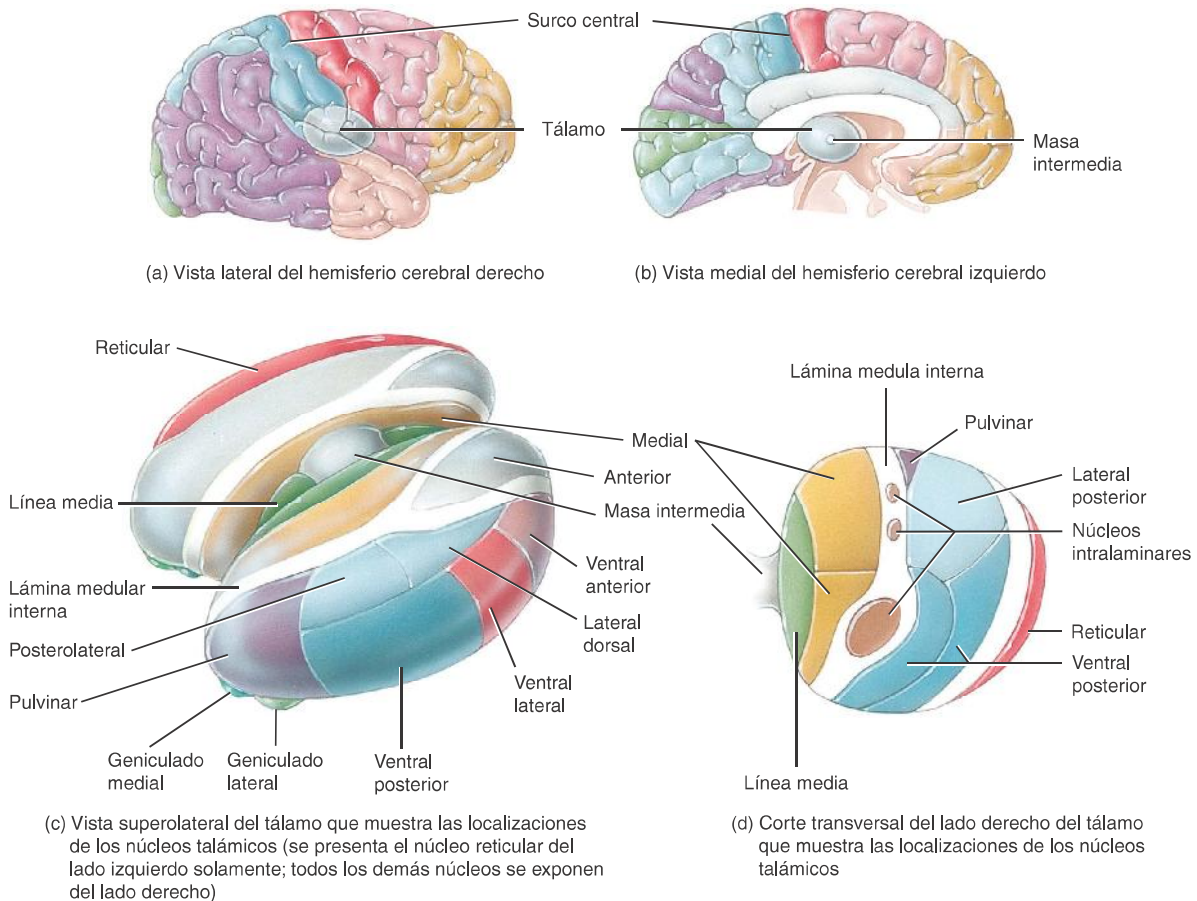
El hipotálamo

El **hipotálamo** es la pequeña parte del diencéfalo situada por debajo del tálamo. Lo forman una docena de núcleos organizados en cuatro regiones mayores:

1. La **región mamilar** (de *mamilla*, pezón), adyacente al mesencéfalo, es la más posterior del hipotálamo. Incluye los **cuerpos mamilares** y **núcleos posteriores hipotalámicos** (Figura 14.10). Los cuerpos mamilares son dos proyecciones pequeñas y redondeadas que sir-

Figura 14.9 Tálamo. Obsérvese la posición del tálamo en: (a) vista lateral, y en (b) vista medial. Los núcleos talámicos que se muestran en (c) y en (d) se correlacionan a través de sus proyecciones con los colores de las regiones corticales que se ven en (a) y en (b).

 El tálamo es la principal estación de relevo de los impulsos sensitivos que llegan a la corteza cerebral desde otras partes del encéfalo y de la médula espinal.



? ¿Qué estructura conecta habitualmente las mitades derecha e izquierda del tálamo?

- ven como estaciones de relevo para los reflejos relacionados con el sentido del olfato.
- La **región tuberal**, la más ancha del hipotálamo, comprende: el **núcleo dorsomedial**, el **núcleo ventromedial** y el **núcleo arcuato**, además del **infundíbulo**, que conecta la glándula hipófisis con el hipotálamo (Figura 14.10). La **eminencia media** es una región levemente elevada que rodea el infundíbulo (véase la Figura 14.7a).
 - La **región supraóptica** se halla sobre el quiasma óptico (punto donde se cruzan los nervios ópticos) y contiene: el **núcleo paraventricular**, el **núcleo supraóptico**, el **núcleo hipotalámico anterior** y el **núcleo supraquiasmático** (Figura 14.10). Los axones de los núcleos paraventricular y supraóptico forman el tracto hipotálamohipofisario, que se extiende a través del infundíbulo hasta el lóbulo posterior de la hipófisis (véase la Figura 18.8).

- La **región preóptica**, anterior a la supraóptica, suele considerarse parte del hipotálamo porque participa con este en la regulación de ciertas actividades autonómicas. La región preóptica contiene los **núcleos preópticos medial y lateral** (Figura 14.10).


El hipotálamo controla muchas funciones orgánicas y es uno de los reguladores más importantes de la homeostasis. Impulsos sensoriales relacionados tanto con sentidos somáticos como viscerales llegan al hipotálamo, como así también los impulsos de receptores visuales, gustativos y olfativos. Otros receptores –dentro del mismo hipotálamo– controlan en forma continua la presión osmótica, la concentración de glucosa y de algunas hormonas y la temperatura de la sangre. El hipotálamo presenta varias conexiones importantes con la hipófisis y produce diversas hormonas, que serán descritas con más detalle

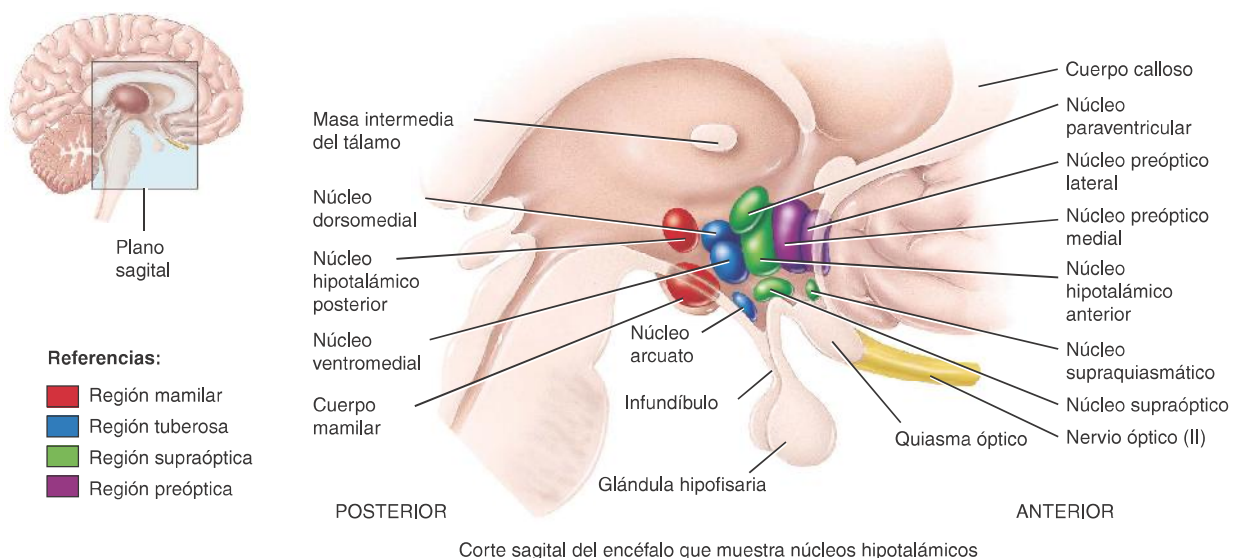


en el Capítulo 18. Algunas funciones pueden ser atribuidas a núcleos hipotalámicos específicos, pero de otras no se conoce su localización precisa. Entre las principales funciones del hipotálamo se encuentran:

- **Control del SNA.** El hipotálamo controla e integra actividades del sistema nervioso autónomo, que regula la contracción de fibras musculares lisas y cardíacas y la secreción de muchas glándulas. Los axones se extienden desde el hipotálamo hasta núcleos simpáticos y parasimpáticos del tronco encefálico y de la médula espinal. A través del SNA, el hipotálamo constituye un área importante de regulación de la actividad visceral, como la regulación de la frecuencia cardíaca, del movimiento de los alimentos a través del tubo digestivo y de la contracción de la vejiga urinaria.
- **Producción de hormonas.** El hipotálamo elabora varias hormonas y tiene dos tipos de conexiones con la hipófisis, una glándula endocrina localizada por debajo del hipotálamo (véase la Figura 14.1). En primer lugar, hormonas hipotalámicas –conocidas como *hormonas liberadoras* y *hormonas inhibidoras*– se liberan hacia las redes de capilares de la eminencia media (véase la Figura 18.5). El flujo sanguíneo transporta las hormonas directamente al lóbulo anterior de la hipófisis, donde estimulan o inhiben la secreción de hormonas hipofisarias. En segundo lugar, los axones de los núcleos paraventricular y supraóptico se extienden a través del infundíbulo hasta el lóbulo posterior de la hipófisis (véase la Figura 18.8). Los cuerpos de estas neuronas elaboran una de dos hormonas (*oxitocina* u *hormona antidiurética*). Sus axones transportan las hormonas al lóbulo posterior de la hipófisis, donde se liberan.
- **Regulación de los patrones emocionales y de conducta.** Junto con el sistema límbico (será descrito en breve), el hipotálamo participa en las expresiones de cólera, agresión, dolor, placer y en los patrones de conducta relacionados con el deseo sexual.
- **Regulación de la ingesta de alimentos y agua.** El hipotálamo regula la ingesta de alimentos. Contiene un **centro de la alimentación**, que promueve la ingesta, y un **centro de la saciedad**, que produce una sensación de plenitud y cese de la alimentación. También contiene el **centro de la sed**. Cuando ciertas células del hipotálamo son estimuladas por el aumento de la presión osmótica en el líquido extracelular, provocan la sensación de sed. La ingesta de agua restaura la presión osmótica a niveles normales, elimina el estímulo y alivia la sed.
- **Control de la temperatura corporal.** El hipotálamo también funciona como **termostato** del cuerpo. Si la temperatura de la sangre que atraviesa el hipotálamo es más alta que la normal, el hipotálamo ordena al SNA que estimule la pérdida de calor. A la inversa, cuando la temperatura de la sangre es más baja que lo normal, el hipotálamo genera impulsos que promueven la producción y retención de calor.

Figura 14.10 Hipotálamo. Se muestran determinados núcleos del hipotálamo y una representación tridimensional de los núcleos hipotalámicos (según Netter).

 El hipotálamo controla muchas actividades corporales y es muy importante en la regulación de la homeostasis.



? ¿Cuáles son las cuatro regiones principales del hipotálamo, de atrás hacia adelante?

- **Regulación de la frecuencia cardíaca y del estado de conciencia.** El núcleo supraquiasmático sirve como reloj biológico interno del cuerpo porque establece **ritmos circadianos**, patrones de actividad biológica (como el ciclo sueño-vigilia) que acontecen en un esquema circadiano (ciclo de unas 24 horas). Este núcleo recibe información visual (de la retina) y envía información a otros núcleos hipotalámicos, a la formación reticular y a la glándula pineal.

Epitálamo

El **epitálamo**, una pequeña región superior y posterior al tálamo, está constituido por la glándula pineal o epífisis y los núcleos habenu-lares. La **glándula pineal** (de *pine*, piña) tiene el tamaño de una habichuela y sobresale de la línea media posterior del tercer ventrícu-lo (véase la [Figura 14.1](#)). Es considerada parte del sistema endocrino porque secreta la hormona **melatonina**. Como se libera más melato-nina en la oscuridad que en presencia de luz, se piensa que esta hor-mona podría estimular el sueño. Cuando se recibe por vía oral, la melatonina parece contribuir al ajuste del reloj biológico del cuerpo, al inducir sueño y ayudar al organismo a ajustarse al “jet lag” (retra-so por vuelo). Los **núcleos habenu-lares**, representados en la [Figura 14.7a](#), se relacionan con el olfato, especialmente, con las respuestas emocionales frente a los olores, como al perfume de nuestro ser amado o el olor que desprenden las galletitas de chocolate que cocina nuestra madre en el horno.

Las funciones de las tres partes del diencefalo se resumen en el [Cuadro 14.2](#).

Órganos circunventriculares

Partes del diencefalo, denominadas **órganos circunventriculares** porque se encuentran en las paredes del tercer ventrículo, pueden monitorizar los cambios químicos de la sangre, dado que en estas zonas no existe barrera hematoencefálica. Los órganos circunventricu-lares comprenden: parte del hipotálamo, la glándula pineal, la glándu-la hipófisis y algunas estructuras cercanas. Funcionalmente, estas regiones coordinan actividades homeostáticas de los sistemas endocri-no y nervioso, como la regulación de la presión arterial, el equilibrio hídrico, el hambre y la sed. Los órganos circunventriculares son tam-bién los sitios de entrada al encéfalo del HIV, el virus del sida. Una vez dentro del encéfalo, el HIV puede causar demencia (deterioro irre-versible del estado mental) y otros trastornos neurológicos.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

11. ¿Por qué se considera al tálamo como la “estación de relevo” del encéfalo?
12. ¿Por qué se considera que el hipotálamo es tanto parte del sistema nervioso como del endocrino?
13. ¿Cuáles son las funciones del epitálamo?
14. Defina un órgano circunventricular.

14.6 EL CEREBRO

■ OBJETIVOS

- Describir la corteza, circunvoluciones, fisuras y surcos del cerebro.
- Mencionar y localizar los lóbulos del cerebro.
- Describir los tractos que componen la sustancia blanca cerebral.

- Describir los núcleos que se encuentran en los ganglios basales.
- Nombrar las estructuras y describir las funciones del sistema límbico.

El **cerebro** es el “asiento de la inteligencia”. Nos otorga la capaci-dad de leer, escribir, hablar, realizar cálculos, componer música, recordar el pasado, planificar el futuro e imaginar cosas que jamás han existido. El cerebro consiste en una corteza cerebral externa, una región interna de sustancia blanca cerebral y núcleos de sustancia gris, en la profundidad de la sustancia blanca.

La corteza cerebral

La **corteza cerebral** es una región de sustancia gris que forma el borde externo del cerebro ([Figura 14.11a](#)). Aunque sólo mide de 2 a 4 mm de espesor, contiene miles de millones de neuronas dispuestas en capas. Durante el desarrollo embrionario, cuando el tamaño del cere-bro aumenta rápidamente, la sustancia gris de la corteza se agranda con más rapidez que la sustancia blanca profunda. Como resultado de ello, la región cortical se pliega sobre sí misma. Los pliegues se denominan **giros** o **circunvoluciones** ([Figura 14.11a,b](#)). Las grietas más profundas entre las circunvoluciones se denominan **fisuras**; las más superficiales se conocen como **surcos**. La depresión más profunda, la **fisura longi-tudinal**, divide el cerebro en una mitad derecha y una mitad izquierda denominadas **hemisferios cerebrales**. La hoz del cerebro se encuentra dentro de la fisura longitudinal, entre los hemisferios cerebrales. Los hemisferios se conectan internamente mediante el **cuero calloso**, una ancha banda de sustancia blanca que contiene axones que se extienden de uno a otro hemisferio (véase la [Figura 14.12](#)).

Lóbulos del cerebro

Cada hemisferio cerebral se subdivide en varios lóbulos. Los lóbu-los se denominan según los huesos que los cubren: frontal, parietal, temporal y occipital (véanse la [Figura 14.11a,b](#)). El **surco central** separa el **lóbulo frontal** del **lóbulo parietal**. Un giro mayor, el **giro precentral**—situado inmediatamente por delante del surco central—contiene el área motora primaria de la corteza cerebral. Otro giro mayor, el **giro poscentral**, que se localiza inmediatamente por detrás del surco central, contiene el área somatosensitiva primaria de la cor-teza cerebral. El **surco cerebral lateral (fisura)** separa el **lóbulo frontal** del **lóbulo temporal**. El **surco parietooccipital** separa el **lóbulo parietal** del **lóbulo occipital**. Una quinta parte del cerebro, la **ínsula**, no puede observarse en la superficie del encéfalo, ya que se encuentra dentro del surco cerebral lateral, en la profundidad de los lóbulos parietal, frontal y temporal ([Figura 14.11b](#)).

Sustancia blanca cerebral

La **sustancia blanca cerebral** está formada originariamente por axo-nes mielínicos en tres tipos de tractos ([Figura 14.12](#)):

1. Los **tractos de asociación** contienen axones que conducen impul-sos nerviosos entre las circunvoluciones del mismo hemisferio.
2. Los **tractos comisurales** contienen axones que conducen impul-sos nerviosos desde las circunvoluciones de un hemisferio cere-bral a las circunvoluciones correspondientes del hemisferio opuesto. Tres importantes grupos de tractos comisurales son: el **cuero calloso** (el haz más grueso de fibras del encéfalo, que contiene alrededor de 300 millones de fibras), la **comisura ante-rior** y la **comisura posterior**.




- Los **tractos de proyección** contienen axones que conducen impulsos nerviosos desde el cerebro hasta las porciones inferiores del SNC (tálamo, tronco del encéfalo o médula espinal) o desde porciones inferiores del SNC al cerebro. Un ejemplo es la **cápsula interna**, una gruesa banda de sustancia blanca que contiene tanto axones ascendentes como descendentes (véase Figura 14.13).

Ganglios (núcleos) basales

En la profundidad de cada hemisferio cerebral, se encuentran tres núcleos (masas de sustancia gris) denominados en conjunto **ganglios basales** (Figura 14.13). Históricamente, estos núcleos han sido denominados *ganglios* basales. Sin embargo, no es un nombre correcto,

Figura 14.11 Cerebro. Como el lóbulo de la ínsula no puede verse desde el exterior, se proyectó sobre la superficie en (b).

 El cerebro es el "asiento de la inteligencia"; nos otorga la facultad de leer, escribir y hablar; nos permite realizar cálculos y componer música; recordar el pasado; planificar el futuro y crear.

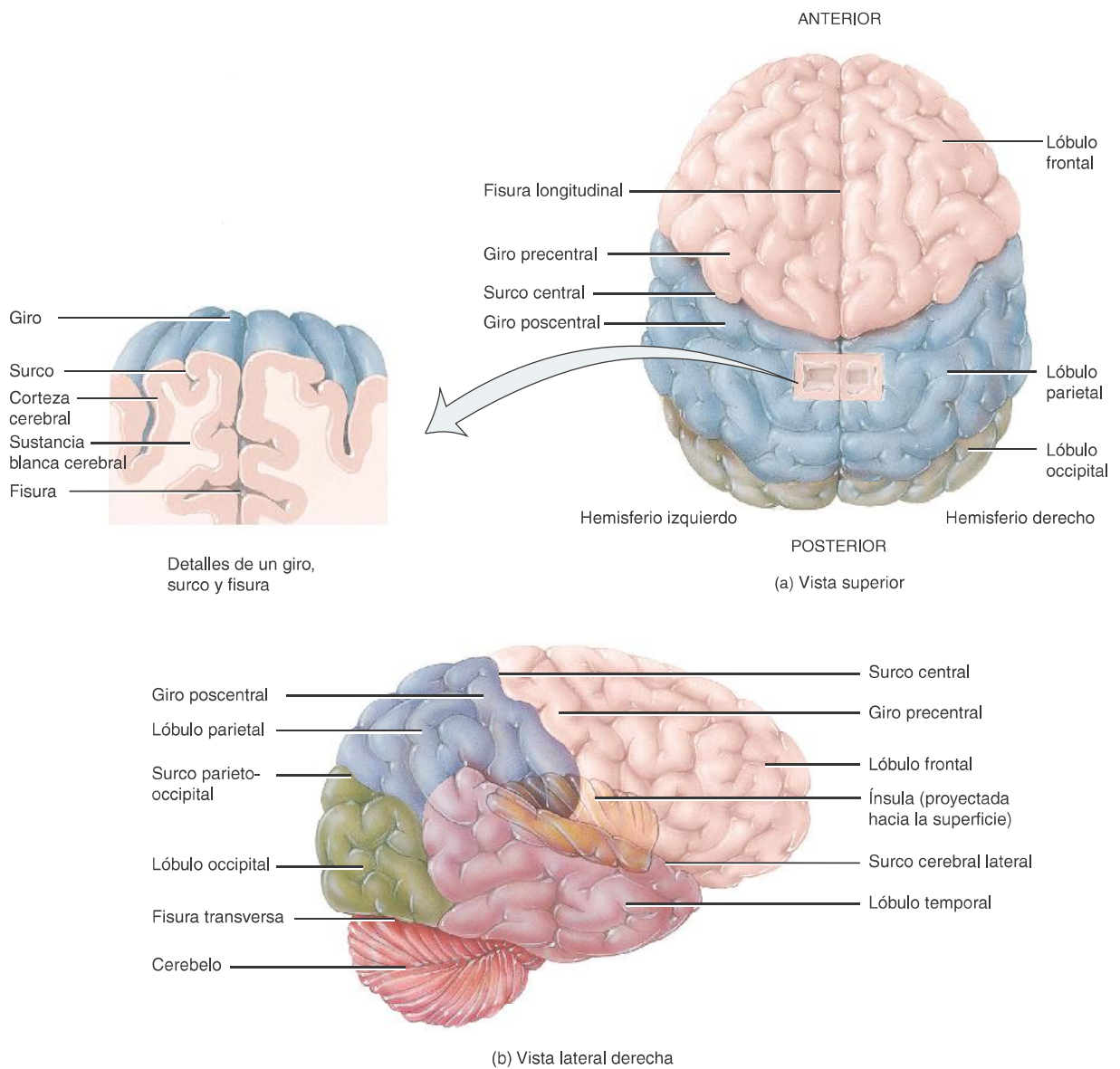
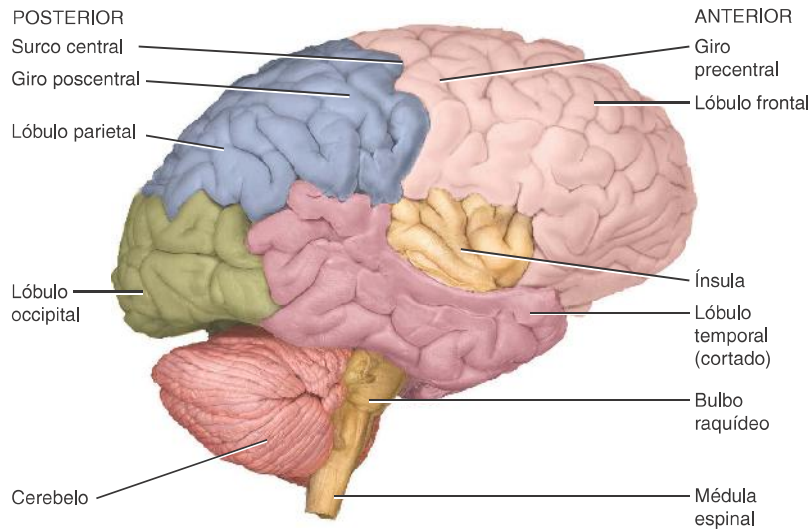


FIGURA 14.11 CONTINUACIÓN

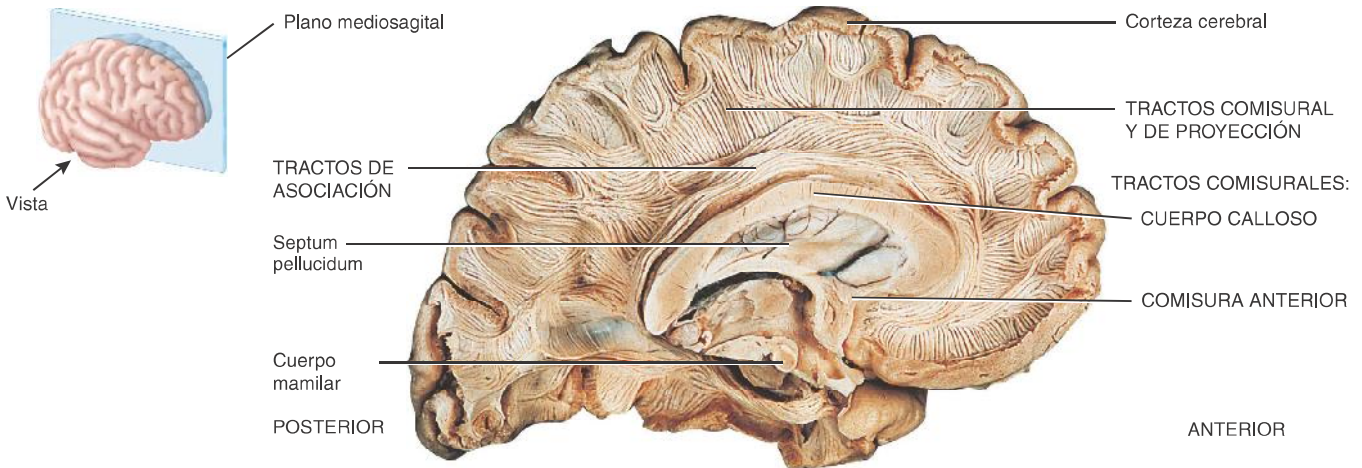


(c) Vista lateral derecha con el lóbulo temporal cortado y separado

¿ Durante el desarrollo, ¿qué parte del cerebro –sustancia gris o sustancia blanca– crece más rápidamente? ¿Cómo se denominan los repliegues y las fisuras superficiales y profundas del cerebro?

Figura 14.12 Organización de los tractos de sustancia blanca del hemisferio cerebral izquierdo.

Tractos de asociación, comisurales y de proyección que forman las áreas de sustancia blanca de los hemisferios cerebrales.



Vista medial de los tractos que demuestra la extirpación de la sustancia gris de un corte mediosagital

¿ Qué tractos transmiten impulsos nerviosos entre los giros del mismo hemisferio? ¿Y entre los giros de hemisferios opuestos? ¿Y desde el cerebro hacia el tálamo, el tronco del encéfalo y la médula espinal?



puesto que un *ganglio* es un agregado de cuerpos de células neuronales en el sistema nervioso periférico. Aunque en la literatura siguen apareciendo ambos términos, utilizamos núcleos porque es el término correcto, según lo determina la *Terminología Anatómica Internacional*, que tiene la palabra final sobre la terminología anatómica correcta.

Dos de los ganglios o núcleos basales se encuentran uno al lado del otro, laterales con respecto al tálamo. El **globo pálido** es más próximo al tálamo, mientras que el **putamen** se encuentra más cerca de la corteza cerebral. Juntos, el globo pálido y el putamen forman el **núcleo lenticular**. El tercer ganglio basal es el **núcleo caudado**, que presenta una “cabeza” grande conectada con una “cola” pequeña a través de un “cuerpo” en forma de coma. El núcleo lenticular y el caudado forman juntos el **cuerpo estriado**. El término cuerpo estriado se refiere al aspecto que presenta la cápsula interna, a medida que pasa entre los ganglios basales. La *sustancia negra* del mesencéfalo y los *núcleos subtalámicos* son dos estructuras cercanas y relacionadas, desde el punto de vista funcional, con los ganglios basales (véanse las Figuras 14.7b, 14.13b). Los axones de la sustancia negra terminan en el núcleo caudado y en el putamen. Los núcleos subtalámicos están interconectados con el globo pálido.

El **claustró** es una lámina delgada de sustancia gris situada por fuera del putamen. Algunos consideran que es una subdivisión de los núcleos basales. No se ha definido claramente la función del claustró en los seres humanos, pero puede participar en la atención visual.

Los núcleos basales reciben impulsos de la corteza cerebral y envían información a las regiones motoras de la corteza a través de los grupos medial y ventral de los núcleos del tálamo. Además, los ganglios basales poseen conexiones extensas entre sí. Una de sus principales funciones es la de regular el comienzo y el fin de los movimientos. La actividad de las neuronas del putamen precede a los movimientos corporales, y la actividad de las neuronas del núcleo caudado anticipa los movimientos oculares. El globo pálido participa en la regulación del tono muscular de determinados movimientos del cuerpo. Los ganglios basales también controlan la contracción subconsciente del músculo esquelético: por ejemplo, el balanceo automático de los brazos al caminar o la risa espontánea en respuesta a una chanza (no la risa por compromiso, que usted exterioriza conscientemente cuando alguno de sus profesores de anatomía o fisiología quiere hacerse el gracioso).

Los ganglios basales desempeñan roles importantes, además de su influencia en las funciones motoras. Ayudan a iniciar y a finalizar algunos procesos cognitivos como la atención, la memoria y la planificación; además, pueden actuar junto con el sistema límbico en la regulación de las conductas emocionales. Algunas enfermedades, como la enfermedad de Parkinson, el trastorno obsesivo-compulsivo, la esquizofrenia y la ansiedad crónica estarían vinculadas con la disfunción de los circuitos que comunican los ganglios basales con el sistema límbico y se describen con mayor detalle en el Capítulo 16.

El sistema límbico

Rodeando la parte superior del tronco del encéfalo y el cuerpo calloso, se encuentra un anillo de estructuras en el borde interno del cerebro y el piso del diencéfalo que constituye el **sistema límbico** (de *limbus*, borde o margen). Los principales componentes del sistema límbico son los siguientes (Figura 14.4):

- El **lóbulo límbico** es un reborde en la superficie medial de la corteza cerebral de cada hemisferio. Incluye el **surco del cíngulo**, que se encuentra sobre el cuerpo calloso, y el **giro parahipocámpico**, que se halla en el lóbulo temporal, hacia abajo. El **hipocampo** es una por-

ción del giro parahipocámpico que se extiende sobre el piso del ventrículo lateral.

- El **giro dentado** se halla entre el hipocampo y el giro parahipocámpico.
- La **amígdala** está compuesta por varios grupos neuronales localizados cerca de la cola del núcleo caudado.
- Los **núcleos septales** se localizan dentro del área septal formada por la región inferior del cuerpo calloso y el giro paraterminal (un giro cerebral).
- Los **tubérculos mamilares del hipotálamo** son dos masas redondeadas, próximas a la línea media y cercanas a los pedúnculos cerebrales.
- Dos núcleos del tálamo, el **núcleo anterior** y el **núcleo medial**, participan en los circuitos límbicos (véase la Figura 14.9c,d).
- Los **bulbos olfatorios** son cuerpos aplanados de la vía olfatoria, que descansan sobre la lámina cribosa del etmoides.
- El **fórnix**, la **estria terminal**, la **estria medular**, el **fascículo telencefálico medial** y el **tracto mamilotalámico** están vinculados por haces de axones mielínicos de interconexión.

El sistema límbico también se conoce como “cerebro emocional”, ya que desempeña un papel fundamental en una amplia gama de emociones como el dolor, el placer, la docilidad, el afecto y la ira. También está relacionado con el olfato y con la memoria. Los experimentos demostraron que cuando se estimulan áreas diferentes del sistema límbico de los animales, la reacción del sujeto indica dolor intenso o placer extremo. La estimulación de otras áreas del sistema límbico, en los animales, provoca mansedumbre y signos de afecto. La estimulación de la amígdala o de ciertos núcleos del hipotálamo del gato produce un patrón de conducta denominado ira: el felino extiende sus garras, levanta la cola, abre ampliamente los ojos, sisea y escupe. Al contrario, la extirpación de la amígdala suprime el miedo y la agresividad, en el animal. Del mismo modo, una persona que presenta una lesión en la amígdala no puede reconocer las expresiones de temor en los demás ni expresar su propio miedo en determinadas situaciones, por ejemplo, al ser atacada por un animal.

Junto con partes del cerebro, el sistema límbico también actúa sobre la memoria; el daño del sistema límbico produce deterioro de la memoria. Al parecer, una porción del sistema límbico, el hipocampo, es única entre las estructuras del sistema nervioso; se ha comunicado que posee células que son capaces de sufrir mitosis. Por lo tanto, la porción del encéfalo que es responsable de algunos aspectos de la memoria puede desarrollar nuevas neuronas, incluso en los ancianos.

Las funciones del cerebro se resumen en el Cuadro 14.2.

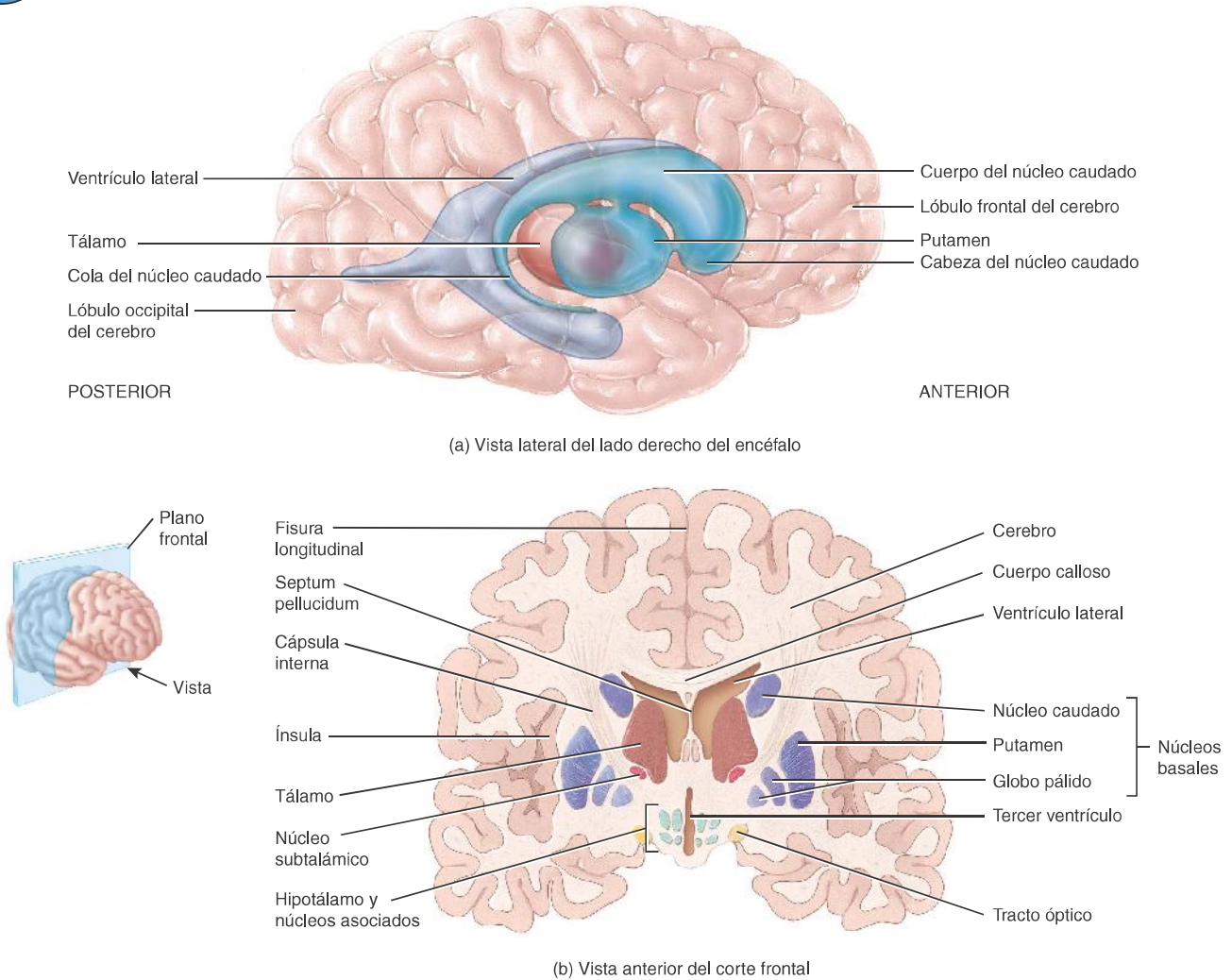


CORRELACIÓN CLÍNICA | Lesiones encefálicas

Las **lesiones encefálicas** suelen ser causadas por traumatismos de cráneo y son el resultado del desplazamiento o de la alteración del tejido nervioso, en el momento del impacto. Se produce un daño tisular adicional cuando el flujo sanguíneo normal se restablece luego de un período de isquemia (reducción del flujo sanguíneo). El aumento súbito de la concentración de oxígeno conduce a la formación de gran cantidad de radicales libres de oxígeno (moléculas de oxígeno cargadas con un electrón no apareado). Las neuronas que se recuperan de los efectos de un paro cardíaco también liberan radicales libres, que provocan daño porque desorganizan el ADN y las enzimas celulares, además de alterar la permeabilidad de la membrana plasmática. La hipoxia (privación celular de oxígeno), asimismo, puede ser la causa de lesiones encefálicas.

Figura 14.13 Ganglios basales. En (a) los ganglios o núcleos basales se proyectaron sobre la superficie; en (a) y (b) se muestran en color violeta.

Los ganglios basales ayudan a iniciar y a finalizar los movimientos; suprimen los movimientos no deseados y regulan el tono muscular.



? En relación con el tálamo, ¿dónde se localizan los ganglios basales?

Los grados de lesión encefálica se describen con términos específicos. Una **concusión** es una lesión caracterizada por la abrupta, pero transitoria, pérdida del conocimiento (de segundos a horas), trastornos de la visión y alteraciones del equilibrio. Es causada por un traumatismo de cráneo o por la detención súbita del movimiento de la cabeza (como en un accidente automovilístico) y constituye la lesión encefálica más común. La concusión no produce lesiones encefálicas evidentes. Los signos y síntomas son: dolor de cabeza, mareos, náuseas o vómitos, falta de concentración, confusión y amnesia (pérdida de la memoria) post-traumática.


Una **contusión** es la formación de un hematoma encefálico a causa de un traumatismo directo e implica la extravasación de sangre desde vasos microscópicos. Generalmente, se asocia con una concusión. En una contusión, la piamadre puede presentar desgarro y permitir, en ese caso, la entrada de sangre al espacio subaracnoideo. El área más comúnmente afectada es el lóbulo frontal. Una contusión produce habitualmente una pérdida inmediata de la conciencia (generalmente, de no más de

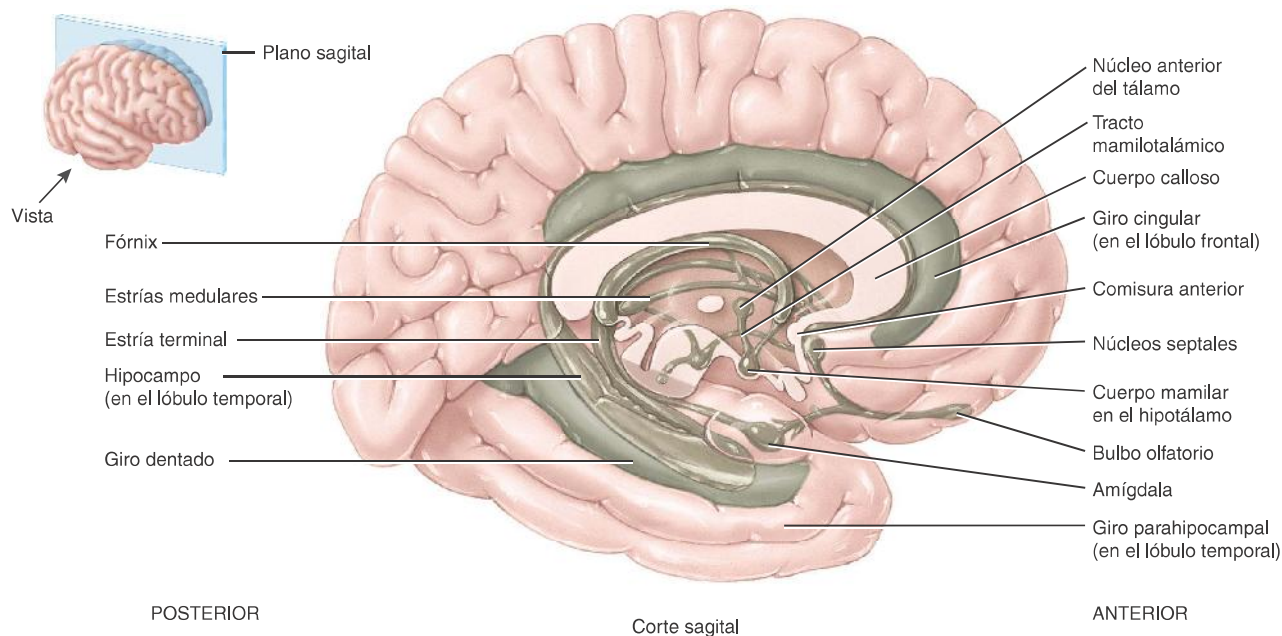
5 minutos), ausencia de reflejos, cese transitorio de la respiración y descenso de la presión arterial. Los signos vitales suelen estabilizarse en unos pocos segundos.


La **laceración** es el desgarro del tejido encefálico, provocado habitualmente por una fractura de cráneo o una herida de bala. La laceración ocasiona la rotura de grandes vasos sanguíneos, con sangrado en el encéfalo y en el espacio subaracnoideo. Las consecuencias son: la formación de hematomas (acumulación localizada de sangre, habitualmente coagulada, que protruye contra el tejido encefálico), el edema y el aumento de la presión intracraneana. Si el coágulo sanguíneo es pequeño, puede no generar mayores inconvenientes y reabsorberse. Si es grande, podría requerir extracción quirúrgica. Al expandirse, reduce el espacio limitado que ocupa el encéfalo en la cavidad craneal y provoca dolores de cabeza muy intensos. El tejido encefálico puede sufrir *necrosis* (muerte celular) a causa de la tumefacción; si esta es muy importante, el tejido encefálico se hernia a través del foramen magno y ocasiona la muerte.



Figura 14.14 Componentes del sistema límbico (sombreados en verde) y estructuras que lo rodean.

 El sistema límbico controla los aspectos emocionales del comportamiento.



 ¿Qué parte del sistema límbico interviene junto con el resto del cerebro en la memoria?

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- Mencione y localice los lóbulos cerebrales. ¿Cómo se separan unos de otros? ¿Qué es la ínsula?
- Distinga entre el giro precentral y el giro poscentral.
- Describa la organización de la sustancia blanca del cerebro e indique la función de cada grupo principal de fibras.
- Mencione los ganglios basales. ¿Cuáles son sus funciones?
- Defina el sistema límbico y mencione algunas de sus funciones.

14.7 ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LA CORTEZA CEREBRAL

● OBJETIVOS

- Describir la localización y la función de las áreas motoras, sensitivas y de asociación de la corteza cerebral.
- Explicar el significado de la lateralización de las funciones cerebrales.
- Definir las ondas cerebrales y reconocer su importancia.

En determinadas regiones de la corteza cerebral, se procesan señales específicas de naturaleza sensitiva, motora y de asociación (Figura 14.15). Las **áreas sensitivas** suelen recibir información de estas carac-

terísticas y están vinculadas con la **percepción**, el conocimiento consciente de una sensación; las **áreas motoras** inician los movimientos y las **áreas de asociación** se correlacionan con funciones de integración más complejas, como la memoria, las emociones, el razonamiento, la voluntad, el juicio, los rasgos personales y la inteligencia. En esta sección, explicaremos también la localización hemisférica y las ondas encefálicas.

Áreas sensitivas

La información sensitiva llega principalmente a la mitad posterior de ambos hemisferios cerebrales, a regiones situadas por detrás del surco central. En la corteza, las áreas primarias reciben información sensitiva que ha sido transmitida desde los receptores sensitivos periféricos, a través de las regiones inferiores del encéfalo. Las áreas sensitivas de asociación habitualmente se encuentran adyacentes a las áreas primarias. En general, reciben información tanto de estas como de otras regiones del encéfalo. Las áreas sensitivas de asociación integran experiencias sensitivas para generar patrones de reconocimiento y de conducta significativos. Por ejemplo, un paciente que presenta daño en el área visual *primaria* pierde al menos parte de la visión, mientras que una persona que ha sufrido una lesión en las áreas de *asociación* visuales puede tener una visión normal, pero no ser capaz de reconocer objetos comunes como una lámpara o un cepillo de dientes, si tan solo los mira.

Las siguientes son algunas áreas sensitivas importantes (Figura 14-15).

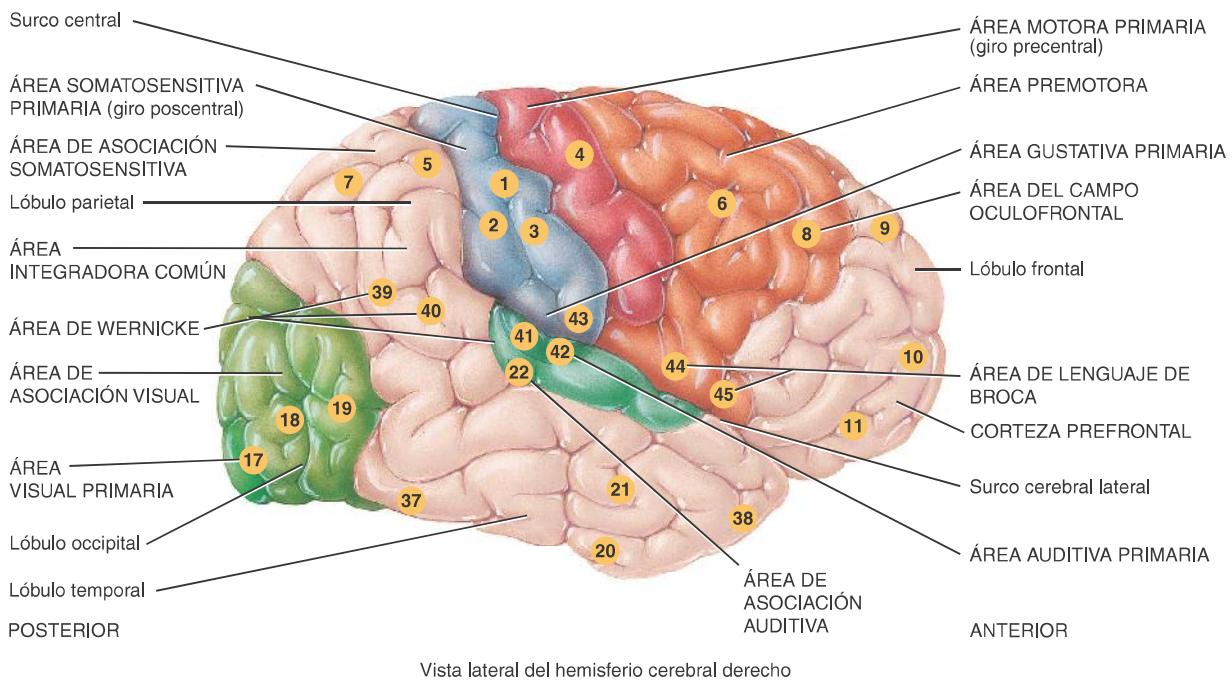
- El **área somatosensitiva primaria** (áreas 1, 2 y 3) se localiza directamente en sentido posterior al surco central de cada hemisferio cerebral, en el giro poscentral del lóbulo parietal. Se extiende desde el surco cerebral lateral, a lo largo de la superficie lateral del lóbulo parietal junto a la fisura longitudinal, y luego a lo largo de la superficie medial del lóbulo parietal, por dentro de la fisura longitudinal. El área somatosensitiva primaria recibe impulsos nerviosos de tacto, presión, vibración, prurito, cosquillas, temperatura (frío y calor), dolor y propiocepción (posición de músculos y articulaciones) y está involucrada en la percepción de estas sensaciones. Esta región contiene un “mapa” de todo el cuerpo: cada punto del área recibe impulsos nerviosos de una parte específica del cuerpo (véase **Figura 16.8a**). El tamaño del área cortical que recibe impulsos de una localización particular depende de la cantidad de receptores presentes, más que de su extensión. Por ejemplo, la región que recibe impulsos de los labios o de la punta de los dedos es más grande que la correspondiente al tórax o a la cadera. Este mapa somatosensitivo distorsionado del cuerpo se denomina

homúnculo sensitivo. El área somatosensitiva primaria permite distinguir dónde se origina una sensación para, por ejemplo, saber exactamente dónde nos pica un mosquito.

- El **área visual primaria** (área 17) se localiza en el polo posterior del lóbulo occipital, principalmente, en la superficie medial (próxima a la fisura longitudinal), recibe información visual y está vinculada con la percepción visual.
- El **área auditiva primaria** (áreas 41 y 42), localizada en la parte superior del lóbulo temporal cerca del surco lateral, recibe información sobre el sonido y está vinculada con la percepción auditiva.
- El **área gustativa primaria** (área 43), localizada en la base del surco poscentral, sobre el surco cerebral lateral en la corteza parietal, recibe información sobre el gusto y participa en la percepción y en la discriminación gustativas.
- El **área olfativa primaria** (área 28) se localiza en la superficie medial del lóbulo temporal (no se muestra en la **Figura 14.15**), recibe impulsos olfativos y está relacionada con la percepción olfativa.

Figura 14.15 **Áreas funcionales del cerebro.** El área del lenguaje de Broca y el área de Wernicke se encuentran generalmente en el hemisferio izquierdo; se muestran aquí para indicar su localización relativa. Los números, todavía utilizados, corresponden al mapa de la corteza cerebral de K. Brodmann, publicado por primera vez en 1909.

Áreas específicas de la corteza cerebral procesan información de señales sensoriales, motoras y de integración.



¿Cuál o cuáles áreas del cerebro integran la interpretación de sensaciones visuales, auditivas y somáticas? ¿La transcripción de pensamientos en palabras? ¿El control de los movimientos musculares complejos? ¿La interpretación de sensaciones relacionadas con el gusto? ¿La interpretación del tono y del ritmo? ¿La interpretación de formas, colores y movimiento de los objetos? ¿El control de los movimientos voluntarios de seguimiento ocular?



Áreas motoras

La información motora que sale de la corteza cerebral fluye, fundamentalmente, desde la región anterior de cada hemisferio. Entre las áreas motoras más importantes se encuentran las siguientes (Figura 14.15):

- El **área motora primaria** (área 4) se localiza en el giro precen-tral del lóbulo frontal. Como sucede en el área somatosensitiva primaria, se presenta un “mapa” de la totalidad del cuerpo en el área motora primaria. Cada región del área motora primaria contro-la las contracciones voluntarias de un músculo o grupo de mús-culos específicos (véase la Figura 16.8b). La estimulación eléctrica de cualquier punto del área motora primaria provoca la contrac-ción de fibras musculares esqueléticas específicas en el lado opuesto del cuerpo. Los diferentes músculos tienen una represen-tación desigual en el área motora primaria. Un área cortical más extensa está dedicada a los músculos que intervienen en movi-mientos complejos, delicados o que exigen ciertas habilidades. Por ejemplo, la región cortical dedicada a los músculos que mue-ven los dedos de la mano es mucho mayor que la correspondien-te a los dedos de los pies. Este mapa muscular distorsionado del cuerpo se denomina **homóculo motor**.
- El **área del lenguaje de Broca** (áreas 44 y 45) está localizada en el lóbulo frontal, cerca del surco cerebral lateral. Hablar y com-prender un idioma son actividades complejas que involucran varias áreas sensitivas, de asociación y motoras de la corteza. En aproximadamente el 97% de las personas, el área de Broca se loca-liza en el hemisferio *izquierdo* del cerebro. La planificación y pro-ducción de la palabra acontecen en el lóbulo frontal *izquierdo*, en la mayoría de los individuos. Desde el área del lenguaje de Broca, los impulsos nerviosos se dirigen hacia las regiones premotoras que controlan los músculos de la laringe, la faringe y la boca. Los impulsos provenientes del área premotora conducen a contrac-ciones musculares coordinadas específicas. Simultáneamente, los impulsos se propagan desde el área del lenguaje de Broca hacia el área motora primaria. Desde aquí, los impulsos también controlan los músculos respiratorios para regular el flujo adecuado de aire que atraviesa las cuerdas vocales. Las contracciones coordinadas de los músculos del habla y respiratorios permiten expresar nuestros pensamientos. Los pacientes con un accidente cerebrovascular (ACV) o un infarto en esta área pueden tener pensamientos claros, pero no son capaces de expresarlos en palabras, fenómeno conoci-do como *afasia no fluente*; véase la siguiente Correlación clínica.

Áreas de asociación

Las áreas de asociación del cerebro comprenden grandes zonas de los lóbulos occipital, parietal y temporal y, en el lóbulo frontal, por delante de las áreas motoras. Las áreas de asociación se relacionan entre sí mediante tractos de asociación, y son las siguientes (Figura 14.15):

- El **área de asociación somatosensitiva** (áreas 5 y 7) es posterior y recibe información del área somatosensitiva primaria, como así también del tálamo y de otras partes del encéfalo. Permite deter-minar la forma y textura exactas de un objeto sin verlo, establecer la orientación de un objeto con respecto a otro cuando se los toca y tener conciencia de la relación de las distintas partes del cuer-po. Otra función del área de asociación somatosensitiva es el almacenamiento de experiencias sensoriales previas, lo que per-

mite comparar sensaciones actuales con sensaciones pasadas. Por ejemplo, el área de asociación somatosensitiva permite reconocer un lápiz o un gancho, sólo al tocarlos.

- El **área de asociación visual** (áreas 18 y 19), localizada en el lóbulo occipital, recibe impulsos sensoriales del área visual pri-maria y del tálamo. Relaciona experiencias visuales presentes y pasadas; además, es imprescindible para reconocer y evaluar lo que se ve. Por ejemplo, el área de asociación visual permite reco-nocer un objeto, como una cuchara, sólo al verlo.
- El **área de reconocimiento facial**, que corresponde –aproxima-damente– a las áreas 20, 21 y 37 en el lóbulo temporal inferior, recibe impulsos nerviosos del área de asociación visual. Esta área almacena información sobre los rostros, y permite reconocer a los individuos por sus caras. El área de reconocimiento facial en el hemisferio *derecho* habitualmente es más dominante que la región correspondiente del hemisferio izquierdo.
- El **área de asociación auditiva** (área 22) se localiza por debajo y por detrás del área auditiva primaria, en la corteza temporal. Permite reconocer los sonidos, como los del lenguaje, la música y los ruidos.
- La **corteza orbitofrontal**, que corresponde –aproximadamente– al área 11 a lo largo de la porción lateral del lóbulo frontal, reci-be impulsos sensitivos del área olfatoria primaria. Esta área per-mite identificar los olores y discriminar entre ellos. Durante el proceso olfatorio, la corteza orbitofrontal del hemisferio *derecho* muestra más actividad que la región correspondiente del hemisfe-rio izquierdo.
- **Área de Wernicke (área posterior del lenguaje; área 22, y –posiblemente– 39 y 40)**, una región extensa en los lóbulos tem-poral y parietal *izquierdos*, interpreta el significado del habla al reconocer las palabras pronunciadas. Se activa cuando las pala-bras se traducen en pensamientos. Las regiones del hemisferio *derecho* que corresponden a las áreas de Broca y de Wernicke del *izquierdo* también contribuyen a la comunicación verbal al agre-gar emociones, como disgusto o alegría, a las palabras expresa-das. A diferencia de las personas que sufren un ACV en el área de Broca, las que experimentan infartos en el área de Wernicke pue-den hablar, pero no formar oraciones con sentido (afasia fluente o “ensalada de palabras”; véase la correlación clínica, un poco más adelante).
- El **área de integración común** (áreas 5, 7, 39 y 40) está rodeada por las áreas de asociación somatosensitiva, visual y auditiva. Recibe impulsos nerviosos de estas áreas y también de las áreas gustativa primaria, olfativa primaria, del tálamo y de otras partes del tronco encefálico; los interpreta y los integra. Esta área inte-gra interpretaciones sensoriales provenientes de las áreas de aso-ciación e impulsos de otras áreas, lo que permite la formación de los pensamientos, basados en una variedad de estímulos sensoria-les. Luego, transmite señales a otras regiones del encéfalo para la respuesta adecuada a las señales sensitivas que ha interpretado.
- La **corteza prefrontal (área de asociación frontal)** es un área extensa en la porción anterior del lóbulo frontal, que se encuentra bien desarrollada en primates y, especialmente, en el hombre (áreas 9, 10, 11 y 12; el área 12 no se ilustra ya que se encuentra en la superficie medial). Presenta numerosas conexiones con otras áreas de la corteza cerebral, tálamo, hipotálamo, sistema límbico y cerebelo. La corteza prefrontal se relaciona con el desarrollo de la personalidad, intelecto, habilidades complejas de aprendizaje, recuperación de la información, iniciativa, juicio, perspicacia,

razonamiento, conciencia, intuición, humor, planificación para el futuro y desarrollo de ideas abstractas. Cuando una persona sufre lesiones bilaterales en ambas cortezas premotoras, se vuelve ruda, desconsiderada, incapaz de aceptar ayuda, malhumorada, desatenta, menos creativa e incapaz de planear el futuro y de prever las consecuencias de sus palabras o de su comportamiento.

- El **área premotora** (área 6) es un área de asociación motora que se encuentra inmediatamente por delante del área motora. Sus neuronas se comunican con la corteza motora primaria, las áreas de asociación sensitiva del lóbulo parietal, los ganglios basales y el tálamo. El área premotora se relaciona con la actividad motora aprendida compleja y secuencial. Genera impulsos nerviosos que producen la contracción de grupos musculares específicos en un orden determinado, como ocurre al escribir su nombre. El área premotora también sirve como banco de memoria para estos movimientos.
- El **área del campo ocular frontal** (área 8) de la corteza frontal, a veces, es incluida en el área premotora. Controla movimientos de seguimiento voluntario del ojo, como los que usted está realizando al leer esta frase.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Afasia

Mucho de lo que hoy sabemos de las áreas del lenguaje proviene del estudio de pacientes que presentan trastornos del lenguaje o del habla, como resultado de una lesión encefálica. El área de Broca, el área de Wernicke y otras áreas relacionadas con el lenguaje se encuentran en el hemisferio izquierdo en la mayoría de las personas, ya sean diestras o zurdas. Las lesiones en las áreas del lenguaje de la corteza provocan **afasias** (a-, de a, sin, y -fasia, de *phásis*, palabra), incapacidad para utilizar o comprender las palabras. La lesión del área de Broca da lugar a una *afasia no fluente*, por lo que los individuos que la presentan no pueden articular o formar palabras en forma adecuada; los pacientes con afasia de Broca saben lo que quieren decir, pero no pueden decirlo correctamente. Las lesiones en el área de Wernicke, el área integradora común o de asociación auditiva, causan *afasia fluente*, caracterizada por la comprensión defectuosa de la palabra escrita o hablada. La persona que padece este tipo de afasia puede hablar con fluidez, pero sus palabras no forman oraciones con sentido ("ensalada de palabras"). Por ejemplo, puede decir: "Yo llamé auto porche cena luz río, lápiz". Este déficit puede conducir a la **sordera verbal** (incapacidad para entender las palabras pronunciadas) o a la **ceguera verbal** (incapacidad para entender lo que está escrito), o a ambas.

Las funciones de las distintas partes del encéfalo se resumen en el Cuadro 14.2.

Lateralización hemisférica

A pesar de que los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro son casi simétricos, existen diferencias anatómicas sutiles entre ellos. Por ejemplo, en aproximadamente dos tercios de la población, el plano temporal, una región del lóbulo temporal que abarca al área de Wernicke, es el 50% mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho. Esta asimetría se manifiesta en el feto humano alrededor de las 30 semanas de gestación. También existen diferencias fisiológicas; aunque los dos hemisferios comparten muchas funciones, cada uno de ellos se especializa en ciertas funciones. Esta asimetría funcional se conoce como **lateralización hemisférica**.

En la mayoría de las personas, el hemisferio izquierdo es más importante en funciones tales como el razonamiento; habilidades numéricas y científicas; lenguaje escrito y hablado y capacidad para utilizar y comprender el lenguaje. Los pacientes que presentan daño en el hemisferio izquierdo suelen sufrir afasia. Por su parte, el hemisferio derecho está más especializado en las aptitudes musicales y artísticas; en la percepción espacial y de patrones; en el reconocimiento de rostros y en el contenido emocional del lenguaje; en la discriminación de diferentes olores y en la generación de imágenes visuales, sonoras, táctiles, gustativas y olfativas con fines comparativos. Los pacientes con lesiones en el hemisferio derecho, en la región correspondiente a las áreas de Broca y de Wernicke del hemisferio izquierdo, hablan con voz monótona y pierden la capacidad de imprimirle un tono emocional al habla.

A pesar de algunas diferencias notables en la función de los dos hemisferios, existe una variación importante entre una persona y otra. Cabe destacar que la lateralización parece ser menos pronunciada en la mujer que en el hombre, tanto para el lenguaje (hemisferio izquierdo) como para las habilidades visuales y espaciales (hemisferio derecho). Por ejemplo, las mujeres son menos propensas que los hombres a sufrir afasia luego de una lesión del hemisferio izquierdo. Según se ha observado, la comisura anterior es 12% más larga y la parte posterior del cuerpo calloso es más ancha en las mujeres. Hay que recordar que tanto el cuerpo calloso como las comisuras anteriores son tractos que comunican los dos hemisferios.

El Cuadro 14.3 resume algunas de las diferencias funcionales entre los dos hemisferios cerebrales.

Ondas cerebrales

En todo momento, las neuronas cerebrales generan millones de impulsos nerviosos (potenciales de acción). En conjunto, estas señales eléctricas se conocen con el nombre de **ondas cerebrales**. Estas ondas cerebrales producidas por las neuronas próximas a la superficie cerebral, principalmente de la corteza, pueden detectarse con sensores denominados electrodos, que se aplican en la frente y en el cuero cabelludo. El registro de estas ondas se conoce como **electroencefalograma** o **EEG**. Los EEG son útiles para el estudio de funciones cerebrales normales, como los cambios que tienen lugar durante el sueño, y para diagnosticar una amplia gama de trastornos encefálicos, como epilepsia, tumores, traumatismos, hematomas, trastornos metabólicos, sitios de lesión y enfermedades degenerativas. El EEG también se utiliza para determinar si una persona está "viva" o para establecer o confirmar el diagnóstico de muerte cerebral.

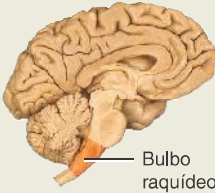
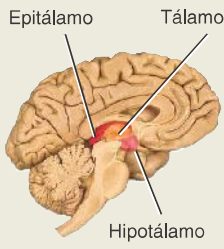
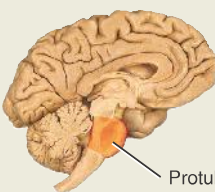
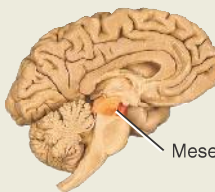
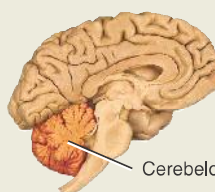
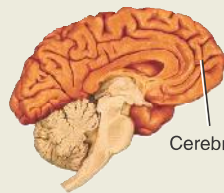
Los patrones de activación neuronales producen cuatro tipos de ondas cerebrales (Figura 14.16):

1. **Ondas alfa.** Estas ondas rítmicas aparecen con una frecuencia de 8 a 13 ciclos por segundo (la unidad comúnmente utilizada para expresar la frecuencia es el hertz [Hz]; un Hz equivale a un ciclo por segundo). Las ondas alfa están presentes en los EEG de casi todas las personas normales, cuando se encuentran despiertas y en reposo con los ojos cerrados. Estas ondas desaparecen por completo durante el sueño.
2. **Ondas beta.** La frecuencia de estas ondas es de 14 a 30 Hz. Las ondas beta aparecen normalmente cuando el sistema nervioso se activa; es decir, al experimentar sensaciones o cuando existe actividad mental.
3. **Ondas theta.** Estas ondas tienen una frecuencia de 4 a 7 Hz. Las ondas theta se observan habitualmente en niños y adultos que padecen estrés emocional. También están presentes en una gran cantidad de trastornos encefálicos.



CUADRO 14.2

Resumen de las funciones de las principales porciones del encéfalo

PARTE	FUNCIÓN	PARTE	FUNCIÓN
<p>TRONCO DEL ENCÉFALO</p>		<p>DIENCÉFALO</p>	
 <p>Bulbo raquídeo</p>	<p>Bulbo raquídeo: contiene tractos sensitivos (ascendentes) y motores (descendentes). El centro cardiovascular regula el latido cardíaco y el diámetro de los vasos sanguíneos. El área de ritmicidad bulbar (junto con la protuberancia) regula la respiración. Contiene los núcleos grácil, cuneiforme, gustativo, cocleares y vestibulares (componentes de las vías sensitivas hacia el encéfalo). El núcleo olivar inferior proporciona instrucciones que utiliza el cerebelo para adaptar la actividad muscular, cuando se aprenden nuevas habilidades motoras. Otros núcleos coordinan los reflejos del vómito, la deglución, el estornudo, la tos y el hipo. Contiene los núcleos de origen de los nervios craneales VIII, IX, X, XI y XII. La formación reticular (también en la protuberancia, el mesencéfalo y el diencéfalo) cumple funciones en los estados de conciencia y en el despertar.</p>	 <p>Epitálamo Tálamo Hipotálamo</p>	<p>Tálamo: transmite casi toda la información sensorial a la corteza cerebral. Contribuye a las funciones motoras, al transmitir información desde el cerebelo y los núcleos basales hasta el área motora primaria de la corteza cerebral. Desempeña una función en el mantenimiento de la conciencia.</p> <p>Hipotálamo: controla e integra la actividad del SNA. Produce las hormonas, incluidas las hormonas liberadoras, las inhibidoras, la oxitocina y la antidiurética (ADH). Regula los patrones del comportamiento y emocionales (junto con el sistema límbico). Contiene los centros de la alimentación y la saciedad (regulan la ingesta de alimentos), el centro de la sed (regula la ingesta de líquido) y el núcleo supraquiasmático (regula el ritmo circadiano).</p>
 <p>Protuberancia</p>	<p>Puente (protuberancia): contiene tractos sensitivos y motores. Los núcleos pontinos transmiten los impulsos nerviosos de las áreas motoras de la corteza cerebral al cerebelo. Contiene los núcleos vestibulares (junto con el bulbo) que forman parte de la vía del equilibrio, hacia el encéfalo. El área neumotáxica y el área apnéustica (junto con el bulbo) intervienen en el control de la respiración. Contiene los núcleos de origen de los nervios craneales V, VI, VII y VIII.</p>	 <p>Mesencéfalo</p>	<p>Epitálamo: formado por la glándula pineal, que secreta melatonina, y por los núcleos habenuclares. Las áreas sensitivas intervienen en la percepción de la información sensitiva; las áreas motoras controlan la ejecución de los movimientos voluntarios y las áreas de asociación modulan funciones más complejas como la memoria, la personalidad y la inteligencia. Los núcleos basales ayudan a iniciar y a concluir movimientos; suprimen los movimientos no deseados y regulan el tono muscular. El sistema límbico estimula emociones tales como: placer, dolor, docilidad, afecto, miedo y enojo.</p>
<p>CEREBELO</p>		<p>CEREBRO</p>	
 <p>Cerebelo</p>	<p>Suaviza y coordina las contracciones del músculo esquelético. Regula la postura y el equilibrio. Es probable que participe en los procesos cognitivos y en el procesamiento del lenguaje.</p>	 <p>Cerebro</p>	

4. **Ondas delta.** La frecuencia de estas ondas es de 1 a 5 Hz. Las ondas delta se registran durante el sueño en los adultos, pero son normales en los lactantes despiertos. En los adultos en estado de vigilia, son indicativas de lesión cerebral.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

- 20. Compare las funciones de las áreas sensitiva, motora y de asociación de la corteza cerebral.
- 21. ¿Qué es la lateralización de las funciones cerebrales?
- 22. ¿Cuál es el valor diagnóstico del EEG?


14.8 NERVIOS CRANEALES

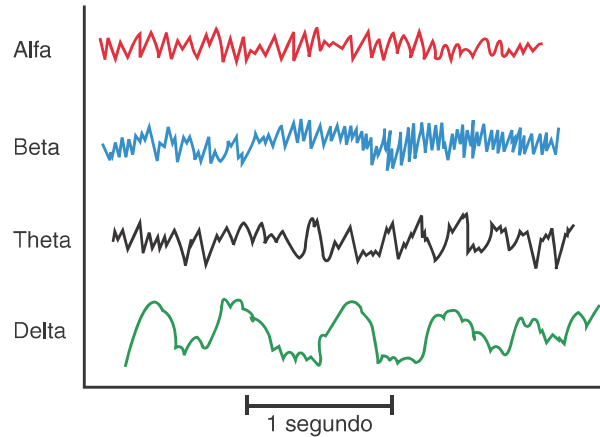
■ OBJETIVO

- Describir los nervios craneales por su nombre, número y tipo, y destacar la función de cada uno.

Los 12 pares de **nervios craneales** llevan esta denominación porque atraviesan forámenes de los huesos craneales y se originan en el encéfalo, en el interior de la cavidad craneal. Como los 31 pares de nervios espinales, forman parte del sistema nervioso periférico (SNP). Cada nervio craneal se distingue tanto por el número romano como por el nombre que recibió. Los números indican el orden, de adelante hacia

Figura 14.16 Tipos de ondas cerebrales registradas en un electroencefalograma (EEG)

 Las ondas cerebrales indican la actividad eléctrica de la corteza cerebral.



? ¿Qué tipo de onda cerebral indica estrés emocional?

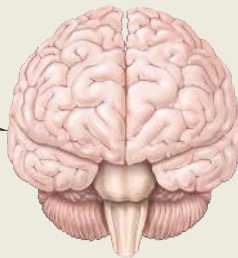
CUADRO 14.3

Diferencias funcionales entre ambos hemisferios cerebrales

FUNCIONES DEL HEMISFERIO DERECHO

- Recibe señales sensitivas somáticas desde los músculos de la mitad izquierda del cuerpo y los controla.
- Conocimiento musical y artístico.
- Sentido del espacio y patrones de percepción.
- Reconocimiento de rostros y del contenido emocional de las expresiones faciales.
- Genera el contenido emocional del lenguaje.
- Genera imágenes mentales para comparar las relaciones espaciales.
- Identifica y discrimina diferentes olores.

Hemisferio derecho Hemisferio izquierdo



FUNCIONES DEL HEMISFERIO IZQUIERDO

- Recibe señales sensitivas somáticas desde los músculos de la mitad derecha del cuerpo y los controla.
- Razonamiento.
- Habilidades numéricas y científicas.
- Capacidad para utilizar y comprender el lenguaje.
- Lenguaje escrito y hablado.