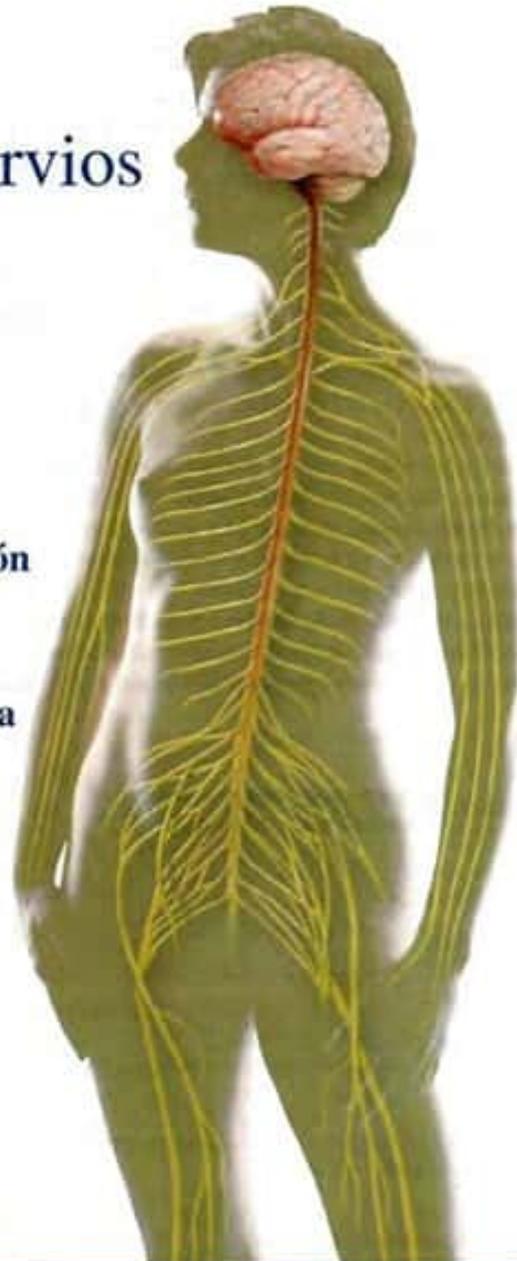


# El encéfalo y los nervios craneales

**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 generación de actividades motoras.**





Resolver una ecuación, sentir hambre, reírse: el proceso neural necesario 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 donde se registran las sensaciones y las relaciona entre sí y con la información almacenada, donde se toman

decisiones y desde donde se realizan 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 retóricas que hipnotizan, los actos y los pensamientos de una persona pueden influir en la vida de otras personas y modificarla. Diferentes 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.

## ORGANIZACIÓN, PROTECCIÓN E IRRIGACIÓN DEL ENCÉFALO

### ► OBJETIVOS

- Identificar las partes 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. Se hará a continuación una breve descripción del desarrollo del encéfalo, ya que este tema se tratará nuevamente al final del capítulo.

El encéfalo y la médula espinal derivan de una estructura tubular del ectodermo denominada tubo neural (véase fig. 14-28). La parte anterior del tubo neural se expande y se divide en tres regiones por la aparición de dos constricciones, conocidas como vesículas encefálicas primarias: prosencéfalo (cerebro anterior), mesencéfalo (cerebro medio) y rombencéfalo (cerebro posterior) (véase fig. 14-29). El mesencéfalo da lugar al cerebro medio y al acueducto mesencefálico (o de Silvio). Tanto el prosencéfalo como el rombencéfalo

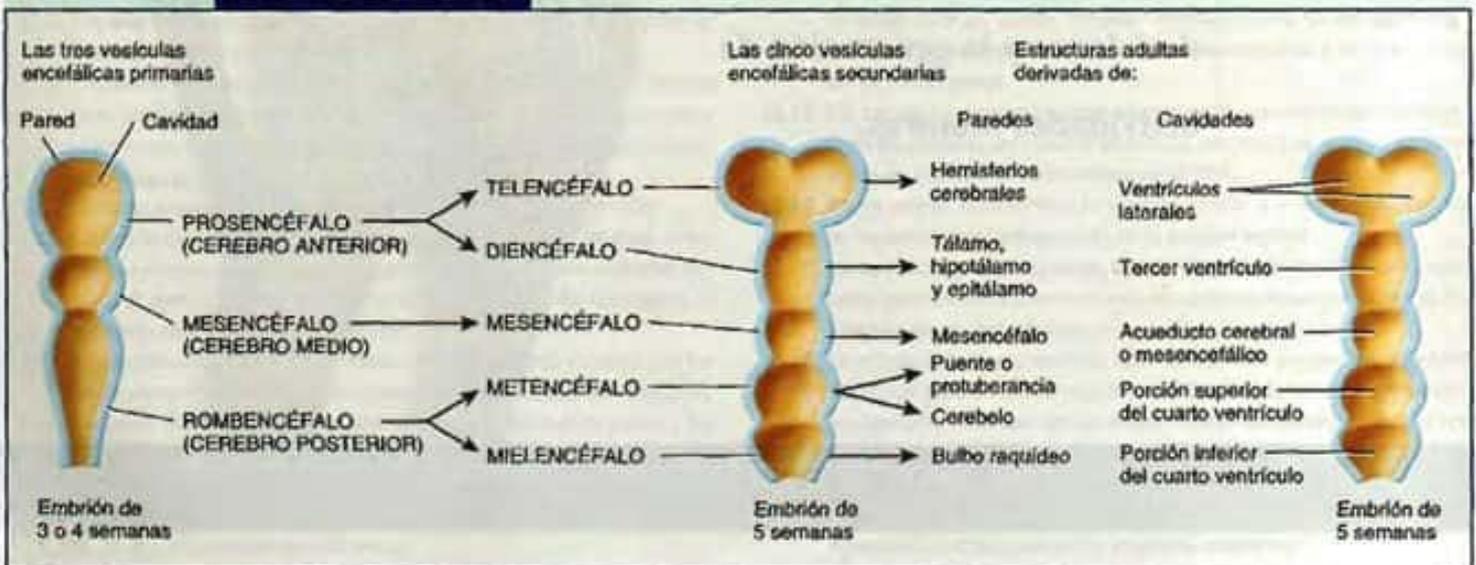
se subdividen y forman las vesículas encefálicas secundarias. El prosencéfalo se diferencia en telencéfalo y diencéfalo, y el rombencéfalo lo hace en metencéfalo y mielencéfalo. El telencéfalo forma el cerebro y los ventrículos laterales. A partir del diencéfalo se desarrollan el tálamo, el hipotálamo y el epítalamo. El metencéfalo se convierte en la protuberancia (puente), el cerebelo y la parte superior del cuarto ventrículo. Finalmente, a partir del mielencéfalo se desarrollan el bulbo raquídeo y la parte inferior del cuarto ventrículo.

Estas relaciones se resumen en el cuadro 14-1.

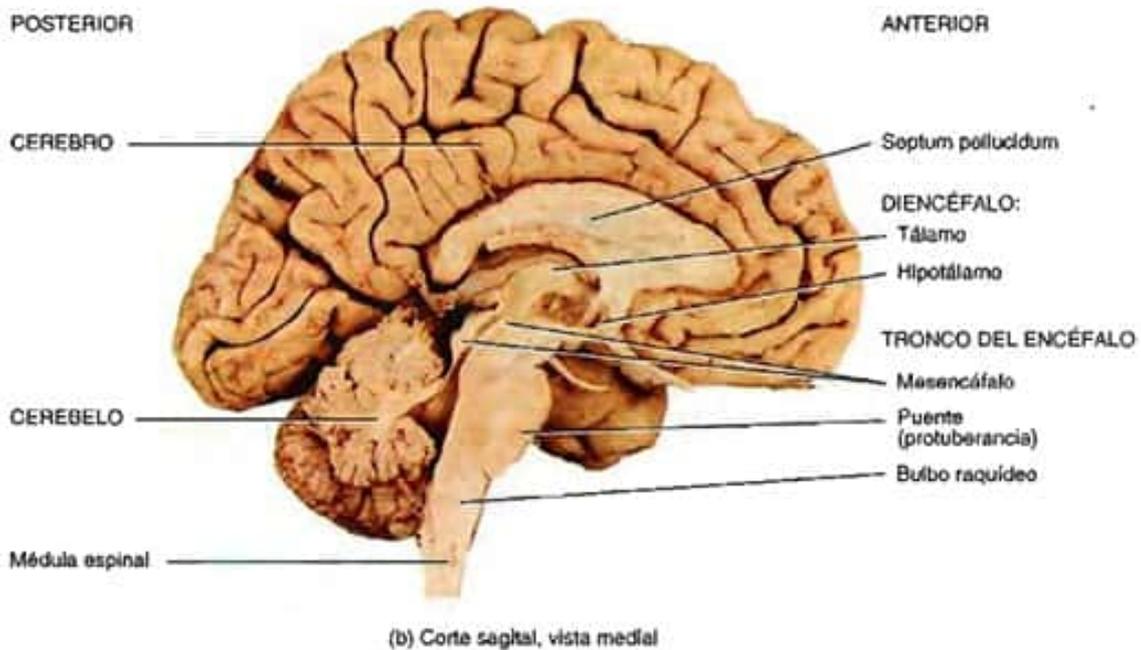
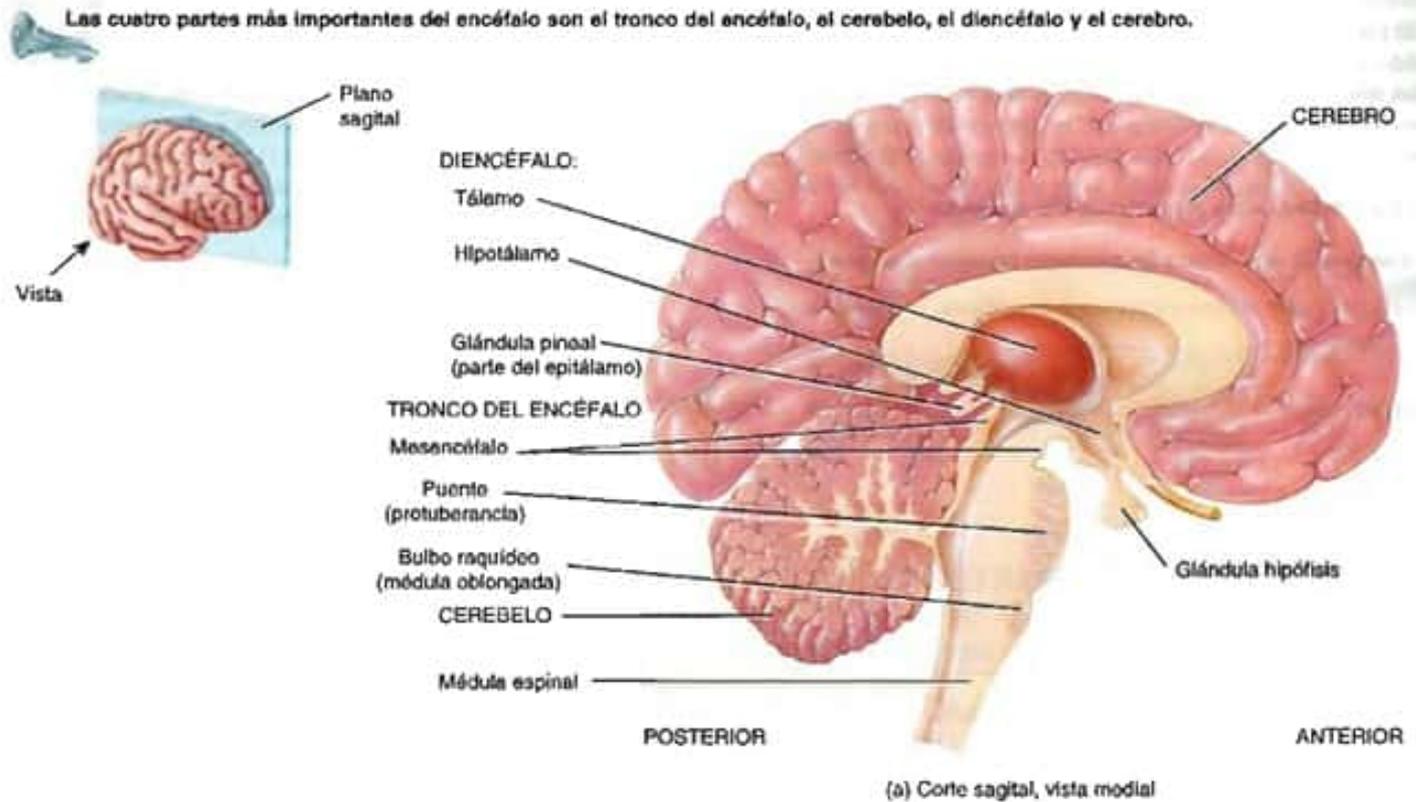
### Partes principales del encéfalo

El encéfalo adulto presenta cuatro porciones principales: el tronco encefálico (o tallo cerebral), el cerebelo, el diencéfalo y el cerebro (fig. 14-1). El tronco encefálico se continúa con la médula espinal y está constituido por el bulbo raquídeo, el puente o la protuberancia y el mesencéfalo. Por detrás del tronco encefálico se halla el cerebelo (de *cerebellum*, cerebro pequeño) y por encima el diencéfalo (dia-, de *diá*, a través de) formado por el tálamo, el hipotálamo y el epítalamo. Apoyado sobre el diencéfalo y el tronco encefálico, se encuentra el cerebro, la parte más grande del encéfalo.

CUADRO 14-1 Desarrollo del encéfalo



**Fig. 14-1 El encéfalo.** La glándula hipófisis se describe con el sistema endocrino en el capítulo 18.



¿Cuál es la porción más grande del encéfalo?

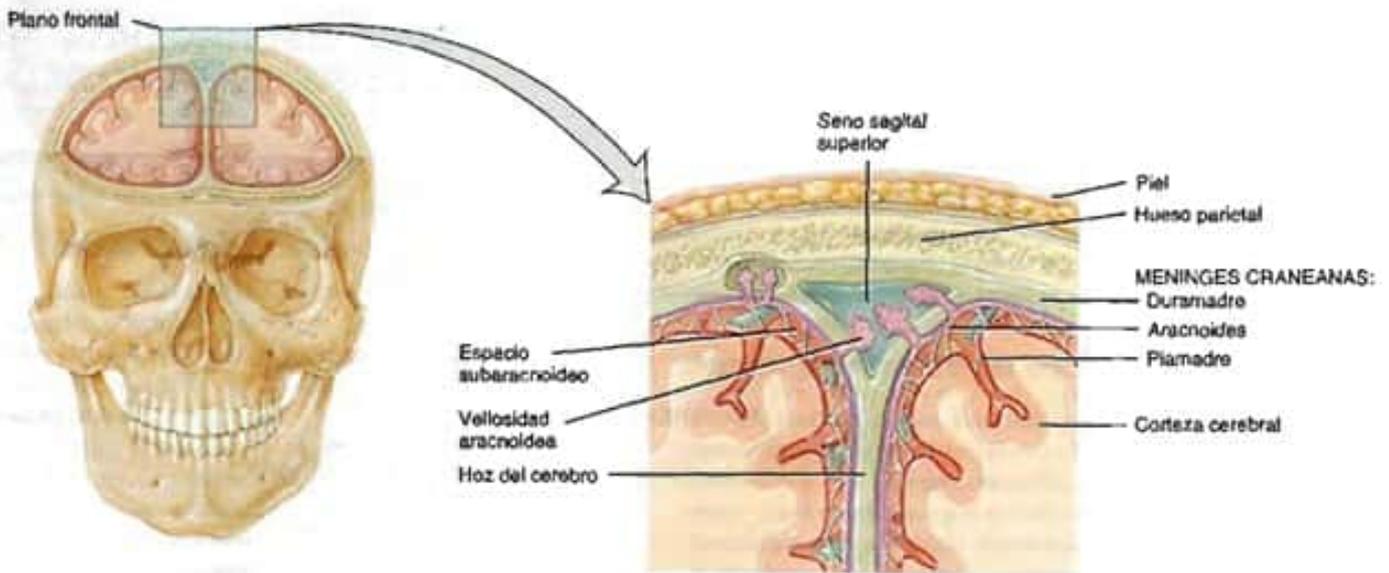
### Cubiertas protectoras del encéfalo

El cráneo (véase fig. 7-4) y las meninges rodean y protegen al encéfalo. Las meninges craneales se continúan con las meninges espinales, presentan la misma estructura básica y llevan los mismos

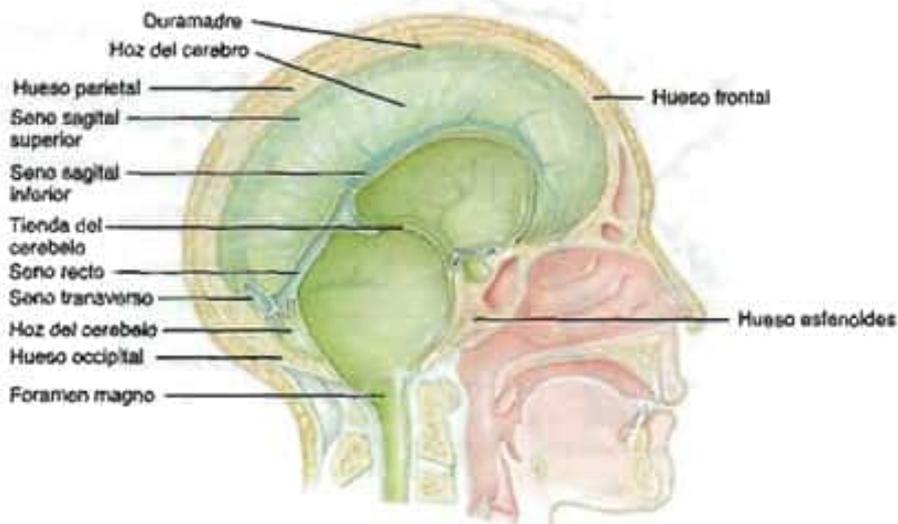
nombres: duramadre por fuera, aracnoides en el medio y piamadre por dentro (fig. 14-2). Sin embargo, la duramadre craneal tiene dos capas y la duramadre espinal sólo una. Las dos capas de la duramadre craneal están fusionadas en toda su extensión, salvo en ciertas regiones en las que se separan para rodear a los senos venosos

**Fig. 14-2** Membranas protectoras del encéfalo.

Los huesos del cráneo y las meninges protegen al encéfalo.



(a) Corte frontal del cráneo que muestra las meninges



(b) Extensiones de la duramadre

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

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 pasan 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 a los dos hemisferios (lados) cerebrales; 2) la hoz del cerebelo a los dos hemisferios del cerebelo, y 3) la tienda del cerebelo al 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 fig. 21-19), y retorna por las venas yugulares internas hacia el corazón (véase fig. 21-24).

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 causar pérdida del conocimiento. En general, una 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, puede sobrevenir confusión mental, mareos, convulsiones y pérdida de la conciencia.

La **barrera hematoencefálica (BHE)** protege a las neuronas de sustancias nocivas y de microorganismos porque impide el paso de muchas sustancias de la sangre al tejido nervioso. La barrera hematoencefálica está formada básicamente por uniones estrechas (véase fig. 4-1a), 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 a 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 ruptura en la barrera hematoencefálica.

### Ruptura de la barrera hematoencefálica

Se ha visto cómo la BHE impide el paso de sustancias potencialmente nocivas al tejido nervioso. No obstante, otra consecuencia de la eficiente protección de la BHE es que también imposibilita la

llegada de ciertos fármacos que pueden ser terapéuticos para el cáncer u otros trastornos del SNC. Los investigadores están explorando los medios para superar la BHE. Una forma 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, los espacios entre las uniones estrechas se abran y aumente la permeabilidad de la BHE. Como resultado, el fármaco puede entrar 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.

## LÍQUIDO CEFALORRAQUÍDEO

### ► OBJETIVO

Explicar la formación y circulación del líquido cefalorraquídeo.

El **líquido cefalorraquídeo (LCR)** es un líquido claro e incoloro que protege al encéfalo y a la médula espinal del daño físico y químico. También 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.

La **figura 14-3** muestra las cuatro cavidades llenas de LCR en el encéfalo, las cuales se denominan **ventrículos**. Los **ventrículos laterales** se localizan en cada uno de los hemisferios cerebrales. Los ventrículos laterales 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** yace entre el tronco del encéfalo y el cerebelo.

El volumen total de LCR es de 80 a 150 mL en el adulto. El LCR contiene glucosa, proteínas, ácido láctico, urea, cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) y aniones ( $\text{Cl}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$ ); también presenta algunos leucocitos. El LCR contribuye a la homeostasis de tres maneras:

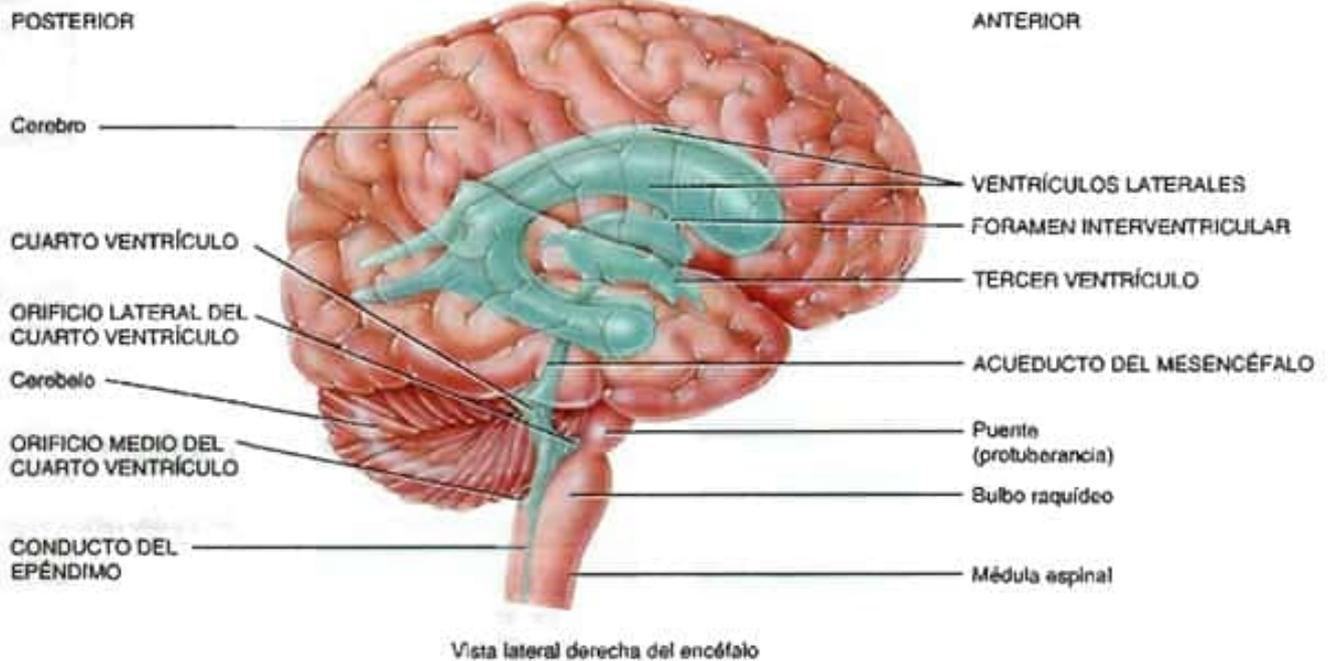
**1. Protección mecánica.** Representa un medio que amortigua los impactos y protege al delicado tejido nervioso del encéfalo y la médula espinal de movimientos que provocarían su roce con las paredes óseas del cráneo y las cavidades vertebrales. El líquido también sostiene al encéfalo de tal manera que éste “flota” en la cavidad craneana.

**2. Protección química.** Provee un ambiente químico óptimo para la señalización neuronal correcta. Incluso cambios leves en la composición iónica del LCR pueden provocar graves alteraciones en los potenciales de acción y en los potenciales postsinápticos.

**3. Circulación.** El LCR permite el intercambio de nutrientes y productos de desecho entre la sangre y el tejido nervioso.

**Fig. 14-3** Localización de los ventrículos en un "encéfalo transparente". Los forámenes interventriculares comunican los ventrículos laterales con el tercer ventrículo, y el acueducto mesencefálico comunica el tercer ventrículo con el cuarto.

Los ventrículos son cavidades intracerebrales que contienen líquido cefalorraquídeo.



Vista lateral derecha del encéfalo

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

## Formación del LCR en los ventrículos

El LCR se produce en los **plexos coroideos** (de *chóron*, membrana, y *eidós*, forma), redes de capilares (vasos sanguíneos microscópicos) en las paredes de los ventrículos. Los capilares están cubiertos de células ependimarias que generan el líquido cefalorraquídeo a partir del plasma sanguíneo por filtración y secreción. Como las células ependimarias presentan uniones estrechas, las sustancias que llegan al LCR desde los capilares del plexo coroideo no pueden filtrarse entre las células; en cambio, deben atravesarlas. Esta **barrera de hematocefalorraquídea** permite la entrada de ciertas sustancias en el LCR y la exclusión de otras potencialmente nocivas.

## 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 **fig. 14-4a**). La mayor parte del LCR proviene del plexo coroideo del techo del

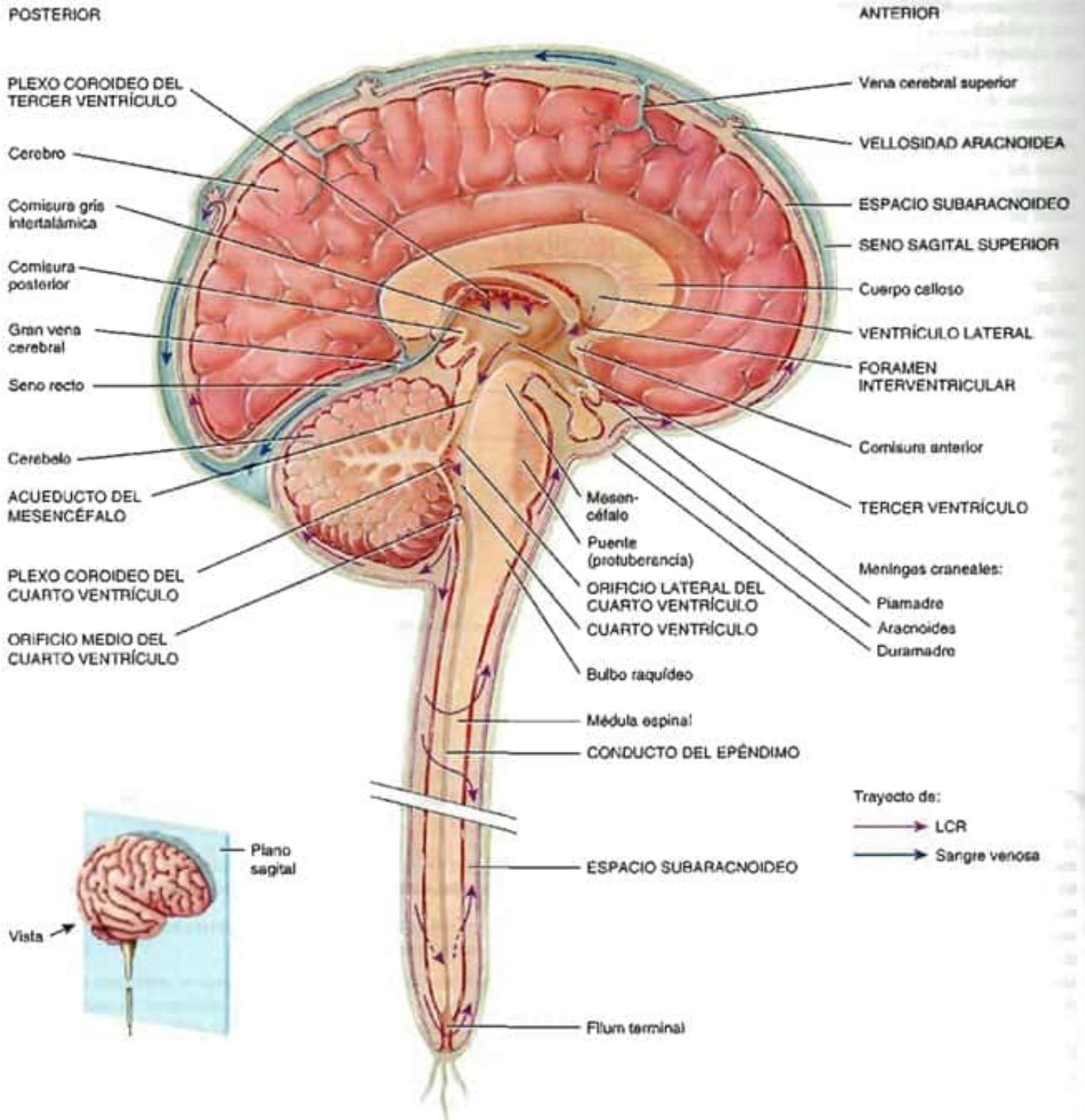
tercer ventrículo. El líquido luego fluye hacia el cuarto ventrículo a través del **acueducto del mesencéfalo** o **acueducto cerebral (Silvio)**, que atraviesa el mesencéfalo. El plexo coroideo del cuarto ventrículo aporta más líquido. El LCR puede llegar al espacio subaracnoideo por tres aberturas en el techo del cuarto ventrículo: un **orificio medio** y dos **orificios laterales**, uno 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 se reabsorbe en forma gradual hacia la circulación sanguínea por las **vellosidades aracnoideas**, extensiones digiformes de la aracnoides que se proyectan dentro de los senos venosos duros, especialmente en el **seno sagital superior** (véase **fig. 14-2**). (Un conglomerado de vellosidades aracnoideas se denomina **granulación aracnoidea** o **de Pacchioni**). En condiciones normales, el LCR se reabsorbe tan rápido 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. En la **figura 14-4c** se resumen la producción y el flujo del LCR.

Fig. 14-4 Circulación del líquido cefalorraquídeo.

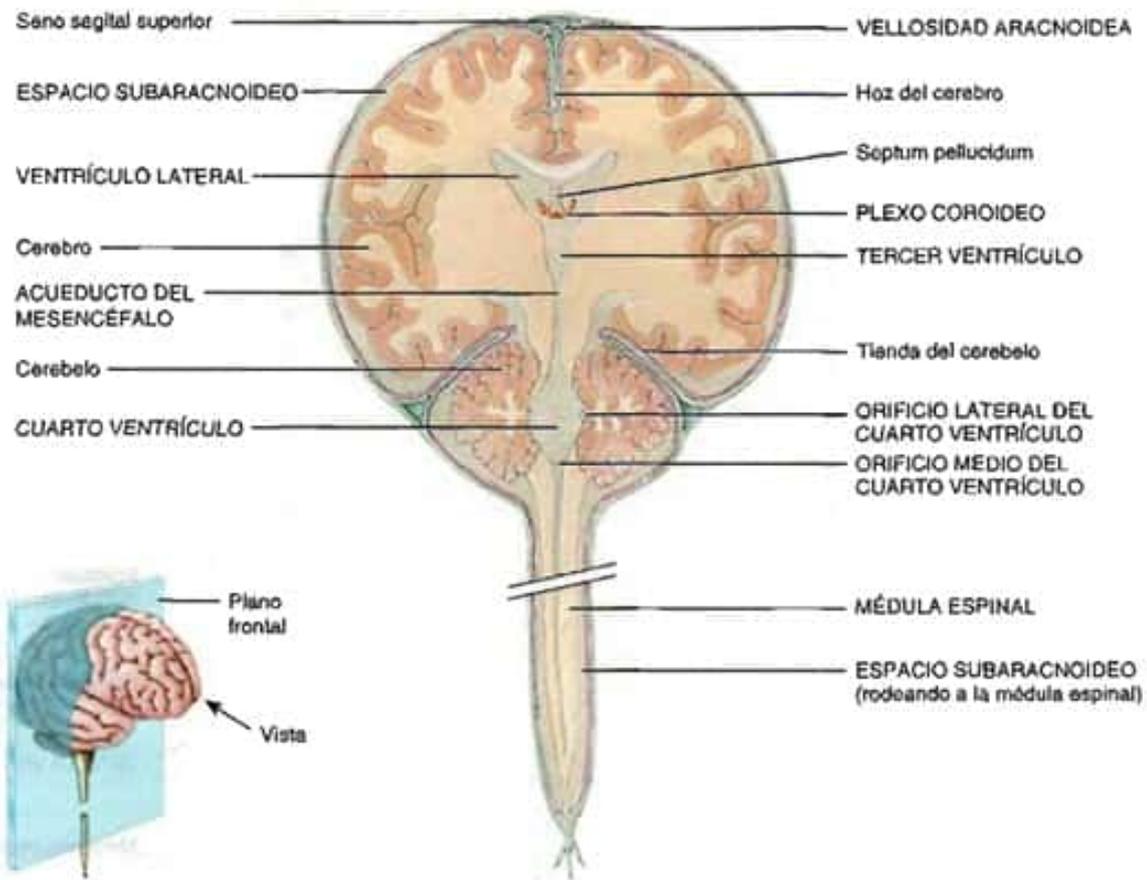


El LCR se forma en las células ependimarias que cubren los plexos coroideos de los ventrículos.



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

Fig. 14-4 Continuación.



(b) Corte frontal del encéfalo y la médula espinal

## Hidrocefalia

Ciertas anomalías encefálicas, como tumores, inflamación o malformaciones, pueden dificultar el drenaje del LCR desde los ventrículos al espacio subaracnoideo. Cuando el exceso de LCR se acumula en los ventrículos, la presión del LCR aumenta. La presión elevada del LCR puede causar el cuadro denominado **hidrocefalia** (hidro-, de *hydoor*, agua, y *kephale*, cabeza). En un lactante cuyas fontanelas todavía no se han cerrado, se observa un abultamiento 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. Un neurocirujano puede implantar un catéter de drenaje (una derivación o *shunt*) en el ventrículo lateral para derivar el LCR hacia la vena cava superior o hacia la cavidad abdominal, donde puede ser absorbido por la sangre. En los adultos, la hidrocefalia puede presentarse después de una lesión cefálica, meningitis o hemorragia subaracnoidea. La enfermedad puede causar la muerte con rapidez y requiere una intervención inme-

diata; como los huesos del cráneo del adulto están fusionados, el daño del tejido nervioso se produce rápidamente. ■

### ► 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 hematocefalorraquídea?

## TRONCO DEL ENCÉFALO

### ► OBJETIVO

Describir las estructuras y funciones del tronco del encéfalo

El **tronco del encéfalo** o **tallo cerebral** es la parte comprendida entre la médula espinal y el diencefalo; está conformada por 1) el bulbo raquídeo; 2) la protuberancia (puente), y 3) el mesencéfalo. Exten-



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

¿Dónde se reabsorbe el LCR?

dida a través del tronco encefálico 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; forma la parte inferior del tronco encefálico (fig. 14-5; véase también fig. 14-1). Se extiende desde el nivel del foramen magno (agujero occipital) hasta el borde inferior de la protuberancia, una distancia de 3 cm.

La sustancia blanca del bulbo contiene todos los tractos sensoriales (ascendentes) y motores (descendentes) que van desde la médula espinal hasta el encéfalo. Parte de la sustancia blanca forma abultamientos en la superficie anterior del bulbo, que se conocen con el nombre de **pirámides** (fig. 14-6; véase también fig. 14-

5) y están formadas por los grandes tractos corticoespirales que van del cerebro a la médula espinal. Justo por encima de la unión entre la médula espinal y el bulbo, el 90% de los axones de la pirámide izquierda cruzan a 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 lado del cerebro controla la mitad opuesta del cuerpo.

El bulbo también contiene diversos **núcleos**, masas de sustancia gris donde las neuronas hacen sinapsis. Muchos de ellos controlan funciones vitales. El **centro cardiovascular** regula el ritmo y la intensidad de los latidos cardiacos, así como el diámetro de los vasos sanguíneos. El **área de ritmicidad bulbar** del centro respiratorio controla el ritmo básico de la respiración. Otros núcleos del bulbo controlan los reflejos del vómito, la tos, la deglución, el hipo y el estornudo.

En posición lateral a cada pirámide se observa una elevación redondeada denominada **oliva** (véanse fig. 14-5 y 14-6). Dentro de las olivas se encuentran los **núcleos olivares inferiores**. Las neuronas que los forman relevan impulsos desde los propioceptores (que monitorizan la posición de músculos y articulaciones) al cerebelo.

Los núcleos relacionados con el tacto, la propiocepción consciente y la vibración se localizan en la parte posterior del bulbo. Estos núcleos son el **núcleo grácil** y el **núcleo cuneiforme** derechos e izquierdos. Muchos axones sensitivos ascendentes hacen sinapsis en estos núcleos y las neuronas postsinápticas transfieren la información al tálamo en el lado opuesto del encéfalo (véase fig. 16-5). Los axones ascienden hacia el tálamo por una banda de sustancia blanca llamada **lemnisco** (de *lemniskós*, cinta, banda) **medial**, que se extiende a través del bulbo, la protuberancia y el mesencéfalo (véase fig. 14-7b).

Finalmente, el bulbo contiene núcleos asociados con cinco pares de nervios craneales (véase fig. 14-5): los nervios vestibulococlear (VIII), glossofaríngeo (IX), vago (X), accesorio (XI) en su porción craneal e hipogloso (XII). Se los describirá, junto con los otros nervios craneales, más adelante en este capítulo.

## Lesión bulbar

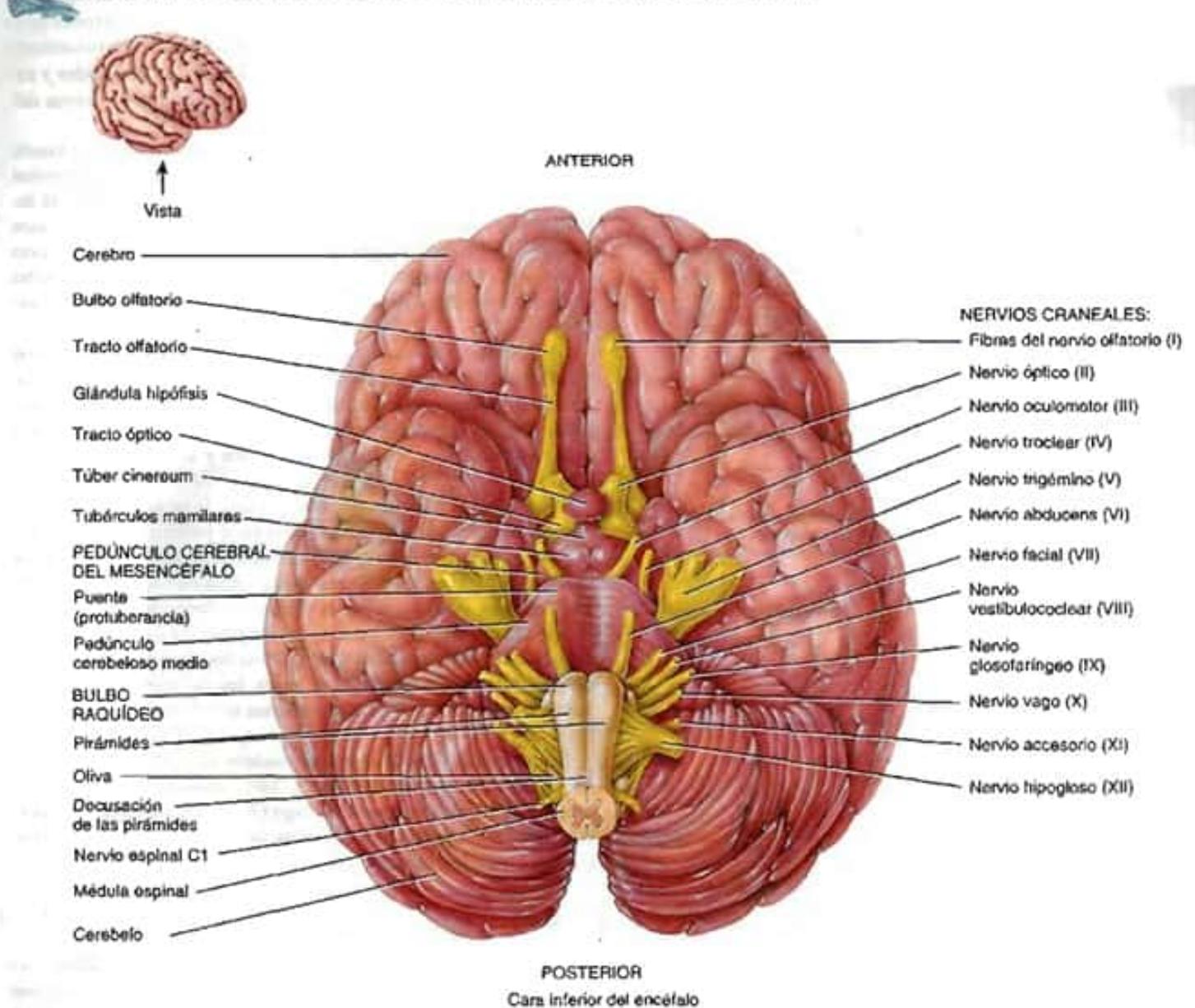
Dado que el bulbo controla un gran número de actividades, no es de extrañar que un traumatismo importante en la parte posterior de la cabeza o en la región superior del cuello pueda ser fatal. El daño en el área rítmica es particularmente grave y puede causar con rapidez la muerte. Los síntomas de lesión 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. ■

## Puente

El **puente** o **protuberancia** se sitúa directamente por encima del bulbo, por delante del cerebelo y mide alrededor de 2,5 cm de largo (véanse fig. 14-1 y 14-5). Como el bulbo, la protuberancia contiene tanto núcleos como tractos y funciona a modo de un puente que co-

**Fig. 14-5** El bulbo raquídeo en relación con el resto del tronco encefálico.

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



¿Qué parte del tronco encefálico contiene a las pirámides? ¿Y a los pedúnculos cerebrales?

necta 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.

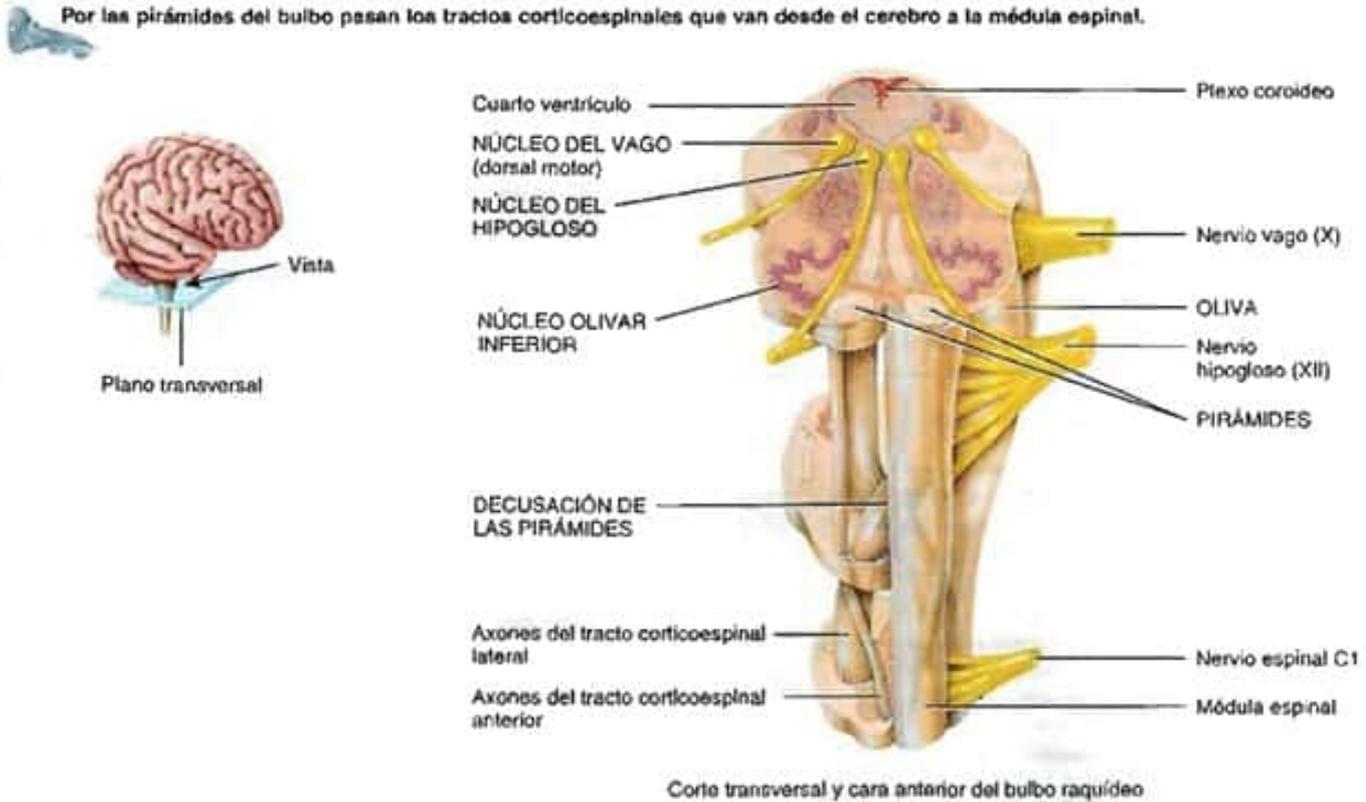
Las señales para el movimiento voluntario se originan en la corteza cerebral y son relevadas en los **núcleos pontinos** o **protuberanciales**. Otros núcleos del puente son el **área neumotáxica** y el

**área apneústica**, como muestra la **figura 23-25**. Junto con el área de ritmicidad bulbar, las áreas neumotáxica y apneústica regulan la respiración.

El puente presenta además núcleos asociados con los cuatro nervios craneales siguientes (véase **fig. 14-5**): los nervios trigémino (V), abducens o motor ocular externo (VI), facial (VII) y vestibulococlear (VIII).

Fig. 14-6 Anatomía interna del bulbo raquídeo.

Por las pirámides del bulbo pasan los tractos corticoespirales que van desde el cerebro a la médula espinal.



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

## Mesencéfalo

El **mesencéfalo** o **cerebro medio** se extiende desde la protuberancia hasta el diencefalo (véanse fig. 14-1 y 14-5) y mide alrededor de 2,5 cm de largo. Es atravesado por el acueducto del mesencéfalo (cerebral o de Silvio), 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.

La parte anterior del mesencéfalo contiene un par de tractos llamados **pedúnculos cerebrales** (véanse fig. 14-5 y 14-7b). Por ellos pasan los axones de las neuronas motoras de los haces corticoespiral, corticoprotuberancial y corticobulbar, que conducen los impulsos nerviosos desde el cerebro hasta la médula espinal, la protuberancia y el bulbo, respectivamente. Los pedúnculos cerebrales también contienen axones de neuronas sensitivas que van del bulbo al tálamo.

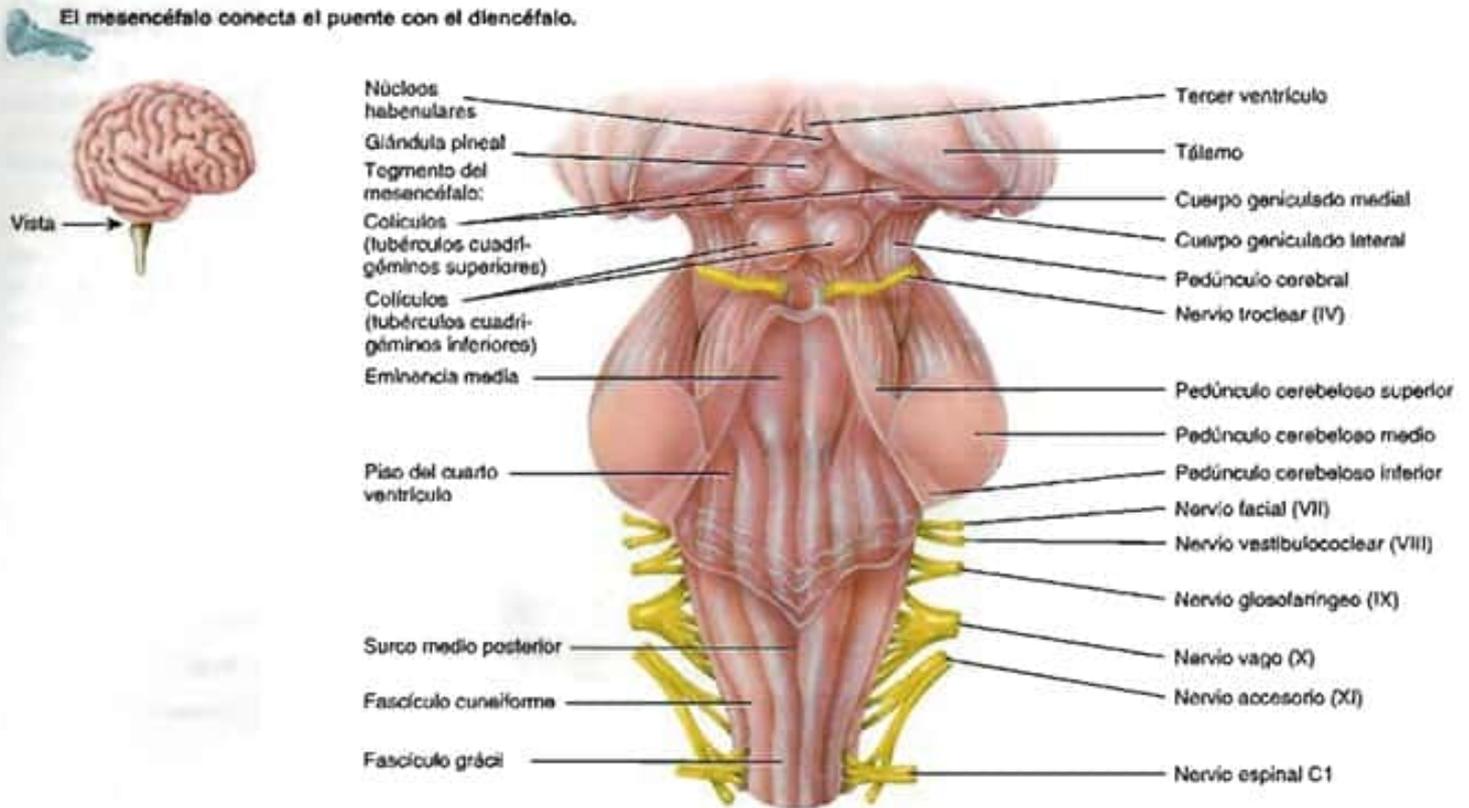
La parte posterior del mesencéfalo, denominada **tegmento** (**tectum**), presenta cuatro elevaciones redondeadas (fig. 14-7a). Las dos superiores, los **colículos (tubérculos cuadrigéminos) superiores**, tienen núcleos que actúan como centros de reflejos visuales. A través de circuitos neuronales que van de la retina al colículo superior y de éste a los músculos extrínsecos del ojo, los

estímulos visuales provocan movimientos oculares para rastrear imágenes en movimiento (como un automóvil desplazándose) y para examinar en detalle imágenes estacionarias (como usted al leer esta oración). Los colículos superiores también son responsables de los reflejos que gobiernan los movimientos de los ojos, la cabeza y el cuello en respuesta a estímulos visuales. Las dos elevaciones inferiores, los **colículos (tubérculos cuadrigéminos) inferiores**, contienen núcleos que forman parte de la vía auditiva, ya que reciben impulsos de los receptores del oído y los envían al tálamo. Estos núcleos también son centros para el **reflejo de sobresalto**, movimiento repentino de la cabeza y el cuerpo que se produce frente a un ruido intenso, como un disparo.

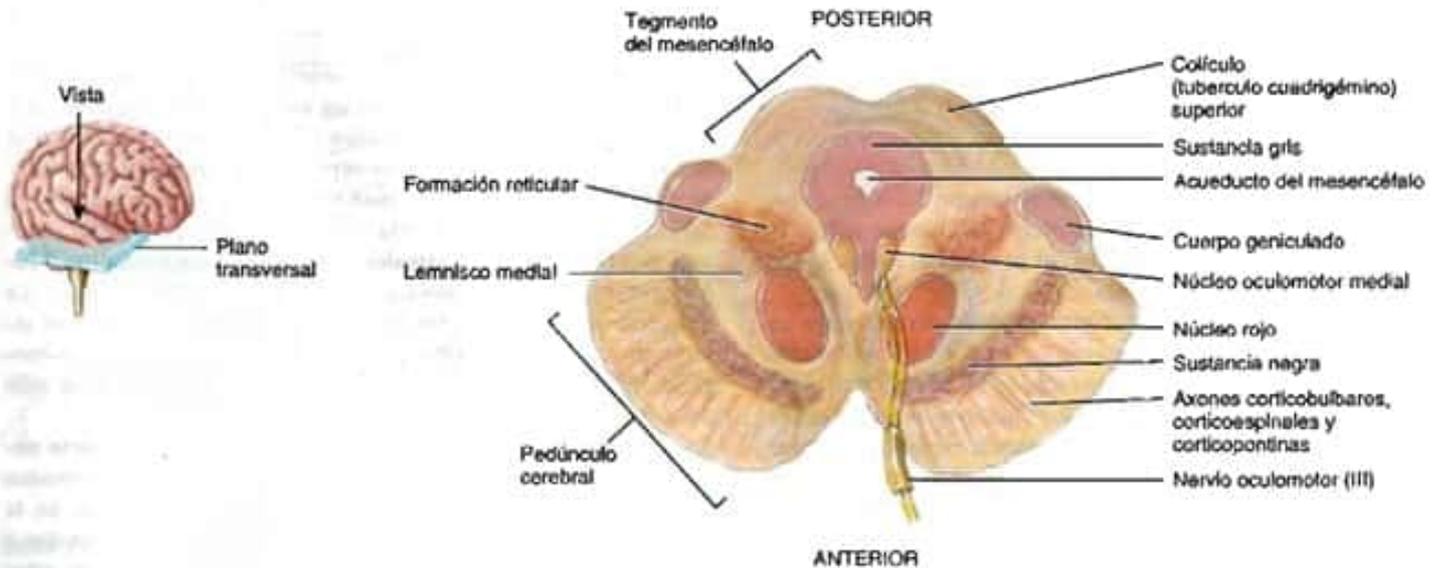
El mesencéfalo contiene otros núcleos, como la **sustancia negra derecha e izquierda**, que son núcleos grandes y pigmentados (fig. 14-7b). Las neuronas dopaminérgicas, que se originan en la sustancia negra y se proyectan sobre los ganglios basales, ayudan a controlar la actividad muscular subconsciente. La pérdida de estas neuronas está asociada con el síndrome de Parkinson (p. 572). También se encuentran presentes los **núcleos rojos derecho e izquierdo** (fig. 14-7b), 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

Fig. 14-7 Mesencéfalo.

El mesencéfalo conecta el puente con el diencéfalo.



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



(b) Corte transversal del mesencéfalo

¿Cuál es la importancia de los pedúnculos cerebrales?

sinapsis en los núcleos rojos, los que actúan junto con el cerebelo para coordinar los movimientos musculares.

Otros núcleos del mesencéfalo se asocian con dos nervios craneales (véase fig. 14-5): los nervios oculomotor (III) y troclear o patético (IV).

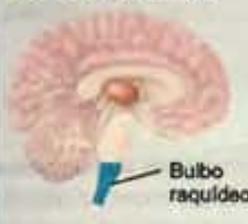
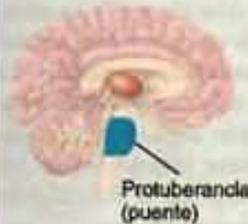
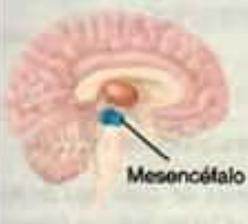
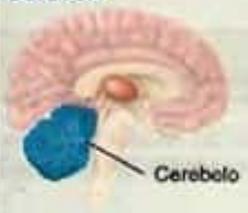
## Formación reticular

Junto a los núcleos bien definidos ya descritos, gran parte del tronco encefálico está constituida por agrupaciones de cuerpos neuronales (sustancia gris) dispersas entre pequeños haces de axones mielinizados (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** (fig. 14-7b). Se extiende desde la porción

superior de la médula espinal, atraviesa el tallo cerebral y llega a la parte inferior del diencefalo. Las neuronas de la formación reticular tienen funciones sensitivas (ascendentes) y motoras (descendentes). Una porción de la formación reticular, el **sistema activador reticular ascendente (SARA)**, consiste en axones sensitivos que se proyectan a la corteza cerebral (véase fig. 16-10). El SARA contribuye al mantenimiento de la conciencia y se activa en el momento del despertar del sueño. Por ejemplo, nos despertamos con el sonido de la alarma del reloj, con la luz de un relámpago o con el dolor por un pinchazo gracias a la actividad del SARA que excita a la corteza cerebral. La principal función motora de la formación reticular es la regulación del **tono muscular**, el leve grado de contracción del músculo en reposo.

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

**CUADRO 14-2** Resumen de las funciones de las principales porciones del encéfalo

Parte	Función	Parte	Función
<b>Tronco encefálico</b>		<b>Diencefalo</b>	
 <b>Bulbo raquídeo</b>	<i>Bulbo raquídeo:</i> releva impulsos sensitivos y motores entre otras partes del encéfalo y la médula espinal. La formación reticular (también en protuberancia, mesencéfalo y diencefalo) interviene en la conciencia y en el despertar. Centros vitales regulan la frecuencia cardíaca, el diámetro de los vasos sanguíneos y la respiración (junto con la protuberancia). Otros centros coordinan los reflejos de la deglución, el vómito, el hipo, la tos y el estomudo. Contiene los núcleos de los nervios craneales VIII a XII.	 <b>Epitálamo</b> <b>Tálamo</b> <b>Hipotálamo</b>	<i>Tálamo:</i> envía casi toda la información sensorial a la corteza cerebral. Suministra percepción del tacto grueso presión, dolor y temperatura. Tiene núcleos que intervienen en la planificación y el control de los movimientos. <i>Hipotálamo:</i> controla e integra la actividad del SNA y de la glándula hipófisis. Regula los patrones de comportamiento y emocionales, y los ritmos circadianos. Controla la temperatura corporal y regula la ingesta de alimentos y líquidos. Ayuda a mantener el estado de vigilia y establece los patrones normales de sueño. Produce las hormonas oxitocina y antidiurética (ADH). <i>Epitálamo:</i> formado por la glándula pineal, que secreta melatonina, y por los núcleos habenu-lares.
 <b>Protuberancia (puente)</b>	<i>Protuberancia (puente):</i> recibe impulsos de uno y otro lado del cerebelo y los que van de la médula al mesencéfalo. Contiene los núcleos de los nervios craneales V a VIII. Los centros neumotáxico y apneústico junto con el bulbo, intervienen en el control de la respiración.	 <b>Cerebro</b>	Las áreas sensitivas intervienen en la percepción de la información sensitiva; las áreas motoras controlan los movimientos musculares y las áreas de asociación modulan funciones más complejas como la memoria, la personalidad y la inteligencia. Los ganglios basales coordinan movimientos musculares automáticos grandes y regulan el tono muscular. El sistema límbico funciona en los aspectos emocionales del comportamiento relacionados con la supervivencia.
 <b>Mesencéfalo</b>	<i>Mesencéfalo:</i> recibe aferencias motoras de la corteza cerebral al puente e impulsos sensitivos de la médula espinal al tálamo. El colículo superior coordina movimientos oculares en respuesta a estímulos visuales y otros estímulos y el colículo inferior coordina movimientos de la cabeza y el tronco en respuesta a estímulos auditivos. La mayor parte de la sustancia negra y del núcleo rojo contribuyen al control de los movimientos. Contiene los núcleos de los nervios craneales III y IV.		
 <b>Cerebelo</b>	Compara los movimientos deseados con los que efectivamente se están realizando con el objeto de coordinar los movimientos finos y complejos. Regula la postura y el equilibrio. Es probable que participe en los procesos cognitivos y en el procesamiento del lenguaje.		

## ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

- ¿Cuáles son las localizaciones relativas del bulbo, el puente y el mesencéfalo?
- Defina la decusación de las pirámides. ¿Cuál es su importancia?
- ¿Qué funciones del cuerpo son controladas por los núcleos del tronco del encéfalo?
- ¿Qué dos funciones importantes lleva a cabo la formación reticular?

## CEREBELO

## ► OBJETIVO

Describa la estructura y las funciones del cerebelo.

El **cerebelo**, que sigue al cerebro en tamaño, ocupa la parte inferior y posterior de la cavidad craneal. 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 el puente y constituye la parte posteroinferior del encéfalo (véase fig. 14-1). Una depresión profunda conocida como **fisura transversa**, junto con la **tienda del cerebelo** (*tentorium cerebelli*), donde se apoya la parte posterior del encéfalo, separan al cerebro del cerebelo (véanse figs. 14-2b y 14-4b).

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** (véanse figs. 14-8a y 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 flocculonodular** en la superficie inferior contribuye al equilibrio y 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 profundos se encuentran tractos de sustancia blanca que forman el **árbol de la vida**, por su parecido con las ramas de un árbol. Todavía más profundos, entre la sustancia blanca, se ven los **núcleos cerebelosos**, regiones de sustancia gris de la cual parten axones que conducen impulsos del cerebelo a otras regiones del encéfalo y la médula espinal.

Tres pares de **pedúnculos cerebelosos** unen el cerebelo con el tronco encefálico (véanse figs. 14-7a y 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 inferiores** llevan información sensitiva desde el aparato vestibular del oído interno y desde propioceptores del cuerpo al cerebelo; estos axones se extienden desde el núcleo olivar inferior del bulbo y desde los tractos espinocerebelosos de la médula espinal al cerebelo. Los **pedúnculos cerebelosos medios** son los más largos; sus axones conducen órdenes para los movimientos voluntarios (los que se originan en las áreas motoras de la corteza cerebral) desde los núcleos del puente al cerebelo. Los **pedúnculos cerebelosos superiores** contienen axones que se extienden desde el

cerebelo a los núcleos rojos del mesencéfalo y a varios núcleos del tálamo.

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 discrepancias. Luego envía señales por un mecanismo de retroalimentación a las áreas motoras de la corteza a través de los núcleos rojos y el tálamo. Las **señales de retroalimentación ayudan a corregir los errores, afinar el movimiento y coordinar las secuencias complejas de movimientos 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 y tomografía por emisión de positrones confirman esta teoría. Otros estudios también sugieren un probable papel del cerebelo en el procesamiento de la información sensorial.



## Ataxia

Las lesiones del cerebelo como consecuencia de traumatismos o enfermedades alteran la coordinación muscular, 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 son los cambios en la forma de hablar a causa de la incoordinación muscular. La lesión cerebelosa puede causar tartamudeo o movimientos anormales al caminar. Las personas que beben mucho alcohol pueden presentar signos de ataxia ya que el alcohol inhibe la actividad del cerebelo. La sobredosis de alcohol también deprime la actividad del área rítmica del bulbo y pueden llevar a la muerte. ■

En el **cuadro 14-2** se resumen las funciones del cerebelo.

## ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

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

## DIENCÉFALO

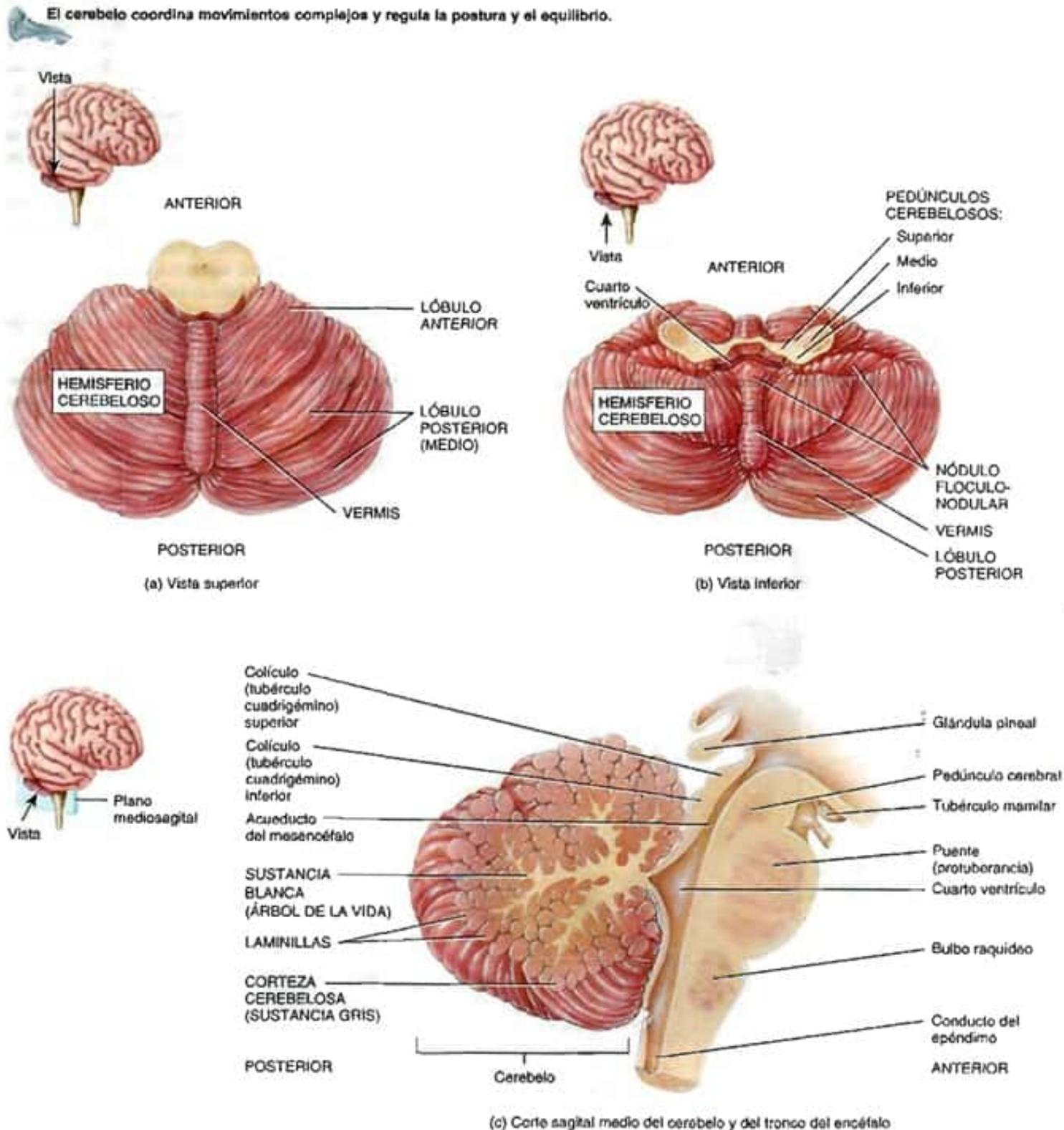
## ► OBJETIVO

Describir los componentes y las funciones del diencefalo.

El **diencefalo** se extiende entre el tronco del encéfalo y el cerebro y rodea al tercer ventrículo; comprende al tálamo, al hipotálamo y al epítálamo.

Fig. 14-8 Cerebelo.

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



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

## El tálamo

El tálamo, que mide alrededor de 3 cm de largo y representa el 80% del diencefalo, está constituido por masas pares y ovaladas de sustancia gris dispuestas como núcleos entre tractos de sustancia blanca (fig. 14-9). Un puente de sustancia gris, la **comisura gris intertalámica (adhesio intertalámica)** une las mitades derecha e izquierda del tálamo en un 70% de los encéfalos humanos.

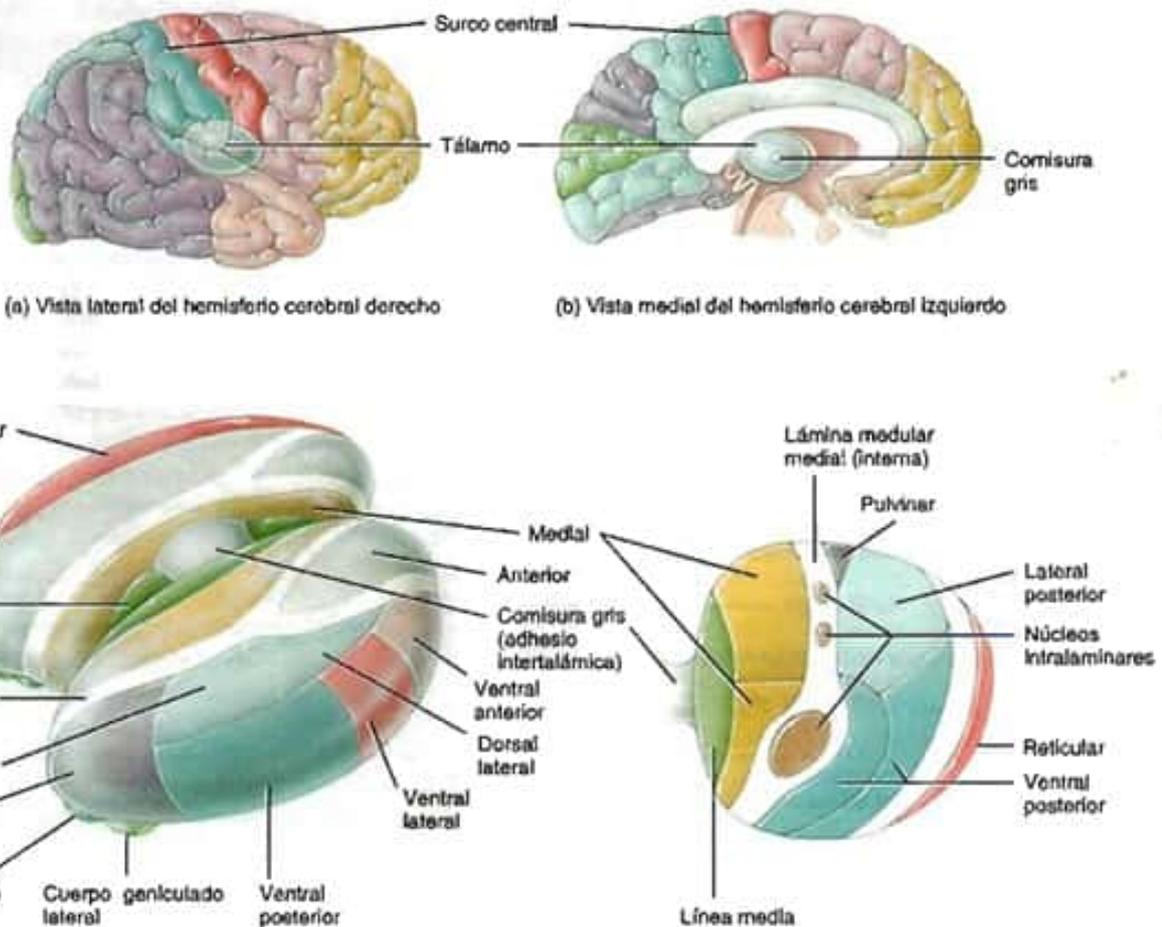
El tálamo es la estación de relevo de la mayoría de los impulsos nerviosos que llegan a las áreas sensitivas primarias de la corteza cerebral desde la médula y el tronco encefálico. Aunque las percepciones de dolor, temperatura y presión se originan en el tálamo, la localización precisa de estas sensaciones depende de impulsos nerviosos que llegan a la corteza cerebral.

El tálamo coopera con las funciones motoras transmitiendo información proveniente del cerebelo y de los ganglios basales al área motora primaria de la corteza cerebral. También distribuye impulsos nerviosos entre diferentes áreas del encéfalo y cumple un papel importante en la regulación de actividades autonómicas y el mantenimiento de la conciencia. Los axones que conectan al tálamo con la corteza cerebral atraviesan la **cápsula interna**, una banda densa de sustancia blanca lateral al tálamo (véase fig. 14-13b).

Una capa de sustancia blanca en forma de "Y", conocida como **lámina medular interna o medial**, divide a la sustancia gris de los

**Fig. 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 la médula espinal.



(c) Vista superolateral del tálamo que muestra la localización de los núcleos talámicos (el núcleo reticular se puede ver sólo en el lado izquierdo; todos los otros núcleos se muestran en el lado derecho)

(d) Corte transversal del lado derecho del tálamo que muestra la localización de los núcleos talámicos

lados izquierdo y derecho del tálamo (fig. 14-9c). Consiste en axones mielinizados que entran y salen de los numerosos núcleos talámicos.

Teniendo en cuenta su posición y sus funciones hay siete grupos principales de núcleos en cada lado del tálamo (figs. 14-9c y d):

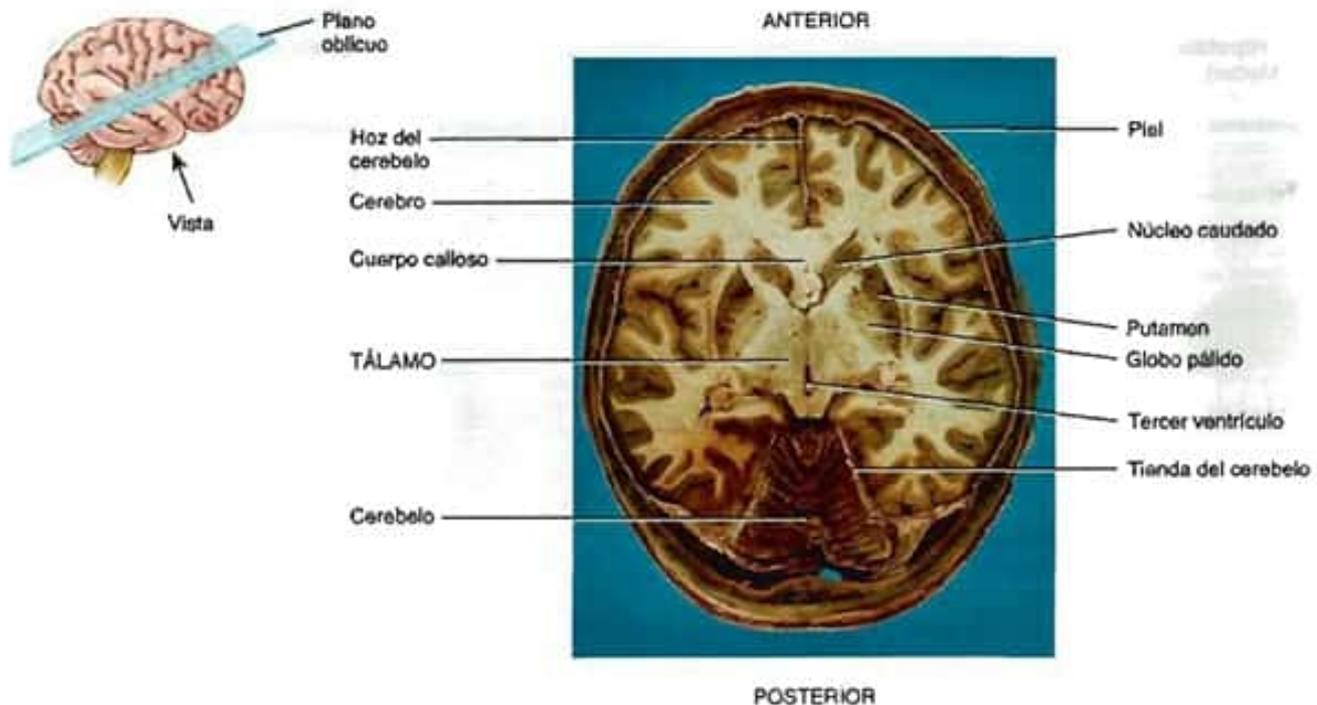
1. El **núcleo anterior** conecta con el hipotálamo y el sistema límbico (que se describe más adelante en el capítulo). Actúa en las emociones, la regulación del estado de alerta y la memoria.
2. Los **núcleos mediales** conectan a la corteza cerebral, el sistema límbico y los núcleos o ganglios basales. Participan en las emociones, el aprendizaje, la memoria, el grado de conciencia y la cognición (pensamiento y conocimiento).
3. Los núcleos del **grupo lateral** conectan al tubérculo cuadrigémino superior, al sistema límbico y a la corteza 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 información sensitiva.
4. Cinco núcleos forman parte del **grupo ventral**. El **núcleo ventral anterior** contribuye a las funciones motoras, posiblemente en la planificación del movimiento. El **núcleo ventral lateral** co-

necta al cerebelo y las partes motoras de la corteza cerebral. Sus neuronas se activan durante los movimientos del lado opuesto del cuerpo. El **núcleo ventral posterior** transmite impulsos de sensaciones somáticas como el tacto, la presión, la propiocepción, la vibración, el calor, el frío y el dolor en la cara y en el cuerpo a la corteza cerebral. El **cuerpo geniculado lateral** lleva impulsos visuales desde la retina al 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 la percepción del dolor, la integración de información motora y sensitiva y el despertar (activación de la corteza cerebral por la formación reticular del tronco encefálico).

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 parte lateral del tálamo, próxima a la cápsula interna. Este núcleo monitoriza, filtra e integra las actividades de los otros núcleos talámicos.



(e) Corte oblicuo del encéfalo

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



## El hipotálamo

El **hipotálamo** es la pequeña parte del diencefalo 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 parte más posterior del hipotálamo. Incluye a los cuerpos o tubérculos mamilares y a núcleos posteriores hipotalámicos (fig. 14-10). Los **tubérculos mamilares** son dos proyecciones pequeñas y redondeadas que sirven como estaciones de relevo para los reflejos relacionados con el sentido del olfato (véase también fig. 14-5).

2. La **región tuberal**, la parte más ancha del hipotálamo, comprende al **núcleo dorsomedial**, al **núcleo ventromedial** y al **núcleo arcuato**, y además al **infundíbulo**, que conecta la glándula hipófisis con el hipotálamo (fig. 14-10). La **eminencia media** es una región levemente elevada que rodea al infundíbulo (véase fig. 14-7a).

3. La **región supraóptica** se halla sobre el quiasma óptico (punto donde se cruzan los nervios ópticos) y contiene al **núcleo paraventricular**, al **núcleo supraóptico**, al **núcleo hipotalámico anterior** y al **núcleo supraquiasmático** (fig. 14-10). Los axones de los núcleos paraventricular y supraóptico forman el tracto hipotalamohipofisario, que se extiende a través del infundíbulo hasta el lóbulo posterior de la hipófisis.

4. La **región preóptica**, anterior a la región supraóptica, suele considerarse como parte del hipotálamo porque participa con éste en la regulación de ciertas actividades autonómicas. La región preóptica contiene a los **núcleos preópticos medial y lateral** (fig. 14-10).

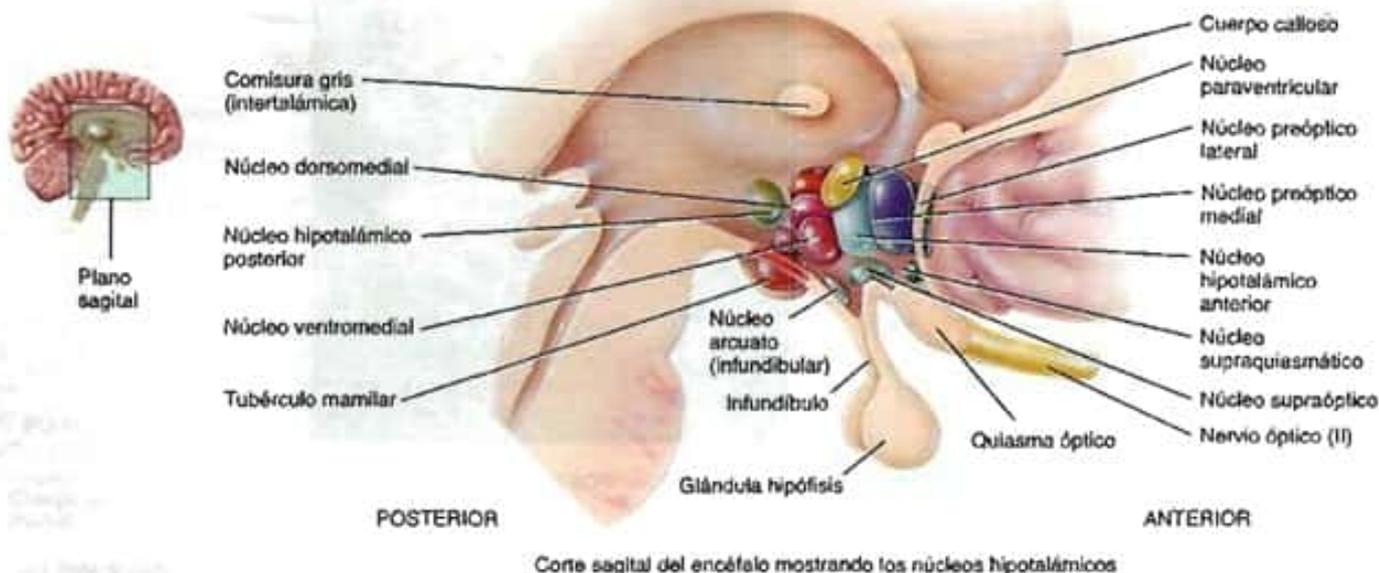
El hipotálamo controla muchas funciones orgánicas y es uno de los reguladores más importantes de la homeostasis. Impulsos sensoriales relacionados tanto con sentidos somáticos como viscerales llegan al hipotálamo, así como los impulsos de receptores visuales, gustativos y olfativos. Otros receptores dentro del mismo hipotálamo controlan en forma continua la presión osmótica, la concentración de glucosa y algunas hormonas y la temperatura de la sangre. El hipotálamo contiene 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 cefalíco y de

**Fig. 14-10 Hipotálamo.** Se muestran determinados núcleos del hipotálamo y una representación tridimensional de los núcleos hipotalámicos (según Metter).



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?

la médula espinal. A través del SNA, el hipotálamo es un área importante de regulación de la actividad visceral, como la regulación de la frecuencia cardíaca, del movimiento de los alimentos por el tubo digestivo y de la contracción de la vejiga urinaria.

- **Producción de hormonas.** El hipotálamo elabora varias hormonas y tiene dos tipos importantes de conexiones con la hipófisis, una glándula endocrina localizada por debajo del hipotálamo (véase fig. 14-1). En primer lugar hormonas hipotalámicas se liberan a las redes de capilares de la eminencia media. El flujo sanguíneo lleva a 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. Los cuerpos de estas neuronas elaboran 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 y placer, y los patrones de conducta relacionados con el deseo sexual.
- **Regulación de la ingesta de alimentos y agua.** El hipotálamo regula la ingesta de alimentos a través de los núcleos arcuato y paraventricular. 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, causan 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.** 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. Al contrario, cuando la temperatura de la sangre es más baja que lo normal, el hipotálamo genera impulsos que promueven la producción y retención de calor.
- **Regulación de la frecuencia cardíaca y los estados de conciencia.** El núcleo supraquiasmático establece los patrones de vigilia y sueño que presentan un ritmo circadiano (ciclo cercano a las 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 habenuares. La **glándula pineal** (de *pinex*, piña) tiene el tamaño de una habichuela y sobresale de la línea media posterior del tercer ventrículo (véase fig. 14-1). Es considerada parte del sistema endocrino porque secreta la hormona **melatonina**. Como se libera más melatonina en la oscuridad que en la luz, se piensa que esta hormona podría estimular el sueño. La melatonina parece contribuir al ajuste del reloj biológico del cuerpo. Los **núcleos habenuares**, representados en la **figura 14-7a**, se relacionan con el olfato, en especial con las respuestas emocionales frente a los olores, como al perfume de

nuestro ser amado o el olor que desprenden los bizcochos 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, llamadas **órganos circunventriculares (OCV)** porque se encuentran en las paredes de los ventrículos tercero y cuarto, pueden monitorizar los cambios químicos de la sangre dado que en estas zonas no hay barrera hematoencefálica. Los OCV abarcan parte del hipotálamo, la glándula pineal, la glándula hipófisis y algunas estructuras cercanas. Funcionalmente, estas regiones coordinan actividades homeostáticas de los sistemas endocrino y nervioso, como la regulación de la presión arterial, el equilibrio hídrico, el hambre y la sed. Los OCV son también los sitios de entrada al **encefalo del HIV**, el virus del SIDA. Una vez dentro del **encefalo**, el HIV puede causar demencia (deterioro irreversible del estado mental) y otros trastornos neurológicos.

### ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

12. ¿Por qué se considera al tálamo como la "estación de relevo" del **encefalo**?
13. ¿Por qué se considera que el hipotálamo es tanto parte del sistema nervioso como del endocrino?

## EL CEREBRO

### ► OBJETIVOS

- Describir la corteza, circunvoluciones, fisuras y surcos del cerebro.
- Conocer y localizar los lóbulos del cerebro.
- Describir los núcleos comprendidos 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 capacidad de leer, escribir y hablar, realizar cálculos y componer música, recordar el pasado, planificar el futuro, e imaginar cosas que jamás han existido.

Las mitades derecha e izquierda del cerebro se conocen como **hemisferios cerebrales** y se encuentran separados por la hoz del cerebro. Los hemisferios consisten en una capa externa de sustancia gris y una región interna de sustancia blanca con núcleos grises en su interior. La capa externa de sustancia gris es la **corteza cerebral** (fig. 14-11a). Aunque sólo mide 2 a 4 mm de espesor, contiene miles de millones de neuronas. Por dentro de la corteza cerebral se encuentra la sustancia blanca.

Durante el desarrollo embrionario, cuando el tamaño del cerebro aumenta rápidamente, la sustancia gris de la corteza se agranda con mucha mayor rapidez que la sustancia blanca profunda. Como resultado de ello, la región cortical se pliega sobre sí misma. Los

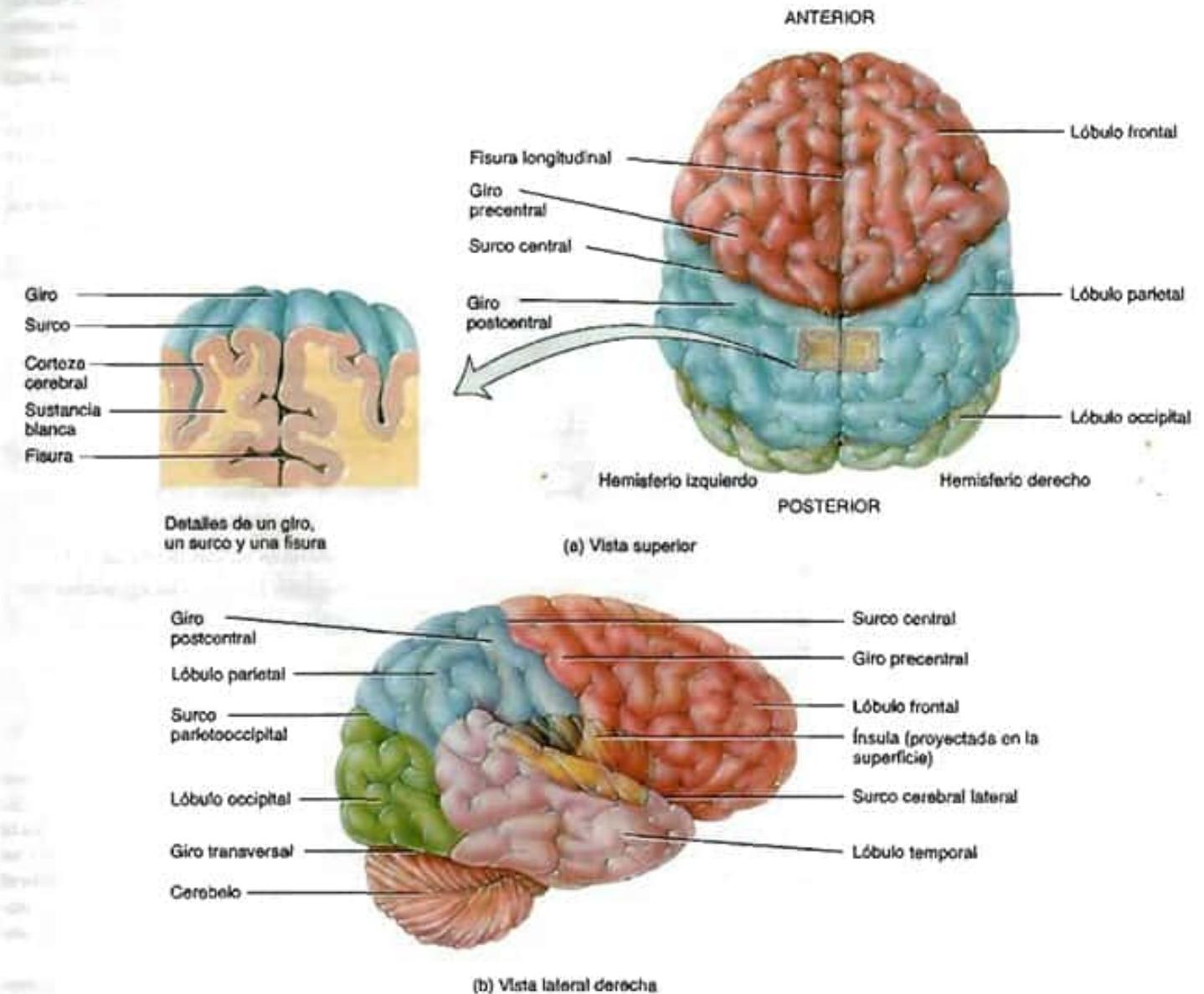
pliegues se conocen como **giros** o **circunvoluciones** (figs. 14-11a y b). Las grietas más profundas entre las circunvoluciones se denominan **fisuras**; las más superficiales se conocen como **surcos**. La depresión más profunda, la **fisura longitudinal**, divide al cerebro en una mitad derecha y una mitad izquierda llamadas **hemisferios cerebrales**. Los hemisferios se conectan internamente mediante el **cuerpo caloso**, una ancha banda de sustancia blanca que contiene axones que se extienden de uno a otro hemisferio (véase fig. 14-12).

### Lóbulos del cerebro

Cada hemisferio cerebral se subdivide en cuatro lóbulos. Los lóbulos se denominan según los huesos que los cubren: frontal, parietal, temporal y occipital (véanse figs. 14-11a, b). El **surco central** (cisura de Rolando) 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 ce-

**Fig. 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 y planificar el futuro y crear.



 ¿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?

rebral. Otro giro mayor, el **giro poscentral**, que se localiza inmediatamente por detrás del surco central, contiene al área somatosensible primaria de la corteza cerebral. El **surco cerebral lateral** (cisura de Silvio) separa al **lóbulo frontal** del **lóbulo temporal**. El **surco parietooccipital** separa al **lóbulo parietal** del **lóbulo occipital**. Una quinta parte del cerebro, la **ínsula**, no se puede ver en la superficie del encéfalo porque está por dentro del surco cerebral lateral, en la profundidad de los lóbulos parietal, frontal y temporal (fig. 14-11b).

### Sustancia blanca cerebral

La **sustancia blanca** está formada por axones mielínicos y amielínicos en tres tipos de tractos (fig. 14-12 y 14-4a):

1. Los **tractos de asociación** contienen axones que conducen impulsos entre las circunvoluciones del mismo hemisferio.
2. Los **tractos comisurales** contienen axones que conducen impulsos nerviosos desde las circunvoluciones de un hemisferio cerebral a las circunvoluciones correspondientes del hemisferio opuesto. Tres importantes grupos de tractos comisurales son el **cuerpo calloso** (el haz más grueso de fibras del cerebro, que contiene alrededor de 300 millones de fibras), la **comisura anterior** y la **comisura posterior**.
3. Los **tractos de proyección** contienen axones que conducen impulsos nerviosos desde el cerebro a 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 fig. 14-13b).

### Ganglios (núcleos) basales

En la profundidad de cada hemisferio cerebral se encuentran tres núcleos (masas de sustancia gris) denominados en conjunto **ganglios basales** (véase fig. 14-13). Hay que recordar que se denomina generalmente "ganglios" a los conjuntos de cuerpos neuronales fuera del SNC. Los ganglios basales son la excepción a esa regla. De hecho, en algunos textos (entre ellos la *Terminología Anatómica Internacional*) puede encontrarse el término *núcleos basales*, pero no es el que utilizan la mayoría de los neurocientíficos. Además, puede confundirse con el nombre de otras regiones del encéfalo, como el núcleo basal que está afectado en pacientes con enfermedad de Alzheimer.

Dos de los ganglios o núcleos basales se encuentran uno al lado del otro, laterales 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 (véase fig. 14-7b) y los **núcleos subtalámicos** (véase fig. 14-13b) son dos estructuras cercanas y relacionadas desde el punto de vista funcional con los ganglios basales. Los axones de la sustancia negra terminan en el núcleo caudado y en el putamen. Los núcleos subtalámicos están interconectados con el globo pálido.

Los ganglios basales reciben impulsos de la corteza cerebral y envían información a las partes motoras de la corteza a través de los

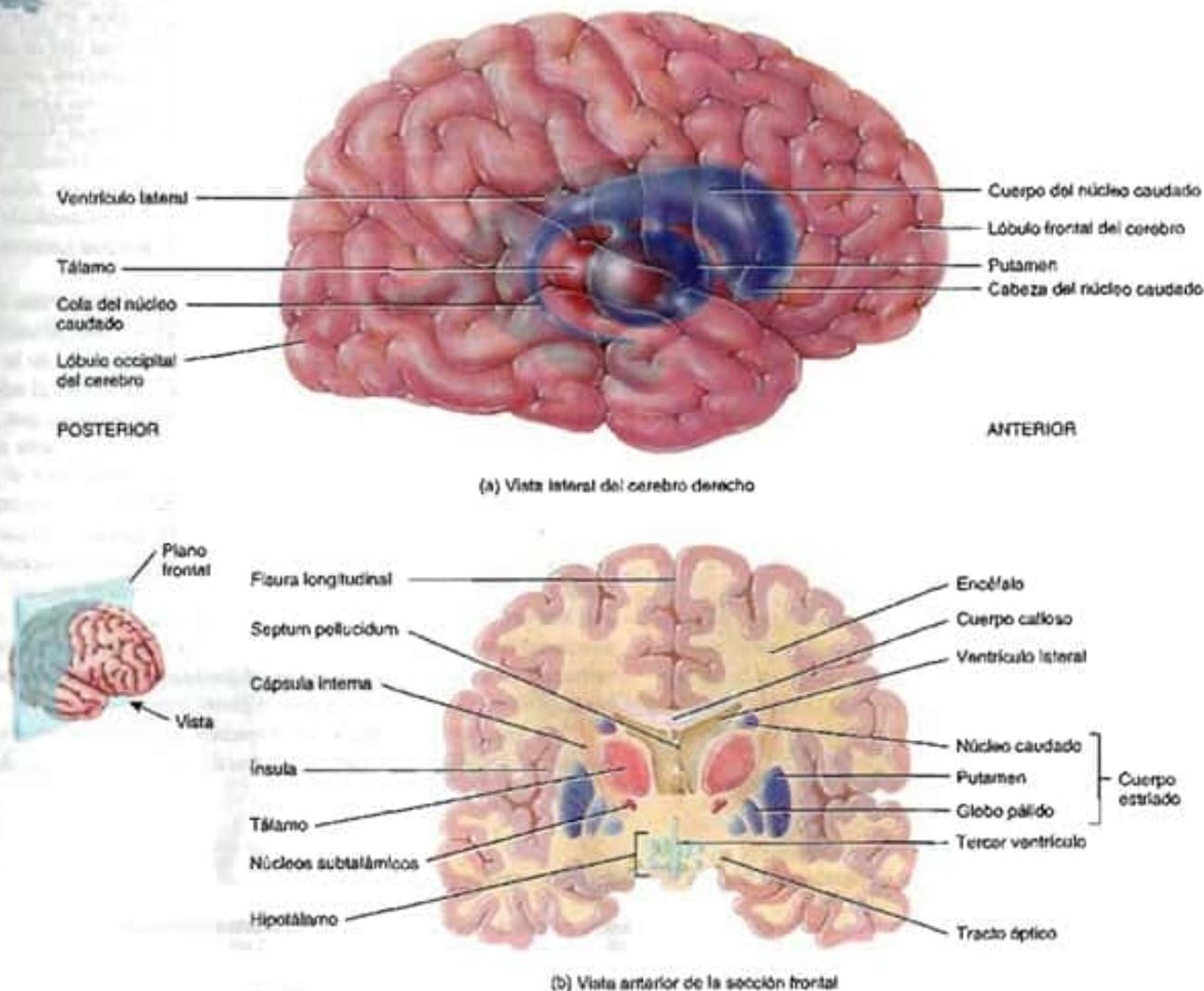
Fig. 14-12 Organización de los tractos de sustancia blanca del hemisferio cerebral izquierdo.



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

**Fig. 14-13 Ganglios basales.** En (a) los ganglios o núcleos basales se proyectaron sobre la superficie y se muestran en azul.

Los ganglios basales controlan los movimientos automáticos de los músculos esqueléticos y del tono muscular.



(a) Vista lateral del cerebro derecho

(b) Vista anterior de la sección frontal

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

grupos medial y ventral de los núcleos del tálamo. Además, los ganglios basales tienen 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 se aprecia antes de 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 realiza conscientemente cuando alguno de sus profesores de anatomía o fisiología quiere hacerse el gracioso).

### Lesiones de los ganglios basales

Las lesiones de los ganglios basales provocan temblor, rigidez muscular (espasticidad) y movimientos musculares involuntarios. Trastornos del movimiento como éstos se observan en la enfermedad de Parkinson (véase p. 572), afección en la cual las neuronas que van de la sustancia negra al putamen y el núcleo caudado se degeneran y causan esas alteraciones. ■

Los ganglios basales tienen otro papel además de su influencia en las funciones motoras. Ayudan a iniciar y terminar algunos procesos cognitivos como la atención, la memoria y la planificación y

pueden actuar junto con el sistema límbico en la regulación de las conductas emocionales. Algunas enfermedades psiquiátricas, como el trastorno obsesivo-compulsivo, la esquizofrenia y la ansiedad crónica, estarían vinculadas con la disfunción de los circuitos que comunican los ganglios basales y el sistema límbico.

## El sistema límbico

Rodeando a la parte superior del tronco encefálico y el cuerpo calloso hay un anillo de estructuras en el borde interno del cerebro y el piso del diencefalo que constituye el **sistema límbico** (de *limbus*, borde o margen). Los principales componentes del sistema límbico son los siguientes (fig. 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 encuentra en el lóbulo temporal. El **hipocampo** es una parte 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 al cuerpo calloso y a giro paraterminal.
- Los **tubérculos mamilares del hipotálamo** son dos masas redondeadas próximas a la línea media y cercanas a los pedúnculos cerebrales.

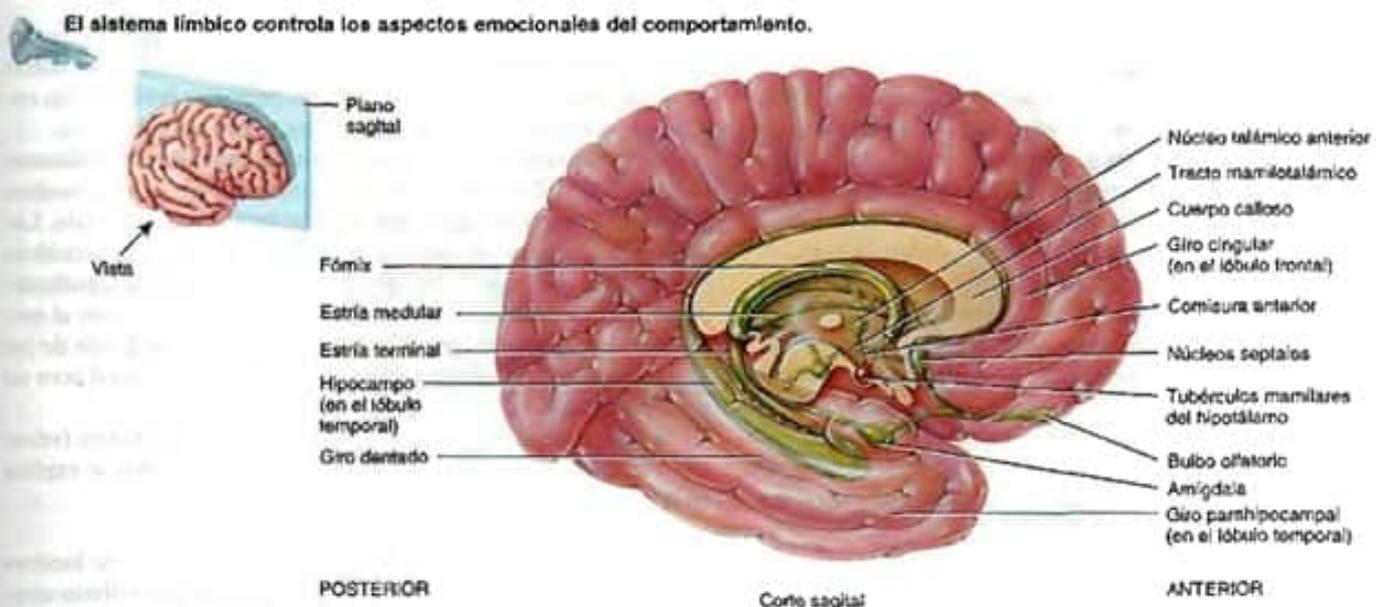
- Dos núcleos del tálamo, el **núcleo anterior** y el **núcleo medial**, participan en los circuitos límbicos (véase fig. 14-9c y d).
- Los **bulbos olfatorios** son cuerpos aplanados de la vía olfatoria que descansan sobre la lámina cribosa del etmoides.
- El **fórnix**, la **estria terminal**, la **estria medular**, el **fascículo telencefálico medial** (fascículo prosencefálico medial o haz medial del cerebro anterior) 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 la olfacción y la memoria. Los experimentos demostraron que cuando se estimulan áreas diferentes del sistema límbico de los animales, la reacción de 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 del gato o de ciertos núcleos del hipotálamo, produce un patrón de conducta llamado ira: el gato extiende sus garras, levanta la cola, abre ampliamente los ojos, sísea y escupe. Al contrario, la extirpación de la amígdala suprime el miedo y la agresividad en el animal. Una persona con una lesión en la amígdala no puede reconocer las expresiones de temor en los demás, ni expresar su propio miedo en las situaciones apropiadas.

El hipocampo, junto con otras partes del cerebro, participa en la memoria. Los pacientes con lesiones en determinadas estructuras del sistema límbico olvidan hechos recientes y no pueden incorporar nada a su memoria.

Las funciones del cerebro se resumen en el cuadro 14-2.

Fig. 14-14 Componentes del sistema límbico y estructuras que lo rodean.



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

**CUADRO 14-3** Diferencias funcionales entre ambos hemisferios cerebrales

Funciones del hemisferio izquierdo	Funciones del hemisferio derecho
Recibe señales sensitivas somáticas desde los músculos de la mitad derecha del cuerpo y los controla.	Recibe señales sensitivas somáticas desde los músculos de la mitad izquierda del cuerpo y los controla.
Razonamiento.	Conocimiento musical y artístico.
Habilidades numéricas y científicas.	Percepción del espacio y los patrones.
Capacidad para utilizar y comprender el lenguaje.	Reconocimiento de caras y del contenido emocional de las expresiones faciales.
Lenguaje escrito y hablado.	Genera el contenido emocional del lenguaje.
	Genera imágenes visuales.
	Identifica y discrimina diferentes olores.

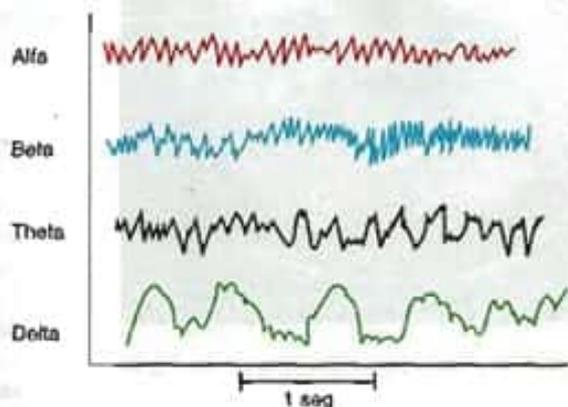
El cuadro 14-3 resume algunas de las funciones más proclives a presentar lateralización hemisférica.

## Ondas cerebrales

En todo momento, las neuronas cerebrales generan millones de impulsos nerviosos (potenciales de acción). Estas señales eléctricas se conocen con el nombre de **ondas cerebrales**. Las ondas cerebrales producidas por las neuronas próximas a la superficie cerebral, principalmente de la corteza, pueden detectarse con sensores llamados 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 cerebrales, 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.

**Fig. 14-17** Tipos de ondas cerebrales registradas en un electroencefalograma (EEG)

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



¿Qué tipo de ondas cerebrales indican estrés emocional?

Los patrones de activación neuronal producen cuatro tipos de ondas cerebrales (fig. 14-17):

**1. Ondas alfa.** Estas ondas rítmicas aparecen con una frecuencia de 8 a 13 ciclos por segundo (la unidad comúnmente usada 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, o sea, cuando se experimentan sensaciones o cuando hay 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 sufren estrés emocional. También se encuentran presentes en gran cantidad de trastornos cerebrales.

**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

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

## NERVIOS CRANEALES

### ► OBJETIVO

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

Los 12 pares de nervios o pares craneales llevan esta denominación ya que atraviesan forámenes de los huesos craneales. Como los 31 pares de nervios espinales, forman parte del sistema nervioso periférico (SNP). Cada nervio craneal se distingue tanto por el nú-

mero romano como por el nombre que recibió (véase fig. 14-5). Los números indican el orden, de adelante hacia atrás, en que los nervios salen del cráneo. Por otra parte, los nombres destacan sus funciones o su distribución.

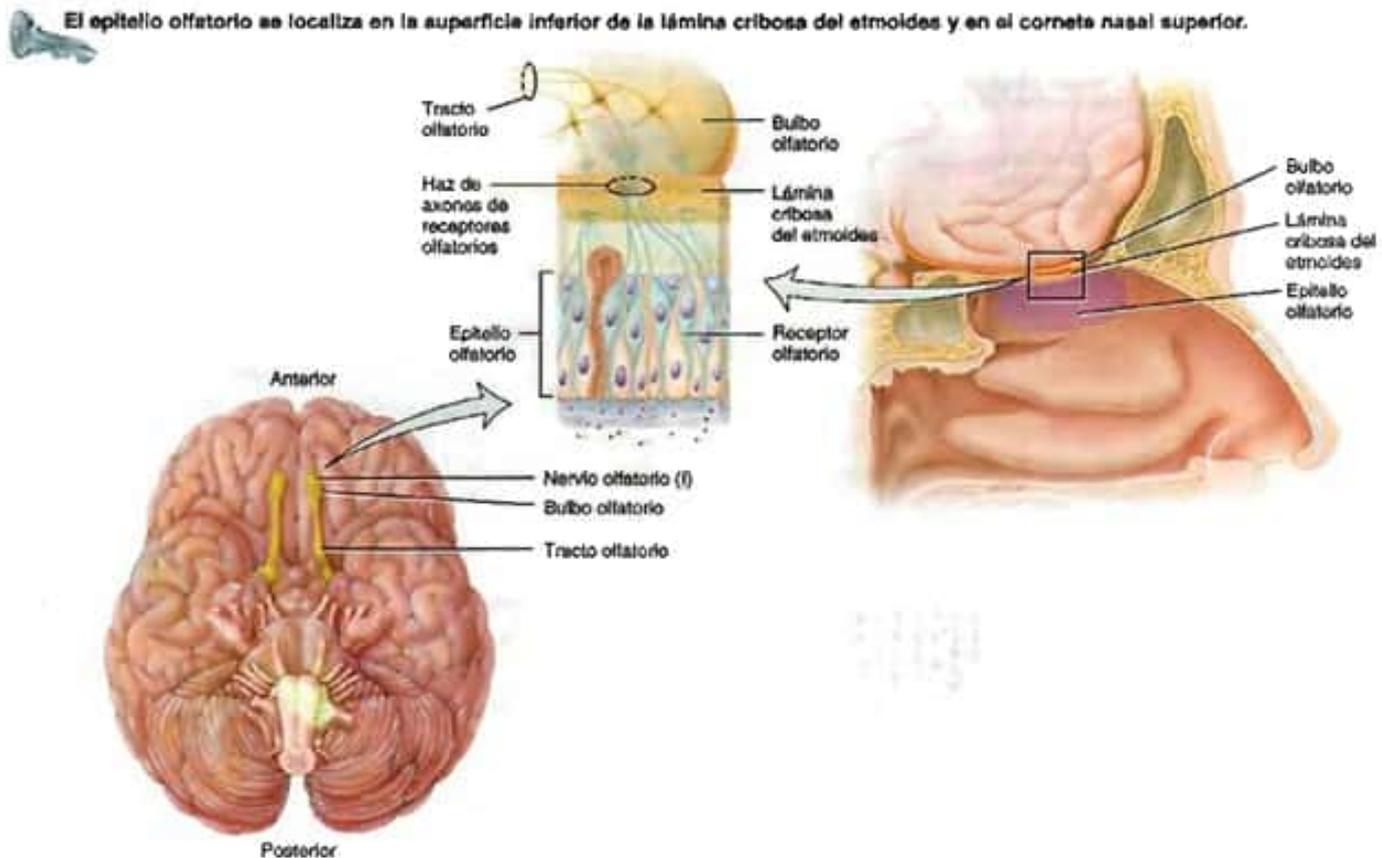
Los nervios craneales provienen de la nariz (par craneal I), del ojo (par craneal II), del oído interno (par craneal VIII), del tronco encefálico (pares craneales III a XII) y de la médula espinal (parte del par craneal XI). Dos nervios craneales (los pares I y II) contienen sólo axones sensitivos, por lo cual se los denomina **nervios sensoriales**. El resto de los pares craneales se clasifica como **nervios mixtos**, ya que sus axones se originan tanto de neuronas sensitivas como motoras. Los pares III, IV, VI, XI y XII son predominantemente motores. Contienen unos pocos axones que surgen de propioceptores musculares, pero la mayor parte nace de neuronas motoras que inervan músculos esqueléticos. Los pares III, VII, IX y X tienen axones motores somáticos y autónomos. Los somáticos inervan al músculo esquelético; los autónomos, que forman parte de la división parasimpática del SNA, inervan glándulas, músculo liso y músculo cardíaco. Aunque en las siguientes divisiones se nombra a los nervios en singular, hay que recordar que siempre son estructuras pares. Los cuerpos de las neuronas sensitivas se localizan en ganglios localizados fuera del cerebro; los cuerpos de las neuronas motoras se hallan en núcleos cerebrales.

## Nervio olfatorio (I)

El **nervio (I) olfatorio** es enteramente sensitivo; contiene axones que conducen impulsos nerviosos de la olfacción (fig. 14-18). El epitelio olfatorio ocupa la parte superior de la cavidad nasal, cubre la cara inferior de la lámina cribosa del etmoides y se extiende hacia abajo a lo largo del cornete superior. Los receptores son las neuronas bipolares del epitelio olfatorio. Cada una presenta una única dendrita sensible al olor que se proyecta desde un lado del cuerpo neuronal y un axón desmielinizado que se origina en el extremo opuesto. Haces de axones pertenecientes a los receptores olfatorios atraviesan la lámina cribosa a través de unos 20 orificios a cada lado de la nariz. Estos 40 haces de axones forman los nervios olfatorios derecho e izquierdo.

Los nervios olfatorios terminan en dos masas de sustancia gris denominadas **bulbos olfatorios**, dos proyecciones del encéfalo que descansan sobre la lámina cribosa del etmoides. En su interior los terminales axónicos de los receptores olfatorios hacen sinapsis con las dendritas y cuerpos celulares de las neuronas siguientes que forman la vía olfatoria. Los axones de estas neuronas constituyen los tractos olfatorios, que se extienden hacia atrás desde los bulbos (véase fig. 14-5). Los axones de los tractos olfatorios terminan en el área olfativa primaria del lóbulo temporal de la corteza cerebral.

Fig. 14-18 Nervio olfatorio (I).



¿Dónde terminan los axones de los tractos olfatorios?

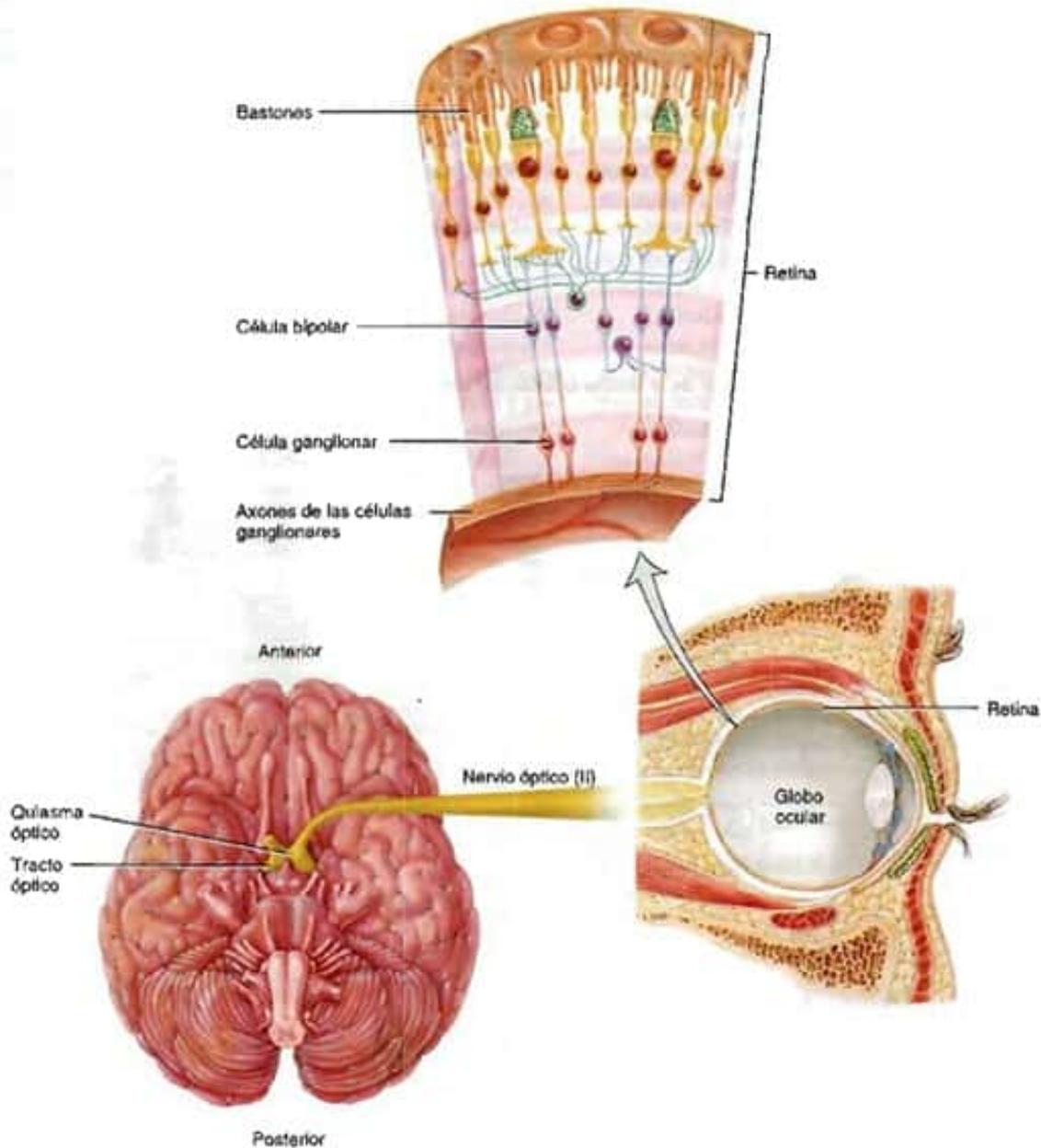
## Nervio óptico (II)

El **nervio óptico (II)** también es enteramente sensitivo; contiene axones que conducen impulsos de la visión (fig. 14-19). En la retina, los conos y bastones inician las señales visuales, relevadas en las células bipolares, que transmiten la señal a las células ganglionares. Los axones de las células ganglionares de cada reti-

na se unen para formar el nervio óptico, que atraviesa en su trayecto el conducto óptico. Unos 10 mm por detrás del globo ocular, los dos nervios ópticos convergen en el **quiasma** (entrecruzamiento en X) óptico. Dentro del quiasma los axones de la mitad interna o medial de cada ojo cruzan hacia el lado opuesto; los de la mitad externa o lateral continúan en el mismo lado. Por detrás del quiasma, los axones se reagrupan y dan lugar a los **tractos óp-**

Fig. 14-19 Nervio óptico (II).

En secuencia, las señales visuales pasan de los bastones y conos hacia las células bipolares y luego a las ganglionares.



¿Dónde termina la mayoría de los axones de los tractos ópticos?

ticos. La mayor parte de los axones del tracto óptico llegan hasta el cuerpo geniculado lateral del mismo lado. Allí hacen sinapsis con neuronas cuyos axones se extienden hasta el área visual primaria del lóbulo occipital de la corteza cerebral (área 17 en **fig. 14-15**). Algunos pocos axones atraviesan el quiasma óptico y llegan al colículo superior del mesencéfalo. Hacen sinapsis con neuronas motoras que controlan a los músculos extrínsecos e intrínsecos del ojo.

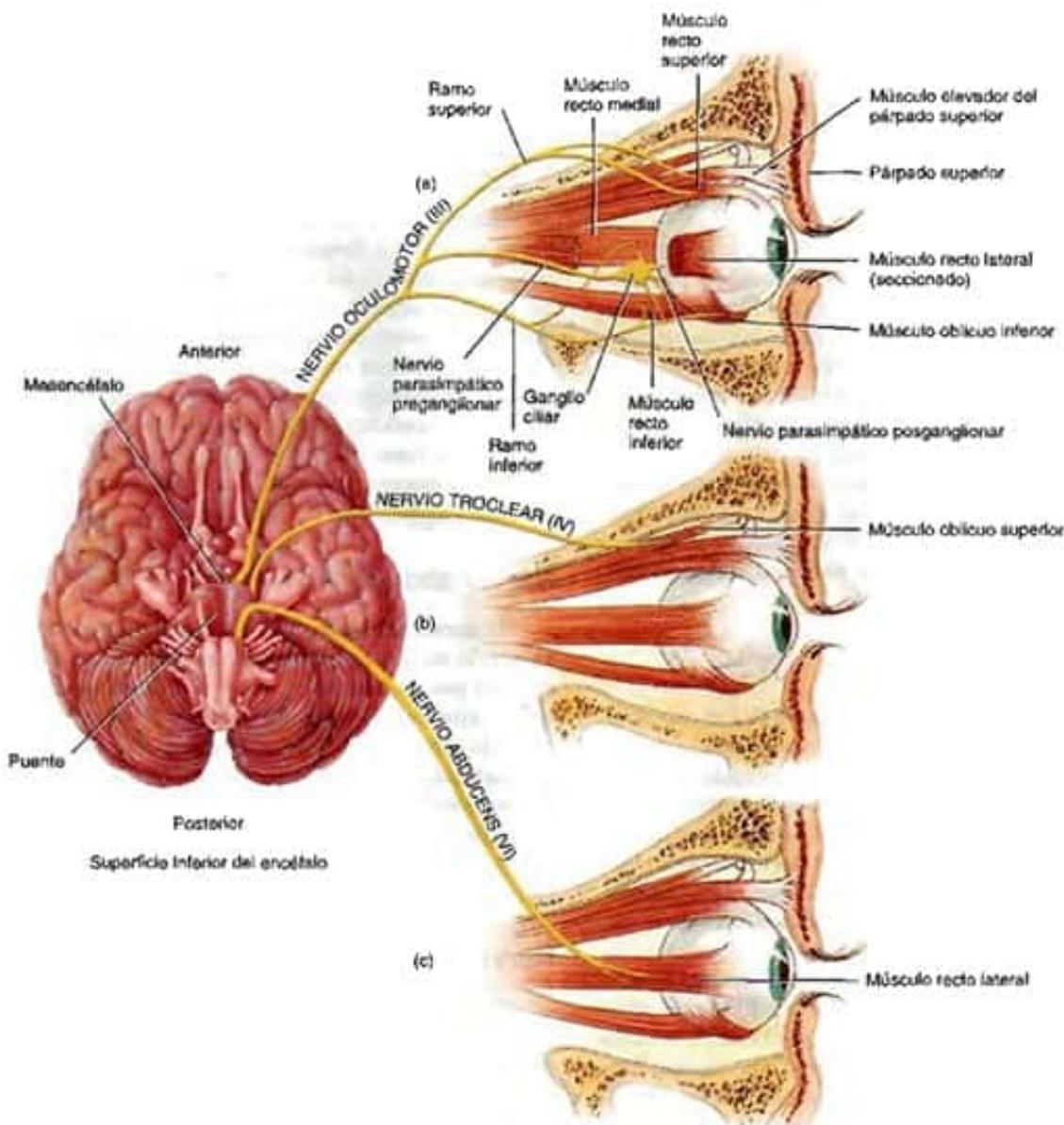
### Nervio oculomotor o motor ocular común (III)

El nervio oculomotor o motor ocular común (III) es un nervio mixto pero principalmente motor. Su núcleo motor se encuentra en la porción ventral del mesencéfalo (**fig. 14-20a**). El nervio motor ocular común se dirige hacia adelante y se divide en dos ramas, superior e inferior, que atraviesan la fisura orbitaria superior (hendidura esfenoidal) y llegan a la órbita. Los axones del ramo

**Fig. 14-20** Nervios oculomotor (III), troclear (IV) y abducens (VI).



El nervio oculomotor tiene la distribución más extensa entre los músculos extrínsecos del ojo.



¿Qué ramo del nervio motor oculomotor inerva al músculo recto superior? ¿Cuál es el nervio craneal más pequeño?

superior inervan al músculo recto superior (un músculo extrínseco del ojo) y al elevador del párpado superior. Los axones del ramo inferior inervan a los músculos recto medial, recto inferior y oblicuo inferior, todos músculos extrínsecos del ojo. Estas neuronas motoras somáticas controlan los movimientos oculares y del párpado superior.

El ramo inferior del nervio motor oculomotor también suministra inervación parasimpática a los músculos intrínsecos del ojo, que son músculos lisos, como el músculo ciliar y el esfínter de la pupila. Los impulsos parasimpáticos se propagan del núcleo oculomotor en el mesencéfalo al **ganglio ciliar**, una estación de relevo del SNA. Desde el ganglio ciliar, los axones parasimpáticos van hacia el músculo ciliar, que acomoda el cristalino para la visión cercana. Otros axones parasimpáticos estimulan al esfínter pupilar y causan su contracción en condiciones de luz intensa, la cual lleva a una reducción del diámetro de la pupila (constricción).

El ramo sensitivo del nervio oculomotor consiste en axones aferentes que provienen de propioceptores de los músculos extrínsecos del ojo. Estos axones conducen impulsos nerviosos de la **propiocepción**, la percepción no visual de los movimientos y la posición del cuerpo.

### Nervio troclear (IV)

El **nervio troclear (IV)** o **patético** es un nervio mixto, pero predominantemente motor. Es el más pequeño de los 12 pares craneales y el único que surge de la parte posterior del tronco encefálico.

La porción motora se origina en un núcleo mesencefálico, y sus axones atraviesan la fisura orbitaria superior y llegan a la órbita (fig. 14-20h). Estos axones motores somáticos inervan el músculo oblicuo superior, otro músculo extrínseco del ojo.

El ramo sensitivo del nervio troclear está formado por axones que se extienden desde propioceptores en el músculo oblicuo superior hacia un núcleo en el mesencéfalo. Al igual que los axones del nervio oculomotor, éstos transmiten impulsos nerviosos propioceptivos.

### Nervio trigémino (V)

Como el nervio troclear, el **nervio trigémino (V)**, el más grande de los nervios craneales, es un nervio mixto pero principalmente motor. El nervio trigémino se origina de dos raíces en la superficie lateral de la protuberancia. La extensa raíz sensorial presenta una zona ensanchada, el **ganglio del trigémino**, que se localiza en una fosa en la cara interna de la porción petrosa del hueso temporal. Este ganglio contiene los cuerpos de la mayoría de las neuronas sensoriales. La raíz motora, más pequeña, se origina en un núcleo de la protuberancia.

Como indica su nombre, el nervio trigémino presenta tres ramas: oftálmica, maxilar y mandibular (fig. 14-21). El **nervio oftálmico**, el ramo más pequeño, llega a la órbita por la fisura orbitaria superior. El **nervio maxilar**, de tamaño mediano con respecto a los otros dos, penetra en el foramen redondo mayor. El **nervio mandibular**, el ramo más grande, atraviesa el foramen oval.

Los axones sensitivos del nervio trigémino conducen impulsos nerviosos de dolor, tacto y sensación térmica. El nervio oftálmico

contiene axones sensitivos de la piel del párpado superior, el globo ocular, las glándulas lagrimales, la parte superior de la cavidad nasal, las alas de la nariz, la frente y mitad anterior del cuero cabelludo. El nervio maxilar contiene axones sensitivos de la mucosa nasal, el paladar, parte de la faringe, los dientes superiores, el labio superior y el párpado inferior. El nervio mandibular lleva axones sensitivos de los dos tercios anteriores de la lengua (no del gusto), mejilla y mucosa profunda de ésta, los dientes inferiores, la piel de la mandíbula y los lados de la cabeza por delante de las orejas, y finalmente de la mucosa del piso de la boca. Los axones sensitivos de las tres ramas atraviesan el ganglio semilunar y terminan en núcleos de la protuberancia. El nervio trigémino también contiene fibras sensoriales de propioceptores localizados en los músculos de la masticación.

Los axones somáticos motores del trigémino forman parte del nervio mandibular e inervan a los músculos de la masticación (el masetero, el temporal, los pterigoideo medial y lateral, la porción anterior del digástrico y el milohioideo). Estas neuronas motoras controlan los movimientos de la masticación.

### Anestesia dental

El nervio alveolar inferior, una rama del nervio mandibular, inerva a todos los dientes de la mitad de la mandíbula; suele ser anestesiado durante los procedimientos odontológicos. Con el mismo procedimiento se logra la anestesia del labio inferior ya que el nervio mentoniano es una rama del nervio alveolar inferior. Como el nervio lingual corre muy cercano al nervio alveolar inferior por el foramen mentoniano, también puede ser anestesiado. Para anestesiarse los dientes superiores, se bloquean a las terminales del nervio alveolar superior, ramo del nervio maxilar, mediante la inserción de la aguja en la mucosa. La solución anestésica ingresa luego lentamente a través de las raíces del diente que va a ser tratado. ■

### Nervio abducens (VI)

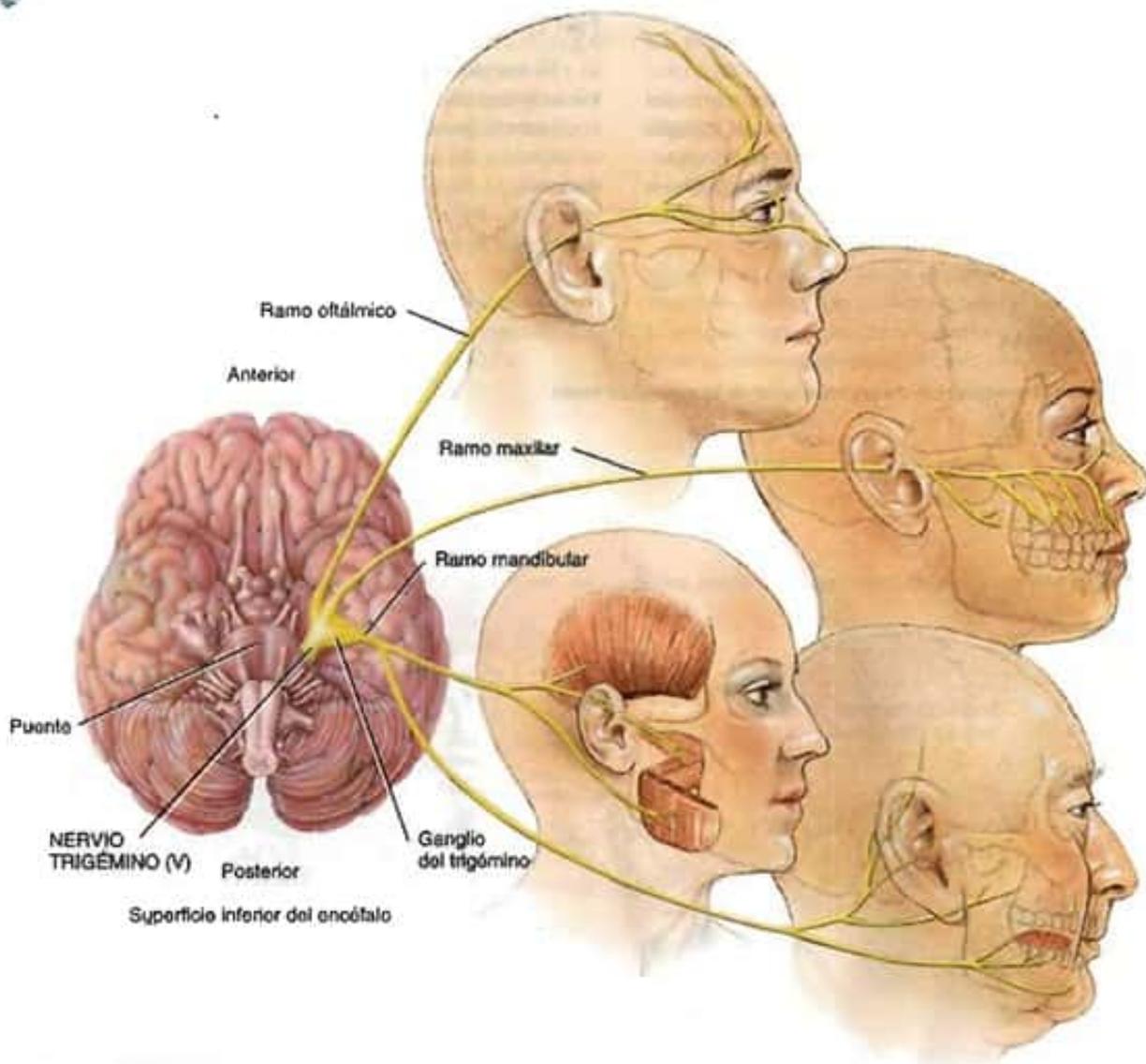
El **nervio abducens (VI)** (motor ocular externo) es también un nervio mixto pero sobre todo motor, que se origina en un núcleo del puente (véase fig. 14-20c). Los axones somáticos motores se extienden desde el núcleo hasta el músculo recto lateral, un músculo extrínseco del ojo, al que llega después de atravesar la fisura orbitaria superior. El nervio abducens lleva ese nombre ya que los impulsos nerviosos que conduce causan la abducción del ojo (rotación externa). Los axones sensoriales se extienden desde los propioceptores del músculo recto externo hasta la protuberancia.

### Nervio facial (VII)

El **nervio facial (VII)** es un nervio mixto. Sus axones sensitivos se extienden desde los botones gustativos de los dos tercios anteriores de la lengua a través del **ganglio geniculado**, un conglomerado de cuerpos neuronales sensitivos que yace al lado del nervio facial y llegan a la protuberancia (fig. 14-22). La porción sensitiva del nervio facial también contiene axones de propioceptores de los músculos de la cara y del cuero cabelludo.

**Fig. 14-21** Nervio trigémino (V).

Los tres ramos del nervio trigémino abandonan el cráneo a través de la fisura orbitaria superior, el foramen redondo y el foramen oval.



? ¿Cómo es el tamaño del nervio trigémino en relación con los otros nervios craneales?

Los axones de las neuronas motoras somáticas surgen de un núcleo del puente, penetran en la porción petrosa del hueso temporal e inervan a los músculos de la cara, del cuero cabelludo y del cuello. Los impulsos nerviosos que transmiten provocan la contracción de los músculos de la expresión facial, así como del estilogloso y del vientre posterior del digástrico.

Los axones de neuronas parasimpáticas que forman parte del nervio facial terminan en dos ganglios parasimpáticos: el ganglio pterigopalatino y el ganglio submandibular. Desde estos dos ganglios, otros axones parasimpáticos se extienden hasta las glándulas

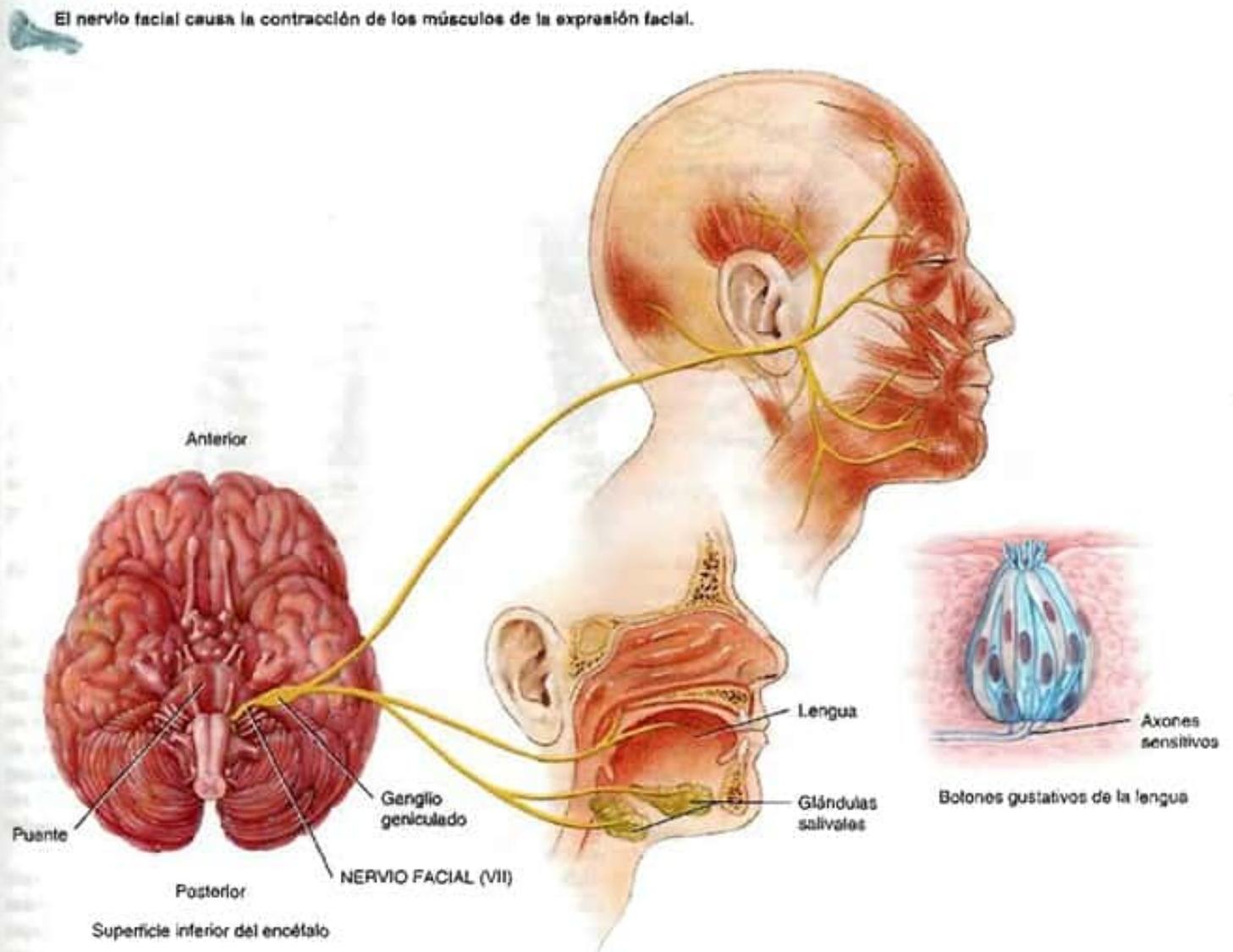
lagrimales, nasales y palatinas, así como hasta las glándulas sublingual y submandibular, que producen saliva.

### Nervio vestibulococlear (VIII)

El nervio vestibulococlear (VIII) se conocía antes como **nervio acústico o auditivo**. Es un nervio mixto, principalmente sensitivo, formado por dos ramos (fig. 14-23): el ramo vestibular conduce impulsos del equilibrio; el ramo coclear conduce impulsos de la audición.

Fig. 14-22 Nervio facial (VII).

El nervio facial causa la contracción de los músculos de la expresión facial.



¿Dónde se originan los axones motores del nervio facial?

Los axones sensitivos del ramo vestibular provienen de los conductos semicirculares, el sáculo y el utrículo del oído interno. Se extienden hasta el **ganglio vestibular** (de Scarpa), donde se localizan sus cuerpos celulares (véase **fig. 17-9b**), y terminan en los núcleos vestibulares del puente. Algunos axones sensitivos también llegan al cerebelo a través del pedúnculo cerebeloso inferior. Los axones de las neuronas motoras del ramo vestibular se proyectan desde el puente hasta las células ciliadas de los conductos semicirculares, el sáculo y el utrículo.

Los axones sensitivos del ramo coclear surgen del órgano espiral (órgano de Corti), situado en la cóclea del oído interno. Los cuerpos neurales de los axones sensitivos del ramo coclear se encuentran en el **ganglio espiral** (de Corti) de la cóclea (véase **fig. 17-19b**). Desde allí, se extienden hacia los núcleos en el bulbo raquídeo. Los axones de las neuronas motoras de la rama coclear se proyectan desde el puente hacia las células ciliadas del órgano espiral.

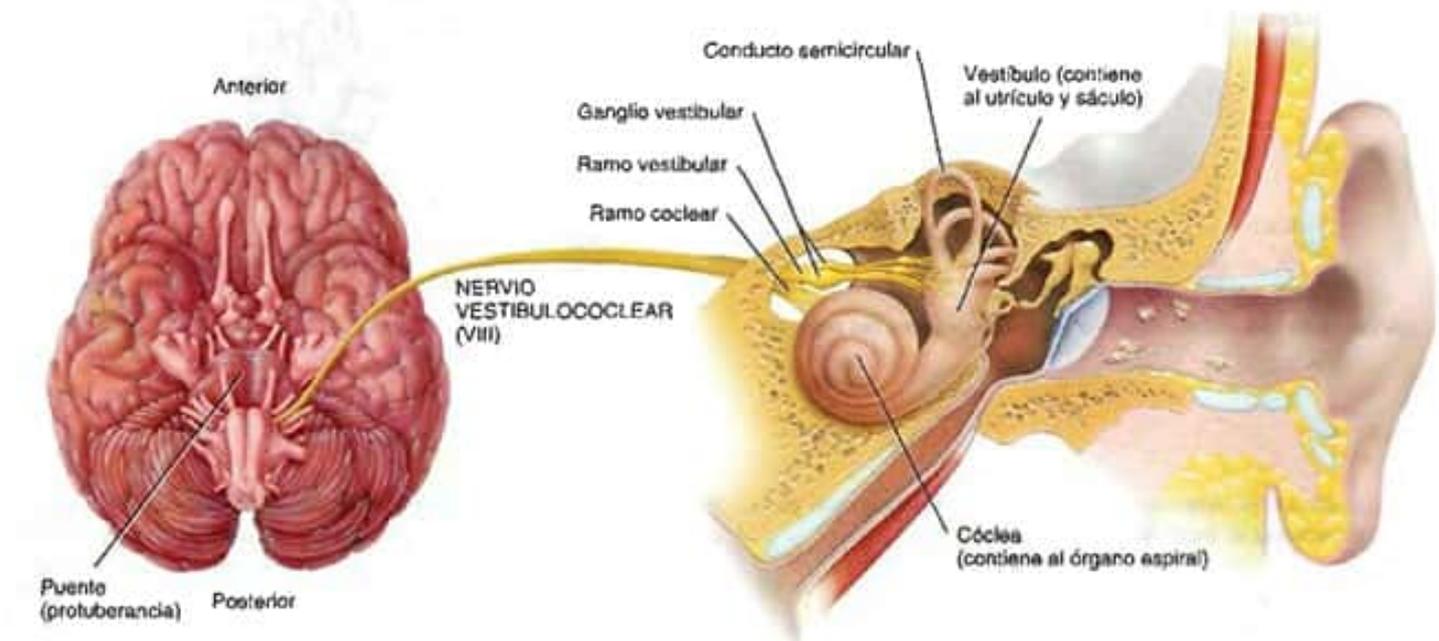
## Nervio glossofaríngeo (IX)

El **nervio glossofaríngeo (IX)** es un nervio mixto. Los axones sensitivos provienen de los botones gustativos y receptores somáticos sensitivos del tercio posterior de la lengua, de propioceptores localizados en los músculos de la deglución, inervados por el ramo motor del nervio y de quimiorreceptores del cuerpo carotídeo (glomus) próximo a las arterias carótidas (**fig. 14-24**). Los cuerpos de estas neuronas sensitivas se localizan en los ganglios superior e inferior. A partir de estos ganglios, los axones sensitivos atraviesan el foramen yugular y llegan al bulbo raquídeo.

Los axones de las neuronas motoras del nervio glossofaríngeo nacen de núcleos del bulbo raquídeo y salen del cráneo a través del foramen yugular. Las neuronas motoras somáticas inervan al músculo estilofaríngeo, que eleva la faringe y la laringe y las neuronas motoras autónomas (parasimpáticas) estimulan a la glándula parótida

**Fig. 14-23** Nervio vestibulococlear (VIII).

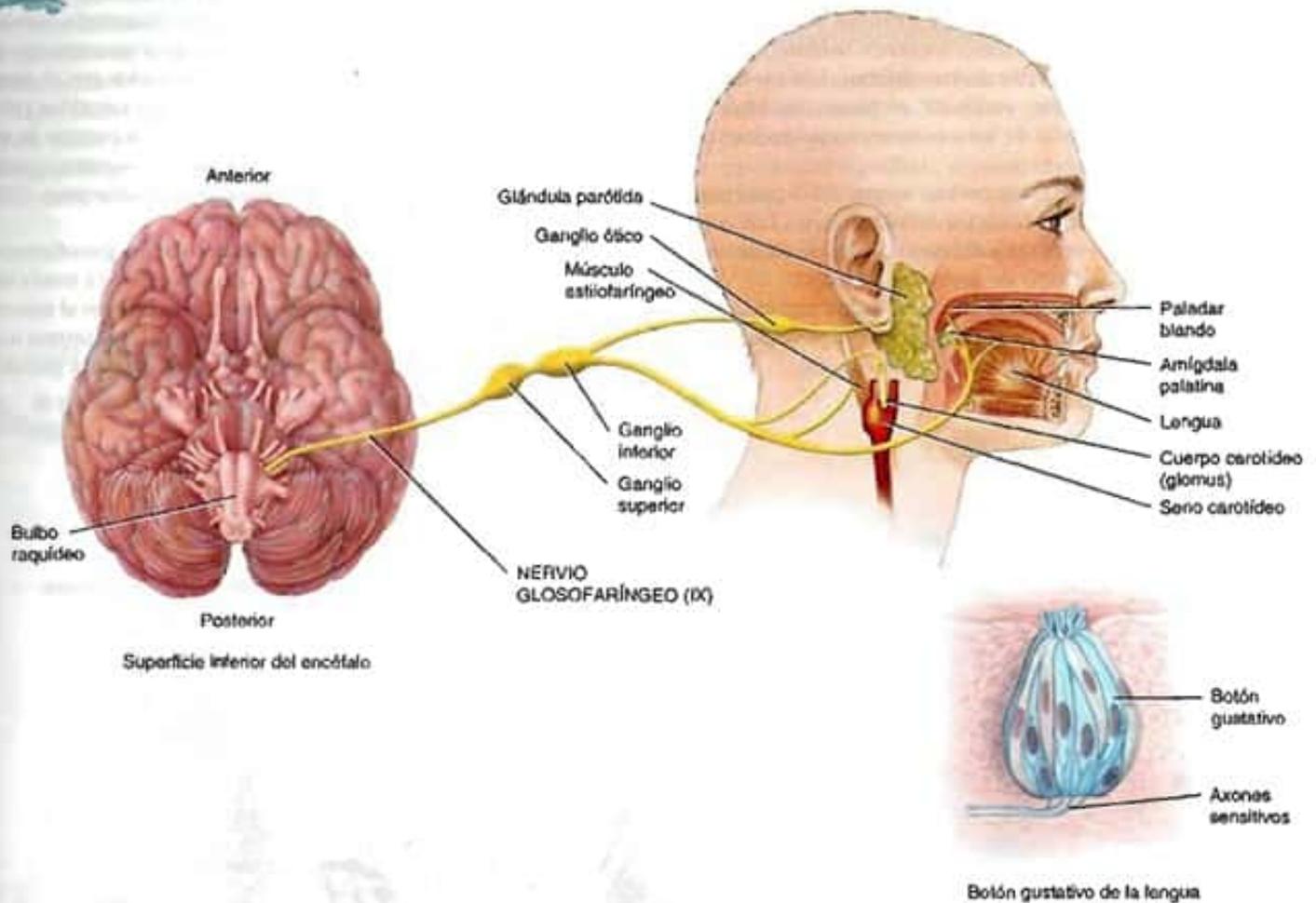
El ramo vestibular transmite impulsos para el mantenimiento del equilibrio, mientras que el ramo coclear transmite impulsos auditivos.



¿Qué estructuras pueden encontrarse en los ganglios vestibular y espiral?

Fig. 14-24 Nervio glossofaríngeo (IX).

Los axones sensitivos del nervio glossofaríngeo transportan señales desde los botones gustativos.



¿A través de qué orificio el nervio glossofaríngeo sale del cráneo?

para que secreta saliva. Algunos de los cuerpos de las neuronas parasimpáticas motoras se localizan en el ganglio ótico.

### Nervio vago (X)

El nervio vago (X) es un nervio mixto que se distribuye desde la cabeza y el cuello, hasta el tórax y al abdomen (fig. 14-25). El nombre del nervio hace referencia a su extensión y distribución. En el cuello, corre medial y posterior a la vena yugular interna y a la arteria carótida primitiva.

Los axones sensitivos del nervio vago provienen de la piel del oído externo, de algunos botones gustativos de la epiglotis y la faringe y de propioceptores de músculos del cuello y la faringe. También hay axones sensitivos que nacen de barorreceptores (receptores de estiramiento) localizados en el arco o cayado aórtico, de qui-

miorreceptores del cuerpo aórtico cerca del cayado aórtico y de receptores sensitivos de la mayoría de los órganos torácicos y abdominales. Estos axones atraviesan el foramen yugular (agujero rasgado posterior) y terminan en la protuberancia y el bulbo raquídeo.

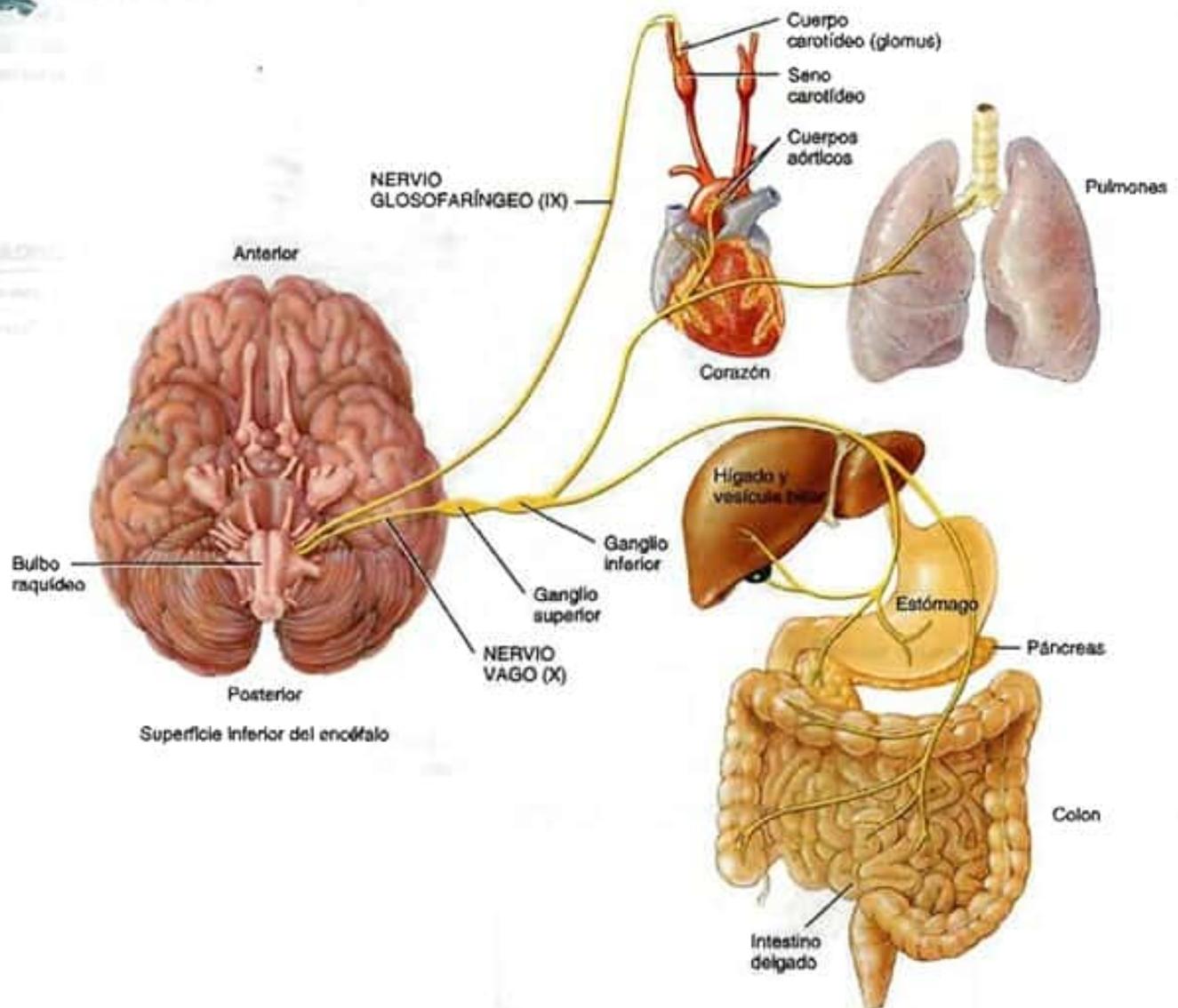
Los axones de las neuronas motoras autónomas (parasimpáticas) del vago surgen a partir de los núcleos de la protuberancia e inervan los pulmones y el corazón. Otros axones parasimpáticos inervan glándulas del tubo digestivo y músculo liso de las vías respiratorias, esófago, estómago, vesícula biliar, intestino delgado y la mayor parte del intestino grueso (véase fig. 15-3).

### Nervio accesorio (XI)

El nervio accesorio (XI) es un nervio mixto. Difiere de los otros nervios craneales porque tiene su origen en el tronco encefá-

Fig. 14-25 Nervio vago (X).

El nervio vago se distribuye extensamente en la cabeza, el cuello, el tórax y el abdomen.



¿Dónde se localiza el nervio vago en la región del cuello?

lico y en la médula espinal (fig. 14-26). La raíz craneal es motora y se forma a partir de diversos núcleos de la protuberancia, atraviesa el foramen yugular e inerva los músculos voluntarios de la faringe, laringe y paladar blando que intervienen en la deglución. La raíz espinal es mixta, pero predominantemente motora. Los axones motores provienen del asta anterior de los cinco primeros segmentos de la porción cervical de la médula espinal. Los axones de estos segmentos se unen, atraviesan el foramen magno, y luego salen del cráneo por el foramen yugular con los axones de la raíz craneal. La raíz espinal conduce impulsos motores a los músculos

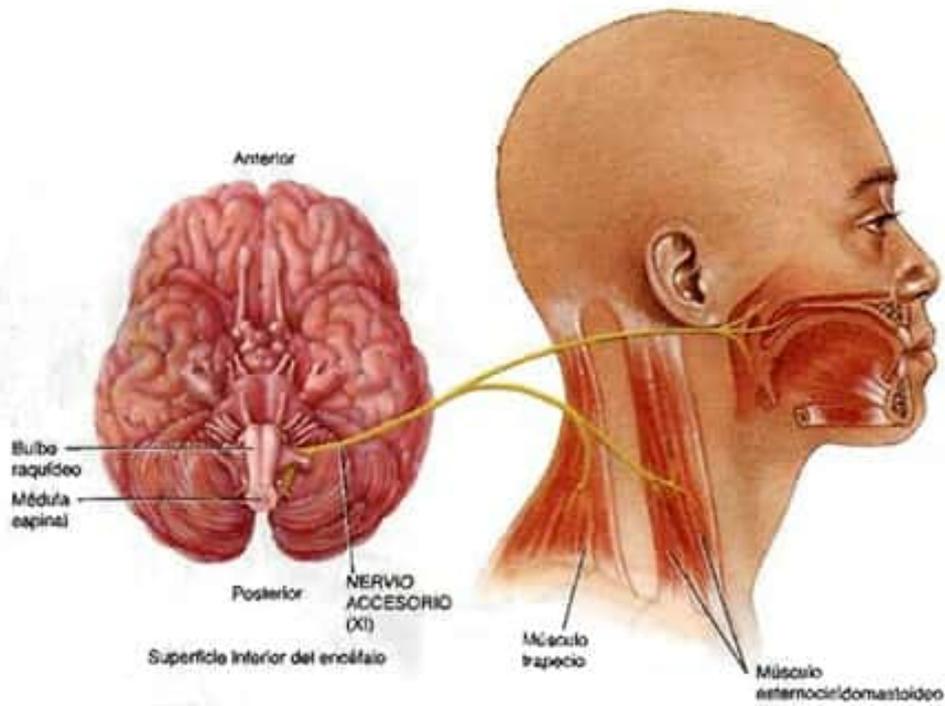
esternocleidomastoideo y trapecio o para coordinar los movimientos de la cabeza. Los axones sensitivos de la raíz espinal se originan en los propioceptores de los músculos mencionados y llegan al bulbo raquídeo.

### Nervio hipogloso (XII)

El nervio hipogloso (XII) es un nervio mixto. La porción sensitiva está constituida por axones provenientes de los propioceptores de los músculos de la lengua y finaliza en el bulbo raquídeo (fig. 14-

Fig. 14-26 Nervio accesorio (XI).

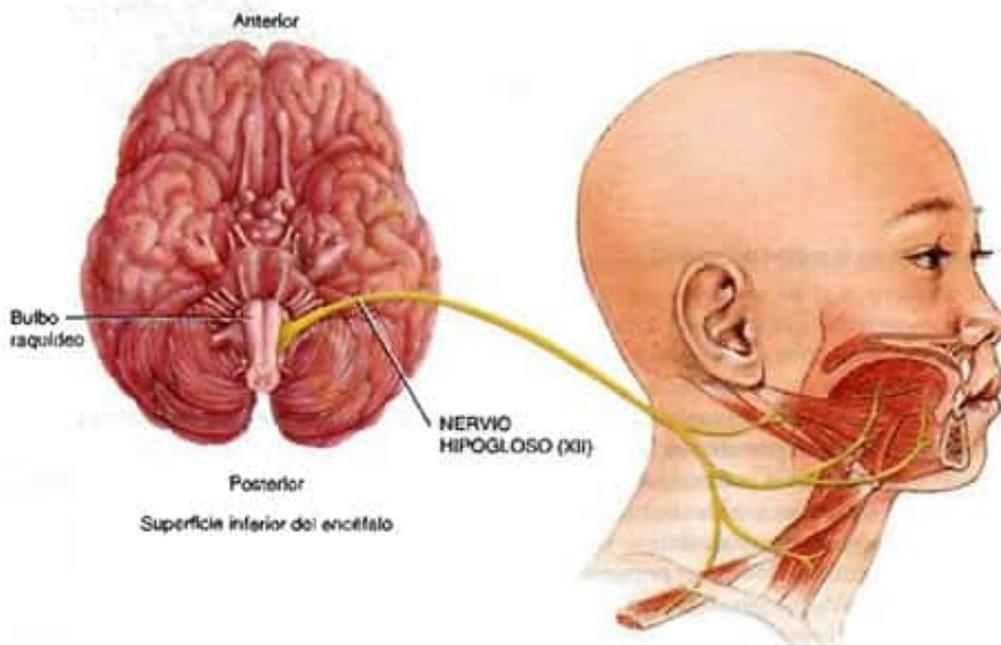
El nervio accesorio abandona el cráneo a través del foramen yugular.



¿En qué difiere el nervio accesorio del resto de los nervios craneales?

Fig. 14-27 Nervio hipogloso (XII).

El nervio hipogloso abandona el cráneo por el conducto del nervio hipogloso.



¿Cuál es la función más importante del nervio hipogloso?

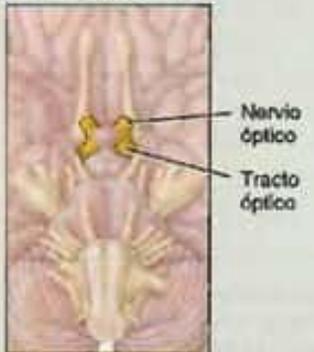
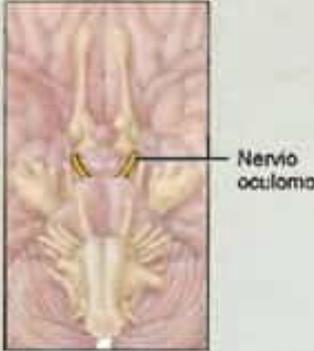
27, p. 510). Los axones motores somáticos se originan en un núcleo del bulbo raquídeo, atraviesan el conducto del hipogloso e inervan a los músculos de la lengua. Estos axones conducen impulsos nerviosos para el lenguaje y la deglución.

El cuadro 14-4 presenta un resumen de todos los pares craneales, incluidas las aplicaciones clínicas relacionadas con su disfunción.

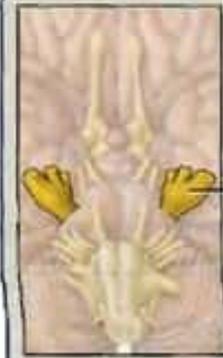
**PREGUNTAS DE REVISIÓN**

22. ¿Cómo se enumeran y se denominan los nervios craneales?
23. ¿Qué diferencia hay entre un nervio craneal mixto y uno sensitivo?
24. ¿Qué tipo de análisis podría revelar lesiones en cada uno de los 12 pares craneales?

**CUADRO 14-4 Resumen de los nervios craneales**

Número y nombre	Tipo y localización	Función y aplicación clínica
<b>Nervio olfativo (I)</b>  <p>Bulbo olfatorio Nervio olfatorio Tracto olfatorio</p>	<b>Sensitivo</b> Proviene de la mucosa olfatoria, atraviesa los forámenes de la lámina cribosa del etmoides y termina en el bulbo olfatorio. El tracto olfatorio se extiende por dos vías hacia las áreas olfativas de la corteza cerebral.	<i>Función:</i> olfato. <i>Aplicación clínica:</i> la pérdida del olfato, o <i>anosmia</i> , puede ser provocada por traumatismos craneales con fractura de la lámina cribosa del hueso etmoides o por lesiones de la vía olfatoria.
<b>Nervio óptico (II)</b>  <p>Nervio óptico Tracto óptico</p>	<b>Sensitivo</b> Proviene de la retina del ojo, atraviesa el conducto óptico y forma el quiasma óptico y luego los tractos ópticos, termina en los cuerpos geniculados laterales del tálamo. Desde el tálamo salen axones hacia el área visual primaria (área 17) de la corteza cerebral.	<i>Función:</i> visión. <i>Aplicación clínica:</i> la fractura de la órbita, las lesiones en el tracto óptico y algunas enfermedades del sistema nervioso pueden provocar defectos en el campo visual y pérdida de la agudeza visual. La ceguera causada por el defecto o la pérdida de uno o de ambos ojos se conoce como <i>anopsia</i> .
<b>Nervio oculomotor o motor ocular común (III)</b>  <p>Nervio oculomotor</p>	<b>Mixto (principalmente motor)</b> <i>Porción sensitiva:</i> consiste en axones de propiocoptores de los músculos del ojo que atraviesan la fisura orbitaria superior y terminan en el mesencéfalo. <i>Porción motora:</i> se origina en el mesencéfalo y atraviesa la fisura orbitaria superior. Los axones de las neuronas motoras somáticas inervan el músculo elevador del párpado superior y cuatro músculos extrínsecos del ojo (recto superior, recto medial, recto inferior, y oblicuo inferior). Los axones parasimpáticos inervan el músculo ciliar del ojo y el esfínter de la pupila.	<i>Función sensitiva:</i> propiocepción. <i>Función somática motora:</i> movimiento del párpado superior y del globo ocular. <i>Función autonómica motora (parasimpática):</i> acomodación del cristalino para la visión cercana y constricción de la pupila. <i>Aplicación clínica:</i> las lesiones del nervio causan <i>estrabismo</i> (trastorno en el que ambos ojos no convergen hacia el mismo objeto), <i>ptosis palpebral</i> (caída del párpado superior), dilatación de la pupila, movimiento hacia abajo y afuera del ojo del lado dañado, pérdida de la acomodación para la visión cercana y <i>diplopía</i> (visión doble).

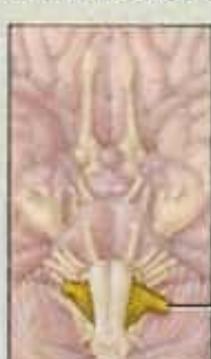
CUADRO 14-4 Resumen de los nervios craneales

Número y nombre	Tipo y localización	Función y aplicación clínica
<b>Nervio troclear (IV)</b> 	<b>Mixto (principalmente motor)</b> <i>Porción sensitiva:</i> formada por axones de propioceptores del músculo oblicuo superior, que atraviesan la fisura orbitaria superior y terminan en el mesencéfalo. <i>Porción motora:</i> se origina en el mesencéfalo y atraviesa la fisura orbitaria superior, inerva el oblicuo superior, un músculo extrínseco del ojo.	<i>Función sensitiva:</i> propiocepción. <i>Función somática motora:</i> movimiento del globo ocular. <i>Aplicación clínica:</i> en la parálisis del nervio troclear, hay estrabismo y diplopía.
<b>Nervio trigémino (V)</b> 	<b>Mixto</b> <i>Porción sensitiva:</i> formada por tres ramos, que terminan en la protuberancia. 1) El <b>nervio oftálmico</b> contiene axones de la piel del párpado superior, ojo, glándulas lagrimales, cavidad nasal, a las de la nariz, frente y mitad anterior del cuero cabelludo y pasa a través de la fisura orbitaria superior. 2) El <b>nervio maxilar</b> contiene axones de la mucosa de la nariz, del paladar, partes de la faringe, dientes superiores, labio superior y párpado inferior y atraviesa el foramen redondo. 3) El <b>nervio mandibular</b> contiene axones de los dos tercios anteriores de la lengua (axones sensitivos somáticos pero no especiales para el gusto), los dientes inferiores, la piel de la mandíbula, carrillos y su mucosa profunda, y de los lados de la cabeza por delante de las orejas, atraviesa el foramen oval. <i>Porción motora:</i> es parte del ramo mandibular, se origina en la protuberancia, atraviesa el foramen oval, e inerva a los músculos de la masticación (masetero, temporal, pterigoideo medial, pterigoideo lateral, parte anterior del digástrico y milohioideo).	<i>Función sensitiva:</i> conduce impulsos de sensaciones táctiles, dolorosas y térmicas, y de la propiocepción. <i>Función sensitiva motora:</i> masticación. <i>Aplicación clínica:</i> la <b>neuralgia</b> (dolor) de uno o más ramos del nervio trigémino se conoce como <b>neuralgia del trigémino</b> (tic doloroso). Las lesiones del nervio mandibular pueden causar parálisis de los músculos de la masticación, además de pérdida de las sensaciones táctiles, térmicas y de la propiocepción en la parte inferior de la cara. Los odontólogos inyectan agentes anestésicos en los ramos del nervio maxilar para anestesiar los dientes superiores y en los ramos del nervio mandibular para anestesiar los dientes inferiores.
<b>Nervio abducens (VI)</b> 	<b>Mixto (principalmente motor)</b> <i>Porción sensitiva:</i> axones de propioceptores del músculo recto lateral, que atraviesan la fisura orbitaria superior y llegan a la protuberancia. <i>Porción motora:</i> se origina en la protuberancia, atraviesa la fisura orbitaria superior, e inerva al recto lateral, músculo extrínseco del ojo.	<i>Función sensitiva:</i> propiocepción. <i>Función somática motora:</i> movimiento del globo ocular. <i>Aplicación clínica:</i> la lesión de este nervio hace que el ojo afectado no pueda moverse hacia afuera más allá de la línea media y en general el ojo está dirigido hacia adentro.

CUADRO 14-4 Resumen de los nervios craneales

Número y nombre	Tipo y localización	Función y aplicación clínica
<b>Nervio facial (VII)</b> 	<b>Mixto</b> <i>Porción sensitiva:</i> los axones nacen de los botones gustativos de los dos tercios anteriores de la lengua, atraviesan el foramen estilomastoideo y el ganglio geniculado (localizado al lado del nervio facial) y terminan en la protuberancia. Desde allí se extienden al tálamo y luego a las áreas gustativas de la corteza cerebral. También contiene axones de propioceptores de músculos de la cara y cuero cabelludo. <i>Porción motora:</i> se origina en la protuberancia y atraviesa el foramen estilomastoideo. Los axones de las neuronas motoras somáticas inervan músculos faciales, del cuero cabelludo y del cuello. Los axones parasimpáticos inervan a las glándulas lagrimal, sublingual, submandibular, nasal y palatina.	<i>Función sensitiva:</i> propiocepción y gusto. <i>Función somática motora:</i> expresiones faciales. <i>Función autonómica motora (parasimpática):</i> secreción de saliva y lágrimas. <i>Aplicaciones clínicas:</i> el daño por infecciones virales (zoster) o bacterianas (enfermedad de Lyme) produce parálisis de Bell (parálisis de los músculos faciales), pérdida del gusto, disminución de la secreción salival, pérdida de la capacidad de cerrar los ojos, incluso al dormir.
<b>Nervio vestibulococlear (VIII)</b> 	<b>Mixto (principalmente sensitivo)</b> <i>Ramo vestibular, porción sensitiva:</i> proviene de los conductos semicirculares, sáculo y utrículo, y forma los ganglios vestibulares. Los axones terminan en la protuberancia y el cerebelo. <i>Ramo vestibular, porción motora:</i> nace en la protuberancia y termina en las células ciliadas de los conductos semicirculares, sáculo y utrículo. <i>Ramo coclear, porción sensitiva:</i> desde el órgano espiral (de Corti), forma el ganglio espiral, atraviesa los núcleos del bulbo y termina en el tálamo. Los axones hacen sinapsis con las neuronas talámicas que transmiten impulsos al área auditiva primaria (áreas 41 y 42) de la corteza cerebral. <i>Ramo coclear, porción motora:</i> se origina en la protuberancia y termina en las células del órgano espiral.	<i>Ramo vestibular, función sensitiva:</i> conduce impulsos relacionados con el equilibrio. <i>Ramo vestibular, función motora:</i> regula la sensibilidad de las células ciliadas. <i>Ramo coclear, función sensitiva:</i> conduce impulsos para la audición. <i>Ramo coclear, función motora:</i> modifica la función de las células ciliadas mediante la alteración de su respuesta a las ondas sonoras. <i>Aplicaciones clínicas:</i> las lesiones del ramo vestibular pueden causar vértigo, o sea, la sensación de que el cuerpo o el medio están girando, ataxia (incoordinación motora) y nistagmo (movimientos involuntarios y veloces del ojo). Las lesiones del ramo coclear pueden causar tinnitus (zumbidos en el oído) o sordera.
<b>Nervio glossofaríngeo (IX)</b> 	<b>Mixto</b> <i>Porción sensitiva:</i> axones de botones gustativos y de receptores somatosensitivos del tercio posterior de la lengua, de propioceptores de los músculos de la deglución inervados por la porción motora, y de barorreceptores del seno carotídeo y quimiorreceptores en el cuerpo carotídeo en proximidad a las carótidas. Los axones atraviesan el foramen yugular y terminan en el bulbo. <i>Porción motora:</i> se origina en el bulbo y atraviesa el foramen yugular. Los axones de las neuronas somáticas motoras inervan al músculo estilofaríngeo, un músculo de la faringe que eleva la laringe durante la deglución. Los axones parasimpáticos inervan a la glándula parótida.	<i>Función sensitiva:</i> gusto y sensaciones somáticas (tacto, dolor y temperatura) del tercio posterior de la lengua; propiocepción de los músculos de la deglución; control de la presión arterial; monitorización del O <sub>2</sub> y el CO <sub>2</sub> de la sangre para la regulación del ritmo y la profundidad de la respiración. <i>Función motora somática:</i> eleva la faringe durante la deglución y el habla. <i>Función motora autonómica (parasimpática):</i> estimula la secreción de saliva. <i>Aplicación clínica:</i> sus lesiones provocan dificultades para deglutir, disminución de la secreción de saliva, pérdida de sensaciones en la garganta y de sensaciones gustativas.

## CUADRO 14-4 Resumen de los nervios craneales

Número y nombre	Tipo y localización	Función y aplicación clínica
<p><b>Nervio vago (X)</b></p>  <p>Nervio vago</p>	<p><b>Mixto</b></p> <p><i>Porción sensitiva:</i> formada por axones provenientes de una pequeña cantidad de botones gustativos de la epiglotis y la faringe, de propioceptores musculares del cuello y la garganta, de barorreceptores del arco aórtico, de quimiorreceptores de los cuerpos aórticos (próximos al arco aórtico), y de receptores viscerales de la mayoría de los órganos de las cavidades torácica y abdominal.</p> <p><i>Porción motora:</i> se origina en el bulbo raquídeo y atraviesa el foramen yugular. Los axones de las neuronas somáticas motoras inervan la musculatura esquelética del cuello y garganta. Los axones parasimpáticos inervan el músculo liso de las vías aéreas, esófago, estómago, intestino delgado, vesícula biliar, musculatura cardíaca y glándulas del tracto gastrointestinal.</p>	<p><i>Función sensitiva:</i> gusto y sensaciones somáticas (tacto, dolor, temperatura y propiocepción) de la epiglotis y la faringe; control de la presión arterial; monitorización del O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> de la sangre para la regulación de la respiración; sensaciones provenientes de vísceras torácicas y abdominales.</p> <p><i>Función motora somática:</i> deglución, tos y habla.</p> <p><i>Función motora autonómica (parasimpática):</i> contracción y relajación del músculo liso del tracto gastrointestinal; disminuye la frecuencia cardíaca; secreción de líquidos digestivos.</p> <p><i>Aplicación clínica:</i> su lesión inhibe las sensaciones provenientes de varios órganos torácicos y abdominales, interfiere con la deglución, paraliza las cuerdas vocales y aumenta la frecuencia cardíaca.</p>
<p><b>Nervio accesorio (XI)</b></p>  <p>Nervio accesorio</p>	<p><b>Mixto (principalmente motor)</b></p> <p><i>Porción sensitiva:</i> los axones provienen de propioceptores musculares de la faringe, laringe y paladar blando que atraviesan el foramen yugular para llegar al bulbo raquídeo.</p> <p><i>Porción motora:</i> presenta una raíz craneal y una medular. La <i>raíz craneal</i> proviene del bulbo raquídeo, atraviesa el foramen yugular e inerva músculos de la faringe, laringe y paladar blando. La <i>raíz espinal</i> se origina en el asta anterior de los cinco primeros segmentos cervicales de la médula espinal, atraviesa el foramen yugular e inerva los músculos esternocleidomastoideo y trapecio.</p>	<p><i>Función sensitiva:</i> propiocepción.</p> <p><i>Función motora somática:</i> la raíz craneal media los movimientos de deglución; la raíz espinal media los movimientos de la cabeza y el cuello.</p> <p><i>Aplicación clínica:</i> si el nervio se lesiona, el esternocleidomastoideo y el trapecio se paralizan, lo cual dificulta la elevación de los hombros y la rotación de la cabeza.</p>
<p><b>Nervio hipogloso (XII)</b></p>  <p>Nervio hipogloso</p>	<p><b>Mixto (principalmente motor)</b></p> <p><i>Porción sensitiva:</i> formada por axones de propioceptores situados en los músculos de la lengua que atraviesan el conducto del hipogloso para llegar al bulbo raquídeo.</p> <p><i>Porción motora:</i> se origina en el bulbo raquídeo, atraviesa el conducto del hipogloso e inerva a los músculos de la lengua.</p>	<p><i>Función sensitiva:</i> propiocepción.</p> <p><i>Función motora:</i> movimientos de la lengua durante la deglución y el habla.</p> <p><i>Aplicación clínica:</i> las lesiones causan dificultad para masticar, hablar y deglutir. Cuando la lengua hace protrusión, se desvía hacia el lado afectado, que se encuentra atrofiado.</p>