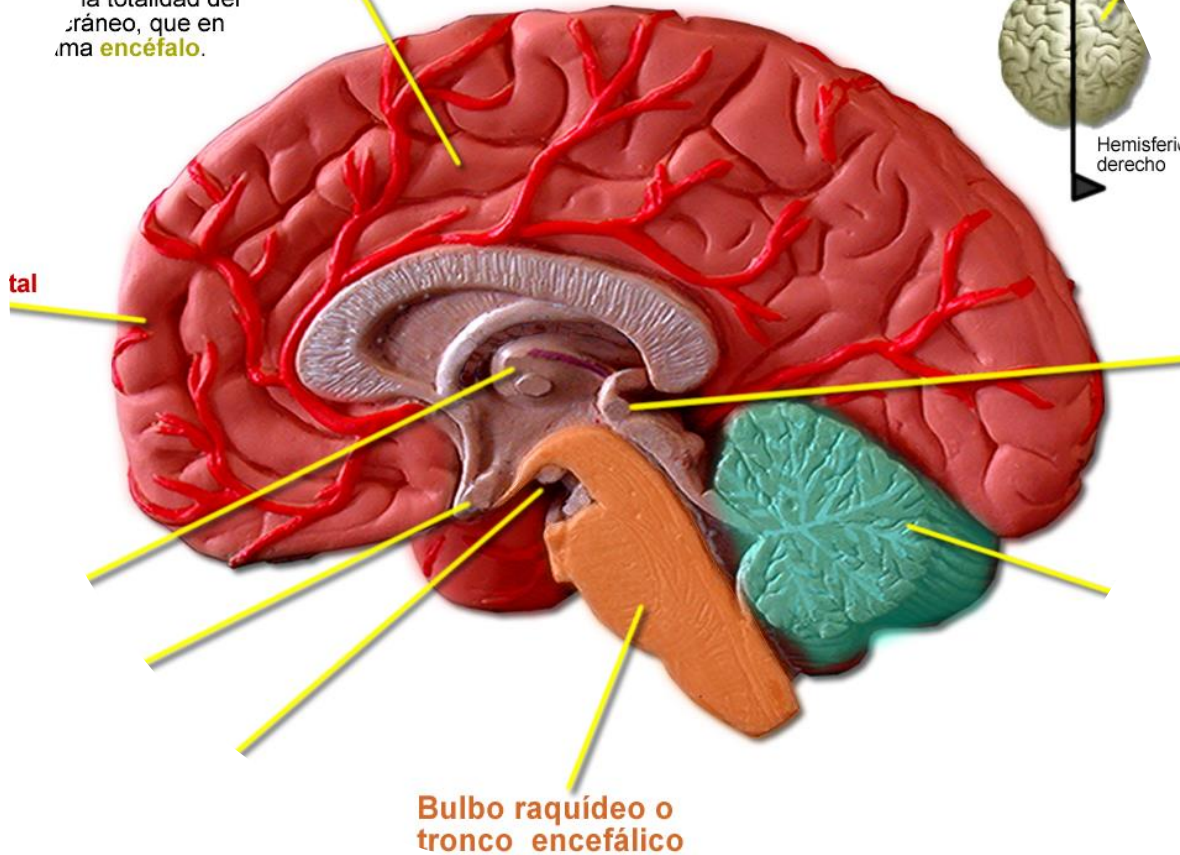


Encéfalo humano

Corte longitudinal

parte frontal) se
correctamente
la totalidad del
cráneo, que en
ma **encéfalo**.



TEMA 8. El Sistema Nervioso Central: Organización Anatomofuncional

Fundamentos de Psicobiología curso 2022/2023

Centro Asociado de la Seu d'Urgell

Tutora: Mónica Martínez Ramos.

Correo electrónico: monmartinez@seu-durgell.uned.es

¿Qué veremos?

- La organización anatomofuncional (estructura y función van unidas), y con ello conocer es comprender las funciones del SNC.

Contenido

■ APROXIMACIÓN A LA ORGANIZACIÓN DEL SNC: SUSTANCIA GRIS Y SUSTANCIA BLANCA

■ ESTRUCTURAS DEL SNC Y SUS CARACTERÍSTICAS

El Tubo que alberga una Mariposa: la Médula Espinal
Trepando por el Tronco del Encéfalo

Componentes Comunes a las tres Divisiones del Tronco del Encéfalo: Los Núcleos de los Nervios Craneales, la Formación Reticular y algunos Núcleos Relacionados

Núcleos y Tractos característicos de cada división

El Diencefalo

Zona Ventral del Diencefalo: Hipotálamo y Subtálamo

Zona Dorsal del Diencefalo: Tálamo y Epitálamo

■ DOS ESTRUCTURAS CON CORTEZA: EL CEREBELO Y LOS HEMISFERIOS CEREBRALES

El Árbol de la Vida: el Cerebelo

La Nuez más seleccionada: Organización Interna de los Hemisferios Cerebrales

Estructuras Subcorticales

La Corteza Cerebral: Tipos y Áreas

La Allocorteza

La Neocorteza

Áreas de la Corteza Cerebral

Microcircuitos del Procesamiento Cortical

■ UN VIAJE RÁPIDO POR LOS SISTEMAS NEURALES: FUNCIONES DEL SNC

Sistemas Modulares: Sistemas de Activación

*Ascendente de la Formación Reticular y otros
Sistemas Relacionados de Modulación Difusa*

Sistemas Funcionales de la corteza más antigua (allocorteza)

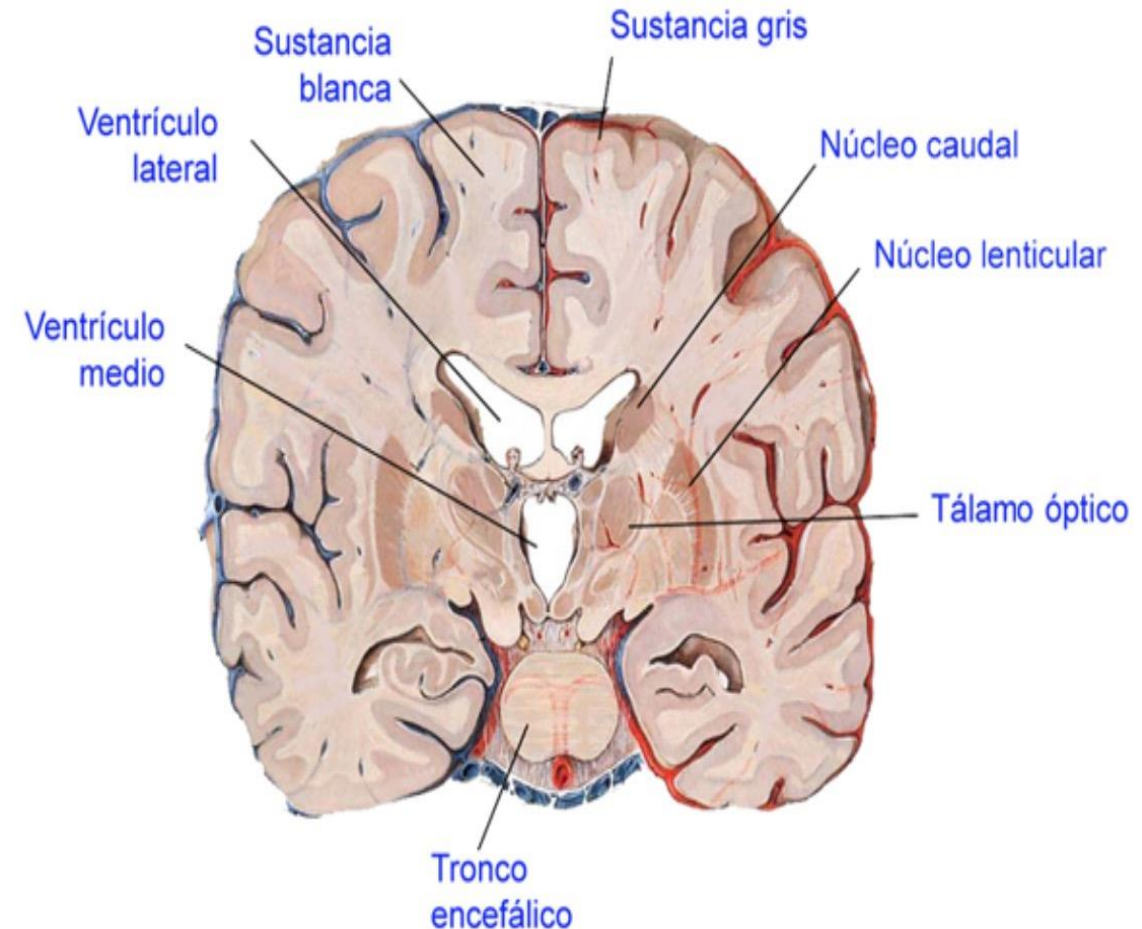
Sistemas Funcionales de la Neocorteza: el Centro Superior del Procesamiento Neural

APROXIMACIÓN A LA ORGANIZACIÓN DEL SNC: SUSTANCIA GRIS Y SUSTANCIA BLANCA

- El tejido nervioso contiene dos componentes:

1- En la **sustancia gris** se localizan los cuerpos neuronales, las dendritas, los axones cortos de las interneuronas y los terminales de los axones largos que establecen sinapsis con estos elementos celulares. Las dos grandes estructuras laminadas forman la superficie de los hemisferios cerebrales y del cerebelo, por lo que se denominan **corteza**. Las estructuras que, en general, carecen de esta organización, se denominan **núcleos**. Los términos **área** y **región** se utilizan para referirse a zonas amplias de distintas divisiones que tienen límites poco definidos, baja densidad celular y que suelen estar atravesadas por axones (fibras) de paso.

2- La **sustancia blanca** la forman los axones de las neuronas de proyección y debe su color blanquecino característico a la **mielina** que recubre los axones para mejorar la velocidad de conducción de las señales nerviosas.



El entramado que forma la multitud de axones que comunican las estructuras de cada división del SNC, entre sí y con las de otras divisiones, está finamente organizado en agrupaciones que forman las vías nerviosas:

tracto nos indica que la vía es una agrupación de axones que se originan en una sola estructura y se dirigen todos al mismo destino

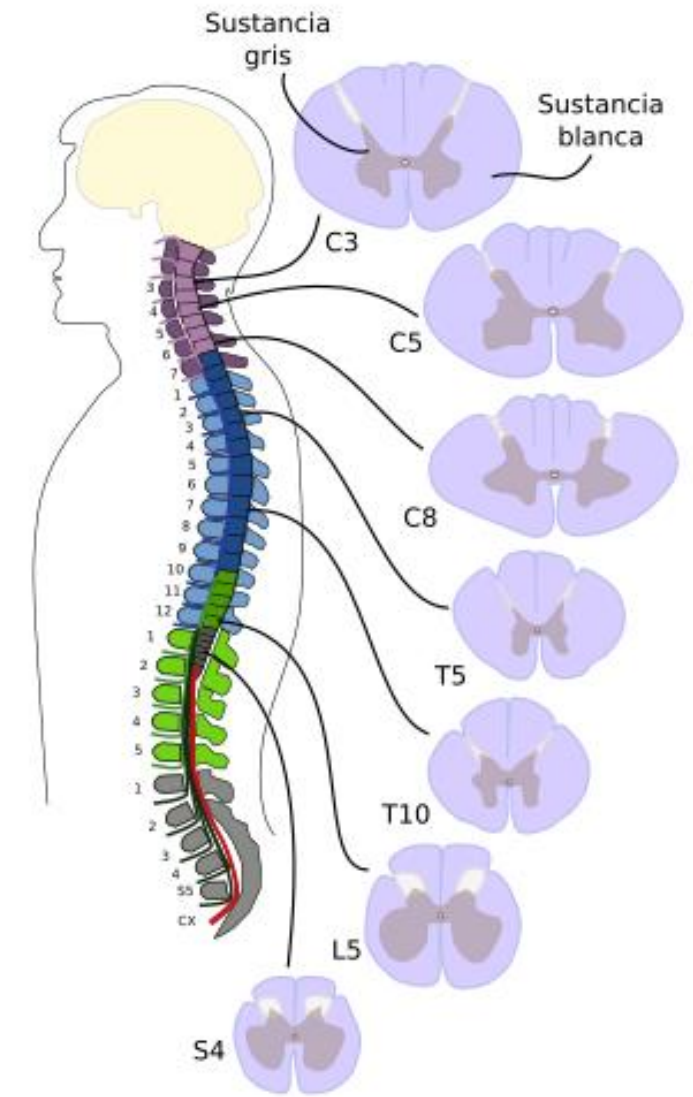
haz o fascículo, que la vía agrupa axones que pueden proceder de varias estructuras y finalizar en varios destinos;

comisura se refiere a que la vía agrupa axones que cruzan la línea media intercomunicando las estructuras de ambos lados del encéfalo o la médula espinal

fibras, en el SNC, se utiliza para nombrar vías que agrupan menos axones o referirse en general a vías que tienen una característica común (por ejemplo, fibras de proyección para referirse a las vías que comunican diferentes estructuras).

ESTRUCTURAS DEL SNC Y SUS CARACTERÍSTICAS

- El Tubo que alberga una Mariposa: **la Médula Espinal** .
- La médula espinal tiene una organización muy sencilla, pero su comunicación constante con el SNP por los nervios espinales y con el encéfalo a través de las diversas vías ascendentes y descendentes que los comunican la convierten en una división estratégica para las funciones sensorial y motora, que son básicas para el organismo.
- La forma y el tamaño de la médula espinal varía entre segmentos pero en todos la **sustancia gris** (el asta dorsal ,el asta ventral y, el asta lateral), que tiene forma de mariposa, ocupa la parte central y la **sustancia blanca** (asta dorsal ,el asta ventral y, el asta lateral)se dispone a su alrededor bordeándola por completo.



Trepando por el Tronco del Encéfalo

El tronco del encéfalo mantiene una constante interacción con el SNP, en su caso por los nervios craneales, y es el centro de comunicación entre el resto del encéfalo y la médula espinal. Esto lo hace también esencial para el desarrollo de las funciones sensoriales y motoras, y más allá de éstas para el mantenimiento de la actividad del encéfalo y el desarrollo de funciones vitales del organismo.

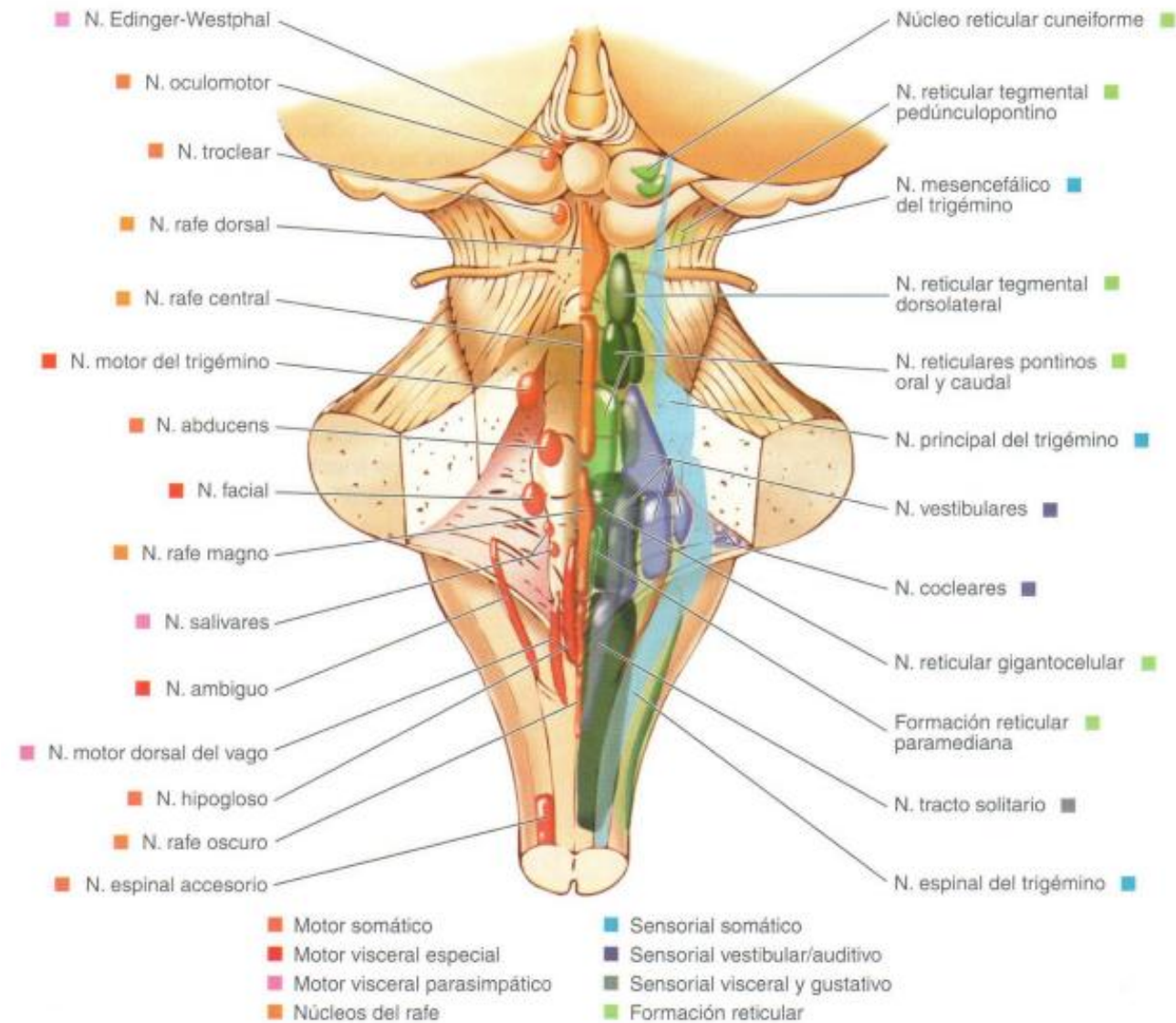
Las tres divisiones del tronco del encéfalo tienen la misma organización general: se extienden en torno a las cavidades ventriculares - canal central-IV ventrículo-acueducto cerebral- , y se parcelan en tres zonas: **techo (zona dorsal), tegmento (zona central) y base (zona ventral).**

La sustancia blanca bordea la sustancia gris y se distribuye entre los **numerosos núcleos** en los que se agrupan sus neuronas.

Componentes Comunes a las tres Divisiones del Tronco del Encéfalo: Los Núcleos de los Nervios Craneales, la Formación Reticular y algunos Núcleos Relacionados .

Componentes Comunes a las tres Divisiones del Tronco del Encéfalo: Los Núcleos de los Nervios Craneales, la Formación Reticular y algunos Núcleos Relacionados

- Representación esquemática de la organización de los componentes comunes del tronco del encéfalo en columnas longitudinales.
- Núcleos de los nervios craneales (tonos rojizos y azulados). Formación reticular: paramediana (verde claro), medial (verde oscuro), lateral (verde claro difuso) (se muestran sólo algunos núcleos definidos); el N. gigantocelular y los N. reticulares pontinos originan muchas proyecciones descendentes que intervienen en el control motor*, y núcleos reticulares del puente y el mesencéfalo originan el sistema de activación ascendente de la formación reticular. N.: Núcleo/s. (* Otras se envían a los núcleos motores de los nervios craneales.)



Núcleos y Tractos Característicos de cada División

- Los núcleos específicos, o propios, de cada división del tronco del encéfalo siguen **un patrón de organización dorso-ventral**. Los núcleos que reciben **información sensorial** del cuerpo ocupan una posición **dorsal**, y los que originan vías que intervienen en **funciones motoras** se localizan en **posición ventral** (con alguna excepción).

NÚCLEOS Y TRACTOS DEL BULBO RAQUIDEO EN LOS NIVELES INDICADOS (CARA VENTRAL)

En el bulbo raquídeo (Fig. 8.7) destacan en la zona dorsal (techo) los **núcleos de las columnas blancas dorsales**, que reciben las señales aferentes somáticas del tronco y las extremidades que ascienden en los **fascículos (delgado y cuneado)** .

Los axones de estos núcleos cruzan la línea media y forman el **lemnisco medial**, un tracto de gran dimensión que se ve en la zona central (tegmento) y que transmite esa información somática al diencefalo. En posición lateral hay vías que ascienden de la médula espinal. En esta zona destaca también la **oliva inferior**, un núcleo en el que convergen vías sensoriales y motoras, y transmite sus señales al cerebelo para el control motor. La base del bulbo raquídeo la constituyen las **pirámides**, formadas por la agrupación de los tractos que descienden desde la corteza cerebral hasta la médula espinal.

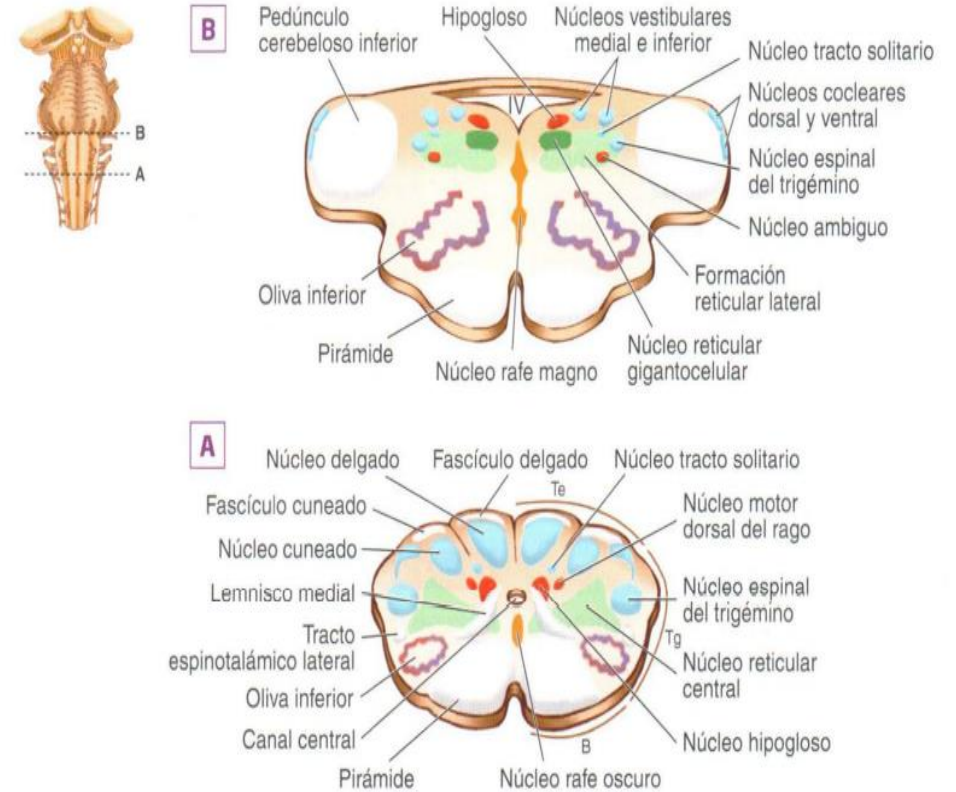


Figura 8.7

Núcleos y tractos principales del bulbo raquídeo en los niveles indicados (cara ventral). B: Base; Te: Techo; Tg.: Tegmento.

Núcleos y tractos principales del puente (cara ventral) al nivel del istmo (cerebelo no mostrado).

En el **puente**, el techo lo conforman el IV ventrículo y el cerebelo. En el nivel mostrado en la **Figura 8.8**, en la zona dorsal del tegmento destacan el **locus coeruleus**, ya mencionado, que debe su nombre a su apariencia azulada en el tejido fresco y a que se ve muy pigmentado en las preparaciones histológicas, los núcleos parabraquiales, que reciben información visceral y la transmiten al hipotálamo, y el núcleo del lemnisco lateral, que forma parte de la vía auditiva (capítulo 11). En la zona ventral (base) se distribuyen los **núcleos pontinos**, que reciben muchas señales descendentes de la corteza cerebral relacionadas con el control motor, y sus axones las envían al cerebelo. En la sustancia blanca del puente, además de las vías sensoriales ascendentes, destacan los **pedúnculos cerebelosos**, y los **tractos descendentes de la corteza cerebral** que se dispersan por la base entre los núcleos pontinos.

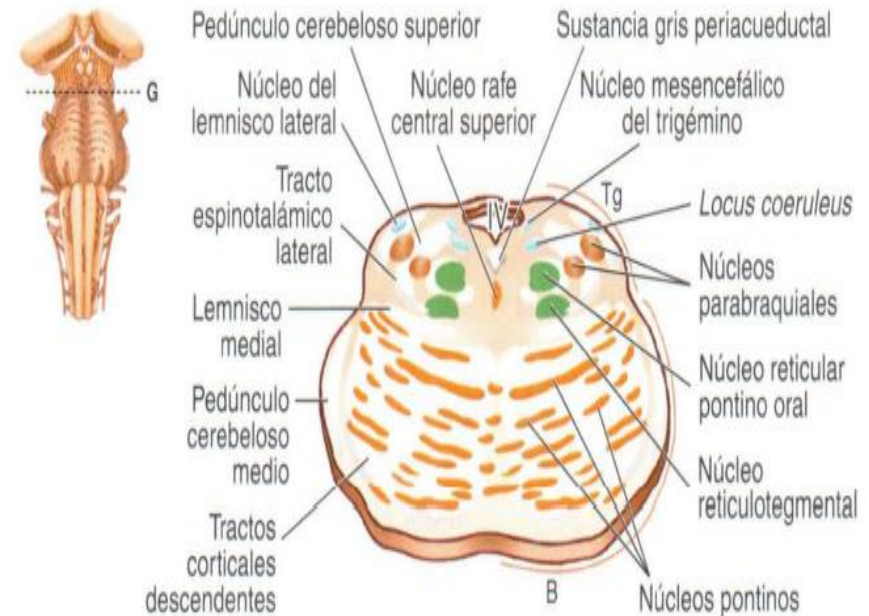


Figura 8.8

Núcleos y tractos principales del puente (cara ventral) al nivel del istmo (cerebelo no mostrado). B: Base; Tg.: Tegmento.

Núcleos y tractos principales del mesencéfalo (cara ventral) en los niveles indicados (A, caudal, B, rostral).

En el mesencéfalo (Fig. 8.9), en la zona dorsal (techo) están los colículos inferiores, que intervienen en el procesamiento de la información auditiva, y los **colículos superiores**, que forman parte de la vía de procesamiento visual e integran información sensorial.

En la zona dorsal del tegmento, en la línea media bordeando el acueducto cerebral, está la **sustancia gris periacueductal** que integra señales neuroendocrinas y sensoriales de diversa procedencia, y sus axones forman una vía descendente de modulación sensorial .

En la zona más ventral del tegmento destacan dos estructuras de gran relevancia en los circuitos neurales del control motor :el **núcleo rojo (Fig. 8.9 B)**, una estructura redondeada, de color rojizo en el tejido fresco por el alto contenido en hierro de sus células, cuyos axones forman un tracto motor descendente; y la **sustancia negra (Fig. 8.9)**, que es una estructura alargada, formada por una zona compacta.

Los tractos descendentes de la corteza cerebral se agrupan junto a otras fibras en la base del mesencéfalo. En conjunto, la base y el tegmento constituyen los **pedúnculos cerebrales**.

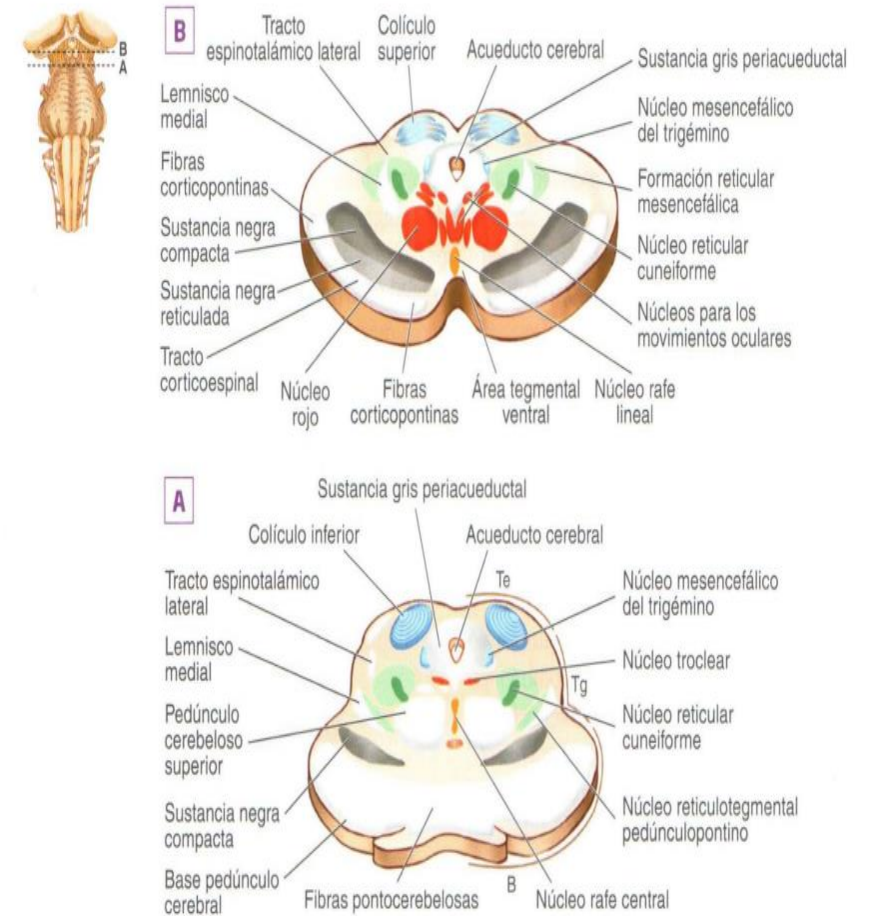
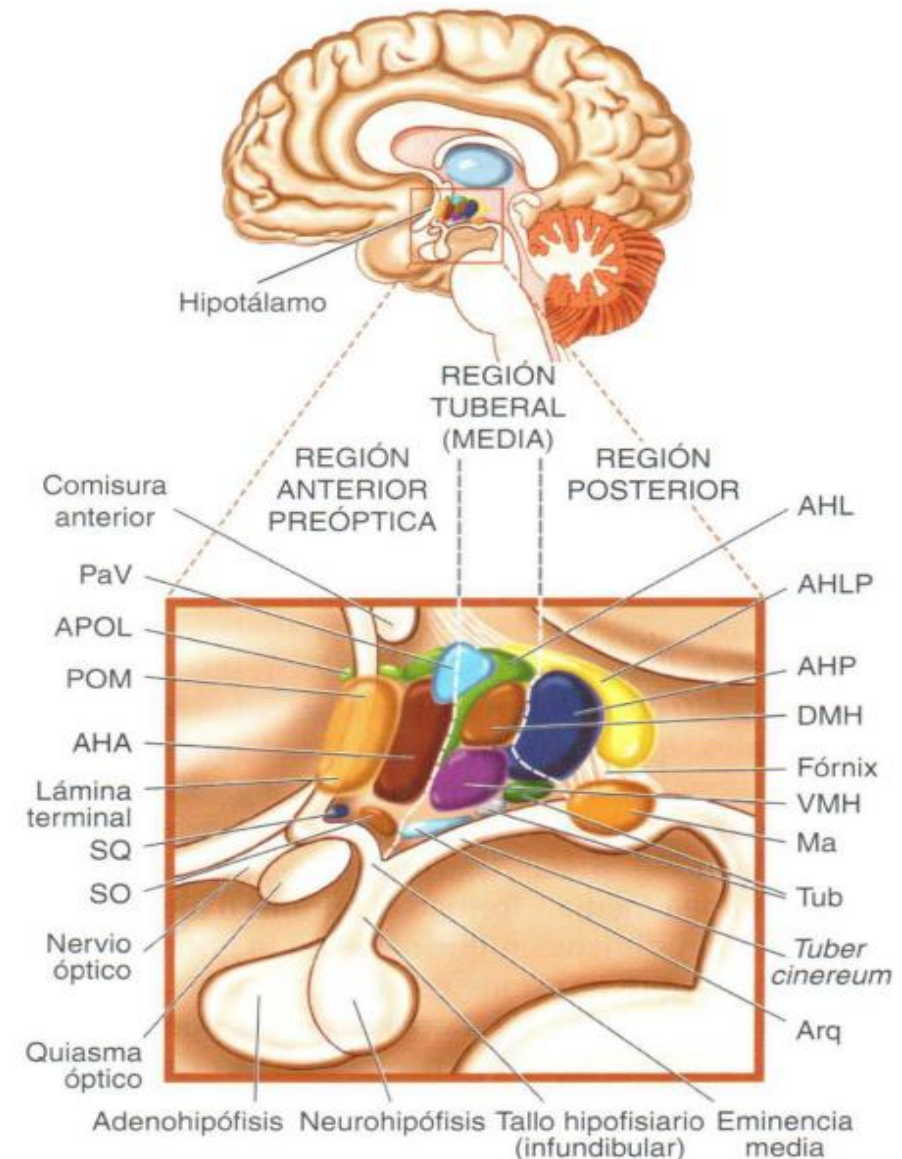


Figura 8.9

Núcleos y tractos principales del mesencéfalo (cara ventral) en los niveles indicados (A, caudal, B, rostral). B: Base; Te: Techo; T: Tegmento.

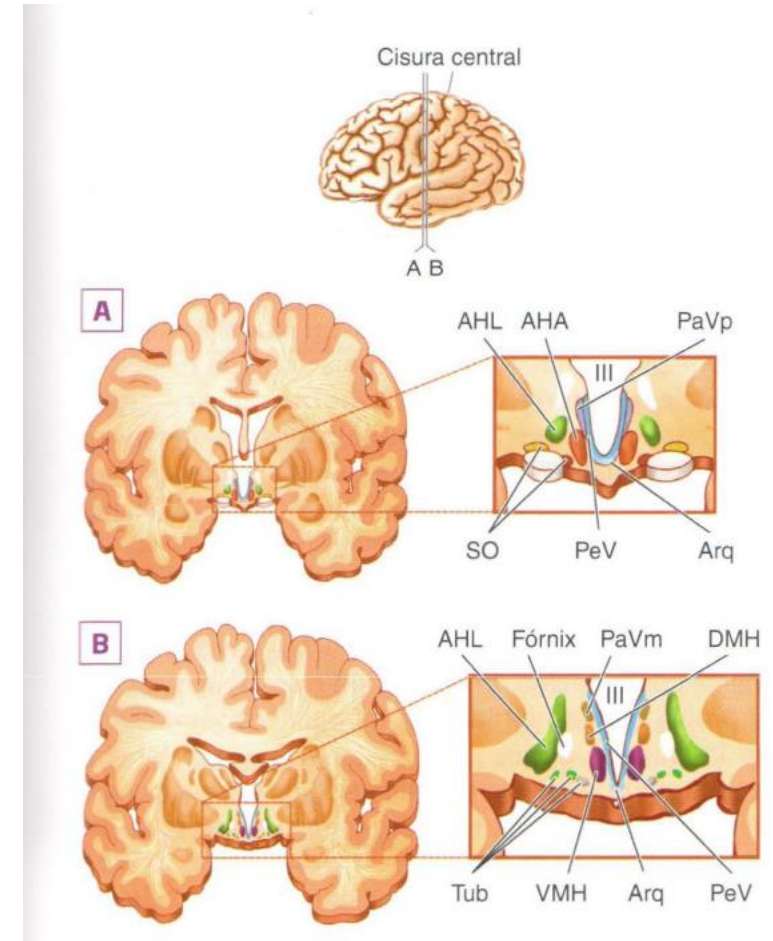
El Diencéfalo: Zona Ventral del Diencéfalo: Hipotálamo y Subtálamo

- El **hipotálamo** representa una pequeña parte del encéfalo, sin embargo realiza **funciones** que son fundamentales para la supervivencia y el bienestar de los organismos. Sus células se agrupan en la zona más ventral del diencéfalo formando diversos núcleos y áreas más difusas de células heterogéneas.
- Estos núcleos y áreas se organizan en el **eje antero-posterior en tres regiones** (Fig. 8.10): **la anterior**, que va desde la lámina terminal hasta pasado el quiasma óptico, la **tuberal**, que se extiende desde **la anterior** hasta los núcleos mamilares y de ella cuelga la hipófisis, y **la posterior**, en la que se encuentran los núcleos mamilares, adyacentes al mesencéfalo.



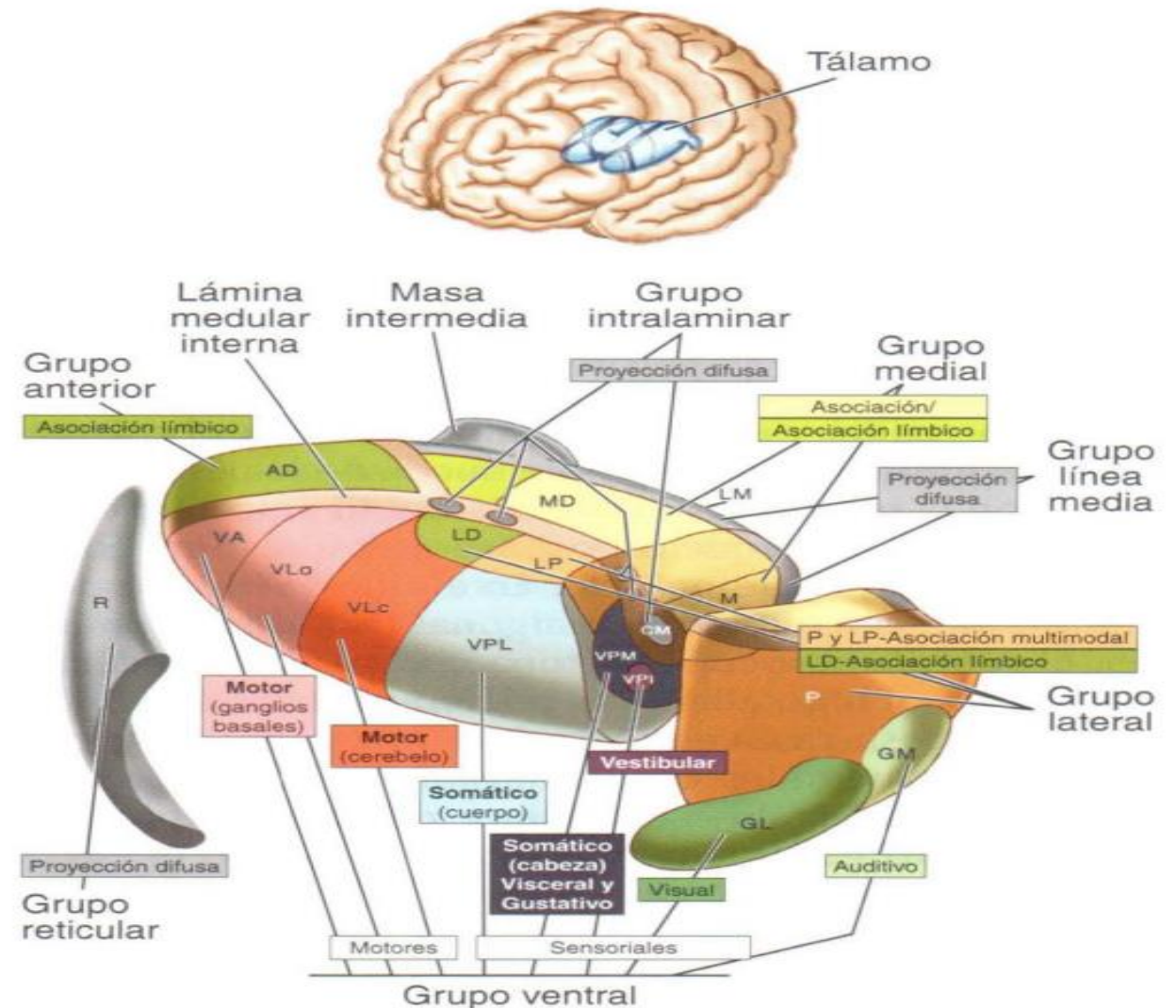
Hipotálamo y Subtálamo

- En relación con su proximidad al III ventrículo (eje medio-lateral) (Fig. 8.11 A) en cada región se distinguen **tres zonas**: la periventricular bordeando la pared del III ventrículo, adyacente a ella la medial, donde se acumulan muchos de los núcleos mejor diferenciados del hipotálamo, y en la posición más alejada del III ventrículo, la lateral, que tiene menos núcleos definidos y más áreas atravesadas por numerosas fibras. El nombre de la mayoría de los núcleos hipotalámicos refleja su posición en estas regiones y zonas.
- En la Fig. 8.11 B, entre las zonas medial y lateral se ven las columnas descendentes del **fórnix**, un gran haz que conecta la formación hipocampal con los núcleos mamilares del hipotálamo.
- El **subtálamo** ocupa la zona ventral del diencefalo posterior al hipotálamo. El núcleo forma parte de los circuitos neurales que controlan los movimientos del sistema músculo-esquelético.



Zona Dorsal del Diencéfalo: Tálamo y Epitálamo

- **El tálamo** es un centro por el que pasan las señales de muchas estructuras del SNC antes de llegar a la corteza cerebral, por lo que interviene en diversas funciones. Transmite a la corteza cerebral información sensorial, señales relacionadas con el control motor, y otras relacionadas con procesos emocionales y cognitivos. Y su relación con la corteza cerebral es recíproca, ya que ésta le devuelve multitud de señales. Por tanto, el tálamo es un centro clave para mantener y controlar el nivel de actividad cortical.



- **los núcleos talámicos** se clasifican funcionalmente en **núcleos de relevo y núcleos de proyección difusa**. Los núcleos de relevo reciben información específica y la transmiten a zonas específicas de la corteza cerebral, y los núcleos de proyección difusa reciben información muy variada y la transmiten a zonas muy amplias (difusas) de la corteza.
- **Los núcleos de relevo** pertenecen los núcleos de los grupos **ventral, anterior y media**.
- **El grupo ventral** incluye: 1. Núcleos sensoriales y 2. Núcleos motores.
- **El grupo medial** actúa como núcleo de asociación para las señales de la propia corteza del lóbulo prefrontal y como relevo de las señales de los ganglios basales a este lóbulo.
- **El grupo lateral (posterior y pulvinar)** actúa como relevo/ asociación de las señales de la propia corteza de los lóbulos parietal, temporal y occipital, y relevo de los colículos superiores, y son núcleos de asociación de varias modalidades sensoriales o núcleos de asociación multimodal.
- **Los núcleos de proyección difusa** incluyen los grupos **intralaminar, de la línea media y reticular**. En general reciben información muy variada desde distintas estructuras. Entre los núcleos merece especial atención el **núcleo reticular**.
- Posterior al tálamo, en la zona dorsal del diencéfalo, se localiza el **epitálamo** en el que destaca la **glándula pineal**. Si bien la glándula pineal es una auténtica glándula endocrina que segrega hormonas, fundamentalmente melatonina.

DOS ESTRUCTURAS CON CORTEZA: EL CEREBELO Y LOS HEMISFERIOS CEREBRALES

- El Árbol de la Vida: el Cerebelo .

Ilustración de las capas de la corteza del cerebelo y sus células características. Las células de **Purkinje** se disponen en una sola fila con las dendritas perpendiculares a las fibras paralelas. Se indican los tipos de interneuronas característicos de cada capa. Las fibras trepadoras y musgosas transportan las aferencias que llegan a la corteza del cerebelo.

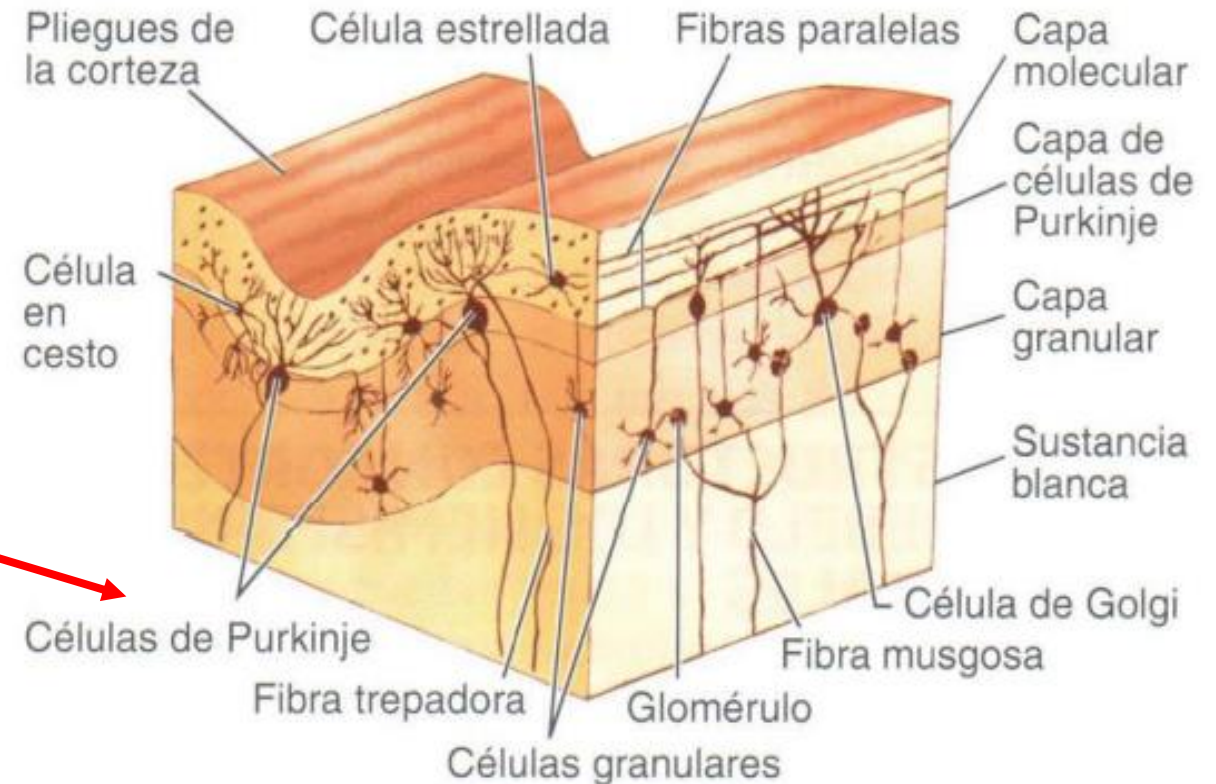


Figura 8.15

Aferencias del cerebelo.

- Las zonas intermedia y medial del cerebelo reciben información sensorial somática desde la médula espinal, la formación reticular y otros núcleos del tronco del encéfalo. El lóbulo floclonodular recibe información de los núcleos vestibulares. Los núcleos **pontinos** proyectan a la zona lateral del cerebelo, retransmitiéndole señales de la corteza cerebral.

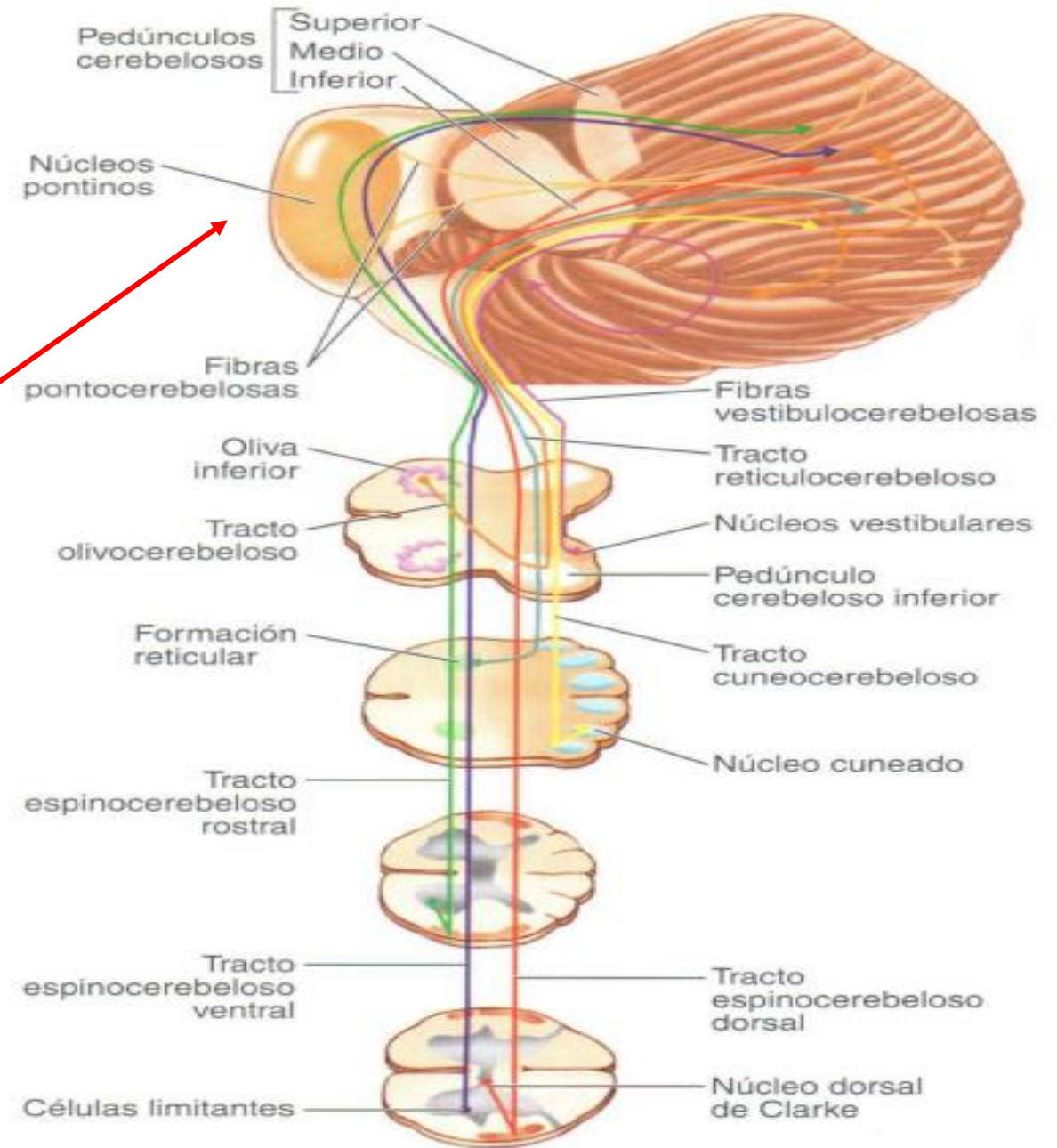


Figura 8.16

Cara dorsal del cerebelo en la que se delimitan las zonas longitudinales desde la corteza a los núcleos profundos (ilustrados por transparencia).

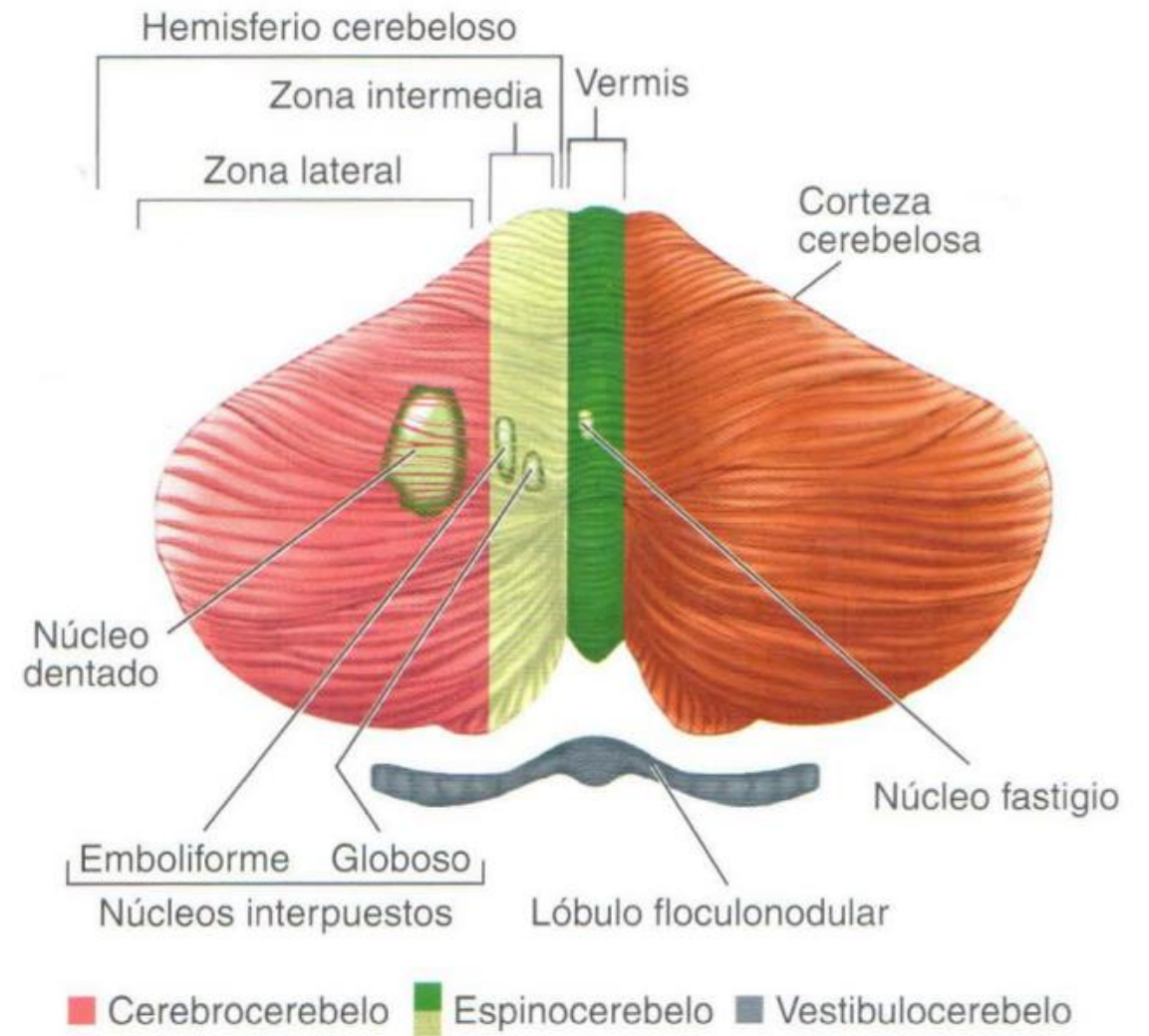


Figura 8.17

Vías eferentes de las unidades funcionales del cerebelo.

- **El cerebrocerebelo:** desde el núcleo dentado envía sus señales, a través del tálamo, a la corteza cerebral (área motora primaria contralateral, y a su vez recibe muchas señales corticales a través de los núcleos pontinos).
- **El espinocerebelo:** desde los núcleos interpuestos y el núcleo fastigio, fundamentalmente dirige sus vías de salida a varios núcleos del tronco del encéfalo en los que se originan vías que descienden a la médula espinal, de la cual recibe muchas señales.
- **El vestibulocerebelo:** el lóbulo floculonodular proyecta directamente a los núcleos vestibulares, de los que recibe sus señales (se consideran sus núcleos profundos), y en los núcleos vestibulares se originan también vías descendentes a la médula espinal.

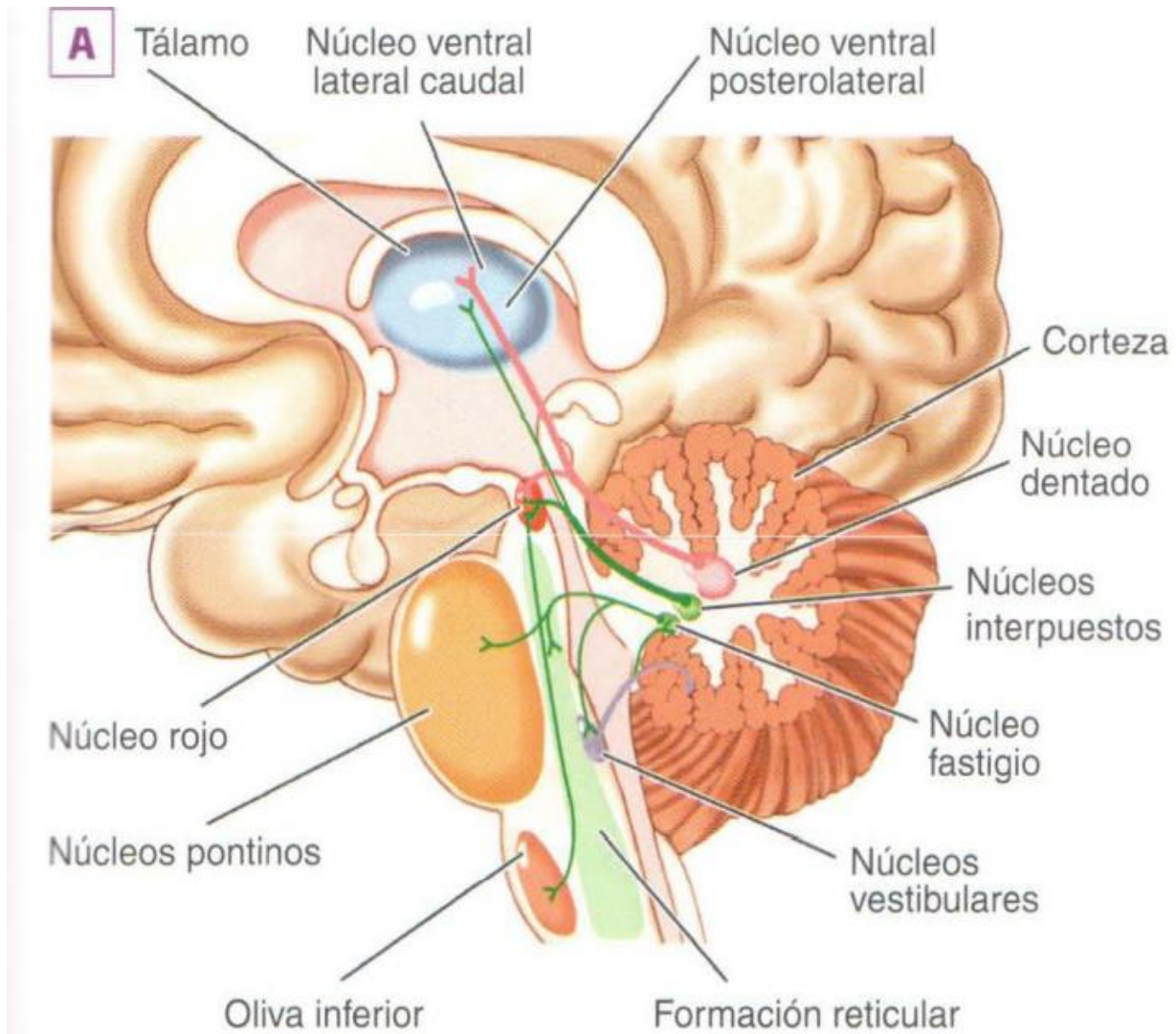
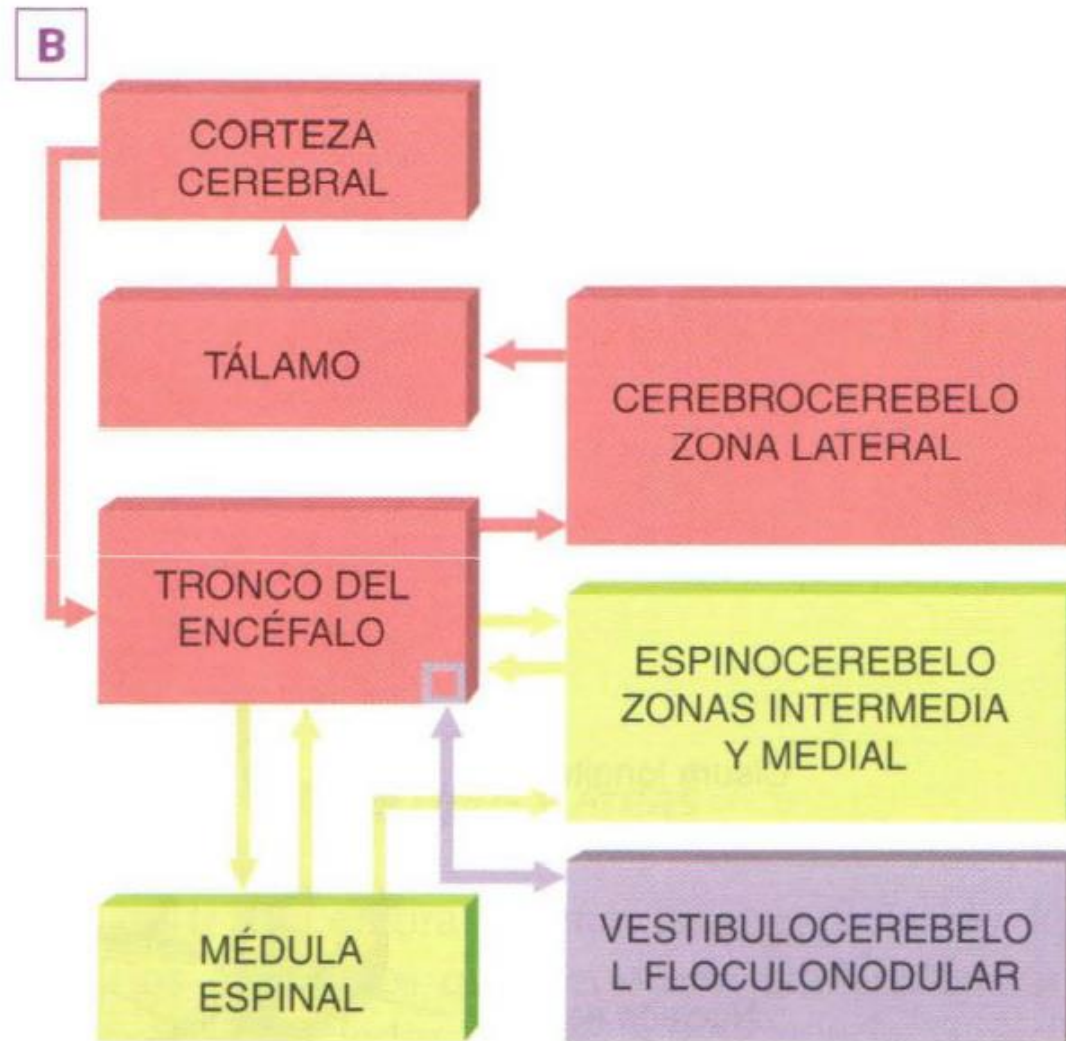


Figura 8.18

Esquema de las interrelaciones que establecen las tres unidades funcionales del cerebelo con otras divisiones del SNC.



La Nuez más seleccionada: Organización Interna de los Hemisferios Cerebrales

- **Representación esquemática de las estructuras subcorticales de los hemisferios cerebrales en relación al tálamo.** Se observa la forma del **núcleo caudado**: en la parte anterior está unido al putamen, se curva después dorsal al tálamo y termina en continuidad con la amígdala en el lóbulo temporal.

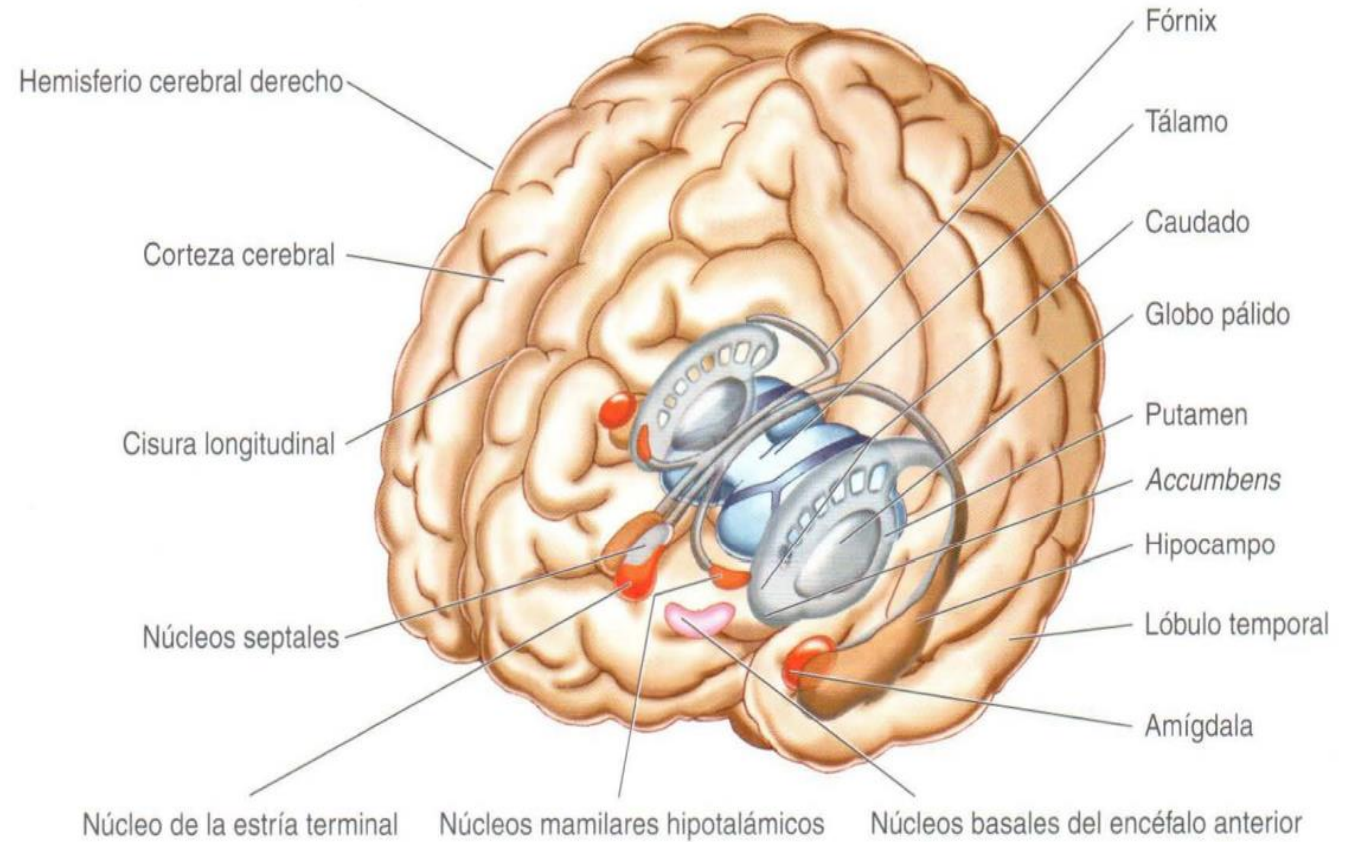


Figura 8.19

- A. Ilustración de una sección coronal de los hemisferios cerebrales indicando varias estructuras subcorticales.
- B. Fotografía del corte coronal de un encéfalo humano a un nivel aproximado al de A. III: Tercer ventrículo; VL: Ventrículo lateral (B. Cortesía del Dr. Javier de Felipe. Instituto Cajal, C.S.I.C., Madrid).

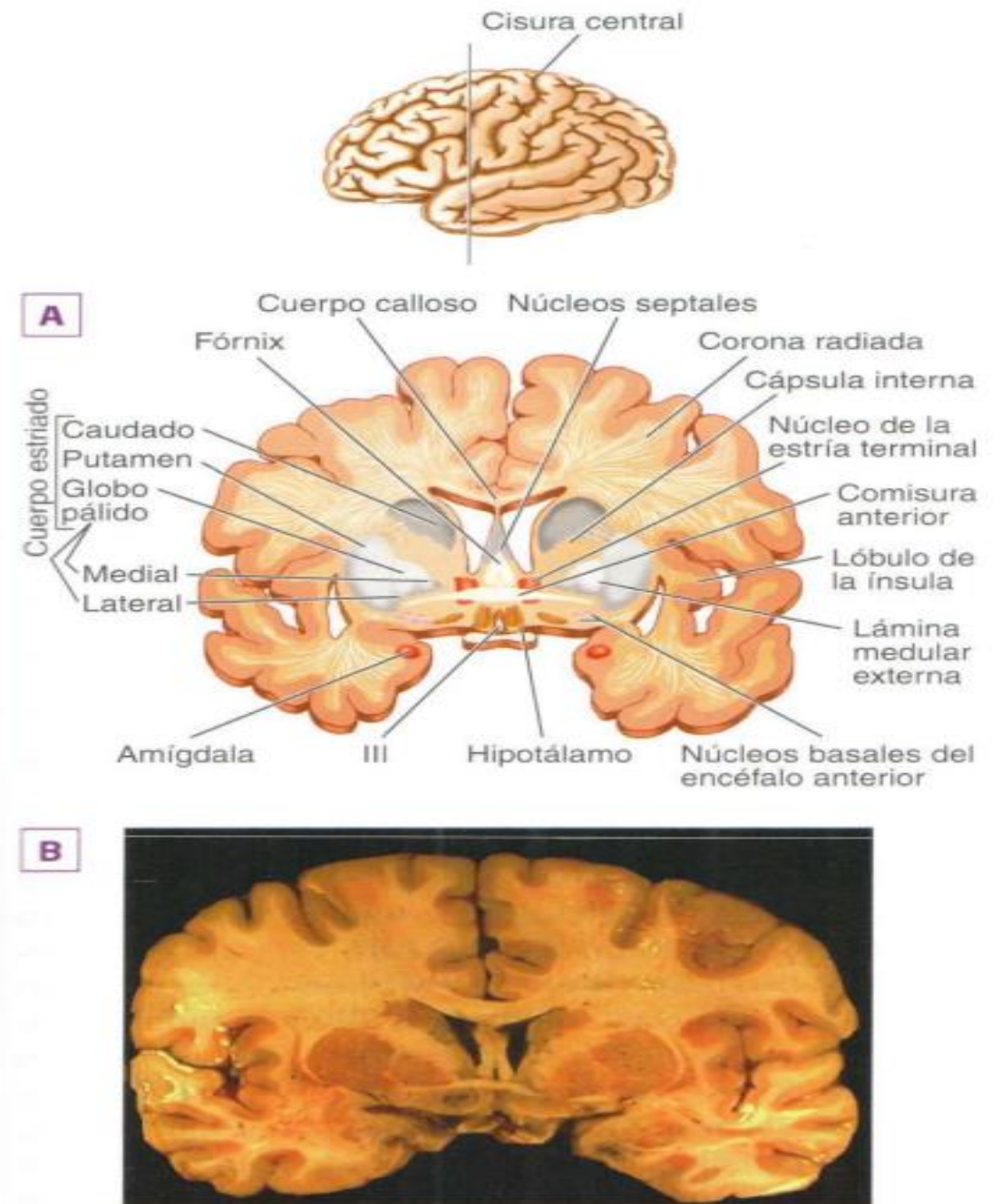


Figura 8.20

La Corteza Cerebral: Tipos y Áreas

- **Cara medial de los hemisferios cerebrales ilustrando los tipos de corteza cerebral.**
- **Alocorteza (la mas antigua): paleocorteza** (bulbo olfatorio, núcleo olfatorio anterior, tubérculo olfatorio, región septal-basal del encéfalo anterior, corteza piriforme y la parte cortical de la amígdala (la parte principal es subcortical, como hemos visto); y **arquicorteza** (Formación hipocampal y un anillo de corteza que bordea el cuerpo calloso en la zona ventral de la circunvolución del cíngulo del lóbulo límbico).
- **La Neocorteza** ocupa la mayor parte de la corteza cerebral. Adyacentes a ambos tipos de corteza existen zonas de transición que en conjunto se denominan **mesocorteza** (se ilustran en color más claro que el tipo principal) Según, Zilles, K. y Amunts, K. (2012)

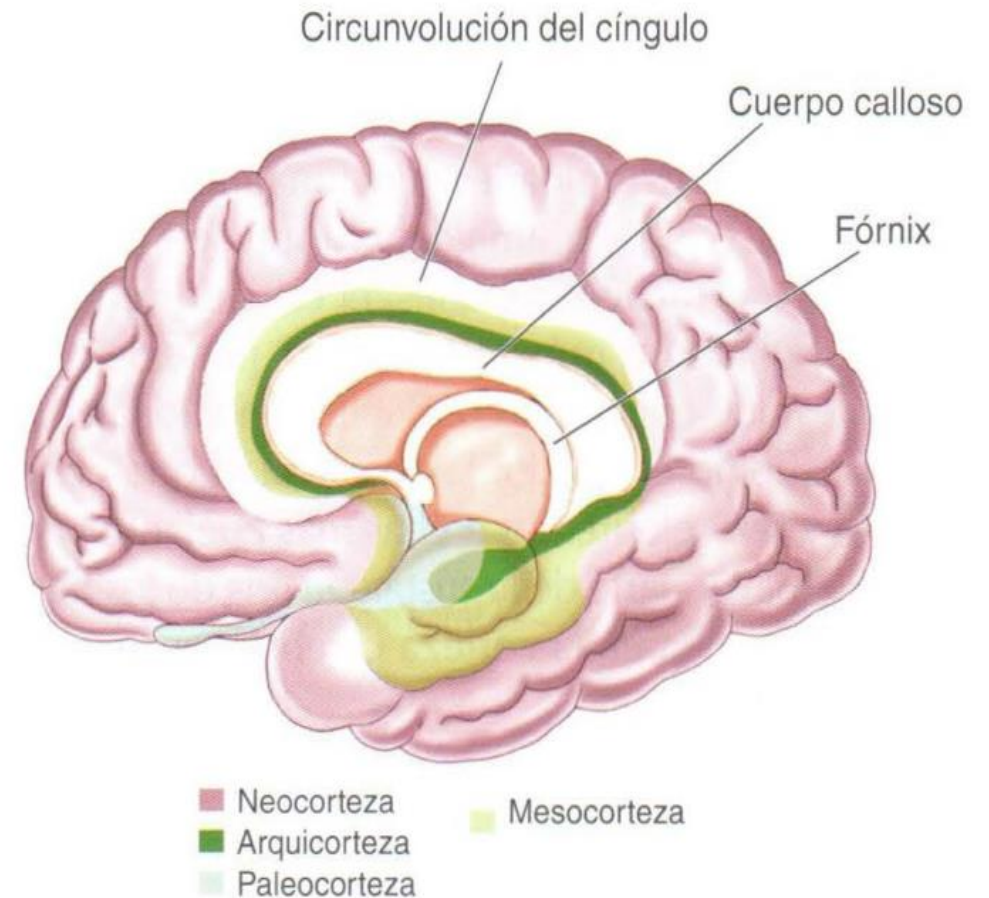


Figura 8.22

Organización de la Neocorteza.

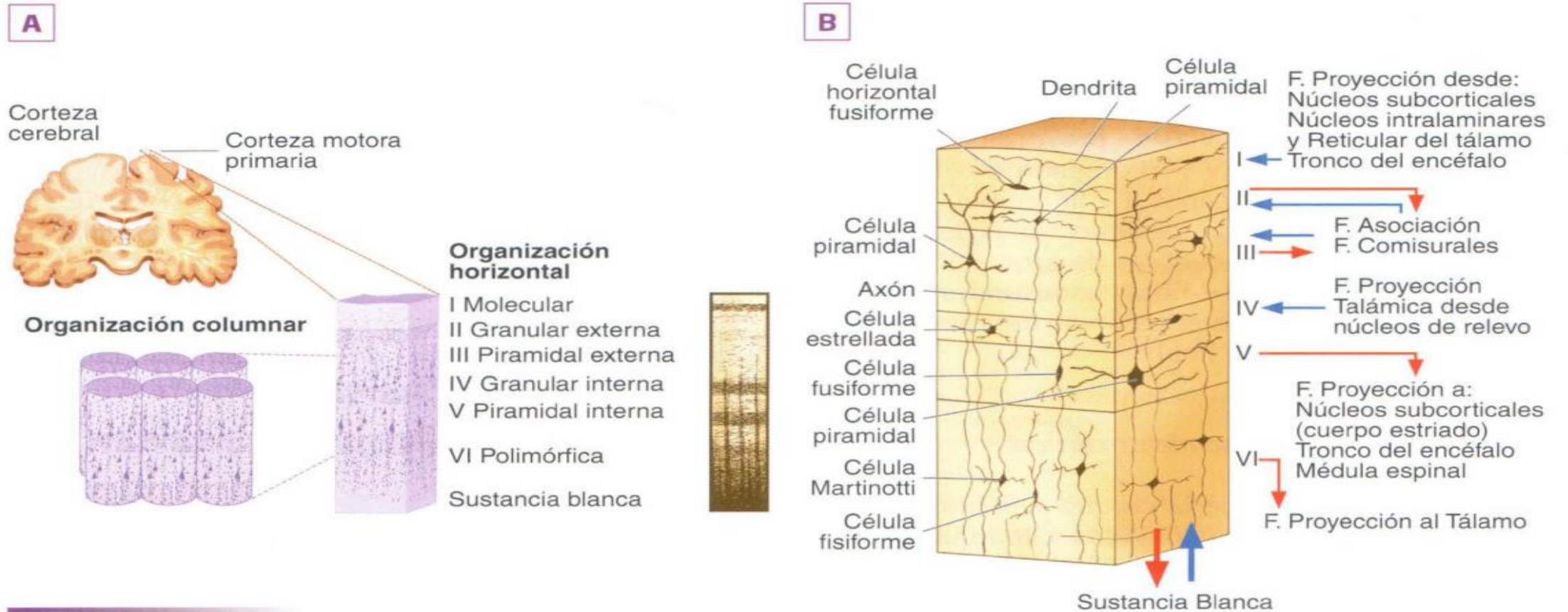
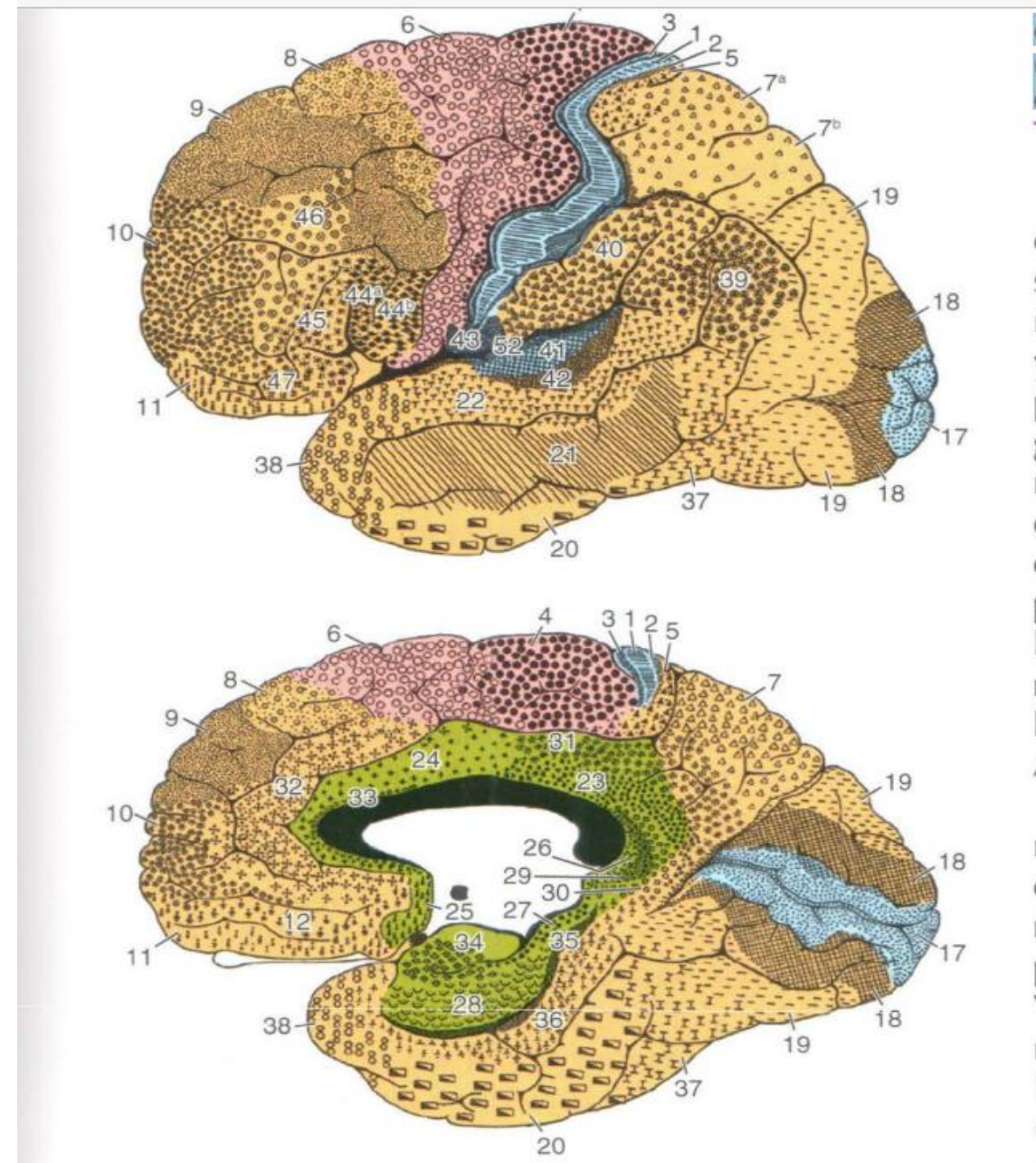


Figura 8.24

Áreas de la Corteza cerebral

- Mapa citoarquitectónico de la corteza cerebral humana, según Brodmann, 1914 (Adaptada de Nieuwenhuys et al ., 2008) en el que se han coloreado las diferentes áreas funcionales de la neocorteza y la corteza el lóbulo límbico.
- En la parte superior se ilustran diferencias citoarquitectónicas entre diversas zonas de la neocorteza como aparecen en secciones con tinción de Nissl: se observa, por ejemplo, la diferencia en el grosor de las capas IV y V entre las áreas 4 (área motora primaria) y 17 (área visual primaria).
- En toda la corteza motora (áreas 4 y 6) la capa IV (granular interna) es tan reducida que no se ve claramente y se denomina corteza agranular.
- Por el contrario, en el área 17, la capa IV tiene una gran densidad de células granulares (algunas de gran tamaño) y es tan ancha que se divide en varias subcapas (no mostradas) (Citoarquitectura según Campbell, 1905, adaptada de Carpenter, 1994)).



UN VIAJE RÁPIDO POR LOS SISTEMAS NEURALES: FUNCIONES DEL SNC .

- Sistemas Moduladores: Sistema de Activación Ascendente de la Formación Reticular y otros Sistemas Relacionados de Modulación Difusa.

El sistema ascendente de la formación reticular se origina entre el puente rostral y el mesencéfalo, e influye sobre la activación de la corteza cerebral a través de varias vías: una vía dorsal tiene su origen más caudal en el puente y llega a los núcleos intralaminares del tálamo desde los que alcanza la corteza cerebral; otra vía ventral se dirige al hipotálamo y a los núcleos basales del encéfalo anterior (no mostrados); y una tercera vía, va directa hasta la corteza cerebral: prefrontal dorso lateral y prefrontal/ orbitaria y medial ventromedial.

Estas vías se han confirmado recientemente en humanos mediante la técnica de imágenes por tensor de difusión.

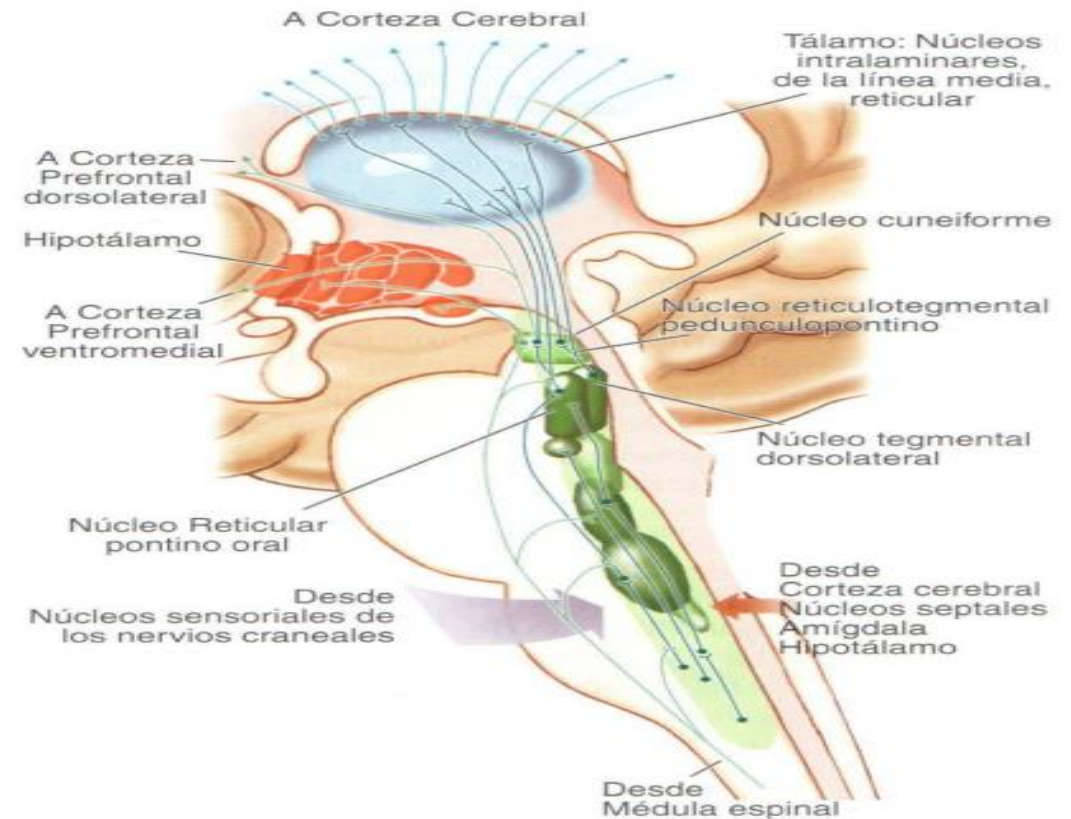


Figura 8.26

Distribución de A. vías histaminérgicas del hipotálamo (núcleos tubero/mamilares) (verde) y vías colinérgicas de los núcleos basales del encéfalo anterior (rosa); B. vías noradrenérgicas del locus coeruleus; C. vías serotoninérgicas de los núcleos del rafe; D. vías dopaminérgicas de la sustancia negra y el área tegmental ventral. Se puede observar el gran solapamiento en la distribución de las vías.

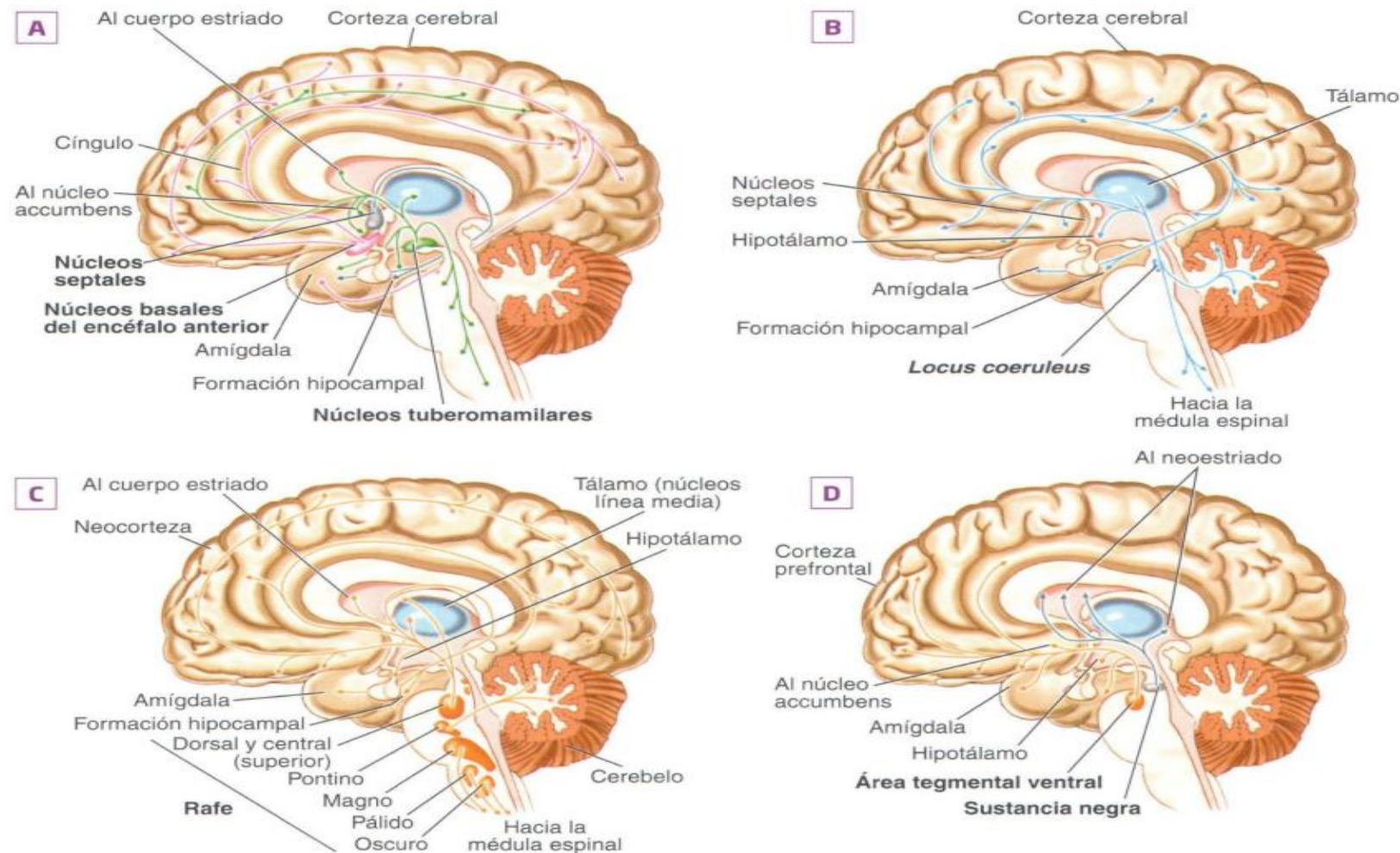
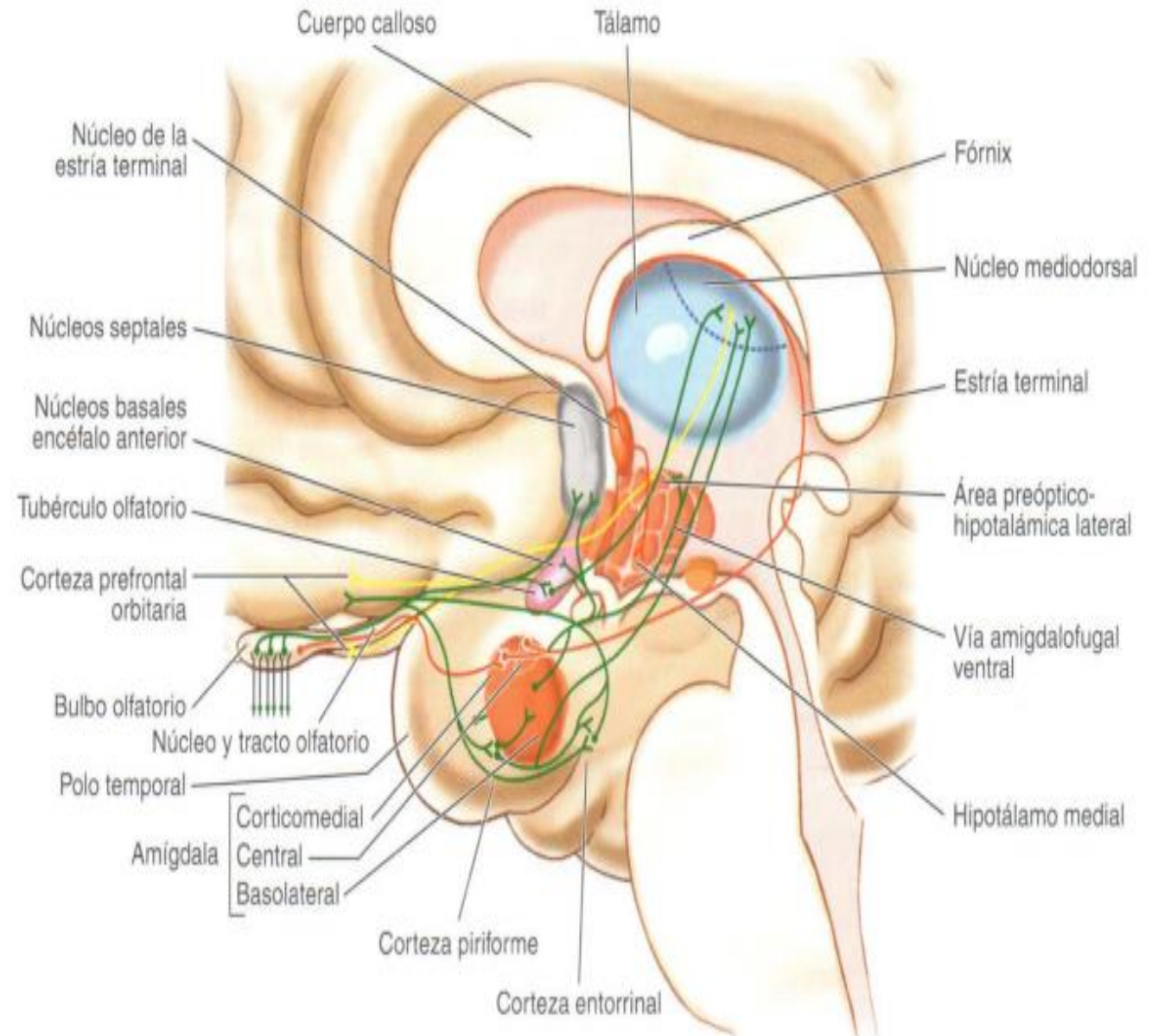


Figura 8.28

Vías de proyección olfatoria. Por una vía (en verde) las señales olfatorias llegan directamente a la corteza piriforme -corteza olfatoria primaria- y alcanzan la corteza entorrinal, la amígdala basolateral y el núcleo mediodorsal del tálamo, estructuras del sistema límbico por las que acceden al polo temporal y la corteza prefrontal orbitaria y medial, que son áreas de asociación paralímbicas de la neocorteza; por la vía amigdalofugal ventral las señales de esta vía se distribuyen al hipotálamo lateral. La otra vía olfatoria (en rojo) hace relevos en la amígdala la corticomedial y a través de la estría terminal, y su relevo en el núcleo de la estría terminal, alcanza el hipotálamo medial. Ambas vías, a través del hipotálamo lateral y medial, respectivamente, y el complejo de la amígdala central/división lateral del núcleo de la estría terminal influyen en la expresión conductual de las emociones y en las conductas motivadas.



Circuito de Papez:

- Circuito de Papez:
circunvolución del cíngulo-
formación hipocampal-
núcleos mamilares del
hipotálamo- núcleo anterior
del tálamo- circunvolución del
cíngulo.
- Las grandes vías que conectan
estas estructuras límbicas son
el haz del cíngulo, el fornix y el
tracto mamilotalámico (véase
texto).

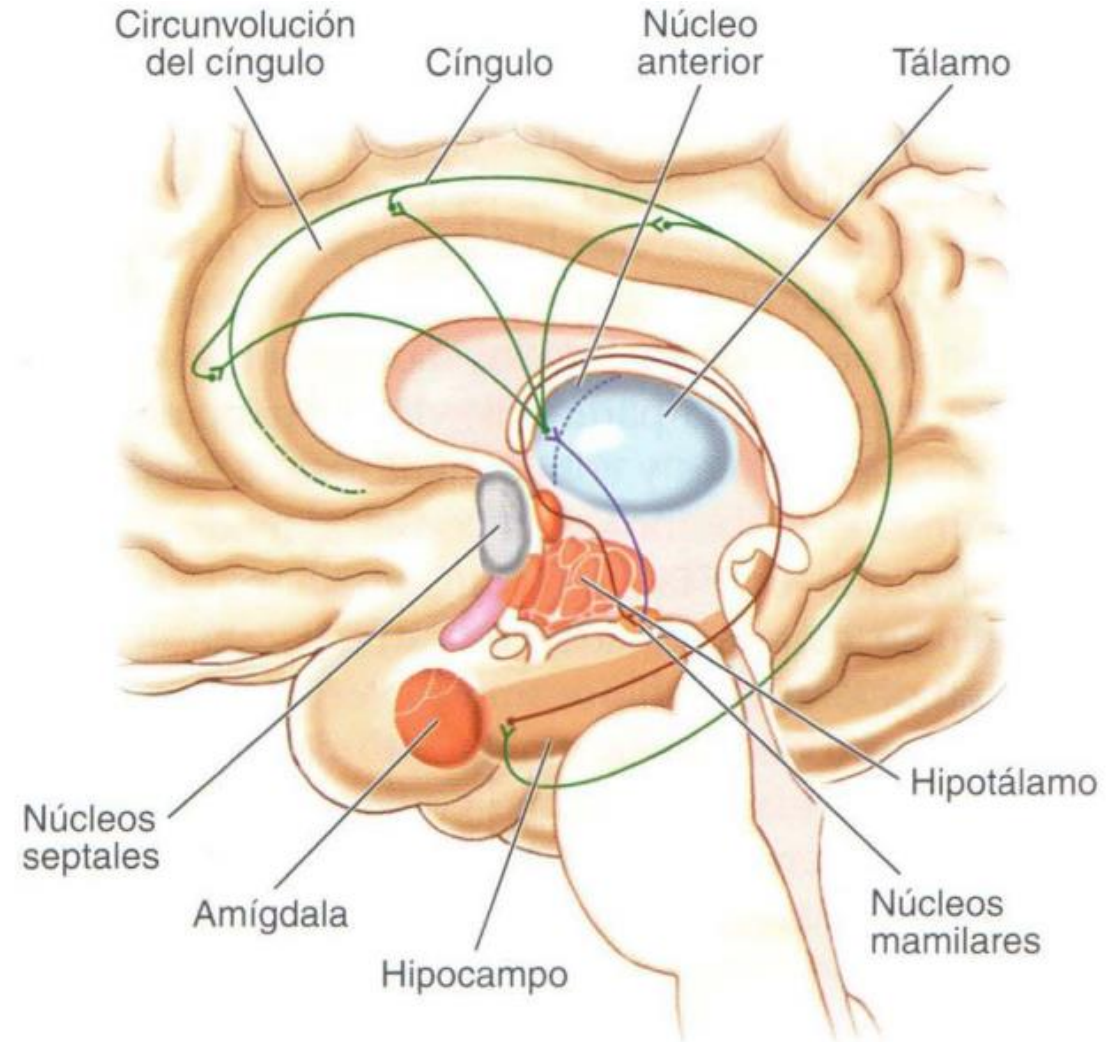


Figura 8.30

Sistema límbico: componentes y algunas vías de interconexión (ver texto).

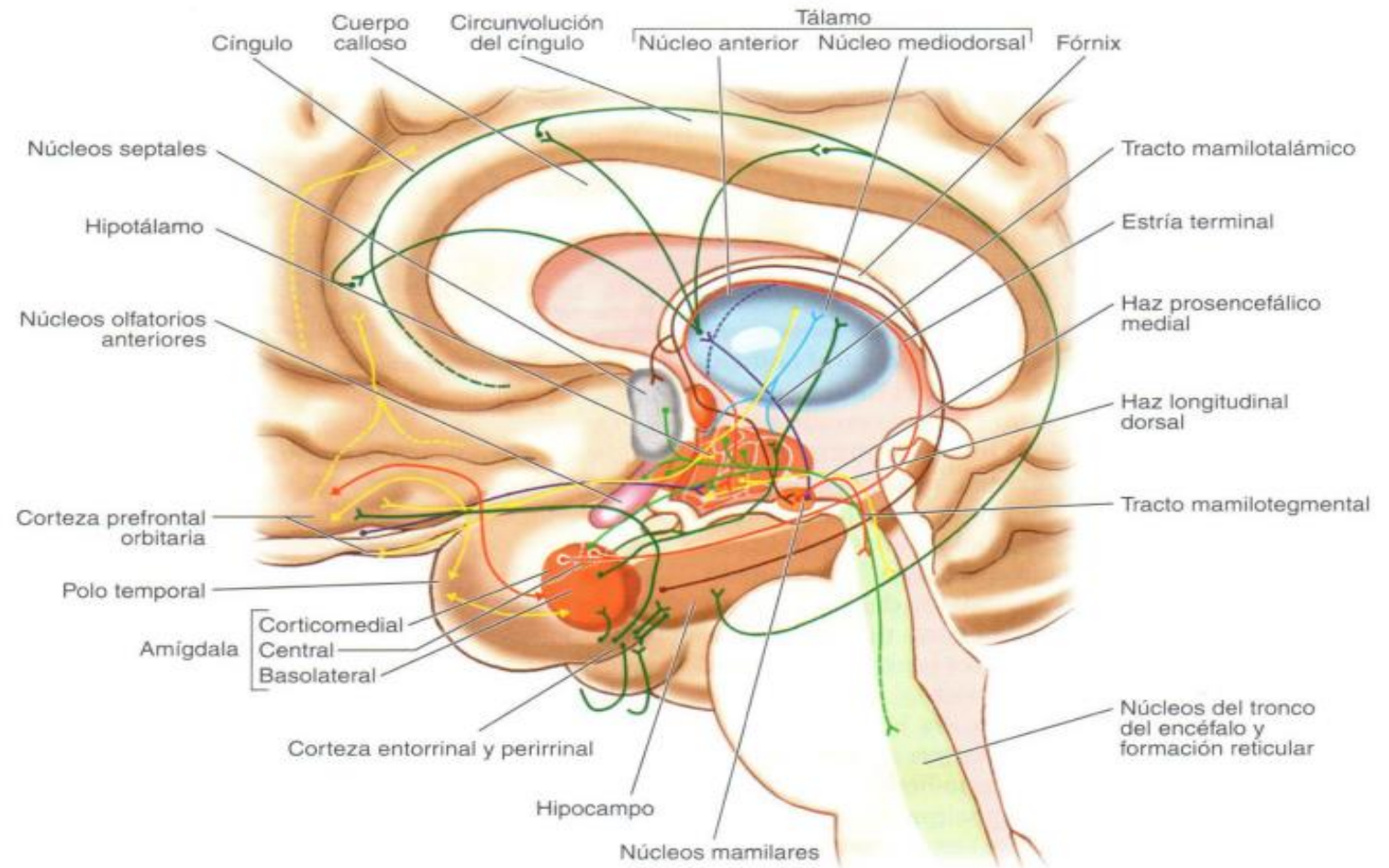
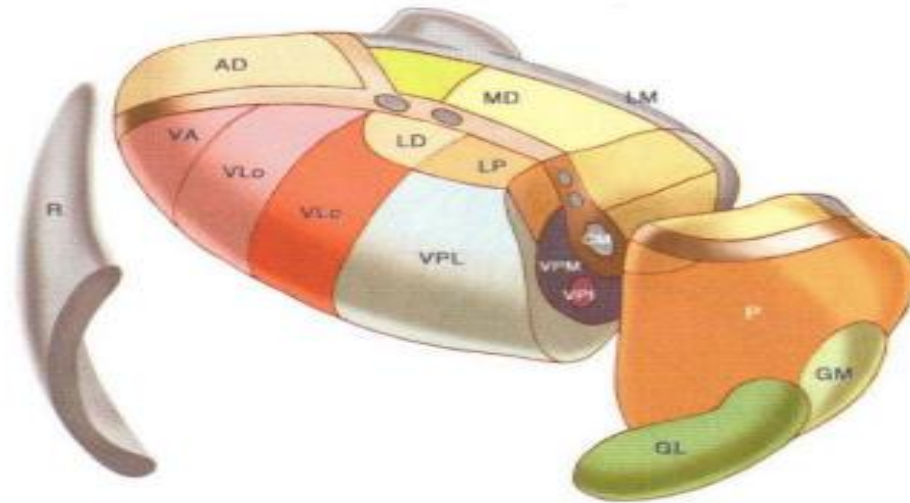
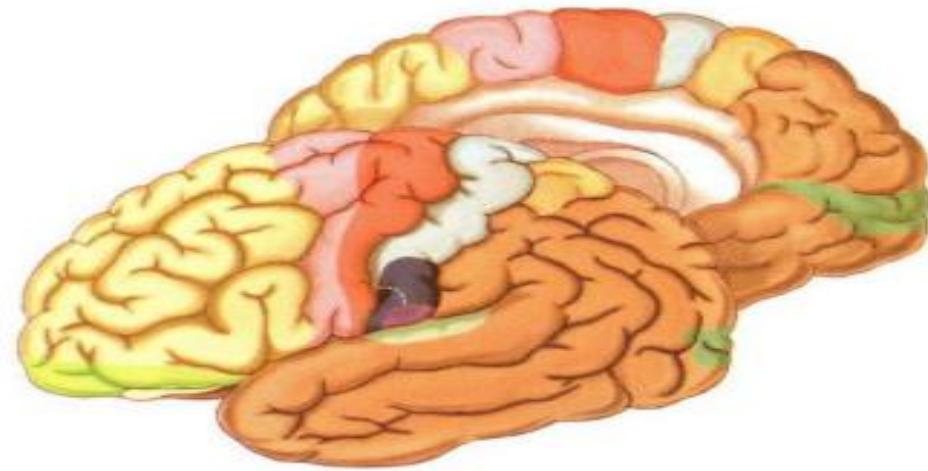


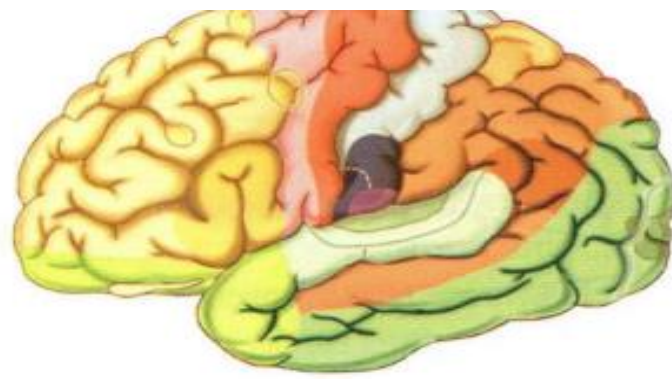
Figura 8.32

Sistemas funcionales de la Neocorteza: el Centro Superior del Procesamiento Neural



- | | |
|--|-----------------------|
| Motor (ganglios basales) | Vestibular |
| Motor (cerebelo) | Visual |
| Somático (cuerpo) | Auditivo |
| Somático (cabeza) visceral y gustativo | Asociación |
| | Asociación Multimodal |

Figura 8.35



- | | | | |
|--|---|-------------------------------|----------------------------------|
| Área de asociación multimodal prefrontal | Área somatosensorial primaria | Área del lenguaje de Wernicke | Área auditiva primaria |
| Área del lenguaje de Broca | Área de asociación somatosensorial | Área visual primaria | Área vestibular primaria |
| Áreas premotoras | Área de asociación multimodal parietotemporal | Áreas de asociación visual | Área gustativa primaria |
| Área motora primaria | | Áreas de asociación auditiva | Áreas de asociación paralímbicas |

Figura 8.36

Áreas de la neocorteza. Las **áreas sensoriales primarias** se distribuyen por varios lóbulos: el área somatosensorial primaria (SI) en el lóbulo parietal (áreas 3, 1 y 2); adyacentes a ella hay tres áreas vestibulares (una en la unión del área 3 con el área motora, otra junto a la corteza parietal superior y la tercera en la unión de la corteza parietal e insular en el interior de la cisura lateral); el área gustativa primaria en la unión de los lóbulos parietal-frontal (área 43) y otra área gustativa en el lóbulo de la ínsula; el área auditiva primaria en el lóbulo temporal (áreas 41) y el área visual primaria en el lóbulo occipital (área 17). Adyacentes a sus áreas sensoriales primarias están las **áreas de asociación unimodales**: somatosensoriales en la parte superior del lóbulo parietal (parte de las áreas 5 y 7, y algo del área 40); visuales, que ocupan la mayoría del lóbulo occipital y se extienden en las circunvoluciones inferiores del lóbulo temporal (áreas 18, 19, 20, 21 y 37) y auditivas en la circunvolución superior del lóbulo temporal (áreas 41 y 22) (no se han identificado claramente áreas de asociación unimodal vestibular ni gustativa). En la unión entre las áreas de asociación sensorial unimodales está el **área de asociación multimodal (polimodal) parietotemporal**, que ocupa una gran extensión (la mayor parte de las áreas 7, 39 y 40, y una banda que se extiende por la zona de unión de las áreas 21 y 22) e incluye el área del lenguaje de Wernicke. En el lóbulo frontal, adyacentes a la cisura central están las **áreas motoras**: el área motora primaria (área 4) y delante de ella las áreas premotoras —corteza premotora y área motora suplementaria— (área 6). La **corteza de asociación multimodal prefrontal** ocupa gran parte de este lóbulo (áreas 8-12, 45-47). Las áreas 44 y 45 forman el área del lenguaje de Broca. Hay autores que incluyen la parte anterior del área 8 y el área 44 en las áreas premotoras. La corteza prefrontal orbitaria (áreas 11, 47), la parte anterior de la ínsula, el polo temporal (área 38) y el área temporal medial perirrinal (áreas 35 y 36) forman la corteza de asociación paralímbica. (Basada conceptualmente en R. Nieuwenhuys et al., 2008). (Las referencias a áreas corresponden al mapa de Broadman 1914, Fig. 8.25).