

## 1.5. LAS CINCO DIVISIONES PRINCIPALES DEL ENCÉFALO

Un paso importante a la hora de vivir en una ciudad desconocida consiste en aprender los nombres y la situación de sus principales barrios o distritos. Los que disponen de esta información pueden comunicarse con facilidad. Por la misma razón, esta sección se adentra en los cinco «barrios» o divisiones del cerebro.

Para comprender por qué se considera el cerebro dividido en cinco partes, es necesario conocer su desarrollo. En el embrión de los vertebrados, el tejido que va a dar lugar al SNC tiene el aspecto de un tubo lleno de líquido (véase la Figura 3.21). La primera señal de un cerebro en desarrollo son tres protuberancias que se forman en el extremo anterior del tubo. Estas tres protuberancias darán lugar al *prosencefalo*, al *mesencefalo* y al *rombencefalo*.

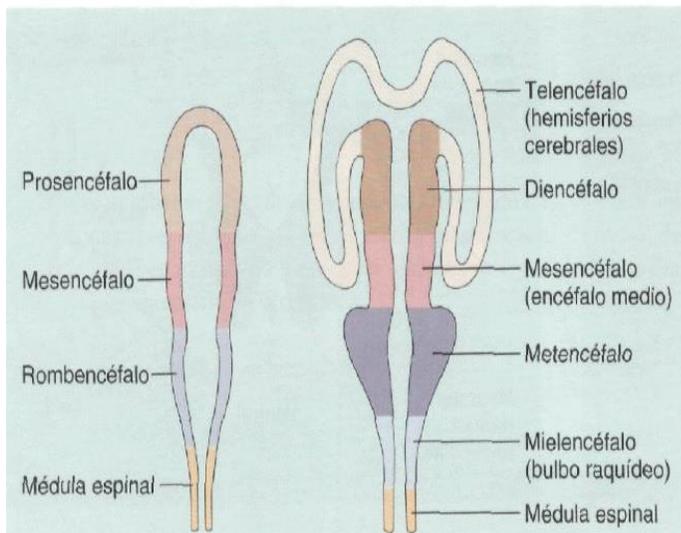


Figura 3.21 Ilustración en sección horizontal de las primeras fases de desarrollo del encéfalo de los mamíferos. Compárese con el de los adultos humanos de la figura 3.22.

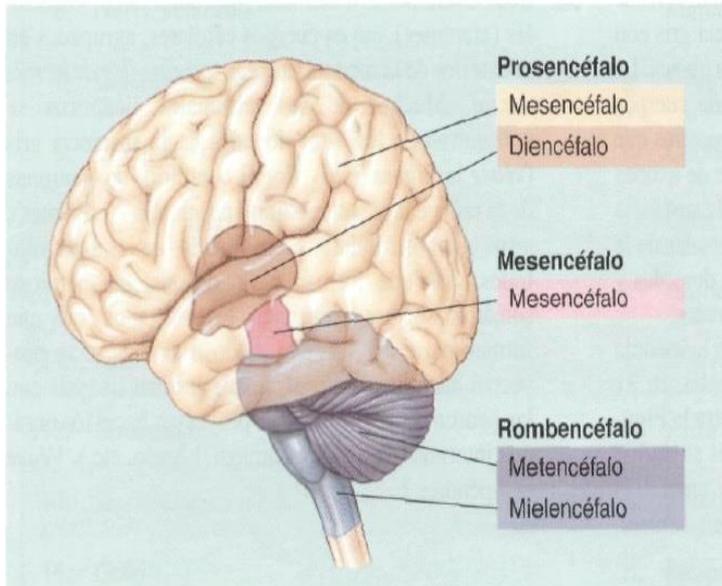


Figura 3.22 Divisiones del encéfalo humano adulto.

Antes del nacimiento, las tres protuberancias iniciales del tubo neural se convierten en cinco (véase la Figura 3.21). Esto ocurre porque la protuberancia del encéfalo anterior da lugar a dos otros abultamientos, al igual que la protuberancia del encéfalo posterior. Des de la parte anterior a la posterior, estas cinco divisiones son: el *telencéfalo*, el *diencéfalo*, el *mesencéfalo* (o cerebro medio), el *metencéfalo* y el *mielencéfalo* (encéfalo significa «dentro de la cabeza»). Estas protuberancias acaban por dar lugar a las cinco divisiones del cerebro adulto.

En la Figura 3.22 se muestra la situación del telencéfalo, del diencéfalo, del mesencéfalo, del metencéfalo y del mielencéfalo en el cerebro humano adulto. Obsérvese que en los humanos, al igual que en otros vertebrados superiores, el telencéfalo (los *hemisferios cerebrales* izquierdo y derecho) son los que más crecen durante el desarrollo. Las otras cuatro partes del cerebro se conocen a menudo en su conjunto como el **tronco encefálico**, el tronco sobre el que se asientan los hemisferios. El mielencéfalo se conoce a menudo como *bulbo raquídeo*.

## 1.6. LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS DEL ENCÉFALO

Ahora es el momento de conocer las principales estructuras del encéfalo. Esta sección del capítulo empieza con una revisión de las estructuras encefálicas del mielencéfalo, y luego asciende a través de las otras estructuras hasta el telencéfalo. Las estructuras cerebrales en negrita se enumeran en la Figura 3.32. al final de esta sección. mejor que ser incluidas en el listado de palabras clave.

### a) MIELENCÉFALO

El mielencéfalo (o bulbo raquídeo), la división encefálica posterior, está compuesto en gran medida por vías que llevan señales del cerebro al cuerpo. Desde el punto de vista psicológico una parte interesante del mielencéfalo es la formación reticular (*véase* la Figura 3.23). Es una red compleja de unos 100 núcleos diminutos que ocupan el centro del tronco encefálico desde el límite posterior del mielencéfalo hasta el límite anterior del encéfalo medio. En ocasiones, la formación reticular se denomina *sistema de activación reticular* porque algunas de sus partes parecen desempeñar un papel importante en el despertar. Los distintos núcleos de la formación reticular intervienen en una gran variedad de funciones que incluyen el sueño, la atención, el movimiento, el mantenimiento del tono muscular y diversos reflejos cardíacos, circulatorios y respiratorios. En consecuencia, el término sistema quizá no sea *adecuado* en este caso.

### a) METENCÉFALO

El metencéfalo, al igual que el mielencéfalo, aloja múltiples vías ascendentes y descendentes, así como parte de la formación reticular. Estas estructuras forman una protuberancia denominada puente, sobre la superficie ventral del tronco encefálico. El puente una de las principales divisiones del metencéfalo: la otra es el cerebelo (*véase* la Figura 3.23). El cerebelo es la estructura, grande y sinuosa, situada sobre la superficie dorsal del tronco encefálico. Es una estructura somatomotora de gran importancia. Una lesión del cerebelo elimina la capacidad de controlar con exactitud los movimientos y adaptarlos a las distintas circunstancias.

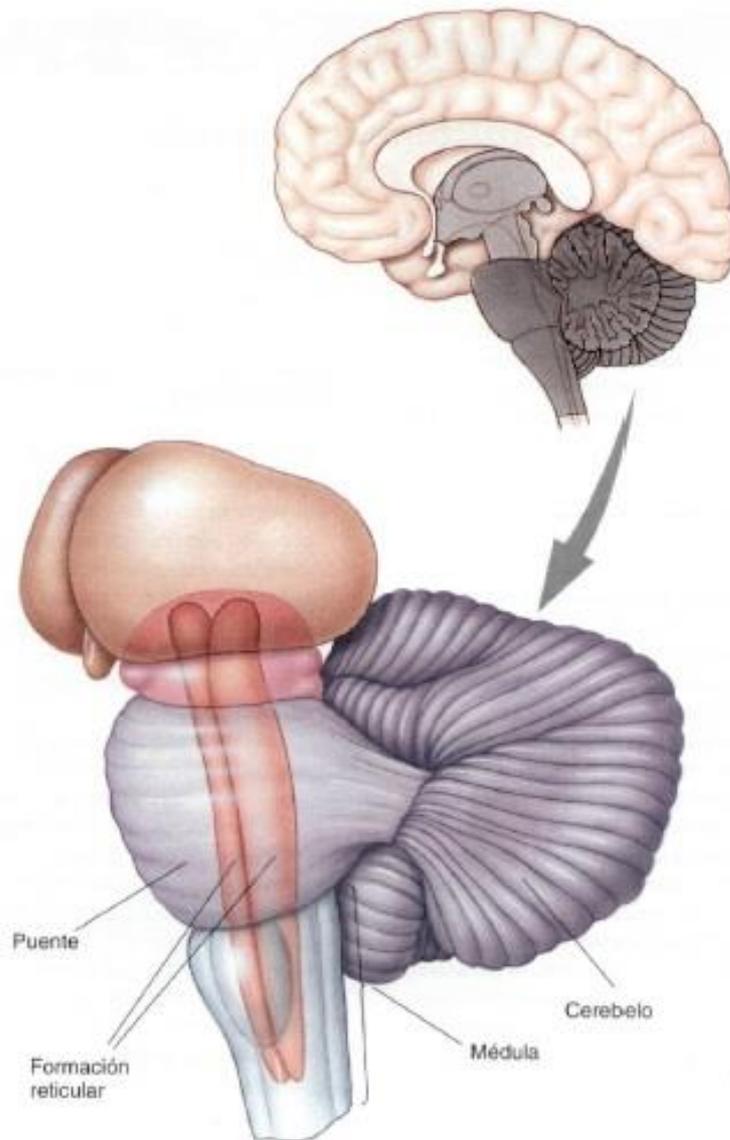


Figura 3.23 Estructuras del mielencéfalo (bulbo raquídeo) y del metencéfalo humanos.

### c) MESENCÉFALO

El mesencéfalo, al igual que el metencéfalo, está formado por dos partes. Estas dos partes son el **téctum** y el **tegmentum** (véase la Figura 3.24). El téctum («techo») se compone de dos pares de protuberancias, los *colículos* (pequeñas lomas). El par posterior, llamado colículo inferior, tiene una función auditiva, y el par anterior, llamado colículo superior, tiene una función visual. En los vertebrados inferiores, la función del téctum es enteramente visual, por lo que se denomina *téctum óptico*.

El tegmentum es la división del mesencéfalo ventral hacia el téctum. Además de la formación reticular y de las vías de paso de las señales el tegmentum contiene tres estructuras coloreadas de gran interés para los biopsicólogos: la sustancia gris periacueductal, la sustancia negra y el núcleo rojo (véase la Figura 3.24). La sustancia gris periacueductal es la materia gris situada alrededor del *acueducto cerebral*, el canal que conecta el tercer y cuarto ventrículo. Resulta de especial interés debido a su papel mediador en el efecto analgésico (reductor del dolor) de las drogas opiáceas. La sustancia negra y el núcleo rojo son ambos componentes importantes del sistema sensoriomotor.

### d) DIENCÉFALO

El diencéfalo se compone de dos estructuras: el tálamo y el hipotálamo (véase la Figura 3.25). El tálamo es la estructura bilobulada de gran tamaño que forma la parte superior del tronco encefálico. Uno de los lóbulos se asienta a cada lado del tercer ventrículo, unida cada parte por la masa intermedia que atraviesa el ventrículo. Sobre la superficie del tálamo se pueden observar las *láminas blancas* compuestas de axones mielinizados.

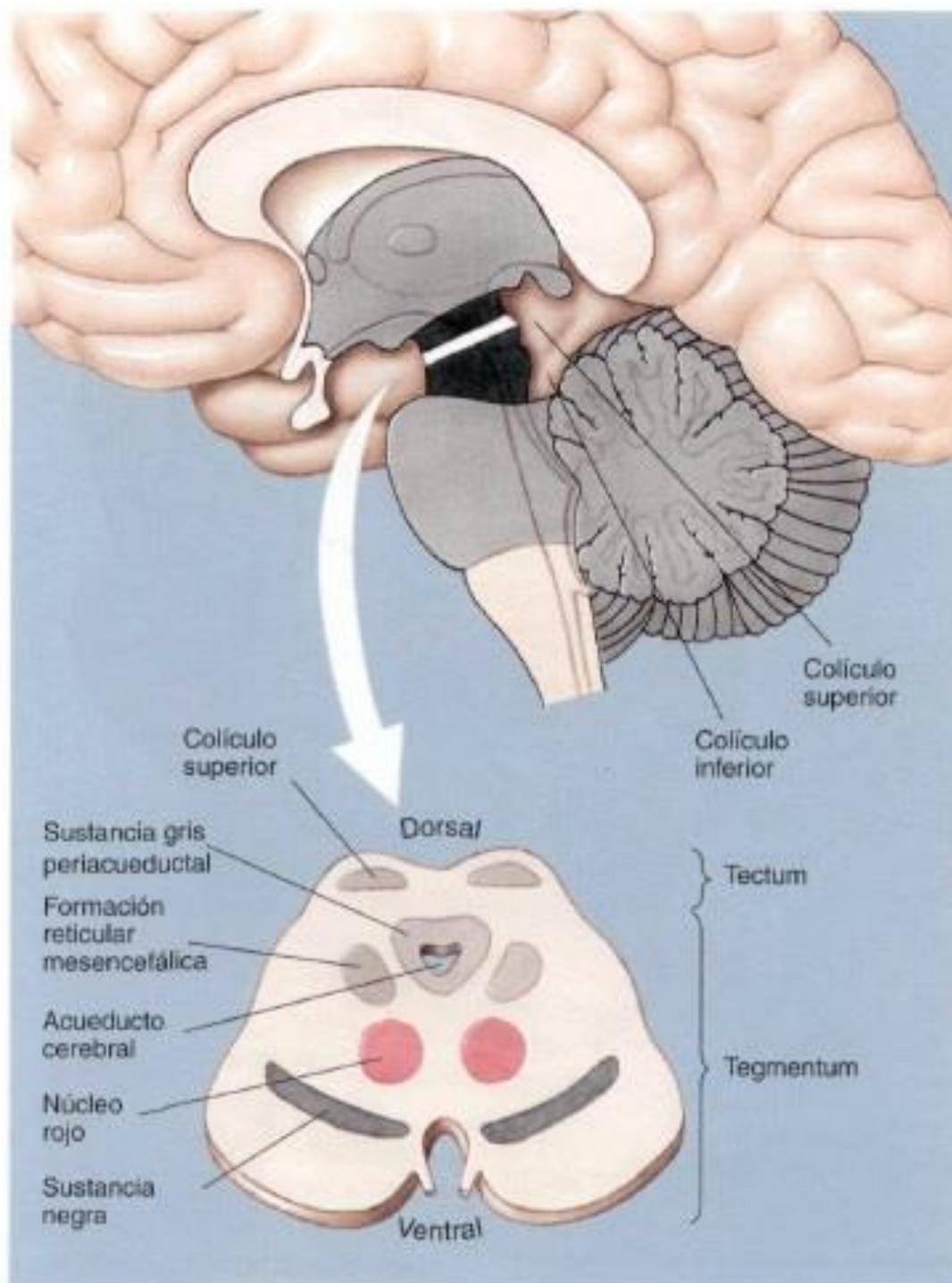


Figura 3.24 El mesencéfalo (encéfalo medio) humano.

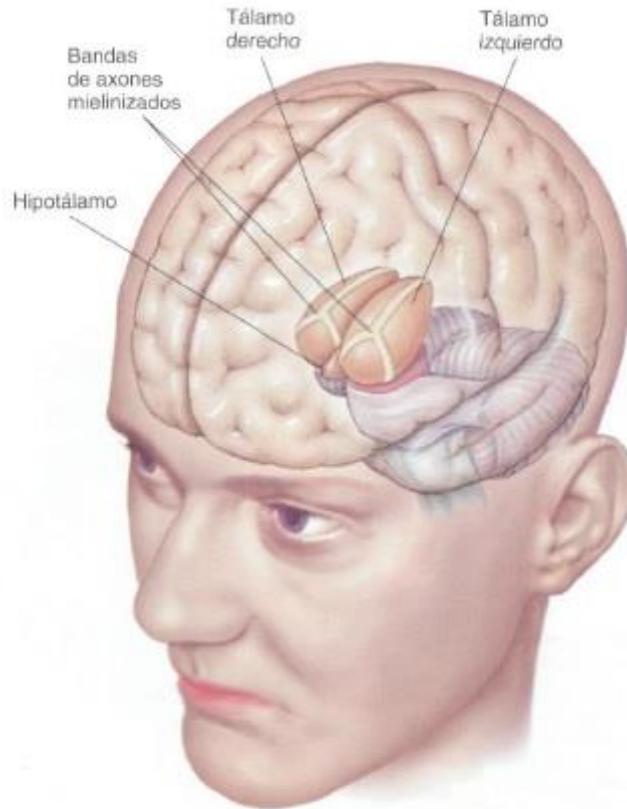


Figura 3.25 Diencefalo humano.

El tálamo comprende muchos pares de núcleos, la mayoría de los cuales se proyectan hacia la corteza. Algunos son núcleos sensoriales de relevo (núcleo que reciben la señal de los receptores, la procesan y luego la transmiten a las zonas apropiadas de la corteza sensorial). Los **núcleos geniculados laterales**, los **núcleos geniculados medios** y los **núcleos ventrales posteriores** son importantes centros de relevo de los sistemas visual, auditivo y somatosensorial, respectivamente (véase la Figura 3.25). Los distintos núcleos del tálamo se muestran en el Apéndice V.

El hipotálamo se sitúa justo por debajo del tálamo anterior. Véase la Figura 3.26. Desempeña una función importante en la regulación de diversos comportamientos motivados. Ejerce sus efectos en parte mediante la regulación de la liberación hormonal por parte de la **glándula pituitaria**, que cuelga del hipotálamo en la superficie ventral del cerebro. El significado literal de *glándula pituitaria* es «glándula mucosa». Se descubrió en estado gelatinoso detrás de la nariz de un cadáver sin embalsamar, y se supuso erróneamente que era la fuente del moco nasal.

Además de la glándula pituitaria, hay otras dos estructuras que aparecen en la cara inferior del hipotálamo: el quiasma óptico y los cuerpos mamilares (véase la Figura 3.26). El **quiasma óptico** es el punto en el que se juntan los *nervios ópticos* de cada ojo. Su forma de X es debida a que algunos axones del nervio óptico **decusan** (cruzan aliado opuesto del cerebro) a través del quiasma óptico. Las fibras decusantes se dice que son **contralaterales** (se proyectan de un lado al otro del cuerpo) y las no decusantes se dice que son **ipsilaterales** (se mantienen en el mismo lado del cuerpo). Los **cuerpos mamilares** son un par de núcleos hipotalámicos esféricos que se localizan en la cara inferior del hipotálamo, justo detrás de la hipófisis. Los cuerpos mamilares y los otros núcleos del hipotálamo se muestran en el Apéndice VI.

**Astas dorsales.** Los dos brazos dorsales de la sustancia gris medular.

**Astas ventrales.** Los dos brazos ventrales de la sustancia gris medular

**Tronco encefálico.** El mielencéfalo, el metencéfalo y el diencefalo.

#### e) TELENCEFALO

El telencéfalo es la más grande de las divisiones del cerebro humano y media en sus funciones más complejas. Inicia el movimiento voluntario interpreta las señales sensoriales y media en los procesos cognitivos complejos como el aprendizaje el habla y la resolución de problemas.

- **CORTEZA CEREBRAL** Los hemisferios cerebrales están recubiertos por una capa de tejido llamada corteza cerebral. En los humanos la corteza cerebral es muy sinuosa. Véase la Figura 3.27.

Las *circunvoluciones* aumentan la cantidad de corteza cerebral sin aumentar el volumen cerebral en su conjunto. No todos los mamíferos tienen cortezas sinuosas; la mayoría de ellos, son *lisencefálicos* (de cerebro liso). Hace tiempo se creía que el número y tamaño de las circunvoluciones determinaba la capacidad intelectual de una especie. Sin embargo parece ser que tiene más relación con el tamaño corporal. Los mamíferos grandes tienen cortezas cerebrales, muy sinuosas.

Las grandes hendiduras de la corteza se denominan fisuras, y las pequeñas, surcos. Las crestas entre las fisuras y los surcos se denominan giros. Resulta evidente en la Figura 3.27 que los hemisferios cerebrales están separados casi por completo por la más grande de las fisuras: la **fisura longitudinal**. Los hemisferios cerebrales están conectados directamente por unas pocas vías que atraviesan la fisura longitudinal. Estas vías conectoras de hemisferios se denominan comisuras cerebrales. La comisura cerebral más grande es el cuerpo caloso, claramente visible en la Figura 3.27.

**Decusar.** Cruzar aliado opuesto del cerebro.

**Contralateral.** Que se proyecta de un lado al otro del cuerpo.

**Ipsilateral** En el mismo lado del cuerpo.

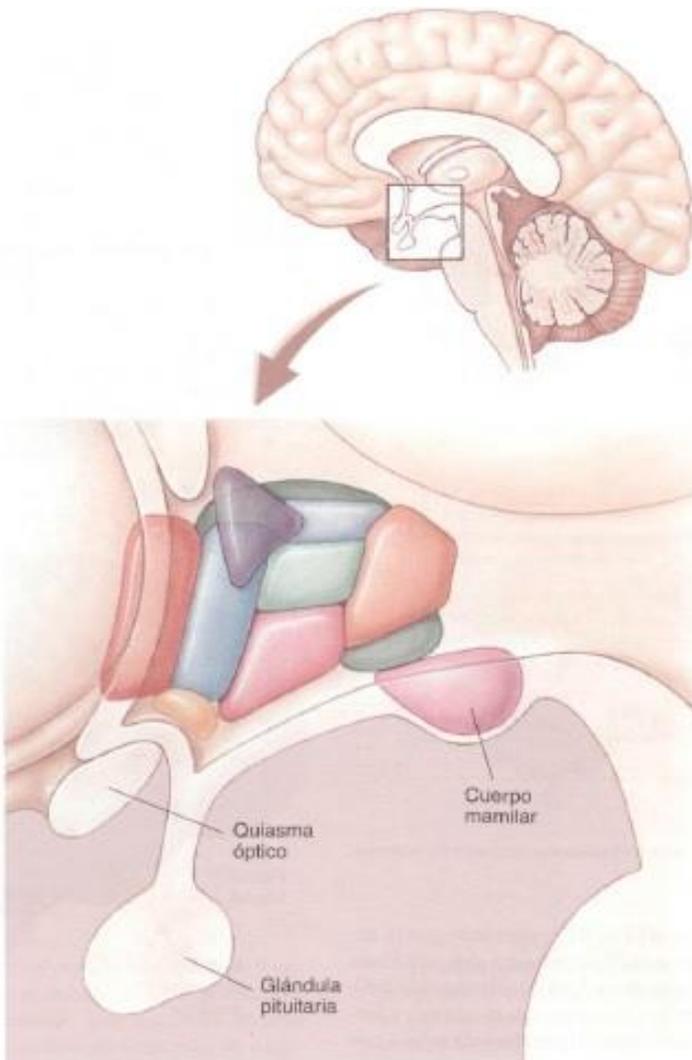


Figura 3.26 Hipotálamo humano, quiasma óptico y glándula pituitaria.

Como se muestra en la Figura 3.28, las dos principales referencias sobre la superficie lateral de cada hemisferio son la fisura central y la fisura lateral. Estas fisuras dividen parcialmente cada hemisferio en cuatro lóbulos: el lóbulo frontal, el lóbulo parietal, el lóbulo temporal y el lóbulo occipital. Entre los giros más grandes se encuentra el **giro precentral** que contiene la corteza motora; el **giro poscentral**, que contiene la **corteza somatosensorial** y el **giro superior temporal**, que contiene la corteza auditiva. La función de la corteza occipital es enteramente visual.

Alrededor del 90 por ciento de la corteza cerebral humana es **neocorteza**, una corteza de seis capas de reciente evolución. Por comodidad, las capas de la neocorteza se numeran del 1 al VI, empezando por la superficie. En la figura 3.29 se muestra dos secciones adyacentes de la neocorteza. Una de ellas ha sido teñida con la tinción de Nissl para revelar el número y forma de sus cuerpos celulares; la otra ha sido teñida con la tinción de Golgi para mostrar la silueta de una pequeña proporción de sus neuronas.

La anatomía de la neocorteza presenta tres características que resultan evidentes en la Figura 3.29. En primer lugar, se puede ver que existen dos tipos diferentes de neuronas corticales: piramidales y estrelladas. Las **células piramidales** son neuronas multipolares de gran tamaño con cuerpos celulares en forma de pirámide, una gran dendrita llamada *dendrita apical*, que se extiende desde el ápice de la pirámide directa a la superficie de la corteza, y un axón muy largo. Por el contrario, las **células estrelladas** son pequeñas interneuronas (neuronas de axón corto) en forma de estrella.

En segundo lugar, resulta evidente que las seis capas de la neocorteza difieren en cuanto al tamaño y la densidad de sus cuerpos celulares y en cuanto a la proporción relativa de los cuerpos celulares estrellados y piramidales que contienen.

En tercer lugar, resulta evidente que hay muchos axones largos y dendritas que atraviesan la neocorteza en sentido vertical. Este flujo vertical de información es la base de la **organización columnar** de la neocorteza. Las neuronas de una columna vertical concreta forman a menudo un mini circuito con función única.

Una cuarta característica importante de la anatomía de la neocorteza no se observa en la Figura 3.29: aunque toda la neocorteza consta de seis capas, existen diferencias en las capas de una zona a otra. Por ejemplo, como las células estrelladas de la capa IV se especializan en recibir las señales sensoriales del tálamo, esta capa es de gran grosor en las zonas de la corteza sensorial. A la inversa, como las células piramidales de la capa V conducen las señales desde la neocorteza al tronco encefálico y a la médula espinal, la capa V es muy gruesa en las zonas de la corteza motora.

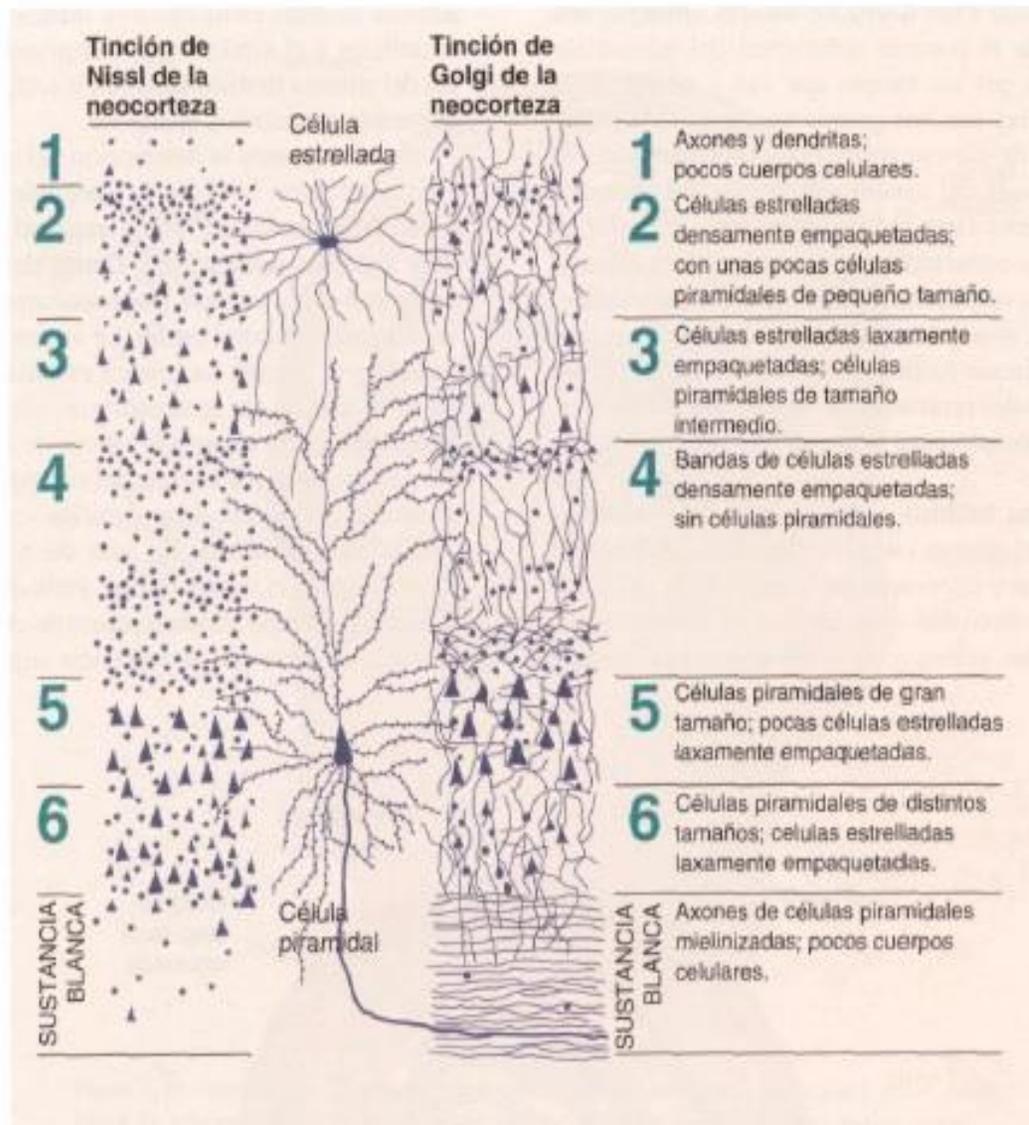


Figura 3.29 Las seis capas de la neocorteza.

(Adaptado de Rakic, 1979.)

El **hipocampo** es una zona importante de la corteza, pero que no es neocorteza (sólo tiene tres capas). El hipocampo se encuentra en el borde medial de la corteza cerebral al doblarse sobre sí misma en el lóbulo temporal medial (*véase* la Figura 3.27). Este pliegue da lugar a una forma que, en corte transversal, recuerda a un caballito de mar (*hipocampo* significa «caballito de mar»).

#### f) EL SISTEMA LÍMBICO Y LOS GANGLIOS BASALES

Aunque una gran parte de la porción subcortical del telencéfalo está ocupada por los axones que van y vienen de la neocorteza hay muchos grupos nucleares subcorticales. Algunos de ellos se consideran como parte del *sistema límbico* o del *sistema motor de los ganglios basales*. No está clara la función de estos sistemas ni cuáles son las estructuras exactas incluidas en ellos ni si es acertado considerarlos como un sistema unitario. Sin embargo, si no se toman en sentido literal, los conceptos de *sistema límbico* y de *sistema motor de los ganglios basales* proporcionan una forma útil de establecer un concepto para la organización de la subcorteza.

El sistema límbico es un circuito de estructuras que rodean el tálamo (*límbico* significa «anillo»). El sistema límbico interviene en la regulación del comportamiento motivado (que incluye el miedo, la alimentación, las peleas y el comportamiento sexual), además de otras estructuras ya mencionada (cuerpos mamilares y el hipocampo). Las principales estructuras del sistema límbico incluyen la amígdala, el fórnix, la corteza cingulada y el septum.

Comenzaremos la descripción del circuito límbico (*véase* la Figura 3.30) con la amígdala, un núcleo con forma de almendra del lóbulo temporal anterior (*amígdala* significa «almendra»). Detrás de la amígdala se encuentra el hipocampo, que transcurre bajo el tálamo en el lóbulo temporal medio. Le siguen la corteza cingulada y el fórnix.

La corteza cingulada es una zona de gran tamaño de la neocorteza, situada en el giro cingulado en la superficie media de los hemisferios cerebrales, justo por encima del cuerpo calloso. Rodea al tálamo dorsal (*cingular* significa «rodear»).

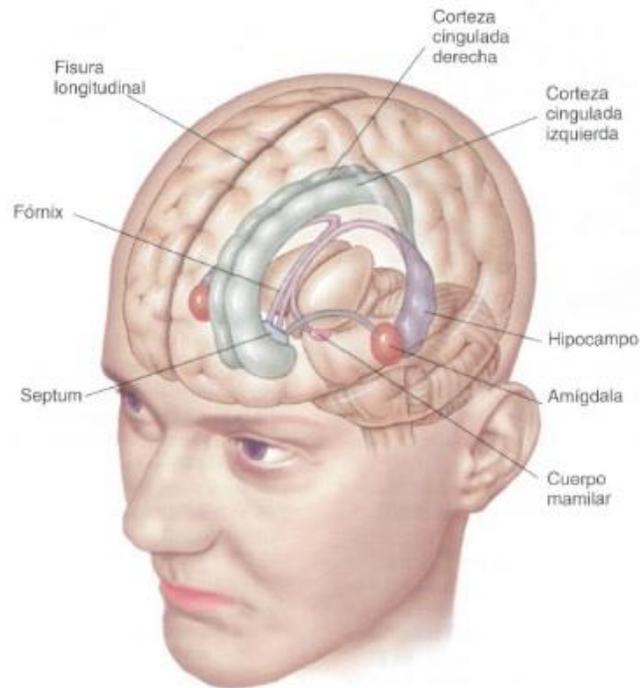


Figura 3.30 Principales estructuras del sistema límbico: amígdala, hipocampo, corteza cingulada, fórnix, septum y cuerpo mamilar.

El fornix, la más grande de las vías del sistema límbico también rodea el tálamo dorsal. Parte del extremo dorsal del hipocampo y avanza, mientras describe una trayectoria en arco, por la superficie superior del tercer ventrículo, para terminar en el septum y en los cuerpos mamilares (*fornix* significa «arco»). El septum es un núcleo situado en la punta anterior de la corteza cingulada. Varias vías conectan el septum y los cuerpos mamilares con la amígdala y el hipocampo, para así completar el anillo límbico.

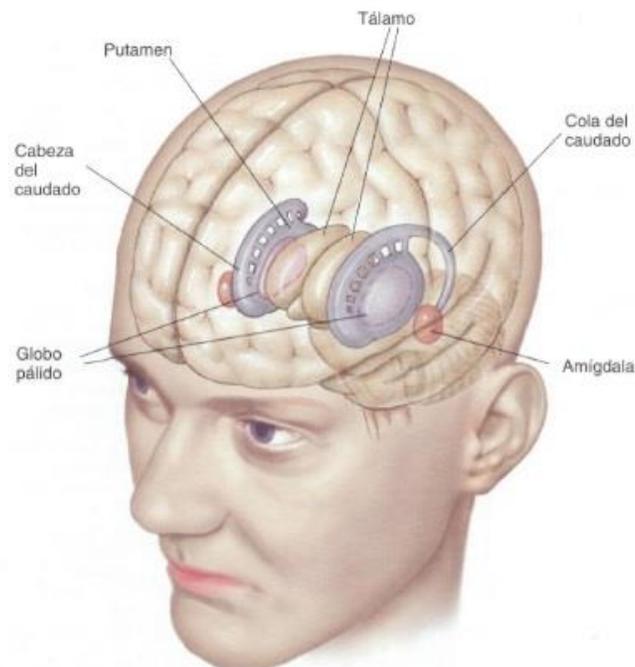


Figura 3.31 Ganglios basales: amígdala, cuerpo estriado (caudado más putamen) y globo pálido. Nota: En esta perspectiva, el globo pálido derecho está en su mayor parte escondido tras el tálamo derecho. El globo pálido izquierdo está completamente escondido tras el putamen izquierdo.

Los ganglios basales se muestran en la Figura 3.31. Empecemos el examen de los ganglios basales por la amígdala, que se considera como parte del sistema límbico y de los ganglios basales. Se parte del lado posterior donde se encuentra el núcleo caudado, con forma de cola. Cada núcleo caudado forma un círculo casi completo. En el centro, conectado a estos núcleos por medio de una serie de puentes fibrosos, se encuentra el putamen.

El conjunto formado por el núcleo caudado y el putamen, ambos con aspecto estriado, se conoce como cuerpo estriado («estructura estriada»). La estructura restante de los ganglios basales es la estructura circular pálida conocida como el globo pálido. El globo pálido se sitúa en una posición media respecto del putamen, entre el putamen y el tálamo.

Los ganglios basales desempeñan un papel fundamental en las respuestas motoras voluntarias. Resulta especialmente interesante una de las vías que se proyecta hacia el cuerpo estriado desde la sustancia negra del cerebro medio. El deterioro de esta vía está relacionado con la *enfermedad de Parkinson*, una alteración caracterizada por rigidez, temblores y escasez de movimientos voluntarios.