

Neurociencia

Neuroanatomía



Alberto Gómez Esteban

Universidad CEU San Pablo

MÉDULA ESPINAL



Neuroanatomía

Índice de contenidos

- *Tema 1. Consideraciones generales sobre la neurociencia*_____ 4
- *Tema 2. Sistema nervioso vegetativo en la médula espinal*_____ 15
- *Tema 3. Nervios sensitivos y raíces posteriores*_____ 25
- *Tema 4. Vías ascendentes y descendentes de la médula espinal*____ 34

Tema 1. Consideraciones generales sobre el sistema nervioso

El cerebro humano es mayor que el del rinoceronte. Parece ser que la mayor de las diferencias es en cuanto a tamaño, pero una gran diferencia es que el humano puede meter las manos en sus bolsillos.

Realmente la mayor de las diferencias entre el cerebro del rinoceronte y el humano, es que el rinoceronte no puede estudiar neurociencia

Jose Luis Velayos

Introducción al sistema nervioso

El **sistema nervioso (SN)** está constituido por células denominadas **neuronas**, las cuales constan de varias partes:

- **Soma o cuerpo.** Aloja gran parte de los orgánulos de la célula
- **Prolongaciones dendríticas.** Reciben los impulsos aferentes, y puede haber una o más de una por cada neurona.
- **Axón.** Emite la respuesta. Puede estar o no cubierto por una vaina de mielina que le proporciona aislamiento eléctrico, lo cual acelera el impulso.

Hay **varios tipos de neuronas** que estudiaremos en temas siguientes y sobre todo en **neurohistología**, que se diferencian entre otras cosas por su morfología.

El axón de la neurona del sistema nervioso central está siempre envuelto por una capa aislante de mielina que mejora la conductividad. Esta envoltura está fabricada por los oligodendrocitos (SNC) y en el SNP por las células de Schwann.

Embriología del sistema nervioso central

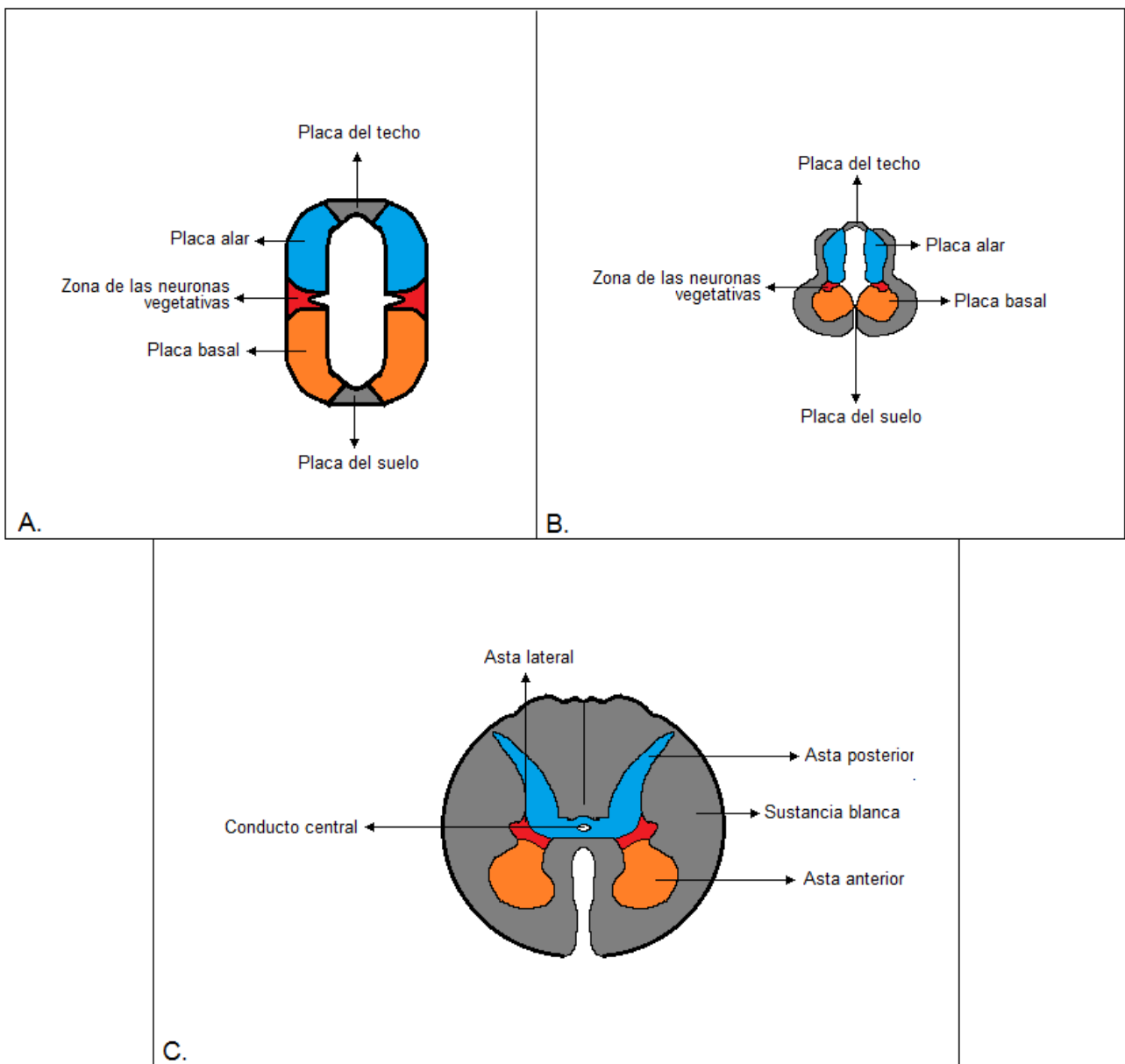
Embriológicamente hay una organización estructural, que viene dada por la determinación entre derecha e izquierda en la que están involucrados varios factores sintetizados por genes. Esto afectará a la distribución del encéfalo, en el que también influirá el proceso de dorsalización, y de cranealización. Es decir, embriológicamente el cerebro está dividido entre izquierda-derecha, entre dorsal-ventral y por último entre craneal-caudal.

Neurulación primaria

El **tubo neural** se forma gracias a la formación de la **placa neural** (espesamiento del ectodermo influido por la notocorda) que se transforma en el surco neural, que se cerrará para dar lugar al tubo neural, en el que se distinguen dos partes:

- **Placa alar.** Se desarrolla en la **parte posterior** del tubo neural. Se desarrollan neuronas **aférentes sensoriales** que reciben información de los ganglios raquídeos.
- **Placa basal.** Se desarrolla en la **parte anterior** del tubo neural y en ella se desarrollan las **motoneuronas α** , que inervan al músculo estriado

En el centro existe una cavidad interna que se denomina **cavidad endimaria**.



A. Tubo neural primario; B. Estadio intermedio; C. Médula espinal adulta
Imágenes cortesía de Leticia Rodríguez.

Las motoneuronas α y las fibras sensitivas se unen fuera de la medula espinal para formar el **nervio espinal**.

Tras la placa alar se distinguen rugosidades (**crestas neurales**) que darán lugar a los **ganglios raquídeos** o ganglios de las raíces dorsales (**sensitivos**) situados en la raíz posterior. También se desarrollan gran cantidad de tejidos de todo el organismo.

La neurulación secundaria se produce en la zona caudal, y comienza con la formación de una condensación cilíndrica bajo el ectodermo dorsal del esbozo de la cola. No es muy prominente en el ser humano, pero existe, y se localiza en la zona más caudal del tubo neural.

El tubo neural ya constituido va creciendo, dentro del canal raquídeo de la columna vertebral. El tubo neural crece más despacio que la columna, de forma que no **toda la columna queda ocupada por médula espinal**, sino que el final de ésta queda más arriba que el nivel coccígeo (\approx L2).

La médula espinal propiamente dicha termina con el comienzo de la cola de caballo (\approx L2).

En las punciones lumbares para extraer líquido cefalorraquídeo, se debe realizar la punción entre L1-2 o más abajo, para que el trócalo no choque con la médula espinal, sino con una fibra nerviosa (que no resulta dañada).

Existen lugares en los que la médula se engruesa. Estos engrosamientos medulares corresponden a zonas con gran cantidad de sustancia gris (somatos de motoneuronas) que se encargarán de inervar musculatura de los miembros:

- **Intumescencia cervical (nivel vertebral C5-T1)**. Corresponde a motoneuronas que emitirán nervios del **plexo braquial**.
- **Intumescencia lumbosacra (nivel vertebral L3-S2)**. Corresponde a las fibras de neuronas de las que salen fibras que inervarán musculatura del **plexo lumbosacro**.

Aclaración

Los **niveles vertebrales son diferentes que los segmentos medulares**, por ejemplo las fibras correspondientes que salen por el segmento sacro, se localizan realmente al comienzo de la columna lumbar.

Embriología del encéfalo

En un inicio al 2º mes de desarrollo distinguimos 3 partes:

- Prosencéfalo

- **Telencéfalo**

- *Córtex cerebral*
- *Cuerpo medular del cerebro*
- *Ganglios basales*

- **Diencéfalo**

- *Epitálamo (glándula pineal)*
- *Tálamo dorsal*
- *Subtálamo*
- *Hipotálamo (hipófisis)*

- Mesencéfalo

- *Techo*
- *Tegmento*
- *Pilares del cerebro*

- Rombencéfalo

- **Metencéfalo**

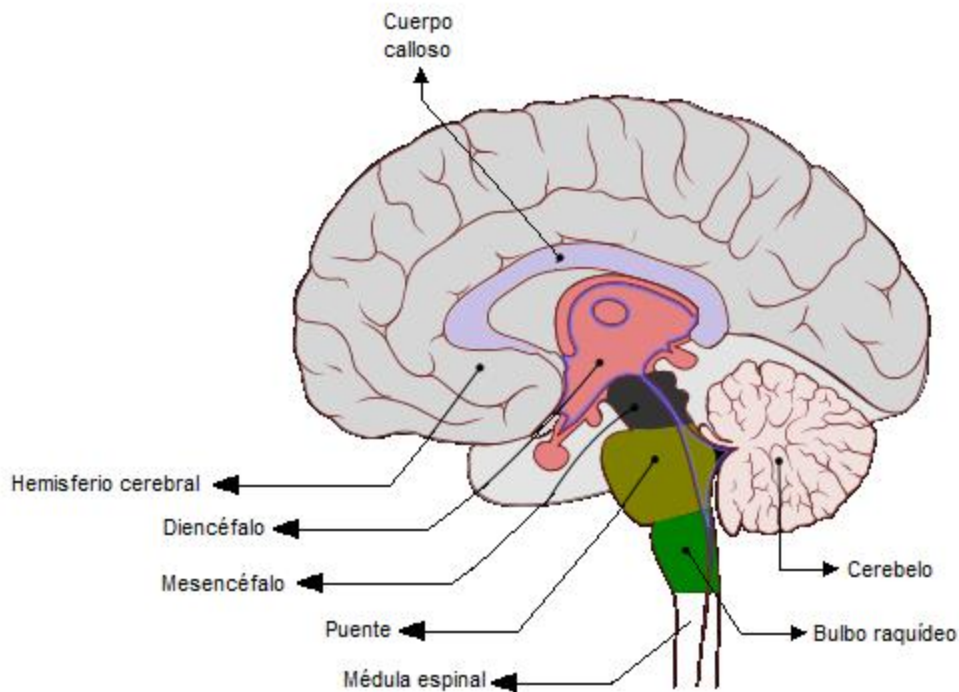
- *Protuberancia (puente de Varolio)*
- *Cerebelo*

- **Mielencéfalo**

- *Bulbo raquídeo (médula oblongada)*

A grandes rasgos en el encéfalo del adulto podemos distinguir a priori varias partes:

- **Hemisferio cerebral.** Deriva del telencéfalo. Los hemisferios de ambos lados quedan unidos por una estructura denominada cuerpo caloso.
- **Diencefalo.** Se encuentra entre las dos orejas del hemisferio cerebral
- **Tronco encefálico (tallo cerebral)**
 - **Mesencéfalo**
 - **Protuberancia** (puente de Varolio)
 - **Bulbo raquídeo**
- **Médula espinal.** Sale del tronco encefálico y su estudio será el objetivo de las próximas clases.



- **Cerebelo.** Se sitúa posterior y en contacto con el hemisferio cerebral. El cerebelo tiene gran importancia en el **control motor inconsciente**.

En el adulto existen células que se siguen desarrollando en el SNC (células madre) que se localizan en varios sitios:

- Ventrículos cerebrales
- Hipocampo
- Canal medular
- Amígdala cerebral
- Hipotálamo

Las células madre no son muy funcionales pero se localizan en el encéfalo adulto, y se pueden diferenciar a neuronas.

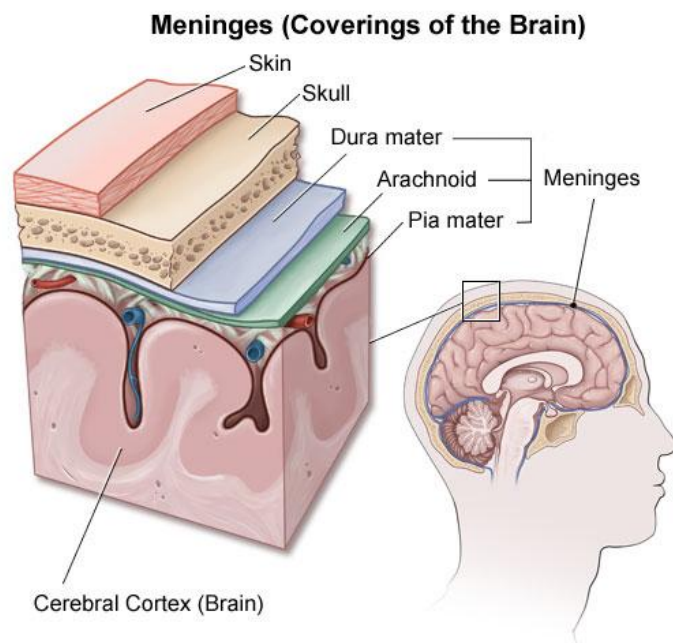
Meninges

Las meninges son cubiertas de tejido conjuntivo cuya función es proteger el sistema nervioso central y fijar vasos sanguíneos. De más interno a más externo son:

1. **Piamadre**
2. **Aracnoides**

Son estructuras de tejido delgado que se denominan en conjunto **leptomeninges**.

3. **Duramadre**. Es **más dura que las anteriores** y envuelve a los ganglios y nervios raquídeos. Se denominará también **paquimeninge**.



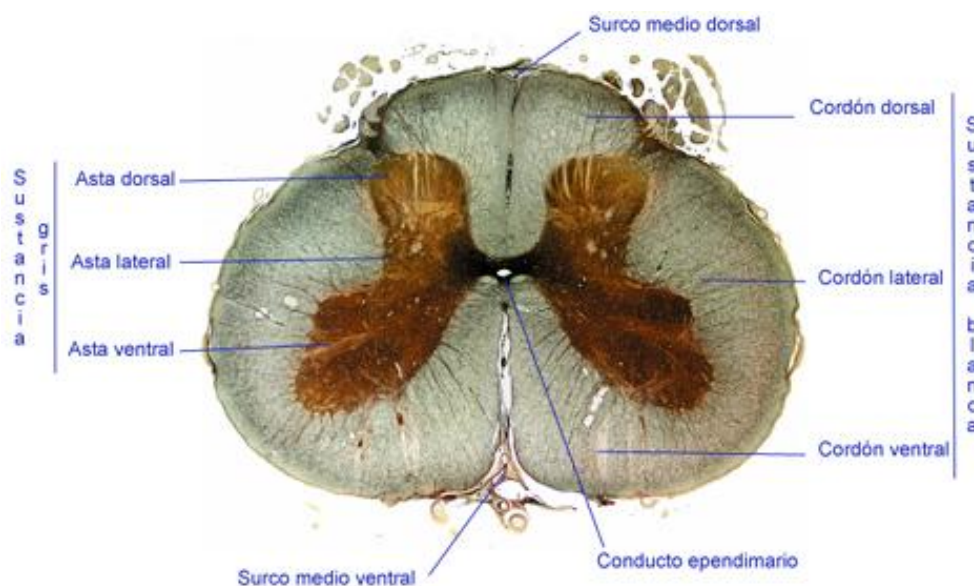
La médula termina en un hilo formado de colágeno y glía que se denomina **filum terminale**. Alrededor de esta terminación se localizan las fibras nerviosas de la cola de caballo.

Introducción a la médula espinal

Como ya hemos dicho, surge del tallo cerebral y discurre por el canal medular de la columna vertebral. Se encarga sobre todo de llevar **vías eferentes** desde el encéfalo al resto del organismo y de conducir **aferencias sensoriales** del organismo hasta el encéfalo.

En todo el sistema nervioso central encontramos dos subdivisiones en cuanto al contenido celular de cada una de ellas:

- **Sustancia blanca.** Contiene mayoritariamente **axones mielínicos** que le proporcionan su color característico. Estos axones son tanto aferentes como eferentes y en la médula delimitan la sustancia gris en el centro.
- **Sustancia gris.** Contiene fundamentalmente **somas neuronales y sinapsis**.



Unidad motora

Las **motoneuronas α** están en el **asta anterior**, concretamente en la **lámina IX** de Rexed. Son células grandes (sus somas tienen 70 μm de diámetro) con muchas arborizaciones (axones de 10-13 μm) e inervan **musculatura somática**. Los axones son de grosor y longitud variable.

A la motoneurona se le denomina **vía terminal común**, ya que es el embudo de salida para todas las respuestas que se producen en el sistema nervioso central. Estas neuronas y tienen como neurotransmisor la **acetilcolina**.

La mayoría de motoneuronas α se localizan en las **intumescencias cervical y lumbosacra** de la médula espinal, debido a que inervan músculos de las extremidades.

La unidad motora es la motoneurona α además de las fibras musculares inervadas por una única motoneurona, y se expresa como (motoneurona:fibras musculares). Algunos ejemplos de unidad motora son:

- **Músculos oculares.** Proporción 1:10 (control fino)
- **Músculos de la mano.** Proporción 1:100 (control medio)
- **Gastrocnemio.** Proporción 1:2000 (control escaso)

Si se corta el axón de una motoneurona α que inerva una o varias fibras musculares, se produce la **atrofia de las fibras musculares**, no solo por el **desuso**, sino porque también parece que el axón de la motoneurona proporciona a las fibras sustancias tróficas (**neurotrofinas**) y al dejar de recibirlas se produce degeneración muscular.

Las unidades motoras pueden ser grandes (gastrocnemio) o pequeñas (músculos oculares) y dependen del número de fibras inervadas por una única motoneurona. Esto determina la **precisión en la intensidad de la contracción** del músculo.

Topografía de la médula espinal

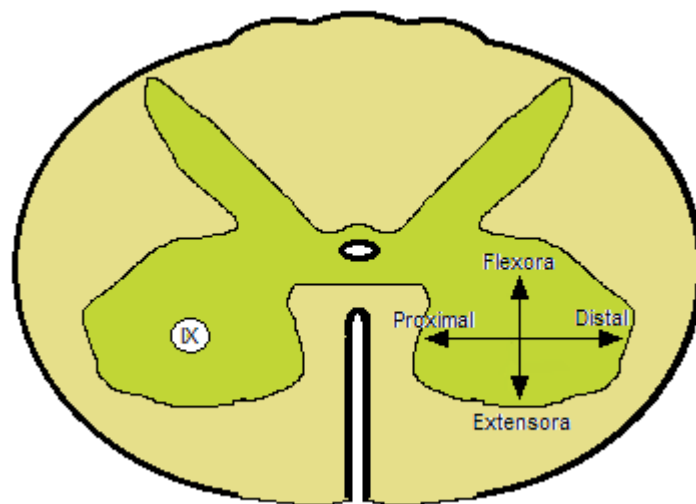
Consta estructuralmente de dos zonas:

- **Asta anterior.** Contiene las **motoneuronas α** que forman la lámina IX. Según su localización dentro del asta anterior, tendremos varios tipos de motoneuronas:
 - **Motoneuronas mediales.** Inervan la musculatura esquelética más proximal, como la erectora del tronco
 - **Motoneuronas laterales.** Inervan la musculatura más distal, como la musculatura de la mano
 - **Motoneuronas dorsales.** Se sitúan próximas a la línea media que delimita el conducto endodimario e inervan musculatura flexora (p.e. bíceps braquial)
 - **Motoneuronas ventrales.** Inervan la musculatura extensora (p.e. tríceps braquial)

Como la musculatura de los miembros es abundante, el grupo lateral de células se desarrolla más en las intumescencias.

Dentro del grupo lateral de motoneuronas hay a su vez varios núcleos

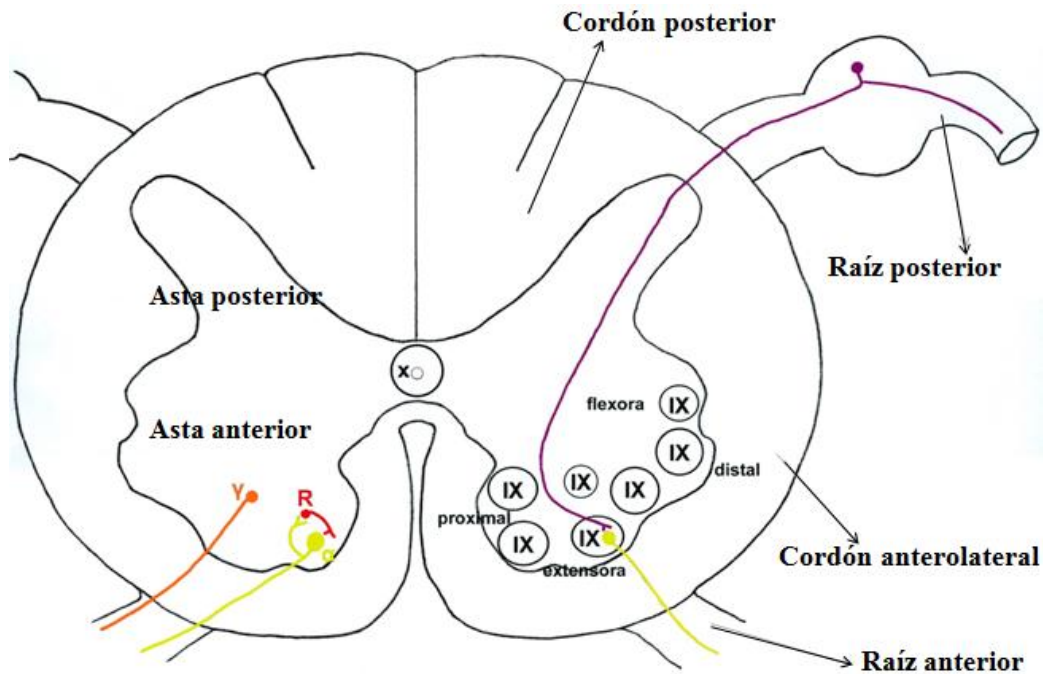
- **Núcleo anterior**
 - **Núcleo Anterolateral.** Inerva muslo y brazo
- **Núcleo posterior.**
 - **Núcleo Posterolateral.** Inerva el antebrazo y la pierna
 - **Núcleo Retroposterolateral.** Inerva la mano y el pie
- **Núcleo central.** Tiene características ambiguas y compartidas con los otros núcleos



Todas constituyen varias fibrillas que al salir de la medula se unen a raíces posteriores que proporcionan información sensitiva para formar el **nervio espinal o raquídeo**.

Además de las motoneuronas α a este nivel también encontramos otros dos tipos de motoneurona:

- **Motoneuronas γ .** Tienen relación con el control del **tono muscular**, que es un estado de contracción **permanente e inconsciente**. Son más pequeñas que las motoneuronas α .
- **Motoneuronas R (Renshaw).** Tienen conexiones con la motoneurona α , que tiene fibras colaterales que conectan con las neuronas R. Estas neuronas controlan los trenes de impulsos que salen de las motoneuronas alfa, sirviendo por tanto de **moduladores de la contracción muscular**.



Alrededor del conducto ependimario hay una lámina con neuronas (NO motoneuronas) que constituyen la **lámina X**.

La motoneurona α es la **vía terminal común** debido a que integra todas las respuestas del sistema nervioso central para enviar un impulso en dirección al músculo.

- La **motoneurona α superior** se sitúa en el telencéfalo (**corteza cerebral**) y es la que envía el **impulso de movimiento consciente** mediante la vía piramidal.
- La **motoneurona α medular** se denomina inferior y es la segunda motoneurona y vía terminal común. Su lesión produce parálisis y atrofia muscular.

Tema 2. Sistema nervioso autónomo

Introducción

El **sistema nervioso autónomo** o sistema motor visceral es un sistema de actuación involuntaria, que se encarga de mantener la homeostasis en los distintos órganos y sistemas corporales.

Existen en el organismo dos sistemas de **coordinación e integración funcional de la homeostasis** que adecuan su funcionamiento a los cambios del medio interno:

- *Mecanismo humoral* (sistema endocrino)
- **Mecanismo neural** (sistema nervioso autónomo)

Ambos mecanismos se encuentran sometidos al control de estructuras ampliamente distribuidas a lo largo del sistema nervioso central (SNC) que generan órdenes tras haber integrado los impulsos recibidos desde muy diversas fuentes.

El sistema motor visceral que es del que nos encargaremos en el estudio del sistema nervioso, tiene dos subdivisiones:

- *Sistema nervioso simpático*
- *Sistema nervioso parasimpático*

Sistema nervioso simpático

Se podría decir que es un **sistema de gasto energético** (taquicardia, aumento en la frecuencia respiratoria)

Aunque la proyección simpática influye sobre estructuras viscerales de todo el organismo, las **neuronas simpáticas preganglionares** solo se encuentran en los segmentos medulares **C8-L3**.

Los cuerpos celulares del sistema simpático se localizan en zonas especiales de la médula, en concreto el **ASTA LATERAL** ó **NÚCLEO INTERMEDIOLATERAL** que encontramos únicamente en **niveles C8-L3** y que corresponde a la **lámina VII** de Rexed.

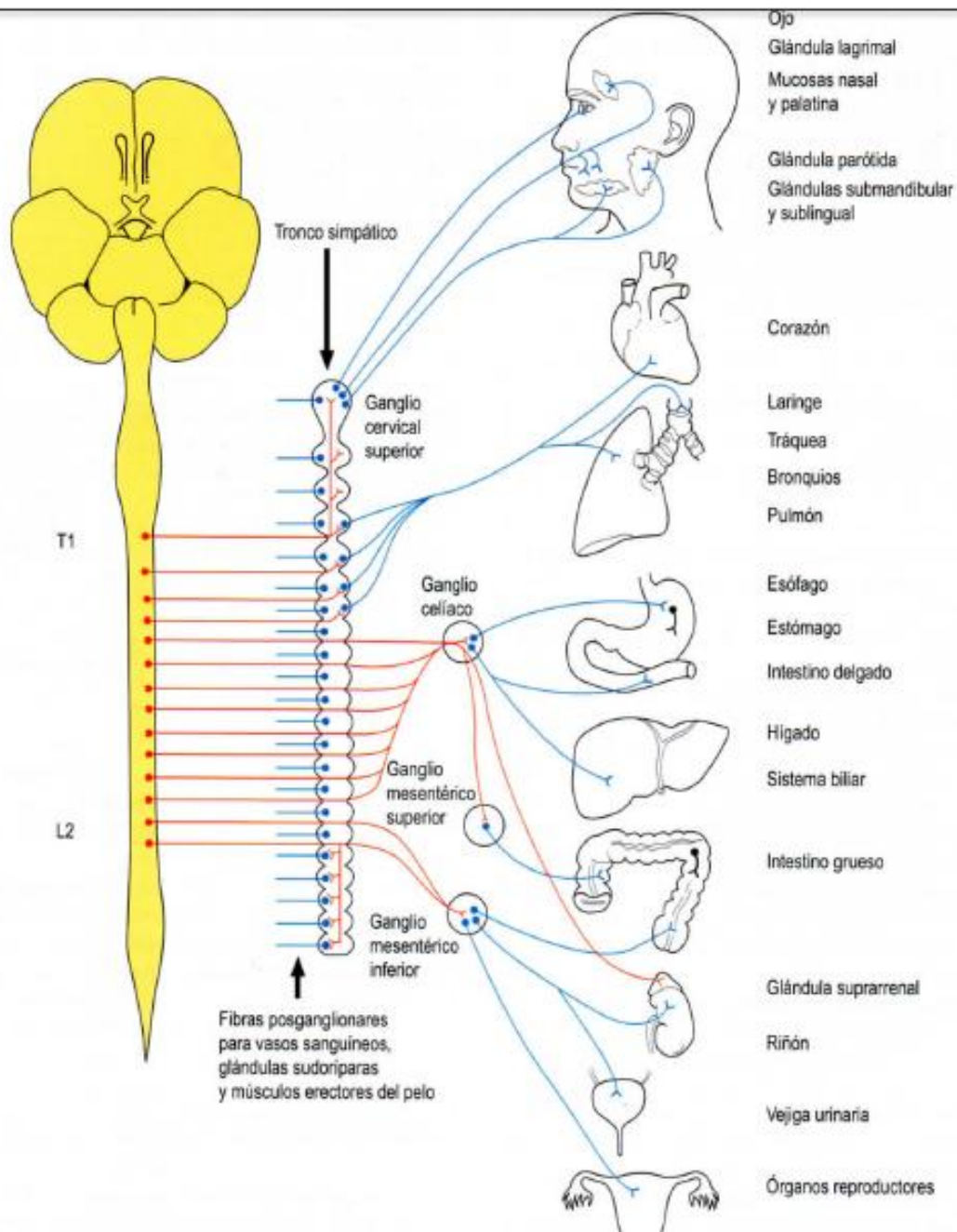


Figura 1. Organización viscerotópica del sistema simpático

Es noradrenérgico salvo para las glándulas sudoríparas y los nervios espláncnicos suprarrenales que son fibras colinérgicas.

La lámina VII o asta lateral (núcleo intermedio lateral) consta de neuronas simpáticas que se situarán a niveles medulares de C8 a L3, dando lugar a un bulto del que salen fibras que pasarán por la raíz anterior al nervio raquídeo y se dirigirán a ganglios para formar la **CADENA** ó **TRONCO SIMPÁTICO** que se sitúa sobre los cuerpos vertebrales.

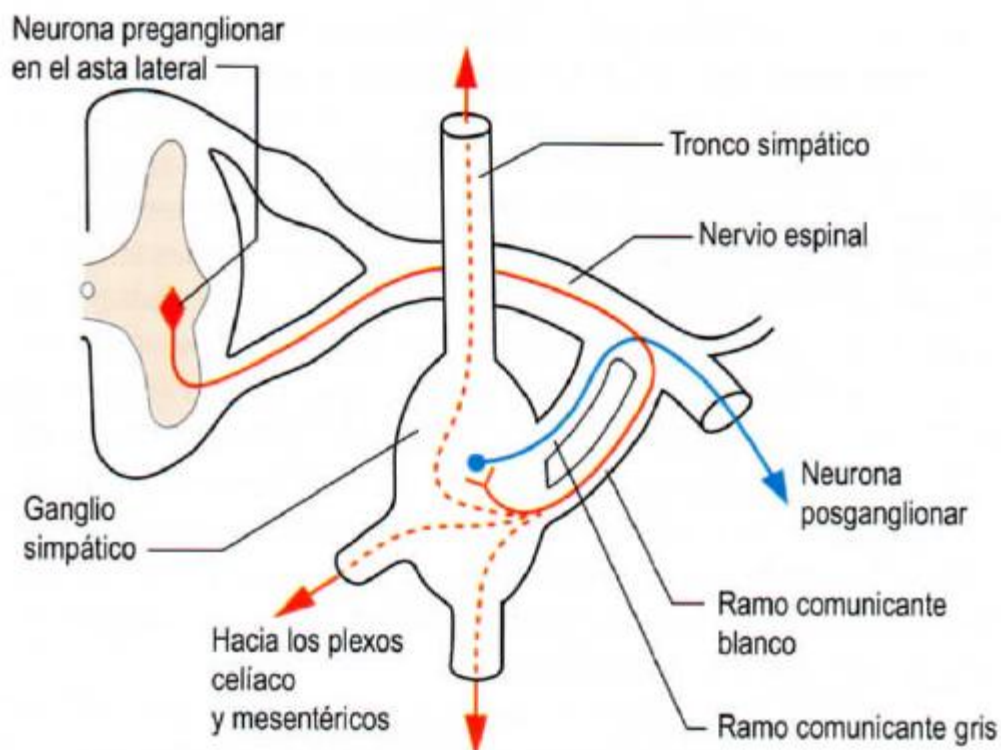
✚ La cadena simpática está formada por **GANGLIOS PARAVERTEBRALES**.

Los axones de las células preganglionares localizadas en la lámina VII salen de la médula espinal por la **RAIZ VENTRAL** en forma de **fibras preganglionares** y entran en el tronco simpático a través de los **RAMOS COMUNICANTES BLANCOS**.

Los ramos comunicantes blancos son el segmento por el cual la fibra preganglionar abandona el nervio raquídeo (únicamente en los **niveles C8-L3**) para entrar al ganglio simpático.

A ese nivel la fibra preganglionar puede sufrir tres destinos:

1. Hacer **sinapsis con la fibra posganglionar** a ese nivel uniéndose al nervio raquídeo mediante un **RAMO COMUNICANTE GRIS**.
2. **Ascender o descender en la cadena simpática** para **sinaptar con neuronas posganglionares** cuyos axones se unen a los nervios raquídeos o proyectan hacia sus estructuras de destino en tórax o cabeza
3. **Atravesar el ganglio de la cadena como fibra preganglionar** para formar parte de un **nervio esplácnico** que se dedique a inervar una estructura visceral.



La proyección simpática para todo el organismo **se origina** en los segmentos medulares **C8-L3**. Aunque el patrón segmentario no es sencillo, existe una organización viscerotópica general (detallada en la imagen 1):

- Los **GANGLIOS CERVICALES SUPERIOR, MEDIO e INFERIOR** reciben impulsos a través del tronco simpático de las neuronas preganglionares de los segmentos medulares torácicos superiores.
- Los **GANGLIOS LUMBOSACROS** recibirán impulsos de neuronas localizadas en segmentos torácicos inferiores y lumbares superiores.
- Los ganglios situados entre estas regiones están inervados por sus correspondientes niveles medulares.

Ganglios simpáticos

Los somas celulares de las neuronas simpáticas posganglionares se agrupan formando ganglios individuales que están a cierta distancia de su tejido de proyección. Pueden formar dos tipos de ganglios:

- **GANGLIOS PARAVERTEBRALES (cadena simpática)**
- **GANGLIOS PREVERTEBRALES.** Están asociados a la aorta abdominal o a sus grandes ramas:
 - ❖ ***Ganglio celiaco***
 - ❖ ***Ganglio aorticorrenal***
 - ❖ ***Ganglio mesentérico superior***
 - ❖ ***Ganglio mesentérico inferior***

La cadena simpática se extiende a lo largo de toda la longitud de la columna, pero no existe el mismo número exacto de ganglios que de nervios raquídeos. La distribución de ganglios sigue la siguiente pauta:

- *Ganglios cervicales* (3)
- *Ganglios torácicos* (10-11)
- *Ganglios lumbares* (3-5)
- *Ganglios sacros* (3-5)
- *Ganglio coccígeo* (1). Es único y además unilateral

Los demás ganglios paravertebrales, a excepción del coccígeo son bilaterales, es decir, hay uno a cada lado de la columna.

Normalmente el primer ganglio torácico y el ganglio cervical inferior se fusionan formando el **GANGLIO ESTRELLADO**.

Los ganglios de la cadena simpática están comunicados con los nervios raquídeos por los **RAMOS COMUNICANTES BLANCOS y GRIS**:

- **RAMOS COMUNICANTES BLANCOS.** Se trata de **fibras PREGANGLIONARES mielínicas**, que proceden del asta lateral de la médula espinal.
- **RAMOS COMUNICANTES GRIS.** Se trata de **fibras POSGANGLIONARES amielínicas** que se introducen al nervio raquídeo para inervar los miembros y las paredes del tronco.

Lógicamente **solo los nervios raquídeos C8-L3 cuentan con RAMOS BLANCOS** mientras que todos los nervios raquídeos están conectados al tronco simpático mediante RAMOS GRIS.

****Importante****

Existe una diferencia entre FIBRA POSGANGLIONAR y RAMO COMUNICANTE GRIS:

- **Fibra posganglionar.** Se trata de cualquier **fibra simpática que salga de un ganglio simpático** prevertebral o paravertebral.
- **Ramo comunicante gris.** Cuando los axones de las neuronas simpáticas del asta lateral salen por la raíz ventral, en un momento dado abandonan el nervio para llegar al ganglio. El **trayecto del nervio al ganglio** se denomina **RAMO COMUNICANTE BLANCO**.

Una vez en el ganglio, tras hacer sinapsis, las **fibras deben volver al nervio raquídeo** para inervar las estructuras correspondientes. El tracto que comunica estas dos estructuras se denomina **RAMO COMUNICANTE GRIS**

El ramo comunicante gris es una fibra posganglionar, pero no todas las fibras posganglionares son ramos comunicantes grises.

Las neuronas simpáticas posganglionares de los ganglios paravertebrales envían sus axones en dos direcciones generales:

1. Algunas **fibras posganglionares** se **unen al nervio raquídeo** mediante un **ramo gris**.

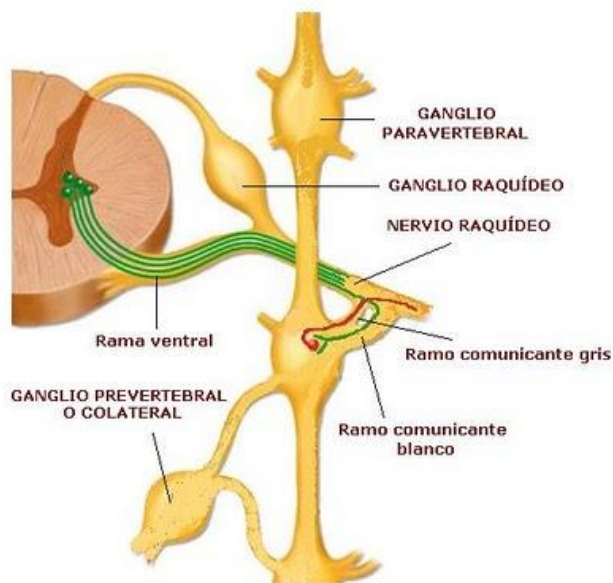
Estas fibras se dirigen hacia los vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos piloerectores de las paredes de tronco y extremidades.

2. Algunas **fibras posganglionares** nacidas de los ganglios de la cadena simpática cervical y torácica superior forman los **NERVIOS CARDIACOS CERVICALES y TORÁCICOS** y además los **NERVIOS PULMONARES** que emergen directamente de los ganglios

Estas fibras inervan los músculos lisos vasculares del esófago, el corazón y el pulmón, etc...

Los axones de estas neuronas simpáticas se mezclan con fibras **PARASIMPÁTICAS** del nervio vago para formar **plexos autónomos torácicos**.

Las fibras posganglionares retornan al nervio espinal mediante los **RAMOS COMUNICANTES GRISES** de **fibras amielínicas**.



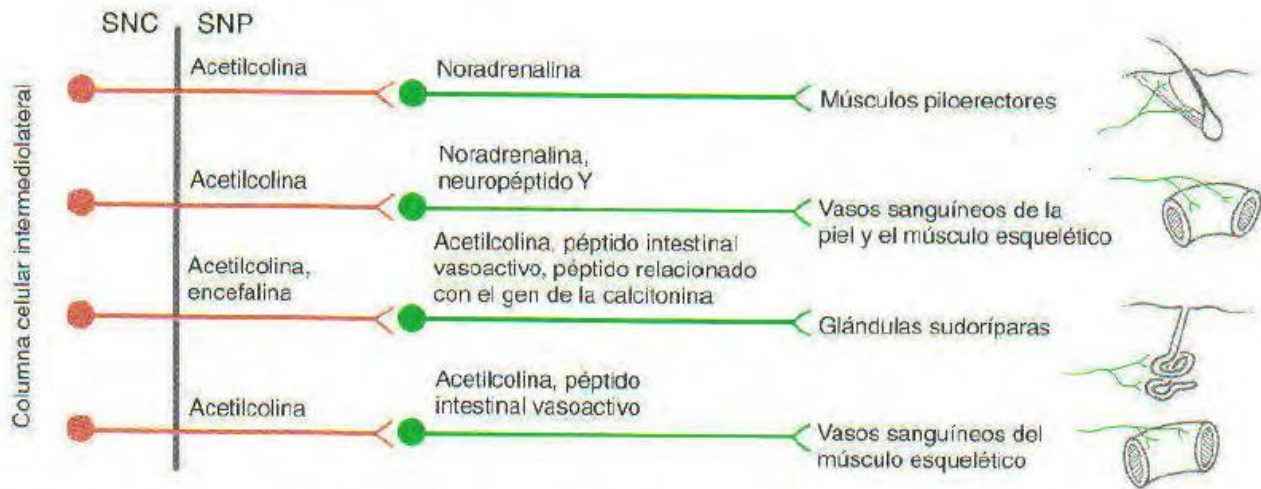
Los **GANGLIOS PRAVERTEBRALES** se encuentran **asociados a la aorta** y a sus **ramas principales** y reciben impulsos mediante los **NERVIOS ESPLÁCNICOS**. Las fibras posganglionares que surgen de cada uno de estos ganglios siguen el recorrido de la rama aortica para inervar la misma estructura que irriga el vaso.

Las **fibras preganglionares** que inervan vísceras abdominales y pélvicas atraviesan sin interrupción la cadena simpática y **se dirigen a los plexos**, donde encuentran sus respectivas neuronas posganglionares.

- El neurotransmisor liberado por las **neuronas simpáticas preganglionares** es la **ACETILCOLINA (ACh)**.

Las **neuronas posganglionares** que inervan las **glándulas sudoríparas** también son **colinérgicas**.

- El neurotransmisor liberado por las **neuronas simpáticas posganglionares** es la **NORADRENALINA**.



La **médula suprarrenal** es una excepción a la inervación visceral debido a que es un ganglio simpático modificado, es decir, es **inervada directamente por FIBRAS PREGANGLIONARES**.

Organización interna

Los axones de las **fibras preganglionares** que surgen de la médula por la **RAÍZ VENTRAL** se **ramifican en la periferia** para sinaptar con numerosas neuronas posganglionares, y por ello son muy **DIVERGENTES**.

El número de neuronas posganglionares supera en más de 100 veces al de neuronas preganglionares y **cada neurona posganglionar** recibe impulsos sinápticos de **numerosas neuronas preganglionares** por lo que también existe una considerable **CONVERGENCIA**.

Los ganglios simpáticos generalmente se denominan ganglios de relevo, ya que son lugares para la transducción de señales simples entre neuronas preganglionares y posganglionares.

En los **ganglios prevertebrales** además de los impulsos convergentes y divergentes, reciben influencias desde **fibras sensitivas viscerales generales**, y **neuronas locales**, por lo que deben integrar impulsos considerablemente más complejos.

Respecto a la sustancia blanca, hay **menor proporción de sustancia blanca en los niveles sacros**, debido a que aumenta el número de fibras eferentes.

Cuanto más arriba vayamos mayor cantidad de fibras ascendentes hay, además de que se agotan las fibras descendentes, por lo que la **sustancia blanca será proporcionalmente más amplia que la gris**.

- La **sustancia blanca** consiste en **axones mielinizados** tanto ascendentes como descendentes.
- La **sustancia gris** corresponderá a zonas con **somas neuronales y sinapsis**.

Clínica. Síndrome de Horner

El mayor de los ganglios de la cadena simpática es el **GANGLIO CERVICAL SUPERIOR**, cuyas fibras posganglionares se encargan de inervar los vasos sanguíneos y estructuras cutáneas pertenecientes al cuero cabelludo y el cuello en territorios correspondientes a **C1-C4**.

Además inerva glándulas lacrimales y nasales, el músculo iridodilatador y músculos tarsales.

La **lesión de la vía simpática** mediante el ganglio cervical superior produce una serie de síntomas que en su conjunto se denominan **SINDROME DE HORNER**:

- **Miosis** (iridoconstricción)
- **Ptosis** (caída del párpado)
- **Rubefacción facial** (vasodilatación por pérdida de tono vascular)
- **Anhidrosis facial** (ausencia de sudoración)

Resumen general

La cadena simpática de **GANGLIOS PARAVERTEBRALES** va de arriba abajo por toda la columna vertebral, pero los somas de las neuronas simpáticas únicamente están localizados en **niveles C8-L3** por lo que:

- **Ramos comunicantes blancos**. Se originarán únicamente en niveles de **C8 a L3**.
- **Ramos comunicantes grises**. Saldrán de **todos los ganglios de la cadena simpática** para unirse al respectivo nervio raquídeo.

Los **GANGLIOS PARAVISCERALES** o **PREVERTEBRALES** reciben fibras del asta lateral de la médula y tienen relación con estructuras viscerales.

Habrán tres sistemas para la inervación visceral:

- La **cadena toracolumbar desde T5** tiene únicamente **ganglios paraviscerales**.
- Los **ganglios prevertebrales o paraviscerales** se encuentran delante de la columna vertebral y reciben fibras del **asta lateral** que sinaptan con tales ganglios, desde los que salen fibras que **inervan las vísceras acompañando a arterias**.
- Los **ganglios cervicales superior medio e inferior** además de tener función para la piel, tienen también **función visceral** (funcionan como ganglios prevertebrales aunque anatómicamente tengan localización paravertebral).

Inervan **funciones viscerales** relacionadas con la **vasculatura del cuello**, de las **glándulas salivares** y **músculos oculares** que produzcan *midriasis*.

Centros simpáticos medulares

- **C8 a T2** en el asta lateral encontramos el **centro iridodilatador** (dilata la pupila)
- **T1 a T3** en el asta lateral a nivel medular encontramos el **centro lagrimal y salivador**
- **T1 a T5** encontramos el centro de las **vísceras torácicas**
- **T5 a T12** encontramos el centro de las **vísceras abdominales**
- **T12 a L5** encontramos el centro de las **vísceras pelvianas**

Sistema nervioso parasimpático

Es antagonista del sistema nervioso simpático y será tratado en poca profundidad debido a que será exhaustivamente tratado en los temas del **TRONCO DEL ENCÉFALO (TE)**

Es **colinérgico**. Al contrario que el simpático se podría decir que es un sistema de **generación de energía** en líneas muy generales.

Se localiza en el **neuroeje** (SNC) en la parte alta y parte baja del sistema. Hay neuronas de tipo parasimpático en el encéfalo (tronco del encéfalo) para inervar las glándulas lacrimales, salivares o incluso a partir del nervio vago las vísceras.

La **mitad distal del colon y las vísceras pelvianas** tienen inervación parasimpática proveniente de **neuronas de la médula sacra (S2-S4)** de donde salen los nervios pélvicos.

Tema 3. Nervios sensitivos y raíces posteriores

Introducción

Los aspectos subjetivos de la sensibilidad son metasensoriales, es decir, no son medibles objetivamente debido a que cada persona percibe los estímulos de forma diferente. La sensibilidad se divide en dos apartados:

- **Sensibilidad somática general (exteroceptiva)**. Sus estímulos provienen del exterior. Tiene dos submodalidades:
- **Sensibilidad interoceptiva**. Recibe aferencias viscerales

Esta clase va a ser dedicada a la sensibilidad exteroceptiva.

Sensibilidad exteroceptiva

Características generales

La sensibilidad exteroceptiva o somática general recibe **estímulos del exterior** y suele ser consciente. Tiene una serie de submodalidades según la modalidad de estímulo que perciban:

- **Somestesia**
 - **Sensibilidad táctil**
 - **Sensibilidad térmica**
 - **Sensibilidad nociceptiva** (dolor)
 - **Sensibilidad propioceptiva** (mioarticular, de posición y tensión)
- **Sensibilidad especial**
 - **Visual**
 - **Olfatoria**
 - **Auditiva**
 - **Sensibilidad del equilibrio**
 - **Gustativa**

Además la sensibilidad exteroceptiva (y dentro de ésta la somestesia) tiene una serie de **submodalidades**:

- **Sensibilidad táctil**. Tacto, presión y vibración (palestesia)
- **Sensibilidad propioceptiva**. Posición y movimiento (cinestesia)
- **Sensibilidad térmica**. Frío o calor

Por último tiene una serie de **atributos** que determinan la eficacia a la hora de detectar estímulos y condiciona la actuación de otros sistemas corporales:

- Localización del estímulo
- Intensidad del estímulo
- Duración del estímulo

Fibras sensitivas. Características generales

Hay una serie de receptores sensitivos que se encuentran en la musculatura.

La musculatura contiene **fibras extrafusales** inervadas por la **motoneurona α** (recordemos concepto de unidad motora) y otras fibras que son las denominadas **fibras intrafusales** que se encuentran inervadas por **motoneuronas γ** del asta anterior y contienen receptores que recogen impulsos sensitivos aferentes relativos a la musculatura.

Las fibras intrafusales contienen receptores sensitivos denominados **receptores anuloespirales**, denominados así ya que envuelven a la fibra muscular como si fuera un embutido. Además en los extremos de la fibra muscular existen receptores tendinosos.

Además de los receptores musculares existen otros receptores que recogen otras **sensibilidades procedentes de la piel** o de zonas no musculares:

- **Receptores de adaptación rápida (R)**. Al ser estimulados responden rápido y acaban rápidamente con la estimulación:
 - **Corpúsculos de Meissner**. Detectan texturas del objeto tocado y velocidades del estímulo recibido.
 - **Corpúsculo de Paccini**. Recogen vibraciones en la piel
- **Receptores de adaptación lenta (L)**. El estímulo actúa poco a poco durante un cierto tiempo
 - **Órganos de Ruffini**. Son susceptibles al estiramiento de la piel
 - **Discos de Merkel**. Detectan deformidades en la piel

Además hay **terminaciones nerviosas libres** que recogen el dolor rápido y el tacto no discriminativo.

La posibilidad de discriminar entre dos puntos viene mediada por la **densidad de receptores** en la superficie de la piel.

Todos estos receptores (musculares y no musculares) envían sus fibras que envían información a la medula espinal, desde sus raíces posteriores y desde ahí hay sinapsis a distintas neuronas en las distintas láminas de sustancia gris.

Hay dos tipos de fibras sensitivas que entran a la medula espinal:

- **Fibras gruesas.** Entran **mediales** al asta posterior. Las fibras gruesas deben su grosor a estar recubiertas por una **vaina de mielina**, lo que a su vez da lugar a que la **conducción del impulso nervioso** sea saltatoria y por tanto **rápida**.
 - Fibras tipo I → Ia, Ib
 - Fibras tipo II
- **Fibras delgadas.** Entran más **laterales** a la raíz posterior. Las fibras delgadas al contrario que las gruesas **apenas tienen mielina**, o directamente carecen de ella, y por ello la **conducción del impulso será lenta**.
 - Fibras tipo III
 - Fibras tipo IV

Aferencias sensitivas musculares

La fibra intrafusar tiene unos **receptores anuloespirales** que envían información mediante unas **fibras tipo Ia** cuyo cuerpo neuronal que llegan por la raíz posterior donde se sitúan los ganglios que contienen **somas de dichas fibras Ia**. Este cuerpo envía su axón hacia distintas regiones del asta posterior de la medula. Estas fibras son gruesas y la velocidad de su impulso es grande.

- **Receptores anuloespirales** → **Fibras tipo Ia**

A nivel muscular (fibra intrafusar) también tenemos **terminaciones en rosetón** que están en los **extremos del huso neuromuscular**, desde donde salen **fibras de tipo II** que entran por la raíz posterior (donde contienen somas al igual que las Ia), y pasan por la parte medial de la raíz posterior (son fibras gruesas).

- **Receptores en rosetón** → **Fibras tipo II**

Existen **terminaciones tipo Golgi** que se encuentran en los **tendones** y miden su distensión, y emiten fibras Ib que van por la raíz posterior entrando por su parte medial hasta llegar al asta posterior.

- **Receptores tipo Golgi** → **Fibras tipo Ib**

Todas estas fibras son **unipolares** y contienen sus **somas en el ganglio sensitivo**.

Fibras gruesas no musculares

Las fibras no musculares tienen también varios subtipos:

Existen **fibras Ib** (como las del órgano de Golgi) que proceden de los **discos de Merkel** y **corpúsculos de Ruffini** (fibras de adaptación lenta) que contienen su soma neuronal en el ganglio sensitivo. Sus fibras son gruesas y entran mediales al asta posterior.

- **Fibras Ib** → Discos de Merkel y corpúsculos de Ruffini

Los **corpúsculos de Meissner** y los **corpúsculos de Paccini** de adaptación rápida llevan fibras que son algo más gruesas (**tipo II**) similares a las de las terminaciones en rosetón, y entran mediales en la raíz posterior.

- **Fibras tipo II** → Corpúsculos de Meissner y Paccini

Fibras delgadas (finomielínicas o amielínicas)

Su **velocidad de conducción es lenta**. Son de tipo III (finomielínicas) y IV (amielínicas).

- **Fibras tipo III**. Proceden de **terminaciones libres** que se encuentran en la superficie de la piel y detectan el **dolor mecánico**, el **frio** y el **tacto no discriminatorio**.
- **Fibras tipo IV**. Proceden de **paredes de vasos, vísceras, etc...** Detectan el **calor**, la **sensibilidad visceral** y el **dolor lento** y sus fibras se dirigen hacia la raíz posterior y su soma neuronal se encuentra en el ganglio sensitivo. Entrarán por la **parte más lateral del asta posterior**.

Las **fibras gruesas** entran por la **parte medial** y envían una vía o impulsos que van hacia niveles espinales más altos.

Esas **fibras de tipo I y II** gruesomielínicas conducen los impulsos al asta posterior de la médula espinal, y dentro de ésta, depositarán sus impulsos en todas las láminas salvo en las dos primeras (I y II):

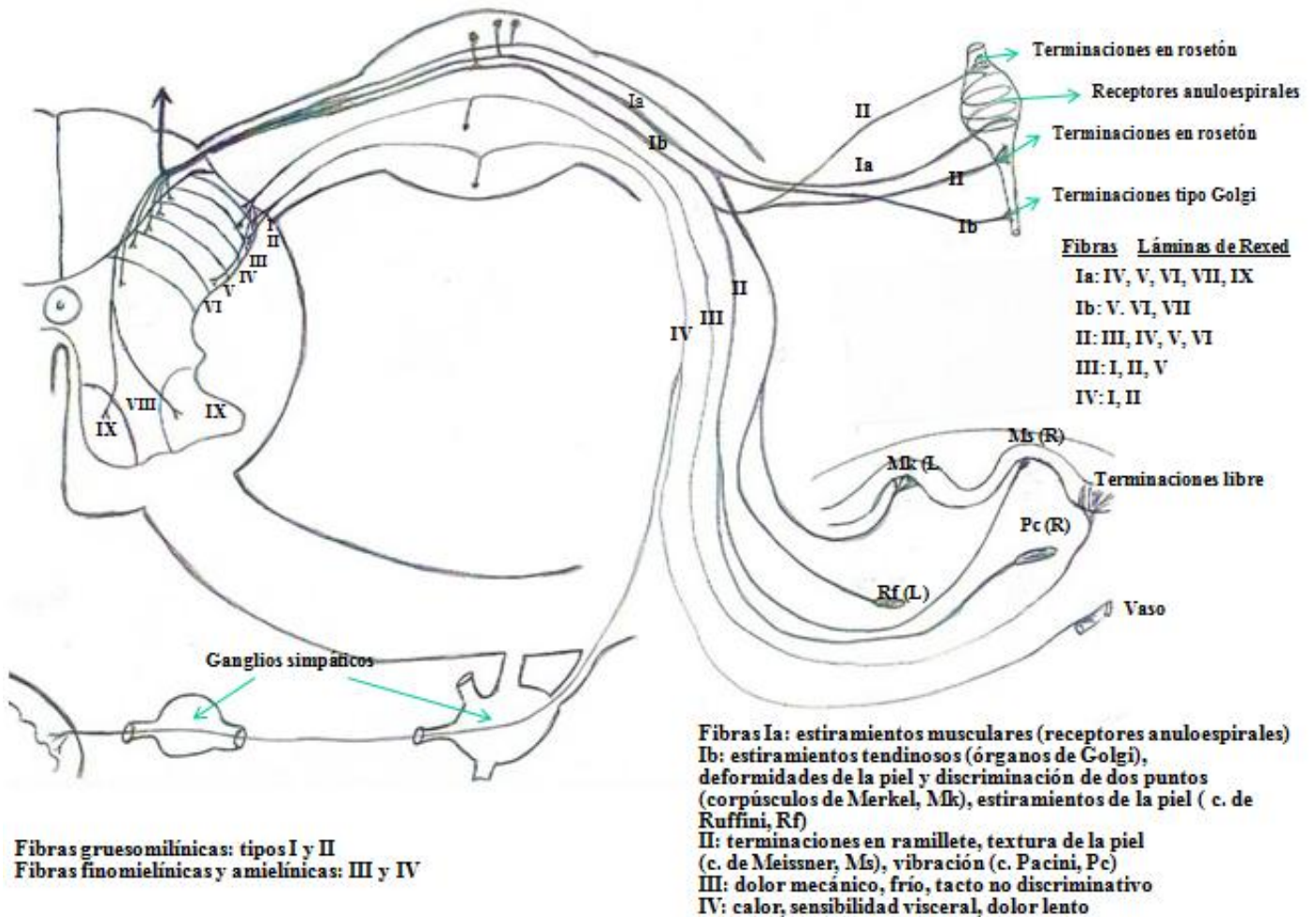
- **Fibras Ia** → IV, V, VI, VII, IX
- **Fibras Ib** → V, VI, VII
- **Fibras II** → III, IV, V, VI

Las **fibras Ia** conducen sus impulsos a la lámina IX que contienen **motoneuronas α** , con las cuales sinaptan.

Las **fibras más delgadas amielínicas** o **finomiélicas** conducen el impulso a las láminas I, II y V:

- **Fibras III** → I, II, V
- **Fibras IV** → I, II

Resumen



Láminas medulares de Rexed

Las láminas espinales que hemos estudiado someramente se denominan así por el estudio de Bror Rexed que encontró una **laminación “en cebolla”** de la **sustancia gris** medular. Cada una de estas láminas tiene un tipo de neuronas o sinapsis, lo que le aporta una función específica.

- **Lámina I.** Es la más superficial, también se denomina **núcleo posteromarginal** de la médula espinal. Contiene dos tipos de células:
 - Células pequeñas y medianas
 - Células fusiformes grandes, paralelas a la superficie
- **Lámina II.** Se denomina también **sustancia gelatinosa de Rolando**. Contiene células redondeadas orientadas radialmente.

Las **láminas I y II** reciben **estímulos nociceptivos** (dolorosos). La lámina II estará dividida en dos subsegmentos según el tipo de estímulo recibido:

- **Lámina II medial**. Estímulos mecánicos inocuos
- **Lámina II lateral**. Estímulos dolorosos
- **Láminas III y IV.** También llamado **núcleo propio del asta posterior**. Sus células se orientan radialmente, y las de la lámina IV se extienden hacia láminas más superficiales.
- **Láminas V y VI.** Forman la llamada **base del asta posterior**. Es importante saber que sólo observaremos la **lámina VI en las intumescencias** medulares.

La **lámina V** detecta estímulos mecánicos muy fuertes

- **Lámina VII.** Forma la **zona intermedia** para el **sistema simpático** en su zona lateral.
- **Lámina VIII.** Contiene **neuronas intercalares**.

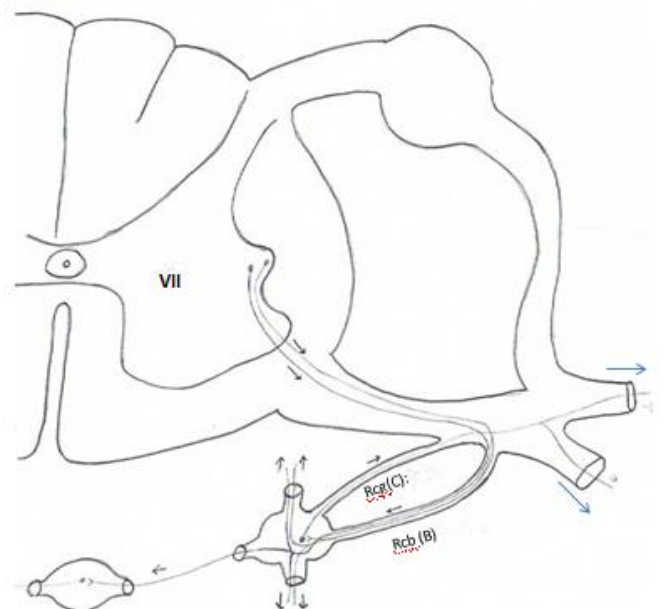
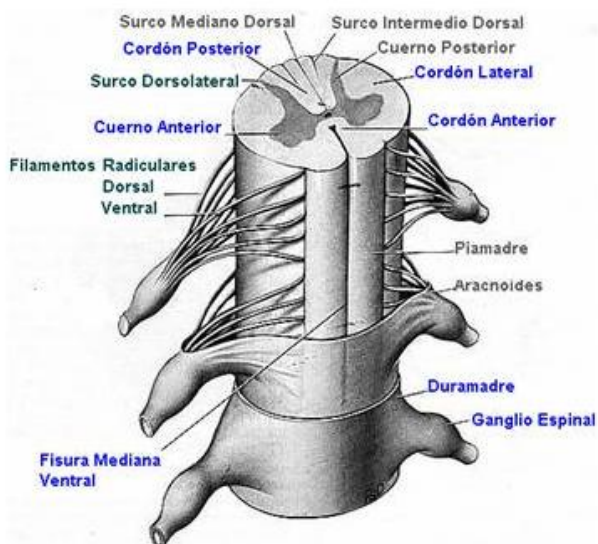
Las **láminas VI, VII y VIII** detectan **estímulos musculares dolorosos** y además **estímulos mecánicos inocuos**.

- **Lámina IX.** Es una importante lámina que ya hemos estudiado por contener las **motoneuronas** que se encargan de **inervar de forma motora** la **musculatura esquelética**. Está dividida en dos porciones según la localización de la musculatura que inerva:
 - **Porción lateral.** Se encarga de inervar la **musculatura ventral** y de los **miembros**. Se desarrolla más en las intumescencias cervical y lumbar.
 - **Porción medial.** Inerva la **musculatura del dorso** (espalda, musculatura erectora del tronco, etc...) y por ello está menos desarrollada que la porción lateral.

Los **nervios raquídeos** se forman gracias a una raíz dorsal o posterior, que es sensitiva y contiene el ganglio y una raíz ventral que es motora. Del asta lateral salen fibras simpáticas que discurren por la raíz ventral.

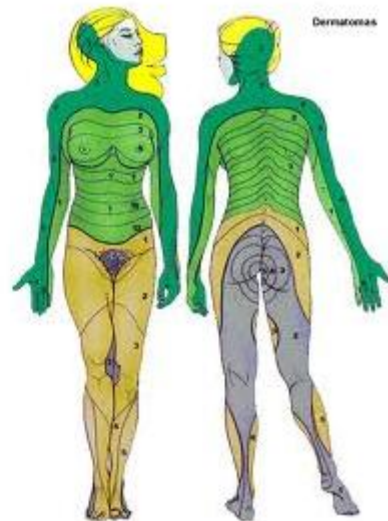
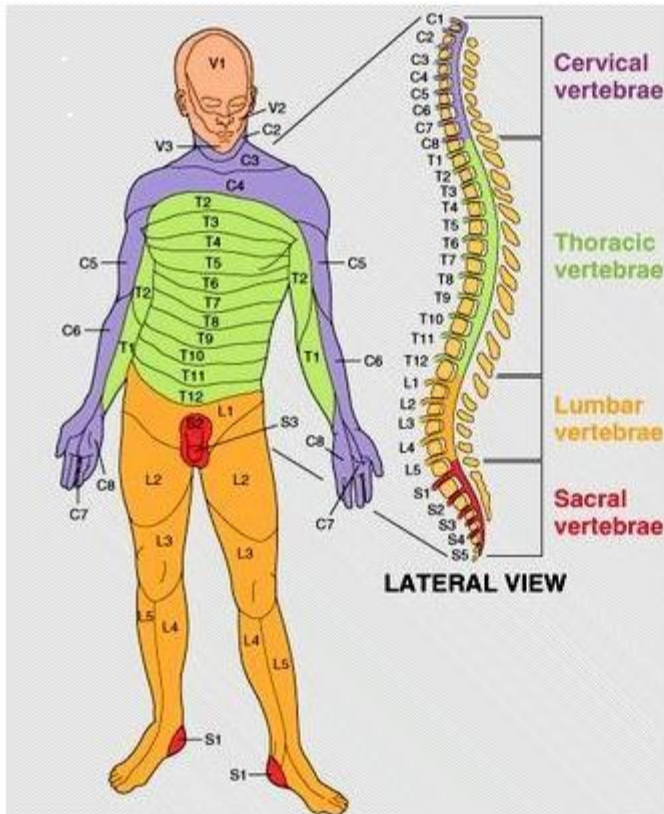
Una **metámera espinal** es un fragmento de la médula espinal que contiene una aferencia y eferencia de una raíz nerviosa. La metámera es un segmento transversal de la médula espinal del que se originan dos haces de fibrillas nerviosas.

Cada segmento de médula espinal que dé lugar a pares de nervios espinales constituirá una metámera. Habrá tantos pares de nervios espinales como metámeras espinales existan.



Dermatomas

Un dermatoma es un **segmento de inervación cutánea** que nace de un **único ganglio de la raíz dorsal**. Se ordenan en sentido paralelo al suelo y son “rodajas”.



Los dermatomas se corresponden con niveles medulares.

Cada dermatoma está inervado por un nervio raquídeo y se trata de **inervación sensitiva** debido a que cada uno corresponde a una raíz posterior, pero esto no es exactamente así, puesto que cada dermatoma está inervado por **tres metámeras**, por lo que la sensibilidad cutánea se dirige a tres ganglios, ya que existe inervación por fibras de los dermatomas vecinos.

La lesión en el mielómero de un dermatoma hace que se pierda una cierta sensibilidad, pero no toda, ya que para que se diera la pérdida total de sensibilidad deberían lesionarse **tres dermatomas seguidos**, en cuyo caso el dermatoma insensible sería el correspondiente al mielómero central.

Tema 4. Vías descendentes y ascendentes

Vías aferentes ascendentes

Recordemos del tema anterior que había dos tipos de fibras:

- **Fibras gruesas.** Tenían cubierta de mielina y conducían la información de forma rápida:
 - Ia
 - Ib
 - II
- **Fibras finas.** Tienen una cubierta fina de mielina, o directamente carecen de ella, por lo que su conducción será mucho más lenta:
 - III
 - IV

Columnas posteriores

Las fibras tipo I y II recogen la **somestesia**, que agrupa las siguientes sensaciones:

- **Tacto discriminativo**
- **Vibración**
- **Propiocepción consciente**

Entrarán en la médula espinal por la división medial de la raíz posterior y a continuación ascienden.

El grupo más grande asciende y contribuye a la formación de:

- **FASCICULO CUNEIFORME (de Burdach)**
- **FASCICULO GRÁCIL (de Goll)**

En su conjunto estos haces se denominan **COLUMNAS POSTERIORES** debido a su posición en la médula.

En estas columnas posteriores los dermatomas siguen una organización topográfica.

- **Niveles sacros** → Mediales
- **Niveles superiores** → Laterales

Estas fibras **HASTA T6** formarán el **FASCÍCULO GRÁCIL**

Las fibras torácicas por **ENCIMA de T6** y las cervicales constituirán el **FASCÍCULO CUNEIFORME**, más lateral, según un proceso similar.

Los **núcleos de la columna dorsal**:

- *Núcleo grácil*
- *Núcleo cuneiforme*

Se encuentran en la **parte posterior del bulbo**, y los cuerpos celulares de estos núcleos constituyen las neuronas secundarias del sistema de la **COLUMNA DORSAL-LEMNISCO MEDIAL**.

El **núcleo grácil** recibe impulsos procedentes de regiones sacra, lumbar y torácica a través del **FASCÍCULO GRÁCIL**

El **núcleo cuneiforme** recibe impulsos procedentes de la región torácica superior y cervical a través del **FASCÍCULO CUNEIFORME**

Resumen

Hay fibras I y II que recogen **sensibilidad fina y propiocepción consciente (SOMESTESIA)** y llegan por las raíces posteriores para formar a partir de T6 el fascículo cuneiforme o de Burdach.

- **Fascículo cuneiforme o de Burdach:**
 - ✓ Nace en T6
 - ✓ Es el más lateral
 - ✓ Conduce propiocepción consciente y sensibilidad fina (fibras I y II)
- **Fascículo grácil o de Goll**
 - ✓ Se encuentra bajo T6
 - ✓ Es el más medial
 - ✓ Conduce propiocepción consciente y sensibilidad fina (fibras I y II)

Estas fibras llegan a sus respectivos núcleos bulbares.

Las fibras laterales se sitúan a niveles más superiores del cuerpo y las mediales corresponden a niveles más sacros.

Vías espinocerebelosas

Hay fibras de tipo I y II que transportan **sensibilidad propioceptiva inconsciente** (muscular y ligamentosa), dirigiéndose por la raíz posterior, y sus fibras terminan en asta posterior, hasta sinaptar con la lámina VII (**NÚCLEO DORSAL/COLUMNA DE CLARKE**).

El núcleo de Clarke se encuentra en los **niveles T1-L2 (C8-L3)**

Las fibras de los tractos espinocerebelosos forman dos tractos:

- **HAZ ESPINOCEREBELOSO DORSAL (ECD)**
- **HAZ ESPINOCEREBELOSO VENTRAL (ECV)**

Ambos tractos conducen **información propioceptiva inconsciente** procedente de fibras I y II que inervan músculos y tendones. Esta información llega al **cerebelo** para el control de la postura y la coordinación del movimiento.

Haz espinocerebeloso dorsal

Las fibras del haz espinocerebeloso dorsal (ECD) se originan en la **COLUMNA DE CLARKE (lámina VII)**. Este núcleo se localiza en los niveles **C8-L3**.

Las fibras que llegan a la médula en los niveles C8-L3 sinaptan con el núcleo de Clarke y se continúan con él, mientras que aquellas que llegan inferiores a L2 **ascienden por el cordón posterior** hasta este **núcleo**.

Para axones **superiores a C8** (miembro superior) existe un fascículo llamado **FASCICULO CUNEOCEREBELOSO** que es **equivalente al ECD**.

Las fibras del fascículo cuneocerebeloso llegan al **NUCLEO CUNEIFORME LATERAL (núcleo cuneatus accesorio?)** hasta el **cerebelo**.

El **núcleo cuneatus accesorio** equivaldría al **núcleo de Clarke** para niveles superiores a **C8**.

Los axones de los dos fascículos anteriores ascienden por el mismo lado (**ipsilateralmente**) para entrar al cerebelo por el **PEDUNCULO CEREBELOSO INFERIOR (PCI)**.

Haz espinocerebeloso ventral

Sus células de origen transmiten información procedente del **miembro inferior**, y sus somas se localizan en niveles **L3-L5**.

El ECV se origina a partir de los niveles L3-S1/S2 funcionando para la **propiocepción inconsciente de la musculatura flexora**.

Se localizan en la **región lateral de las láminas V a VII**. Sus fibras cruzan la línea media hasta situarse por delante del fascículo espinocerebeloso posterior por el cordón lateral.

Las fibras del haz espinocerebeloso ventral (ECV) se **decusan**, ascendiendo por el lado contrario de la médula espinal para entrar al cerebelo por el **PEDUNCULO CEREBELOSO SUPERIOR (PCS)**.

Tras entrar por el PCS sus fibras mayoritariamente vuelven a decusarse para volver a su lado ipsilateral.

Sus fibras reciben **gran influencia de FIBRAS DESCENDENTES**:

- *Vías reticuloespinales*
- *Vías corticoespinales*
- *Vías vestibuloespinales*
- *Vías rubroespinales*

Estas vías serán estudiadas a continuación.

El haz espinocerebeloso ventral **no sinapta en el núcleo de Clarke**, pero si con la **lámina VII**.

El **FASCICULO ESPINOCEREBELOSO ROSTRAL** es **equivalente al ECV** para el miembro superior (**niveles C4-C8**).

Las eferencias de este fascículo ascienden por el cordón lateral de la médula como fibras directas y penetran al cerebelo mediante el **CUERPO RESTIFORME** y algunas mediante el **pedúnculo cerebeloso superior (PCS)**.

Sistema anterolateral

Las fibras que corresponden a las III y IV eran para el **dolor, temperatura, viscerales, dolor rápido y lento**, etc...

El ganglio de estas fibras es el **ganglio raquídeo** y se dirigen al asta posterior (**láminas I, II, V**). Desde el asta posterior salen fibras que ascienden por la **lámina X** (que rodea al conducto ependimario) hasta el **hipotálamo**.

Hay otras que caminan por las **láminas VII y II** contienen impulsos que sinaptan a lo largo del tronco del encéfalo y son fibras que transportan el impulso de forma lenta, ya que se van **interrumpiendo en distintas sinapsis**.

Hay fibras que **saltan al lado opuesto** hasta el **SISTEMA ANTEROLATERAL (AL)** que contiene fibras relacionadas con el **dolor rápido, tacto grosero**, etc...

El sistema anterolateral discurre por dentro del **HAZ ESPINOCEREBELOSO DORSAL**, por el **cordón anterolateral de la médula**, el cual asciende proporcionando conexiones a la **formación reticular** y al **hipotálamo**.

Resumen de vías aferentes

Columnas posteriores

Los sistemas de **fibras I y II** son para el cordón posterior que termina en los **núcleos de Goll y Burdach** que lleva **tactos finos y discriminativos, sensibilidad propioceptiva**, etc...

- El **núcleo de Goll** es de niveles **inferiores a T6**
- El **núcleo de Burdach** es para niveles **superiores a T6**

Si se destruyen estos núcleos, el enfermo no tiene sensibilidad fina ni propioceptiva consciente, no sabe cuál es el tacto del suelo, ni la posición de la pierna. Esto ocurre en las fases finales de la sífilis.

Haz espinocerebeloso

Por el cordón posterior también discurren las que van al **núcleo espinocerebroso dorsal** vía **núcleo de Clarke**.

Por encima de ese núcleo las fibras van al **cuneatus accesorio** y todas acaban al final al cerebelo para informar de propiocepción inconsciente.

El **cerebelo** no es consciente de nada, y si se destruye seguimos teniendo sensaciones, aunque exista **descoordinación en el movimiento**.

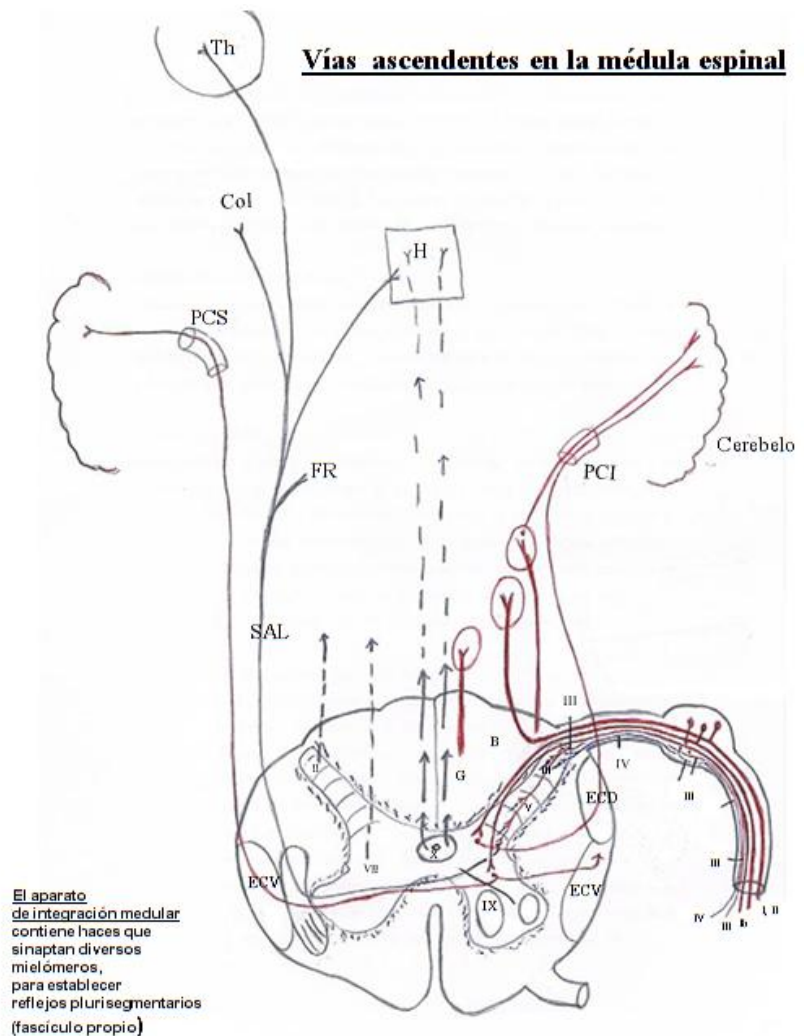
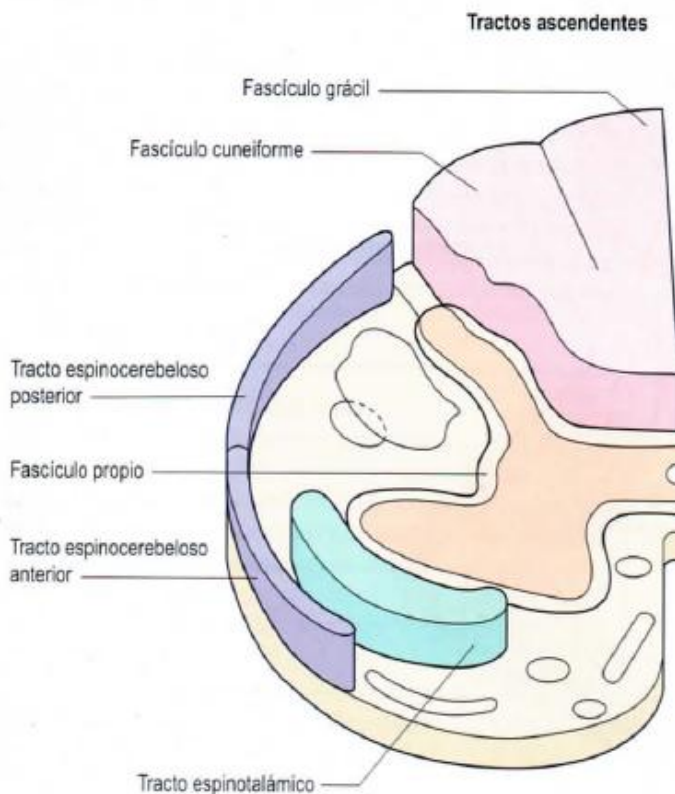
- El **haz ECV** es fundamentalmente **cruzado**
- El **haz ECD** es fundamentalmente **directo**

Haz anterolateral

Las **fibras rápidas de dolor** van por el **sistema anterolateral** (AL) que tiene una topografía y lo primero que llega es lo de niveles más bajos, es decir, lo cervical es más profundo y lo sacro es más superficial.

Además hay un **aparato de integración medular** que contiene haces que sinaptan distintos mielómeros para integrar reflejos multisegmentarios.

Visión general de las vías ascendentes



Vías eferentes descendentes

Las **neuronas motoras superiores** se localizarán en la **corteza cerebral**.

Las **neuronas motoras inferiores** (segundas neuronas) son **motoneuronas α** y se encuentran en la médula espinal. Reciben impulsos muy variados y son la **vía terminal común** en donde confluyen en forma de embudo todos los impulsos en una respuesta motora.

La motoneurona α deriva embriológicamente de la placa basal y se encuentra en el asta anterior. Son neuronas muy grandes y sus axones se engruesan cuanto más distancia tiene que recorrer. Sus dendritas son tremendamente amplias llegando a invadir la sustancia blanca.

La lesión de la motoneurona alfa produce parálisis, atrofia muscular (no solo por el desuso, sino por la interrupción de factores miotróficos que vierte al musculo por vía axonal).

Vía piramidal

La vía piramidal se origina en la corteza cerebral y tiene relación con los **movimientos voluntarios**.

Las neuronas que dan lugar a los axones de la vía piramidal se localizan en la **porción profunda de la capa V cerebral**.

Las células de origen se distribuyen ampliamente por la corteza sensorial y motora incluyendo el **giro precentral (CORTEZA MOTORA PRIMARIA)** desde donde se emiten axones corticoespinales de mayor diámetro.

Los axones corticoespinales salen de los hemisferios pasando por los amplios sistemas de fibras subcorticales de la **corona radiada** y de la **capsula interna** para entrar en el **PIE PEDUNCULAR** del **mesencéfalo**.

Tras pasar por la parte ventral de la protuberancia, las fibras corticoespinales alcanzan el **bulbo**, desde donde forman dos cordones prominentes en su **superficie anterior** denominados **PIRÁMIDES**.

En la parte inferior del bulbo las fibras se **decusan casi en su totalidad (70-90%)**. Aquí se formarán dos tractos dependiendo de si se decusan o no:

- **HAZ CORTICOESPINAL LATERAL (CEL)**. Sus fibras se **decusan** en la pirámide, y por tanto es el destino mayoritario de los axones piramidales.

Camina por la **parte lateral de la sustancia blanca**.

Sus fibras siguen una **organización topográfica**, y las fibras que inervan motoneuronas cervicales son más mediales que aquellas que se encargan de inervar motoneuronas encargadas de musculatura del miembro inferior.

Sus fibras se **agotan sobre todo a nivel de las intumescencias**:

- *55% en la intumescencia cervical*
- *20% a nivel torácico*
- *25% en la intumescencia lumbosacra*

- **HAZ CORTICOESPINAL ANTERIOR (CAE)**. Sus fibras no se decusan y **descienden ipsilateralmente**. Es poco relevante clínicamente.

Sus axones caminan por la **parte anterior de la sustancia blanca**, laterales a la fisura media anterior

Muchas de sus fibras se **acaban decusando al final de su trayecto**.

En su terminación, sobre todo en las intumescencias, las fibras corticoespinales sinaptan sobre **interneuronas de las láminas V-VII**. En humanos algunas sinaptan directamente con **motoneuronas α de la lámina IX**, pero la mayoría sinaptan con interneuronas excitadoras e inhibitoras.

Como hemos dicho, la mayoría de las fibras se decusan a nivel de las pirámides (**DECUSACIÓN PIRAMIDAL**) pero el resto acaban decusándose al llegar a sus terminaciones, por lo que en la práctica, cada **hemisferio cerebral** inerva de forma **motora el lado contrario del cuerpo**.

La consecuencia de lo anterior es que si hay una **lesión en un hemisferio cerebral**, se produce parálisis (**hemiplejia**) del **lado contrario**.

Si se interrumpe los movimientos voluntarios no son posibles, y se inhiben los reflejos miotáticos. Se produce hiperexcitabilidad de reflejos cutaneomucosos.

Resumen

La **vía piramidal o corticoespinal** nace en **distintas áreas de corteza**, no solo en la corteza **motora**, sino también en otras áreas, algunas incluso **sensitivas**. La vía desciende por el tronco del encéfalo y al llegar a la pirámide del bulbo se bifurca (**decusación**).

- **Haz corticoespinal anterior o ventral (CEA)** → Fibras que van por el lado de origen. Viaja por la médula espinal por la **cisura media**.
- **Haz corticoespinal lateral (CEL)** → Fibras que **decusan**, y viaja por el **cordón lateral**

Estas fibras piramidales cuando llegan a medula se denominan corticoespinales, y se **cruzan en un 80%** para dar lugar al **haz corticoespinal lateral (cruzado)**.

La vía piramidal en medula va terminando en los distintos niveles, lo que indica que esta vía **va disminuyendo en grosor** dentro de la sustancia blanca, ya que va **proporcionando conexiones** a la medula y se va agotando, y ya en la medula sacra ha terminado de dar fibras.

La terminación de fibras piramidales en la médula es la siguiente:

- **Médula cervical** → 55%
- **Médula torácica** → 20%
- **Médula lumbosacra** → 25%

El haz lateral da conexiones a varias láminas del asta posterior menos las láminas I y II (mas relacionadas con las fibras III y IV de sensibilidad).

Si tiene conexiones con el resto de láminas (muy pocas con la lámina VIII). Las conexiones serán con las **láminas III-IX**. Especialmente sinapta con la **lámina IX** donde encontramos **motoneuronas α** .

Hay **conexión con las láminas sensitivas** porque es importante concordar la sensibilidad con el movimiento, sobre todo en cuanto a la propiocepción.

El **HAZ CORTICOESPINAL ANTERIOR (CEA)** envía conexiones a la lamina VIII y IX bilateralmente (a ambos lados de la medula) de modo que si hay una lesión de un haz CEA de un lado, como el del otro lado esta conectando bilateralmente con la lámina IX medial, los síntomas serán menores.

Fascículo rubroespinal

El fascículo rubroespinal se origina en el **NÚCLEO ROJO (NR)** del mesencéfalo.

Controla fundamentalmente el **tono de los músculos flexores de las extremidades**, siendo **excitador** para estas motoneuronas.

Los axones que salen de las células del NR **discurren anteromedialmente** hasta cruzarse al lado opuesto en la **DECUSACIÓN TEGMENTAL ANTERIOR**, y luego en la médula espinal se sitúan anterolaterales y parcialmente mezclados con fibras del haz corticoespinal lateral.

Se ha observado que el fascículo rubroespinal consta de dos porciones que surgen del NR:

- **Porción magnocelular.** Da lugar a las **FIBRAS RUBROESPINALES**
- **Porción parvocelular.** Da lugar a las **FIBRAS RUBROOLIVARES**

Cada fibra rubroespinal termina sinaptando en las **láminas V-VII**, proporcionando una **influencia excitadora** sobre las motoneuronas que inervan los músculos flexores proximales de las extremidades.

La porción magnocelular es más pequeña en humanos que en otros mamíferos y por ello también lo es el fascículo rubroespinal. En muchos animales el fascículo rubroespinal es tan potente que puede llegar a sustituir a la vía piramidal.

Los axones rubroespinales abandonan la médula fundamentalmente a nivel de la **intumescencia cervical**, por lo que se supone que este sistema actúa fundamentalmente sobre la **extremidad superior** y tiene poca acción en la inferior.

El NR recibe aferencias de la **corteza motora (fibras corticorrubricas)** y el **cerebelo (fibras cerebelorrúbricas)** y por lo tanto es una vía extrapiramidal por la cual la corteza motora y el cerebelo influyen en la actividad motora espinal.

Resumen

La mayoría de estas fibras conectan con las **láminas VII y VIII**.

- **Núcleo rojo (NR).** Se encuentra en el mesencéfalo que da lugar a un haz que se cruza al lado contrario, para formar el **haz rubroespinal (RE)** que va en el cordón anterolateral situándose delante del CEL.

El haz rubroespinal sinapta con las **láminas VII, VIII y IX**. Tiene mucha relación con el tono flexor, y en muchos animales puede incluso sustituir a la vía piramidal. **Acaba** en la **intumescencia cervical**.

Haz tectoespinal

Los **colículos inferior y superior** (sobre todo el **COLÍCULO SUPERIOR**) dan origen al **haz tectoespinal (TE)**.

Este haz se decusa en la **DECUSACIÓN TEGMENTAL DORSAL**. Sus fibras se sitúan cercanas a la fisura medular anterior y **termina en la médula cervical**.

Tiene que ver con el **APRESTAMIENTO**, es decir, ciertos **reflejos para movimientos del cuello** y el tronco ante estímulos luminosos o sonoros sorprendidos.

El **haz tectoespinal** por tanto **abarca hasta la médula cervical** que es donde se encuentran los músculos de cuello y tronco.

- Se **origina** en los **colículos** (mesencéfalo)
- Sus fibras son **cruzadas**
- **Termina** en la **médula cervical**
- Su función es participar en el **reflejo de aprestamiento**

Haz vestibuloespinal

Se origina en los **NÚCLEOS VESTIBULARES** situados en la **protuberancia y el bulbo**, que serán estudiados en detalle en temas a continuación.

Los núcleos vestibulares reciben información del **laberinto** por medio del nervio vestibular y el cerebelo.

Los axones de las células del **NÚCLEO VESTIBULAR LATERAL** (núcleo de Deiters) descienden de forma **directa** como **TRACTO VESTIBULOESPINAL LATERAL (VEL)**

Las fibras del VEL median las **influencias excitadoras sobre las motoneuronas extensoras**, lo que sirve para el control del tono de los músculos extensores para **mantener la postura** en contra de la gravedad.

El **NÚCLEO VESTIBULAR MEDIAL** contribuye con fibras descendentes al **FASCICULO LONGITUDINAL MEDIAL (FLM)**, también conocido como **FASCICULO RETICULOESPINAL MEDIAL**.

Resumen

- Se **originan** en los **núcleos vestibulares** (entre protuberancia y bulbo)
- Dan lugar a dos fascículos
 - **Vestibuloespinal lateral (VEL)** → **Directo** (y cruzado?)
 - **Vestibuloespinal medial (FLM)** → **Directo** (y cruzado?)
- Su función es el control sobre las **motoneuronas extensoras** antigravitatorias para **mantener la postura**.

Fascículo reticuloespinal

Se origina en la **FORMACIÓN RETICULAR (FR)** en la protuberancia y en el bulbo.

Los axones descienden de dos formas:

- **FASCÍCULO RETICULOESPINAL MEDIAL** (pontorreticuloespinal). Es **directo**
- **FASCÍCULO RETICULOESPINAL LATERAL** (bulborreticuloespinal). Es **bilateral** aunque la mayor parte de sus fibras son **directas**

Ambos tractos se localizan en el **cordón ventral** y participan del **movimiento voluntario**, **actividad refleja** y **tono muscular** mediante el control de motoneuronas de los dos tipos.

Además median en los **efectos presores y depresores circulatorios**, y el **control de la respiración**.

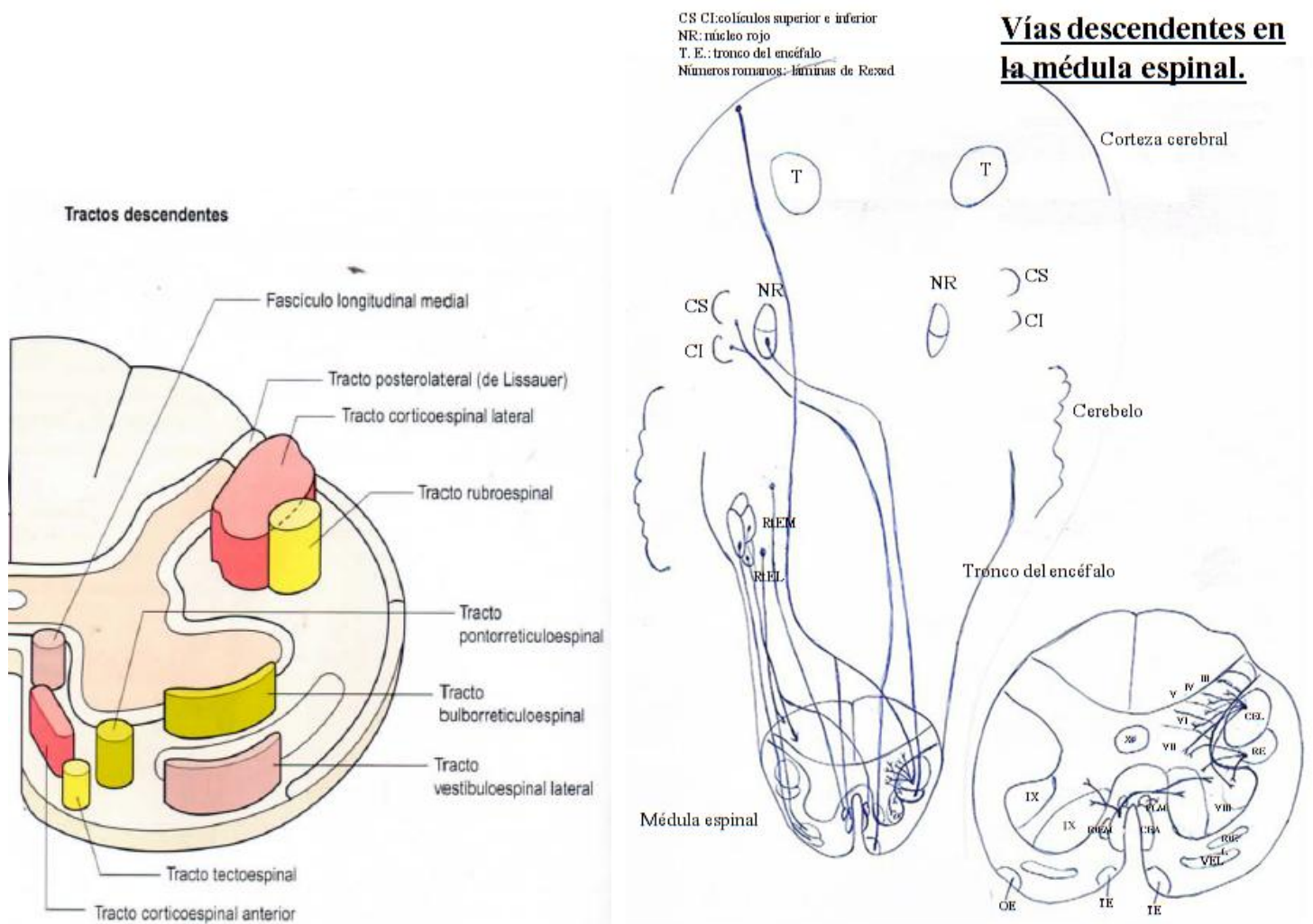
El sistema reticuloespinal se activa por medio de **proyecciones descendentes corticales ipsolaterales** (**fibras corticoreticulares**) y **sistemas somatosensoriales ascendentes** (**fibras espinoreticulares**) que transportan señales dolorosas.

- ❖ Las **fibras pontorreticuloespinales (RtM)** suelen ser **excitadoras**
- ❖ Las **fibras bulborreticuloespinales (RtL)** suelen ser **inhibidoras**

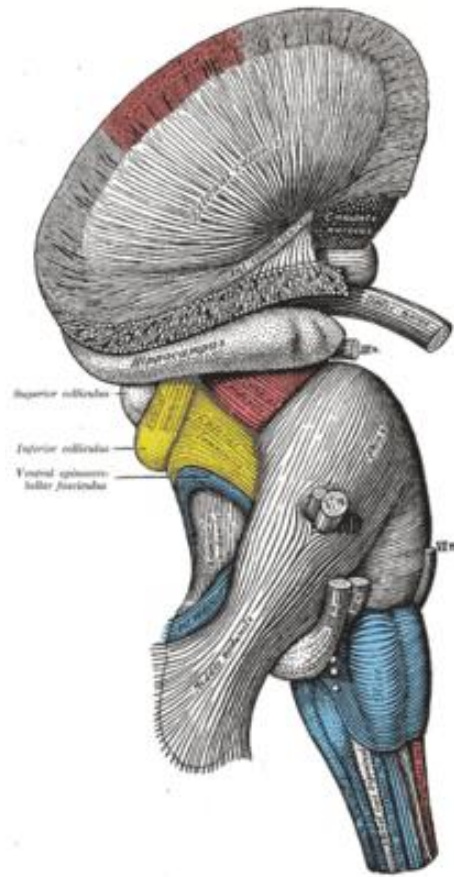
Resumen

- **Nace** en la **formación reticular**, en protuberancia y bulbo
- Origina dos fascículos:
 - **Fascículo reticuloespinal medial (RtL)**
 - **Fascículo reticuloespinal lateral (RtM)**
- Su función es **controlar funciones vitales** además del **movimiento voluntario y reflejo**.

Visión general de las vías descendentes



TRONCO DEL ENCÉFALO



Neuroanatomía

Índice de contenidos

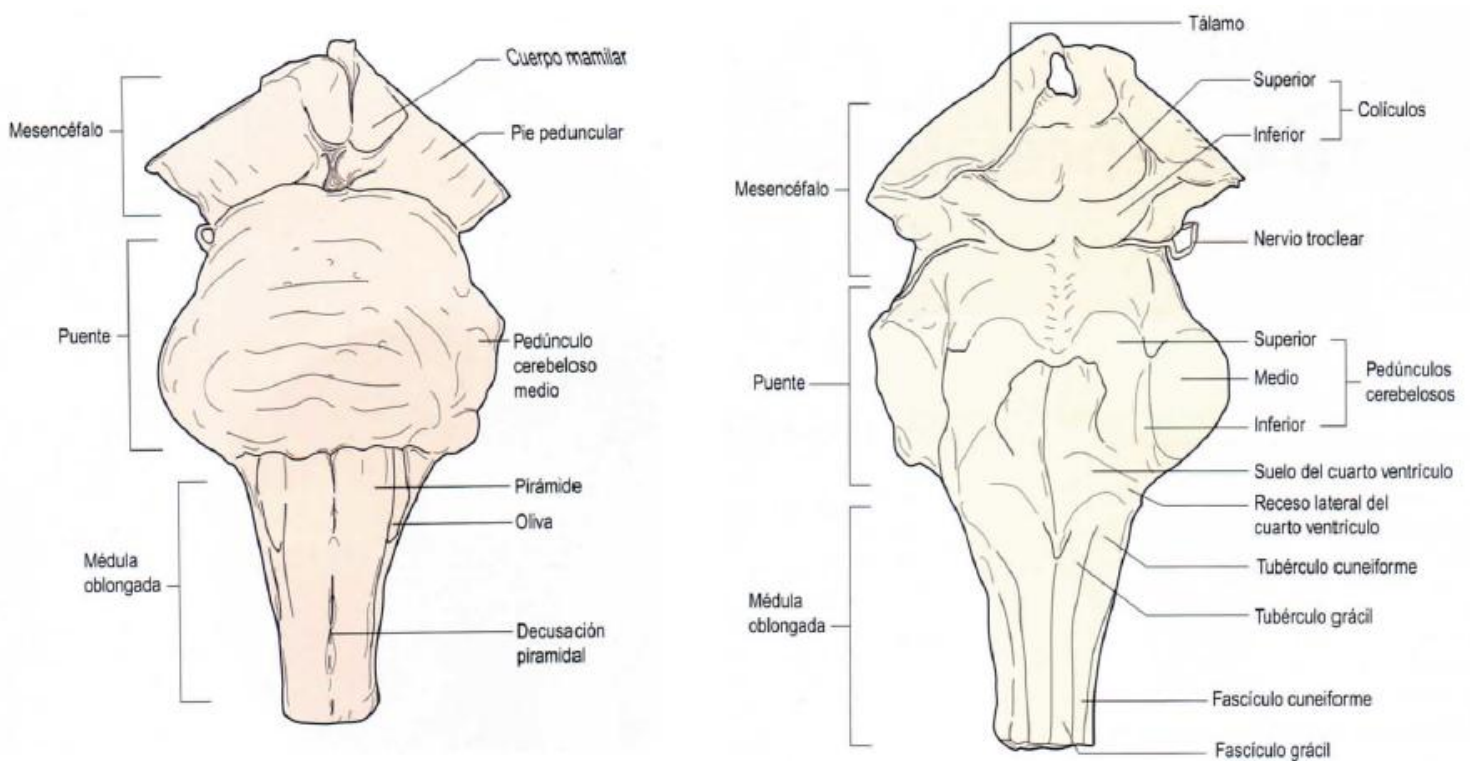
- Tema 5. Introducción al tronco del encéfalo. Núcleos motores _____ 50
- Tema 6. Núcleos sensitivos del tronco del encéfalo _____ 60
- Tema 7. Vías descendentes y formación reticular (I) _____ 74
- Tema 8. Formación reticular (II). Sistema vestibular _____ 85

Tema 5. Planteamiento del estudio del tronco del encéfalo. Núcleos motores

Introducción

El tronco del encéfalo está constituido de superior a inferior por:

- Mesencéfalo
- Protuberancia (puente)
- Bulbo raquídeo (médula oblongada)



El tronco del encéfalo contiene numerosos tractos de fibras ascendentes y descendentes. Algunos de ellos pasan a lo largo de toda su extensión con origen en la médula espinal o el cerebro respectivamente, mientras que otros fascículos terminan directamente en los núcleos del tronco del encéfalo.

Los núcleos del tronco del encéfalo suelen recibir fibras de pares craneales o enviar fibras a dichos nervios. Estos se conocen como **NÚCLEOS DE LOS NERVIOS CRANEALES**.

El tronco del encéfalo contiene una compleja y heterogénea matriz neuronal que se conoce como **FORMACIÓN RETICULAR** dentro de la cual existirán a su vez **varios núcleos**.

La cara dorsal del tronco del encéfalo está cubierta en su mayor porción por el cerebelo. En la cara dorsal del bulbo raquídeo la línea media está delimitada por un **SURCO MEDIO POSTERIOR** que luego se **continúa con el de la médula espinal**.

El canal ependimario de la médula se abre al llegar al tronco del encéfalo y pasa a llamarse **4º ventrículo**, el cual está abierto por los **surcos limitantes**.

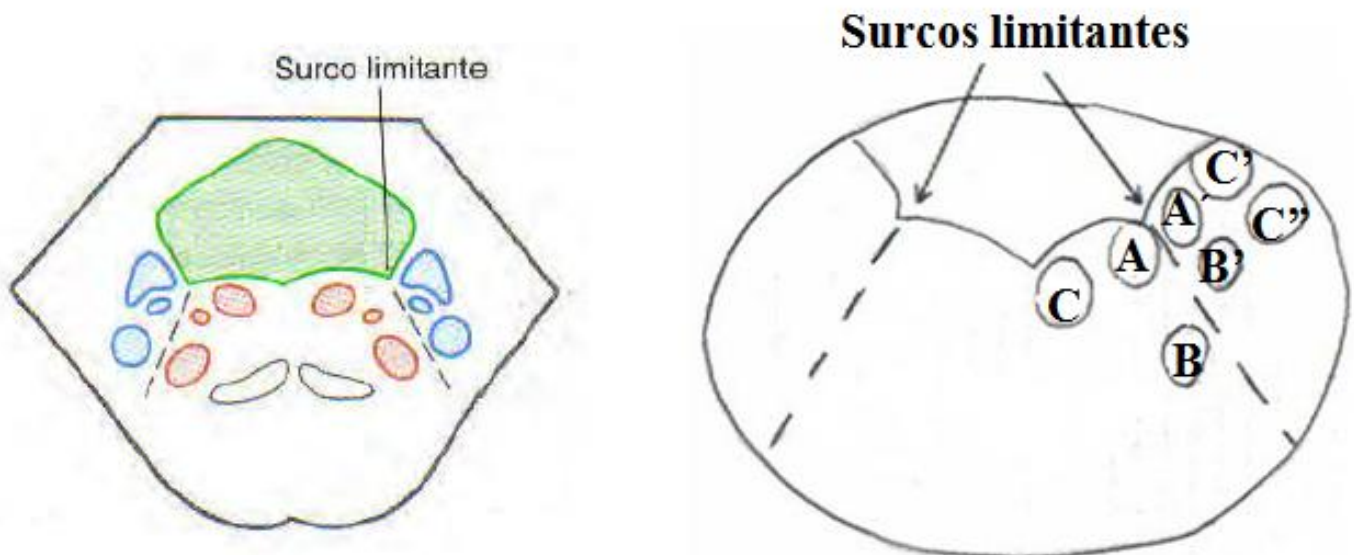
Si trazamos unas líneas por el surco limitante vemos:

- **Placa basal**. Zona más anterior a la línea
- **Placa alar**. Zonas posteriores a la línea

En la placa basal hay tres núcleos motores

- Núcleos motores viscerales generales (A)**. Se encuentran muy cercanos al surco limitante
- Núcleos motores viscerales especiales (B)**
- Nervios motores somáticos (C)**. Inervan musculatura esquelética voluntaria y son similares a las motoneuronas α

Las fibras nerviosas de los grupos viscerales (A y B) surgen lateralmente mientras que las fibras motoras somáticas surgen más medialmente.



Los **NÚCLEOS SENSITIVOS (ABC')** son derivados de la **placa alar** troncoencefálica, y forman columnas de núcleos que están "interrumpidos", es decir, no van en continuidad como ocurría en la médula espinal, sino que están fragmentados.

Núcleos motores viscerales generales (A)

Se sitúan cerca del surco limitante y se forman a partir de la placa basal. Corresponden a los siguientes pares craneales:

- **Oculomotor** (III)
- **Facial** (VII)
- **Glossofaríngeo** (IX)
- **Vago** (X)

Estos núcleos son de tipo parasimpático (constituyen el **PARASIMPÁTICO CEFÁLICO**), recordemos que el parasimpático se dividía en parasimpático cefálico y parasimpático sacro (S2-S4).

El parasimpático cefálico inerva el musculo iridoconstrictor, glándulas salivares (es secretagogo) y por medio del nervio vago (X par) inervará el resto de vísceras hasta la mitad distal del colon.

Estos núcleos motores viscerales generales (MVG) se forman por dentro del surco limitante.

1. Núcleo motor dorsal del vago

El **nervio vago** (X par) sale lateral al tronco e inerva **todas las vísceras** a excepción de algunas estructuras cefálicas. En las vísceras encuentra neuronas ganglionares con las que sinapta.

Sale del encéfalo por el **AGUJERO YUGULAR** (rasgado posterior).

2. Núcleo salivador inferior

El **nervio glossofaríngeo** (IX par) sale por el **AGUJERO YUGULAR**, de forma lateral.

Sus fibras se encargan de inervar la **glándula parótida**. Tras salir por el agujero yugular, sus fibras tienen un recorrido complejo dentro del peñasco donde encuentran al **GANGLIO ÓTICO**.

3. Núcleos del nervio facial

Ambos corresponden al **nervio facial** (VII par)

- 3.1. **Núcleo salivador superior**. Es el núcleo más superior y se encarga de inervar las **glándulas submandibular** y **sublingual**.

Sus fibras salen por el **SURCO BULBOPROTUBERANCIAL** y salen del peñasco acompañando al nervio cuerda del tímpano.

Llega al **GANGLIO SUBMAXILAR** cercano a dicha glándula con el cual sinapta y desde donde inerva a sus estructuras glandulares correspondientes.

- 3.2. **Núcleo lacrimomucosonasal**. Es el núcleo más inferior y se encarga de inervar **glándulas de la mucosa nasal**, y a la **glándula lacrimal**.

Sus fibras se meten en la **FOSA PTERIGOPALATINA**.

4. Núcleo de Edinger-Westphal

Corresponde al **nervio oculomotor** (III par) y se localiza en el mesencéfalo.

Sus fibras salen por la parte anterior del mesencéfalo y se introducen por la **FISURA ORBITAL**.

En la órbita encuentran el **GANGLIO CILIAR** u **OFTÁLMICO** con el que sinaptan y desde allí inervan al **musculo iridoconstrictor**.

Salida de las fibras

Las fibras de los núcleos motores viscerales generales salen del tronco del encéfalo a través de las siguientes estructuras:

- Las **fibras del III par** salen a nivel del mesencéfalo por la **FOSA INTERPEDUNCULAR**, a ambos lados de ella. Contiene fibras del nervio ciliar.
- Las **fibras del VII par** salen por el **SURCO BULBOPROTUBERANCIAL**.
- Las **fibras del IX y X pares** salen por el **SURCO RETROOLIVAR** y posteriormente por el **agujero yugular**.

Núcleos motores viscerales especiales (B)

Son núcleos viscerales que se organizaron **cercanos al surco limitante** en la placa basal.

No son parasimpáticos, sino que inervan **musculatura estriada** derivada de los **arcos branquiales** (faríngeos). Esta musculatura es voluntaria.

Los motores viscerales especiales tienen fibras por la zona lateral del tronco del encéfalo. Sus fibras pertenecen a los siguientes pares craneales:

- **Trigémino** (V par)
- **Facial** (VII par)
- **Glossofaríngeo** (IX par)
- **Vago** (X par)
- **Accesorio** (XI par)

1. Núcleo masticador

Corresponde al **nervio trigémino** (V par). Se encuentra en la protuberancia y sus fibras salen lateralmente junto con la rama V₃.

Sus fibras salen por el **AGUJERO OVAL** y se encargan de inervar **músculos masticadores** así como el **músculo tensor del tímpano** (involuntario reflejo).

Inerva musculatura derivada del **1^{er} arco faríngeo**.

2. Núcleo facial

Corresponde al **nervio facial** (VII par). Sus fibras rodean al núcleo somático del VI par formando la **RODILLA INTERNA DEL FACIAL** para salir luego por el **SURCO BULBOPROTUBERANCIAL** en su zona lateral.

Sale por el **AGUJERO ESTILOMASTOIDEO** e inerva la **musculatura facial superior** y la **inferior** (separadas ambas por la comisura) que se encargan de la mímica.

Inerva musculatura derivada del **2^o arco faríngeo**, es decir, la **musculatura mímica o facial**.

3. Núcleo ambiguo

Contiene fibras de los **nervios glosofaríngeo (IX par)** y **vago (X par)**:

- Las **fibras del IX y X par** se encargan de inervar la **musculatura faríngea**.
Las **fibras del IX par** se encargan de inervar al **musculo estilofaríngeo**. Salen por el **SURCO RETROOLIVAR** e inervan de forma mayoritaria la musculatura faríngea.
- Las **neuronas del X par** se localizan en la **parte caudal del núcleo** y se encargan de inervar la **musculatura laríngea**, aunque también contribuye a la inervación de la **musculatura faríngea**.

Se denomina núcleo ambiguo porque está ambiguamente situado.

Sus fibras inervan musculatura derivada del **3^{er} arco faríngeo**.

4. Núcleo espinal o accesorio

Corresponde al **nervio accesorio (XI par)** que se denomina así ya que sus fibras discurren muy próximas a las del X par.

Sus neuronas están en la médula espinal (C5-C6) y sus fibras se introducen por el **AGUJERO OCCIPITAL** para luego salir junto con fibras del IX y X par por el **AGUJERO YUGULAR**.

Inerva los **músculos esternocleidomastoideo (EMC)** y **trapecio**.

Núcleos motores somáticos (C)

Son núcleos cuyas fibras inervan **musculatura derivada de somitas** y dentro de ellos los miotomos de los somitas, que dan lugar a musculatura estriada.

Estos núcleos se encuentran **alejados del surco limitante** en plena placa basal, e inervan musculatura somática. Pertenecen a los siguientes pares craneales:

- **Oculomotor** (III par)
- **Troclear** (IV par)
- **Abducens** (VI par)
- **Hipogloso** (XII par)

1. Núcleo del III par

Además de sus fibras parasimpáticas, el **nervio oculomotor** contiene fibras que inervan musculatura somática y salen por el **ESPACIO INTERPEDUNCULAR**.

Sus fibras inervan toda la **musculatura extrínseca ocular** a excepción de dos músculos:

- *Musculo recto lateral*
- *Musculo oblicuo superior*

Se mete en la **FISURA ORBITARIA** donde se divide en dos ramas para inervar su musculatura correspondiente.

2. Núcleo del IV par

Se corresponde al **nervio troclear** o **patético** y se localiza en la parte baja del mesencéfalo. Sus fibras dan la vuelta al tronco del encéfalo y se introducen en la **FISURA ORBITARIA**.

Sus fibras se encargan de inervar el **músculo oblicuo superior** que lleva el ojo hacia abajo y hacia fuera.

3. Núcleo del VII par

Se corresponde al **nervio abducens** que inerva el ***musculo recto lateral de la órbita***.

Sus fibras salen lateralmente del tronco del encéfalo entre protuberancia y bulbo y el nervio facial forma su rodilla interna en torno a este núcleo.

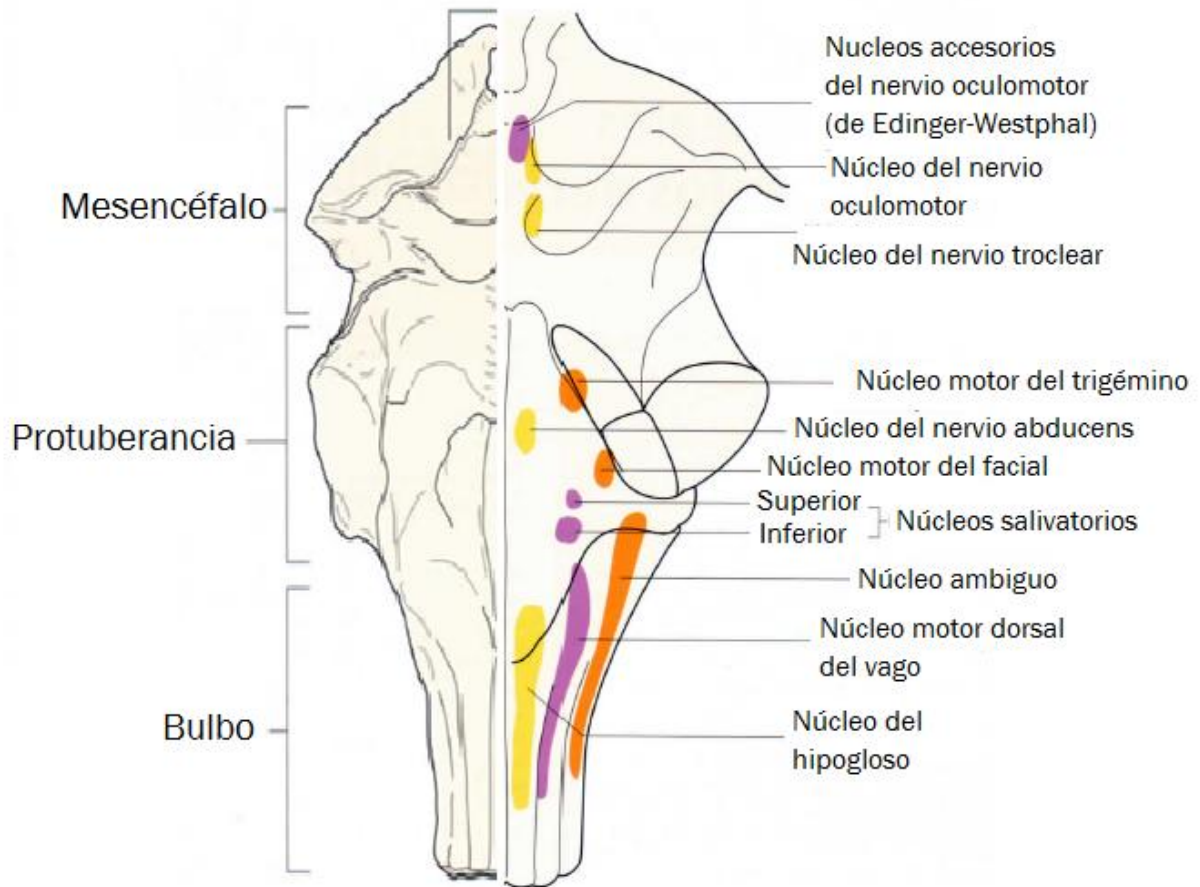
4. Núcleo del XII par

Corresponde al **nervio hipogloso** y se encarga de inervar musculatura relacionada con los somitas occipitales.

Este nervio sale por el **AGUJERO HIPOGLOSO (PRECONDÍLEO)** y se encarga de inervar la ***musculatura lingual***.

Este nervio lleva la lengua en dirección contraria a la estimulación nerviosa, por lo que si se lesiona el nervio derecho, la lengua se desplazaría a la derecha.

Visión general de los núcleos eferentes



Visión general de núcleos del tronco del encéfalo

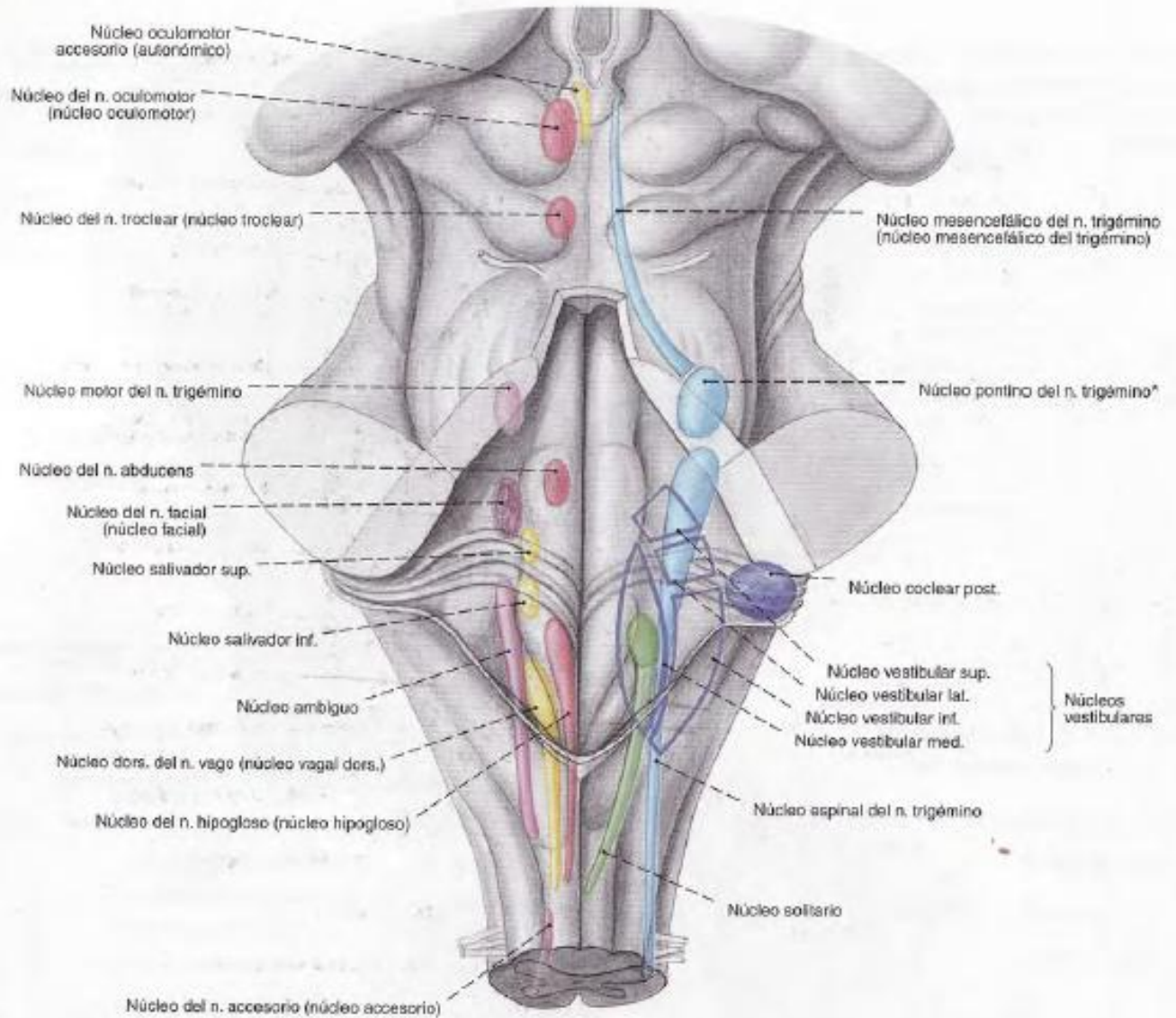


Fig. 515 Visión posterior de los nervios craneales y de su disposición en el espacio. A la izquierda se muestran los núcleos

de origen y a la derecha los núcleos de terminación.

* Epónimo clínico: núcleo sensitivo principal del nervio trigémino.

- Núcleos eferentes somáticos generales (ESG)
- Núcleos eferentes viscerales generales (EVG)
- Núcleos eferentes viscerales especiales (EVE)

- Núcleos aferentes viscerales generales y especiales (A/AVE)
- Núcleos aferentes somáticos generales (ASG)
- Núcleos aferentes somáticos especiales (ASE)

Tema 6. Núcleos sensitivos del tronco del encéfalo

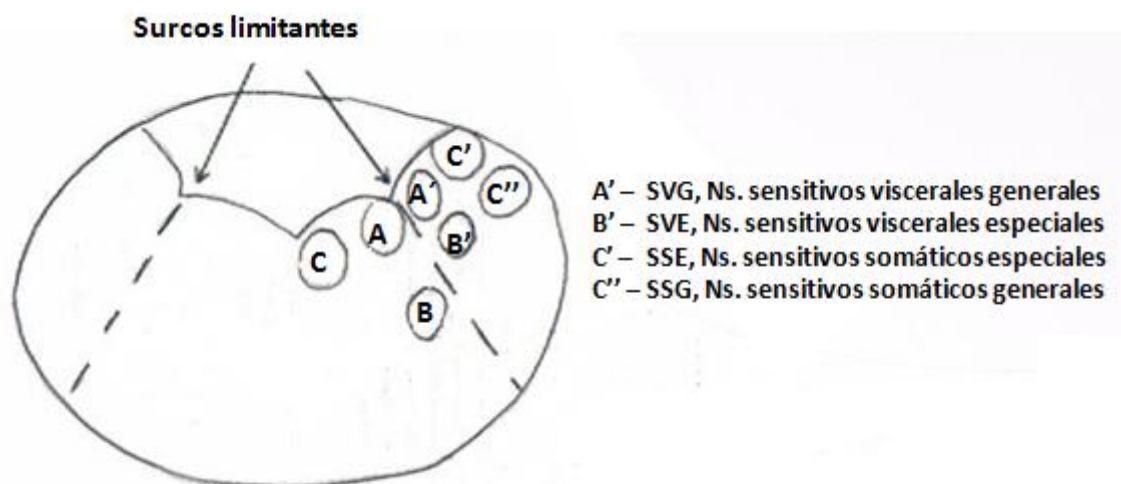
Introducción

Los núcleos sensitivos del tronco del encéfalo derivan de la **placa alar** y por lo tanto se sitúan posteriores a los surcos limitantes.

Existen núcleos que captan sensibilidad de varios tipos:

- **Sensibilidad somática general**
 - **Nervio trigémino** (*V par*)
- **Sensibilidad visceral especial**
 - **Nervio facial** (*VII par*)
- **Sensibilidad visceral especial y general**
 - **Nervio glossofaríngeo** (*IX par*)
 - **Nervio vago** (*X par*)

También existe un núcleo del **nervio vestibulococlear** (*VIII par*), que estudiaremos en la unidad 8.



1. Núcleo medial del tracto solitario

Recoge **sensibilidad visceral general**.

El núcleo medial del tracto solitario o **NÚCLEO SENSITIVO DORSAL DEL VAGO**, corresponde al **nervio vago (X par)** y al **nervio glossofaríngeo (IX par)**. Hace como una horquilla y recibe sensibilidad tanto consciente como inconsciente, es decir, **sensibilidad especial y general**.

Cada uno de los pares contiene un ganglio correspondiente:

- **GANGLIO PETROSO**. **Nervio glossofaríngeo (IX par)**.
- **GANGLIO NODOSO**. **Nervio vago (X par)**

El **nervio vago** recoge sensibilidad de las vísceras mediante el ganglio nodoso (dilatación y pH visceral) pero además recoge otra información inconsciente que viene del **SENO AÓRTICO** (tensión arterial y pH sanguíneo).

El **nervio glossofaríngeo** se encuentra en la parte alta del núcleo solitario y recibe sensibilidad visceral general de tensión arterial, pH y CO₂ en sangre vehiculizado por el ganglio petroso y sus receptores en el **CUERPO CAROTÍDEO**.

Las aferencias de estos pares craneales penetran al cráneo por el **AGUJERO YUGULAR** para sinaptar con el núcleo medial del tracto solitario.

2. Núcleo lateral del tracto solitario

Recoge **sensibilidad visceral especial**.

Corresponde al **nervio facial (VII par)**, al **nervio glossofaríngeo (IX par)** y al **nervio vago (X par)**. Recoge sensibilidad visceral especial que es consciente.

- **Nervio vago**. Su ganglio es el **ganglio nodoso** y recoge sensibilidad laríngea y epiglótica. Interviene en el reflejo de la tos.
- **Nervio glossofaríngeo**. Su ganglio es el **ganglio petroso** y recoge sensibilidad de la faringe y velo del paladar. Interviene en el reflejo del vómito y recibe sensibilidad gustativa.
- **Nervio facial**. Procede de los **2/3 anteriores de la lengua** donde acompaña al nervio cuerda del tímpano. Su ganglio es el **GANGLIO GENICULADO** que se encuentra en el peñasco.

Su lesión produce pérdida del sentido del gusto, y por ello una lesión en el tímpano (lesión en el nervio cuerda del tímpano) produce pérdida gustativa.

Toda la parte alta de este núcleo corresponde a los pares IX y VII y es lo que se denomina propiamente como **NÚCLEO GUSTATIVO**.

Núcleos sensitivos somáticos generales

Corresponden exclusivamente al **nervio trigémino (V par)**. El ganglio de este nervio es el **GANGLIO DE GASSER** o **DE GASSEREO** o **DEL TRIGÉMINO**.

Junto con el trigémino entran fibras tipo Ia cuyas neuronas ganglionares se encuentran embebidas en el mismo SNC desde protuberancia a mesencéfalo. Estas neuronas forman un reguero de células que se denomina **NUCLEO MESENCEFÁLICO DEL TRIGÉMINO** que tiene conexión con el núcleo masticador.

1. Núcleo principal del trigémino

Equivale a las **láminas medulares I-VI**.

Recibe **sensibilidad táctil fina** y **propioceptiva consciente** (fibras Ib y II) que entran por la rama V₃ del nervio trigémino, a pesar de que conducen sensibilidad tanto en la zona mandibular como en la oftálmica y maxilar.

A estas ramas también les corresponde el **ganglio de Gasser**.

2. Núcleo espinal del trigémino

Se trata de un núcleo muy largo que va de arriba abajo en el tronco del encéfalo, y consta de varias porciones de arriba a abajo:

1. **Porción oral**

2. **Porción interpolar**

3. **Porción caudal**

Recibe fibras que entran por la zona lateral del tronco del encéfalo y son de tipo II, III y IV. Existe una distribución preferente de las fibras de tipo III y IV en las zonas inferiores del núcleo espinal (interpolar y caudal).

Con respecto al trigémino el orden de las fibras es de abajo a arriba con respecto a sus ramas (en densidad de ramas), es decir, las porciones caudal e interpolar tendrán mayor densidad de fibras que la porción oral.

Las fibras que van descendiendo se sitúan laterales para constituir el **TRACTO ESPINAL DEL TRIGÉMINO**. Las zonas inferiores del tracto espinal conducen información dolorosa, por lo que si se lesiona este tracto, en principio se suprime el dolor.

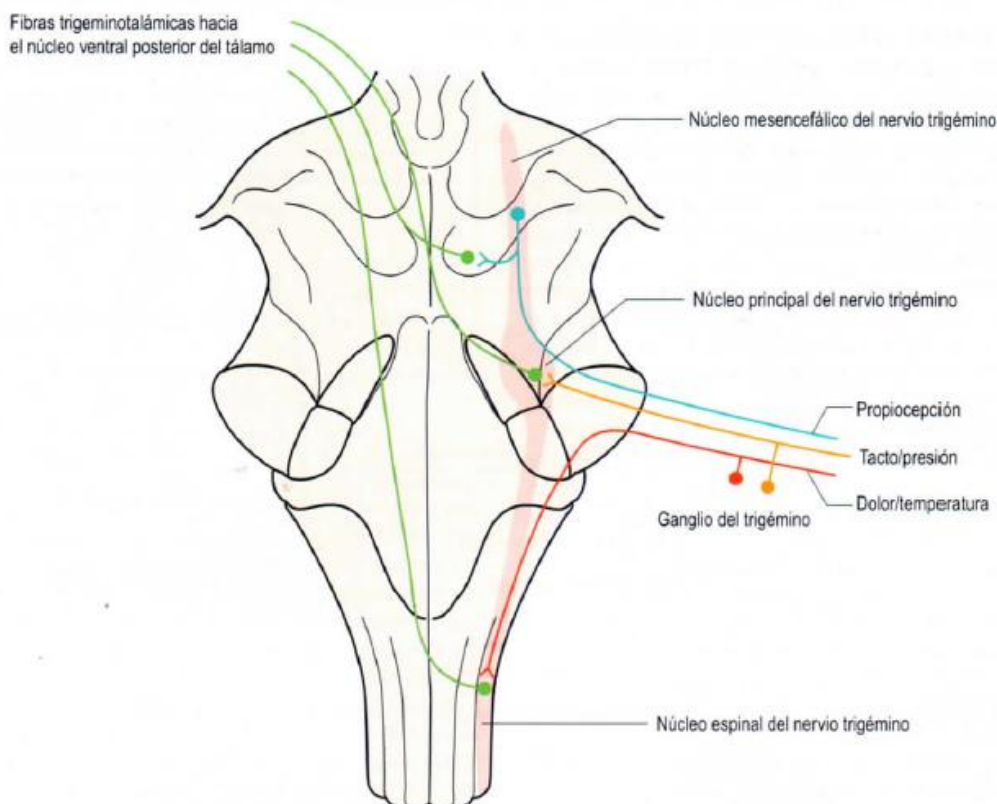
El núcleo espinal del trigémino equivale a la **lámina II** o **sustancia gelatinosa de Rolando** localizada en el asta posterior, lo que explica que en su porción inferior, el núcleo espinal tenga una organización en capas de cebolla.

En la parte más posterior de este núcleo también sinaptan fibras procedentes de los pares **VII, IX y X** que conducen sensibilidad de la **oreja** y el **conducto auditivo externo**.

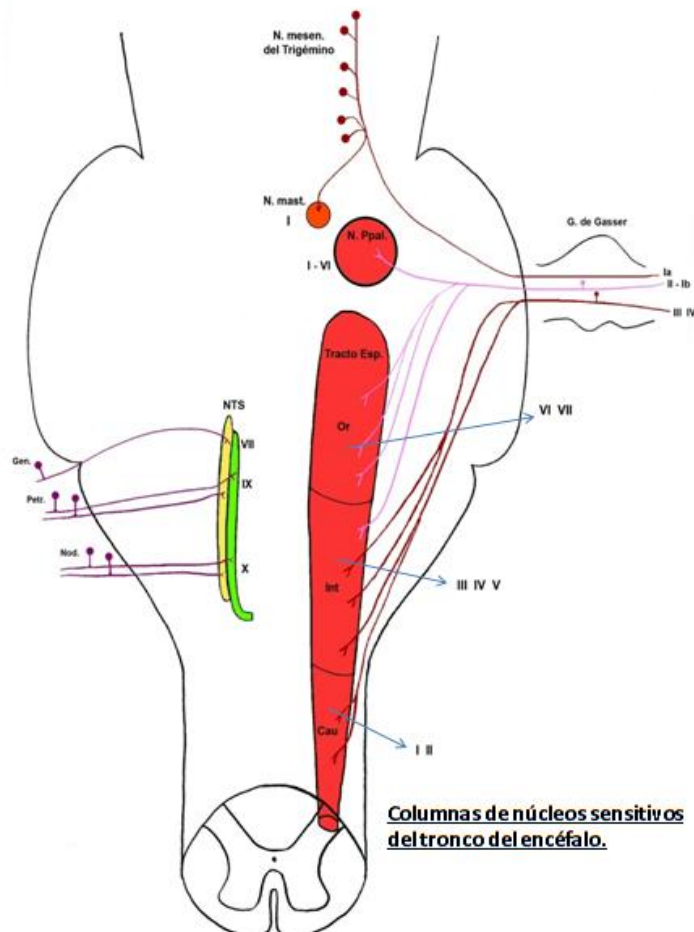
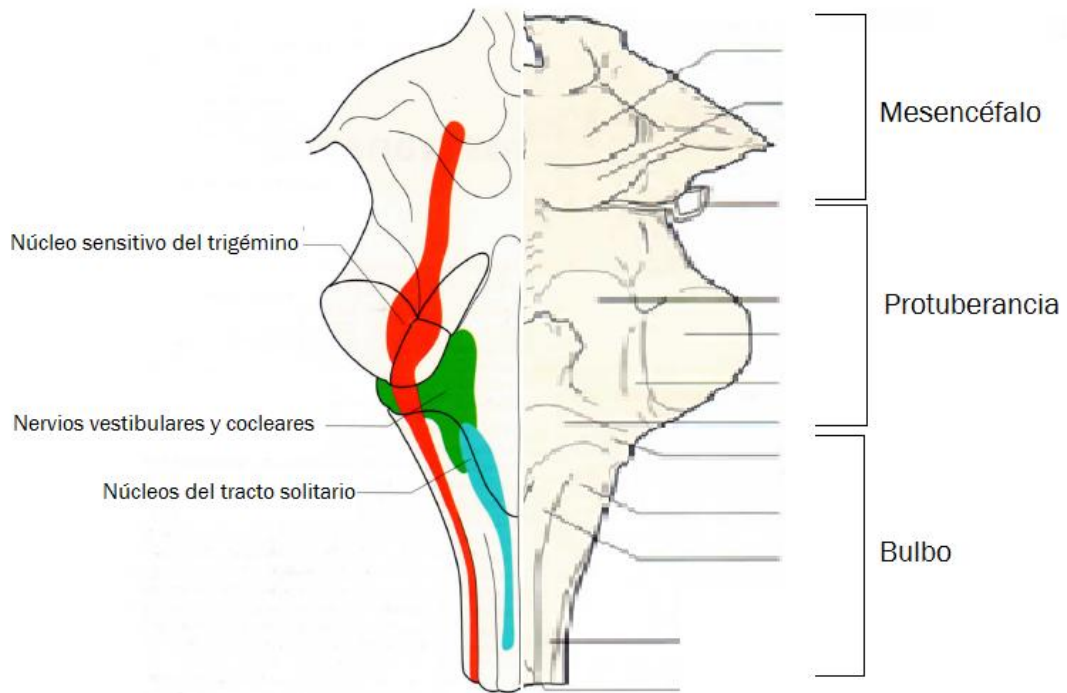
- **Nervio facial (VII par)** → **GANGLIO GENICULADO**
- **IX y X pares** → **Ganglios superiores (NO PETROSO NI NODOSO)**

✚ **NEURALGIA DEL TRIGÉMINO**. Consiste en una sensación extremadamente dolorosa que surge cuando se estimulan las ramas del trigémino.

Las ramificaciones surgen de un orificio bajo el pómulo, por lo que muchos hombres afeitándose pueden estimular este nervio de manera involuntaria, desencadenando un episodio de neuralgia.



Visión general de los núcleos aferentes



Vías ascendentes en el tronco del encéfalo

En esta subunidad vamos a estudiar el recorrido que siguen las vías ascendentes desde la médula espinal una vez éstas se han introducido en el tronco del encéfalo.

Puede considerarse un repaso de lo observado en la **unidad 4**, añadiendo algunos datos nuevos intrínsecos del tronco del encéfalo.

Vías espinocerebelosas

Existen haces que nacen en la médula espinal y en el bulbo y se dirigen al cerebelo. Estos son los **HACES ESPINOCEREBELOSOS**.

- **Haz espinocerebeloso dorsal**. Ascende por el tronco del encéfalo y se introduce al cerebelo mediante el **PEDÚNCULO CEREBELOSO INFERIOR**.
- **Haz espinocerebeloso ventral**. Se encuentra delante del haz espinocerebeloso ventral y se introduce al cerebelo mediante el **PEDÚNCULO CEREBELOSO SUPERIOR**.

Debido a que el haz espinocerebeloso dorsal (ECD) se introduce por el pedúnculo cerebeloso inferior a la altura del bulbo raquídeo, en la **protuberancia** únicamente podremos observar el **haz espinocerebeloso ventral** (ECV).

En el tronco del encéfalo podemos observar el **NÚCLEO CUNEATUS ACCESORIO** que equivale al núcleo de Clarke para niveles superiores a C8.

Sistema anterolateral

El **SISTEMA ANTEROLATERAL (SAL)** llegará hasta arriba abarcando todo el tronco del encéfalo debido a que conduce su información (**tacto grosero, dolor rápido...**) a niveles superiores dentro del encéfalo.

Las fibras que van por la **VÍA PERIEPENDIMARIA** hasta hipotálamo constituyen una vía polisináptica por lo que será una vía lenta. Además hay una vía de dolor lento que camina por las láminas II y VII que asciende y es también polisináptica.

Columnas posteriores

Las columnas posteriores incluían dos grandes fascículos que ocupaban los cordones posteriores de la médula espinal, y que conducían información **táctil fina** y **propioceptiva consciente**:

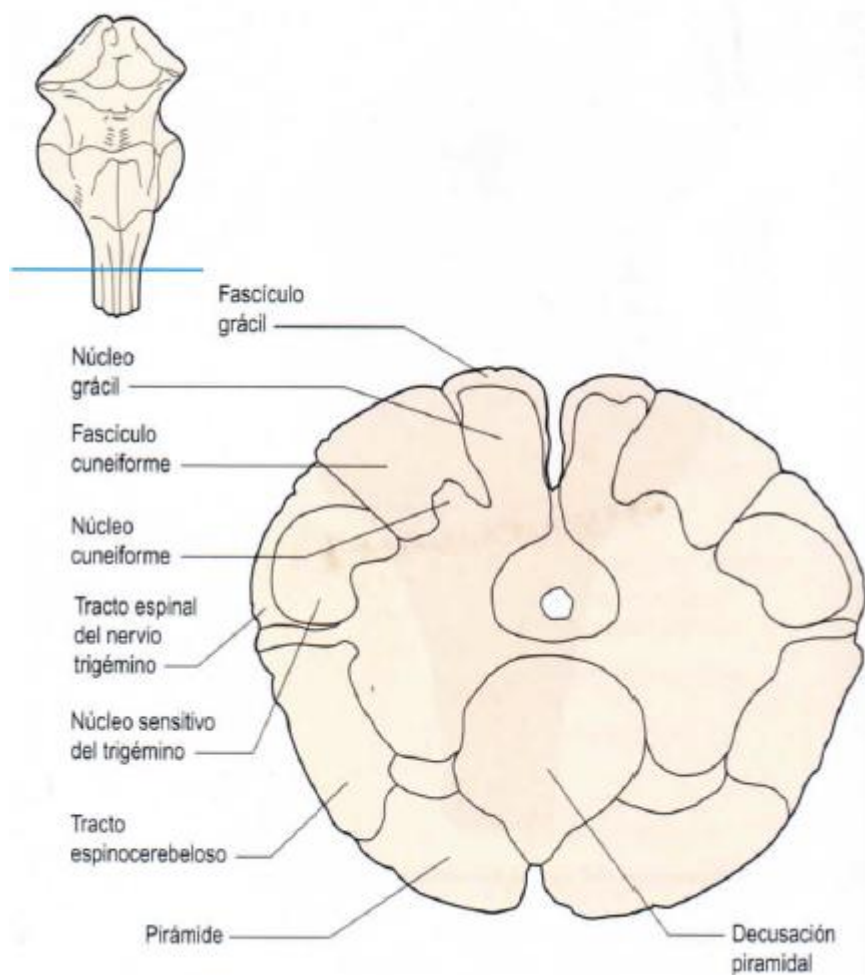
- **Fascículo cuneiforme (de Burdach)** → **NÚCLEO DE BURDACH**
- **Fascículo grácil (de Goll)** → **NÚCLEO DE GOLL**

En el tronco del encéfalo estas columnas posteriores tienen sus núcleos con los cuales sinaptan. El núcleo de Burdach está ligeramente superior que el de Goll. De estos dos núcleos salen fibras que se dirigen al lado opuesto y en el mesencéfalo caminan próximas a las fibras del sistema anterolateral.

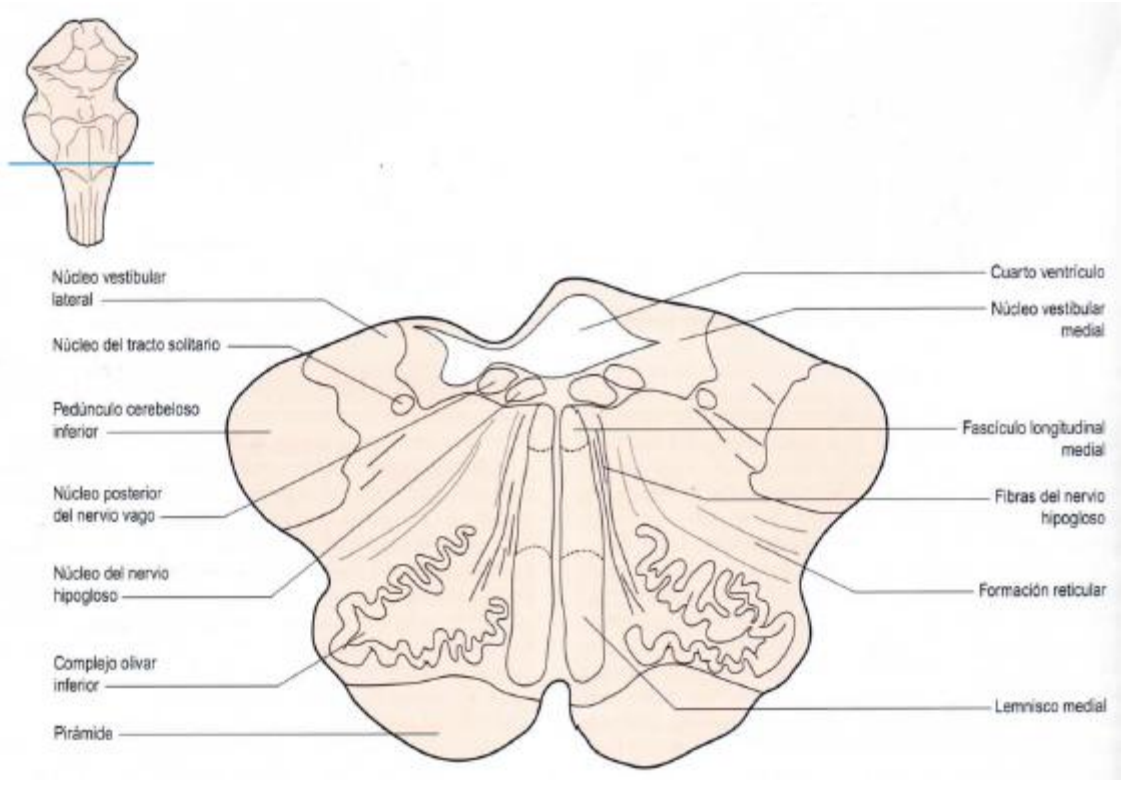
En el mesencéfalo las fibras del haz de Goll se sitúan más externas que las del haz de Burdach que se internalizan. En este momento pasarán a llamarse **LEMNISCO MEDIAL**. Esta estructura se sitúa en el mesencéfalo por **dentro del sistema anterolateral**.

En el lemnisco medial las fibras de Burdach se sitúan por dentro y las de Goll más externas.

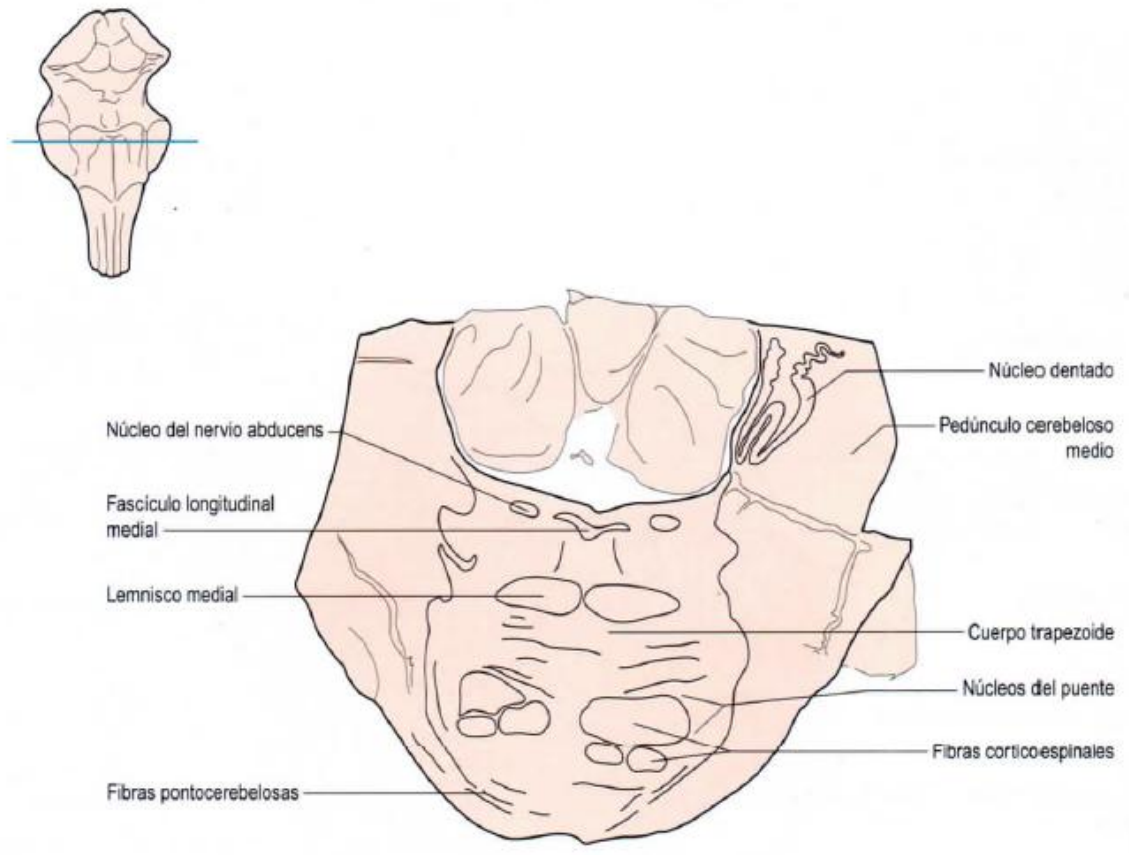
Secciones transversales a distintos niveles



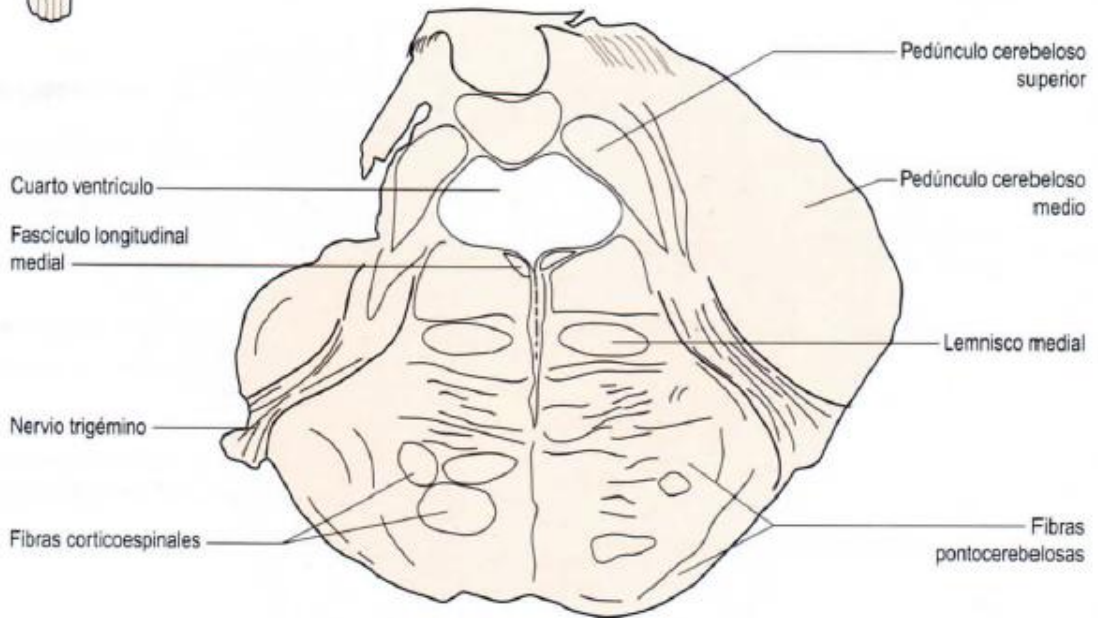
Bulbo raquídeo (porción media)



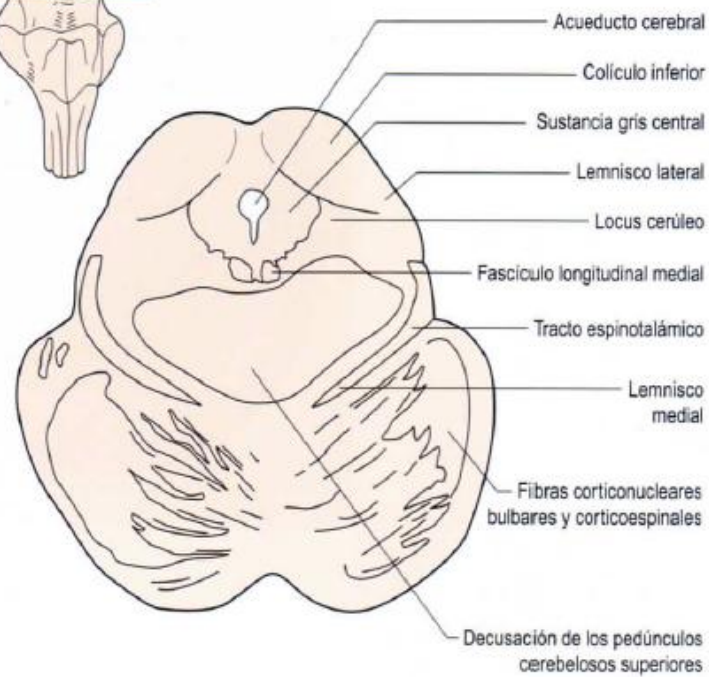
Bulbo raquídeo (porción superior)



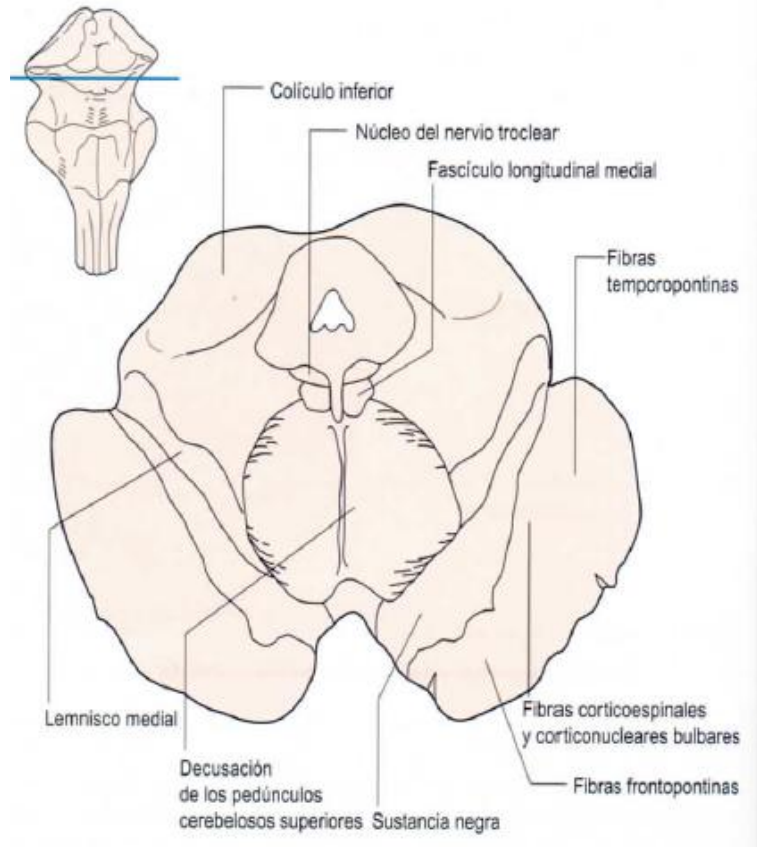
Protuberancia (nivel inferior)



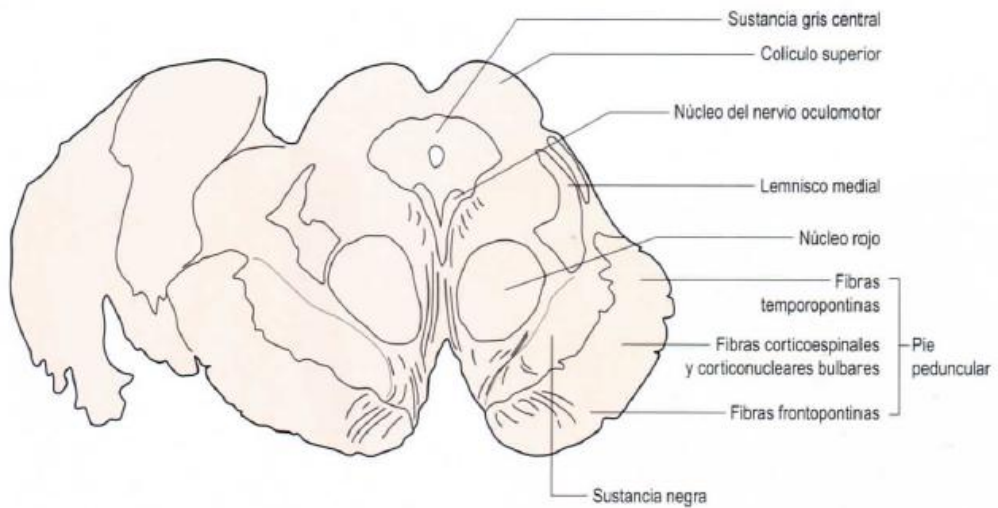
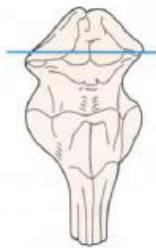
Protuberancia (nivel medio)



Unión pontomesencefálica



Mesencéfalo (porción inferior)



Mesencéfalo (porción superior)

Haces propios del tronco del encéfalo

1. Núcleo medial del tracto solitario

Recibe **sensibilidad visceral general** y sus fibras sinaptan en él. Desde este núcleo salen fibras que caminan por la vía media para incorporarse a la vía periependimaria desde donde van conjuntamente.

2. Haz gustativo ipsilateral

No decusa y se dirige al **mesencéfalo**, situándose medial al lemnisco medial.

3. Núcleo espinal

Se trata de un núcleo que recibe numerosos estímulos. Sus fibras **decusan de forma oblicua** (es decir, no decusa de forma horizontal, sino de forma progresiva, ocupando la diagonal 2-3 metámeras).

Estas fibras constituyen el **HAZ TRIGEMINOTALÁMICO VENTRAL (TTV)**, al que se incorporan fibras del núcleo principal del trigémino.

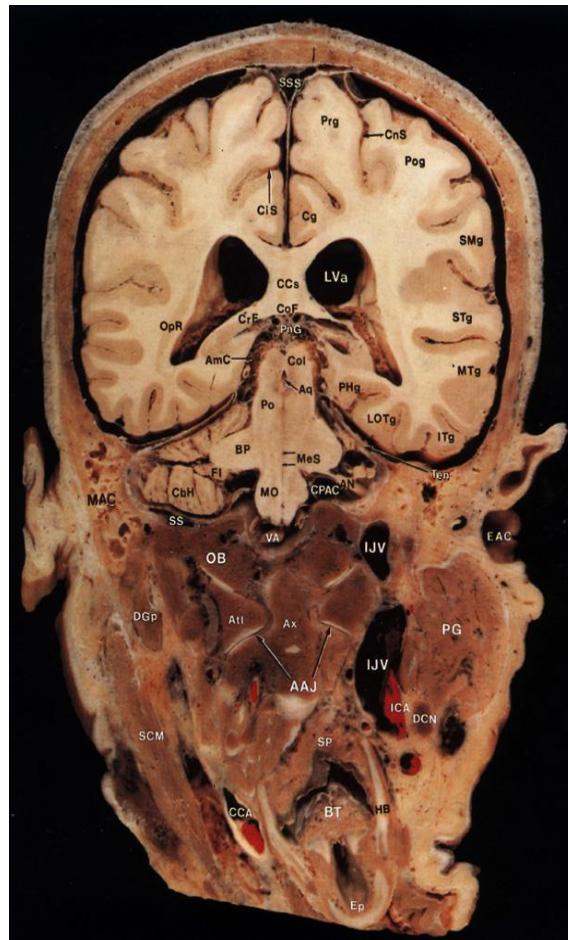
El **HAZ TRIGEMINOTALÁMICO DORSAL (TTD)** procede únicamente de la parte posterior del núcleo principal del trigémino.

Naturaleza de las fibras

Las fibras de los núcleos sensitivos salen del tronco del encéfalo a través de las siguientes estructuras:

- Las **fibras del IV par** salen del MESENCÉFALO y son **motoras somáticas generales**.
- Las **fibras del V par** salen y entran por la parte lateral de la protuberancia. Es un nervio **motor visceral especial** y **sensitivo somático general**.
- Las **fibras del VII par** pertenecen al **nervio facial**.
- Las fibras del **nervio vestibulococlear** (VIII par) son **auditivas y vestibulares**.
- Las **fibras del VI par** son **motoras somáticas generales**.
- Las **fibras de los pares IX y X** salen por el **SURCO RETROOLIVAR**.
- Las **fibras del XII par** salen por el **SURCO PREOLIVAR**.

Visiones reales del tronco del encéfalo



Visión general de los núcleos del tronco del encéfalo

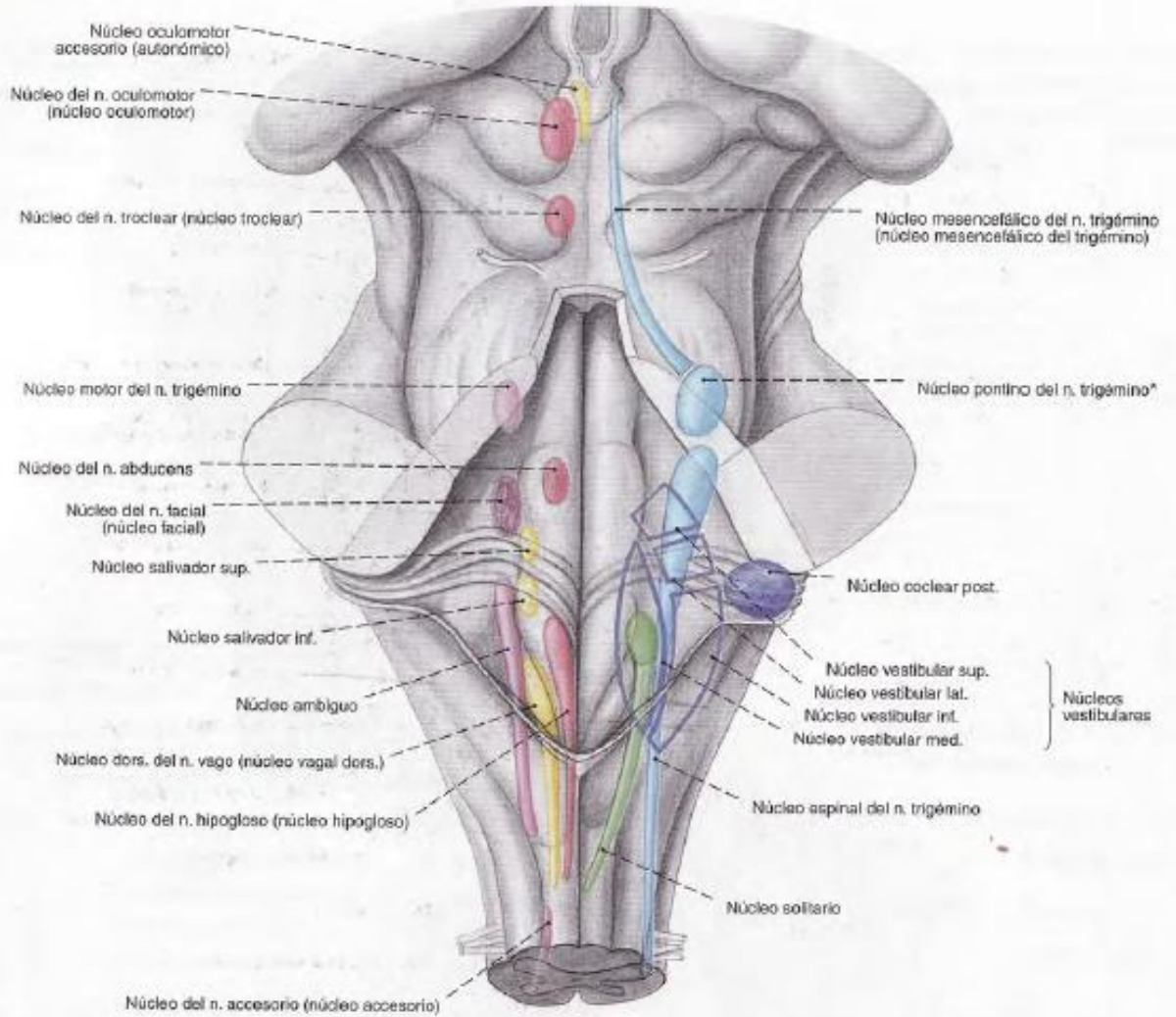


Fig. 515 Visión posterior de los nervios craneales y de su disposición en el espacio. A la izquierda se muestran los núcleos

de origen y a la derecha los núcleos de terminación.

* Epónimo clínico: núcleo sensitivo principal del nervio trigémino.

	Núcleos eferentes somáticos generales (ESG)
	Núcleos eferentes viscerales generales (EVG)
	Núcleos eferentes viscerales especiales (EVE)

	Núcleos aferentes viscerales generales y especiales (A/AVE)
	Núcleos aferentes somáticos generales (ASG)
	Núcleos aferentes somáticos especiales (ASE)

Esta imagen es la misma que la del tema anterior para ilustrar el conjunto de núcleos del tronco del encéfalo.

Tema 7. Vías descendentes del tronco del encéfalo. Formación reticular

Continuando con los fascículos ascendentes que abordábamos en el tema anterior, en el tronco del encéfalo lógicamente también podremos encontrar **vías que descienden** desde niveles encefálicos superiores hasta la médula espinal o directamente el tronco del encéfalo.

En muchas ocasiones en el tronco del encéfalo encontramos la **segunda neurona** de estas vías descendentes, aunque muchas de ellas suelen encontrarse en la **médula**, como las motoneuronas α encargadas de inervar estructuras musculares somáticas.

Vía piramidal

Mientras que la vía piramidal en la médula se llama vía corticoespinal, en el tronco del encéfalo recibe el nombre de **VÍA CORTICOBULBAR** ó **CORTICONUCLEAR**.

La vía piramidal procede de la corteza y tras cruzar varias estructuras superiores llega al tronco del encéfalo.

A nivel del bulbo las fibras de la vía piramidal pueden o no decusarse en las **PIRÁMIDES**:

- **Haz corticoespinal lateral (CEL)**. Está formado por las fibras que se **decusan** en las pirámides (80%).
 - Abarca **toda la médula** espinal
 - Discurre por los **cordones laterales**
 - Inerva **todas las láminas medulares**, a **excepción de la I y II**.
- **Haz corticoespinal anterior (CEA)**. Corresponde a las fibras que **no decusan** en las pirámides (20%) aunque al final de su trayecto sí que suelen decusarse en la propia médula.
 - **Termina a nivel torácico (T2)**
 - Discurre por los **cordones anteriores**
 - Inerva de forma bilateral la **lámina IX** además de dar fibras a la **VII**

Relación con núcleos motores

La vía piramidal cuando discurre por el tronco en forma de vía corticobulbar aporta fibras a numerosos núcleos motores:

1. Núcleos motores somáticos

La vía piramidal aportará fibras a los siguientes núcleos de este tipo:

- **Núcleos motores oculares**
 - **Núcleo del oculomotor** (*III par*), localizado en el mesencéfalo.
 - **Núcleo del troclear** (*IV par*), localizado en el mesencéfalo.
 - **Núcleo del abducens** (*VI par*), localizado en la protuberancia.

Todos estos núcleos se encargan de inervar **estructuras oculomotoras voluntarias**, es decir, musculatura extrínseca ocular derivada de somitas.

Existen neuronas que sinaptan con la **FORMACIÓN RETICULAR**, lo que da lugar a la **sinergia ocular**, lo que da lugar a que los ojos se **muevan de manera sincrónica** de forma **involuntaria**: no es preciso mandar una orden voluntaria de que ambos ojos se muevan de forma acompasada, sino que esto es procesado en núcleos de la FR.

La vía de un lado causa que los ojos se muevan al **lado opuesto al de la estimulación** nerviosa.

La vía corticobulbar aporta fibras además al siguiente núcleo, diferente a los anteriores en cuanto a objetivo:

- **Núcleo del hipogloso** (*XII par*)

Se trata de un núcleo encargado de inervar **musculatura somática de la lengua**. El nervio hipogloso sale por el agujero precondíleo o hipogloso.

La vía piramidal inerva de forma **casi exclusivamente contralateral** al núcleo del hipogloso, aunque también de forma bilateral.

Recordemos de la unidad 5 que la estimulación nerviosa del hipogloso causaba que la lengua se desviara hacia el lado contrario a la estimulación (si el hipogloso derecho estimula, la lengua ira hacia la izquierda). De esto se infieren dos hechos importantes:

- Si se **lesiona el hipogloso** de un lado (izquierdo por ejemplo) la lengua se desviará hacia el **mismo lado** (izquierda), pues únicamente actuará el hipogloso contralateral.

- Si se **lesiona la vía piramidal** de un lado (izquierda) al inervar al núcleo hipogloso de forma contralateral, la lengua se **desviará al lado opuesto** (derecha)

Esto nos permitirá **discriminar donde se encuentra la lesión** según signos externos (movimiento lingual).

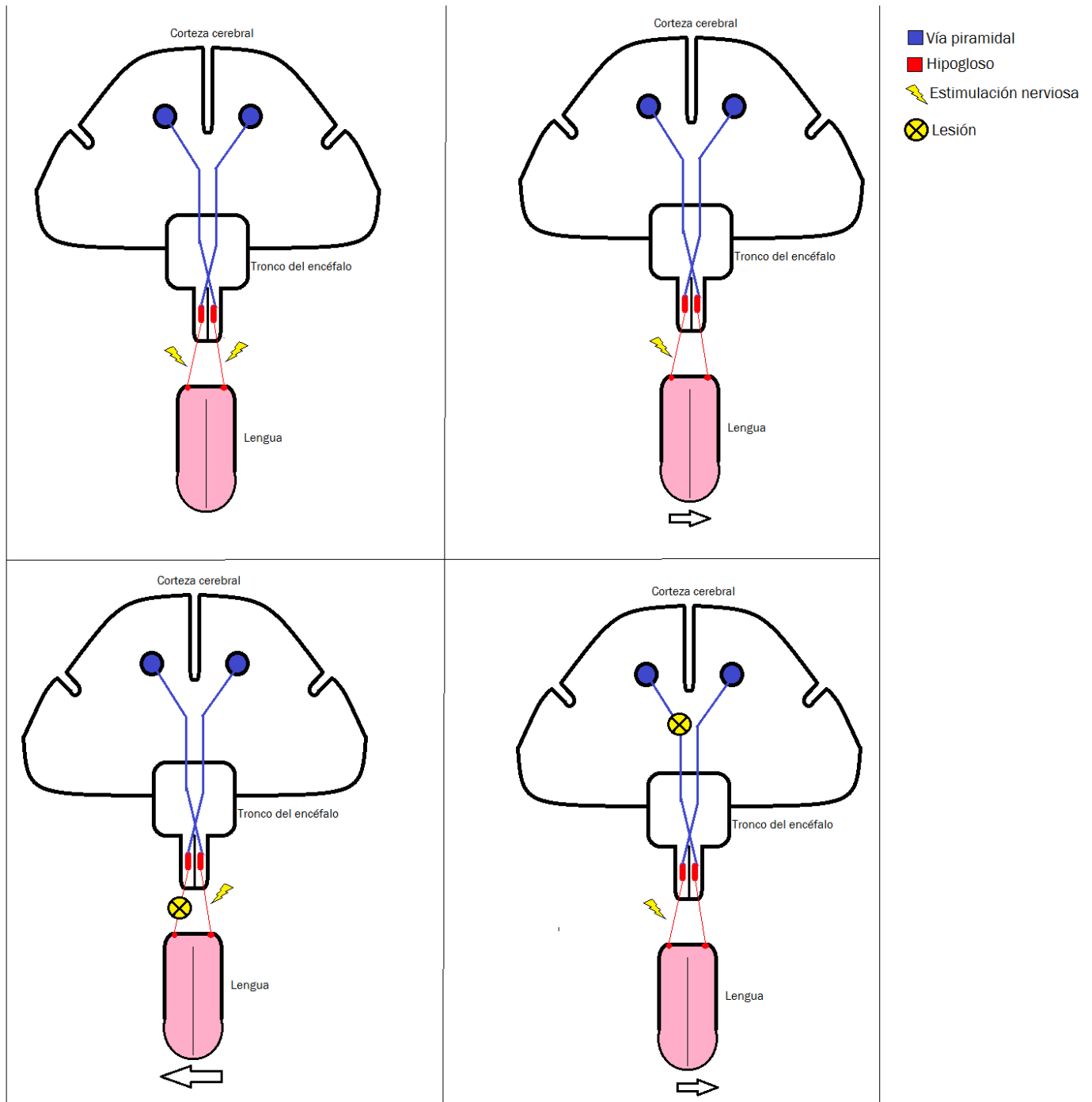


Imagen explicativa. Al lesionarse el hipogloso la lengua se desplaza hacia el lado de la lesión mientras que si se lesiona la vía piramidal, la lengua se desplaza al lado contralateral a la lesión.

- 1) Actuación normal, la lengua es estable.
- 2) Estimulación del hipogloso izdo. la lengua se mueve a la dcha.
- 3) Lesión en el hipogloso izdo. la lengua se moviliza a la izda.
- 4) Lesión de la vía piramidal izda. la lengua se moviliza a la dcha.

2. Núcleos motores viscerales especiales

La vía piramidal aportará fibras a los siguientes núcleos:

- **Núcleo masticador del trigémino (V par)**, con fibras **bilaterales** de predominio **contralateral**
- **Núcleo del facial (VII par)**, con 2 porciones:
 - **Facial superior**. Inervación **bilateral**, por lo que una lesión en esta porción apenas afectaría a la musculatura facial
 - **Facial inferior**. Inervación con predominio **contralateral**, por lo que una lesión en esta porción se notaría en el lado contrario.
- **Núcleo ambiguo**. Cierta **predominio contralateral**, aunque no tanto como el XII par.

Este núcleo para los músculos de la úvula y el paladar es contralateral, por lo que una parálisis central conllevaría que la úvula se desplazara al lado contrario.

La **vía piramidal** a su paso por la **protuberancia** se “**deshilacha**” (desorganiza) debido a que entre medias existen núcleos en la protuberancia que no reciben fibras de la vía piramidal, lo que origina que ésta tenga que “esquivarlos”.

El **NÚCLEO ESPINAL** del nervio accesorio está inervado de forma únicamente **homolateral**.

La **vía piramidal** se sitúa en el **pie peduncular** del mesencéfalo en **organización somatotópica**. Esta organización somatotópica viene dada ya desde la corteza cerebral y determina que unas fibras inerven brazo, otras pierna, etc...

Por el mesencéfalo encontramos fibras que van de medial a lateral:

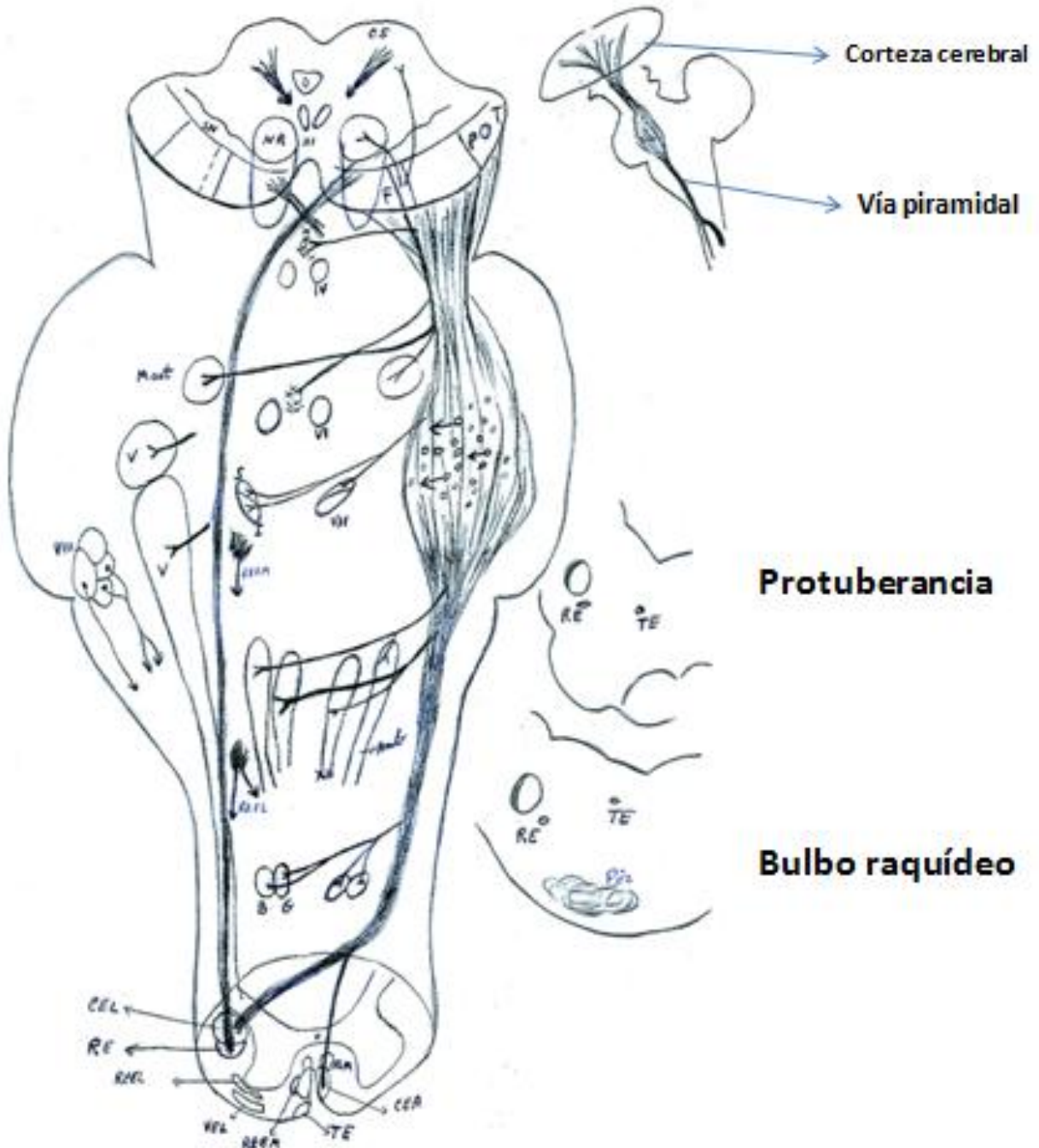
- Rostro
- Miembro superior
- Tronco
- Miembro inferior

Cuando estas fibras bajan a las **pirámides bulbares** la **organización revierte** a anterior-posterior a excepción de las correspondientes al rostro que se siguen manteniendo tal cual.

El **haz corticoespinal lateral** envía conexiones hacia **láminas del asta posterior de tipo sensitivo**, ya que es preciso concordar la información sensitiva de acuerdo con el movimiento.

La **vía corticobulbar** envía conexiones al **núcleo principal del trigémino** y al **núcleo espinal**.

Envía también eferencias a los **núcleos de Goll y Burdach**, a pesar de ser núcleos sensitivos. Esta inervación es predominantemente **contralateral**.



Vías no piramidales

De forma global **modulan la actuación de la vía piramidal**, de ellas no depende el impulso motor voluntario pero ayudan a la vía piramidal a ejecutarlo.

1. Haz rubroespinal

Es **cruzado** y procede del **NÚCLEO ROJO (NR)** del mesencéfalo, un núcleo con forma de puro.

La **parte inferior** del núcleo rojo da lugar a **fibras que se cruzan** con las del otro lado, las cuales llegan a la medula espinal donde discurren por **delante del haz corticoespinal lateral** (vía piramidal).

El haz rubroespinal se encuentra cercano a la parte posterior y lateral del asta anterior, de lo cual deducimos que puede realizar **movimientos flexores de las extremidades distales**.

En animales con bajo grado de encefalización, este haz puede sustituir al haz corticoespinal lateral.

2. Haz tectoespinal

Es **cruzado** y nace de los **COLÍCULOS**, que son dos formaciones posteriores al mesencéfalo. Hay dos colículos superiores y dos inferiores.

El haz tectoespinal se cruza con el del otro lado y desciende por tronco **delante de la vía piramidal**. Dentro de la médula también se sitúa por delante de la vía piramidal (haz corticoespinal anterior).

Participa en el **reflejo de aprestamiento** (reacción de girar la cabeza ante estímulos sonoros o luminosos fuertes) y termina en la intumescencia cervical.

3. Haces vestibuloespinales

Existen dos tipos de haces vestibuloespinales por hemimedula:

- **Haz vestibuloespinal lateral**. Es **directo** y abarca **toda la medula**, situándose en el **cordón anterolateral**.

Tiene que ver con la **musculatura extensora antigravitatoria**

- **Haz vestibuloespinal medial**. Es **directo y cruzado**.

Se sitúa **detrás del haz corticoespinal anterior** (vía piramidal) en el cordón anterior. También se conoce como **FASCICULO LONGITUDINAL MEDIAL (FLM)**.

4. Haces reticuloespinales

Al igual que en el caso anterior, existen dos tipos de haces reticuloespinales por hemimedula:

- **Haz reticuloespinal lateral.** Es **bilateral**, aunque la mayor parte de sus fibras son **directas**.

Nace en el bulbo e **inhibe el tono extensor**.

- **Haz reticuloespinal medial.** Es **directo**.

Nace en protuberancia y **estimula el tono extensor**.

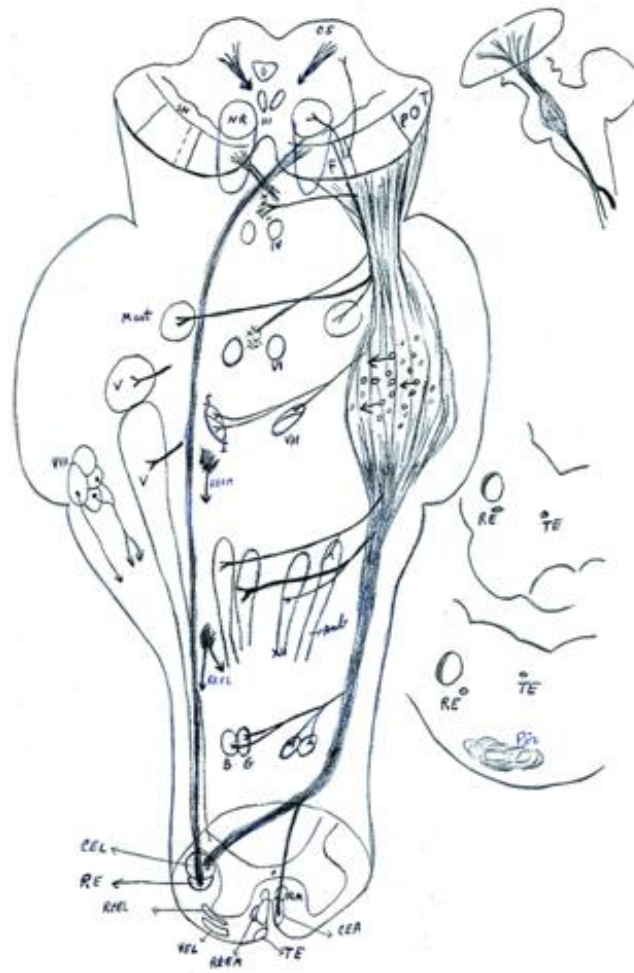
Ambos haces discurren por el **cordón anterior de la médula**.

5. Vía corticopónica

Además de éstos, existen otros sistemas reguladores del movimiento extrapiramidales

- **Vía corticopónica.** Procede de la **corteza cerebral**
 - **Frontopónica**
 - **Parietooccipitotemporopónica**

Es un sistema **regulador del movimiento**



Formación reticular

Consiste en un grupo de neuronas dispersas dentro del tronco del encéfalo. Podríamos afirmar que son equivalentes a la **lámina VIII medular**. Es muy importante para los **reflejos troncoencefálicos**.

La formación reticular consta de **núcleos poco delimitados**, e interviene en funciones de gran importancia, entre ellas **funciones vitales**.

Hay dos zonas de la formación reticular:

1. Formación reticular medial o blanca

Contiene **grandes neuronas** y es medial al nervio hipogloso que sale por el surco preolivar. Tiene gran cantidad de fibras en su espesor.

Tiene una agrupación neuronal a nivel del mesencéfalo:

- **Núcleo cuneiforme**, en la protuberancia reticular
- **Núcleos pontinos**
 - **Núcleo pontino oral**
 - **Núcleo pontino caudal**
- **Núcleo bulborreticular gigantocelular**
- **Núcleo caudal (central) del bulbo raquídeo**

2. Formación reticular lateral o gris

Contiene **neuronas pequeñas**, pero a pesar de eso recibe **numerosas conexiones**. Solo se encuentra en **protuberancia y bulbo**, pero no en mesencéfalo.

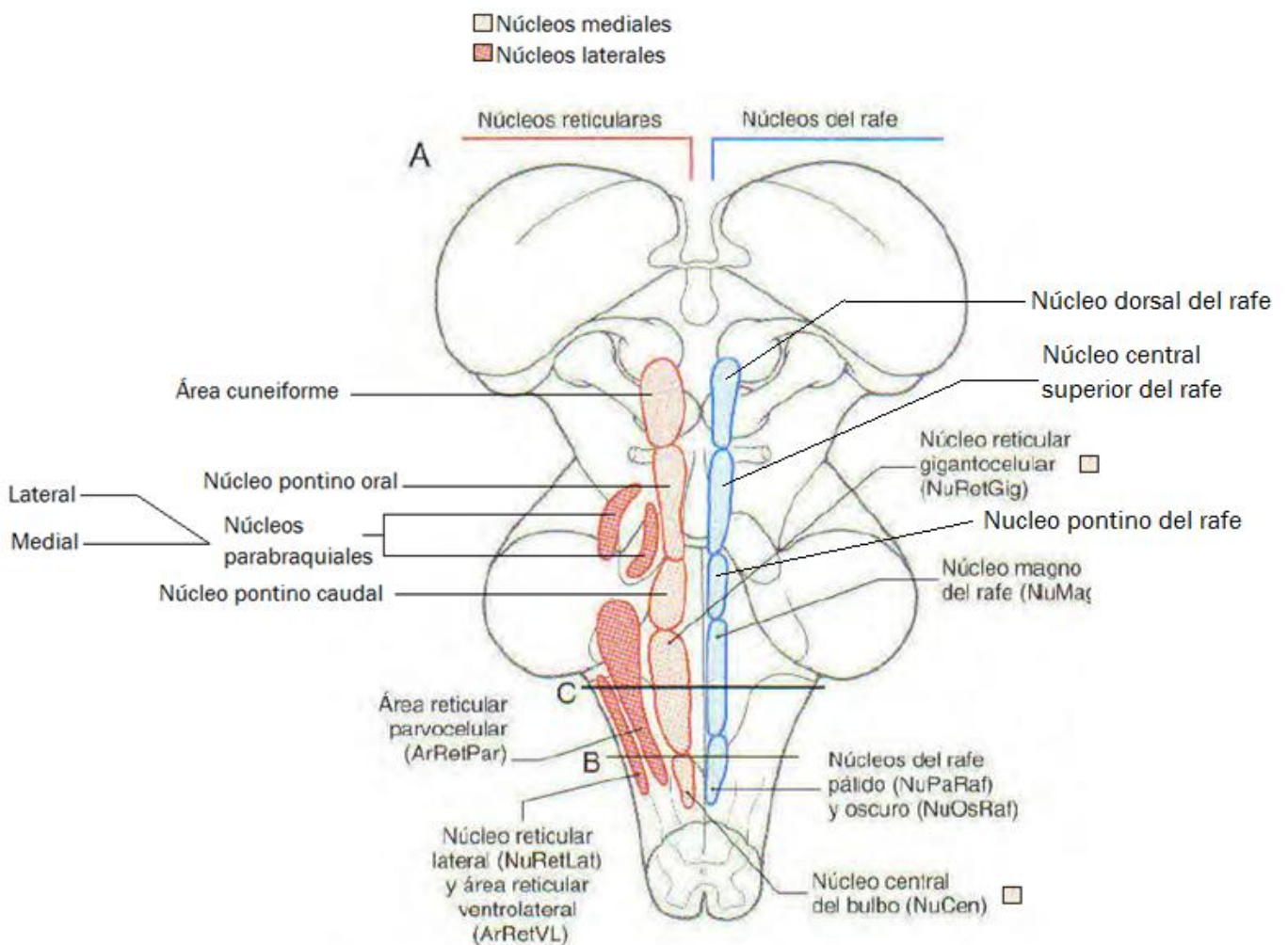
Encontramos algunos núcleos en la formación reticular lateral:

- **Núcleo parvocelular**
- **Núcleo lateral**
- **Núcleos parabraquiales**
 - **Núcleo lateral**
 - **Núcleo medial**

Núcleos del rafe

Los núcleos del rafe constituyen las **columnas mediales del tronco del encéfalo**. Constituyen los siguientes núcleos

- **Núcleo dorsal del rafe**
- **Núcleo central superior del rafe**
- **Núcleo pontino**, conecta con el **cerebelo**
- **Núcleos bajos**, contactan con la **médula**
 - **Núcleo magno**
 - **Núcleos pálido y oscuro**



Tema 8. Formación reticular (II). Sistema vestibular

Formación reticular

Introducción

En los años 30 del pasado siglo se realizaron numerosos experimentos para determinar las posibles funciones de la formación reticular (FR). Son especialmente famosos los experimentos de Bremer sobre sueño y vigilia, que realizaron las siguientes observaciones:

- Sección entre bulbo raquídeo y médula, causa alteraciones entre los ritmos de sueño y vigilia.
- Sección del mesencéfalo, que provoca el sueño.
- Sección mediopontina (por delante del trigémino), que causa aumento de la vigilia.
- Sección rostrópontina, en la que el sueño está aumentado.

Si se suprimen estímulos ópticos u olfativos el patrón sigue siendo el mismo. Se observa que cuando se destruyen zonas orales (altas) se produce pérdida de conciencia. Si se destruyen zonas corticales esta pérdida de conciencia no tiene por qué darse.

Características

Las fibras que van por el centro son **FIBRAS RETICULOESPINALES** (unidad 4). Descienden de neuronas grandes y mediales desde la formación reticular a la médula espinal.

En el centro del tronco del encéfalo se localizarán los **NÚCLEOS DEL RAPE**.

*Las consideraciones sobre medial y lateral se realizan con respecto a las fibras del XII par ó nervio hipogloso.

Las formaciones reticulares clásicas son dos, que ya estudiamos en la unidad anterior:

- **Formación reticular medial (blanca)**, que contiene numerosos núcleos neuronales grandes dispuestos en paralelo. Sus axones son tanto descendentes como ascendentes.
- **Formación reticular lateral (gris)**, que contiene neuronas pequeñas y se sitúa en parte de la protuberancia y en bulbo. Equivale a las **láminas VII y VIII** de la médula espinal.

Además también tenemos los **NÚCLEOS DEL RAPE**, que envían conexiones hacia niveles superiores y hacia médula. Los núcleos mediales además envían fibras nerviosas al cerebelo.

El neurotransmisor de los núcleos del rafe es la **serotonina (5-HT)**

Además existen otras muchas estructuras, que también se consideran pertenecientes a la formación reticular, aunque sus funciones son otras. Estas estructuras son:

- **SUSTANCIA NEGRA**
- **COLÍCULOS**, los cuales tienen relación con **estímulos tanto visuales como auditivos**. Recordemos que de los colículos surgía el **HAZ TECTOESPINAL**, que participaba en el reflejo de **aprestamiento**.
- **OLIVA INFERIOR**
- **LOCUS COERULEUS**, se encuentra en la **protuberancia** y tiene influencia sobre la médula y el prosencéfalo. Su neurotransmisor es la **noradrenalina**.
- **NÚCLEOS TEGMENTALES**
 - **Núcleo tegmental laterodorsal**
 - **Núcleo tegmentopedunculopontino**
- **NÚCLEO ROJO**, recordemos que del núcleo rojo surgía el **HAZ RUBROESPINAL**, que participaba en el **tono de los músculos flexores** de las extremidades, ayudando a la vía piramidal.

Existen conexiones aferentes desde todas las vías ascendentes a excepción del sistema del lemnisco medial.

Además hay **sinapsis con todas las fibras descendentes** como la vía piramidal.

Hay eferencias desde la **formación reticular medial** que caminan por el **HAZ CENTROTEGMENTAL**.

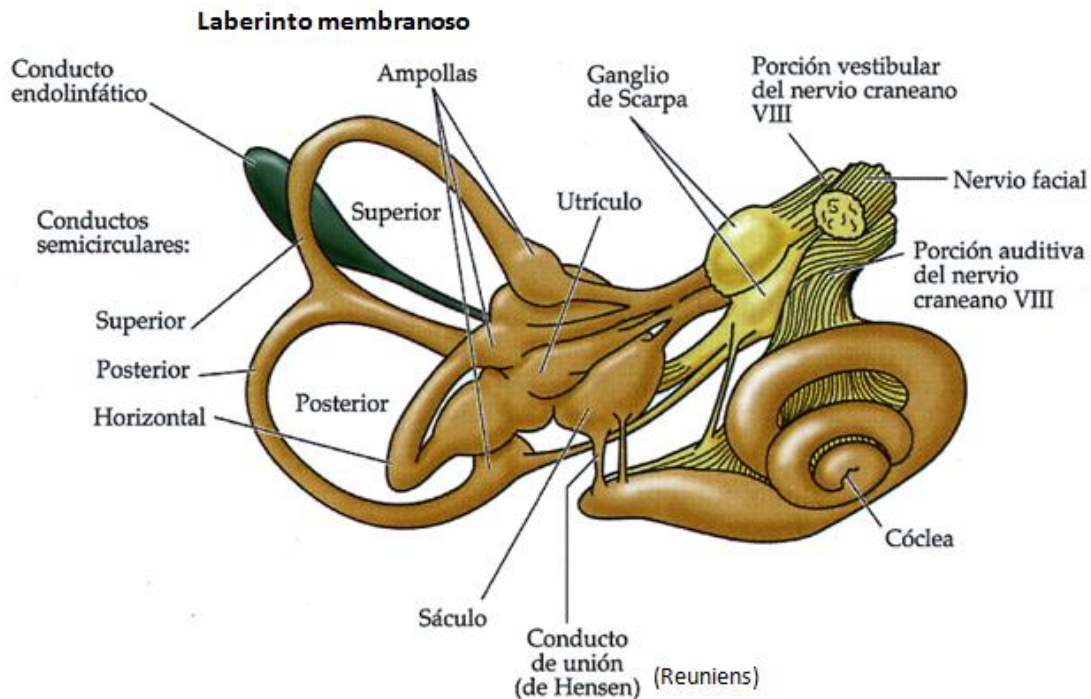
Las proyecciones ascendentes proceden de la porción mesencefálica de la formación reticular y de la formación pontina oral, así como algunas de la formación reticular bulbar.

El principal neurotransmisor de estas estructuras es la **acetilcolina**, a excepción de los núcleos del rafe y del locus coeruleus que ya hemos comentado.

Vías vestibulares

El **ÓRGANO VESTIBULAR** se encuentra en el **oído interno** y está relacionado fundamentalmente con el **equilibrio**.

Consiste en varias estructuras, entre las cuales hay **tres conductos semicirculares** ubicados perpendicularmente entre sí para formar una estructura tridimensional que abarca los 3 ejes del espacio.



Los **CONDUCTOS SEMICIRCULARES** están comunicados entre sí mediante dos estructuras:

- **UTRÍCULO**
- **SÁCULO**

Ambas estructuras son sacos membranosos que se comunican con el exterior a través del **CONDUCTO ENDOLINFÁTICO** y conectan con el caracol, que es el órgano de la audición que estudiaremos en unidades siguientes.

El **laberinto óseo** se encuentra en la **profundidad del peñasco del hueso temporal** y se encuentra relleno de **PERILINFA**.

El **SACO ENDOLINFÁTICO** lleva a cabo la **descompresión** de utrículo y sáculo.

Todas estas estructuras del **laberinto membranoso** están rellenas por un líquido claro denominado **ENDOLINFA**.

El caracol comunica con el sistema ventricular mediante el **CONDUCTO REUNIENS**.

Los impulsos vestibulares del equilibrio están recogidos fundamentalmente por el **nervio vestibulococlear (VIII par)** mediante su **porción vestibular**, ya que este nervio también sirve para captar estímulos acústicos. El ganglio de este nervio es el **GANGLIO DE SCARPA**.

El **nervio facial (VII par)** tiene mucha relación con el laberinto debido a que la **RODILLA EXTERNA DEL FACIAL** separa la porción acústica de la vestibular.

Receptores vestibulares

Los receptores vestibulares en los **conductos semicirculares** son las **CÚPULAS**, que captan el **movimiento** de la endolinfa en sentido circular.

Los receptores de la **mácula, el utrículo y el sáculo** en cambio están especializados en captar el movimiento lineal o aceleraciones.

Los **OTOLITOS** son cristales de carbonato cálcico (CaCO_3) que se desplazan junto con la endolinfa, y se encuentran en el **utrículo y el sáculo**.

Las **AMPOLLAS DE LOS CONDUCTOS SEMICIRCULARES** son estimuladas por movimientos circulares en los tres planos del espacio.

Núcleos vestibulares

Reciben los estímulos cinéticos captados en el utrículo, el sáculo y los conductos semicirculares.

Se encuentran en el tronco del encéfalo, y al ser **sensitivos somáticos especializados** derivan de la **placa alar**.

Se localizan **cercanos al 4º ventrículo** dentro de la protuberancia y descienden hasta el bulbo, aunque no lo ocupan en su totalidad.

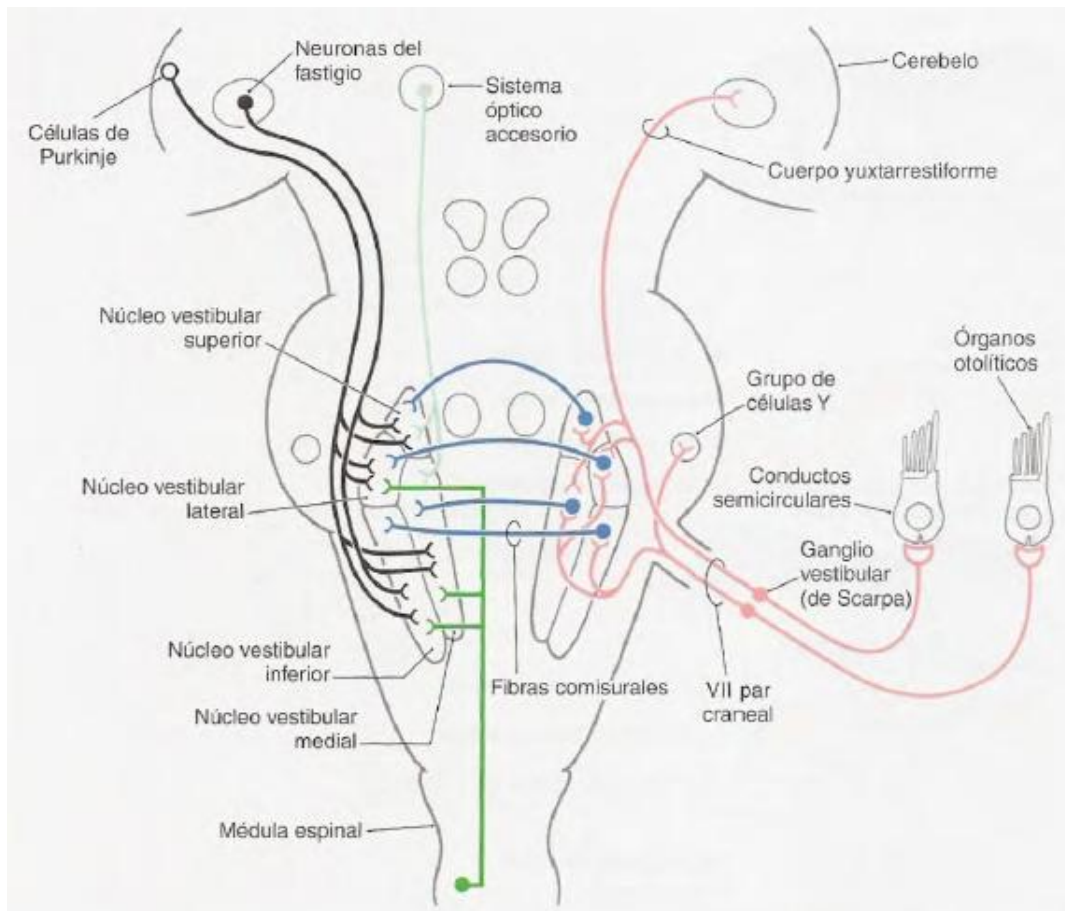
Hay 4 núcleos vestibulares:

- **Núcleo vestibular superior**
- **Núcleo vestibular inferior**
- **Núcleo vestibular medial**
- **Núcleo vestibular lateral**

Estos núcleos reciben fibras aferentes del **nervio vestibulococlear (VIII par craneal)** en su **porción vestibular**.

Algunas fibras corresponden a los conductos semicirculares y otras al utrículo y sáculo. El **ganglio de Scarpa** corresponde a **todas las fibras vestibulares**.

También hay fibras vestibulares que llegan al cerebelo, pero los núcleos vestibulares reciben muchos otros aferentes desde las vías visuales, médula, cerebelo, etc...



El **NÚCLEO VESTIBULAR INFERIOR** envía fibras en dirección al **cerebelo**.

También existen otras conexiones debido a que los otros 4 núcleos de ambos hemisferios (derecho e izquierdo) envían **fibras comunicantes** denominadas **FIBRAS COMISURALES**, que van de un lado a otro y son mayoritariamente **inhibidoras**.

Conexiones eferentes

Las fibras que salen de los núcleos vestibulares son las siguientes:

- **Fibras comisurales**, que conectan los **núcleos vestibulares de ambos lados**, y son **inhibidoras**
- **Fibras cerebelosas**, que se dirigen al **cerebelo** desde el **núcleo vestibular inferior** y se introducen en él mediante el **pedúnculo cerebeloso inferior**.

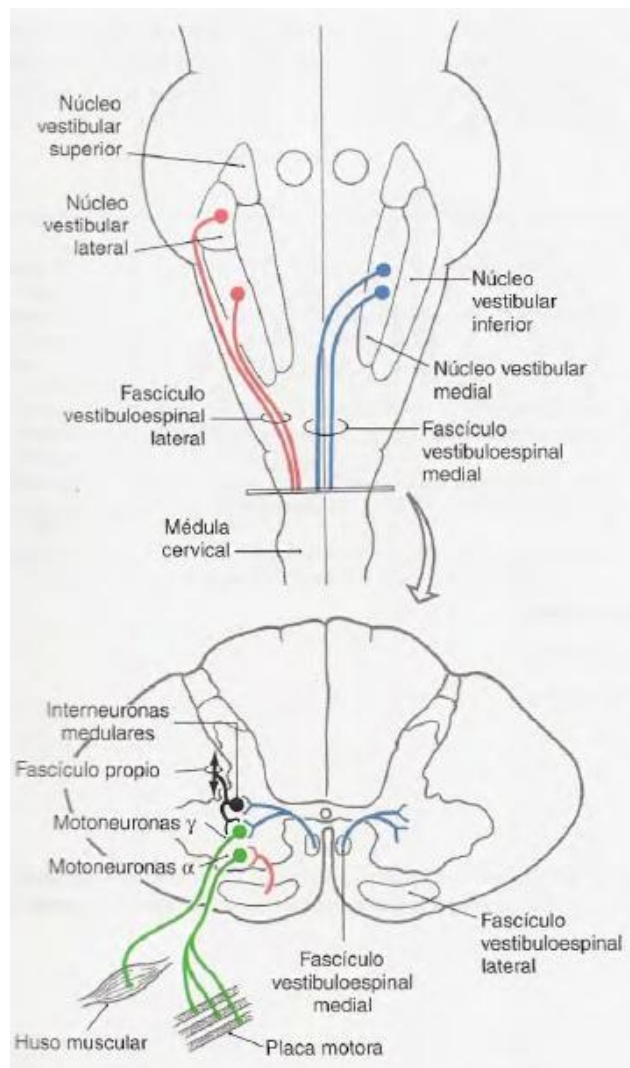
- **Fibras vestibuloespinales.** Forman dos fascículos que **actúan sobre las láminas VII y VIII** de Rexed.

- **Haz vestibuloespinal lateral (VEL).** Nace del **núcleo vestibular lateral** con fibras del vestibular inferior. Camina por el **cordón anterolateral** de la médula.

Sus fibras abarcan **toda la extensión de la médula.**

- **Haz vestibuloespinal medial (VEM).** También conocido como **fascículo longitudinal medial (FLM)**, nace del **núcleo vestibuloespinal medial**, aunque contiene fibras que nacen del **núcleo vestibular inferior.**

Sus fibras son **bilaterales** y se agotan a **nivel de la médula cervical.**



Fibras ascendentes

Ascienden por el FASCICULO LONGITUDINAL MEDIAL que también encontramos a nivel del tronco del encéfalo.

Nistagmo

El nistagmo o nistagmus es un **movimiento ocular** que se desencadena gracias a que cuando se mueve la cabeza a un lado, se forman **corrientes dentro de los conductos semicirculares**. Dichas corrientes son diferentes en cada lado de la cabeza y dependen del sentido en el que se efectuó el movimiento.

Cuando se produce este **movimiento de la cabeza** y los conductos semicirculares informan del mismo, se produce un **movimiento ocular para mantener la situación**. Al principio este movimiento es lento, pero después existe una fase rápida.

El **nistagmo** suele referirse a la **fase rápida**.

Si se pone agua fría en un oído, se inhibirá el sistema vestibular de ese oído y habrá un nistagmo de fase rápida en el ojo contralateral. Si se pone agua caliente, el nistagmo se producirá en el ojo ipsilateral.

El nistagmo requiere las siguientes conexiones para llevarse a cabo:

1. Fascículo longitudinal medial

El nistagmo requiere conexiones a través del **FASCÍCULO LONGITUDINAL MEDIAL**, concretamente con los siguientes **nervios craneales**:

- **Oculomotor (III par)**
- **Troclear (IV par)**
- **Abducens (VI par)**

Existen también conexiones con los **nervios III y VI contralaterales**.

Es preciso que existan interconexiones tanto estimulantes como inhibitorias.

- Las **vías vestibulares cruzadas** hacia los núcleos oculomotores son **excitadoras**
- Las **vías vestibulares directas** hacia los núcleos oculomotores son **inhibidoras**

2. Formación reticular

Existen conexiones indirectas a través de la **FORMACIÓN RETICULAR** (H, V, V?) que contiene **centros que regulan la sinergia ocular**, o lo que es lo mismo, el movimiento coordinado de ambos ojos en sentido tanto vertical como horizontal.

La **vía piramidal** actúa sobre estos **núcleos de sinergia ocular** y no directamente sobre núcleos oculomotores. Cuando está estimulada esta vía el movimiento ocular se produce en sentido contrario.

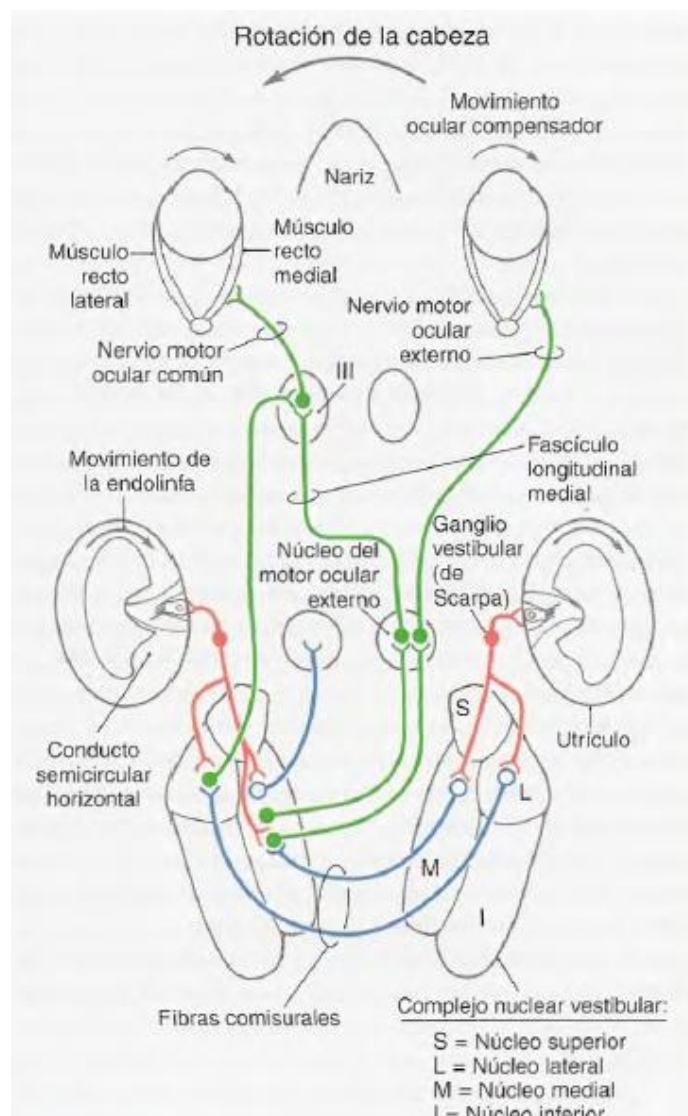
Concepto

No hay que perder de vista esta idea:

- **H.** Mirada horizontal
- **V.** Mirada vertical
- **IRFLM.** Intersticial Rostral del Fascículo Longitudinal Medial
- **IC.** Intersticial de Cajal

Existen núcleos de la sinergia ocular de tipo tanto HH como VV y además hay otros accesorios de tipo IRFLM e IC.

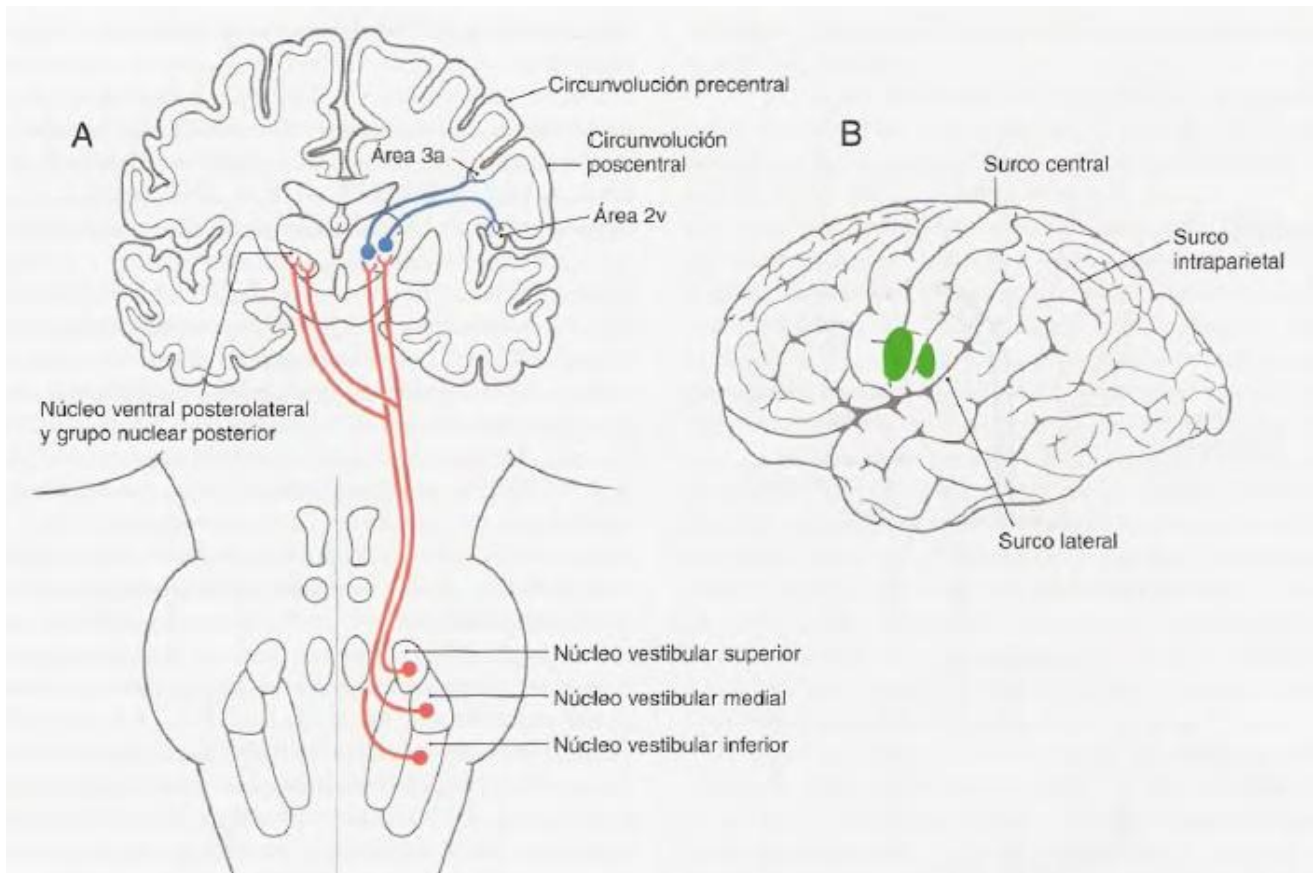
Estos núcleos de sinergia ocular **ayudan a los núcleos reticulares.**



Los núcleos vestibulares además también **informan al TÁLAMO** cuando hay mareo o estímulos del equilibrio. Esta información llega al tálamo de forma **bilateral**, y se informa al tálamo derecho e izquierdo.

La transmisión de información de los núcleos vestibulares al tálamo es misión de las **VÍAS VESTIBULOTALÁMICAS**, las cuales como hemos dicho son **bilaterales**.

Tras recibir esta información, las neuronas del tálamo envían **conexiones sensoriales** a la **CORTEZA CEREBRAL** que informan del estado del aparato del equilibrio.



Nervio vestibular

El nervio vestibular es una porción del **nervio facial (VII par)** que tiene relación con los conductos semicirculares, utrículo y sáculo. Su ganglio es el **GANGLIO DE SCARPA**.

Recordemos que el nervio facial forma una estructura denominada **RODILLA EXTERNA DEL FACIAL** que separa la porción acústica de la porción vestibular.

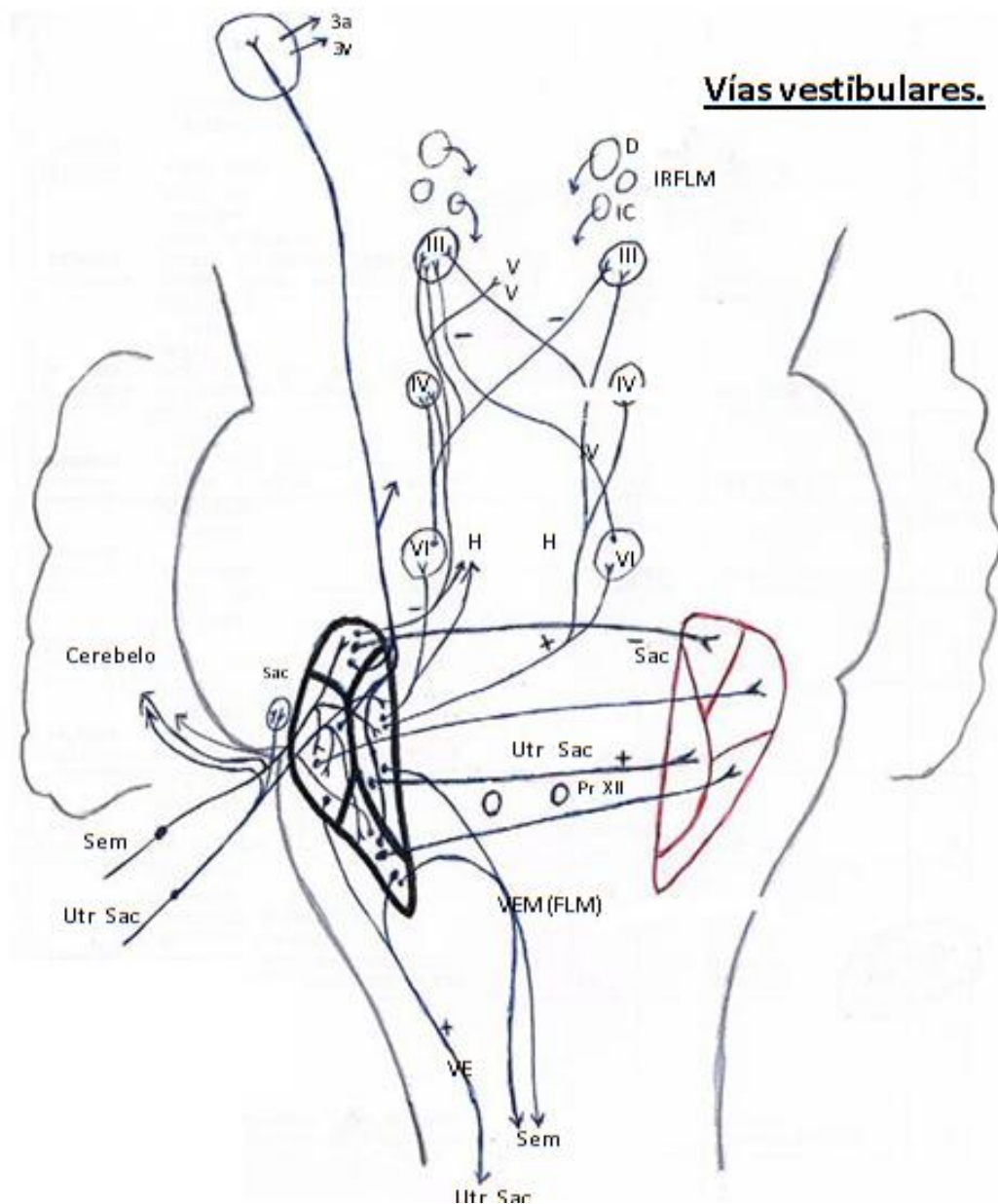
Sus fibras se introducen por el conducto auditivo interno hasta el tronco del encéfalo, donde sinaptan con los **NÚCLEOS VESTIBULARES** localizados en la **protuberancia** y el **bulbo**.

Se introducirán al tronco del encéfalo en el **ÁNGULO BULBOPONTOCEREBELOSO**, que está localizado en el **surco bulboprotuberancial**.

Un tumor en este nervio se denomina **NEURINOMA** y suele ser de naturaleza benigna (no hay metástasis). Normalmente afecta al **nervio vestibulococlear (VIII par)** y ocasionalmente al **nervio facial (VII par)**.

Se caracteriza por causar **mareos y acufenos** (pitidos en el oído sin motivo aparente).

Visión general de las conexiones vestibulares



CEREBELO



Neuroanatomía

Índice de contenidos

- *Tema 9. Cerebelo (I). Anatomía regional* _____ 98
- *Tema 10. Cerebelo (II). Anatomía funcional* _____ 108

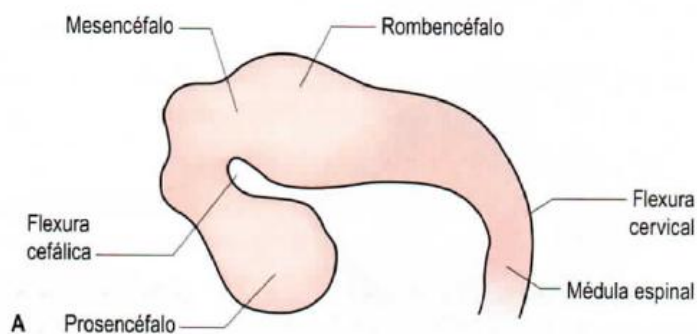
Tema 9. Cerebelo (I)

Introducción

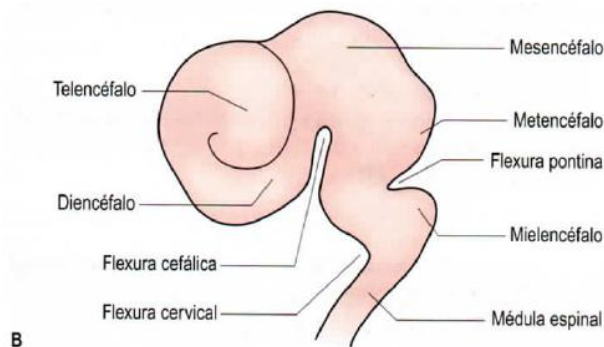
El cerebelo es un órgano cuya masa es el 10% del total de peso del sistema nervioso central, de lo que podemos deducir que es un órgano importante en el funcionamiento del cerebro.

Embriológicamente tiene la siguiente procedencia:

- **Neurulación primaria** → Rombencéfalo



- **Neurulación secundaria** → Metencéfalo (placa alar)



A pesar de proceder de la placa alar no es una estructura sensitiva propiamente dicha, y se sitúa en la **parte posterior del cuarto ventrículo**, conformando su **pared posterior**.

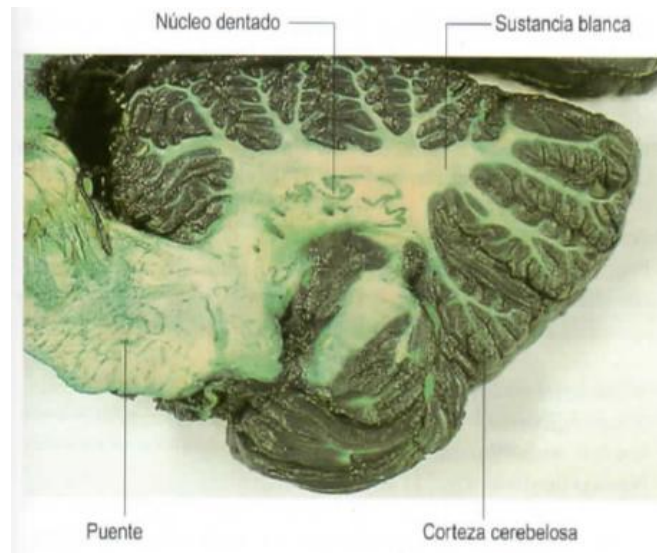
Es un órgano que recibe una gran cantidad de **estímulos sensitivos**, fundamentalmente de tipo **propioceptivo**, pero no interviene en la discriminación ni interpretación sensorial.

El cerebelo se trata de un órgano importante a la hora de **coordinar el movimiento consciente** y de regular el **control postural**. Además interviene en **procesos cognitivos superiores**, como puede ser el habla.

Aunque ejerce una gran influencia sobre la función motora, la **destrucción** de porciones relativamente grandes **no genera ningún tipo de parálisis**.

Además, es un órgano que participa en las **funciones cognitivas superiores** como el habla, y aunque no es imprescindible para éstas, si que desempeña un papel importante en el **aprendizaje motor** y **funciones mentales superiores**.

El cerebelo está compuesto por una **CORTEZA CEREBELOSA** con una gran cantidad de surcos, y una parte central de **sustancia blanca**, que contiene aisladamente los **NÚCLEOS CEREBELOSOS** de sustancia gris.



El cerebelo se fija al tronco del encéfalo mediante los **PEDÚNCULOS CEREBELOSOS**:

- **PEDÚNCULO CEREBELOSO SUPERIOR**, conecta el cerebelo con **mesencéfalo**. Es la **principal vía eferente**.
- **PEDÚNCULO CEREBELOSO MEDIO**, conecta el cerebelo con la **protuberancia**. Por él se **introducen la mayoría de los núcleos del puente**.
- **PEDÚNCULO CEREBELOSO INFERIOR**, conecta el cerebelo con el **bulbo raquídeo**. Es más pequeño y consta de **fibras aferentes**.

El cerebelo se encuentra posterior al tronco del encéfalo conformando la **pared posterior del cuarto ventrículo** y se ubica debajo de la **TIENDA DEL CEREBELO**, profundo al hueso occipital.

Anatomía del cerebelo

El cerebelo tiene dos hemisferios que están divididos por una protuberancia en forma de gusano que se denomina **VERMIS**.

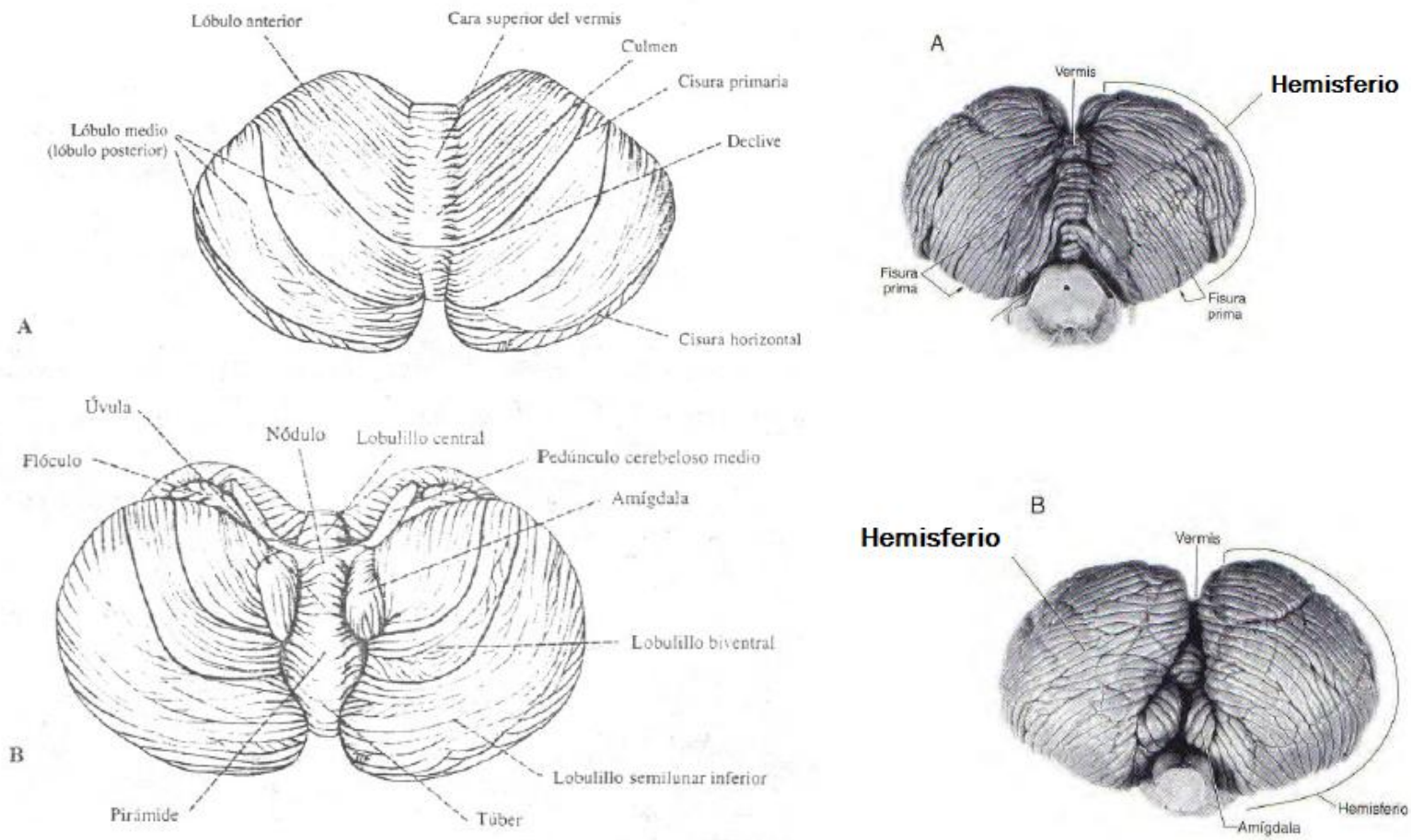


Fig. 6-2. El cerebelo. A. Vista superior. B. Vista inferior.

La anatomía funcional del cerebelo se divide en tres zonas desde el vermis, cada una de las cuales tiene una función propia:

- **ARQUICEREBELO**. Se encarga fundamentalmente de **funciones vestibulares**
- **ESPINOCEREBELO**. Se encarga fundamentalmente de **funciones posturales** y de **tono muscular**
- **CEREBROCEREBELO**. Se encarga de **funciones motoras somáticas**

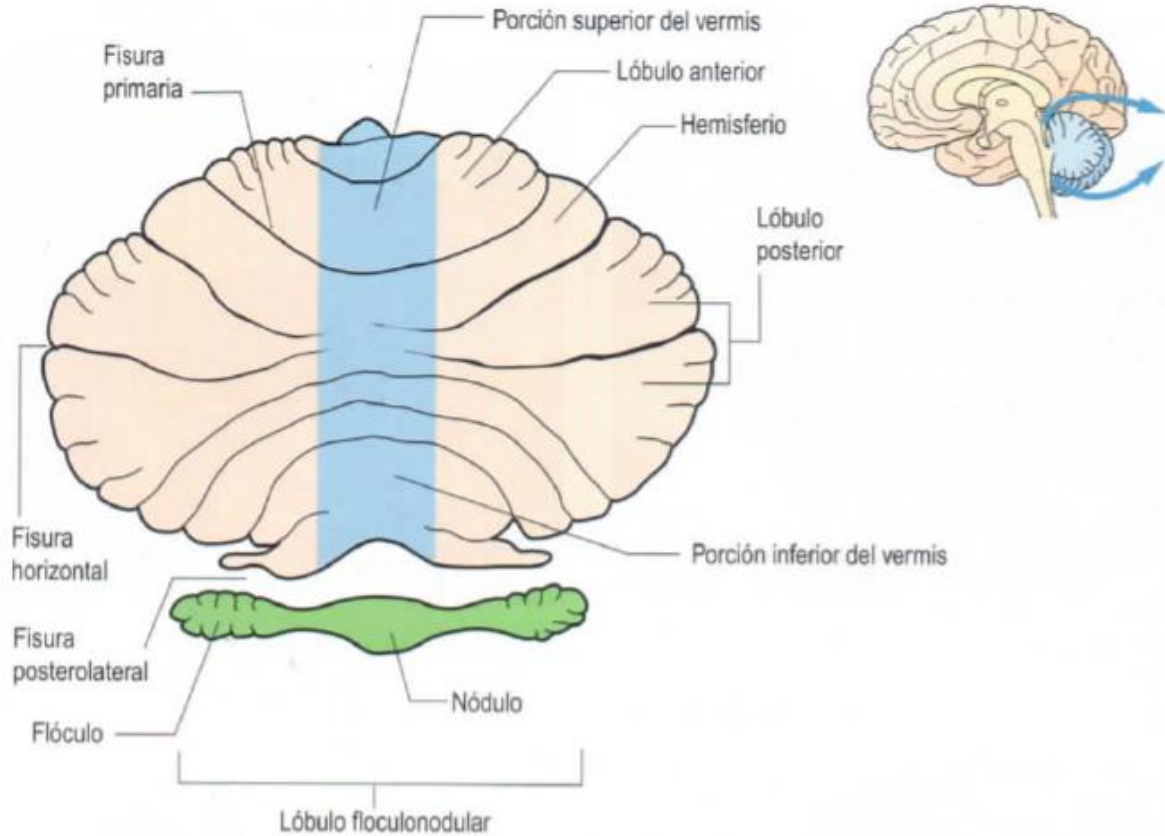


Imagen APROXIMADA de los distintos módulos de anatomía funcional:
Verde: Arquicerebelo; Azul: Espinocerebelo; Rosa: Cerebrocerebelo

Aparecerán una serie de **fisuras** que delimitan los distintos lóbulos del cerebelo:

- **FISURA POSTEROLATERAL**, que embriológicamente es la primera en aparecer.

Separa el **LÓBULO FLOCULONODULAR** del **LÓBULO POSTERIOR**

- **FISURA PRIMA**, que es la segunda en aparecer y separa el **LÓBULO POSTERIOR** del **LÓBULO ANTERIOR**.

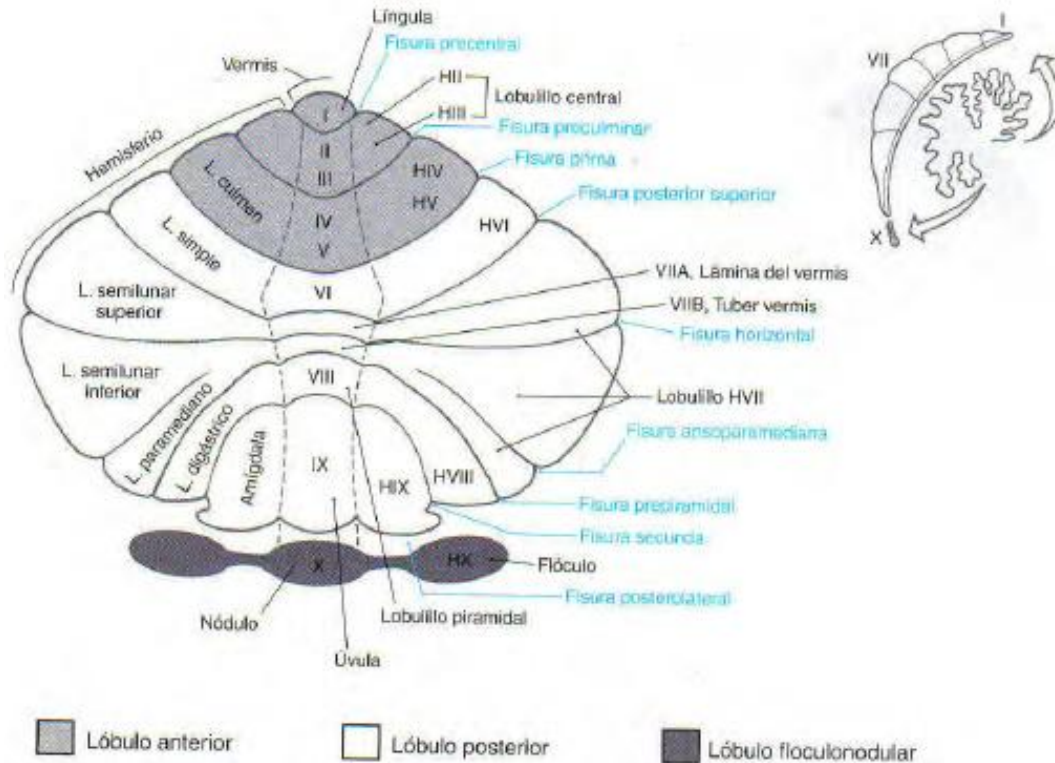
En el centro del cerebelo encontramos el **VERMIS** en forma de protuberancia que separa dos hemisferios cerebelosos.

En cada hemisferio encontramos tres lóbulos:

- **LÓBULO ANTERIOR**. En su parte más anterior encontramos la **LÍNGULA**.
- **LÓBULO POSTERIOR**. En su parte más caudal encontramos la **ÚVULA**, rodeada por dos **AMÍGDALAS**.

El lóbulo anterior y posterior forman en su conjunto el **CUERPO DEL CEREBELO**. Ambos lóbulos del cuerpo del cerebelo están **separados por la fisura prima**.

- **LÓBULO FLOCULONODULAR.** Se encuentra separado del cuerpo del cerebelo por la **fisura posterolateral**. A su vez tiene dos subdivisiones:
 - **NÓDULO.** Se encuentra alineado con el vermis en la línea media
 - **FLÓCULOS.** Se encuentran a ambos lados del nódulo



Como decíamos el cerebelo se encuentra unido al tronco del encéfalo por los **PEDÚNCULOS CEREBELOSOS**, que bordean el cuarto ventrículo a modo de glorieta.

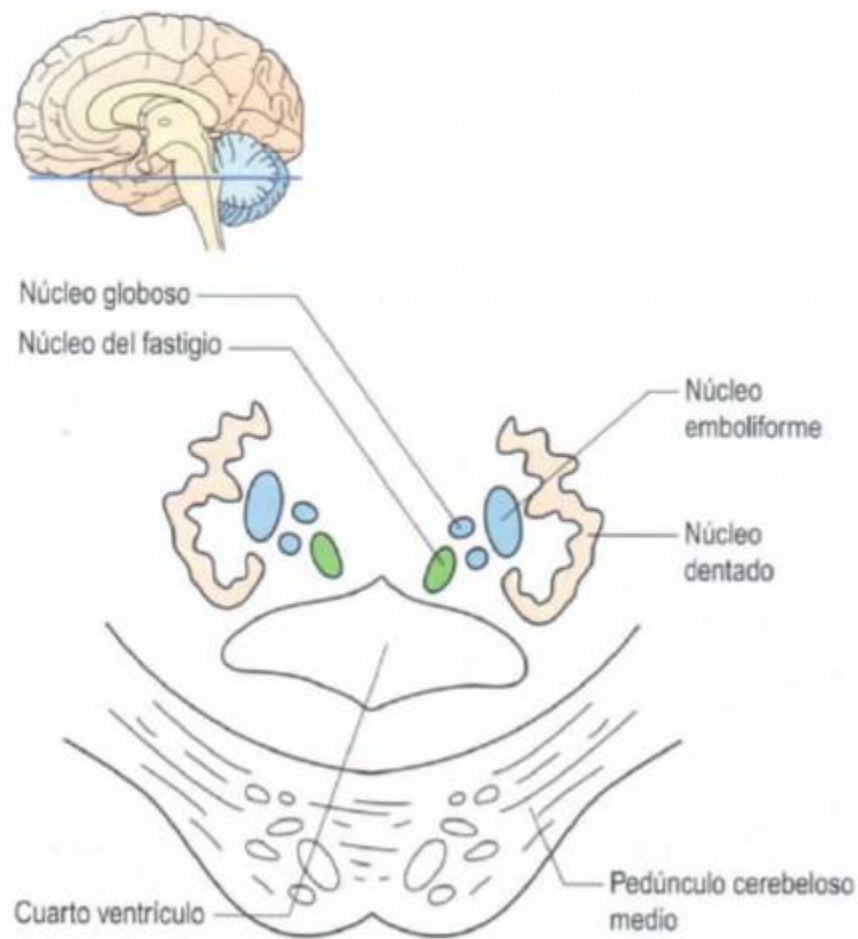
Hay tres pedúnculos cerebelosos que anclan el cerebelo a cada una de las partes del tronco del encéfalo:

- **PEDÚNCULO CEREBELOSO SUPERIOR (PCS).** Une el cerebelo al mesencéfalo
- **PEDÚNCULO CEREBELOSO MEDIO (PCM).** Une el cerebelo al puente
- **PEDÚNCULO CEREBELOSO INFERIOR (PCI).** Une el cerebelo al bulbo raquídeo

La **sustancia blanca del cerebelo** acoge en su interior una serie de núcleos de sustancia gris, que reciben numerosas aferencias, y mandan conexiones al exterior.

Estos son los **NÚCLEOS PROFUNDOS DEL CEREBELO** y se trata de acúmulos de somas (sustancia gris) embebidos en la sustancia blanca del cerebelo. Funcionalmente cada núcleo corresponde a una porción determinada del cerebelo:

- **NÚCLEO FASTÍGEO**. Se relaciona con la zona vermiciana
- **NÚCLEO INTERPÓSITO**. Se relaciona con la zona paravermiana y a su vez se divide en dos:
 - **NÚCLEO GLOBOSO**, más posterior
 - **NÚCLEO EMBOLIFORME**, más anterior
- **NÚCLEO DENTADO u OLIVA CEREBELOSA**. Corresponde al resto del hemisferio cerebeloso.



Organización celular

El cerebelo, como el resto del sistema nervioso central se divide en dos tipos de tejido nervioso:

- **SUSTANCIA GRIS**, que en el cerebelo se corresponde a dos tipos de estructura:
 - **Corteza cerebelosa**
 - **Núcleos profundos del cerebelo**
- **SUSTANCIA BLANCA**, correspondiente a **fibras nerviosas** aferentes y eferentes. Está delimitada por la corteza y en su interior contiene los núcleos profundos del cerebelo.

La corteza cerebelosa, como hemos dicho se trata de sustancia gris, y por tanto se corresponde a zonas con somas neuronales, dendritas y numerosas sinapsis.

Los tipos celulares predominantes en la corteza cerebelosa son:

- **CÉLULAS DE PURKINJE**. Envían **conexiones a los núcleos profundos del cerebelo**, que a su vez mandan esta respuesta al exterior del cerebelo.

Estas células **no mandan conexiones directas fuera del cerebelo**, sino que envían su respuesta por los núcleos profundos.

Las células de Purkinje tienen una **profusa arborización dendrítica** que responde al hecho de que realizan numerosas sinapsis.

Son células **GABAérgicas** y por lo tanto su sinapsis es **inhibitoria**.

- **FIBRAS TREPADORAS**. Se denominan de este modo debido a que trepan por la arborización dendrítica, sinaptando en estas dendritas de las células de Purkinje

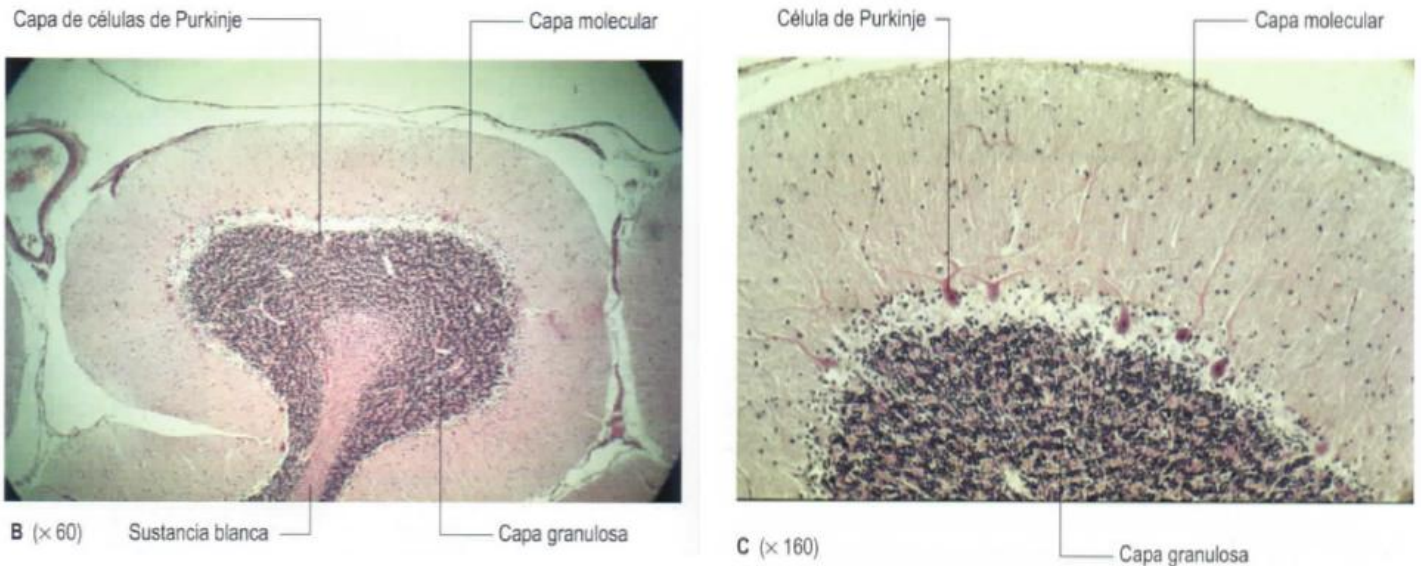
Estas fibras **proceden de la OLIVA INFERIOR o BULBAR** (en el tronco del encéfalo).

- **CÉLULAS GRANULOSAS**. Tienen axones ascendentes que se bifurcan para formar **fibras paralelas**.

Estructura histológica del cerebelo

La corteza cerebelosa tiene tres capas:

1. **Capa molecular**, es la más exterior y rica en fibras nerviosas.
2. **Capa intermedia o de Purkinje**, donde encontramos estas células.
3. **Capa granulosa**, que es la más interna y en ella encontramos las células granulosas.



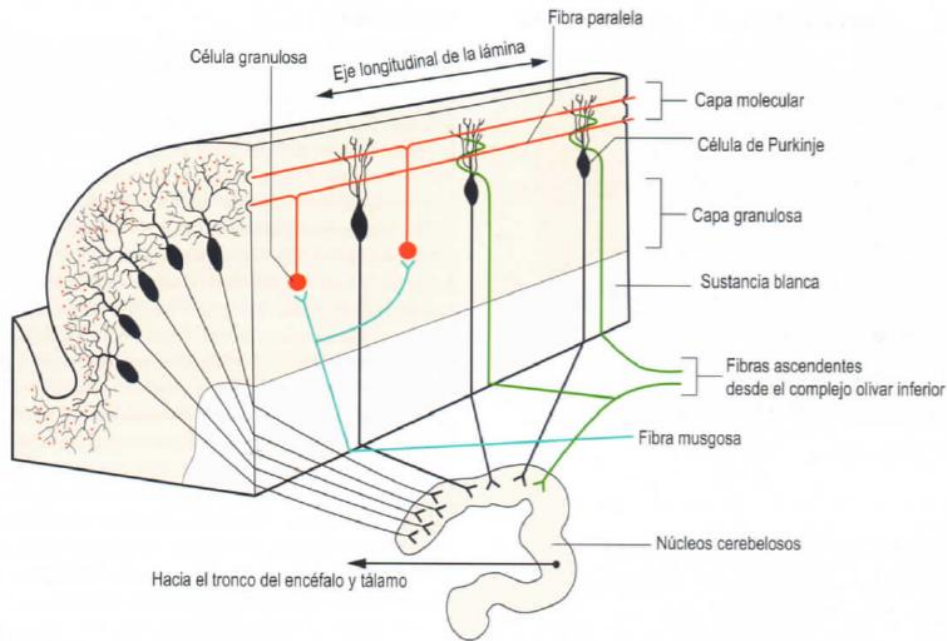
Encontraremos células de Purkinje con sus arborizaciones dendríticas que surgen superficialmente y un axón que se dirige a núcleos profundos.

Las **fibras trepadoras** proceden de la **OLIVA INFERIOR** que se localiza en el bulbo raquídeo (exteriormente se percibe como dos protuberancias laterales a las PIRÁMIDES) y llegan a las arborizaciones dendríticas de las células de Purkinje

Todas las **fibras aferentes que no procedan de la oliva inferior** se denominan **FIBRAS MUSGOSAS** que se ramifican para aportar aferencias a varias láminas, y sinaptan con las células granulosas.

Las **células granulosas** dirigen sus axones hacia la superficie y entran en la **capa molecular**, y aquí se bifurcan para dar lugar a dos **FIBRAS PARALELAS** que se orientan a lo largo del eje longitudinal de la lámina.

Las fibras trepadoras y musgosas también sinaptan con los núcleos profundos del cerebelo.



Cuando llega un impulso a la **CÉLULA DE PURKINJE** este puede proceder de:

- **Fibras trepadoras**
- **Fibras musgosas**

Estas fibras cuando conducen un impulso excitatorio **activan a la célula de Purkinje** que envía su **respuesta a los NÚCLEOS PROFUNDOS**, que son los que realmente envían las respuestas al exterior.

Este diagrama muestra un nivel de detalle de las conexiones sinápticas. Las **Fibras paralelas** (Ax) hacen sinapsis excitatorias (+) con las **Células en cesto** y las **Células de Golgi**. Las **Fibras musgosas** hacen sinapsis excitatorias (+) con los **Granos**. Las **Fibras trepadoras** hacen sinapsis excitatorias (+) con los **Granos** y las **Células de Purkinje**. Las **Células en cesto** hacen sinapsis inhibitorias (-) con los **Granos**. Las **Células de Golgi** hacen sinapsis inhibitorias (-) con los **Granos**. Las **Fibras cerebelosas eferentes** salen de los **Granos**. Los **Núcleos cerebelosos** reciben información de las **Células de Purkinje**.

Las células de Purkinje son **GABAérgicas** de modo que son células **inhibitorias**.

Tema 10. Cerebelo (II). Anatomía funcional

Introducción

Antes de introducirnos en el estudio profundo de la anatomía funcional del cerebelo recordemos que existían tres módulos fundamentales, relacionados cada cual con una función distinta:

- **ARQUICEREBELO.** Relacionado con las **funciones vestibulares del equilibrio.** Evolutivamente es el más antiguo
- **ESPINOCEREBELO.** Relacionado con **funciones posturales y de tono muscular.** Evolutivamente es intermedio con respecto a los otros dos, y se divide en otras dos porciones:
 - ***Espinocerebelo vermiano***
 - ***Espinocerebelo paravermiano***
- **CEREBROCEREBELO.** Se relaciona con las **funciones motoras somáticas,** y es el más moderno.

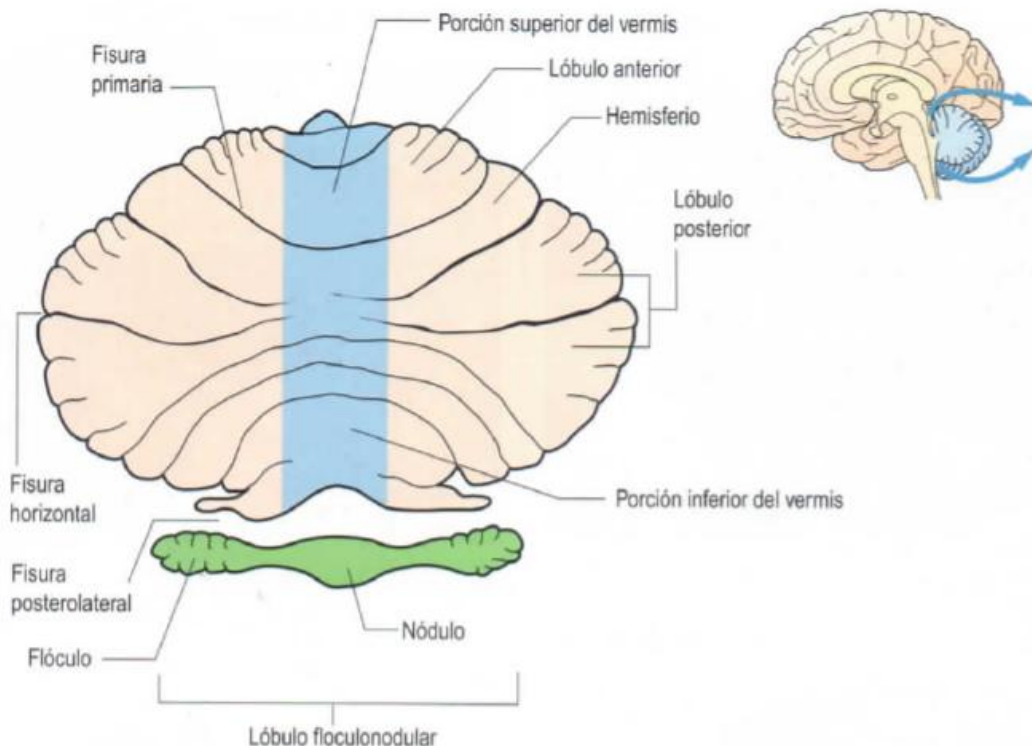
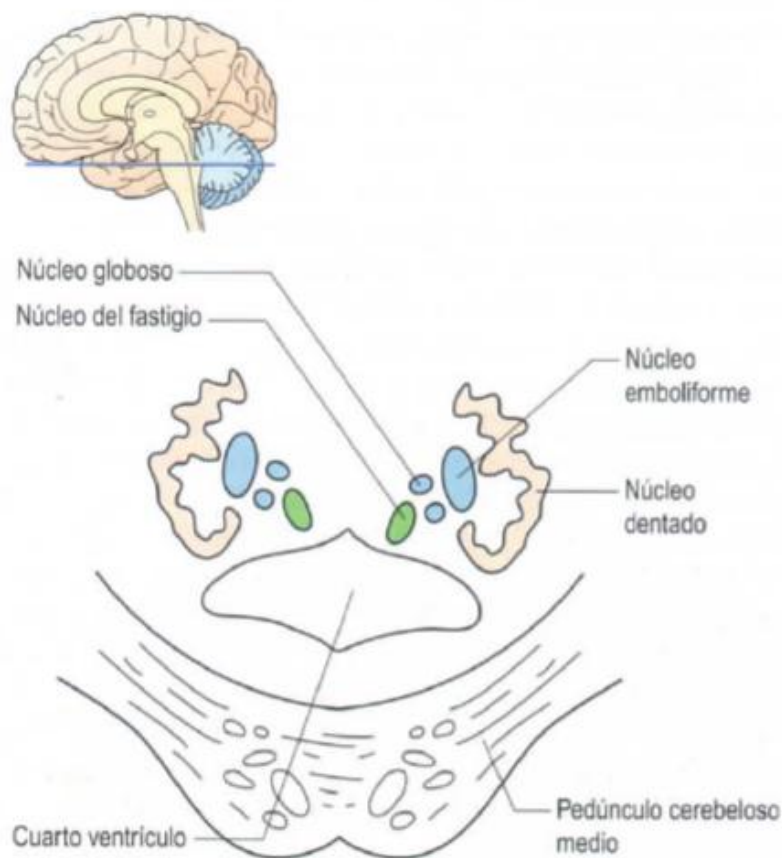


Imagen APROXIMADA de los distintos módulos de anatomía funcional:
Verde: Arquicerebelo; Azul: Espinocerebelo; Rosa: Cerebrocerebelo

Además cada una de estas porciones se encuentra relacionada con un **NÚCLEO PROFUNDO** en concreto mediante el cual envía sus conexiones eferentes al resto del sistema nervioso.

Los núcleos son los siguientes:

- **NÚCLEO FASTÍGEO**. Se relaciona con la zona vermiana
- **NÚCLEO INTERPÓSITO**. Se relaciona con la zona paravermiana y a su vez se divide en dos:
 - **NÚCLEO GLOBOSO**, más posterior
 - **NÚCLEO EMBOLIFORME**, más anterior
- **NÚCLEO DENTADO u OLIVA CEREBELOSA**. Corresponde al resto del hemisferio cerebeloso.



Los colores se conservan de la imagen de los módulos de funcional. Cabe remarcar que el núcleo fastigio también aporta conexiones al espinocerebelo vermiano.

Arquicerebelo

El **arquicerebelo** o **VESTIBULOCEREBELO** se encarga de las **funciones vestibulares** del cerebelo.

El arquicerebelo comprende el **LÓBULO FLOCULONODULAR**, cuyos flóculos son pares y hay uno para cada hemisferio.

Además de éste lóbulo, también participan en el arquicerebelo la **ÚVULA** y la **LÍNGULA** que se localizan en la **línea del vermis**. Además teniendo en cuenta que el cerebelo, vemos que la língula se sitúa muy próxima al nódulo.

- El **núcleo profundo** del arquicerebelo es el **NÚCLEO FASTIGIO**.

Esta porción del cerebelo tiene relación con los **NÚCLEOS VESTIBULARES** (unidad 8), que **funcionan como núcleos cerebelosos** a pesar de no encontrarse propiamente en el cerebelo.

El arquicerebelo también interviene en el **reflejo del vómito** y además tiene relación con la porción vestibular del **nervio vestibulococlear** (*VIII par*).

Los **estímulos vestibulares** penetran en el cerebelo mediante el **PEDÚNCULO CEREBELOSO INFERIOR (PCI)** y sus fibras informan primeramente al nódulo, a los flóculos y a la úvula, y poco después informan a la língula.

Las **fibras vestibulares** del nervio vestibulococlear dan **ramas al núcleo fastigio** para conectar con la **língula**.

Los núcleos vestibulares, fundamentalmente el **NÚCLEO VESTIBULAR INFERIOR** envía **conexiones al cerebelo** por el **pedúnculo cerebeloso inferior** las cuales se dirigen a las estructuras del arquicerebelo, enviando ramas colaterales al núcleo fastigio.

Al **arquicerebelo** llegarán por tanto **fibras aferentes** del **NERVIO VESTIBULOCOCLEAR** y del **NÚCLEO VESTIBULAR INFERIOR**.

Las células de Purkinje que responden a estos estímulos están localizadas en la corteza del arquicerebelo. Como sabemos el mecanismo general de actuación de las células de Purkinje es el de enviar sus axones a los núcleos profundos que son los que transmiten la respuesta al exterior del cerebelo.

Las células de Purkinje de este lugar envían **axones al NÚCLEO FASTIGIO** el cual enviará **conexiones hacia el tronco del encéfalo**.

Una proporción significativa de **fibras fastigiales** cruzan al lado **contralateral**, de modo que la influencia del arquicerebelo sobre los sistemas efectores es **bilateral**.

Las fibras del núcleo fastigio se dirigen a los siguientes destinos:

- **NÚCLEOS VESTIBULARES**, que serán el **superior, medial e inferior**.

Los núcleos vestibulares enviarán ya la respuesta eferente desde el cerebelo mediante dos haces que ya conocemos:

- **HAZ VESTIBULOESPINAL LATERAL**
- **HAZ VESTIBULOESPINAL MEDIAL**, también conocido como **FASCÍCULO LONGITUDINAL MEDIAL**, que también se dirige a núcleos motores oculares.

- **FORMACIÓN RETICULAR**

La lesión del arquicerebelo producirá **NISTAGMUS homolateral** al lado de la lesión por desinhibición del núcleo vestibular del mismo lado. Además produce inestabilidad motora.

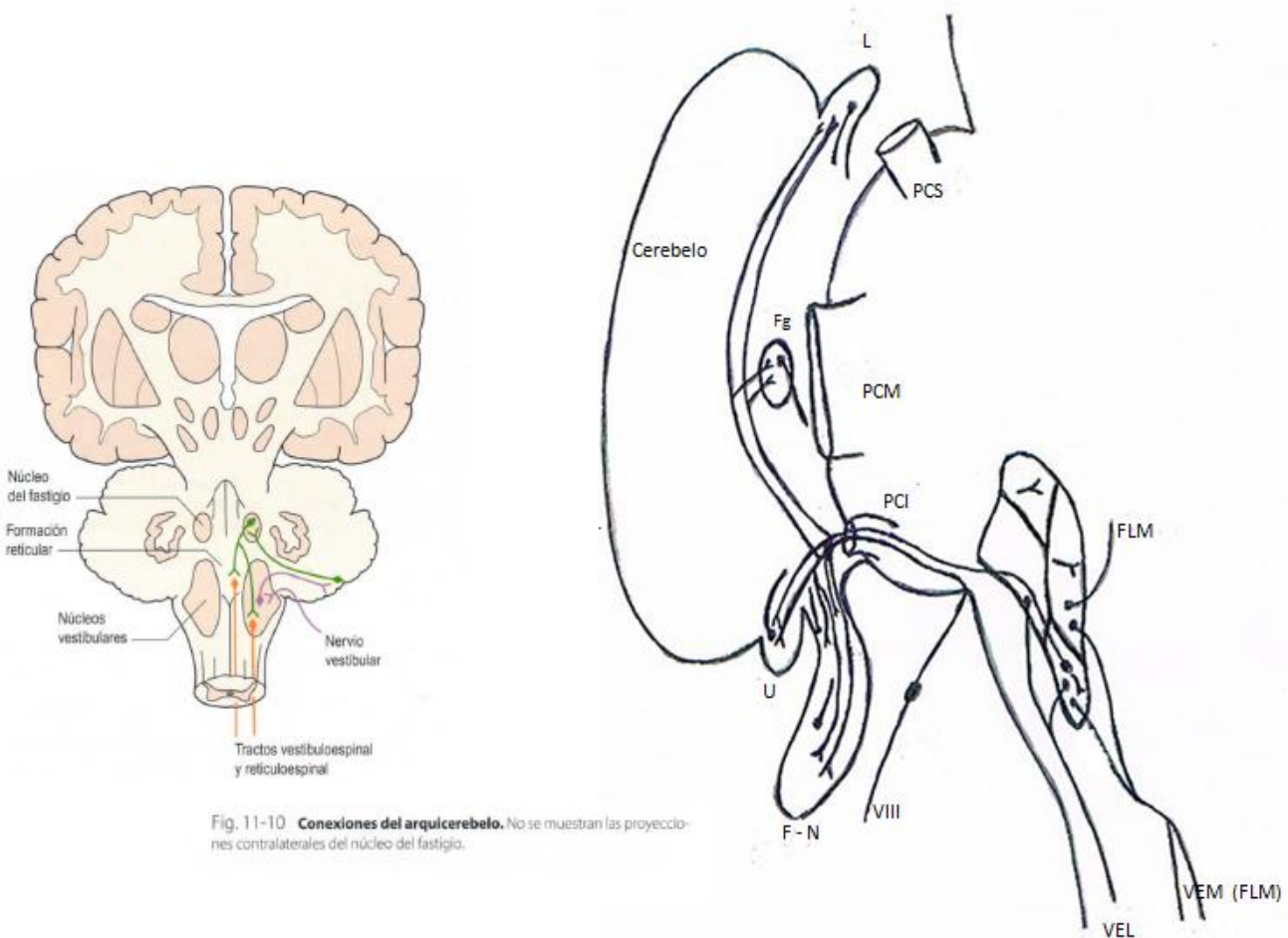
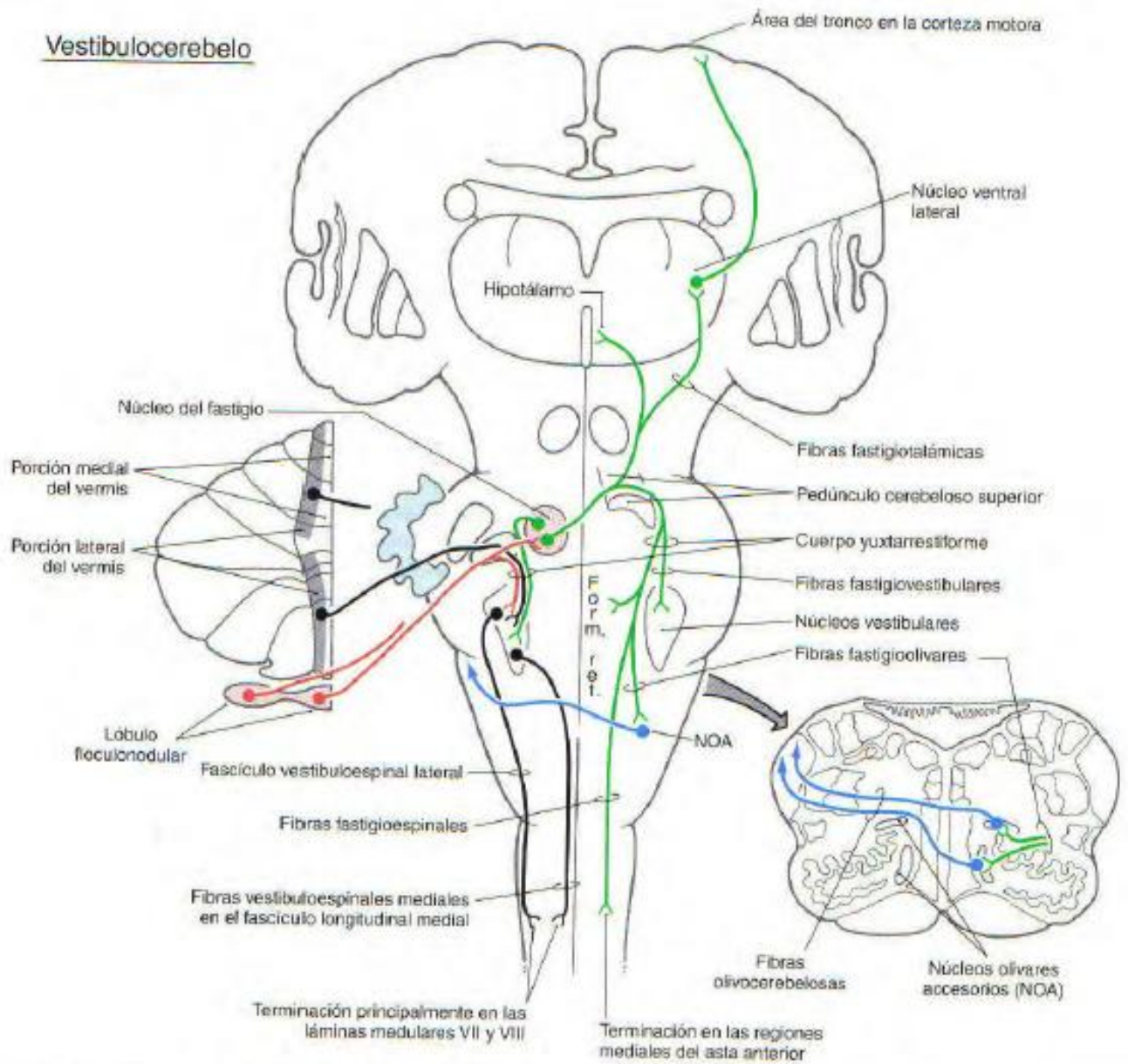


Fig. 11-10 Conexiones del arquicerebelo. No se muestran las proyecciones contralaterales del núcleo del fastigio.

Arquicerebelo. Proyecciones



Espinocerebelo

1. Espinocerebelo vermiano

El **espinocerebelo vermiano** o **PALEOCEREBELO** se trata de la porción del cerebelo correspondiente a las zonas del vermis que no pertenecen al arquicerebelo.

Se trata de una porción del cerebelo muy relacionada con el mantenimiento del **tono muscular** y la **postura**.

Se trata de una serie de estructuras muy relacionadas con los **HACES ESPINOCEREBELOSOS** que ya estudiamos en la médula. Las fibras de estos haces se introducen al cerebelo de dos formas:

- **HAZ ESPINOCEREBELOSO VENTRAL (ECV)**, se introduce al cerebelo por el **pedúnculo cerebeloso superior (PCS)**
- **HAZ ESPINOCEREBELOSO DORSAL (ECD)**, se introduce al cerebelo por el **pedúnculo cerebeloso inferior (PCI)**

Además también recibe información de la extremidad superior mediante las **FIBRAS CUNEOCEREBELOSAS**, que representa a las fibras de la **columna de Clarke** por encima de C8. Estas fibras también penetran al cerebelo por el **pedúnculo cerebeloso inferior**.

Estas fibras llegan al núcleo profundo de este módulo, y además también pueden ir directamente a la corteza

- El **núcleo profundo** del espinocerebelo vermiano es el **NÚCLEO FASTIGIO**.

El espinocerebelo vermiano participa en funciones relacionadas con la **preparación del movimiento** debido a que influye en **zonas axiales y proximales de los miembros**.

Envía multitud de conexiones eferentes procedentes de células corticales de Purkinje que conectan con el núcleo fastigio el cual a su vez enviará una serie de conexiones eferentes en sus diferentes porciones:

- **Porción anterior del núcleo fastigio**. Sus fibras se proyectan por el **pedúnculo cerebeloso inferior (PCI)** y proporcionan fibras a las siguientes estructuras **homolaterales**:
 - **NÚCLEO VESTIBULAR LATERAL**
 - **FORMACIÓN RETICULAR BULBAR**
- **Porción posterior del núcleo fastigio**: Sus fibras se proyectan por el **pedúnculo cerebeloso superior (PCS)** y proporcionan fibras a las mismas estructuras que la porción anterior, pero en este caso **contralaterales**.

De este modo el **espinocerebelo vermiano** inerva estas estructuras de forma **bilateral** mediante el **núcleo fastigio**.

Como modo de recordatorio debemos recordar que ambas mitades del núcleo fastigio se diferencian en lo siguiente:

- **Porción anterior.** Es **homolateral** y sale por el **pedúnculo cerebeloso inferior**
- **Porción posterior.** Es **contralateral** y sale por el **pedúnculo cerebeloso superior**

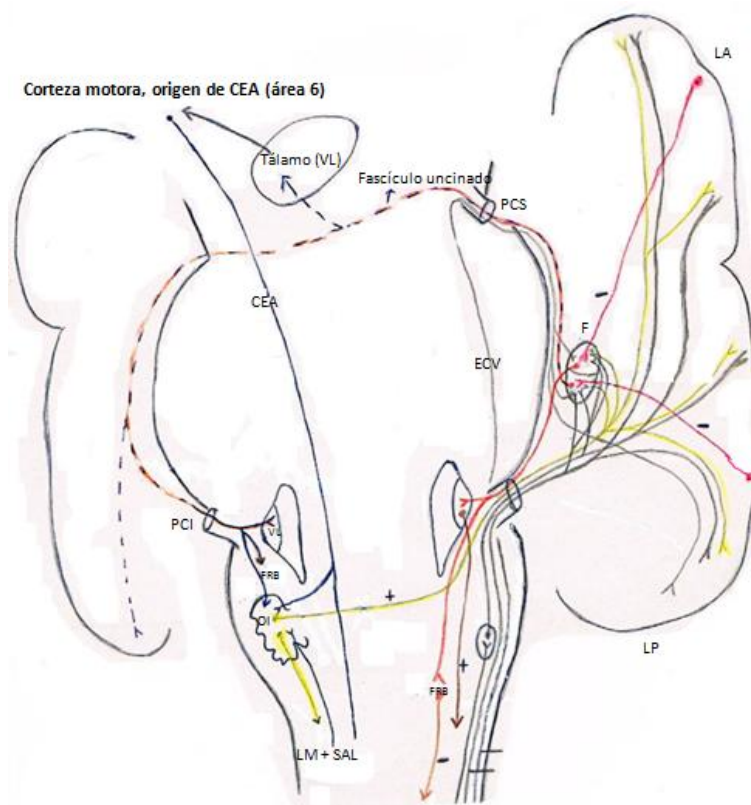
Además de las estructuras que hemos observado, también se ve implicado el **HAZ CORTICOESPINAL ANTERIOR (CEA)** que pertenece a la **vía piramidal** de movimientos conscientes.

El haz corticoespinal anterior influye en la musculatura proximal de los miembros y la musculatura del tronco, y **proporciona fibras a la OLIVA INFERIOR**.

Recordemos:

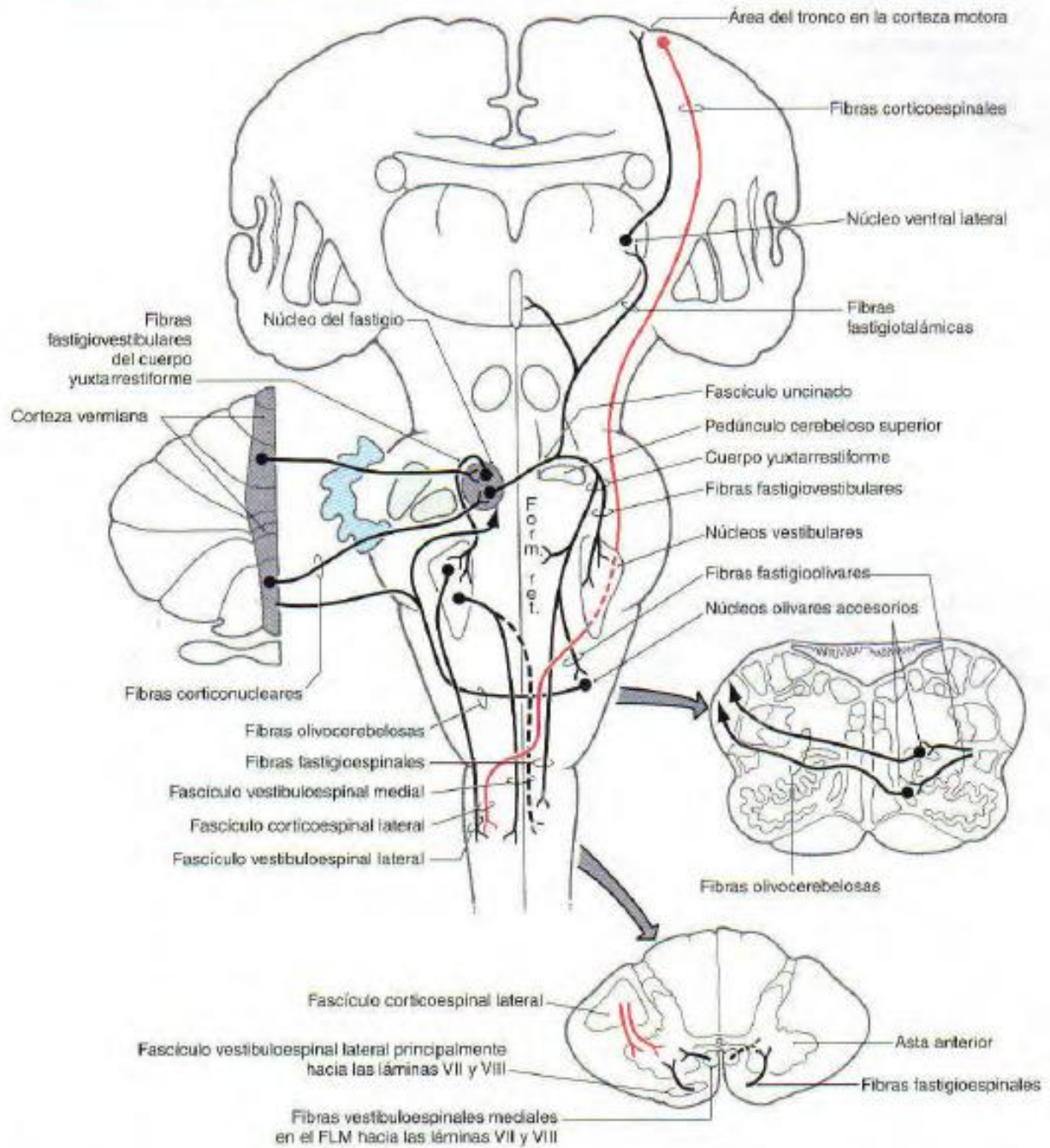
- ✚ La **OLIVA INFERIOR** se encuentra en el bulbo raquídeo y da lugar a las **FIBRAS TREPADORAS**

Las demás fibras que llegan al cerebelo se denominan **FIBRAS MUSGOSAS**, de modo que los haces espinocerebelosos sinaptarán con sus respectivos lugares en forma de fibras musgosas.



Espinocerebelo vermiano. Proyecciones

Espinocerebelo - Zona vermiciana



2. Espinocerebelo paravermiano

El **espinocerebelo paravermiano** es el que consideraremos como **PALEOCEREBELO** propiamente dicho, y se relaciona fundamentalmente con la **precisión de los movimientos conscientes**.

- El núcleo profundo del espinocerebelo paravermiano es el **NÚCLEO INTERPÓSITO** con sus dos porciones:
 - **NÚCLEO GLOBOSO**, más **posterior**
 - **NÚCLEO EMBOLIFORME**, más **anterior**

En la **corteza cerebral**, el **área 4** (área motora primaria MI) origina el **HAZ CORTICOESPINAL LATERAL (CEL)**

Este haz se **decusa** a nivel de las pirámides bulbares y forma el 80% del total de fibras de la vía piramidal. Participa en **movimientos finos conscientes** de las **extremidades distales**.

Al igual que el espinocerebelo vermiano, también recibe información de haces espinocerebelosos, de **propiocepción inconsciente**:

- **HAZ ESPINOCEREBELOSO DORSAL (ECD)**, da fibras a **ambos lóbulos cerebelosos**.
- **HAZ ESPINOCEREBELOSO VENTRAL (ECV)**, da fibras fundamentalmente al **lóbulo cerebeloso posterior**.
- **HAZ CUNEOCEREBELOSO**

Estos haces darán fibras tanto al núcleo interpósito como a sus zonas correspondientes de la corteza cerebelosa.

Los axones del **NÚCLEO INTERPÓSITO** salen del cerebelo por el **pedúnculo cerebeloso superior (PCS)** y se **decusan**.

Desde este punto algunas de las fibras cerebelosas eferentes se dirigen superiormente hasta terminar en la **porción magnocelular** del **NÚCLEO ROJO** del **mesencéfalo**.

Estas fibras se denominan **FIBRAS CEREBELORRÚBRICAS**.

También encontramos **FIBRAS CEREBELOTALÁMICAS** que se dirigen a sinaptar al **NÚCLEO VENTRAL LATERAL DEL TÁLAMO**, para proyectar a zonas de la corteza motora primaria (**área 4**)

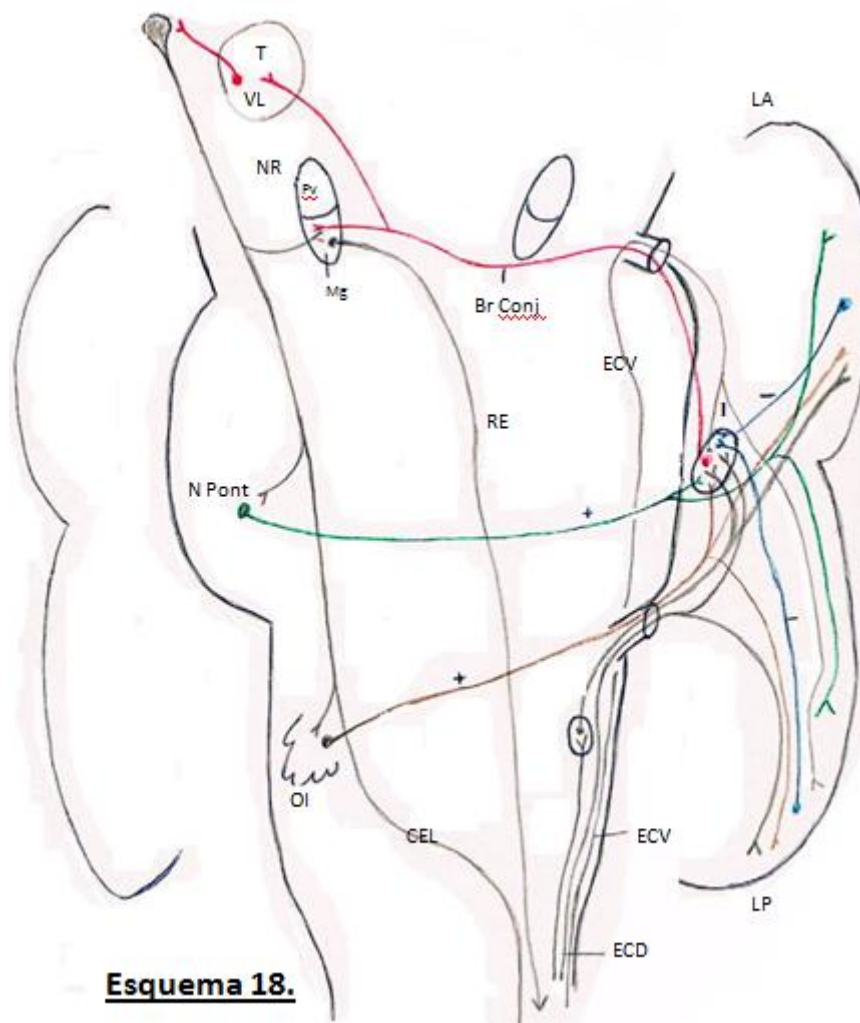
- El **núcleo rojo** emite el **HAZ RUBROESPINAL**, que se **decusa**, es decir inerva el lado **contralateral**. Este haz camina muy **cercano al haz corticoespinal lateral (CEL)** colaborando en la inervación de la musculatura distal.
- El **área 4** ó **motora primaria (MI)** emite el **HAZ CORTICOESPINAL LATERAL (CEL)** que se decusa e influye sobre las motoneuronas que controlan la musculatura distal **contralateral**.

Otras **fibras eferentes** del núcleo interposito viajan hasta la **FORMACIÓN RETICULAR** y hasta la **OLIVA INFERIOR**.

La **oliva inferior** también **emite fibras al cerebelo contralateral**.

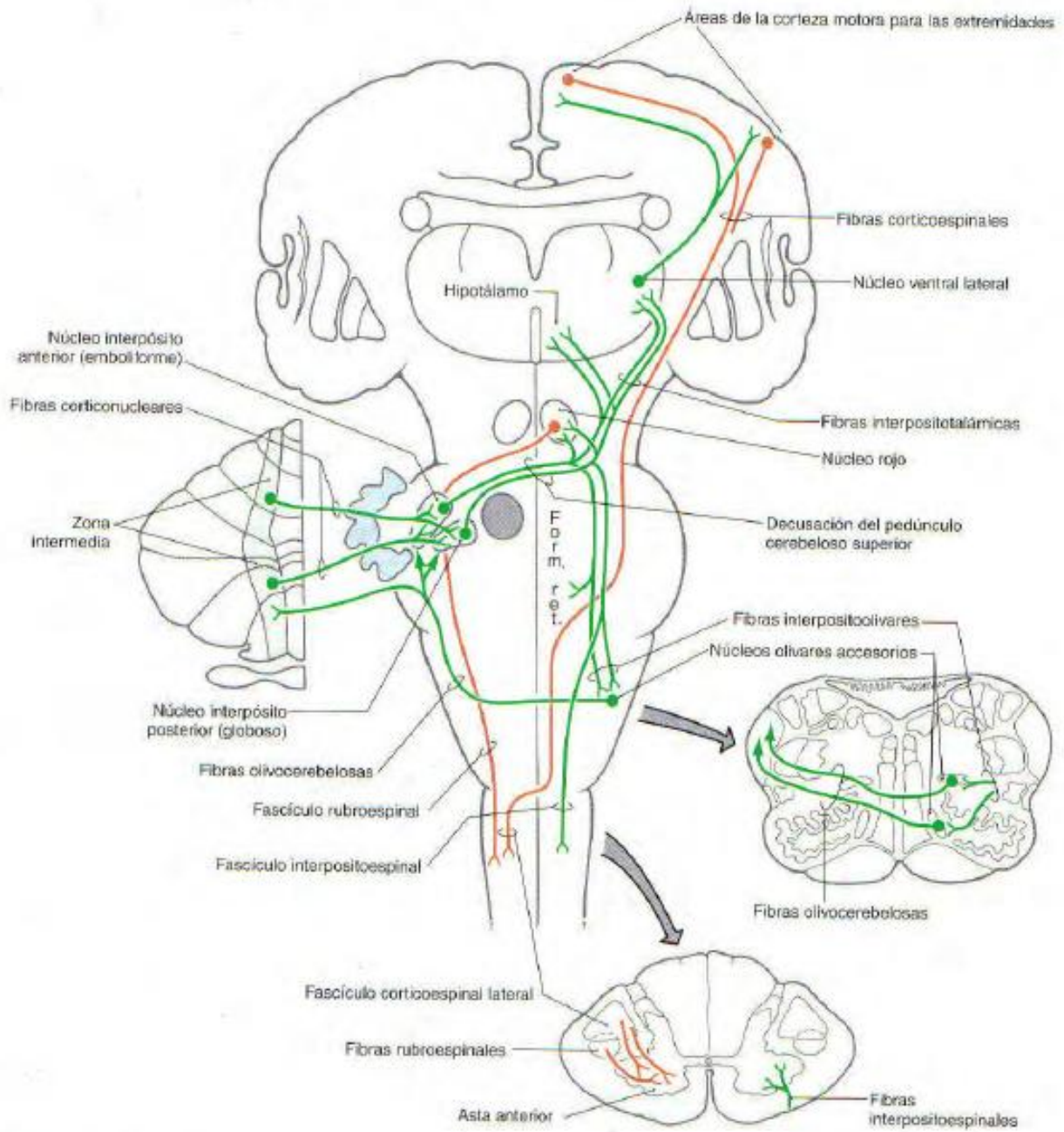
Estos núcleos también reciben **FIBRAS OLIVOCEREBELOSAS** de los **núcleos olivares accesorios** a los que proyectan.

Los **NÚCLEOS DEL PUENTE** reciben **copia de la orden motora** provenientes de la corteza y actúan sobre el **cerebelo contralateral** penetrando por el **pedúnculo cerebeloso medio (PCM)**.



Esquema 18.

Espinocerebelo paravermiano. Proyecciones



Cerebrocerebelo

El **cerebrocerebelo** también es conocido como **NEOCEREBELO** o **PONTOCEREBELO** y corresponde a la parte más lateral de los hemisferios cerebelosos, aunque su límite con el espinocerebelo es difuso.

El cerebrocerebelo se relaciona con procesos de **aprendizaje de habilidades motoras** complejas y **preparación de movimientos**.

- El **núcleo profundo** del cerebrocerebelo es el **NÚCLEO DENTADO** u **OLIVA CEREBELOSA**

La **corteza cerebral premotora (área 6)** conecta mediante cortezas asociativas con el **área 4** y en conjunto darán lugar a la **vía piramidal**:

- **ÁREA PREMOTORA** → Haz corticoespinal anterior (CEA)
- **ÁREA MOTORA PRIMARIA** → Haz corticoespinal lateral (CEL)

Los **NÚCLEOS DEL PUENTE** reciben **conexiones** de estas fibras corticales motoras (**VÍAS CORTICOPÓNTICAS**) y envían conexiones aferentes al cerebrocerebelo.

Los núcleos del puente envían conexiones al **cerebelo contralateral** que penetran por el **PEDÚNCULO CEREBELOSO MEDIO** y dan conexiones al núcleo dentado y además a la corteza correspondiente.

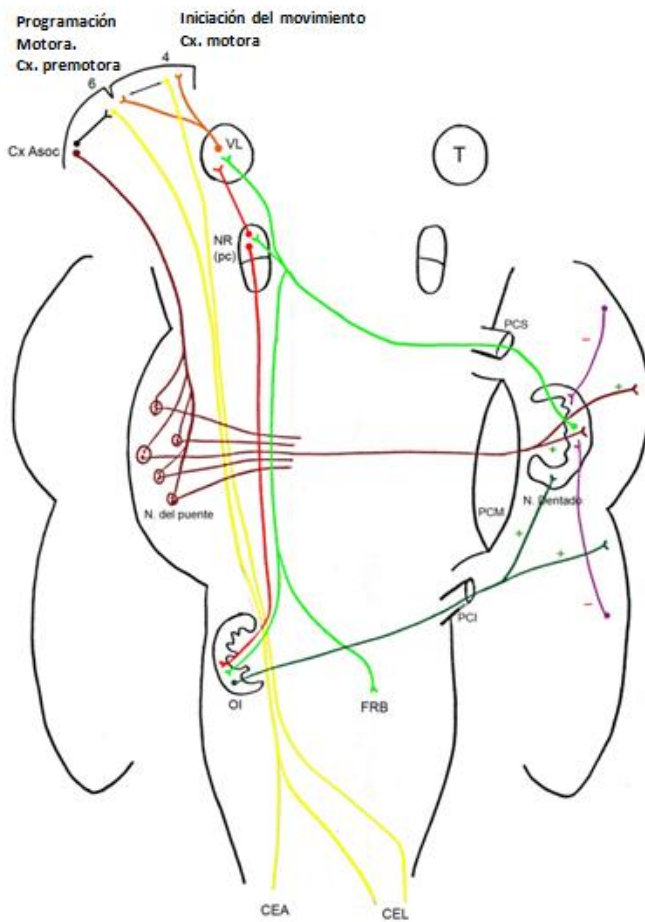
Este módulo también recibe conexiones de la **OLIVA INFERIOR** las cuales también sinaptarán tanto con el núcleo dentado como con la corteza cerebrocerebelosa.

El **NÚCLEO DENTADO** envía sus respuestas eferentes mediante el pedúnculo cerebeloso superior y sus fibras se dirigirán al lado contralateral para sinaptar con las siguientes estructuras:

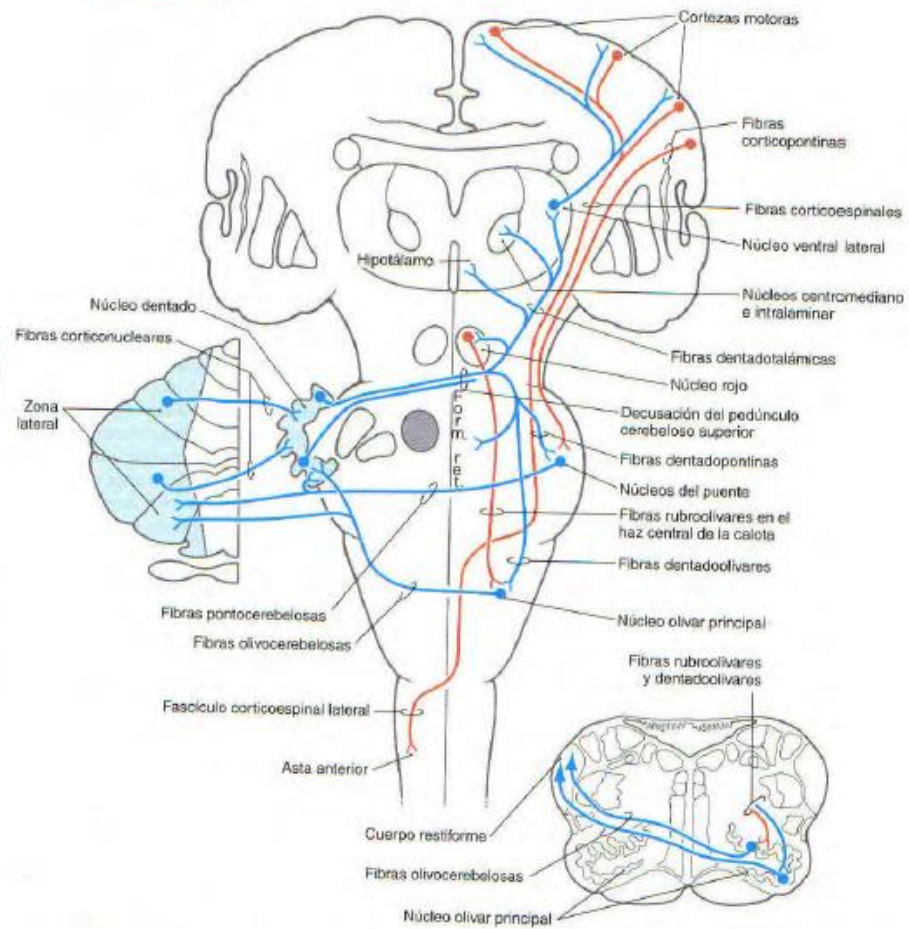
- **NÚCLEO ROJO**, se encuentra en el **mesencéfalo** y las fibras del cerebrocerebelo sinaptan con sus dos porciones:
 - **PORCIÓN MAGNOCELULAR**
 - **PORCIÓN PARVICELULAR**
- **FORMACIÓN RETICULAR BULBAR (FRB)**
- **NÚCLEO VENTRAL LATERAL DEL TÁLAMO (VL)**, que tiene una gran **proyección hacia áreas motoras** de la corteza cerebral.

Hay algunas fibras que se dirigen del **núcleo rojo al tálamo** en forma de **FIBRAS RUBROTALÁMICAS**, aunque la mayoría de fibras que se dirigen al tálamo sortean al núcleo rojo.

Cerebrocerebelo. Proyecciones



Pontocerebelo



Afectación del cerebelo

Una **lesión de la línea media** del cerebelo (como por ejemplo un tumor) provoca la **pérdida del control postural**, y por ello es imposible mantenerse de pie o sentado sin tambalearse a pesar de preservar la coordinación de los miembros.

Debido al patrón de vías tanto homolaterales como contralaterales que entran y salen del cerebelo, las **lesiones unilaterales** de un hemisferio cerebeloso provocan **síntomas EN EL MISMO LADO (homolaterales)**.

Esto contrasta con las lesiones de los hemisferios cerebrales que dan síntomas contralaterales.

Una **lesión cerebelosa unilateral** da lugar a **incoordinación homolateral** del miembro superior (**TEMBLOR INTENCIONAL**) y del miembro inferior que causa una **marcha vacilante**, a pesar de que no hay disminución en la fuerza de los movimientos, ni pérdida de sensibilidad.

La **disfunción bilateral** del cerebelo está causada por numerosas patologías, de las cuales las más prevalentes son:

- Intoxicación etílica
- Esclerosis múltiple
- Hipotiroidismo
- Enfermedad paraneoplásica
- Ataxia (degeneración) cerebelosa hereditaria

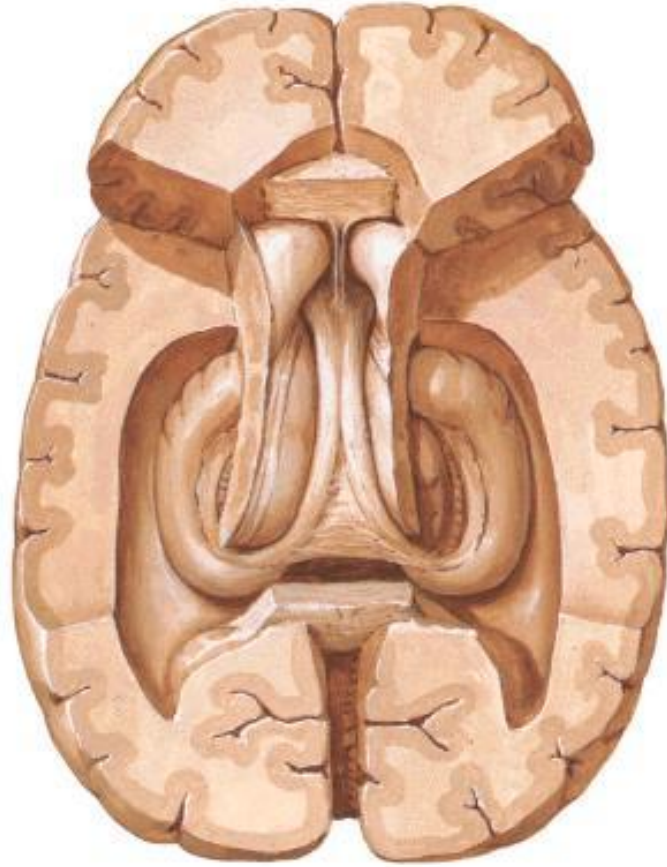
Estas lesiones bilaterales del cerebelo provocan un **lenguaje incomprensible y torpe (DISARTRIA)**, descoordinación de ambos miembros superiores y marcha insegura y tambaleante, ampliando la base (**ATAXIA CEREBELOSA**).

Las **lesiones del cerebelo** también afectan a la **coordinación ocular**, lo que origina **NISTAGMO**, que alcanza su máxima amplitud cuando los ojos se dirigen al mismo lado de la lesión.

Los **tres síntomas** que hemos visto hasta ahora se denominan en conjunto “**TRIADA DE CHARCOT**” y son un claro indicativo de enfermedad cerebelosa.

- **NISTAGMO**
- **DISARTRIA**
- **TEMBLOR INTENCIONAL**

DIENCÉFALO



Neuroanatomía

Índice de contenidos

– Tema 11. Hipotálamo_____	125
– Tema 12. Tálamo_____	141
– Tema 13. Hipocampo y amígdala_____	164

Tema 10. Hipotálamo

Introducción

El **diencéfalo** es una parte del sistema nervioso central que se continúa caudalmente con el tronco del encéfalo. Contiene las siguientes estructuras:

- **HIPOTÁLAMO**
- **TÁLAMO**
- **SUBTÁLAMO**
- **EPITÁLAMO**

Podríamos decir que el diencéfalo es el principal **centro de procesamiento** de la información destinada a **alcanzar la corteza cerebral** desde todas las vías sensitivas ascendentes, a excepción de las olfativas.

El **TERCER VENTRÍCULO** es una estructura muy relacionada con el diencéfalo, y es una gran cavidad que se ubica en su **centro**, y por tanto el diencéfalo constituye las paredes del tercer ventrículo. Esta estructura se comunica con otras del sistema ventricular:

- **VENTRÍCULOS LATERALES**, por arriba, mediante los **AGUJEROS DE MONRO**.
- **CUARTO VENTRÍCULO**, por abajo, mediante el **ACUEDUCTO DE SILVIO**.

Embriología del diencéfalo

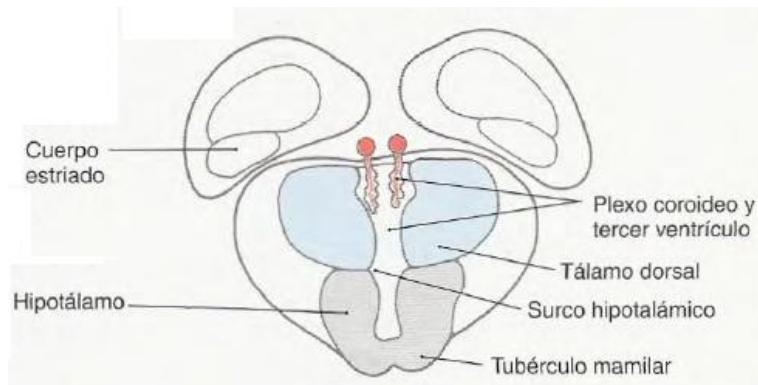
Los grupos celulares que dan lugar al diencéfalo se forman en la **porción inferomedial del prosencéfalo** rodeando al espacio que luego será el tercer ventrículo.

En la pared del tercer ventrículo aparece un surco poco profundo que se extiende en sentido superior desde el acueducto cerebral hasta el borde ventral del agujero interventricular. Esta hendidura es el **SURCO HIPOTALÁMICO**.

El **SURCO HIPOTALÁMICO** divide la placa alar en dos zonas:

- **TÁLAMO**, correspondiente a la zona más **posterior**
- **HIPOTÁLAMO**, correspondiente a la zona más **anterior**

El tálamo crece muy rápido a cada lado del tercer ventrículo y en muchas personas se **fusiona parcialmente** a través de este espacio formando la **COMISURA GRIS** o **ADHESIÓN INTERTALÁMICA** (prevalente en el 80% de la población).

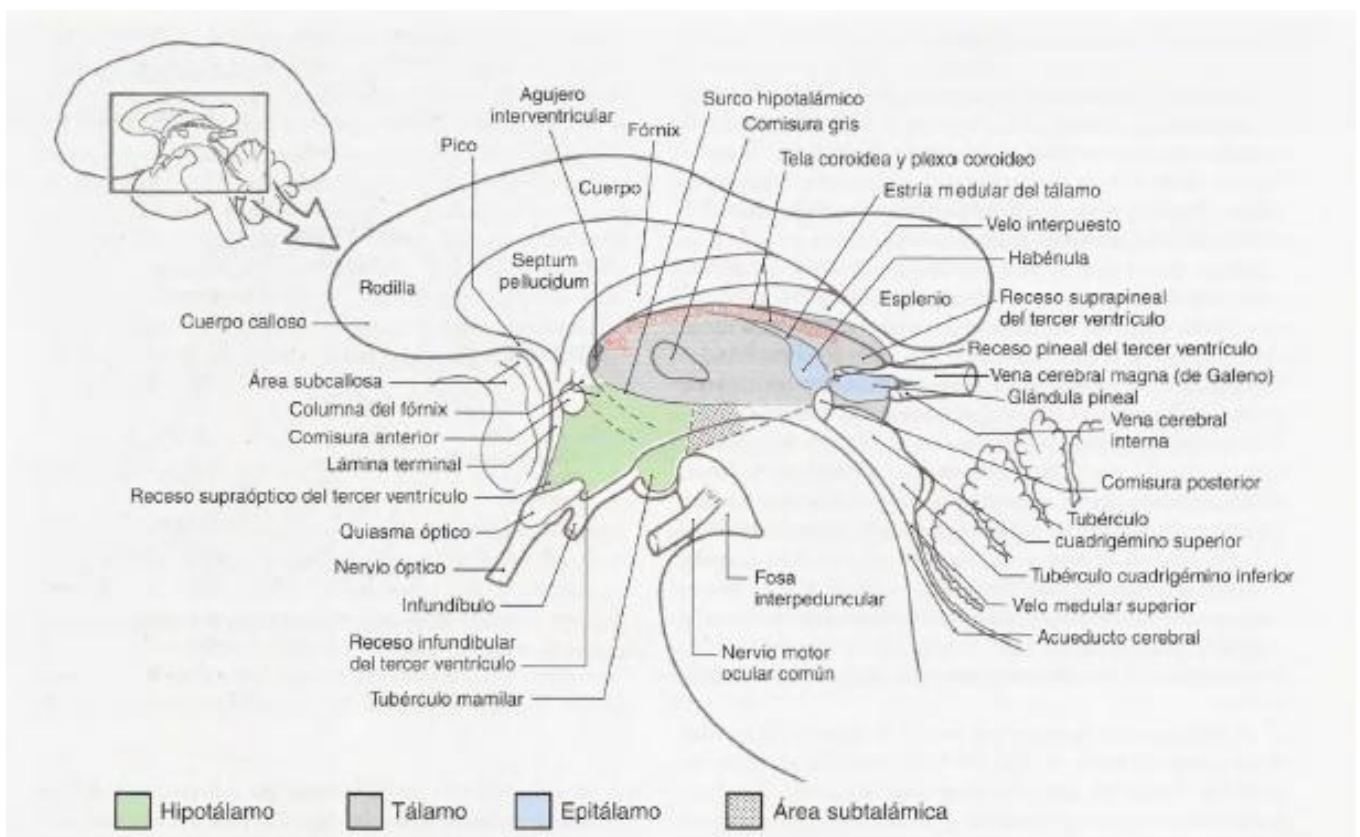


Alrededor del tercer ventrículo se desarrolla el **SISTEMA LÍMBICO** que mantiene la vida del individuo y de la especie y se relaciona con las **emociones y la memoria**.

A medida que va creciendo el diencefalo se reorganiza del siguiente modo:

- **EPITÁLAMO**, se va situando **superior**
- **TÁLAMO**, crece rápidamente y va introduciéndose en el **espesor del diencefalo**
- **HIPOTÁLAMO**, queda **inferior**
- **SUBTÁLAMO**, se va desplazando hacia la **periferia del diencefalo**.

Tras el desarrollo embrionario, el diencefalo queda así:



En el diencefalo encontraremos el **SISTEMA LÍMBICO** que está implicado con varios procesos como las **emociones y la memoria**.

Está formado por estructuras como el hipotálamo y jerárquicamente es bastante superior, aunque sigue estando por debajo de la corteza cerebral.

Divisiones del hipotálamo

El **HIPOTÁLAMO** es una estructura diencefálica localizada por **debajo del SURCO HIPOTALÁMICO**.

Es una estructura **pequeña y ligera** (menos de 1 gramo) cuyas principales funciones están implicadas fundamentalmente con lo visceral:

- **Funciones motoras viscerales**
- **Funciones sensitivas viscerales**
- **Funciones endocrinas**

Tanto él como las estructuras límbicas con las que se relaciona reciben **estímulos sensitivos** del medio interno y a su vez regulan **los mecanismos que modifican este medio interno** mediante cuatro mecanismos:

- Modulación del funcionamiento del **sistema nervioso autónomo**
- **Transducción sensitiva visceral**, al contener neuronas que responden a cambios de temperatura u osmolaridad sanguínea, además de concentraciones hormonales específicas.
- Regula la **actividad endocrina de la adenohipófisis** mediante la liberación de **factores de liberación** (releasing hormones).
- Lleva a cabo una **función endocrina propia** mediante la liberación a la circulación general de **oxitocina** y **vasopresina** desde la neurohipófisis.

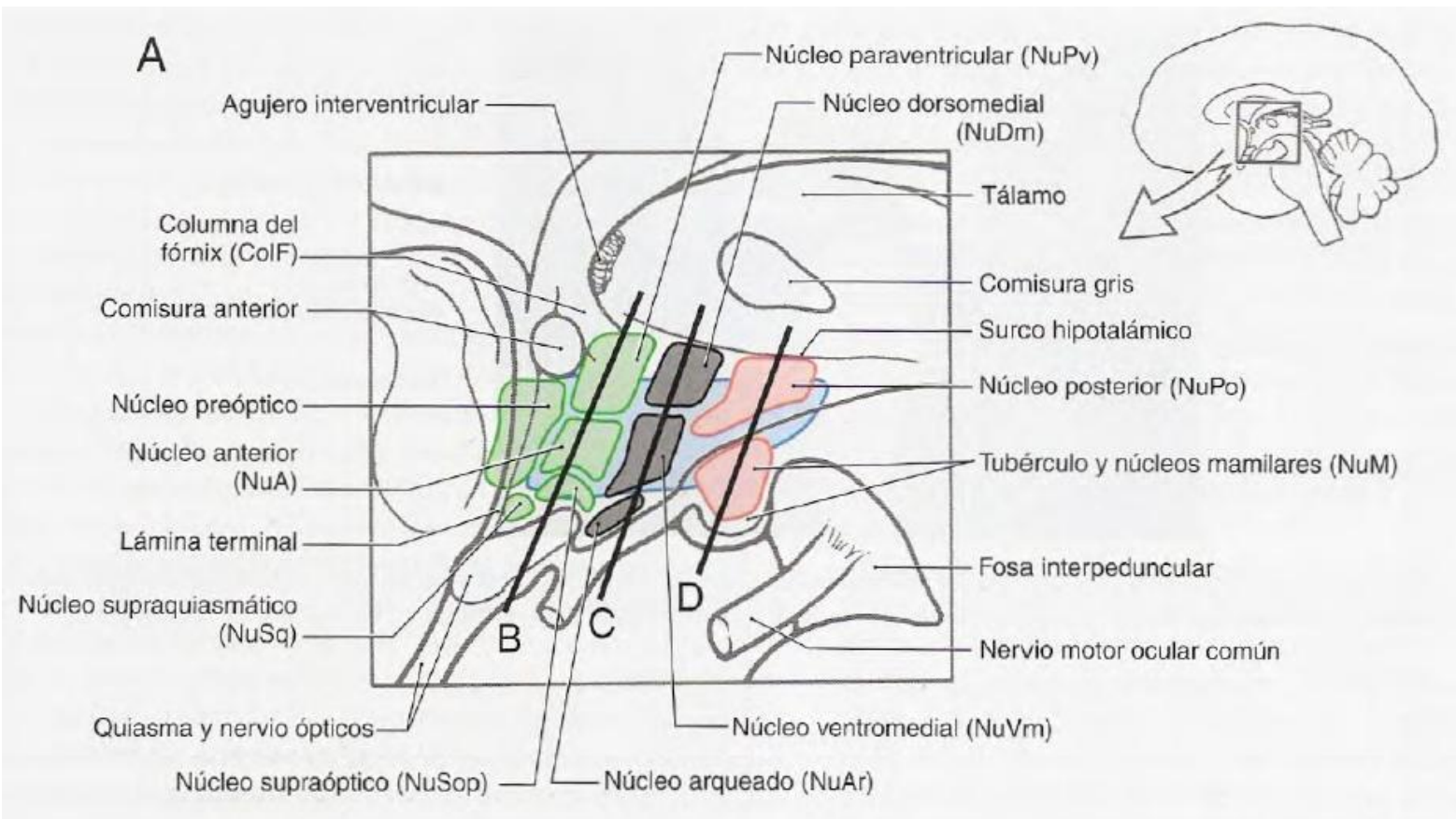
Podemos dividir anatómicamente al hipotálamo en varias porciones según su localización dentro del diencefalo:

- **ZONA PERIVENTRICULAR**, que es la más próxima al tercer ventrículo.
- **ZONA INTERMEDIA o MEDIAL**
- **ZONA LATERAL** (área hipotalámica lateral)

Hipotálamo medial

La zona hipotalámica medial tiene a su vez varias subdivisiones:

- **REGIÓN ANTERIOR (QUIASMÁTICA o SUPRAÓPTICA)**
- **REGIÓN INTERMEDIA (TUBERAL)**
- **REGIÓN POSTERIOR (MAMILAR)**



1. Región anterior

Encontraremos los siguientes núcleos:

- **NÚCLEO SUPRAÓPTICO**, se encarga de secretar **vasopresina**.
- **NÚCLEO PARAVENTRICULAR**, se encarga de secretar **oxitocina**.

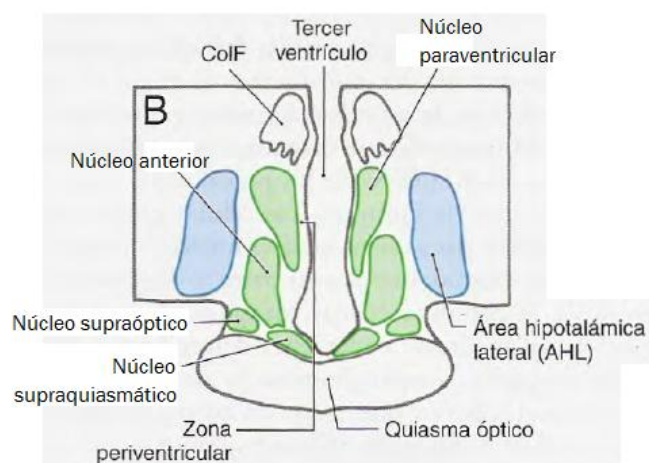
Estos dos núcleos están especializados en la **neurosecreción**; no encontramos dimorfismo sexual entre ellos, es decir, son iguales en ambos sexos.

- **NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO**, está muy relacionado con la retina y se encarga de **regular los ciclos vigilia-sueño**.
- **NÚCLEO PREÓPTICO**, presenta un **marcado dimorfismo sexual**, siendo **más grande en machos** que en hembras, lo que también determina el número de células de este núcleo.

Tiene **función neurosecretora** y además **regula la temperatura corporal**.

- **NÚCLEO ANTERIOR**, es otro núcleo que presenta **dimorfismo sexual**. Parece que está implicado en el **funcionamiento cardiovascular**
- Se divide en otra serie de **NÚCLEOS INTERSTICIALES HIPOTALÁMICOS ANTERIORES (NIHA)**:
 - **NIHA₁**. No existe dimorfismo
 - **NIHA₂**. Es **mayor en machos** hasta los 50 años, y **disminuye en hembras**.
 - **NIHA₃** y **4**. Son **mayores en el varón**.

Se han estudiado diferencias entre NIHA₃ de homosexuales y heterosexuales viendo que son poco significativas



2. Región intermedia (tuberal)

Encontramos los siguientes núcleos:

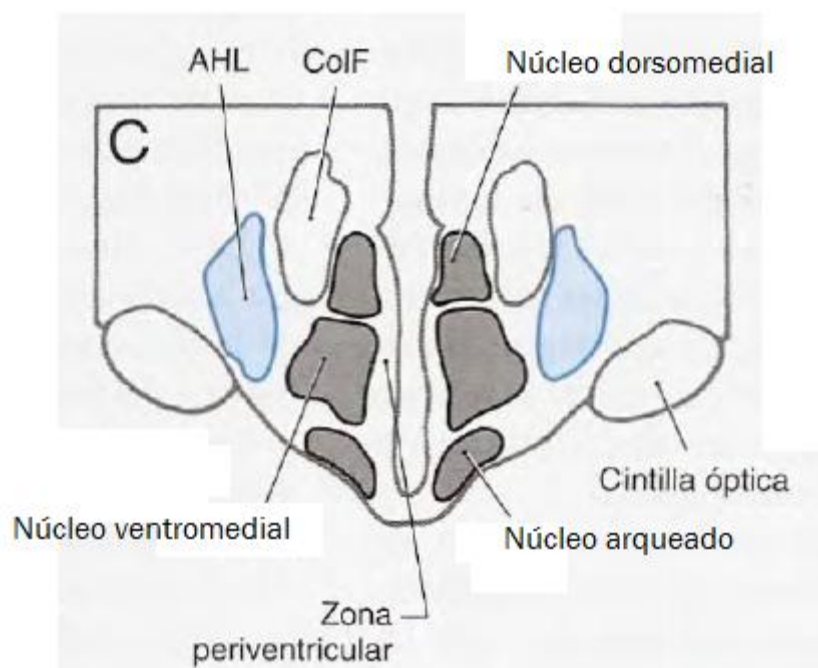
- **NÚCLEO DORSOMEDIAL**, está relacionado con la **emoción**.
- **NÚCLEO VENTROMEDIAL**, que se considera el **centro de la ingesta** de alimentos (regulando la **sensación de saciedad**).

La lesión de este núcleo provoca hiperfagia.

Existe un **dimorfismo sexual**, y encontramos mayor densidad de sinapsis en el varón que en la mujer.

- **NÚCLEO ARQUEADO**, se localiza a nivel del **comienzo del tallo hipofisario** y se encarga de verter péptidos al sistema porta hipofisario; los péptidos liberados pueden ser de dos tipos:
 - **Factores liberadores**. Producen un aumento en la secreción de hormonas específicas en la adenohipófisis. Son las “*Releasing Hormones*”
 - **Factores inhibidores**. Producen el efecto contrario: La disminución en la secreción de hormonas específicas por parte de la adenohipófisis.

Este núcleo tiene función también en el **control de la alimentación**.



3. Región posterior (mamilar)

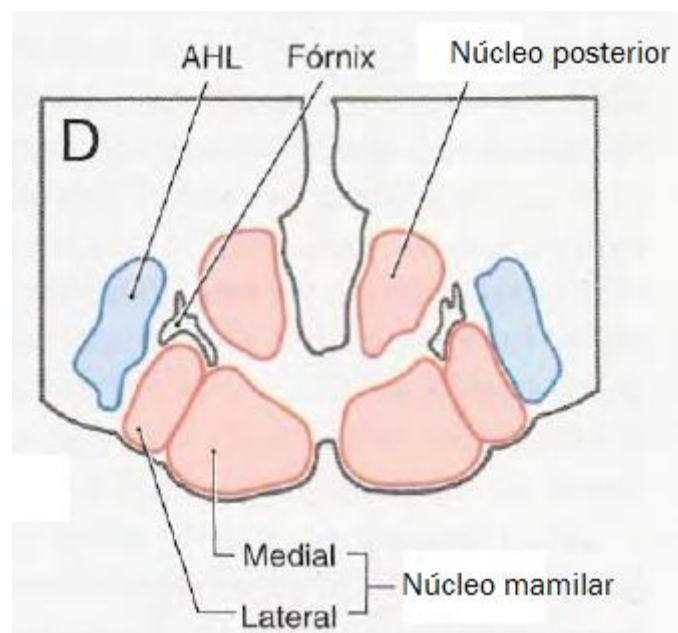
Encontramos una serie de núcleos:

- **NÚCLEO POSTERIOR**, cuyas neuronas intervienen en varios procesos:
 - *Elevación de la presión arterial*
 - *Dilatación pupilar (midriasis)*
 - *Temblor*
 - *Mecanismos de conservación del calor corporal*
- **NÚCLEOS MAMILARES**, en la especie humana están muy desarrollados debido a que están **relacionados con la memoria**, así como el control de varios reflejos relacionados con la alimentación.

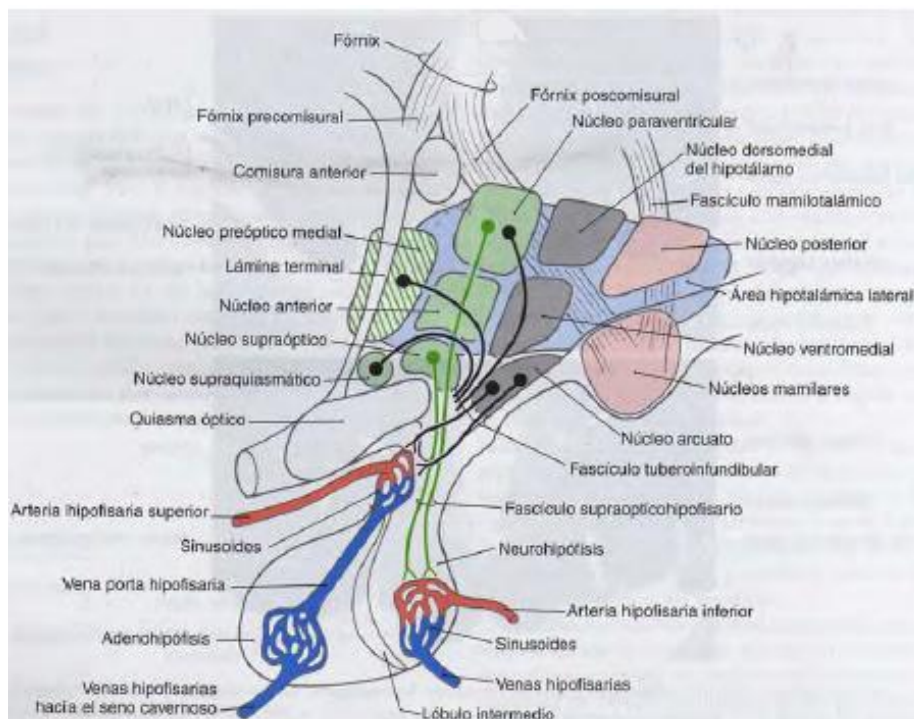
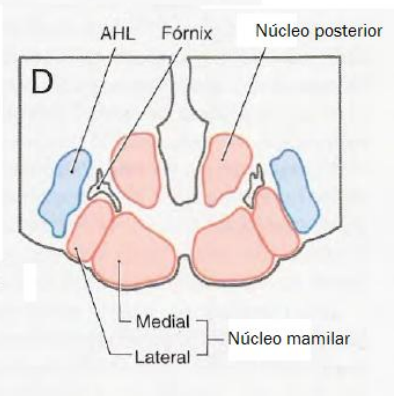
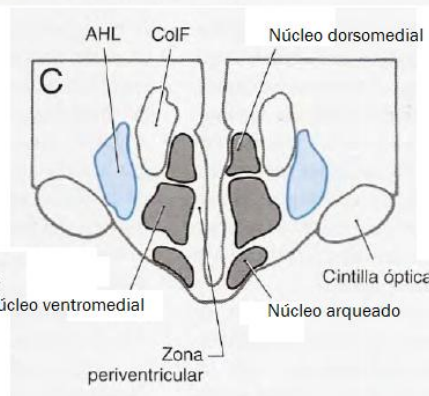
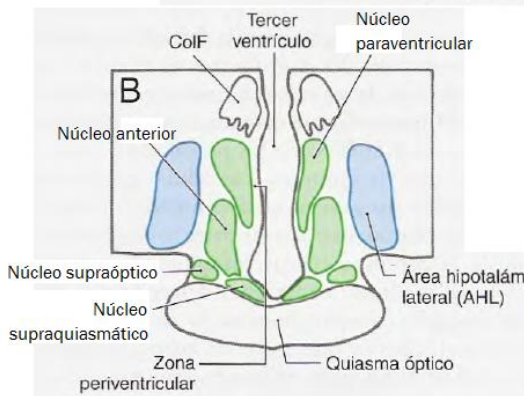
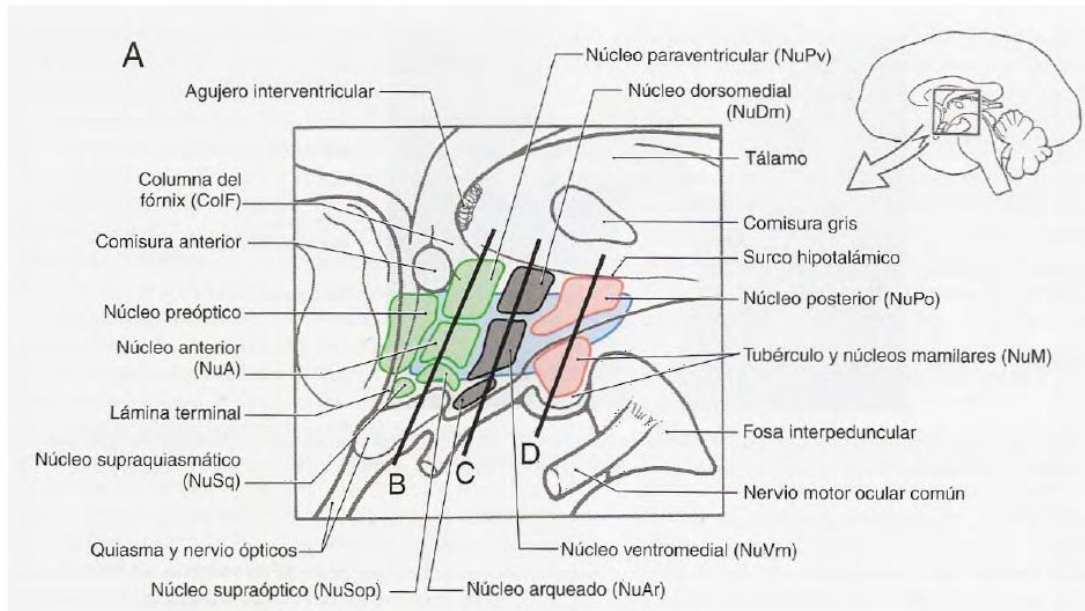
Encontramos dos núcleos mamilares:

- **NÚCLEO MAMILAR MEDIAL**, es el **más grande** y envía conexiones a los núcleos anteriores mediante el **FASCÍCULO MAMILOTALÁMICO**.
- **NÚCLEO MAMILAR LATERAL**, es más **pequeño**

Ambos núcleos reciben impulsos mediante el **FÓRNIX**.



Visión general de los núcleos del hipotálamo medial



Hipotálamo lateral

Es la parte más lateral con respecto al tercer ventrículo. También podemos denominar a esta división **ÁREA HIPOTALÁMICA LATERAL**.

Está compuesto por **agrupaciones difusas de neuronas** entremezcladas con haces de axones orientados longitudinalmente que forman el **FASCÍCULO TELENCEFÁLICO MEDIAL** con una organización difusa en el cerebro humano.

En el área lateral **no encontramos núcleos** aislados con su propia denominación, aunque algunos autores consideran el **NÚCLEO SUPRAÓPTICO** como parte de ella (aquí **NO** lo consideraremos así).

Esta área se encarga de los siguientes procesos:

- **Función cardiovascular**
- **Consumo de alimentos y agua**

El área hipotalámica lateral contiene **neuronas muy similares** a las que podemos encontrar en la **formación reticular**.

Hipotálamo y apetito

Sobre el hipotálamo actúan dos tipos de hormonas relacionadas con el apetito:

- **LEPTINA**. Es una proteína liberada por los **adipocitos**.
Actúa sobre el **NÚCLEO ARQUEADO** (localizado en el hipotálamo medial en su parte tuberal) **disminuyendo la sensación de apetito**.
La leptina es la hormona que **determina la sensación de saciedad** al actuar sobre el hipotálamo.
- **OREXINAS**. Las orexinas o hipocretinas actúan cuando los niveles de leptina descienden y son secretadas por el **ÁREA HIPOTALÁMICA LATERAL**.

Las orexinas **aumentan el apetito**

Por lo tanto tenemos que:

- El **NÚCLEO VENTROMEDIAL** es el centro **estimulador de la saciedad**.

Su lesión bilateral producirá **POLIFAGIA** con obesidad asociada.

- ❖ El **NÚCLEO ARQUEADO** es **sensible a la leptina** y también contribuye a la sensación de **saciedad**.

- El **ÁREA HIPOTALÁMICA LATERAL** es el centro **estimulador del apetito**

Su lesión bilateral producirá **AFAGIA** (anorexia) y **ADIPSIA**.

- ❖ Los **NÚCLEOS DORSOMEDIALES** contribuyen adicionalmente a la sensación de **apetito**.

Conexiones del hipotálamo

Conexiones aferentes

El **FASCICULO LONGITUDINAL DORSAL** asciende desde el **NÚCLEO SOLITARIO** y otras zonas hasta llegar al hipotálamo.

El **HAZ CENTROTEGMENTAL** o **haz central de la calota** es importante y está relacionado con la **FORMACIÓN RETICULAR MEDIAL** o blanca.

La **formación reticular** tiene fascículos por donde van fibras que se dirigen desde sus diferentes secciones hasta el encéfalo donde se introducen y sinaptan con núcleos hipotalámicos, como el **NÚCLEO HIPOTALÁMICO LATERAL**.

El **haz centrotegmental** se continúa con el **FASCICULO PROSENCEFÁLICO** que sinapta con **núcleos hipotalámicos**.

El **FÓRNIX** es un importante fascículo que **nace** de zonas del **COMPLEJO HIPOCÁMPICO**, y es la mayor de las vías que llegan al hipotálamo.

Las zonas del complejo hipocámpico que dan origen al fórnix son dos:

- **HIPOCAMPO**
- **SUBÍCULO**

A medida que el fórnix se acerca a la comisura anterior se divide en dos haces:

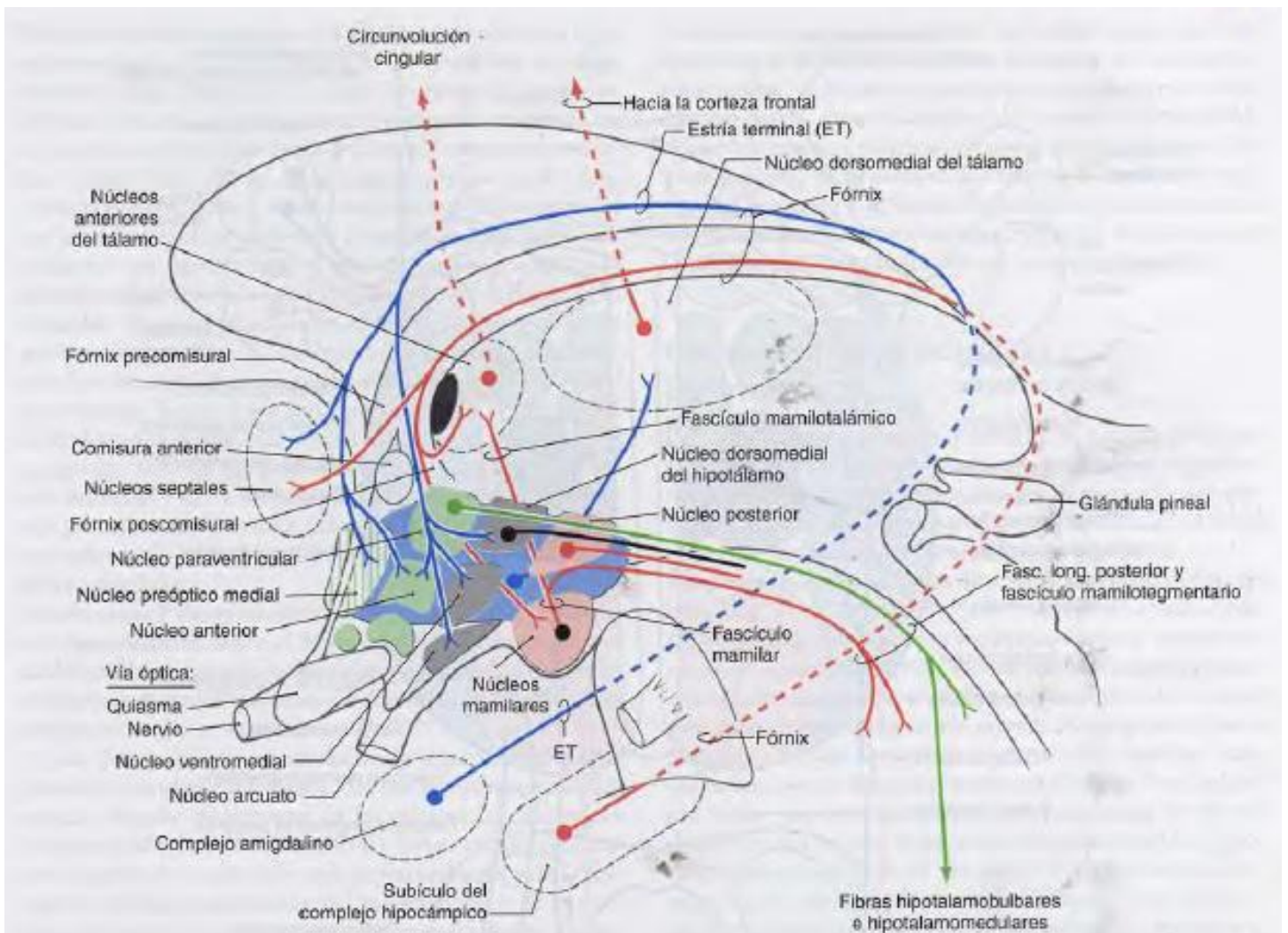
- **HAZ PRECOMISURAL**, es el menor y deriva fundamentalmente del **hipocampo**
- **HAZ POSCOMISURAL**, es más grande y deriva fundamentalmente del **subículo**.

El **FÓRNIX** conecta fundamentalmente con los **cuerpos mamilares** del hipotálamo posterior y tiene relación con la **memoria**.

La **lesión del fórnix** da lugar al **SÍNDROME DE KORSAKOFF** que observamos por ejemplo en casos de alcoholismo crónico, estos individuos no retienen datos nuevos e inventan historias que no han vivido (**fabulación**).

El **NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO** recibe **estímulos luminosos** procedentes de la retina. Las **vías visuales** envían **fibras colaterales** a este núcleo para informar de los ciclos circadianos y **regular el ciclo sueño-vigilia**.

Resumen de las conexiones aferentes



Conexiones eferentes

El **HAZ MAMILOTALÁMICO** es la respuesta del **cuerpo mamilar** al fórnix.

Recordemos que el CUERPO MAMILAR recibía conexiones desde el complejo hipocámpico mediante el FÓRNIX.

- El **cuerpo mamilar** recibe la **conexión aferente del FÓRNIX** y envía una conexión eferente que es el **HAZ MAMILOTALÁMICO**.

Hay conexiones que viajan por el **FASCÍCULO LONGITUDINAL DORSAL** van descendiendo por la formación reticular y se dirigen a varios núcleos del tronco del encéfalo:

- **NÚCLEO MOTOR DORSAL DEL VAGO**
- **NÚCLEO DEL TRACTO SOLITARIO**

Las **FIBRAS HIPOTÁLAMOMEDULARES** e **HIPOTÁLAMOBULBARES** proceden fundamentalmente del **núcleo paraventricular** y descienden por la **formación reticular**. Cada una de estos tipos de fibras terminan en un sitio:

- **FIBRAS HIPOTÁLAMOBULBARES**. Terminan en zonas del área ventrolateral del bulbo:
 - **NÚCLEO MOTOR DORSAL DEL VAGO**
 - **NÚCLEO SOLITARIO**
 - **NÚCLEO AMBIGUO**
- **FIBRAS HIPOTÁLAMOMEDULARES**. Caminan por la zona anterolateral del bulbo para terminar en el **ASTA LATERAL DE LA MÉDULA ESPINAL**, donde encontramos los somas preganglionares del **sistema nervioso simpático**.

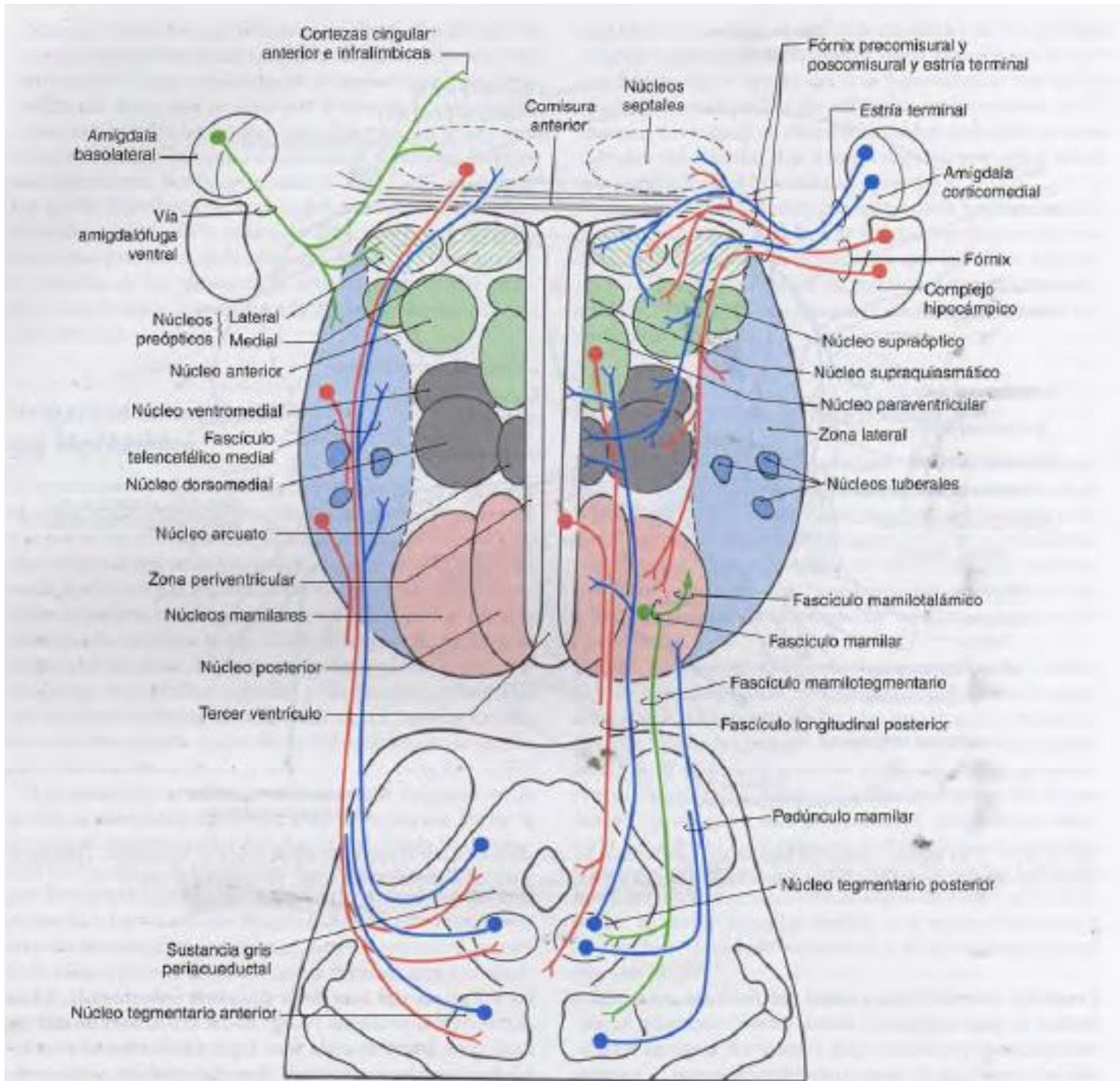
Estas fibras establecen la **conexión** fundamental entre el **hipotálamo** y el **sistema nervioso autónomo**.

Si estas vías se ven interrumpidas, observamos el **SÍNDROME DE HORNER** que ya estudiamos en la unidad 2. Se caracteriza por una pérdida de respuestas simpáticas en el lado **homolateral**.

El **NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO** que pertenece a la zona intermedia del hipotálamo anterior envía **conexiones a la retina**, que recibe también conexiones serotoninérgicas de los núcleos del rafe.

Envía **conexiones a la epífisis** y al **asta intermediolateral** de la médula.

Resumen de las conexiones eferentes



Sistemas hipotálamo-hipofisarios

La hipófisis es un órgano neuroendocrino que tiene doble origen:

- **ADENOHIPÓFISIS**. No tiene origen hipotalámico sino faríngeo (**bolsa de Rathke**). Es la parte más **anterior** de la hipófisis.

Tiene tres lóbulos:

- **LÓBULO ANTERIOR**
- **LÓBULO INTERMEDIO**
- **LÓBULO TUBERAL**

- **NEUROHIPÓFISIS**. Tiene **origen neural** y procede del hipotálamo medio o intermedio.

También está compuesta de tres partes:

- **EMINENCIA MEDIA**, aquí encontramos las células del núcleo arqueado
- **TALLO INFUNDIBULAR**
- **LÓBULO POSTERIOR**

La neurohipófisis conecta con el hipotálamo mediante el **SISTEMA SUPRAÓPTICO HIPOFISARIO** que procede de los **núcleos supraóptico y paraventricular** cuyos axones conectan con plexos del lóbulo posterior.

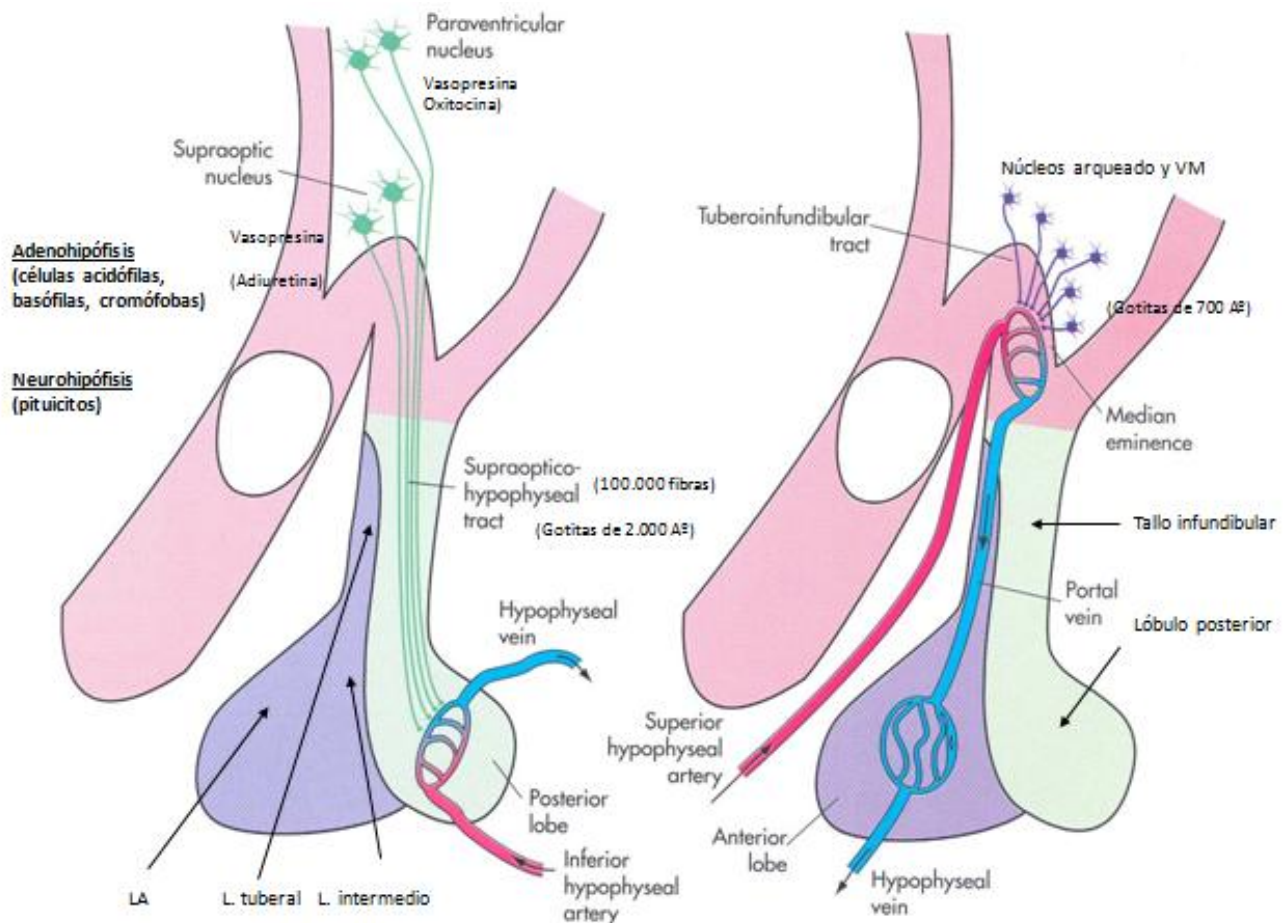
Los axones de estas neuronas conducen **gotículas de vasopresina y oxitocina**.

El **SISTEMA TUBOHIPOFISARIO** procede de los **núcleos arqueado y paraventricular** y también tiene fibras con gotículas que vierten hormonas en el lóbulo anterior.

Estas hormonas se difunden gracias al sistema vascular portal hipofisario:

- El **núcleo paraventricular** se relaciona con las siguientes hormonas:
 - *TSH*
 - *Vasopresina*
 - *Oxitocina*
- El **núcleo arqueado** se relaciona con las siguientes hormonas:
 - *ACTH*
 - *Otras*

La hipófisis se encuentra irrigada por las **ARTERIAS HIPOFISARIAS** que son rama de las carótidas internas.



Patología de la hipófisis

Esta zona está relacionada con el **SÍNDROME DE CUSHING** en la que se da una excesiva producción de **corticotropina (ACTH)** y observamos obesidad en el tronco, cara redonda (cara de luna), estrías violáceas y curvatura en la columna.

El **QUIASMA ÓPTICO** está compuesto por fibras procedentes de los ojos y es donde se **cruzan las vías visuales**.

Se encuentra muy cerca de la hipófisis, por lo que un **tumor hipofisario** puede llegar a **seccionar el quiasma óptico** y los individuos pierden el campo visual lateral.

Epífisis

La epífisis o **GLÁNDULA PINEAL** pertenece al **epitálamo** y actúa sobre la adenohipófisis y el hipotálamo inhibiendo la actividad gonadal.

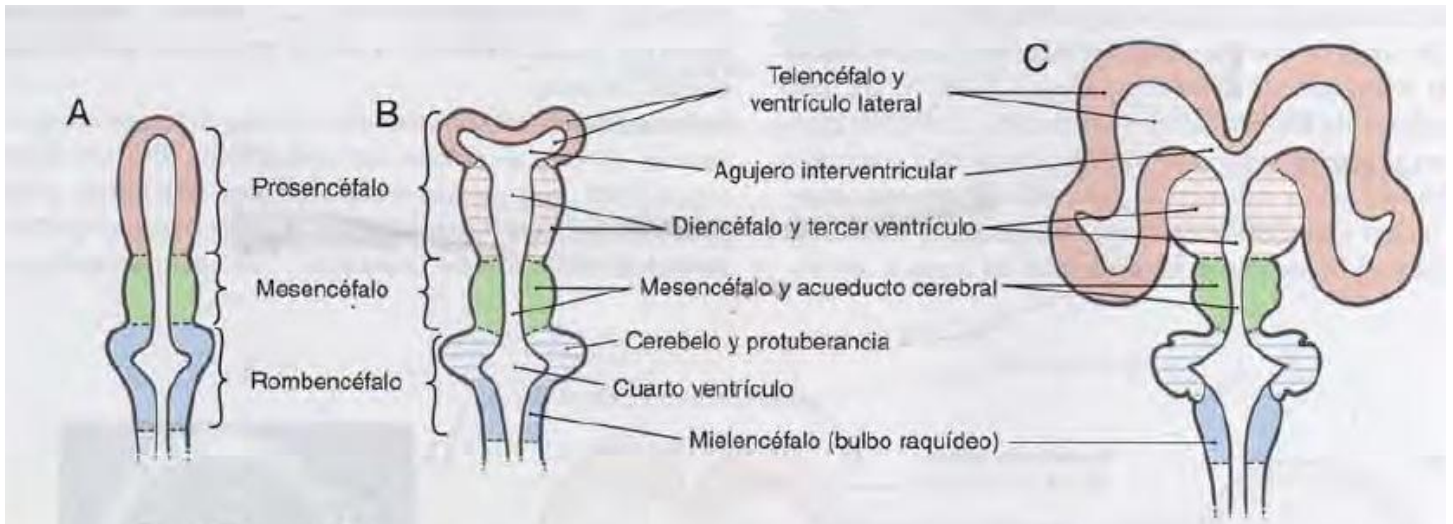
Secreta **MELATONINA** y si administramos esta hormona antes de la pubertad, el tamaño de los ovarios disminuye sensiblemente.

Tema 12. Tálamo

Introducción

Embriología

Recordemos que el diencefalo se forma gracias al **PROSENCÉFALO** que forma tanto los **hemisferios cerebrales** como el **diencefalo**.

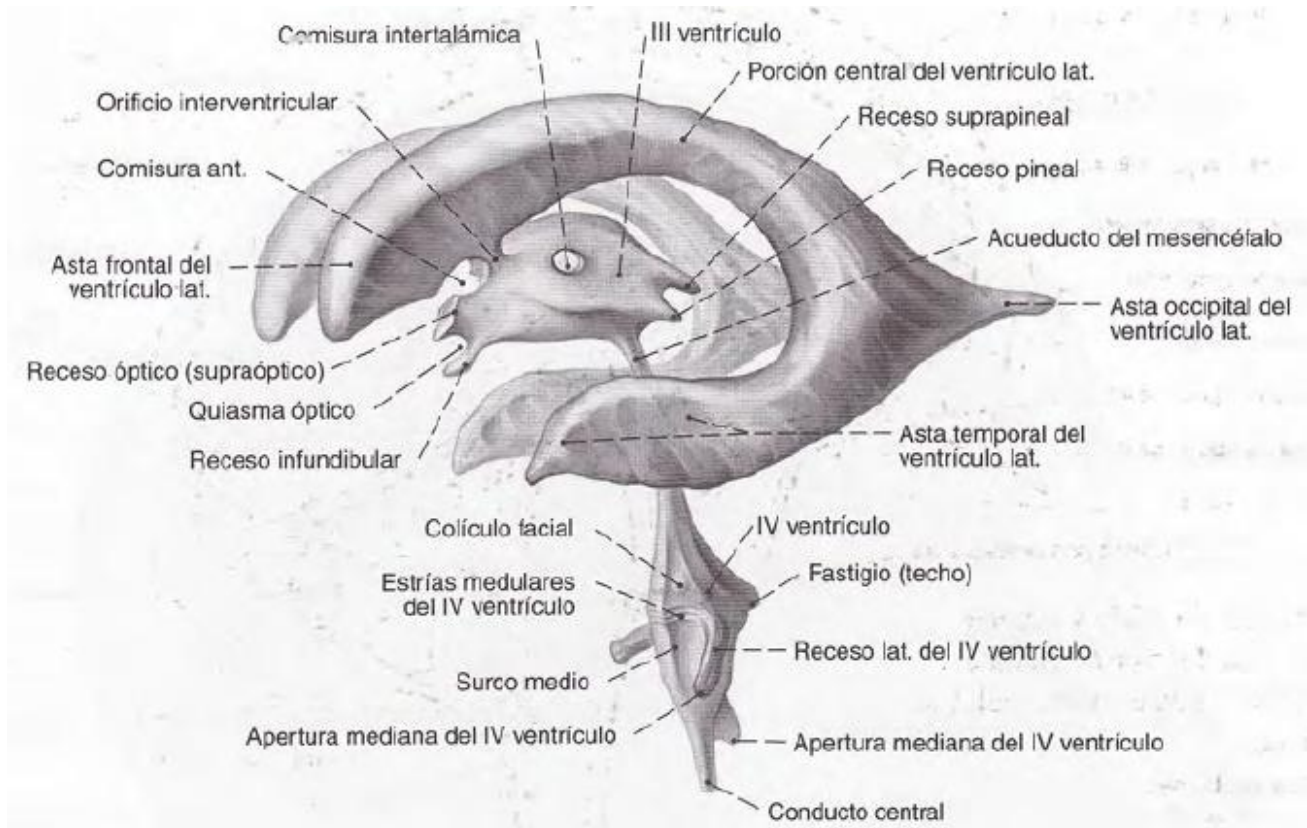


- Las **VESÍCULAS TELEENCEFÁLICAS** dan lugar a los hemisferios cerebrales y rodean al diencefalo.
- El **DIENCEFALO** deriva también del **prosencefalo** y queda en el centro, rodeado por los hemisferios cerebrales.
- El **MESENCÉFALO** queda inferior al diencefalo.
- El **TRONCO DEL ENCÉFALO** que deriva del **rombencéfalo** y queda inferior al mesencéfalo.
- El **CEREBELO** que deriva también del **rombencéfalo** queda caudal al tronco del encéfalo y unido a éste por los pedúnculos cerebelosos.

Los huecos que quedan en el centro del sistema nervioso configuran el **SISTEMA VENTRICULAR** y son fundamentalmente tres:

- Los **VENTRICULOS LATERALES** se localizan ocupando varias porciones de los **hemisferios cerebrales** y tienen una forma aproximadamente de C
 - Los ventrículos laterales se comunican con el tercer ventrículo gracias a los **AGUJEROS DE MONRO** o **INTERVENTRICULARES**.

- El **TERCER VENTRÍCULO** se localiza en el **centro del diencéfalo**, que constituye su pared (concretamente se comunican directamente con el tálamo e hipotálamo).
 - El tercer ventrículo se comunica con el cuarto ventrículo gracias al **ACUEDUCTO DE SILVIO** o **CEREBRAL**
- El **CUARTO VENTRÍCULO** se localiza sobre la **cara dorsal del tronco del encéfalo** y por **debajo del cerebelo**, y tiene varias aberturas que estudiaremos más adelante en la unidad correspondiente.



Tálamo. Generalidades

El tálamo o **TÁLAMO DORSAL** es la mayor de las 4 subdivisiones del diencéfalo y normalmente se compara en forma con un pequeño huevo de gallina.

En conjunto sus neuronas envían **conexiones a todas las áreas de la corteza cerebral**, de forma que algunos núcleos talámicos reciben **aferecias sensitivas** que luego **transmiten al área correspondiente** de la corteza cerebral.

Hay núcleos que reciben información de áreas motoras subcorticales y proyectan a áreas corticales que ejecutan de forma satisfactoria el acto motor.

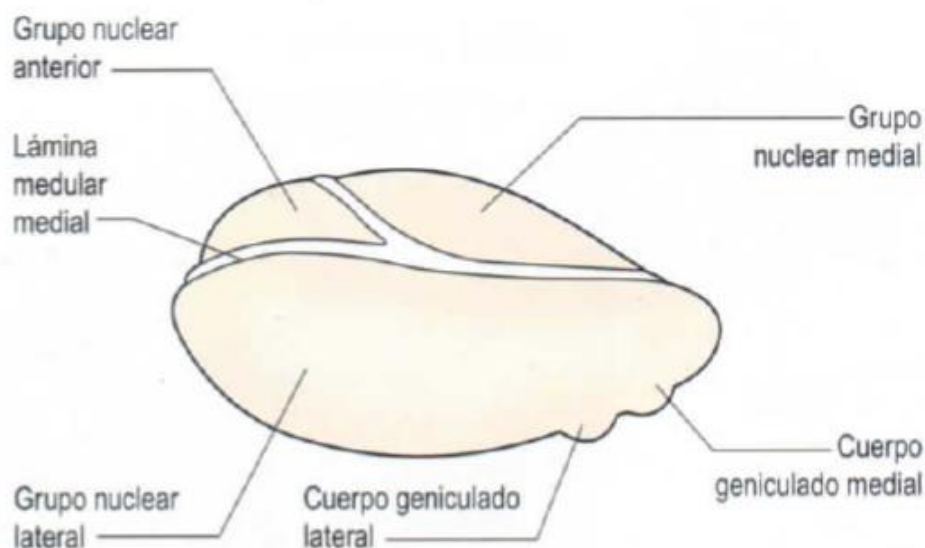
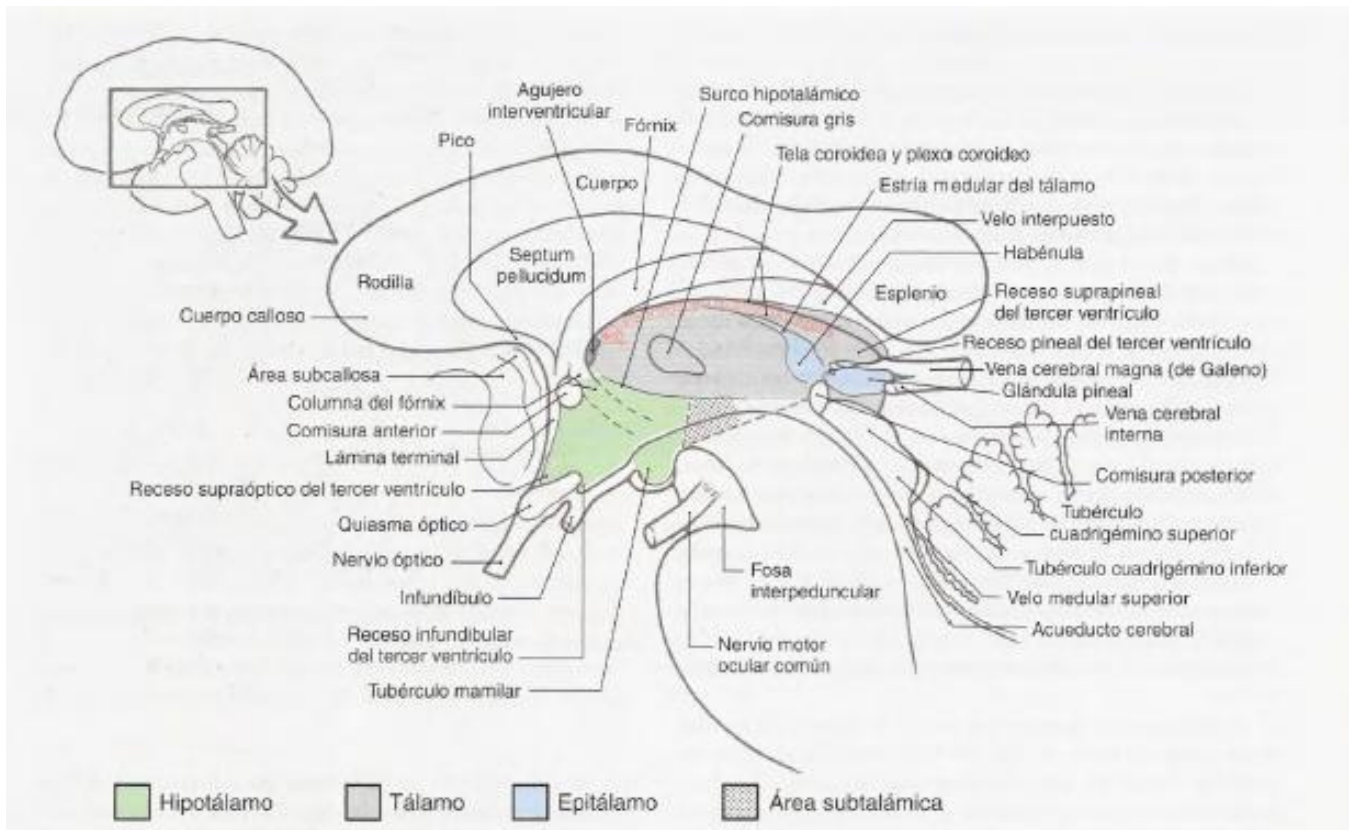
Por último hay núcleos que reciben impulsos difusos y por ello se relacionan de forma más difusa con la corteza cerebral.

Alberto Gómez Esteban

El tálamo consta de una gran acumulación de grupos neuronales que participan en una amplia gama de funciones relacionadas con los **sistemas motor, sensitivo y límbico**.

Las neuronas talámicas de proyección contactan específicamente con la corteza cerebral, de hecho, es mínima la información aferente a la corteza que no ha sido procesada previamente por los núcleos del tálamo.

Casi todas las zonas de la corteza cerebral establecen **conexiones recíprocas** que regresan a la zona talámica de la que recibieron originalmente los impulsos.



El tálamo está cubierto en su cara lateral por una capa de axones mielínicos que denominamos **LÁMINA MEDULAR EXTERNA** que son fibras que entran o salen de la sustancia blanca subcortical.

En esta lámina encontramos grupos neuronales que forman parte del **NÚCLEO RETICULAR DEL TÁLAMO**, que estudiaremos más adelante.

La lámina medular externa delimita la **separación entre los tálamos anterior y posterior**

La **LÁMINA MEDULAR INTERNA** también se trata de una capa de fibras mielínicas que se extiende por el interior del tálamo donde crea separaciones que lo dividen en sus grupos celulares:

- **GRUPO NUCLEAR ANTERIOR**
- **GRUPO NUCLEAR MEDIAL**
- **GRUPO NUCLEAR LATERAL**
- **GRUPO NUCLEAR INTRALAMINAR**

Además hay tres grupos nucleares adicionales:

- **NÚCLEOS TALÁMICOS DE LA LÍNEA MEDIA.** Se localizan inmediatamente por encima del surco hipotalámico
- **NÚCLEO RETICULAR DEL TÁLAMO.** Es una población difusa de neuronas localizadas en la **lámina medular externa**.
- **CUERPOS GENICULADOS.** Se encuentran en la **porción inferolateral del tálamo** y hay dos:
 - **CUERPO GENICULADO MEDIAL**
 - **CUERPO GENICULADO LATERAL**

Hay ocasiones en los que los cuerpos geniculados se toman como una porción **separada del tálamo** que denominaríamos **METATÁLAMO**.

A continuación procedemos a describir todos los núcleos del tálamo.

Núcleos del tálamo

1. Núcleos talámicos anteriores (A)

Este grupo celular consta de un gran núcleo principal y dos núcleos más pequeños que en conjunto forman el **NÚCLEO ANTERIOR DEL TÁLAMO**.

Esta estructura forma una **cuña saliente** en la cara superior del tálamo, siendo inferolateral al agujero interventricular. Este relieve es el **TUBÉRCULO ANTERIOR DEL TÁLAMO**.

Superiormente la **LÁMINA MEDULAR INTERNA** se divide para **encapsular** en parte al **núcleo anterior**.

Este núcleo está implicado fundamentalmente en el control de los **instintos**, en los **aspectos emocionales de la conducta** y en la **memoria**.

2. Núcleo reticular (Rt)

Se encuentra en la parte externa como si fuera una **membrana que recubre al tálamo**.

Sus células se sitúan en el **seno de la LÁMINA MEDULAR EXTERNA**, entre ésta estructura y la cápsula interna.

3. Núcleo dorsomedial (Dm)

El núcleo dorsomedial o **MEDIAL a secas** es **muy grande en la especie humana**.

Es un extenso grupo de cuerpos neuronales constituido por dos grandes porciones:

- **PORCIÓN PARVOCELULAR**, más **inferior**
- **PORCIÓN MAGNOCELULAR**, más **superior**

Además hay una pequeña **PORCIÓN PARALAMINAR** adyacente a la lámina medular interna.

4. Núcleos intralaminares

Se encuentran en el **interior de la LÁMINA MEDULAR INTERNA** formando grupos discontinuos de neuronas.

Dos de sus grupos celulares más destacados son los siguientes:

- **NÚCLEOS CENTROMEDIANOS**
- **NÚCLEO PARAFASCICULAR**

5. Núcleos laterales

Se trata de un gran conjunto de neuronas talámicas que se reúnen en las FILAS DORSAL y VENTRAL.

- **FILA VENTRAL.** Consta de tres núcleos independientes:
 - **NÚCLEO VENTRAL ANTERIOR (VA)**, que tiene dos porciones
 - ❖ **PORCIÓN PARVOCELULAR**
 - ❖ **PORCIÓN MAGNOCELULAR**
 - **NÚCLEO VENTRAL LATERAL (VL)**, con tres subdivisiones
 - ❖ **PORCIÓN ORAL**
 - ❖ **PORCIÓN MEDIAL**
 - ❖ **PORCIÓN CAUDAL**

Estos dos núcleos que acabamos de nombrar tienen importantes **funciones motoras**.

- **NÚCLEO VENTRAL POSTERIOR**, que a su vez consta de dos núcleos:
 - ❖ **NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL (NVPI)**
 - ❖ **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)**

Este núcleo se encarga de transmitir **información somatosensorial** hacia la corteza cerebral.

Los núcleos de la **fila ventral** son los que podríamos considerar como **NÚCLEOS LATERALES** propiamente dichos.

- **FILA DORSAL.** Es un grupo relativamente pequeño que consta de tres núcleos:
 - **NÚCLEO LATERAL DORSAL**
 - **NÚCLEO LATERAL POSTERIOR**
 - **NÚCLEO PULVINAR**, es mucho **más grande** que los anteriores

Los núcleos de la fila dorsal pueden considerarse una **subdivisión al margen de los núcleos laterales**; en este caso los llamaríamos **NÚCLEOS DORSALES**.

6. Cuerpos geniculados

Hay quien los considera pertenecientes al grupo nuclear lateral que acabamos de estudiar, pero aquí los consideraremos como hemos dicho antes, como **METATÁLAMO**.

Como hemos dicho hay dos:

- **CUERPO GENICULADO MEDIAL**, especializado en **impulsos auditivos**.
- **CUERPO GENICULADO LATERAL**, especializado en **impulsos visuales**.

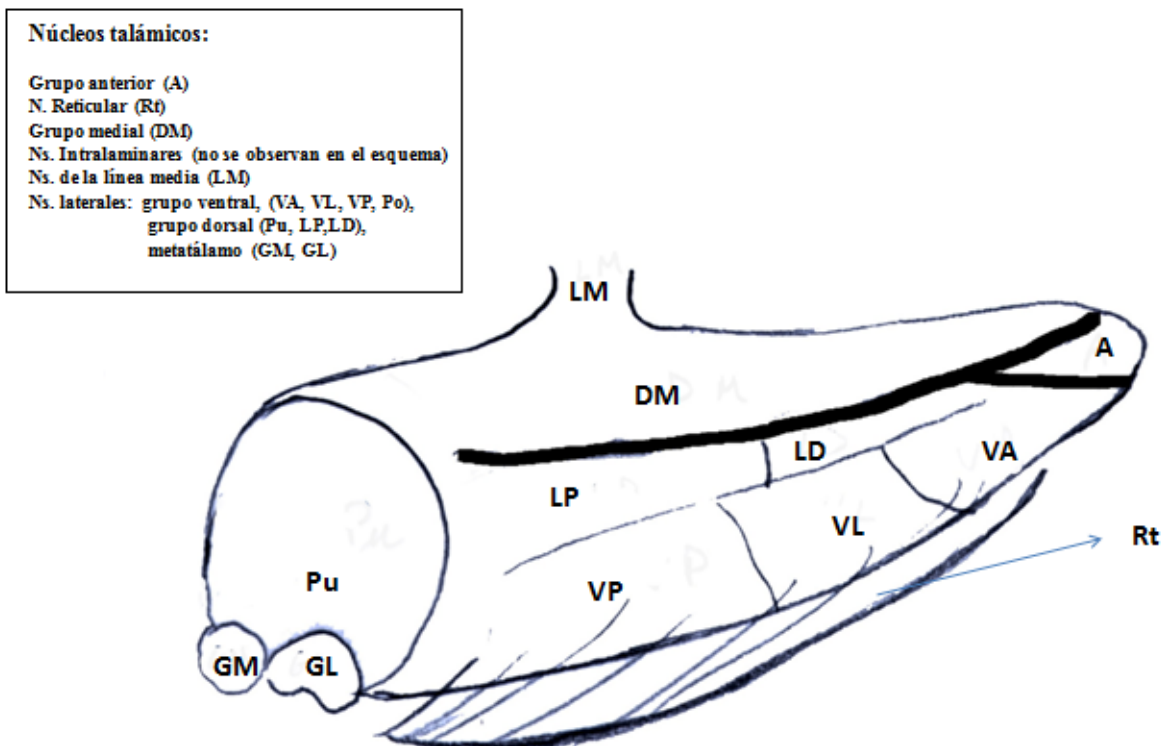
7. Núcleos de la línea media

Son los componentes menos conocidos del tálamo.

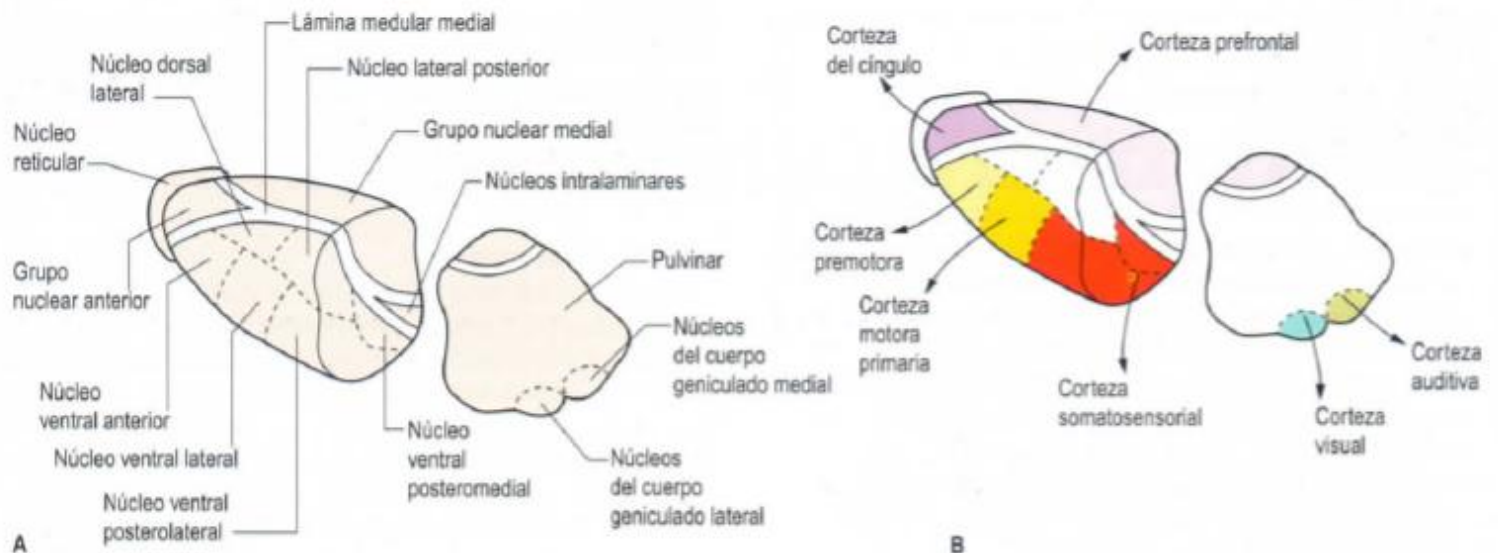
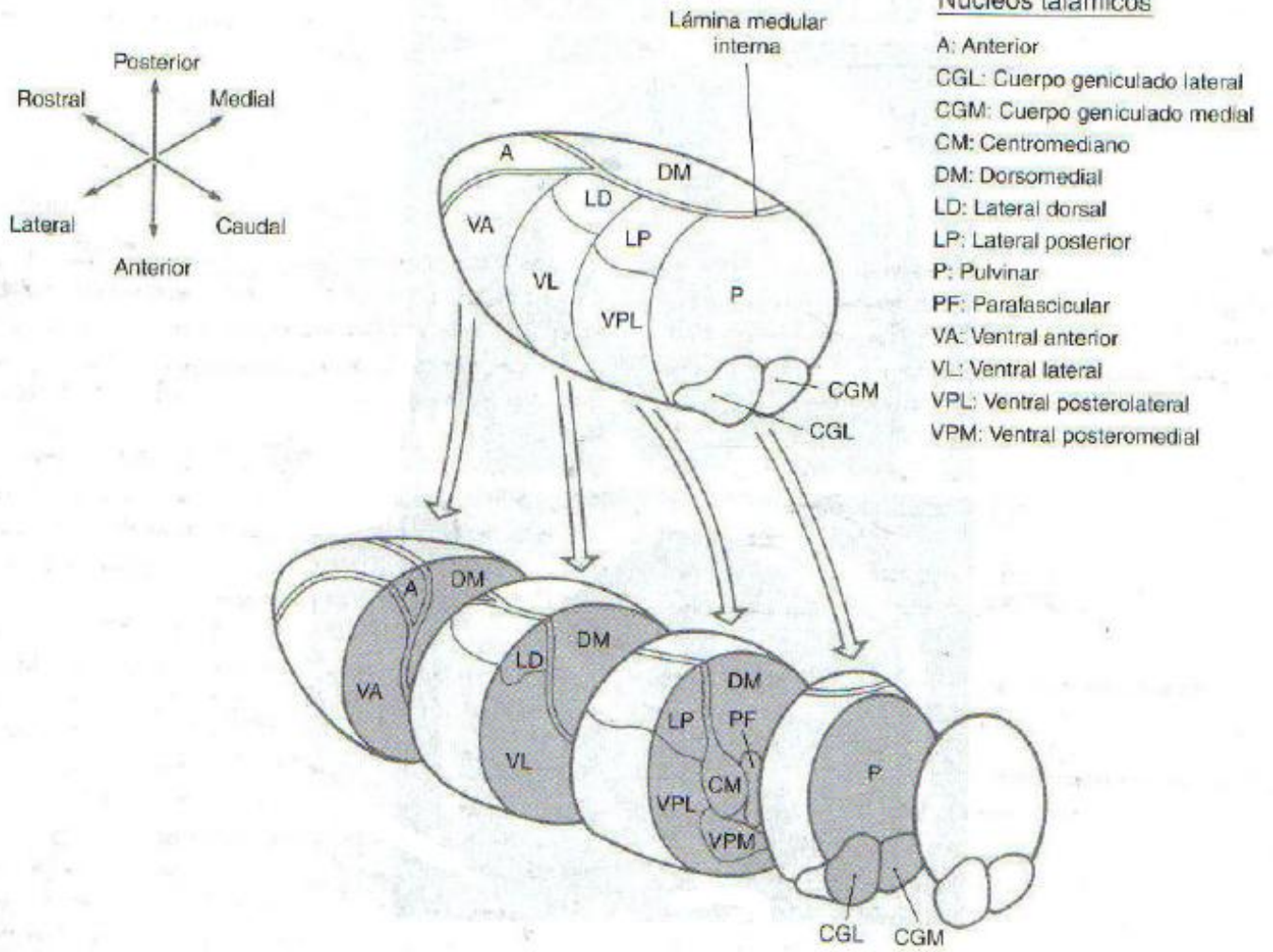
El mayor es el **NÚCLEO PARATENIAL** que se localiza ventral a la porción rostral de la estría medular.

Hay **células asociadas** a la comisura gris o **ADHESIÓN INTERTALÁMICA**.

Se cree que pueden estar implicados en la **regulación de las funciones viscerales**.



Visión general de los núcleos del tálamo



Conexiones del tálamo

Todas las sensaciones llegan al tálamo menos el olfato y después se irradia a la corteza cerebral para su interpretación.

Una **lesión en el tálamo** puede dar lugar al **SÍNDROME TALÁMICO** que se caracteriza por la **interpretación errónea de las sensaciones** ya que por ejemplo un sonido estridente les duele, y sienten dolores a modo de fognazos.

Repasando los núcleos anteriores con sus conexiones observamos principalmente estas conexiones:

Núcleos anteriores

- **Aferencias.** Se relacionan con el sistema límbico y reciben aferencias desde el **CUERPO MAMILAR** del hipotálamo.

La conexión desde el cuerpo mamilar se denomina **FASCÍCULO MAMILOTALÁMICO**.

- **Eferencias.** Este núcleo proyecta principalmente a la **CORTEZA CINGULAR** o circunvolución del cíngulo.

Este núcleo está implicado fundamentalmente en el **control de los instintos**, en los **aspectos emocionales de la conducta** y en la **memoria**.

Núcleo reticular

- **Aferencias.** Recibe dos tipos de fibras colaterales:
 - **FIBRAS TALAMOCORTICALES**
 - **FIBRAS CORTICOTALÁMICAS**

Estas fibras discurren **entre otros núcleos talámicos y la corteza cerebral**.

Núcleos dorsomediales

- **Aferencias.** Las aferencias subcorticales proceden de los siguientes lugares:
 - **HIPOTÁLAMO** – **CUERPO AMIGDALINO**
 - **NÚCLEOS TALÁMICOS**, que incluyen los laterales y los intralaminares.

Existen extensas conexiones recíprocas entre este núcleo y la **CORTEZA PREFRONTAL**.

Este grupo está muy implicado en el control del **estado anímico** y de las **emociones**.

Núcleos intralaminares

- **Aferencias.** Reciben fibras desde los siguientes lugares:
 - **FORMACIÓN RETICULAR** del tronco del encéfalo
 - **TRACTO ESPINOTALÁMICO**
 - **LEMNISCO TRIGEMINAL**
- **Eferencias.** Estos núcleos proyectan hacia las siguientes localizaciones:
 - **CORTEZA CEREBRAL**
 - **GANGLIOS BASALES**, concretamente el núcleo caudado y putamen.

Estos núcleos forman parte del sistema **activador del manto cortical del cerebro**. Si son estimulados la actividad de ondas alfa (α) asociada al reposo y al sueño ligero es interrumpida y el electroencefalograma se desincroniza.

Las lesiones en estos núcleos **reducen la percepción del dolor**, pero también el **nivel de conciencia**.

Núcleos laterales

Estos núcleos son muy **específicos** y por tanto deben ser tratados por separado:

1. NÚCLEO VENTRAL POSTERIOR.

- **Aferencias.** Aquí terminan todas las vías procedentes de la **médula espinal** y del **tronco del encéfalo**.

Estas vías conducen **información sensitiva contralateral** hacia un nivel consciente, lo que incluirá las siguientes vías:

- **TRACTOS ESPINOTALÁMICOS** o **SISTEMA ANTEROLATERAL**
- **LEMNISCO MEDIAL**

Estas dos vías llegan al **NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL (NVPI)** para conducir información desde tronco y miembros

- **LEMNISCO TRIGEMINAL**, conduce información desde la cabeza al **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)**.

La terminación de todas estas fibras en el núcleo ventral posterior sigue una **organización somatotópica**.

El **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)** recibe también **información gustativa** desde los **NÚCLEOS DEL TRACTO SOLITARIO** localizados en el bulbo.

También recibe **información vestibular** desde los **NÚCLEOS VESTIBULARES**.

- **Eferencias.** El núcleo ventral posterior se proyecta hacia la corteza somatosensorial, también denominada **CORTEZA SOMESTÉSICA PRIMARIA** (áreas 3, 1 y 2) localizada en el **giro poscentral** del lóbulo parietal.

2. NÚCLEO VENTRAL ANTERIOR

- **Aferencias.** Recibe aferencias de los **GANGLIOS BASALES homolaterales**.

Estos se originan en el globo pálido medial y en la porción reticular de la sustancia negra.

- **Eferencias.** Este núcleo proyecta a **regiones motoras del lóbulo frontal**, concretamente 2:
 - **CORTEZA PREMOTORA**
 - **ÁREA MOTORA SUPLEMENTARIA**

Este núcleo por tanto es una vía importante por la cual los **ganglios basales influyen sobre el movimiento normal**, y a través de la cual los trastornos de los mismos producen movimientos anormales.

3. NÚCLEO VENTRAL LATERAL

- **Aferencias.** Se originan principalmente desde dos lugares:

- **GLOBO PÁLIDO y SUSTANCIA NEGRA homolaterales**

Estas fibras terminan en la **porción oral (NVLo)** y en la **porción medial (NVLm)** de este núcleo.

- **NÚCLEO DENTADO del CEREBELO contralateral**

Estas fibras terminan en la **porción caudal** de este núcleo (**NVLc**).

- **Eferencias.** Es similar al núcleo ventral anterior debido a que presenta **conexiones recíprocas con áreas motoras del lóbulo frontal**.

La principal conexión de este núcleo es con la **CORTEZA MOTORA PRIMARIA** (área 4) localizada en la circunvolución precentral.

Núcleos dorsales

Funcionalmente son mucho más **inespecíficos** que los núcleos laterales, por lo que en este caso los consideraremos como división aparte:

- **Aferencias**. Reciben aferencias desde el **HIPOCAMPO**.
- **Eferencias**. Envían conexiones a la **CIRCUNVOLUCIÓN DEL CÍNGULO**.

El **NÚCLEO LATERAL POSTERIOR** además tiene conexiones con la **CORTEZA DE ASOCIACIÓN SENSITIVA** del lóbulo parietal.

El **PULVINAR** tiene conexiones extensas con las **CORTEZAS ASOCIATIVAS** de los lóbulos parietal, temporal y occipital.

Cuerpos geniculados

1. CUERPO GENICULADO LATERAL

Recordemos que este núcleo estaba relacionado fundamentalmente con la **visión**.

- **Aferencias**. Recibe conexiones del **TRACTO ÓPTICO** que conduce los axones de células ganglionares retinianas.

Como resultado de la **hemidecusacion** de fibras ópticas en el **QUIASMA ÓPTICO** cada núcleo recibe axones que se han originado en:

- ***Hemirretina temporal homolateral***
- ***Hemirretina nasal contralateral***

Por este motivo es abastecido con información visual relacionada con la **mitad contralateral del campo visual**.

- **Eferencias**. Envía fibras hacia la **CORTEZA VISUAL PRIMARIA** del lóbulo **occipital** mediante dos fascículos:
 - ***PORCIÓN RETROLENTIFORME*** de la cápsula interna
 - ***RADIACIÓN VISUAL***

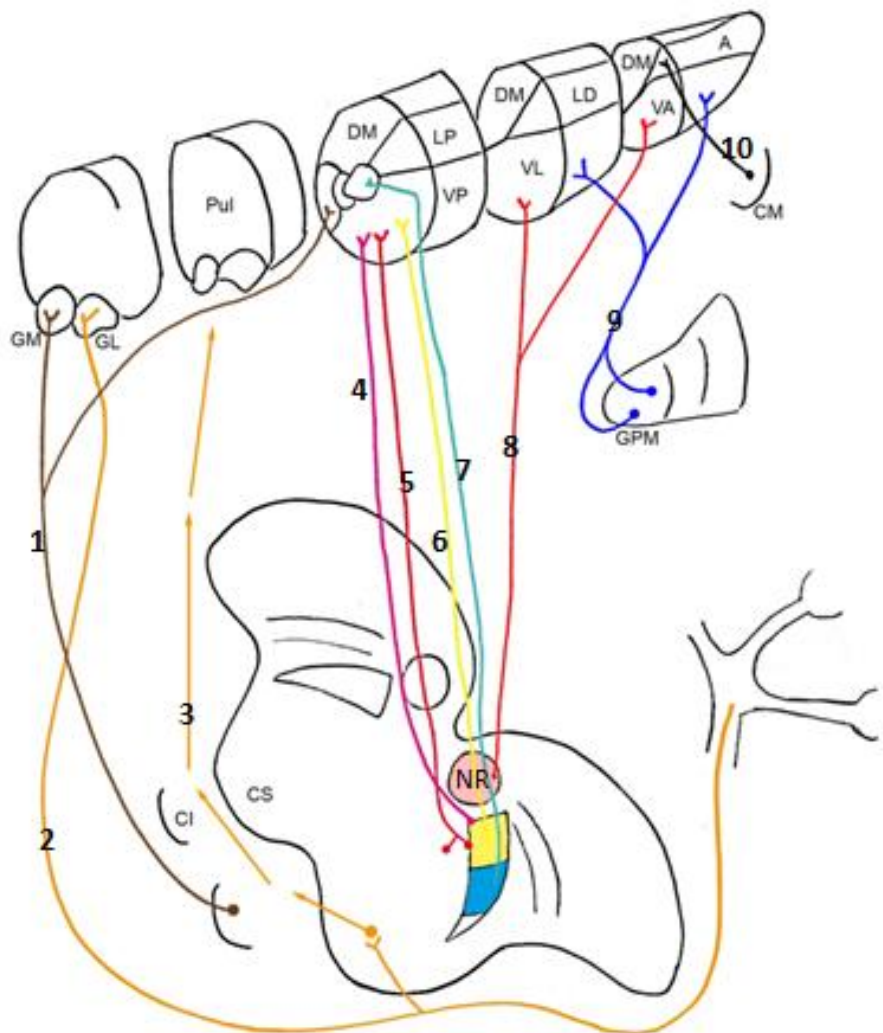
2. CUERPO GENICULADO MEDIAL

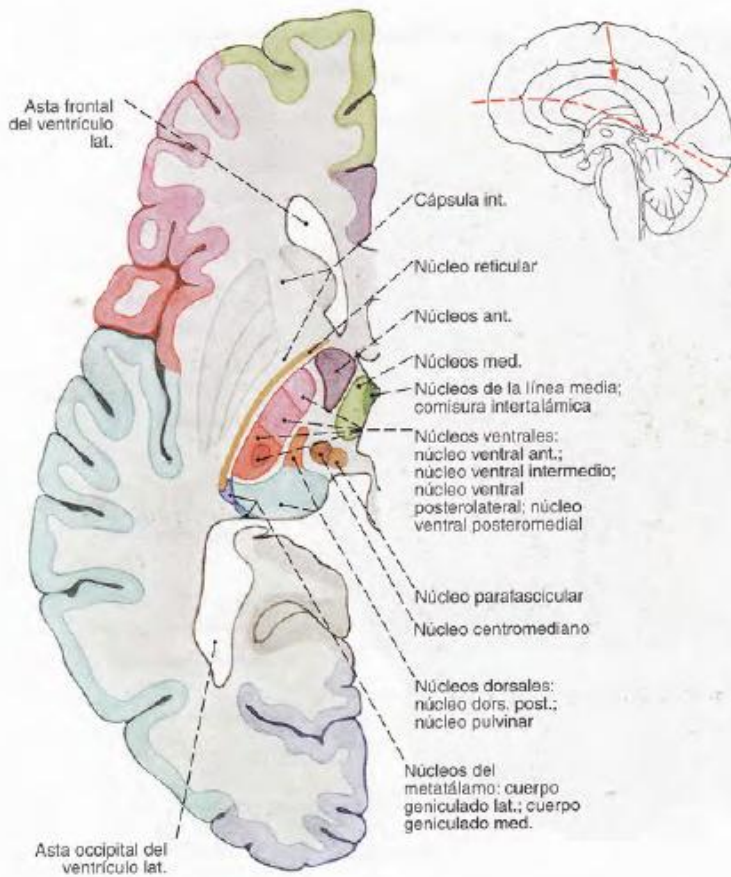
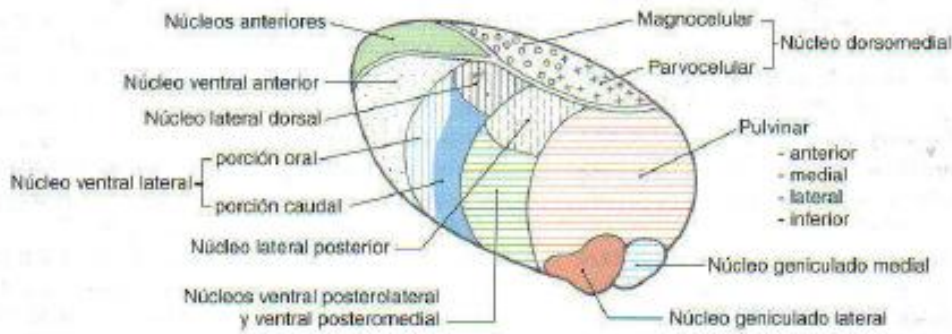
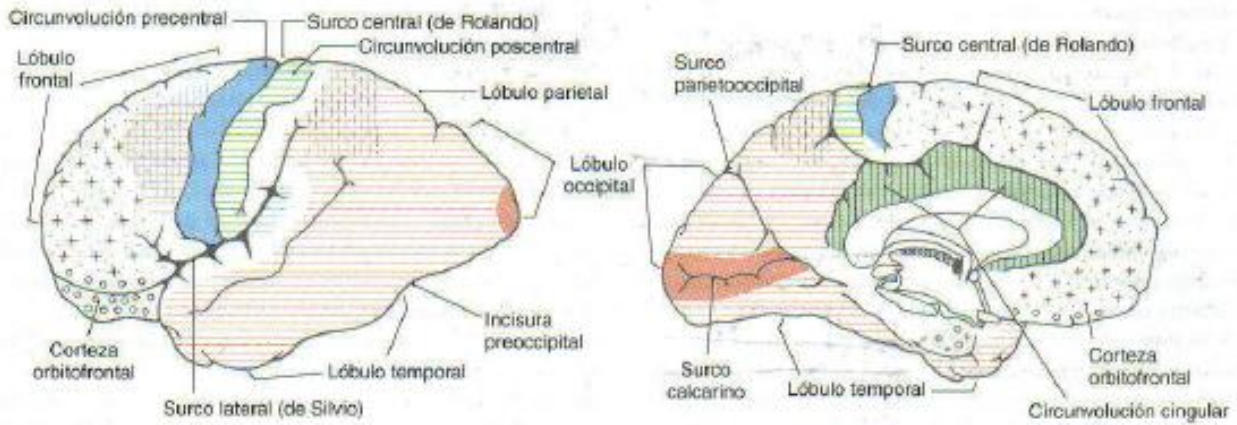
Recordemos que este núcleo estaba relacionado fundamentalmente con la **audición**.

- **Aferencias.** Recibe fibras ascendentes por medio del **COLÍCULO INFERIOR**.
- **Eferencias.** Envía fibras a la **CORTEZA AUDITIVA PRIMARIA** del **lóbulo parietal** mediante dos fascículos:
 - **PORCIÓN RETROLENTIFORME** de la cápsula interna
 - **RADIACIÓN AUDITIVA**

Visión general de las conexiones talámicas

- | |
|--------------------------|
| 1: Vía auditiva |
| 2 y 3: Vía visual |
| 4: Vía gustativa |
| 5: Vías trigeminales |
| 6: Lemnisco medial |
| 7: Sistema anterolateral |
| 8: Brachium conjunctivum |
| 9: Fascículo lenticular |
| 10: Haz mamilotalámico |





a Corte horizontal del hemisferio cerebral izquierdo; visión superior



b Visión lateral del hemisferio cerebral izquierdo



c Visión medial del hemisferio cerebral derecho.

Resumen de las conexiones talámicas

Aquí estudiaremos de nuevo algunas de las vías más esquematizadas y añadiremos algunas nuevas.

1. Vía auditiva

- **Origen.** Colículo inferior
- **Núcleo.** Cuerpo geniculado medial
- **Llegada.** Corteza auditiva primaria (lóbulo parietal)

2. Vías ópticas

- **Origen.** Quiasma óptico → COLÍCULO SUPERIOR
- **Núcleos.** PULVINAR y CUERPO GENICULADO LATERAL
- **Llegada.** Corteza visual primaria (lóbulo occipital)

4. Vías gustativas

- **Origen.** Núcleos del tracto solitario
- **Núcleo.** Núcleo ventral posteromedial
- **Llegada.** ¿Corteza somestésica primaria? (áreas 3, 1 y 2)

5. Vías trigeminotalámicas

Son dos fascículos: **TRIGEMINOTALÁMICO DORSAL** y **TRIGEMINOTALÁMICO VENTRAL**.

- **Origen.** Núcleo espinal del trigémino, localizado en el tronco del encéfalo (pura deducción)
- **Núcleo.** Núcleo ventral posteromedial (NVPm)
- **Llegada.** Corteza somestésica primaria

Conducen información **táctil fina, dolorosa, y propioceptiva consciente de la cabeza**.

6. Sistema del lemnisco medial

Conduce información **táctil fina y propioceptiva consciente** y procede de los núcleos de Goll y Burdach que ya esbozamos en la unidad 4.

La información que conducen **procede del cuerpo**, pero no de la cabeza, ya que de eso se ocupaban las vías trigeminotalámicas.

- **Origen.** Núcleos de Goll (grácil) y Burdach (cuneiforme)
- **Núcleo.** Núcleo ventral posterolateral (NVPI)
- **Llegada.** Corteza somestésica primaria

7. Sistema anterolateral

Recordemos que este fascículo lo encontrábamos ya en la médula espinal y conducía el **tacto burdo y la termoalgesia**.

- **Origen.** Médula espinal
- **Núcleo.** Núcleo ventral posterolateral (NVPI)
- **Llegada.** Corteza somestésica primaria

8. Brachium conjunctivum

Es un sistema procedente del **cerebelo** que emerge del **pedúnculo cerebeloso superior**:

- **Origen.** Núcleo dentado del cerebelo
- **Núcleo.** Llegan a dos núcleos:
 - Núcleo ventral lateral
 - Núcleo ventral anterior
- **Llegada.** Corteza motora primaria

9. Cuerpo mamilar (Fórnix)

Es un sistema que tiene que ver con la **memoria**.

- **Origen.** Cuerpo mamilar
- **Núcleo.** Núcleos anteriores
- **Llegada.** Circunvolución del cíngulo

Todas las fibras ascendentes salvo 2, envían conexiones al tálamo. Estas son las que NO envían:

- FASCICULO LONGITUDINAL DORSAL
- HAZ CENTROTEGMENTARIO

Núcleos de origen subtalámico

- **NÚCLEO RETICULAR DEL TÁLAMO.** Es el más importante
- **NÚCLEOS RELÉ.** Los núcleos relé o de **RELEVO** son núcleos a los que llegan impulsos predominantemente **desde un único origen**, como una vía sensitiva, un núcleo cerebeloso o bien los núcleos basales.

La información entrante es **procesada** y a continuación se envía a una **región circunscrita de la corteza cerebral**, sea sensitiva, motora o límbica.

Los núcleos relé comprenden los siguientes núcleos talámicos:

- **CUERPOS GENICULADOS**
- **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)**
- **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPi)**
- **NÚCLEO VENTRAL LATERAL (NVL)**
- **NÚCLEO VENTRAL ANTERIOR (NVA)**

Es preciso remarcar que aquí **no solo se relevan** las señales nerviosas, sino que **también las procesan**.

- **NÚCLEOS DE LA LÍNEA MEDIA.** Unen un tálamo con el otro
- **NÚCLEOS ASOCIATIVOS.** Estos núcleos reciben impulsos desde **varias estructuras** o regiones corticales diferentes.

Generalmente estos núcleos envían **conexiones hacia más de un área asociativa** de la **corteza cerebral**, esto son áreas que no son sensitivas ni motoras.

Los núcleos asociativos incluyen:

- **NÚCLEO DORSOMEDIAL**
- **NÚCLEO DORSOLATERAL**
- **NÚCLEO POSTEROLATERAL**
- **PULVINAR**

Estos núcleos son como fragmentos de corteza cerebral dentro del tálamo que realizan conexiones entre unas cortezas del tálamo y otras.

El más importante en el hombre es el **NÚCLEO DORSOMEDIAL**.

Conexiones corticales

Existen **vías de la corteza cerebral** que se dirigen al tálamo, pero también dan fibras colaterales al **NÚCLEO RETICULAR**:

- **VÍAS TALAMOCORTICALES**
- **VÍAS CORTICOTALÁMICAS**

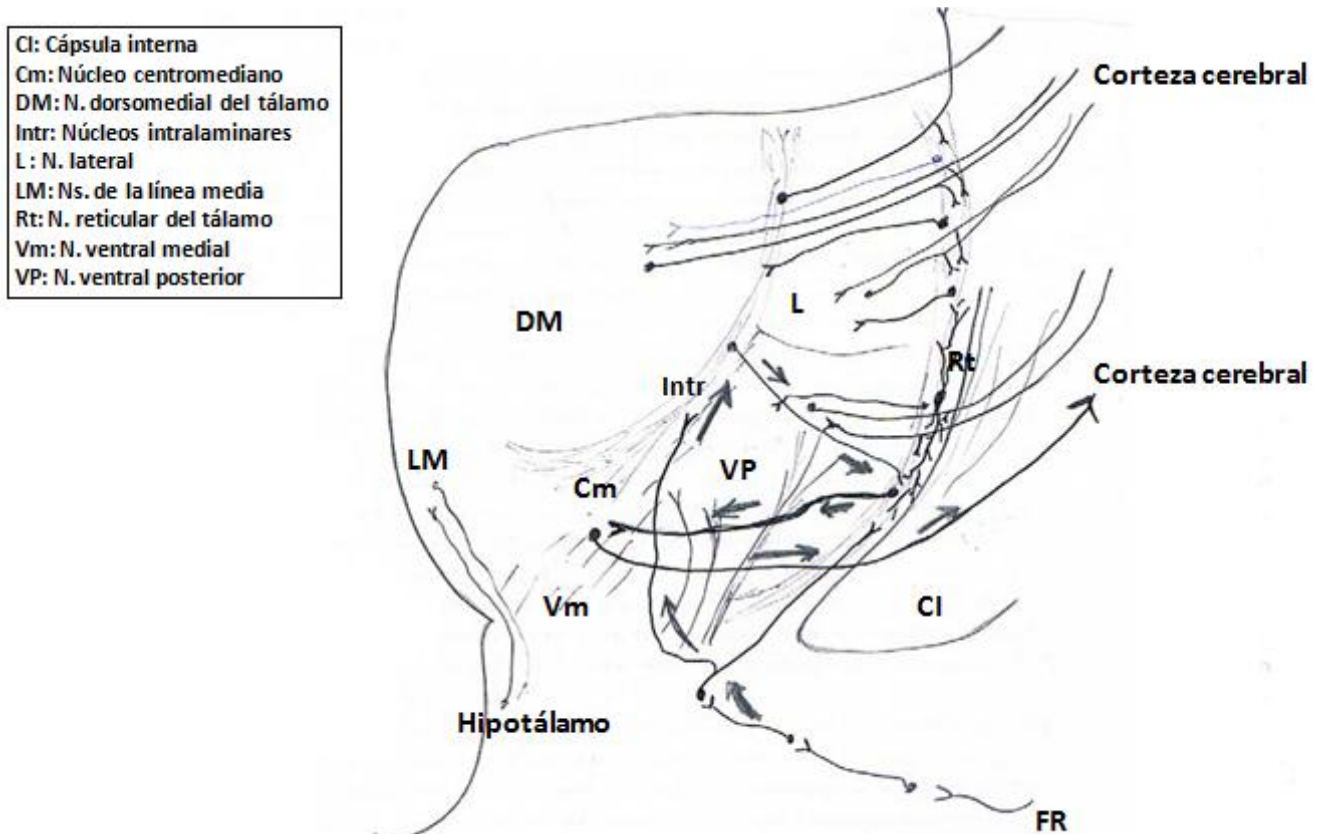
Todos los núcleos talámicos envían información al núcleo reticular ¿Salvo el núcleo anterior?

El **NÚCLEO RETICULAR** no conecta directamente con la corteza cerebral, sino que sus axones van medialmente hacia otros núcleos del tálamo, o bien otras zonas del propio núcleo reticular.

Es el único núcleo del tálamo que no conecta directamente con la corteza cerebral, aunque **si lo hace de forma indirecta** modulando la actividad de otros núcleos talámicos.

Manda conexiones a los **NÚCLEOS VENTROMEDIAL** y **CENTROMEDIAL** con lo que interviene en la **modulación del sueño profundo**.

Las neuronas de este núcleo son **GABAérgicas** y funcionan como marcapasos.



Además del núcleo reticular hay otros muchos núcleos que intervienen en **las conexiones corticales** de forma especial:

- **¿NÚCLEOS DE LA LÍNEA MEDIA?** Envían conexiones hipotalámicas
- **NÚCLEO DORSOMEDIAL.** Existen muchas **conexiones recíprocas** entre este núcleo y la **corteza prefrontal**, funcionando como núcleo asociativo con ésta.

Existen enfermedades en las que quedan afectadas las conexiones recíprocas del núcleo dorsomedial, dándose el **INSOMNIO FAMILIAR GRAVE.**

Los individuos aquejados de esta patología no pueden dormir pero siempre están agotados y somnolientos. Les es imposible entrar en sueño profundo.

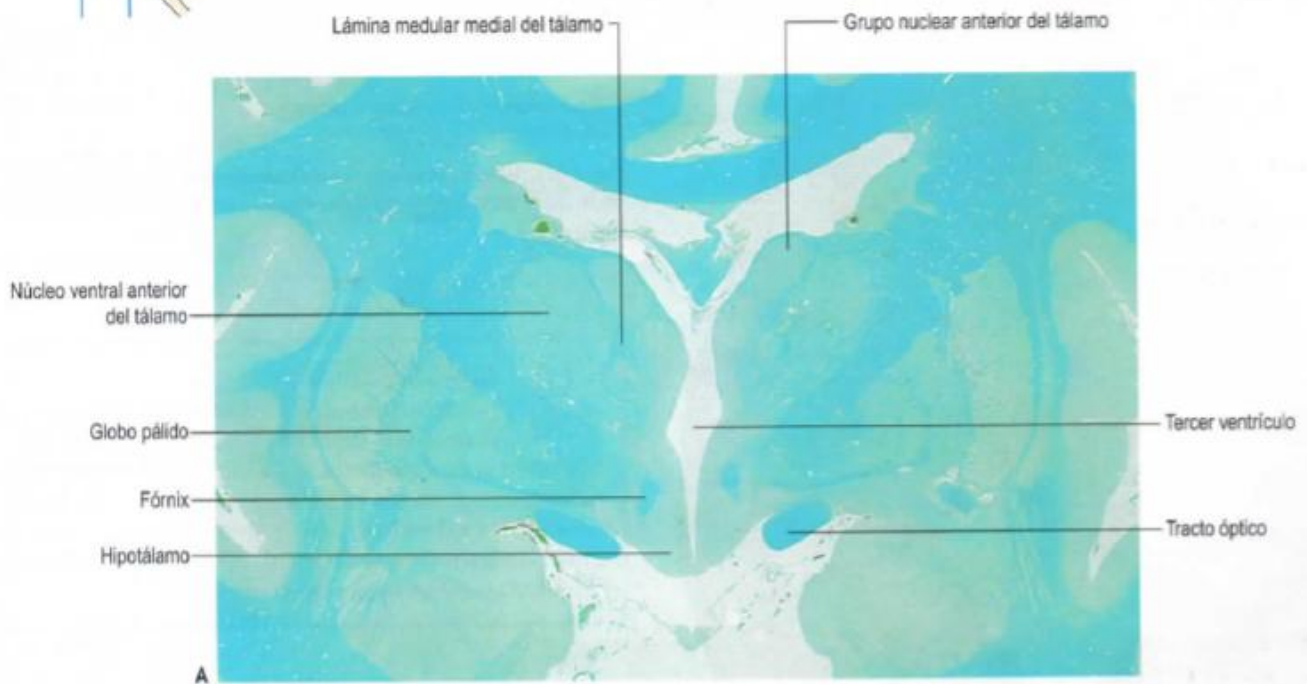
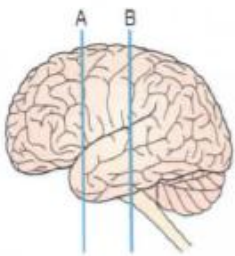
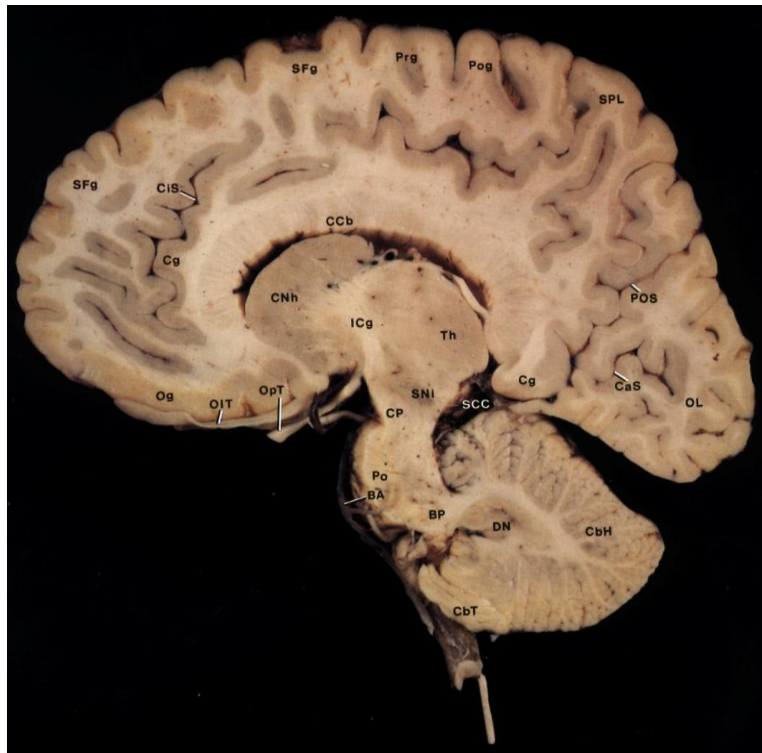
Cápsula interna

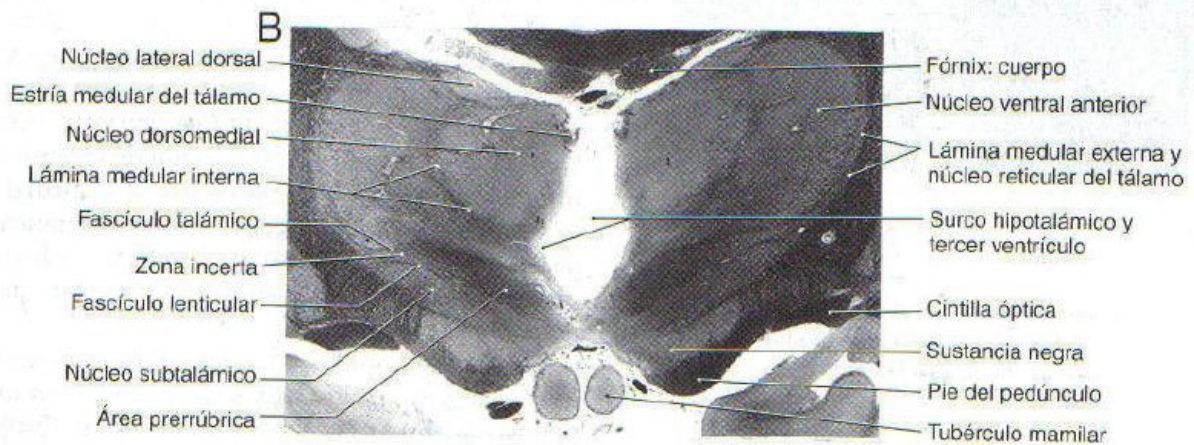
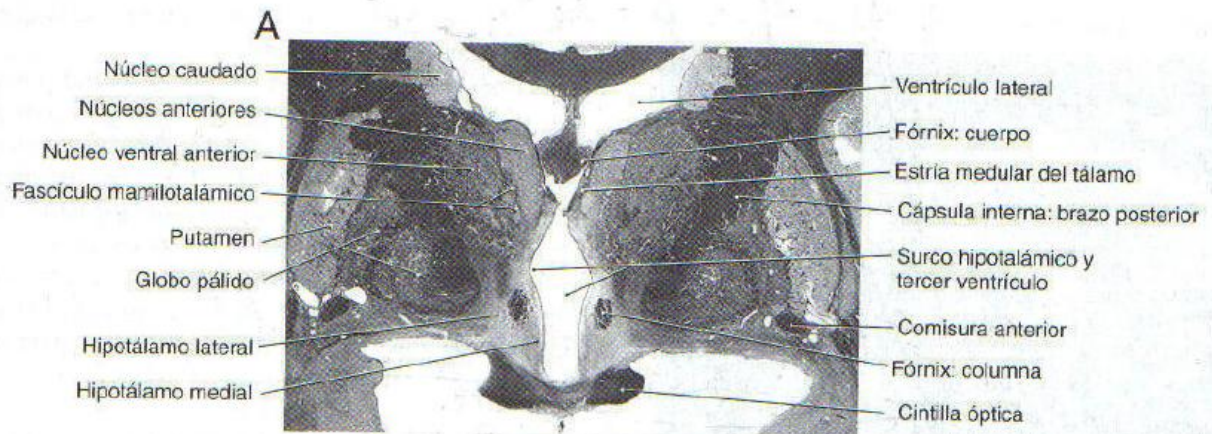
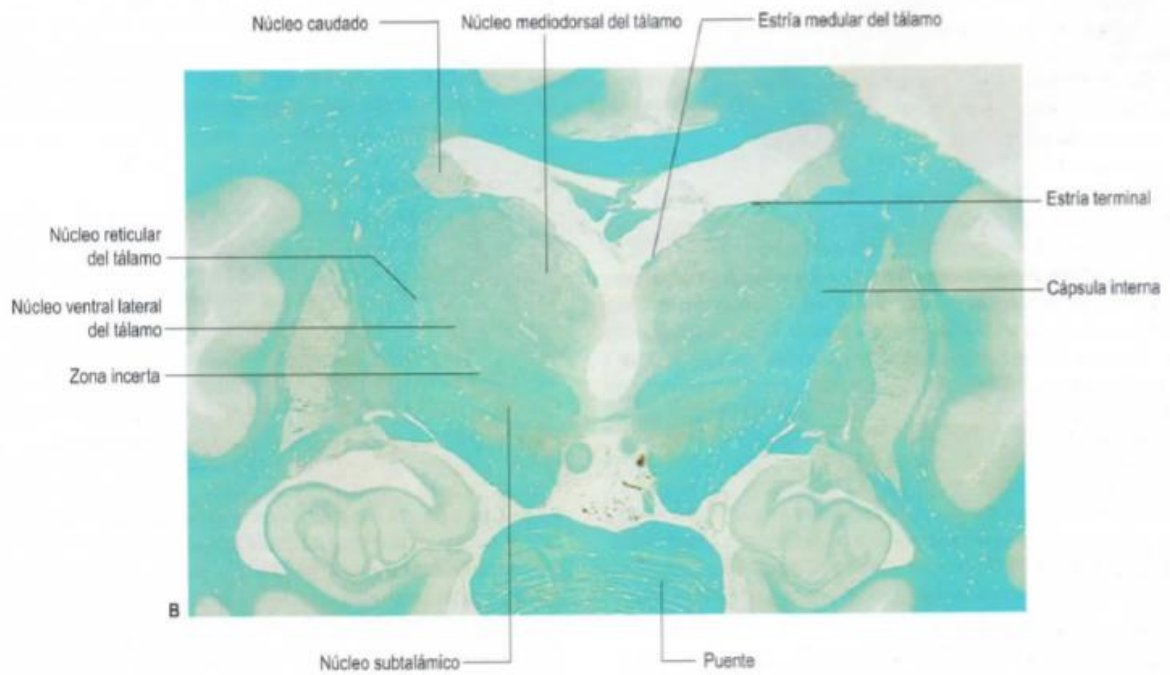
Los axones que circulan recíprocamente entre el diencefalo (especialmente el TÁLAMO) y la corteza cerebral forman una **masa de fibras con forma de abanico**; esto es lo que llamamos **CÁPSULA INTERNA.**

Esta estructura se extiende desde la región central del hemisferio cerebral hasta el tronco del encéfalo y consta de varios tipos de fibras:

- **CONEXIONES RECÍPROCAS**, que conectan el **tálamo con la corteza cerebral**
- **FIBRAS EFERENTES CORTICALES**, de varios tipos:
 - **CORTICORRÚBRICAS**, conectan la corteza con el núcleo rojo del mesencéfalo
 - **CORTICORRETICULARES**, que conectan la corteza con la ¿formación reticular?
 - **CORTICONUCLEARES**, conectan la corteza cerebral con núcleos del tronco del encéfalo que ya estudiamos en la unidad 5.
 - **CORTICOESPINALES**, que son las que forman la vía piramidal que surge de la corteza motora (áreas 4, 6 y ¿8?).

Imágenes del tálamo





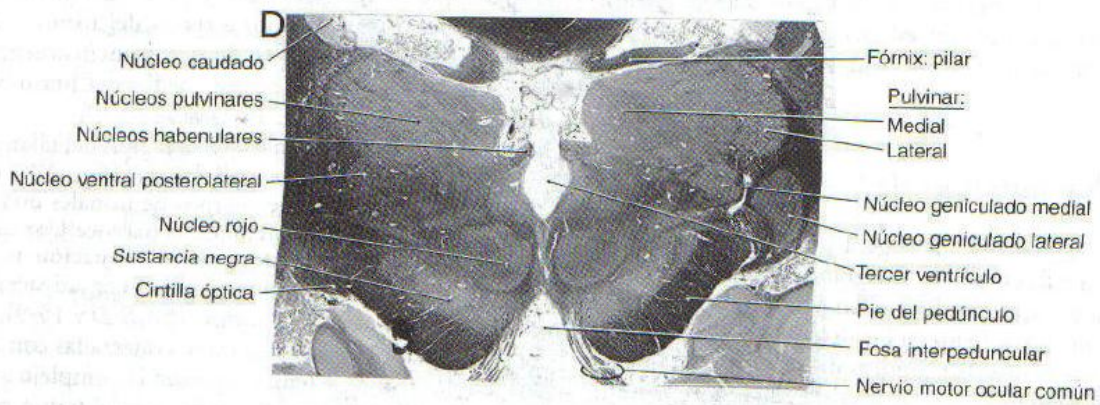
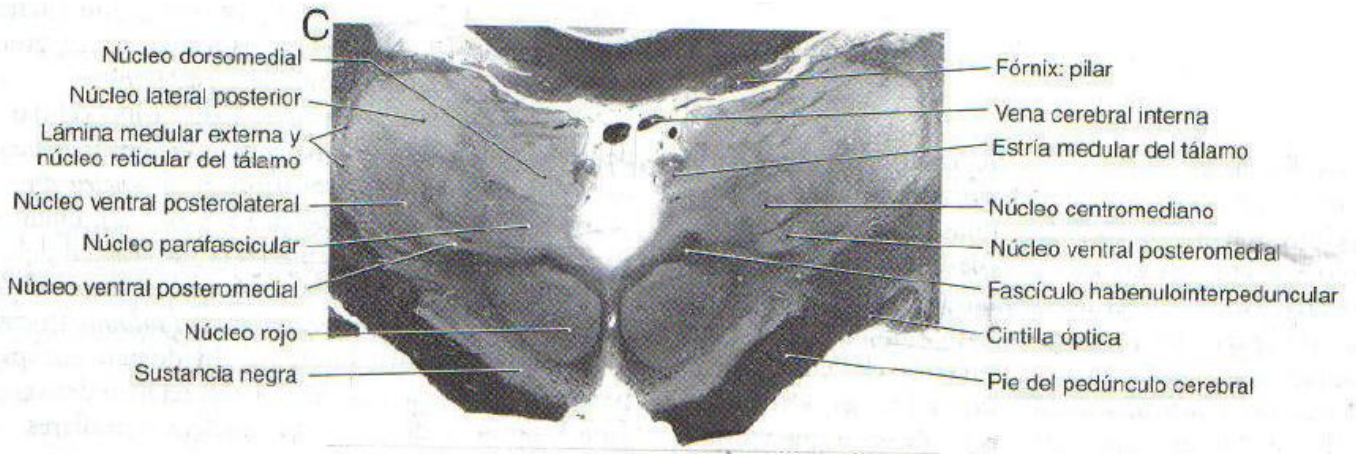
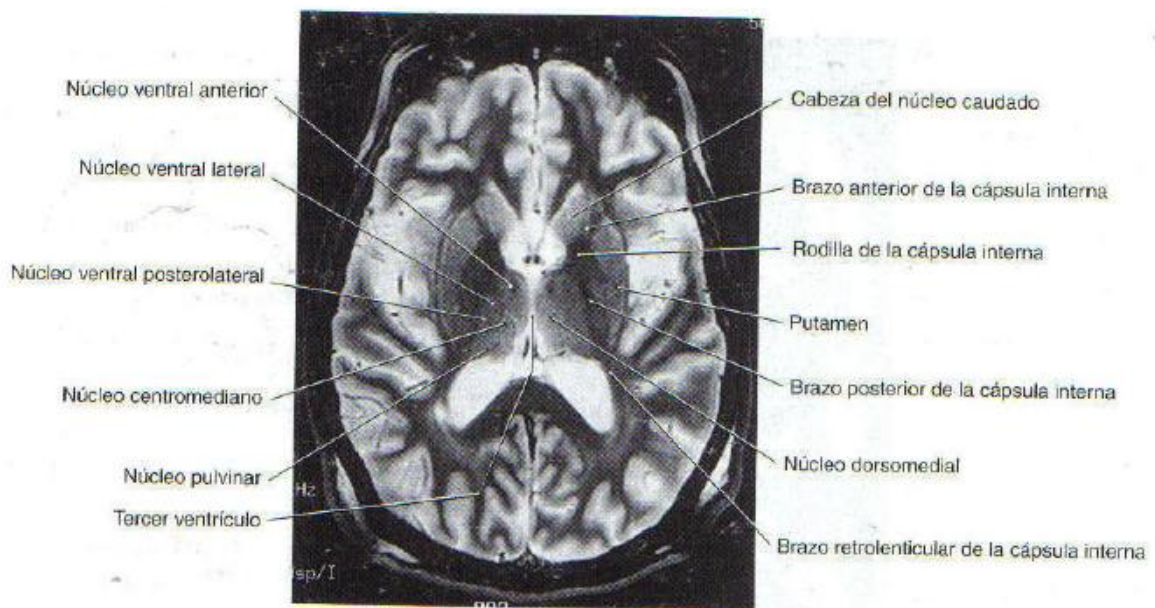


Figura 15-6. Cuatro niveles del prosencéfalo desde su zona rostral (A) a la caudal (D) para mostrar la estructura interna del hemisferio, poniendo énfasis en el diencefalo. Estos niveles se corresponden con los ofrecidos en la figura 15-5 y con los planos representados en la visión aumentada de la figura 15-9. Tinción de Weil.



Tema 13. Hipocampo y amígdala

Introducción

El hipocampo es una estructura perteneciente al **diencéfalo** y es una estructura que pertenece al **SISTEMA LÍMBICO**.

El **SISTEMA LÍMBICO** es un sistema que está **interconectado** de forma que una determinada función puede ser llevada a cabo por varios componentes que **cooperan entre sí**, y cada uno de sus componentes lleva a cabo **varias funciones**.

El sistema límbico recibe información de **múltiples áreas del sistema nervioso central** y por ello participa en conductas complejas e interrelacionadas como la **memoria**, el **aprendizaje** y las **interacciones sociales**.

La lesión del sistema límbico generalmente produce un amplio abanico de alteraciones.

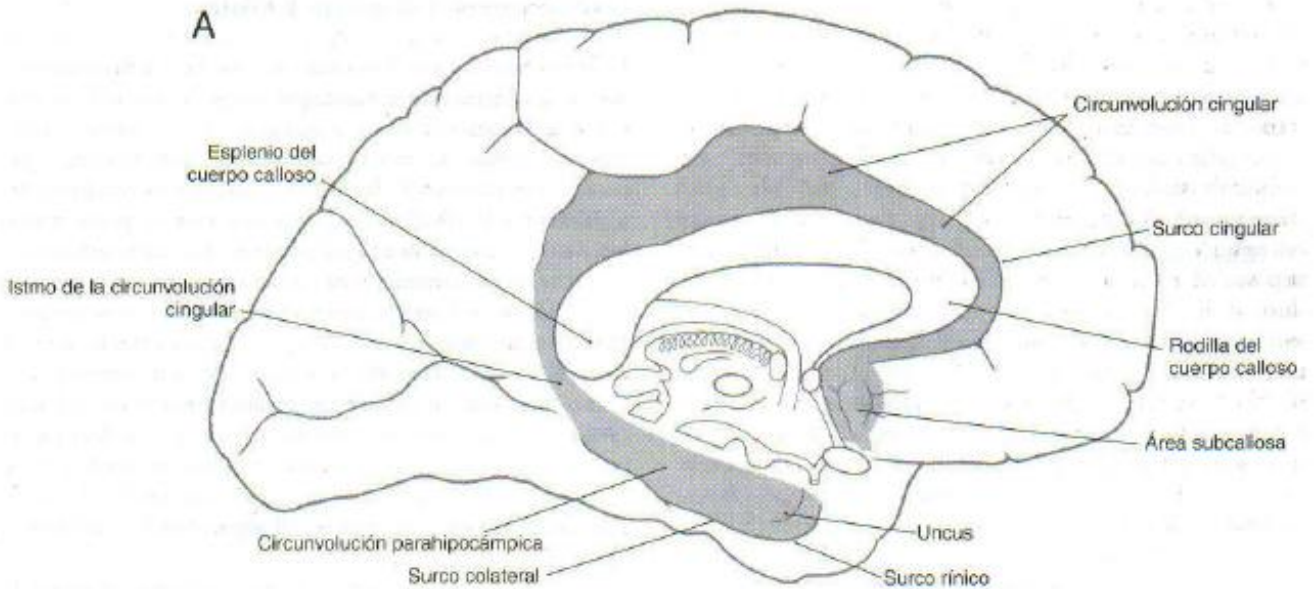
El concepto de sistema límbico abarca dos niveles de organización estructural y funcional:

- **LÓBULO LÍMBICO**. Comprende las **estructuras más corticales** del borde más medial del hemisferio.

Comprende varias zonas de la corteza:

- **ÁREA SUBCALLOSA**, que contiene las *circunvoluciones paraolfatoria y paraterminal*.
- **CIRCUNVOLUCIÓN CINGULAR**
- **ISTMO DE LA CIRCUNVOLUCIÓN CINGULAR**
- **CIRCUNVOLUCIÓN PARAHIPOCÁMPICA**
- **UNCUS**
- **FORMACIÓN HIPOCÁMPICA**

Antiguamente se creía que el lóbulo límbico desempeñaba una labor olfatoria por lo que se acuñó el término de **RINENCÉFALO**, aunque se ha demostrado que en humanos esta función es escasa, por lo que este término está en desuso.



El segundo nivel comprende las estructuras del **lóbulo límbico** además de un grupo de **núcleos y fascículos subcorticales** que en su conjunto forman el **SISTEMA LÍMBICO**.

Los núcleos son, entre otros:

- **NÚCLEOS SEPTALES**
- **NÚCLEO ACCUMBENS**
- **NUCLEOS HIPOTALÁMICOS**, sobre todo aquellos asociados al **TUBÉRCULO MAMILAR**
- **NÚCLEOS DEL COMPLEJO AMIGDALINO**
- **SUSTANCIA INNOMINADA (Núcleo basal de Meynert)**, adyacente al complejo amigdalino
- **NÚCLEOS TALÁMICOS**, particularmente los siguientes:
 - **NÚCLEOS ANTERIORES**
 - **NÚCLEO DORSOMEDIAL**

Otras estructuras conectadas con el sistema límbico son:

- **NÚCLEOS DE LA HABÉNULA**
- **ÁREA TEGMENTARIA VENTRAL**
- **SUSTANCIA GRIS PERIACUEDUCTAL**

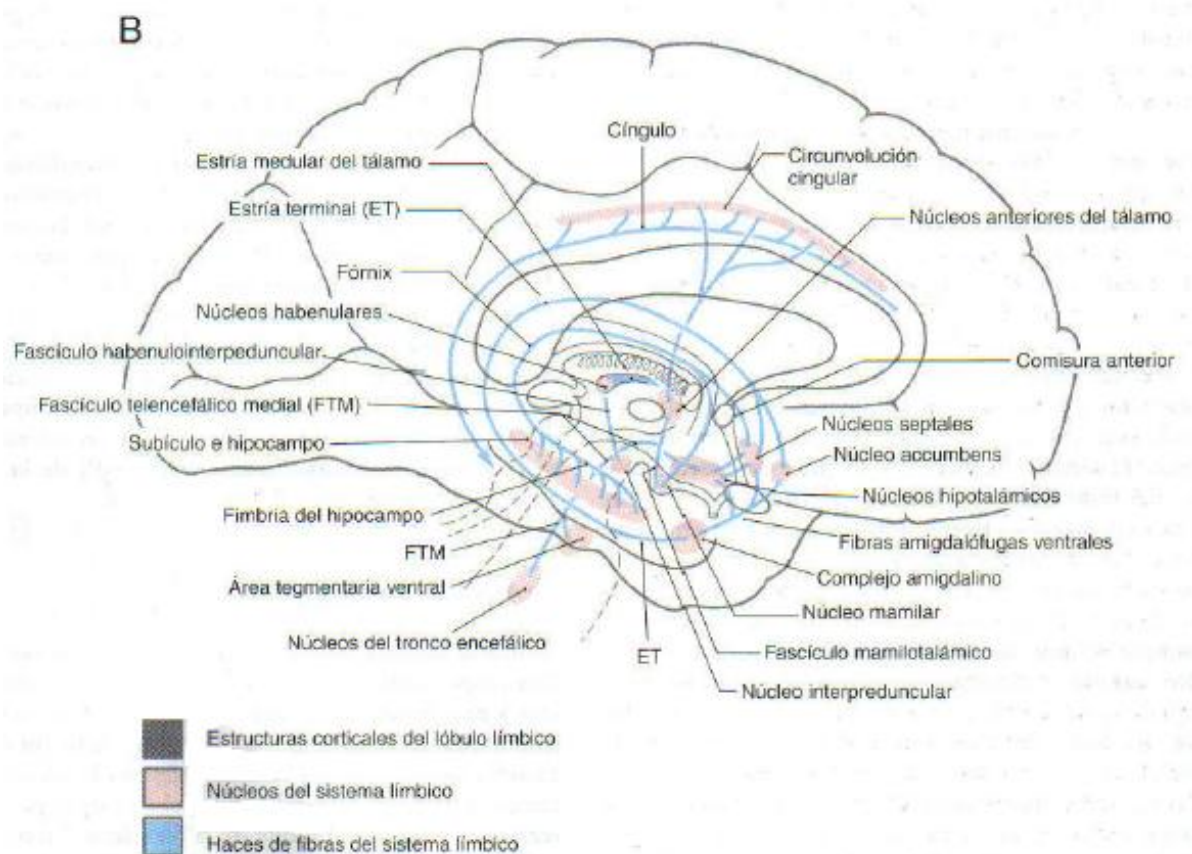
Además se suele considerar la **CORTEZA PREFRONTAL** como un componente importante del sistema límbico debido a que es capaz de **influir sobre otras regiones corticales y subcorticales** de dicho sistema.

La corteza prefrontal se proyecta hacia los siguientes destinos:

- **CIRCUNVOLUCIÓN DEL CÍNGULO**
- **HIPOTÁLAMO**
- **TÁLAMO**
- **COMPLEJO AMIGDALINO**
- **NÚCLEOS DEL MESENCÉFALO**

Los principales haces de **fibras eferentes** del sistema límbico son:

- **FÓRNIX**, sobre todo sus proyecciones de **hipocampo y subículo**
- **ESTRÍA TERMINAL**
- **VÍA AMIGDALOFUGA VENTRAL**
- **FASCÍCULO MAMILOTALÁMICO**



Hipocampo

La formación del hipocampo está compuesta por tres partes:

- **SUBÍCULO**
- **HIPOCAMPO**, también llamado **asta de Amón**.
- **CIRCUNVOLUCIÓN DENTADA**

Estas estructuras constituyen la **ALOCORTEZA DE BRODMANN**.

Medialmente el límite de la formación del hipocampo está formado por la circunvolución dentada y la fimbria del hipocampo.

1. Subículo

El subículo de la formación hipocámpica es un área de transición entre el hipocampo (arquicorteza de 3 capas) y la corteza entorrinal (paleocorteza de 5 capas).

Lo podemos dividir en una serie de fascículos:

- **PROSUBÍCULO**
- **SUBÍCULO** propiamente dicho
- **PRESUBÍCULO**
- **PARASUBÍCULO**

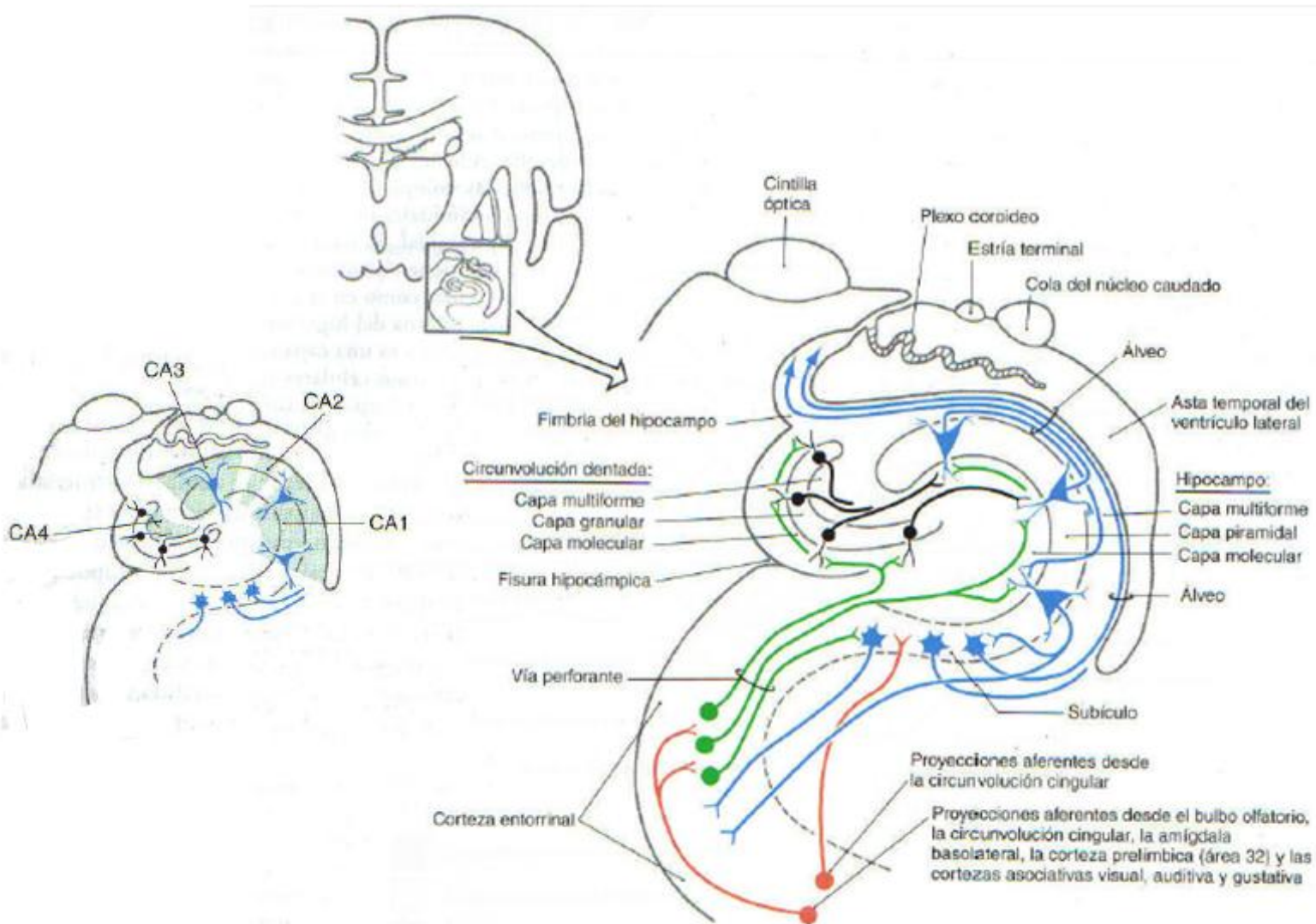
Estas áreas son esenciales para el **flujo de información** dentro de la formación hipocámpica.

2. Hipocampo

El hipocampo propiamente dicho o **ASTA DE AMÓN** puede dividirse en cuatro regiones, las cuales se denominan **CA** (*Cornu Ammonis*):

- **CA1**. Es una **región parvocelular** de dos capas de células separables en el humano.
Se localiza en el límite **entre subículo e hipocampo**.
- **CA2**. Es una zona mixta, **poco desarrollada** en el humano
- **CA3**. Es una zona **magnocelular**
- **CA4**. Se encuentra en la **unión del hipocampo con la circunvolución dentada**, dentro del hilio de esta última

El subículo proporciona al hipocampo gran cantidad de información procedente de cortezas asociativas.



Fibras aferentes

La principal información procede de las células de la corteza entorrinal a través de la **VÍA PERFORANTE**, cuyas proyecciones suelen acabar en la **capa molecular** de la **circunvolución dentada**.

Las células granulares de la **circunvolución dentada** proyectan hacia la capa molecular de la **REGIÓN CA3** del hipocampo.

Las neuronas de la **REGIÓN CA3** conectan con la **REGIÓN CA1**.

Las neuronas de la **REGIÓN CA1** envían conexiones al **SUBÍCULO**.

El **SUBÍCULO** recibe una modesta proyección desde el **COMPLEJO AMIGDALINO**.

Fibras eferentes

Las eferencias de la formación hipocámpica se originan principalmente de las células del **subículo** y en menor medida de las células piramidales del **hipocampo**.

Los axones de estas neuronas entran en el **álveo**, donde confluyen para formar la **FIMBRIA DEL HIPOCAMPO**.

Estas fibras continúan su trayecto para formar el **FÓRNIX** que es la **principal conexión eferente** de la formación hipocámpica.

Estas fibras son **glutamatérgicas (excitadoras)** y atraviesan toda la longitud del fórnix, aunque algunas cruzan la línea media en la **DECUSACIÓN DEL HIPOCAMPO**, justo delante del esplenio del cuerpo caloso.

A nivel de la comisura anterior, el fórnix se divide en dos partes:

- **FÓRNIX POSCOMISURAL**, compuesto por fibras que nacen del **subículo**.

La mayor parte de estas fibras **terminan en el NÚCLEO MAMILAR MEDIAL**, aunque hay unas pocas que pueden terminar en estos destinos:

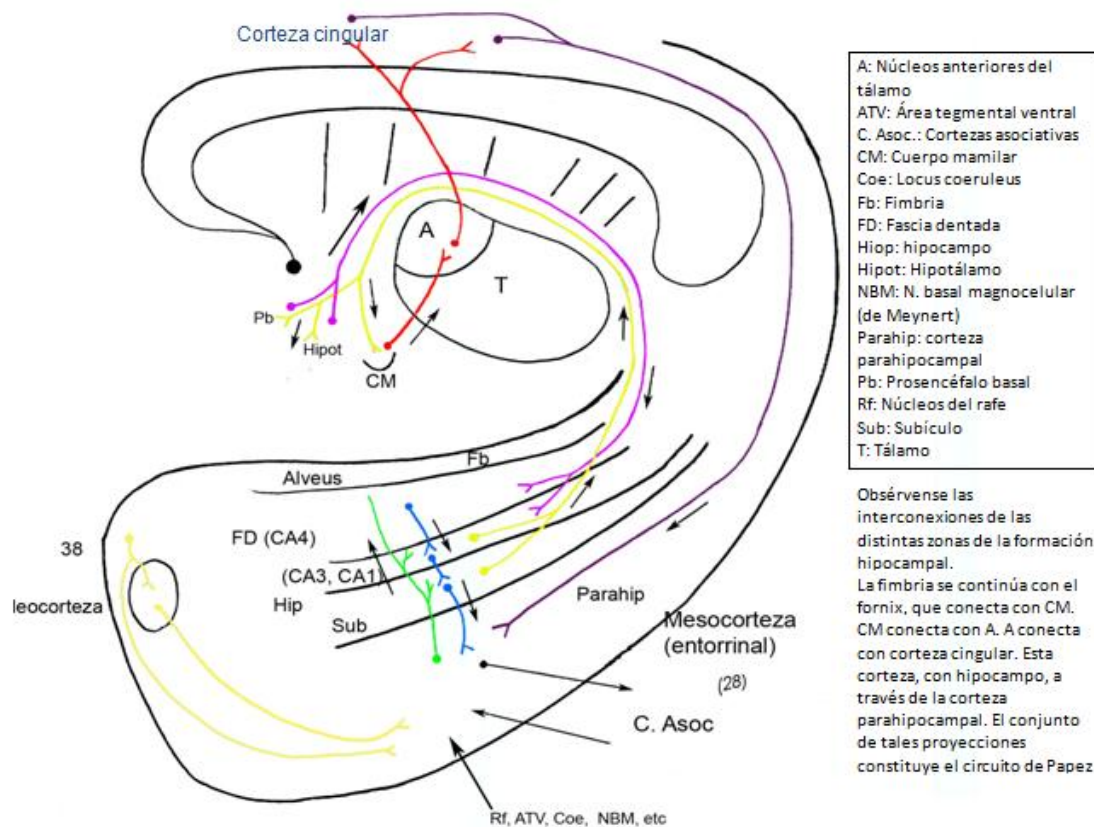
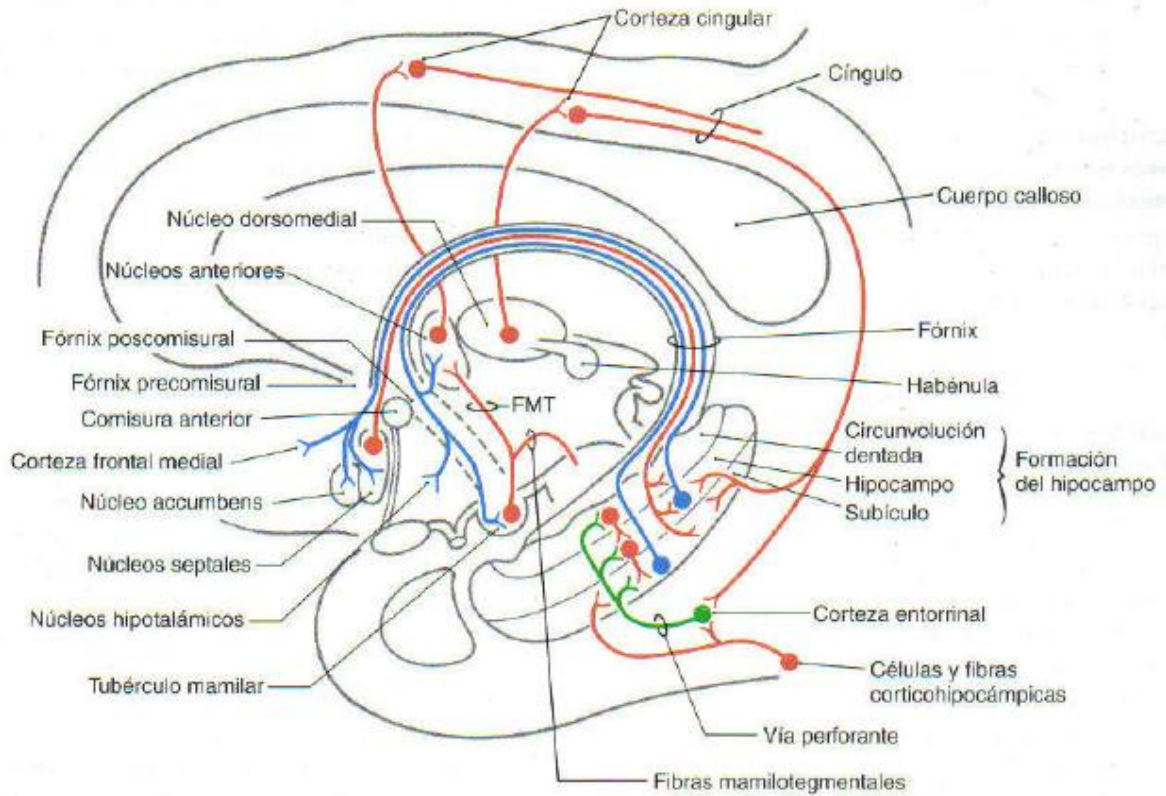
- *NÚCLEO VENTROMEDIAL DEL HIPOTÁLAMO*
- *NÚCLEOS ANTERIORES DEL TÁLAMO*

- **FÓRNIX PRECOMISURAL**, compuesto por fibras que nacen del **hipocampo**.

Estas fibras están organizadas de forma difusa y se distribuyen por amplias zonas:

- **NÚCLEOS SEPTALES**
- **ÁREAS MEDIALES DE LA CORTEZA FRONTAL**
- **NÚCLEOS DEL HIPOTÁLAMO**
 - ❖ *NÚCLEO PREÓPTICO*
 - ❖ *NÚCLEO ANTERIOR*
- **NÚCLEO ACCUMBENS**

Visión general de las conexiones de la formación hipocámpica



Circuito de Papez

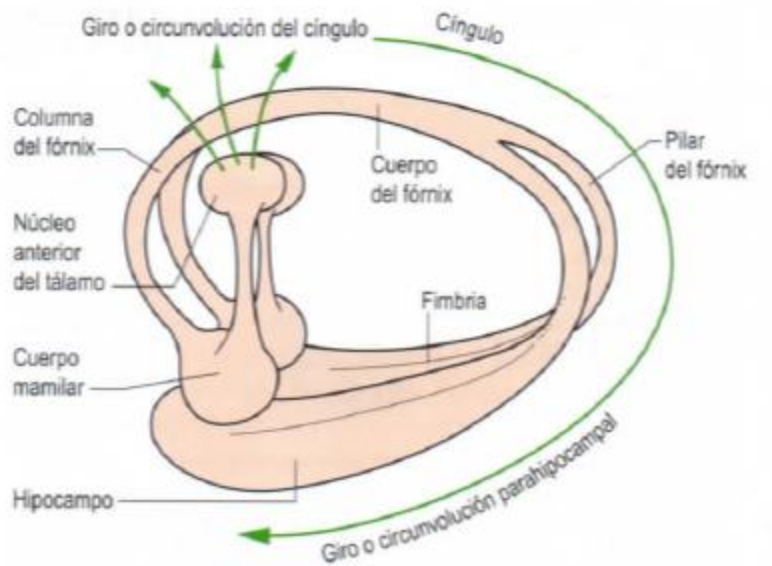
El circuito de Papez comienza principalmente como una proyección del subículo al cuerpo mamilar medial a través del **FÓRNIX POSCOMISURAL**.

El circuito se completa con las siguientes conexiones:

1. **FASCÍCULO MAMILOTALÁMICO**. Conecta estas dos estructuras:
 - **NÚCLEO MAMILAR MEDIAL**
 - **NÚCLEOS ANTERIORES (TÁLAMO)**
2. **FIBRAS TALAMOCORTICALES**. Conectan estas estructuras:
 - **NÚCLEOS ANTERIORES (TÁLAMO)**
 - **CIRCUNVOLUCIÓN CINGULAR**
3. Existe una última proyección desde la **corteza cingular** a la **corteza entorrinal** a través del **CÍNGULO**.

También conecta directamente con el **subículo** y el **hipocampo**.

El **subículo** devuelve la información al **tubérculo mamilar**.



Hay otras áreas de la corteza que se ven incorporadas a las funciones desempeñadas por el circuito de Papez, sobre todo gracias a las **conexiones de la circunvolución cingular**.

La **CIRCUNVOLUCIÓN CINGULAR** no solo es una fuente fundamental de fibras aferentes para la formación hipocámpica, sino que además proyecta a la **mayoría de áreas corticales** estableciendo **conexiones recíprocas**.

Memoria y síndrome de Korsakoff

La función básica de la formación hipocámpica parece ser la **consolidación de la memoria a largo plazo** a partir de la memoria inmediata y a corto plazo.

Realmente existen dos tipos de memoria según la modalidad de la información a recordar:

- **Memoria declarativa.** Es la **memoria consciente** referida a aquellos datos que podemos recordar voluntariamente.
- **Memoria de procedimiento.** Es la memoria **referida a actos motores**, como tocar el piano.

El tema de la memoria será estudiado de forma mucho más detallada en la unidad correspondiente de fisiología.

La **memoria a inmediata y a corto plazo** es aquella que persiste de **segundos a minutos**, y está disponible para ser incorporada a la **memoria a largo plazo**, cuya información puede ser recuperada en **días, meses o incluso años**.

Hay individuos que tienen lesiones en el hipocampo y son incapaces de convertir la memoria inmediata y a corto plazo en memoria a largo plazo.

Estos pacientes pueden ser capaces de efectuar una tarea durante segundos o minutos, pero si se distraen ya no son capaces de volver a ella, debido a que no recuerdan lo que estaban haciendo.

El **SÍNDROME DE KORSAKOFF** es una afección causada por la **deficiencia prolongada de tiamina** que observamos especialmente en **alcohólicos crónicos**.

Típicamente se ven afectados los siguientes núcleos y estructuras:

- **TUBÉRCULOS MAMILARES**
- **NÚCLEO DORSOMEDIAL DEL TÁLAMO**
- **COLUMNAS DEL FÓRNIX**
- **FORMACIÓN HIPOCÁMPICA**

Estos pacientes presentan un **déficit en la memoria a corto plazo** y en consecuencia también en la **memoria a largo plazo** para los sucesos ocurridos desde el inicio de la enfermedad.

Pueden parecer dementes y son propensos a la **fabulación**, es decir, ensartar fragmentos de recuerdos de muchos sucesos para construir un recuerdo sintético falso.

Complejo amigdalino

El complejo amigdalino es un grupo de núcleos con forma de almendra que se encuentra en la **parte superomedial del lóbulo temporal**, profundo al uncus.

Queda inmediatamente **superior a la formación hipocámpica** y al extremo anterior del asta temporal del ventrículo lateral.

El complejo amigdalino está compuesto por varios núcleos:

- **GRUPO BASOLATERAL**, más grande y se relaciona con **estructuras corticales**.
- **GRUPO CORTICOMEDIAL**, más pequeño y se relaciona con el **olfato**.
- **NÚCLEO CENTRAL**, se relaciona con **funciones viscerales**.

Hay quien considera que el núcleo central pertenece al GRUPO CORTICOMEDIAL pero aquí lo consideraremos como fundamentalmente separado.

Conexiones aferentes

El **grupo basolateral** reciben información de los siguientes núcleos:

- **TÁLAMO**
- **CORTEX PREFRONTAL**
- **CIRCUNVOLUCIÓN CINGULAR**
- **CIRCUNVOLUCIÓN PARAHIPOCÁMPICA**
- **LÓBULO TEMPORAL**
- **CORTEZA DE LA ÍNSULA**
- **SUBÍCULO**

Estas fibras conducen gran cantidad de **información somatosensorial, visual y visceral** al complejo amigdalino.

El **grupo celular corticomedial** recibe información olfativa de los siguientes núcleos

- **HIPOTÁLAMO**
 - **NÚCLEO VENTROMEDIAL**
 - **ÁREA HIPOTALÁMICA LATERAL**
- **TÁLAMO**
 - **NÚCLEO DORSOMEDIAL**
 - **NÚCLEO MEDIAL**

Al **núcleo corticomedial** le llegan fibras cruzadas procedentes de la **COMISURA BLANCA ANTERIOR**.

Al **NÚCLEO CENTRAL (C)**, llega información aferente desde **núcleos del tronco del encéfalo** que participan en funciones viscerales.

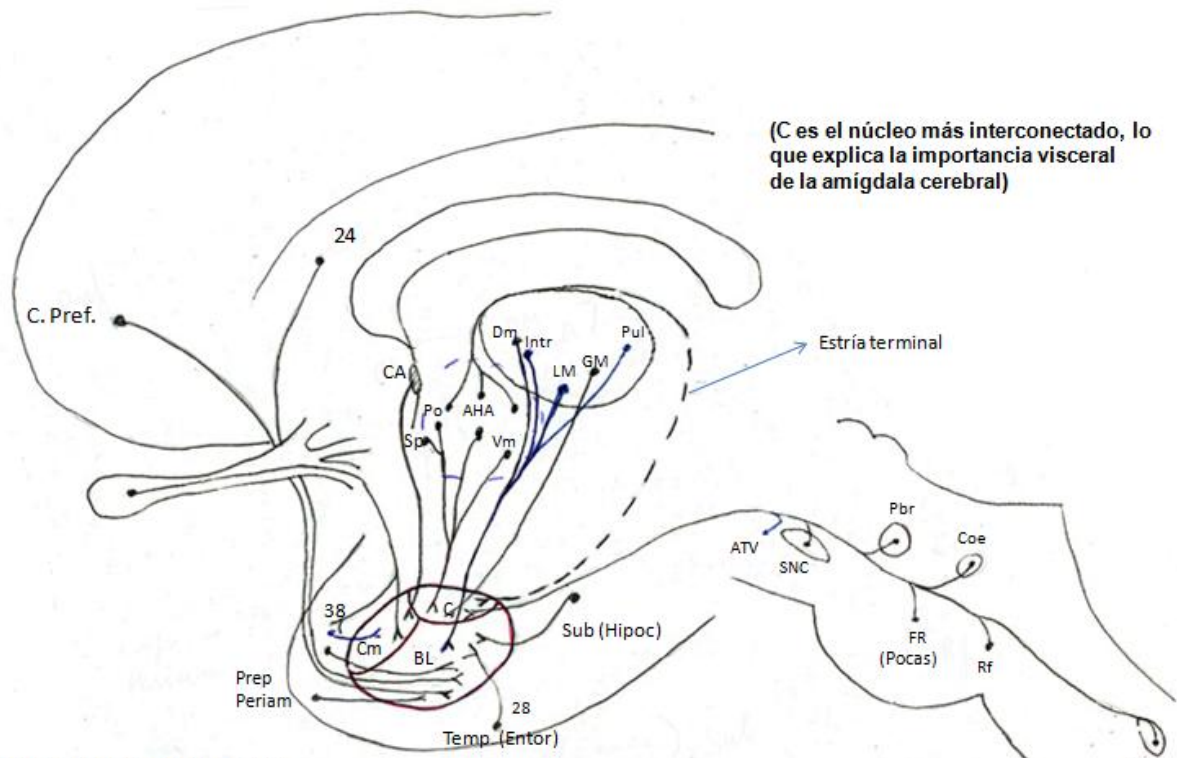
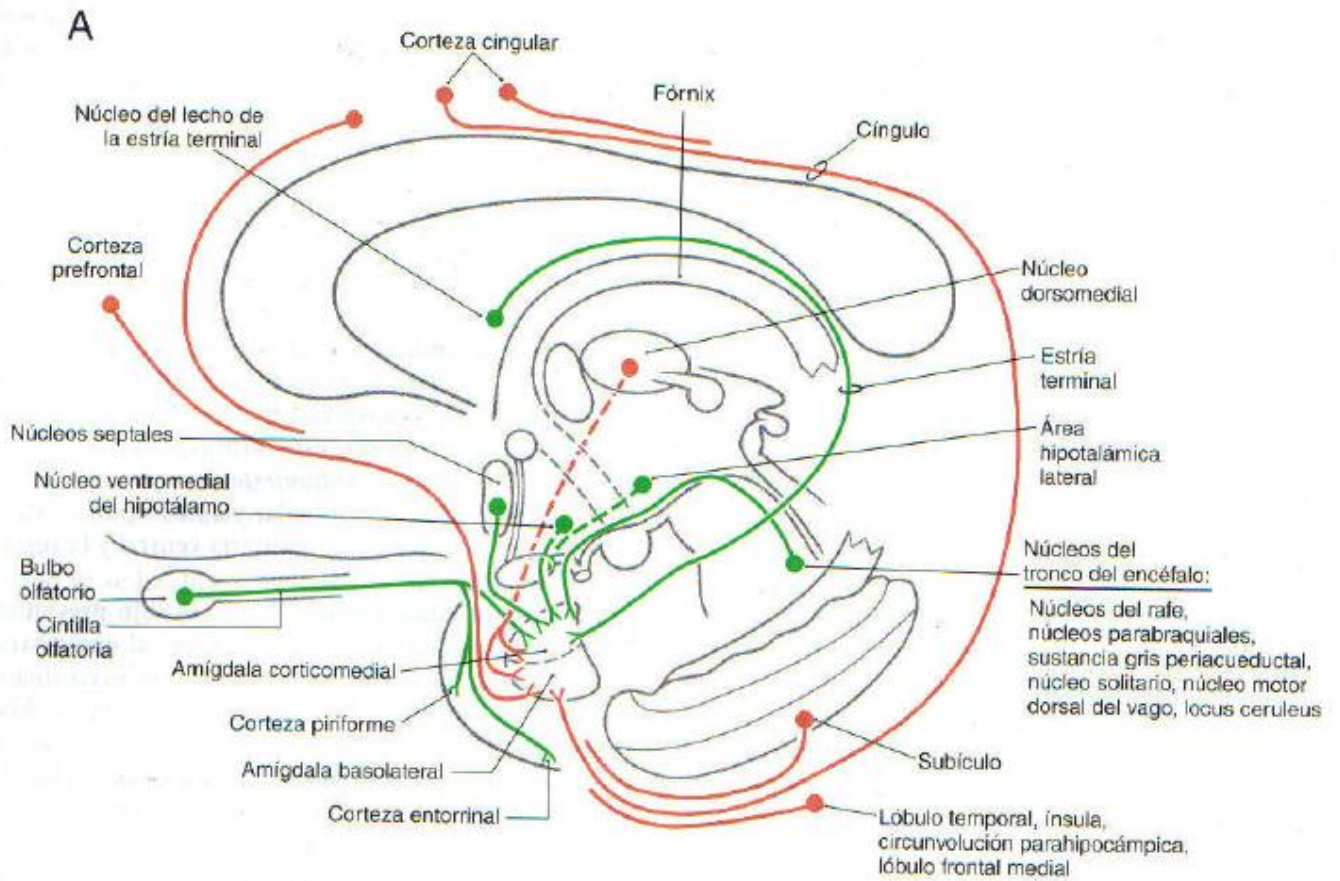
También se reciben aferencias desde los siguientes lugares:

- **ÁREA HIPOTALÁMICA LATERAL**
- **ÁREA PREÓPTICA**
- **ESTRÍA TERMINAL**, compuesta por **fibras que rodean al tálamo**

Los **estímulos olfatorios** llegan al núcleo corticomedial y activan más la amígdala en el varón que en la mujer debido a las conexiones existentes con el **área preóptica** y con el **núcleo ventromedial del hipotálamo**.

Estas dos son estructuras **dimórficas sexuales**, fundamentalmente el **ÁREA PREÓPTICA**.

La mayoría de aferencias amigdalinas proceden de zonas de procesamiento superior y si al mismo tiempo llegan aferencias desde zonas de recompensa, se produce el **APRENDIZAJE ASOCIATIVO**.



(C es el núcleo más interconectado, lo que explica la importancia visceral de la amígdala cerebral)

El área 38 es la prepiriforme
 El área 28 es la corteza entorrinal
 El área 24 es la corteza cingular

Conexiones eferentes

Las dos vías eferentes principales de la amígdala son dos:

- **ESTRÍA TERMINAL.** Se trata de un pequeño haz de fibras originadas fundamentalmente a **nivel del grupo corticomedial.**

Discurre por el surco entre núcleo caudado y tálamo, y se distribuye por varios núcleos del hipotálamo:

- **NÚCLEO PREÓPTICO**
- **NÚCLEO VENTROMEDIAL**
- **NÚCLEO ANTERIOR**
- **ÁREA HIPOTALÁMICA LATERAL**

Además también se asocia con otras estructuras del sistema límbico:

- **NÚCLEO ACCUMBENS**
 - **NÚCLEOS SEPTALES**
 - **NÚCLEO CAUDADO y PUTAMEN**
- **VÍA AMIGDALÓFUGA VENTRAL.** Es el **principal haz de fibras eferente** del complejo amigdalino y se originan de dos lugares:
 - ❖ **GRUPO BASOLATERAL**
 - ❖ **NÚCLEO CENTRAL**

Las fibras adoptan una trayectoria medial a través del **núcleo basal de Meynert**, al cual da algunas fibras.

Finalmente realiza sus sinapsis en:

- **HIPOTÁLAMO**
- **NÚCLEOS SEPTALES**

Además la **SUSTANCIA INNOMINADA** (núcleo basal de Meynert) da lugar a una **proyección colinérgica difusa** hacia la **corteza cerebral.**

Las células del **grupo basolateral** también presentan **proyecciones corticales directas.**

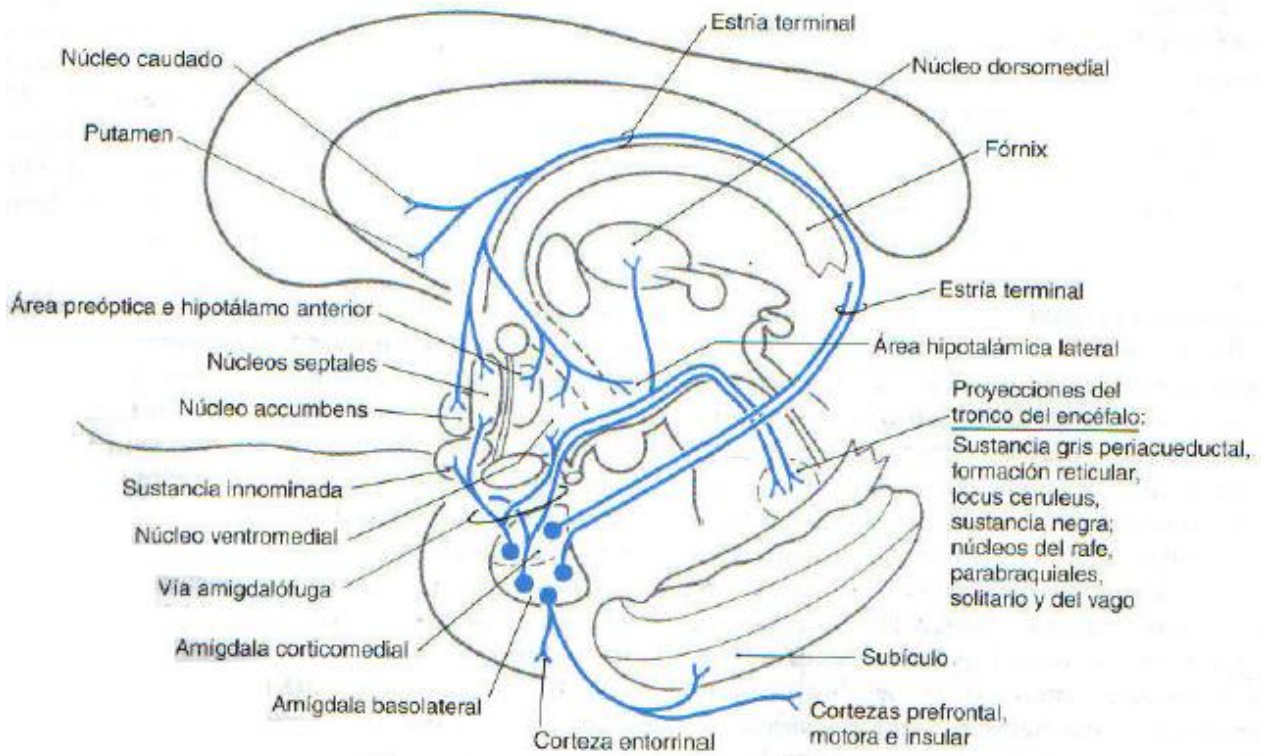
Hay fibras, sobre todo procedentes del **NÚCLEO CENTRAL** que descienden de manera difusa por el tronco del encéfalo para terminar en algunas localizaciones:

- **NÚCLEO MOTOR DORSAL DEL VAGO** (*núcleo visceral*)
- **NÚCLEOS MAGNO, OSCURO y PÁLIDO** (*núcleos del rafe*)
- **LOCUS COERULEUS**
- **NÚCLEOS PARABRAQUIALES**
- **SUSTANCIA GRIS PERIACUEDUCTAL**

La mayoría de estas **estructuras que reciben información** desde la amígdala **proyectan de nuevo** hacia esta estructura.

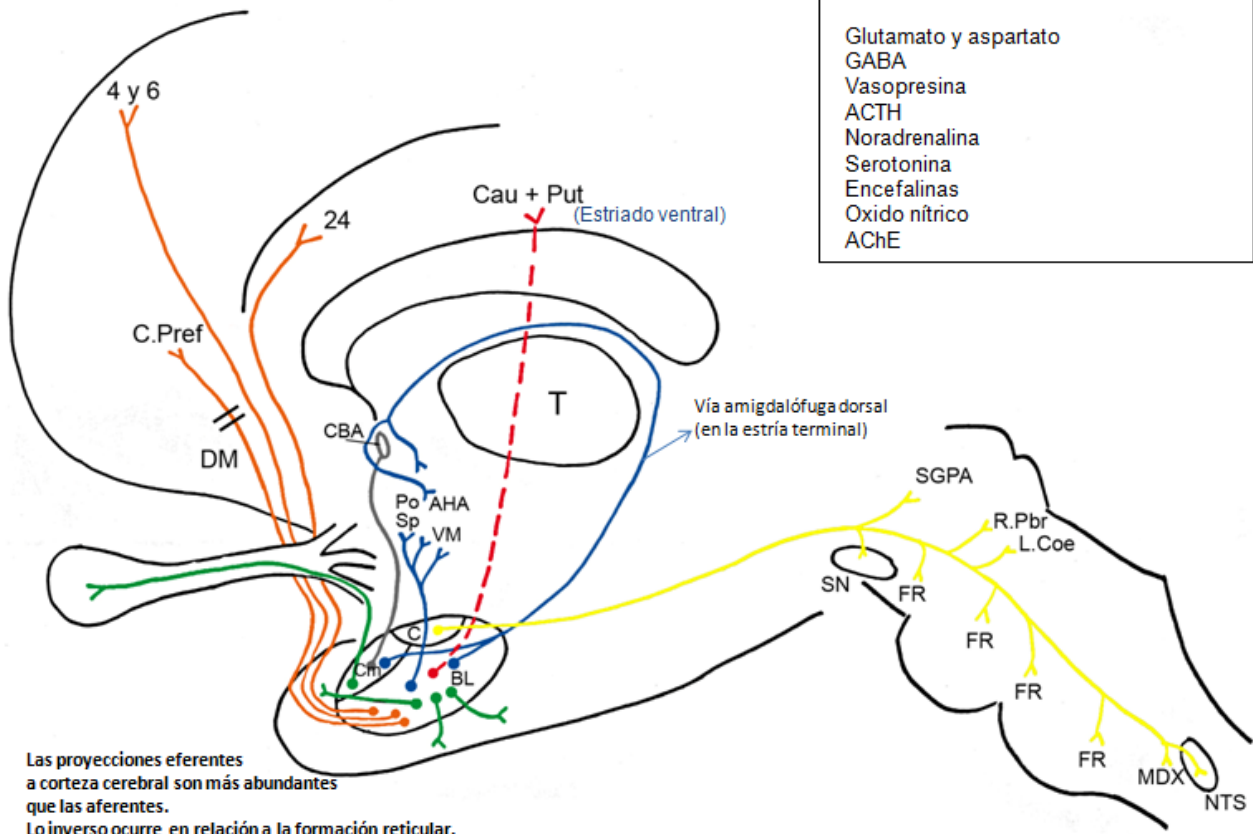
Los neurotransmisores presentes en la amígdala son muy variados debido a la complejidad de sus conexiones.

B



Conexiones eferentes de la amígdala cerebral.

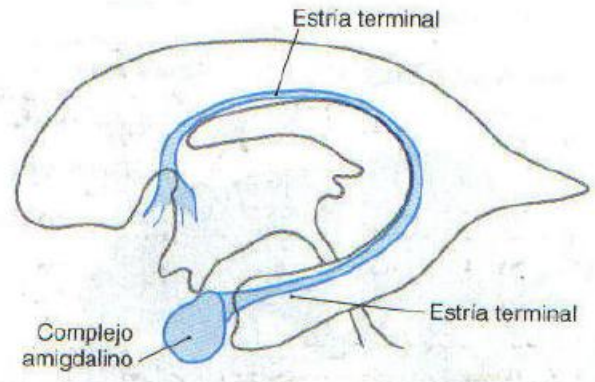
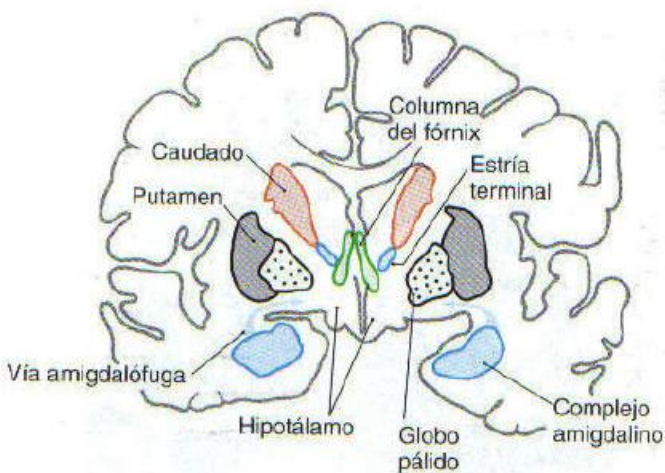
- Neurotransmisores y sustancias químicas presentes en la amígdala cerebral:
- Glutamato y aspartato
 - GABA
 - Vasopresina
 - ACTH
 - Noradrenalina
 - Serotonina
 - Enkefalinas
 - Oxido nítrico
 - AChE



Las proyecciones eferentes a corteza cerebral son más abundantes que las aferentes. Lo inverso ocurre en relación a la formación reticular.

Consideraciones generales sobre la amígdala

El complejo amigdalino está localizado en el **LÓBULO TEMPORAL**, cerca de la prolongación temporal del ventrículo lateral.



Si estimulamos algunas de sus zonas damos lugar a un **estado de falsa rabia**, y se cree que puede estar implicada en **organización y modulación de respuestas emocionales y viscerales**.

Núcleo accumbens

Se trata de un núcleo localizado en el **prosencefalo superior y anterior**, donde se continúan la cabeza del núcleo caudado y el putamen.

Estas células reciben información de las siguientes estructuras:

- **COMPLEJO AMIGDALINO**, mediante la **vía amigdalófuga ventral**
- **FORMACIÓN HIPOCÁMPICA**, mediante las fibras del **fórnix precomisural**
- **ESTRÍA TERMINAL**
- **ÁREA TEGMENTAL VENTRAL**, mediante fibras del **fascículo telencefálico**

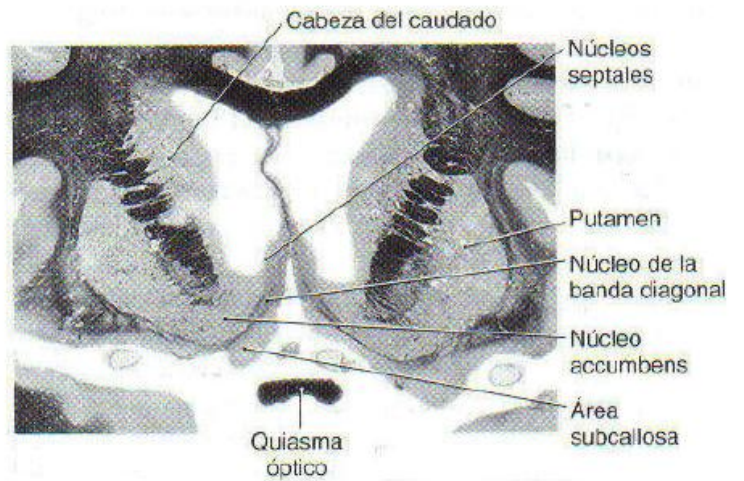
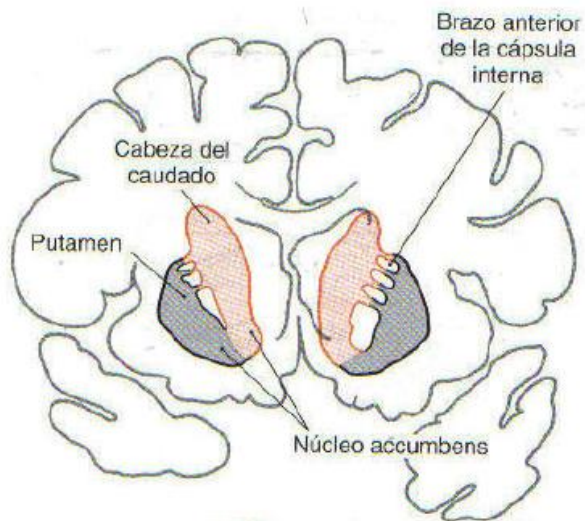
Las células del núcleo accumbens tienen **receptores para múltiples sustancias**, entre las cuales encontramos los **opioides endógenos**.

Modelos animales han demostrado que este núcleo podría estar implicado en el proceso de **adicción a sustancias**.

Las conexiones eferentes del núcleo accumbens son las siguientes:

- **HIPOTÁLAMO**
- **NÚCLEOS DEL TRONCO DEL ENCÉFALO**
- **GLOBO PÁLIDO**, cuyas fibras representan la conexión entre el **sistema límbico y el sistema motor**.

Imágenes



TELENCÉFALO



Neuroanatomía

Índice de contenidos

– Tema 14. Introducción al telencéfalo	184
– Tema 15. Anatomía de la somestesia	203
– Tema 16. Anatomía del sistema visual	235
– Tema 17. Anatomía del sistema auditivo	255
– Tema 18. Sentidos químicos. Rinencéfalo	276
– Tema 19. Sistemas motores corticales	289
– Tema 20. Núcleos basales	311
– Tema 21. Cortezas asociativas. Anatomía del lenguaje	328
– Tema 22. Anatomía de la memoria	350
– Tema 23. Anatomía del sueño	363

Tema 14. Introducción al telencéfalo

Introducción

El telencéfalo o **CEREBRO** es la parte más extensa del encéfalo humano, constituyendo el **85% de su peso** aproximadamente.

Es el **culmen de la evolución** y del **sistema nervioso** y en él quedan **representadas todas las funciones del organismo**.

Los diversos impulsos sensitivos se limitan a ciertas áreas cerebrales, mientras que las funciones motoras quedan relegadas a otras regiones, y se ven moduladas por los ganglios basales.

El telencéfalo contiene circuitos que **interrelacionan regiones específicas** (p.e. función motora o visual) con otras regiones que llamamos **ÁREAS ASOCIATIVAS**, lo que permite que todas las funciones cerebrales queden mutuamente relacionadas.

Anatomía regional

El telencéfalo consta de dos grandes **HEMISFERIOS CEREBRALES** separados entre sí por una profunda **fisura longitudinal cerebral (interhemisférica)**.

Cada hemisferio tiene una superficie externa que denominamos **CORTEZA CEREBRAL**, compuesta por varias capas celulares.

En esta corteza se forman unas elevaciones que llamamos **CIRCUNVOLUCIONES** o **GIROS**, que quedan **separadas** entre sí por **SURCOS**.

Bajo la corteza tenemos una gran cantidad de **SUSTANCIA BLANCA SUBCORTICAL**.

Además de la sustancia blanca hay agregados de materia gris que forman dos estructuras importantes del cerebro:

- **GANGLIOS BASALES**
- **AMÍGDALA CEREBRAL**

Aunque no forman parte estructuralmente del mismo, hay dos núcleos que ya hemos estudiado que se relacionan de forma muy importante con el telencéfalo:

- **NÚCLEO SUBTALÁMICO** (diencéfalo)
- **SUSTANCIA NEGRA** (mesencéfalo)

Estos núcleos se conectan de forma importante para **relacionarse con los ganglios basales**.

La información que entra o sale de la corteza cerebral debe atravesar la sustancia blanca subcortical. Las fibras se disponen en dos tipos de estructura:

- **HACES DE ASOCIACION**, los cuales conectan **circunvoluciones del MISMO HEMISFERIO**.
- **HACES COMISURALES**, que **unen ambos hemisferios** entre sí.

El haz comisural más importante es el **CUERPO CALLOSO**.

- **CAPSULA INTERNA**, que contiene **axones que entran o salen** de los hemisferios cerebrales.

Lóbulos de la corteza cerebral

El cerebro tiene **6 lóbulos**, delimitados cada uno de ellos por los **principales surcos**, aunque no todos serán visibles superficialmente:

Superficie lateral

- **LÓBULO FRONTAL**
 - ✚ Se separa del lóbulo parietal gracias al **SURCO CENTRAL (de Rolando)**
- **LÓBULO PARIETAL**
 - ✚ Se separa del lóbulo temporal gracias al **SURCO LATERAL (de Silvio)**
- **LÓBULO TEMPORAL**
- **LÓBULO OCCIPITAL**
 - ✚ Se separa de los otros dos lóbulos gracias al **SURCO PARIETOOCIPITAL**.

La separación del lóbulo occipital en la cara lateral no es tan clara como las otras, y se realiza trazando una **línea imaginaria** siguiendo la terminación del **surco parietoccipital** con la **incisura preoccipital**.

Profundamente al SURCO LATERAL existe una **región plegada de la corteza** que se denomina **ÍNSULA**, que no es visible superficialmente.

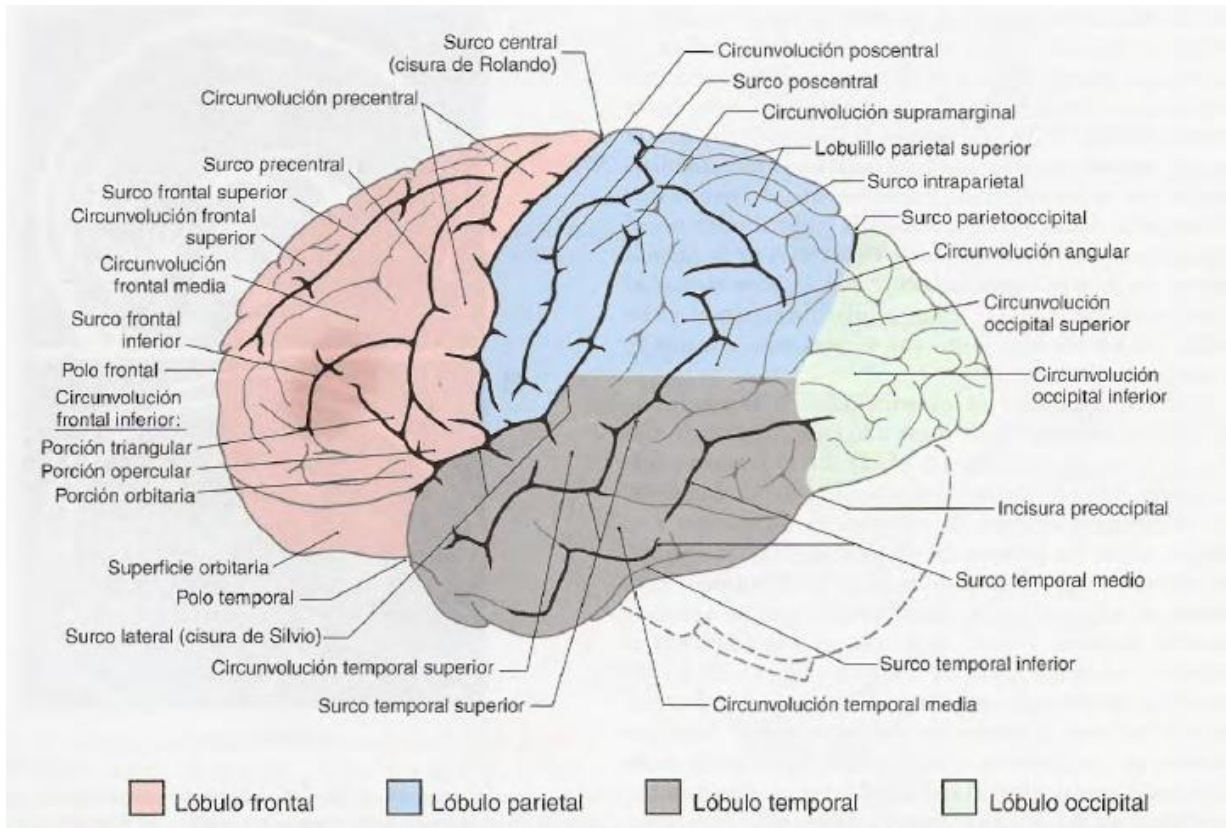
Superficie medial

En la superficie medial del hemisferio observaremos de nuevo los 4 lóbulos que veíamos lateralmente y otro más, que será el **LÓBULO LÍMBICO**.

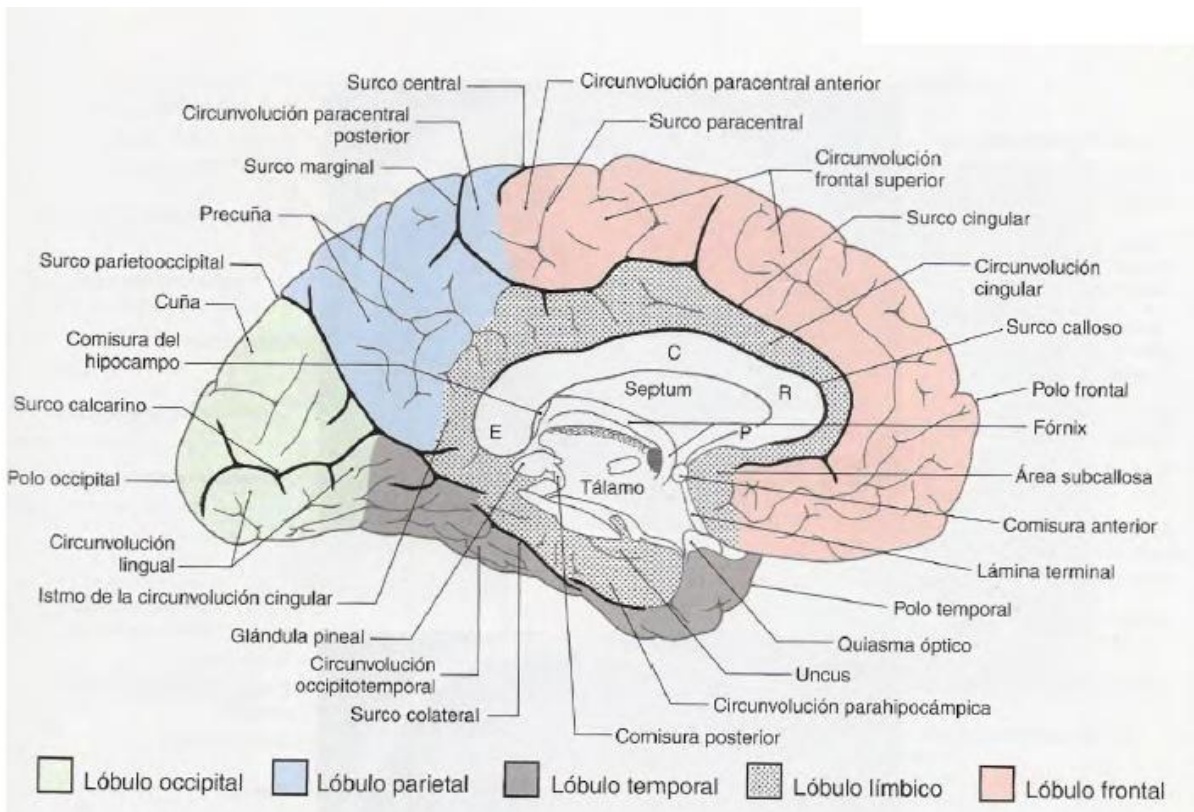
El **LÓBULO LÍMBICO** está separado de los demás por una serie de surcos:

- SURCO CINGULAR
- SURCO COLATERAL
- SURCO PARIETOOCCIPITAL

Lóbulos cerebrales



Visión lateral



Visión medial

Estructura histológica

La **corteza cerebral** forma la superficie externa del hemisferio, y consta de una capa de varios milímetros de espesor compuesta por somas, arborizaciones dendríticas y sinapsis.

El anatomista sueco Brodmann realizó a principios del siglo XX un **mapa citoarquitectónico** de la corteza basándose en sus características regionales.

Aunque muchas **áreas de Brodmann** fueron funcionalmente reemplazadas, se vio que en muchas otras existía una clara correspondencia entre la citoarquitectura y la función, por lo que aun conservan su denominación original.

Las partes filogenéticamente más antiguas de la corteza son conocidas de dos formas:

- **PALEOCORTEX**
- **ARQUICORTEX**

Estas áreas presentan una citoarquitectura primitiva con **3 capas** (arquicorteza).

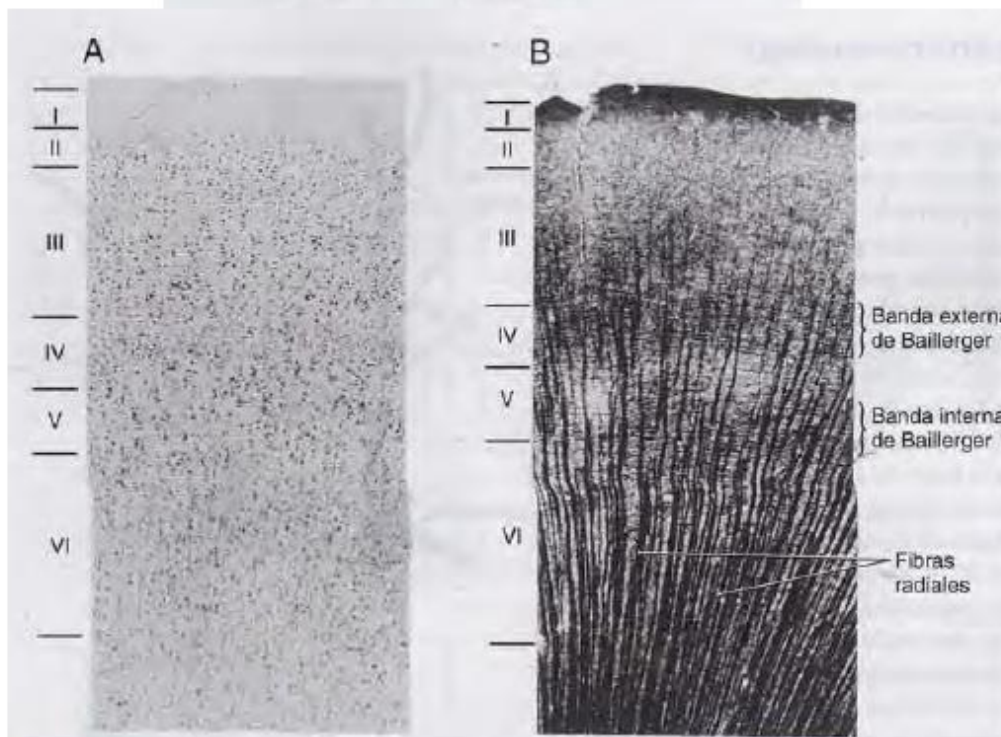
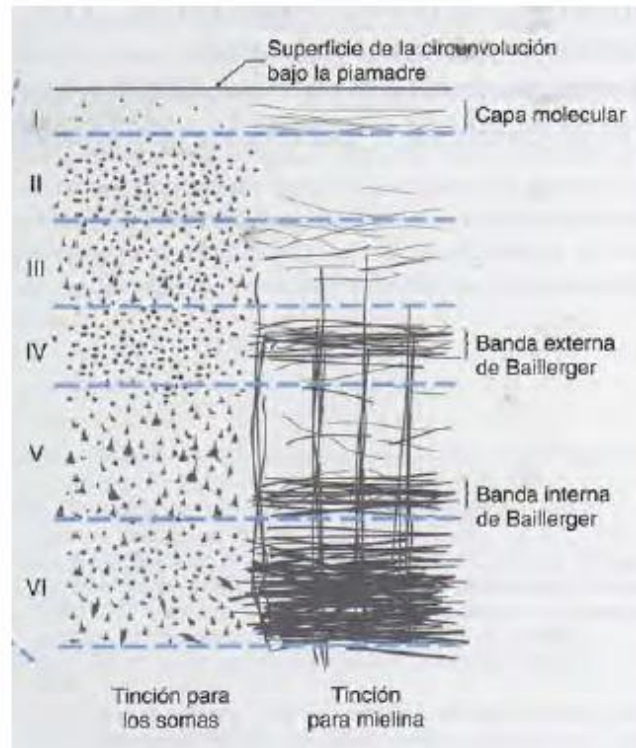
La mayoría de la corteza es mucho más reciente evolutivamente y se la conoce como **NEORCÓRTEX**, el cual generalmente está formado por **6 capas**:

1. **Capa molecular (I)**. Contiene fundamentalmente **axones paralelos a la corteza**.
2. **Capa granular externa (II)**. Contiene fundamentalmente dos tipos celulares
 - **Células granulares**, pequeñas
 - **Células piramidales**, algo más grandes
3. **Capa piramidal externa (III)**. Contiene sobre todo **neuronas piramidales** de tamaño **pequeño a medio**
4. **Capa granular interna (IV)**. Contiene neuronas de los siguientes tipos:
 - **Neuronas estrelladas**
 - **Neuronas lisas** (sin espinas)
 - **Neuronas estrelladas espinosas** (*neuronas granulares*)
5. **Capa piramidal interna (V)**. Está formada por **neuronas piramidales** de tamaño **medio o grande**.
6. **Capa multiforme (VI)**. Contiene **neuronas de todo tipo**, entre ellas:
 - **Neuronas piramidales**
 - **Neuronas fusiformes**

Además de estas capas hay **plexos de recorrido horizontal** en las capas IV y V:

- **BANDA DE BAILLERGER EXTERNA.** Correspondiente a la **capa IV**
- **BANDA DE BAILLERGER INTERNA.** Correspondiente a la **capa V**

Imágenes de la histología cortical



Sustancia blanca cerebral

Toda la información que entra o sale de la corteza, o que conecta una corteza con otra, debe atravesar la sustancia blanca subcortical.

El grueso de la sustancia blanca está formado por estos tipos de fibras:

- **Fibras de asociación**
- **Fibras comisurales**
- **Fibras de proyección**

1. Fibras de asociación

Las **FIBRAS DE ASOCIACIÓN** conectan **diferentes áreas corticales del mismo hemisferio**.

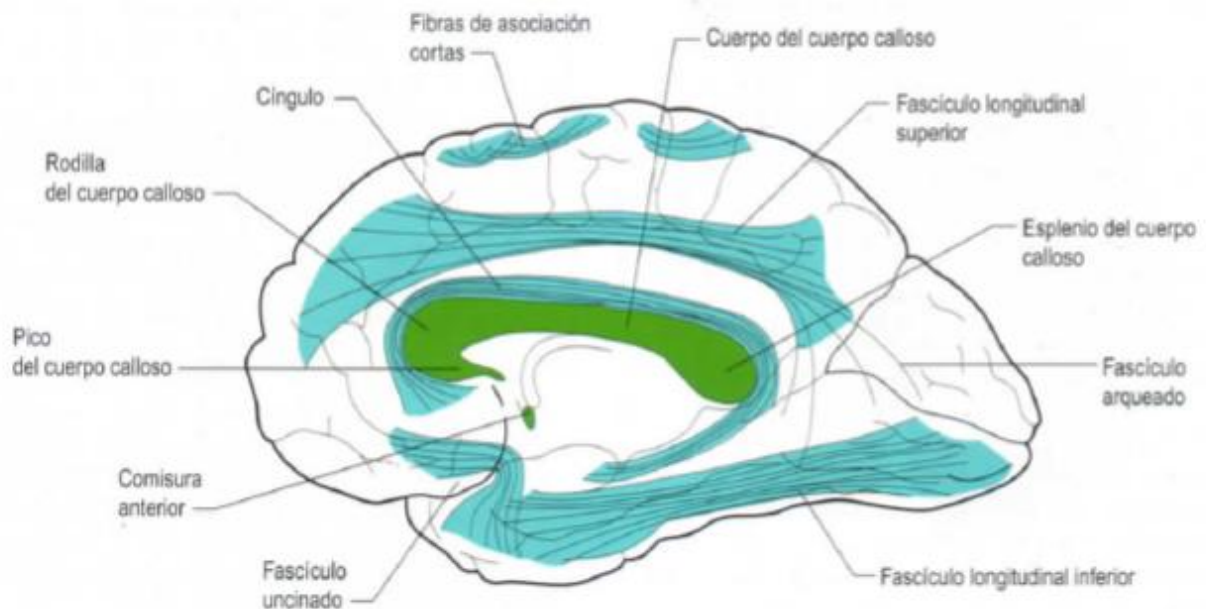
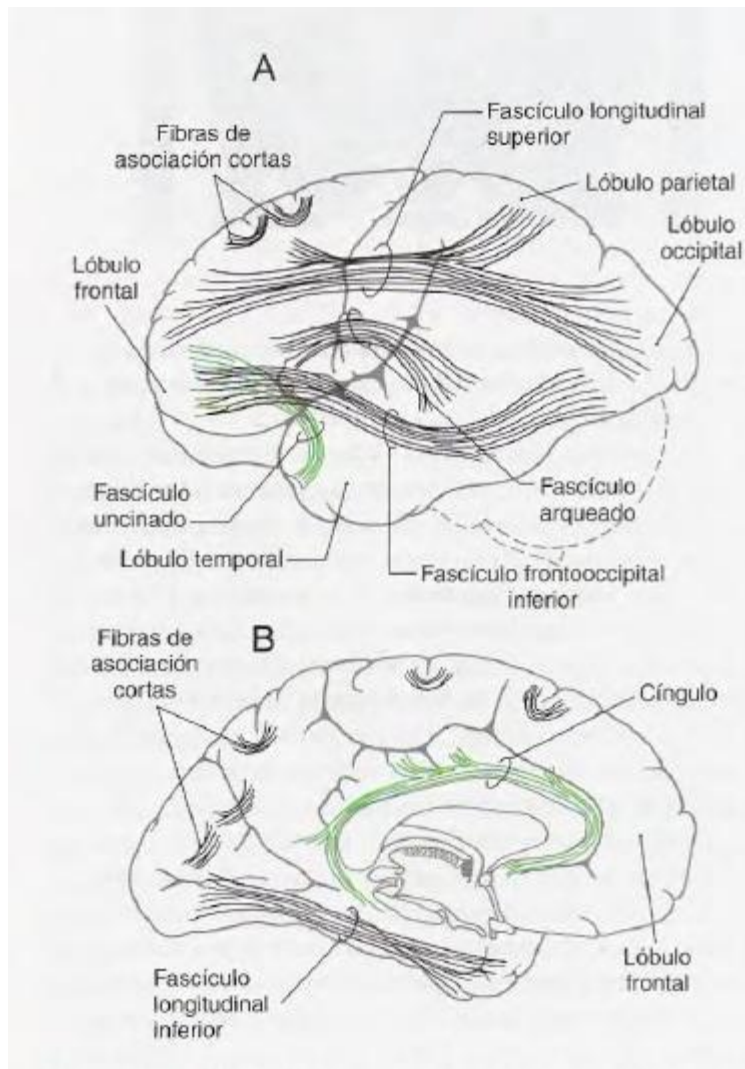
Pueden ser de dos tipos:

- **FIBRAS DE ASOCIACIÓN CORTAS**, que ponen en contacto cortezas de **circunvoluciones adyacentes**
- **FIBRAS DE ASOCIACIÓN LARGAS**, que se extienden entre **áreas corticales alejadas**.

Hay varios ejemplos de estas fibras largas:

- **CÍNGULO**, que se localiza profundo a la circunvolución cingular
Se proyecta hacia la circunvolución parahipocámpica.
- **FASCÍCULO LONGITUDINAL INFERIOR**, son conexiones entre el lóbulo temporal y el lóbulo occipital
- **FASCÍCULO UNCINADO**, que consiste en conexiones entre el lóbulo frontal y el temporal.
- **FASCÍCULO LONGITUDINAL SUPERIOR**, que consiste en conexiones entre la corteza frontal, parietal y occipital
- **FASCÍCULO ARQUEADO**, que une los lóbulos frontal y temporal
- **FASCÍCULO FRONTOOCIPITAL INFERIOR**, que une los lóbulos frontal y occipital
- **CLAUSTRO**, es una fina capa de somas que queda emparedada entre dos haces de asociación:
 - **CÁPSULA EXTERNA**. Entre claustro y putamen
 - **CÁPSULA INTERNA**. Entre claustro e ínsula

Imágenes de las fibras de asociación



2. Fibras comisurales

Generalmente las fibras comisurales **interconectan estructuras homólogas** a ambos lados del neuroeje.

El mayor elemento formado por estas fibras es el **CUERPO CALLOSO**.

Este enorme haz se localiza **posterior al diencéfalo** y forma gran parte del **techo de los ventrículos laterales**.

Desde su zona más anterior a la más posterior consta de tres partes:

- **PICO**
- **RODILLA**
- **CUERPO (TRONCO)**
- **ESPLENIO**

El cuerpo calloso a su vez será el lugar de cruce de multitud de fascículos:

- **FÓRCEPS MENOR (FRONTAL)**. Son fibras que atraviesan la **rodilla** para conectar ambos **lóbulos frontales**.
- **FÓRCEPS MAYOR (OCCIPITAL)**. Está formado por fibras desde el **esplenio** que conectan ambos **lóbulos occipitales**
- **TAPETUM**, que también son fibras que cruzan el **esplenio**

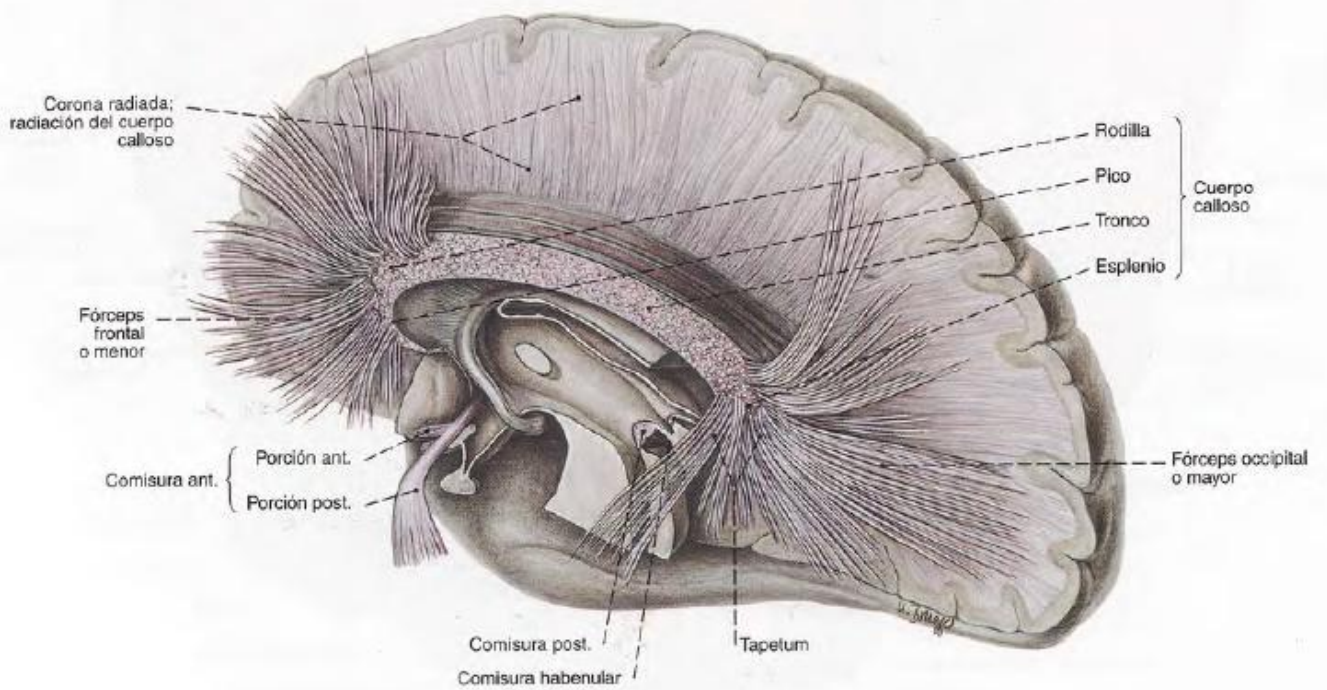
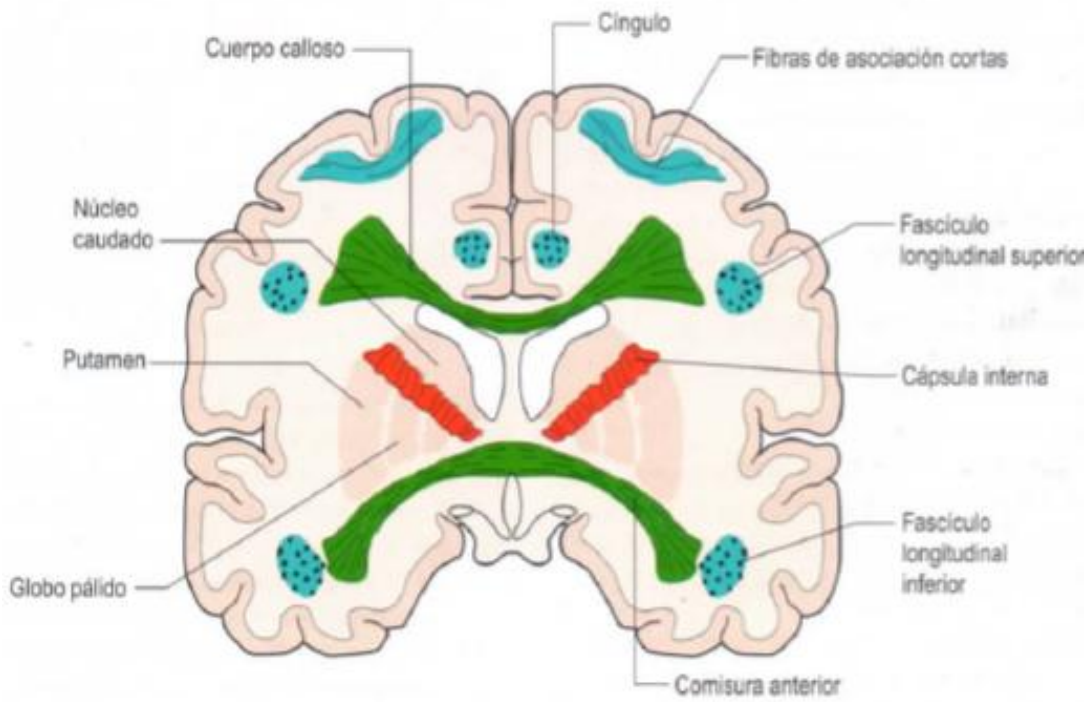
Hay **otros haces comisurales** que son más pequeños:

- **COMISURA ANTERIOR**, que conecta **varias regiones de los lóbulos frontales** y temporales. Cruza **inferior al pico** del cuerpo calloso.
- **COMISURA HIPOCAMPAL**, que se origina en el hipocampo y cruza el cuerpo calloso **anterior al esplenio**.

Hay otros dos componentes que son **caudales del diencéfalo**:

- **COMISURA POSTERIOR**
- **COMISURA HABENULAR**

Imágenes de las fibras comisurales



3. Fibras de proyección

Dentro de las fibras de proyección de los hemisferios o **CÁPSULA INTERNA** se incluyen dos tipos de axones:

- Axones que se originan fuera del telencéfalo y proyectan hacia la corteza (**fibras corticales aferentes**)
- Axones que se originan en la corteza y proyectan hacia fuera del telencéfalo (**fibras corticales eferentes**)

Las fibras de proyección se agrupan en un **haz grande y compacto** denominado **CÁPSULA INTERNA** que posee gran relación estructural con el diencéfalo y ganglios basales.

Se divide en tres partes:

- **BRAZO ANTERIOR**, se insinúa entre la cabeza del núcleo caudado y el núcleo lenticular (ambos pertenecientes a los ganglios basales).

Contiene las **RADIACIONES TALÁMICAS ANTERIORES** que son de dos tipos:

- **Fibras talamocorticales**
- **Fibras corticotalámicas**

También atraviesan esta estructura las **FIBRAS FRONTOPONTINAS**

- **BRAZO POSTERIOR**, que se encuentra entre el tálamo (diencéfalo) y el núcleo lenticular (ganglios basales).

Es **más grande y complejo** y se divide en varias porciones:

- **PORCIÓN TALAMOLENTICULAR** (entre tálamo y núcleo lenticular).

Contiene varios tipos de fibras:

❖ **FIBRAS CORTICOESPINALES**

❖ **RADIACIONES TALÁMICAS CENTRALES** (talamocorticales y corticotalámicas)

- **PORCIÓN SUBLENTICULAR** (fibras anteriores al núcleo lenticular).

A través de esta porción viajan las **RADIACIONES AUDITIVAS** (*geniculotemporales*)

- **PORCIÓN RETROLENTICULAR** (fibras posteriores al núcleo lenticular)

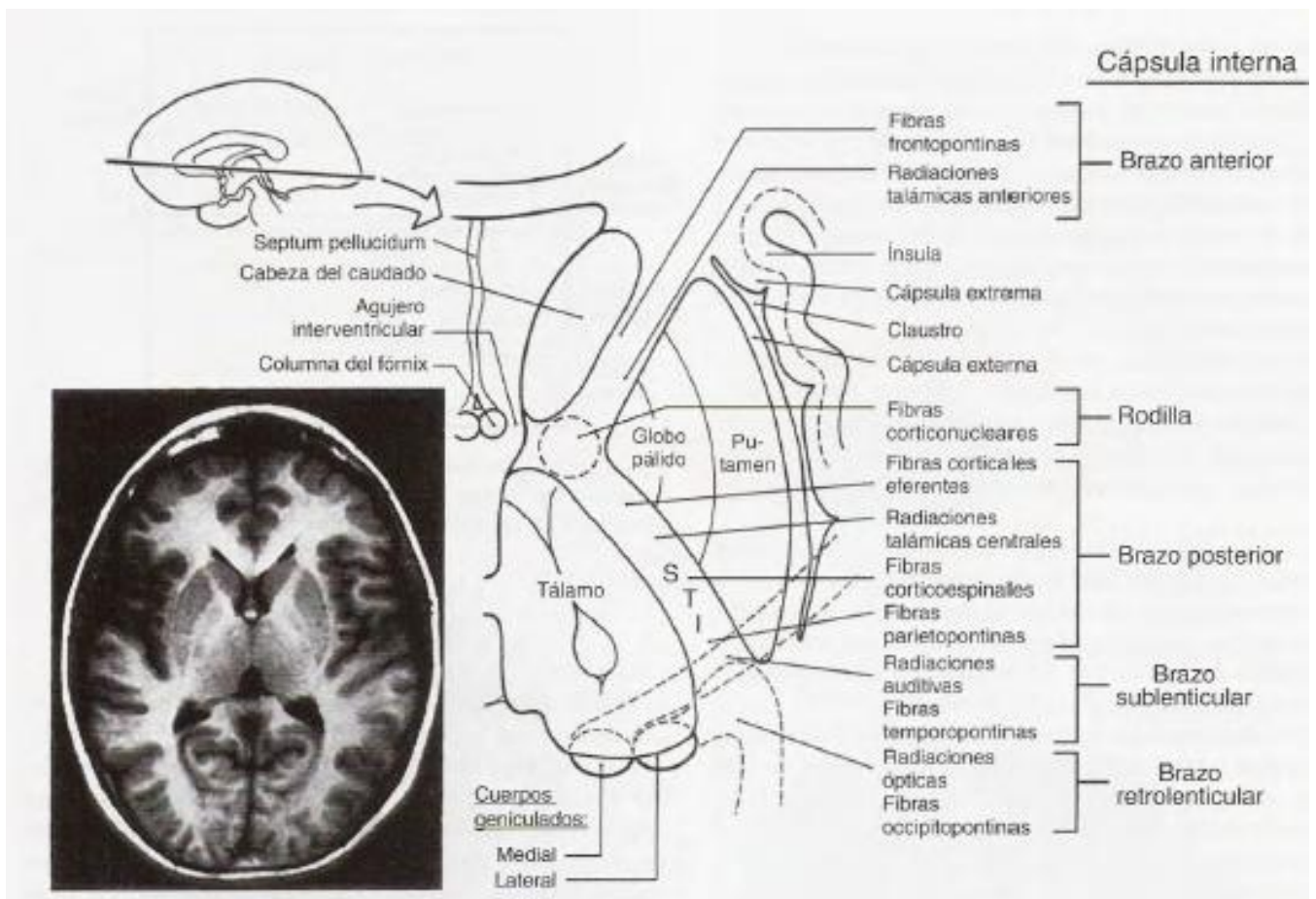
Contiene las **RADIACIONES ÓPTICAS** (*geniculocalcarinas*)

En ocasiones estas tres porciones se consideran, no como formando parte del brazo posterior, sino como **estructuras equivalentes** de la cápsula interna.

- **RODILLA**, que se sitúa en la intersección entre los dos brazos a nivel del agujero interventricular.

Está integrada por las **FIBRAS CORTICONUCLEARES** que se originan en la corteza motora primaria y como recordamos proporcionan fibras a varios núcleos motores voluntarios del tronco del encéfalo.

Las **fibras de la cápsula interna** cuando rebasan el núcleo caudado y el putamen se abren en abanico en la sustancia blanca de los hemisferios formando la **CORONA RADIADA**.

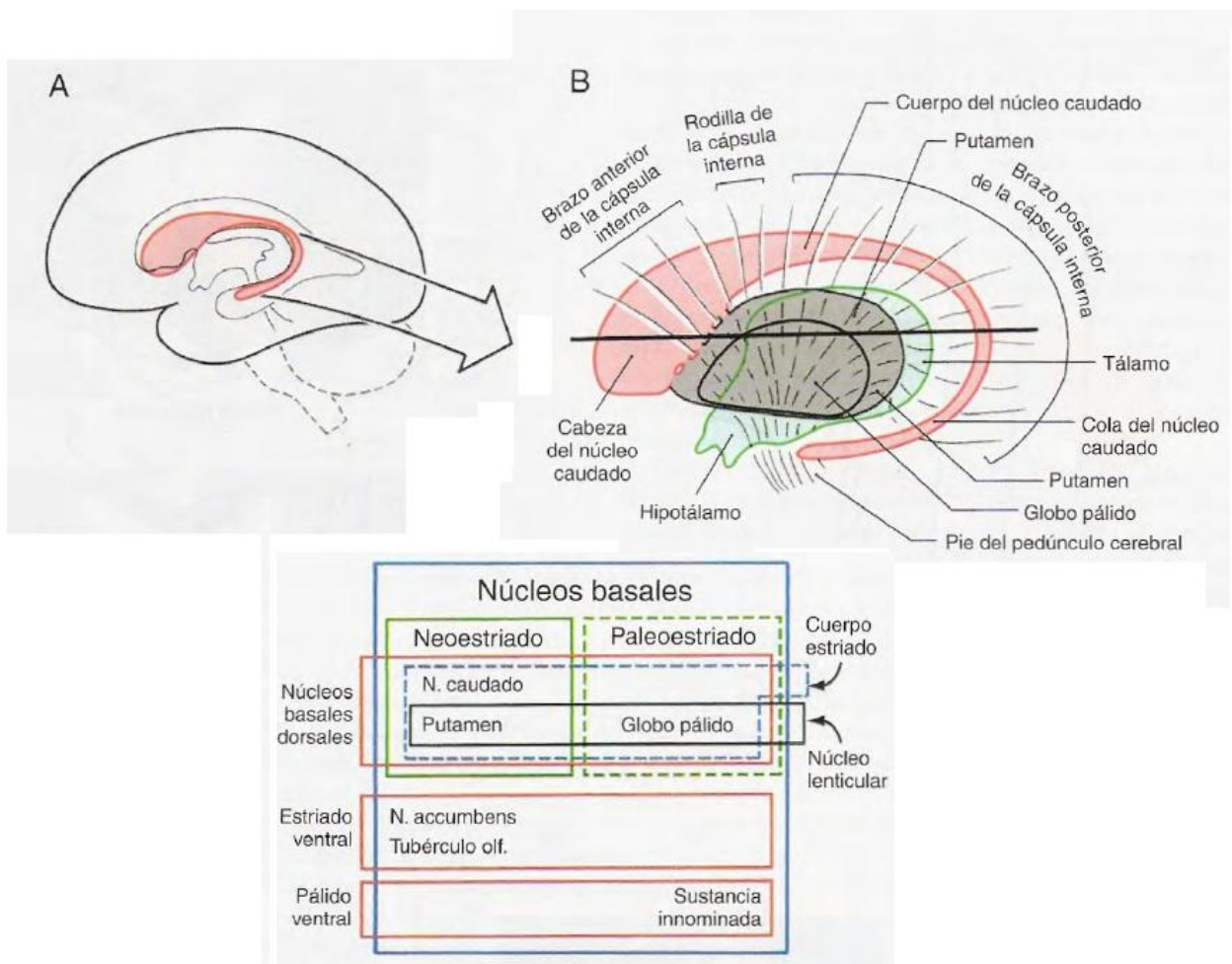


Ganglios basales

Los ganglios basales son **núcleos del sistema nervioso central** que se relacionan fundamentalmente con el **movimiento**.

Su clasificación se centra en sus aspectos funcionales y es la siguiente:

- **NÚCLEOS BASALES DORSALES.** Son dos
 - *Núcleo caudado*
 - *Núcleo lenticular*
- **NÚCLEO ESTRIADO VENTRAL**, formado por:
 - *Núcleo accumbens*
 - *Tubérculo olfatorio adyacente*
- **NÚCLEO PÁLIDO VENTRAL**, formado por **SUSTANCIA INNOMINADA (núcleo basal de Meynert)**.



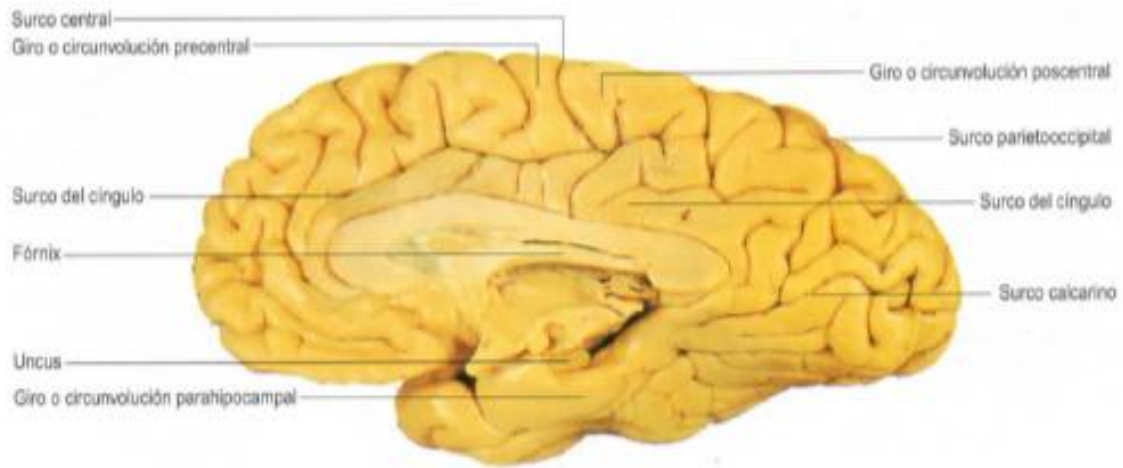
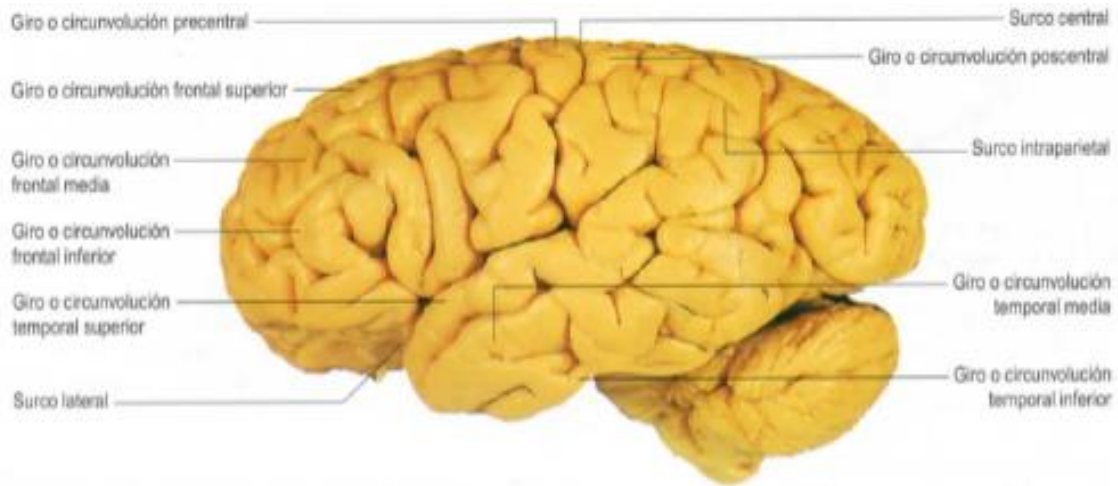
Hay dos núcleos que aunque **no son componentes de los ganglios basales** si se relacionan de forma muy importante con ellos:

- ***NÚCLEO SUBTALÁMICO***
- ***SUSTANCIA NEGRA***

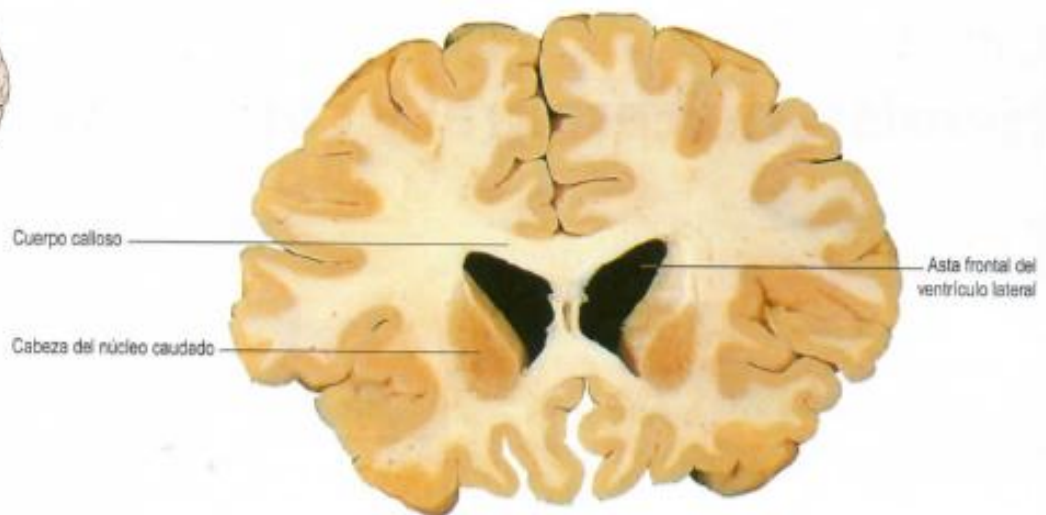
Estos núcleos se **relacionan funcionalmente con el movimiento**, y su lesión conlleva efectos motores como movimientos involuntarios característicos.

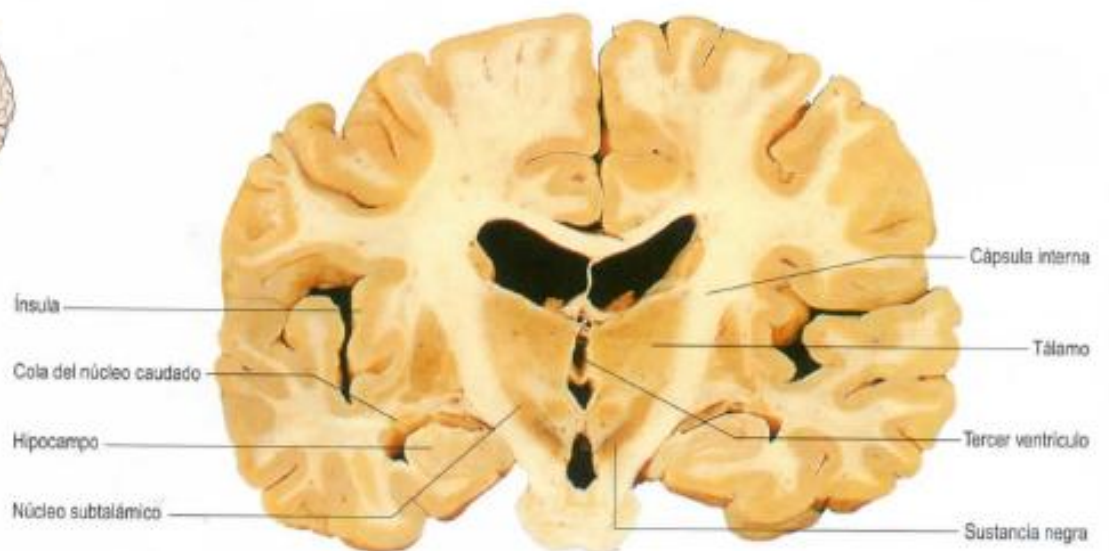
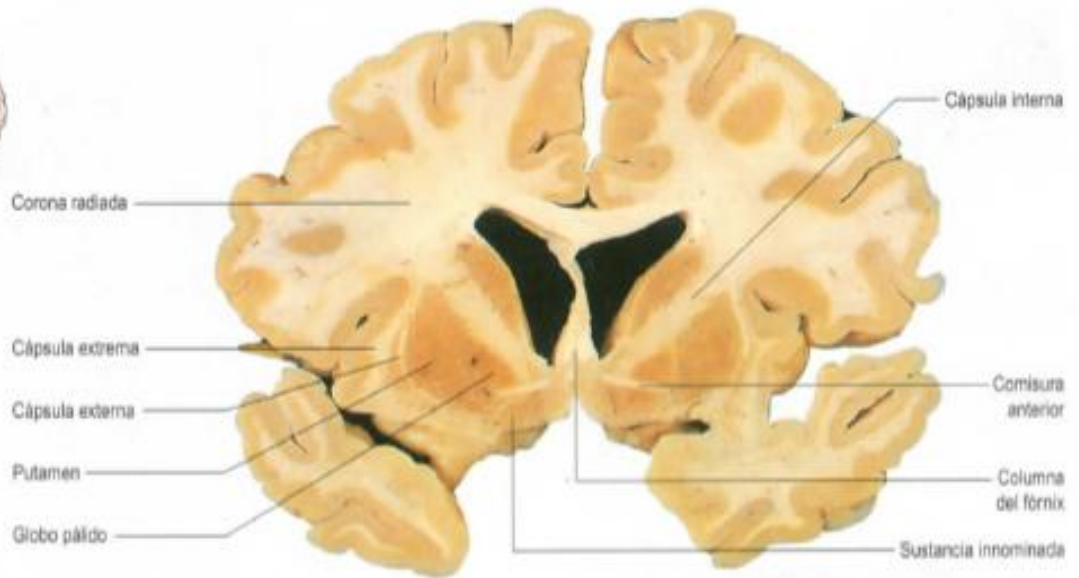
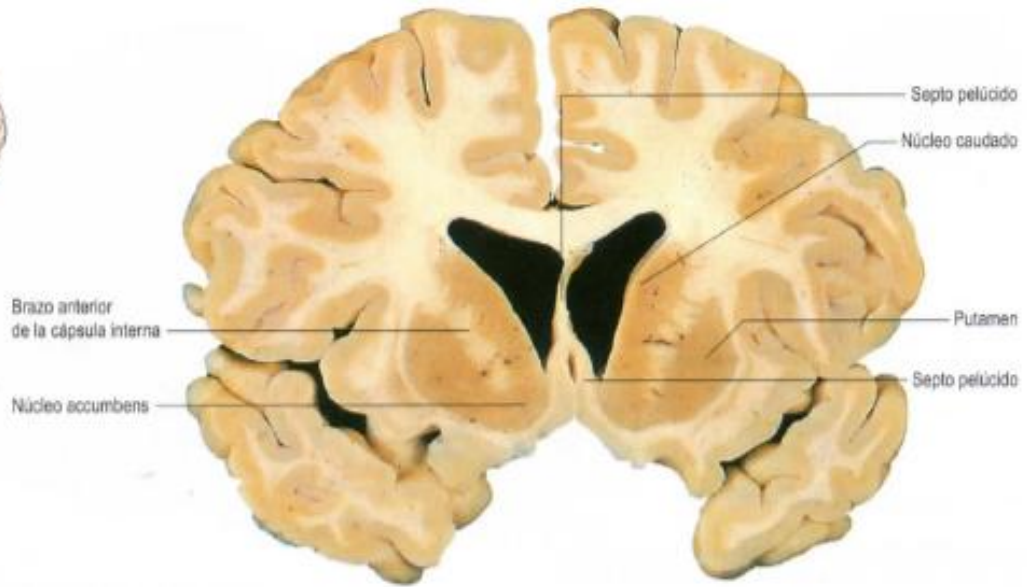
Existe un tema específico más adelante relacionado con los ganglios basales, así que no nos detendremos más en estas estructuras.

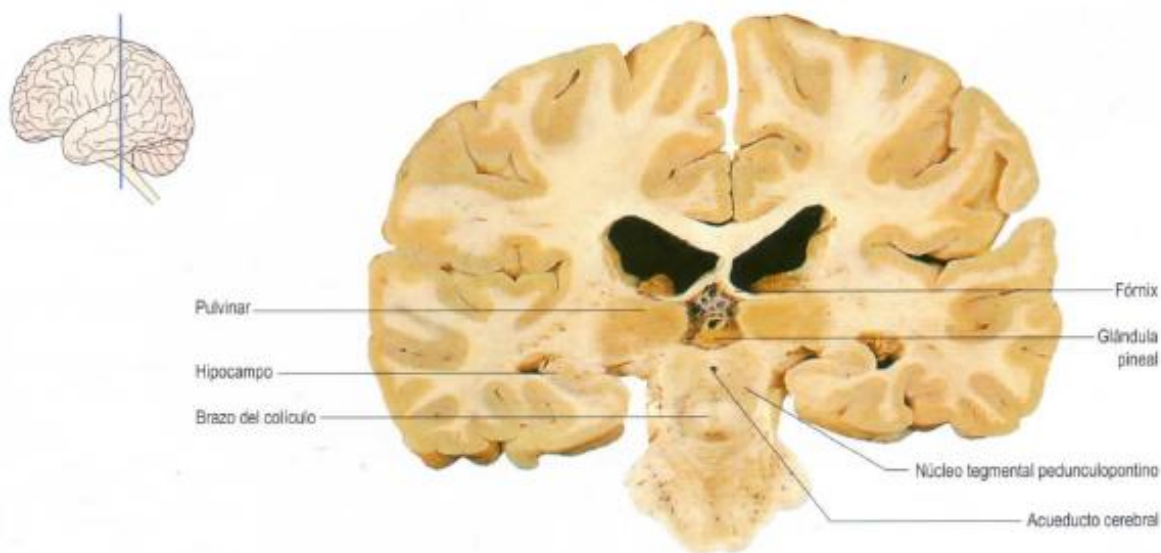
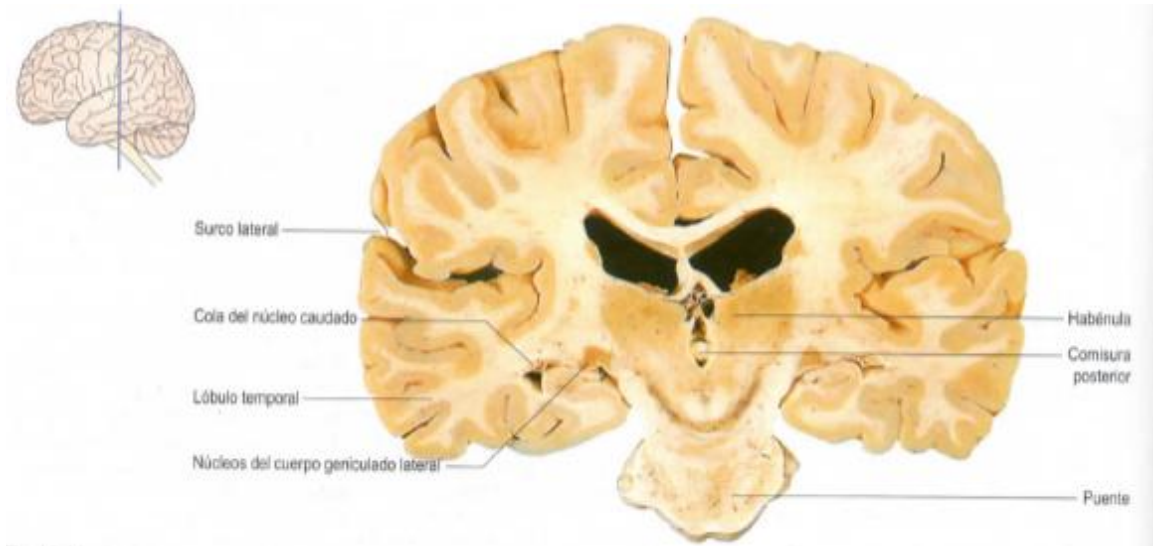
Imágenes generales del telencéfalo



Visión general de los hemisferios medial y lateralmente



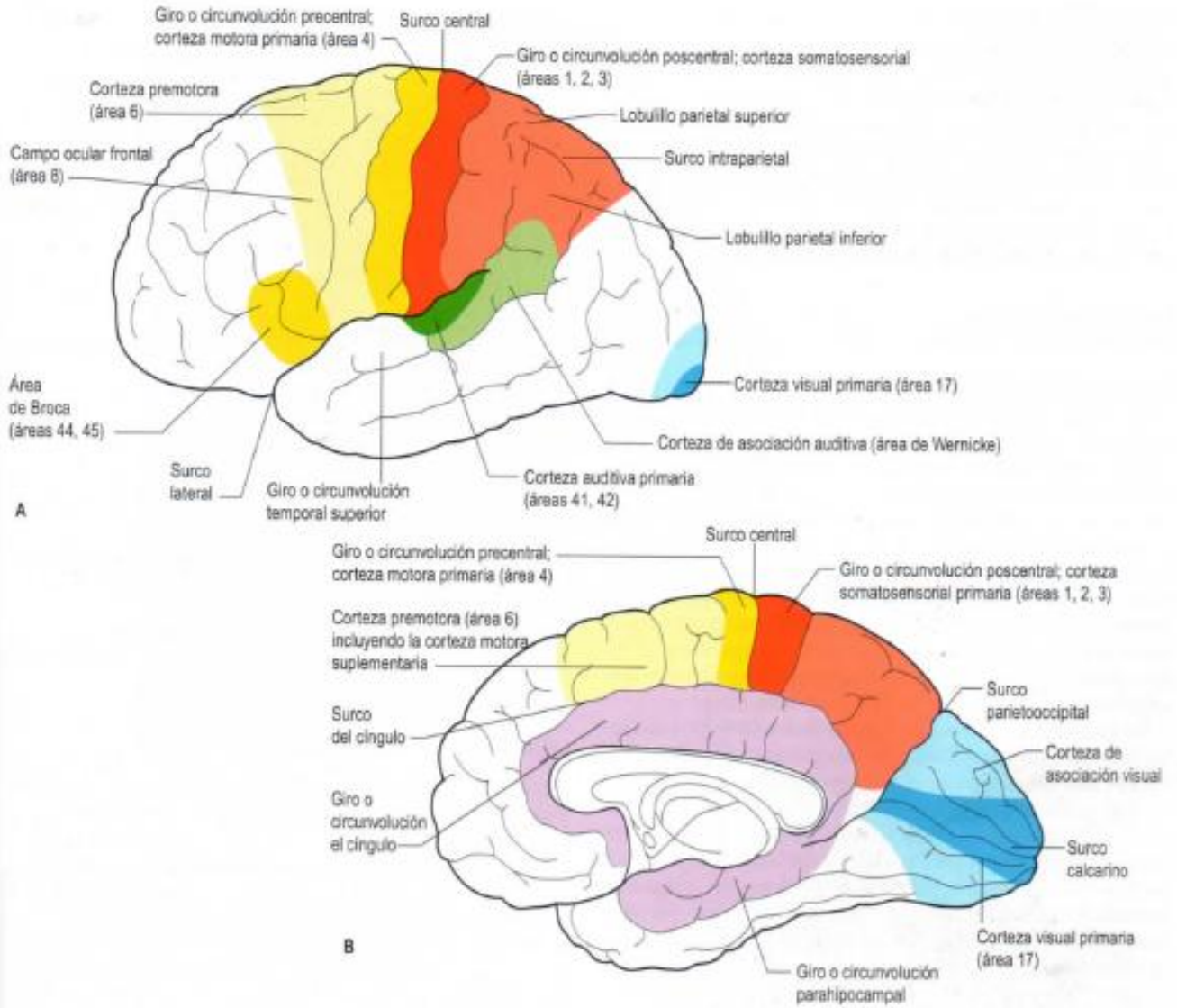




Cortes de hemisferios a distintos niveles



Localización de la ínsula



Divisiones funcionales de la corteza
Estas divisiones las veremos en temas siguientes de forma detallada

Tema 15. Anatomía de la somestesia

Introducción

El sistema somatosensorial transmite o analiza la **información táctil** que proviene tanto del interior como del exterior de la cabeza y el cuerpo.

El resultado de estos procesos permite apreciar la **SENSIBILIDAD EXTEROCEPTIVA (somática general)** que puede clasificarse en una serie de submodalidades:

- **Tacto discriminatorio** (epicrítico)
- **Vibración**
- **Propiocepción** (sensibilidad postural)
- **Tacto grosero** (protopático)
- **Sensibilidad térmica**
 - Frío
 - Calor
- **Nocicepción** (dolor)

Estos estímulos además cuentan con **atributos** como la localización, duración, o intensidad del estímulo.

La **SENSIBILIDAD INTEROCEPTIVA** en cambio procede de los **órganos internos**.

Sensibilidad exteroceptiva

Estos temas de introducción vienen mucho más detallados en la unidad 3.

Como hemos dicho tiene una serie de **submodalidades**:

- **Sensibilidad táctil**. Tacto, presión y vibración (palestesia)
- **Sensibilidad propioceptiva**. Posición y movimiento (cinestesia)
- **Sensibilidad térmica**. Frío o calor

Sistema de la columna posterior-lemnisco medial

Esta vía participa en la percepción y asociación de los estímulos mecánicos, lo que permite distinguir varias **modalidades de tacto**:

- **Detalles de la forma de un objeto**
- **Texturas**
- **Reconocer figuras tridimensionales (estereognosia)**
- **Detectar el movimiento**

Esta vía también contiene axones que transportan **información no táctil**:

- **Propiocepción consciente**
- **Movimiento de los miembros en el espacio (cinestesia)**

Las fibras de este sistema tienen **alta velocidad de conducción** y **pocos relevos sinápticos** para procesar la señal.

Además esta vía sigue una **SOMATOTOPÍA precisa** (es decir, las fibras están ordenadas según su procedencia).

Este sistema sigue procesos de **INHIBICIÓN LATERAL**, es decir, una neurona activada inhibe las neuronas a su alrededor. Esto resulta esencial para **discriminar táctilmente entre dos puntos**.

Receptores periféricos

Los **mecanorreceptores** de este sistema son los siguientes:

Tipo de receptor (velocidad de adaptación)	Sensación provocada por la microestimulación	Tipo de fibra (grupo)	Tamaño del campo receptor (promedio)	Número por cm ²	
				Pulpejo de los dedos	Palma
Corpúsculo de Meissner (AR)	Golpeteo, vibración a 5-40 Hz	II	Pequeño (54,9 ± 8,6 mm ²)	>100	40
Receptores de los folículos pilosos (AR, AL)	Movimiento, dirección	II	–	–	–
Corpúsculo de Pacini (AR)	Vibración a 60-300 Hz	II	Grande	20	10
Célula de Merkel (AL)	Tacto-presión	II	Pequeño (44,7 mm ²)	70	30
Complejo de Ruffini (AL)	Desconocida	II	Grande	50	15

AR, adaptación rápida; AL, adaptación lenta.

Los **propioceptores** los encontramos en músculos, tendones y cápsulas articulares, y son los siguientes:

Tabla 17-2. Propiorreceptores musculares y articulares con los tipos de fibras y sensibilidades asociados a ellos

Tipo de receptor (velocidad de adaptación)	Sensibilidad	Función/señal	Tipo de fibra (grupo)
Fibra de bolsa nuclear (AL, terminaciones anuloespirales primarias)	Sensibilidad muy dinámica	Longitud y velocidad del cambio; longitud y velocidad	Ia
Fibra de cadena nuclear (AL, terminación secundaria en flor)	Sensibilidad poco dinámica	Longitud; tensión	II
Órgano tendinoso de Golgi (AL)	Tensión	Fuerza muscular; tensión	Ib
Terminaciones de Ruffini (AL)	Posición de la extremidad	Movimiento articular y presión	I

AL, adaptación lenta

El mayor detalle lo encontraremos en la unidad 3.

La **precisión** con la que se percibe un estímulo táctil depende de estos factores:

- **Densidad de receptores** (↑ densidad = ↑ precisión)
- **Tamaño de sus campos receptores** (↑ pequeño = ↑ precisión)

Hay zonas como la piel de la palma de las manos y en la región peribucal con una sensibilidad muy fina y precisa debido a que en estas zonas los campos receptores además son muy pequeños, por lo que cada receptor inerva una zona extremadamente pequeña.

Hay otras zonas como la espalda que tienen una densidad mucho menor, lo que permite una localización del estímulo táctil mucho más imprecisa.

Los campos receptores son mucho más grandes, permitiendo una discriminación muy limitada.

Las **fibras sensitivas primarias** se dividen en dos grupos:

- **Fibras grandes**
 - Entran **mediales** a la médula (por la **raíz posterior**)
 - Conducen el **impulso de forma rápida**
 - Son de los siguientes tipos: **Ia, Ib y II**
 - Conducen los siguientes tipos de sensibilidad:
 - **Tacto discriminatorio**
 - **Propiocepción**
 - **Vibración**

Las fibras pequeñas las trataremos a continuación, debido a que este sistema solo viene mediado por fibras gruesas.

Columnas posteriores en la médula espinal

Cuando estas fibras que hemos detallado penetran en la médula pueden ocurrir dos cosas:

- Hay un grupo que termina en las **neuronas de segundo orden** de la **sustancia gris** a ese nivel de entrada, así como en los niveles inmediatamente superiores e inferiores.

Estas ramas participan en diferentes **reflejos medulares** y en **proyecciones ascendentes** como las **FIBRAS POSTSINÁPTICAS DE LAS COLUMNAS POSTERIORES**.

- El grupo más grande forma las **COLUMNAS POSTERIORES**, que se sitúan **dorsales** en la médula espinal y están compuestas por dos fascículos:
 - **FASCÍCULO GRÁCIL (de GOLL)**, más medial
 - **FASCÍCULO CUNEIFORME (de BURDACH)**, más lateral

Dentro de las COLUMNAS POSTERIORES las fibras de los distintos dermatomas siguen una organización topográfica.

- Las fibras de los **niveles sacros** son más **mediales**
- Las fibras de los **niveles ascendentes (HASTA T6)** son más **laterales**

Estas fibras forman el **FASCÍCULO GRÁCIL** o de **GOLL**

Las **fibras torácicas** por **encima de T6** y las **cervicales** forman el **FASCÍCULO CUNEIFORME** o de **BURDACH**. Se ordenan de un modo muy similar.

- El **FASCÍCULO GRÁCIL** es más **medial**
- El **FASCÍCULO CUNEIFORME** es más **lateral**

Clínica

La **lesión de las columnas posteriores** (por ejemplo en el SÍNDROME DE BROWN-SÉQUARD) causa una **reducción o pérdida de la sensibilidad homolateral** del nivel de la lesión **hacia abajo**.

La sensibilidad perdida es táctil fina, vibratoria y propioceptiva consciente.

Núcleos de las columnas posteriores

Los núcleos de las columnas posteriores son dos y se localizan en el **tronco del encéfalo**:

- **NÚCLEO GRACIL**
- **NÚCLEO CUNEIFORME**

Los encontramos en el **bulbo raquídeo**, en el **extremo rostral** de los fascículos correspondientes:

- **NÚCLEO GRÁCIL** → Parte más **anterior del FASCÍCULO GRÁCIL**
- **NÚCLEO CUNEIFORME** → Parte más **anterior del FASCÍCULO CUNEIFORME**

Se encuentran irrigados por la **arteria espinal posterior**.

Estos somas constituyen la **segunda neurona de este sistema**. La primera neurona la encontraríamos en los somas en los ganglios raquídeos **homolaterales**.

Estos núcleos reciben impulsos de las siguientes localizaciones topográficas:

- **NÚCLEO GRÁCIL**. Recibe información del **fascículo grácil**, de más medial a más lateral:
 - **Regiones sacras**
 - **Regiones lumbares**
 - **Regiones torácicas inferiores** (T6 ↓)
- **NÚCLEO CUNEIFORME**. Recibe información del **fascículo cuneiforme**, de más medial a más lateral:
 - **Regiones torácicas superiores** (T6 ↑)
 - **Regiones cervicales**

Además de esta **ORGANIZACIÓN SOMATOTÓPICA** (ordenación de las fibras según su procedencia dentro del cuerpo) existe una organización por submodalidades dentro de estos núcleos.

- Las señales de **adaptación rápida** terminan en la **zona central e inferior** de los núcleos.
- Las señales de **adaptación lenta** y los impulsos de husos neuromusculares y articulaciones llegan al **polo superior** de los núcleos cuneiforme y grácil.

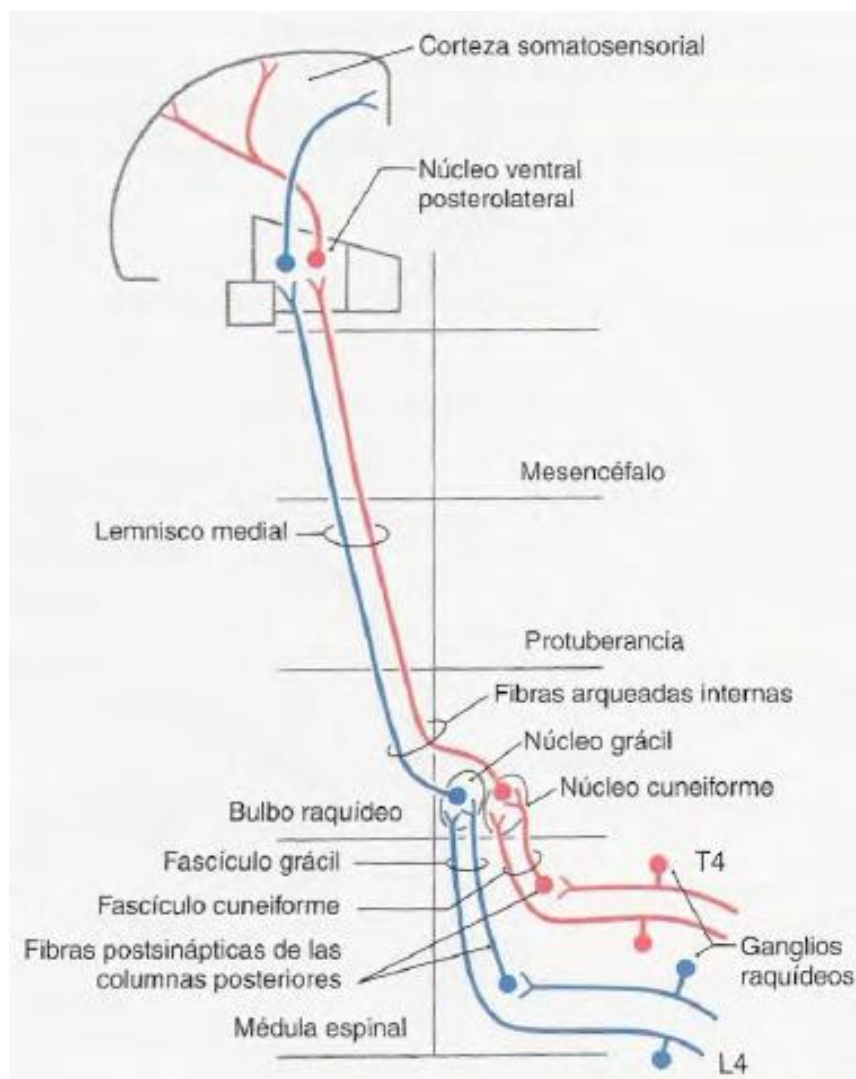
Estas señales también llegan al **NÚCLEO Z** por encima de estos núcleos.

Los núcleos de la columna dorsal también reciben conexiones aferentes desde dos lugares:

- **CORTEZA SOMATOSENSORIAL PRIMARIA** **contralateral**
- **FORMACIÓN RETICULAR BULBAR** (núcleo gigantocelular)

Estos núcleos no solo relevan la información periférica, sino que también la procesan, siguiendo una retroalimentación inhibitoria.

Estas neuronas mandarán sus axones al **TÁLAMO contralateral** mediante el sistema del **LEMNISCO MEDIAL**.



Resumen de la vía de las columnas dorsales-lemnisco medial

Lemnisco medial

Los axones de los núcleos de las columnas posteriores se denominan en bulbo **FIBRAS ARQUEADAS INTERNAS**.

Estos axones forman una curva en sentido anteromedial para formar el **LEMNISCO MEDIAL**.

- Las fibras procedentes del **NÚCLEO CUNEIFORME** se localizan posteriores.
- Las fibras procedentes del **NÚCLEO GRÁCIL** se localizan anteriores

Cuando estas fibras avanzan hacia niveles más superiores sufren una **rotación**, de modo que la somatotopía queda del siguiente modo:

- **Miembro superior** → Medial
- **Miembro inferior** → Lateral

Esta **ORGANIZACIÓN SOMATOTÓPICA** se mantiene a medida que el lemnisco medial asciende por el tronco del encéfalo.

Las fibras de este tracto terminan en el **NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL (NVPI)** del tálamo.

Tálamo

El **núcleo ventral posterolateral (NVPI)** a veces también llamado **COMPLEJO VENTROBASAL** tiene forma de cuña y se sitúa en la zona más inferior del tálamo.

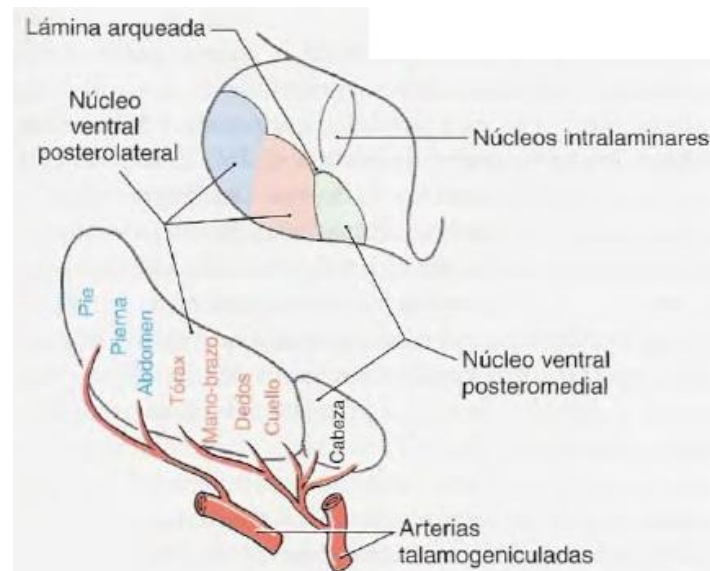
El **COMPLEJO VENTRAL POSTERIOR** como estudiábamos en tálamo está formado por **dos núcleos**:

- **NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL (NVPI)**
- **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)**

Ambos núcleos están separados por fibras de la lámina arqueada.

El **NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL (NVPI)** recibe impulsos desde el sistema del **lemnisco medial**.

El **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)** recibe impulsos desde los **fascículos trigeminotalámicos** (*¿núcleo principal del trigémino?*), lo que estudiaremos a continuación en esta misma unidad.



Dentro del núcleo ventral posterolateral observamos una distribución de fibras:

- Las fibras desde el **NÚCLEO CUNEIFORME contralateral** se colocan **mediales**
- Las fibras del **NÚCLEO GRÁCIL contralateral** se colocan **laterales**.

Observamos entonces una **distribución de la sensibilidad del organismo**, donde los niveles más inferiores (pie y pierna) son más laterales y los niveles más superiores (cuello) más mediales dentro del NVPI (**imagen**)

Hay otros núcleos talámicos que también reciben sensibilidad desde el lemnisco:

- **NÚCLEO VENTRAL POSTEROINFERIOR**
- **PULVINAR**
- **GRUPO LATERAL POSTERIOR**

Observamos además una distribución preferente de fibras según sus propiedades funcionales, como ya veníamos observando hasta ahora.

El COMPLEJO VENTRAL POSTERIOR contiene dos poblaciones de neuronas que intervienen en esta vía:

- **Neuronas multipolares.** Envían conexiones excitatorias a las **cortezas somestésicas**.
Son las **neuronas de tercer orden** de este sistema. Son **neuronas talamocorticales**.
- **Interneuronas.** Son de axón mucho más corto y reciben conexiones desde la corteza.

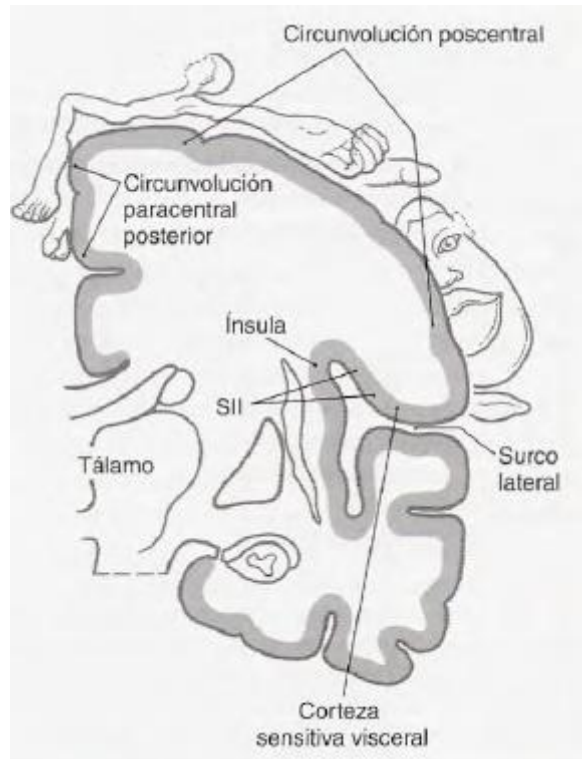
Estas neuronas son **inhibitorias** y regulan a las **células talamocorticales**, que envían conexiones a la corteza somestésica.

Corteza somatosensorial primaria

Los axones de las neuronas talámicas de tercer orden terminan en la **CORTEZA SOMATOSENSORIAL PRIMARIA (SI)**.

También es conocida como **áreas 3, 1 y 2**.

Esta corteza tiene una distribución somatotópica de sensibilidades, en forma de “**homúnculo**” (hombre pequeño):



Las regiones corporales con **muy alta densidad de receptores** (p.e. yema de los dedos, labios...) tienen una **cantidad desproporcionadamente grande de tejido cortical** para su representación central, como vemos en la imagen.

Esta región se encuentra en el **LÓBULO PARIETAL** y tiene dos límites:

- **Límite anterior:** **SURCO CENTRAL** (delante de este surco estaría la corteza motora primaria)
- **Límite posterior:** **SURCO POSCENTRAL**

Comprende dos zonas:

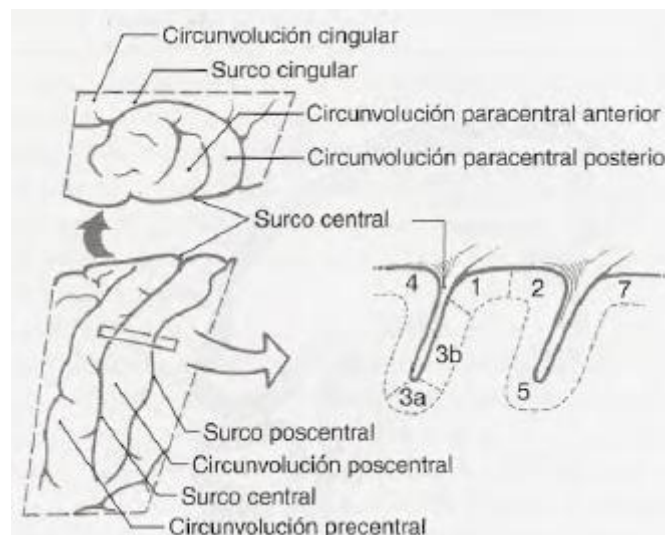
- **CIRCUNVOLUCIÓN POSCENTRAL**
- **CIRCUNVOLUCIÓN PARACENTRAL POSTERIOR**

La **CORTEZA SOMATOSENSORIAL PRIMARIA** se divide en **4 áreas diferentes**, que son, de adelante hacia atrás:

- **ÁREA 3a.** Se localiza en la **profundidad del surco central**, contigua al área 4 (corteza motora primaria)
- **ÁREA 3b**
- **ÁREA 1**

Estas dos áreas se extienden **hacia los lados del surco**, hasta el hombro de la circunvolución poscentral.

- **ÁREA 2.** Se ubica en la **superficie de la circunvolución**, al lado del área 5 (corteza somatosensorial asociativa).



Cada una de estas áreas citoarquitectónicas recibe impulsos específicos de una **submodalidad**:

- **ÁREAS 3a y 2.** Reciben impulsos de la **región “periférica” del núcleo ventral posterolateral (NVP)**.

La información que reciben procede de los siguientes lugares:

- **ÁREA 3a.** Husos neuromusculares
- **ÁREA 2.** Órganos de Golgi y fibras articulares.
- **ÁREAS 3b y 1.** Constituyen el destino principal de las neuronas de la **región central del núcleo ventral posterolateral (NVP)**

Clínica

La **lesión de distintas áreas** de la corteza somatosensorial produce defectos característicos de la sensibilidad:

- **ÁREA 1.** Su lesión produce incapacidad para **detectar texturas**.
- **ÁREA 2.** Se pierde la discriminación de **tamaño y forma** (*astereognosia*)
- **ÁREA 3b.** Sus efectos son más profundos que la afectación aislada de las dos áreas anteriores.

Su lesión produce un **deterioro tanto de la discriminación de la textura, como de la forma o el tamaño**.

Esto nos indica que hay una **jerarquía en la corteza** donde el área 3b efectúa la primera elaboración de la información y la distribuye a las áreas 1 y 2.

Otras cortezas somatosensoriales

La **CORTEZA SOMATOSENSORIAL SECUNDARIA (SII)** se encuentra en la profundidad de la cara interna del borde superior del surco lateral.

También contiene una **organización somatotópica**.

Recibe impulsos principalmente de dos lugares:

- **CORTEZA SOMESTÉSICA PRIMARIA homolateral**
- **NÚCLEO VENTRAL POSTEROINFERIOR (NVPi)** del tálamo
- **¿NÚCLEO TRIANGULAR?** del tálamo

Los impulsos táctiles llegan también a otras áreas de la corteza parietal, posteriores al área 2:

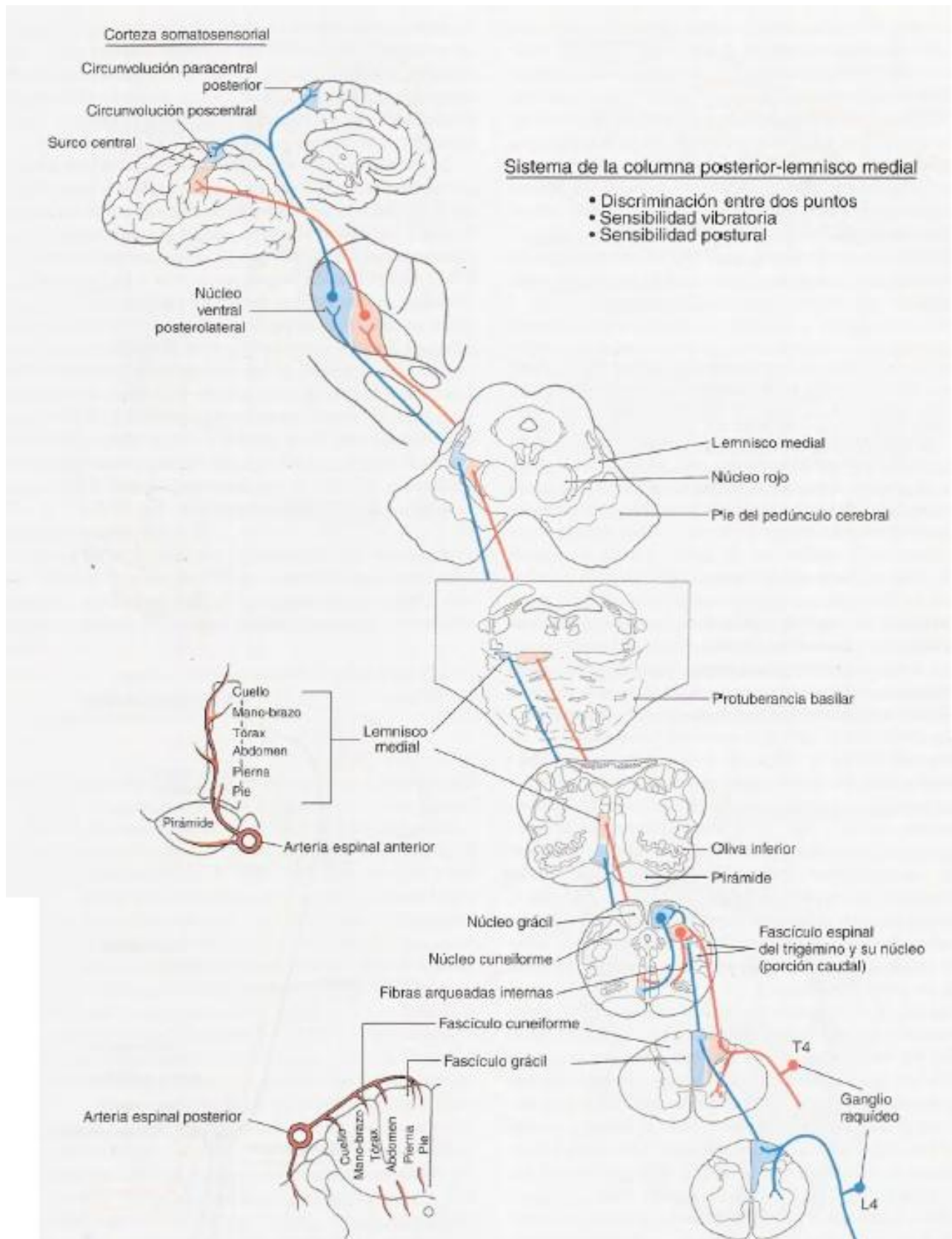
- **ÁREA 5**
- **ÁREA 7** (*porción lateral 7b*)

El **PULVINAR ANTERIOR**, y el **GRUPO LATERAL POSTERIOR** del **tálamo** ambos, reciben **estímulos del lemnisco medial** y envían fibras a estas áreas.

También reciben información de la **CORTEZA SOMESTÉSICA PRIMARIA (SI)**

La lesión de estas áreas produce **agnosia** en la que las **porciones contralaterales desaparecen** del “**mapa corporal**” de una persona. La sensibilidad no se altera del todo, pero esos miembros dejan de considerarse propios.

Imágenes del sistema columnas dorsales-lemnisco medial



Resumen general de la vía

Fascículos trigeminotalámicos

Receptores periféricos

Las **sensaciones táctiles** que se originan en la **cabeza** se traducen a impulsos nerviosos mediante los mismos tipos de receptores que hay en cualquier parte del cuerpo, aunque hay excepciones.

Hay **receptores del ligamento periodontal** (tejido que rodea cada diente) que son muy sensibles a los **desplazamientos y fuerza de la mordedura**.

Hay una gran cantidad de **receptores encapsulados** (sobre todo *MEISSNER*) que se encuentran bajo la **superficie de labios y piel peribucal**.

La discriminación táctil entre dos puntos de los labios es muy precisa, similar a la que encontramos en la yema de los dedos.

Tronco del encéfalo

El **NÚCLEO SENSITIVO PRINCIPAL del trigémino** se encuentra en la zona media de la protuberancia, en el extremo superior del núcleo espinal para el mismo nervio.

En este núcleo distinguimos 2 zonas:

- **ZONA DORSOMEDIAL**, recoge aferencias primarias de la **cavidad bucal**
- **ZONA DORSOLATERAL**, recibe aferencias de los tres componentes del trigémino:
 - **V₁**. Anterior
 - **V₃**. Posterior
 - **V₂**. Entre ambas

Los **campos receptores de estas neuronas son muy pequeños**, y además también están modulados para **inhibir a las neuronas laterales**, de forma muy similar a como ocurría en las columnas posteriores.

Estas neuronas de segundo orden se encargan de transmitir la **información táctil fina y propioceptiva consciente** de la **cabeza** y proceden de dos subdivisiones del núcleo:

- **Núcleo principal del trigémino ventrolateral**. Se dirigen al **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)** del tálamo.

Los axones llegan al tálamo contralateral mediante el **LEMNISCO TRIGEMINAL**, también llamado **FASCICULO TRIGEMINOTALÁMICO ANTERIOR** muy próximo al lemnisco medial.

- **Núcleo principal del trigémino dorsomedial.** Se dirigen al **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)** del tálamo también.

Los axones van en el **FASCÍCULO TRIGEMINOTALÁMICO POSTERIOR.**

Tálamo y corteza

Las **fibras aferentes** de ambos tractos siguen una **somatotopía** en el **NVPm** de modo que la cavidad bucal queda representada de forma medial, y la cabeza lateral es también lateral dentro del núcleo.

Las **neuronas TALAMOCORTICALES** desde el NVPm envían sus axones por la cápsula interna hasta el área de la cara de la **CORTEZA SOMATOSENSORIAL PRIMARIA (SI)**

Esta área está situada **lateral en la circunvolución poscentral.**

Las **regiones peribucales** tienen más inervación periférica y por tanto están **muy representadas** en la **corteza somatosensorial primaria.**

Otros

Las **terminaciones propioceptivas** (músculos mandibulares) y algunos **receptores** de los **ligamentos periodontales** están inervadas por aferencias del **NÚCLEO MESENCEFÁLICO DEL TRIGÉMINO.**

Las neuronas de este núcleo se extienden hacia la **zona superior de la protuberancia** hasta niveles superiores del **mesencéfalo** donde forman una fina banda de neuronas **lateral a la sustancia gris periacueductal.**

Las prolongaciones de este núcleo forman el **FASCÍCULO MESENCEFÁLICO DEL TRIGÉMINO** que también se extiende hacia niveles superiores donde limita con la sustancia gris periacueductal del mesencéfalo.

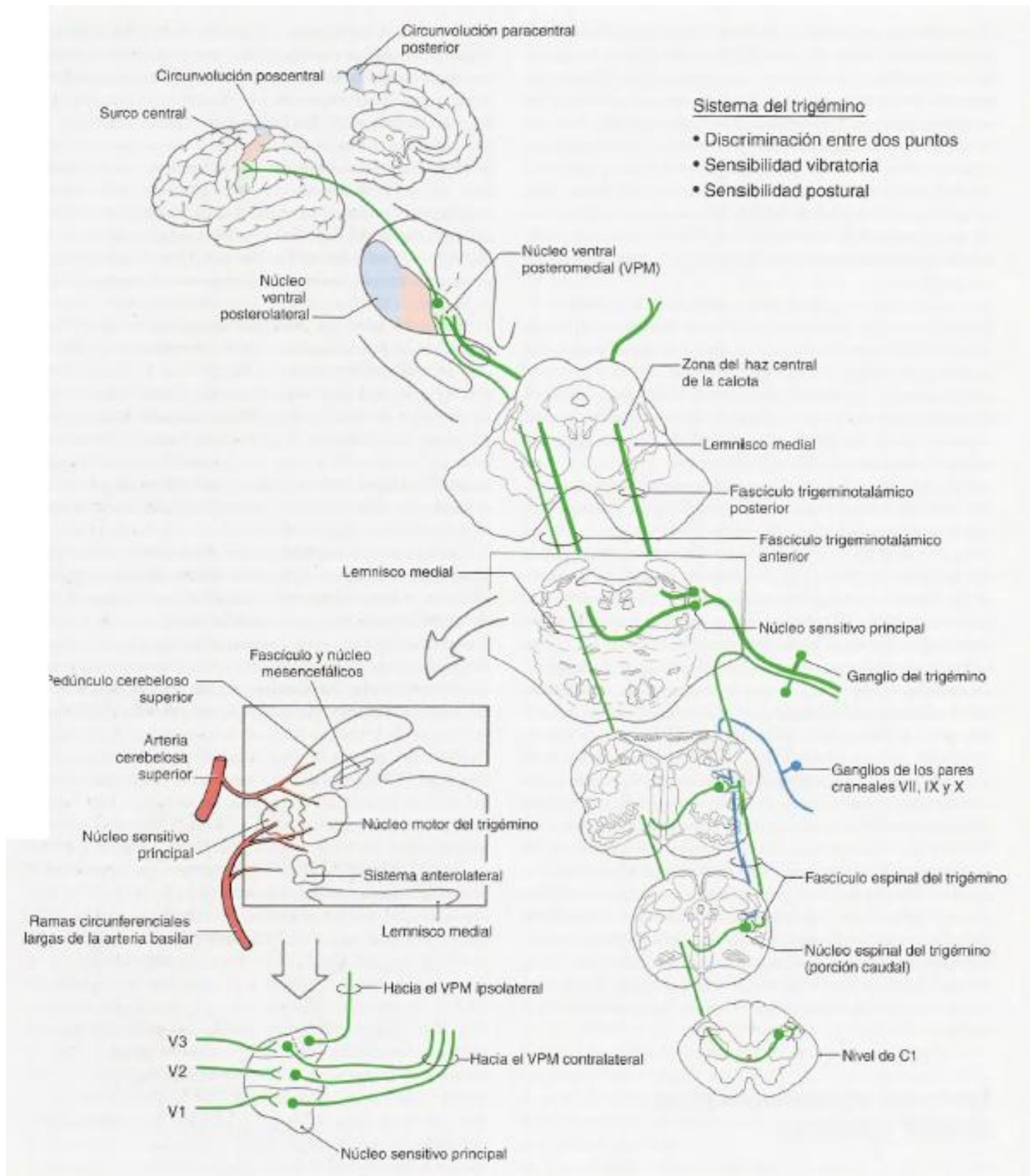
Las neuronas mesencefálicas del trigémino generalmente se **ramifican** en el área posterior al **NÚCLEO MOTOR DEL TRIGÉMINO** para sinaptar con él, de modo que de esta forma participan en el **reflejo miotático de la masticación** (unidad 4 de NEUROFISIOLOGÍA).

Además hay **fibras descendentes** del núcleo mesencefálico del trigémino que forman el **FASCÍCULO DE PROBST** que sinapta con tres puntos:

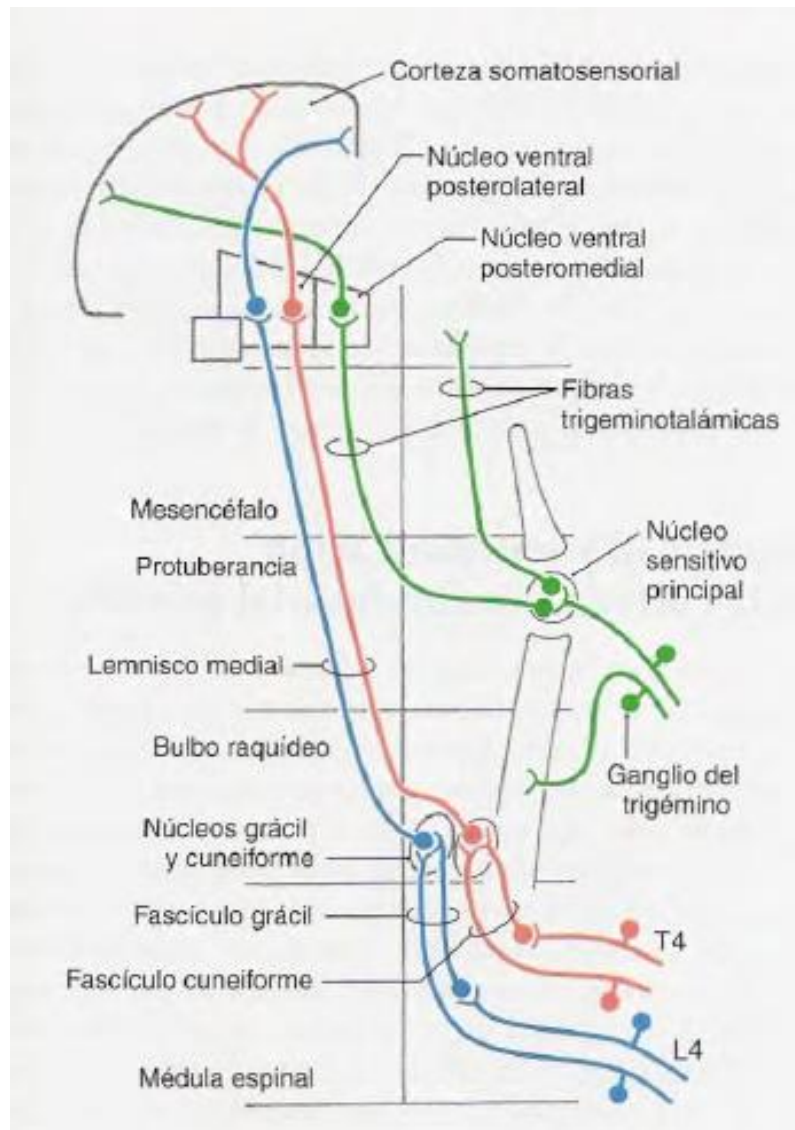
- **FORMACIÓN RETICULAR**
- **NÚCLEO ESPINAL DEL TRIGÉMINO**
- **CEREBELO**

Estas fibras participan en la **coordinación de movimientos bucales**, como la masticación, deglución o el habla.

Imágenes del sistema trigeminal



Resumen general de la vía



Comparación de la vía trigeminal y el lemnisco medial

Sistema anterolateral

El **SISTEMA ANTEROLATERAL (SAL)**, o **TRACTO ESPINOTALÁMICO LATERAL** es una vía que conduce información relacionada con agresiones que pueden dañar tejidos.

Se encarga de conducir las siguientes modalidades de sensibilidad:

- **Tacto grosero** (*protopático no discriminatorio*)
- **Sensibilidad térmica**
- **Sensibilidad dolorosa** (*mecánica, química y térmica*)

Es un haz mixto que contiene varios tipos de fibras:

- **ESPINOTALÁMICAS**. Proyectan directamente a los siguientes núcleos del **tálamo**:
 - **Núcleo ventral posterolateral** (NVPI)
 - **Grupo nuclear posterior**
 - **Núcleos intralaminares**
- **ESPINOMESENFÁLICAS**. Inervan las siguientes estructuras
 - **Sustancia gris periacueductal**
 - **Techo del mesencéfalo** (*fibras espinotectales*)
- **ESPINORRETICULARES**. Llegan a varios destinos:
 - **Formación reticular**, que es el *destino principal*
 - **Tálamo** (*pequeñas vías colaterales*)
- **ESPINOBULBARES**. Se dirigen a destinos del **bulbo raquídeo**, como por ejemplo la **oliva**.
- **ESPINOHIPOTALÁMICAS**. Terminan en **áreas y núcleos hipotalámicos**, algunos de los cuales envían conexiones recíprocas a la médula (*vías hipotálamoespinales*).

Se considera que el **sistema anterolateral** tiene dos rutas:

- **Ruta directa** → **VÍA NEOESPINOTALÁMICA**

Médula espinal → Tálamo

- **Ruta polisináptica** → **VÍA PALEOESPINOTALÁMICA**

Médula espinal → Formación reticular → Tálamo

Ambas vías forman el **SISTEMA ANTEROLATERAL**.

Receptores periféricos

Los receptores para el **tacto protopático y la termoalgesia** se distribuyen por la **piel** y los **tejidos profundos** (músculos y articulaciones).

Morfológicamente son **TERMINACIONES NERVIOSAS LIBRES** que carecen de células receptoras especializadas y de cápsulas, por lo que no está muy claro el porqué de la especialidad en submodalidades.

La densidad de receptores sigue el mismo esquema que las vías que hemos estudiado anteriormente, siendo mayor en palma de la mano y zona peribucal.

- **Fibras pequeñas**

- Entran **laterales** a la médula (por la **raíz posterior**)
- Conducen el **impulso de forma lenta**
- Son de los siguientes tipos: **III finomiélicas (Aδ)** y **IV amielínicas (C)**
- Conducen los siguientes tipos de sensibilidad:
 - **Tacto grosero** ➤ **Dolor**
 - **Temperatura**

Los receptores son los siguientes:

Tabla 18-1. Clasificación de los receptores cutáneos mecánicos, térmicos y dolorosos que utilizan fibras de pequeño diámetro, y sus estímulos correspondientes

Receptor	Estímulo
Mecanorreceptores cutáneos	Respuesta los estímulos táctiles no discriminatorios (tacto protopático)
Mecanorreceptores de alto umbral con fibras Aδ y C	Pelliczo, roce, estiramiento, presión
Termorreceptores cutáneos	Respuesta a los cambios transitorios de temperatura
Termorreceptores para el calor y el frío	Estímulos de calor y frío no dolorosos
Nocirreceptores cutáneos	Mediación del dolor cutáneo
Mecanocirreceptores Aδ	Lesión tisular mecánica
Nocirreceptores polimodales C	Lesión tisular mecánica, estímulos térmicos dolorosos, compuestos algésicos
Otros nocirreceptores cutáneos	Mediación del dolor cutáneo
Mecanocirreceptores con fibras C	Lesión tisular mecánica
Termonocirreceptores para el calor con fibras Aδ	Estímulos térmicos dolorosos, lesión tisular (?)
Termonocirreceptores para el frío con fibras Aδ y C	Estímulos térmicos dolorosos, lesión tisular (?)
Quimionocirreceptores con fibras C	Compuestos algésicos

- **Nociceptores:** Se hallan tanto en **estructuras superficiales como profundas**, y los hay de dos tipos:
 - **Nociceptores mecánicos** (A δ). Responden a la **lesión mecánica** acompañada de daño tisular.
 - **Nociceptores polimodales** (C). Responden a **estímulos mecánicos, térmicos y químicos**.
- **Tacto protopático.** Resulta por la **estimulación de terminaciones libres** que actúan como mecanorreceptores de alto umbral **no dolorosos** que responden a estímulos **poco precisos**.

Sus fibras no suelen tener actividad basal y solo **descargan cuando son estimuladas**.

- **Termorreceptores.** Son de dos tipos:
 - **Calor** (35-45° C)
 - **Frío** (17-35° C)

Cuando se **superan las temperaturas** máximas o mínimas se desencadena una **descarga nociceptiva de alta frecuencia**.

Los receptores para el dolor, a diferencia de otros receptores tienen **SENSIBILIZACIÓN**, lo que quiere decir que **disminuyen su umbral para el dolor** y efectúan respuestas mayores **cuando son sensibilizados** ante los estímulos dolorosos de su campo receptor.

Médula espinal

Las fibras de este sistema penetran en la médula a través de la **división lateral** de entrada de la **raíz posterior**.

Las fibras se incorporan al **FASCÍCULO POSTEROLATERAL** o **HAZ DE LISSAUER** y se dividen en ramas ascendentes y descendentes.

Hay ramas colaterales que terminan en las **interneuronas de la sustancia gris** e intervienen en **reflejos medulares** (p.e. reflejo flexor, unidad 1 de neurofisiología).

Las neuronas del asta posterior reflejan el tipo de estímulo recibido por la aferencia primaria:

- NEURONAS DE BAJO UMBRAL (no dolorosas)
- NEURONAS NOCISENSIBLES ESPECÍFICAS (dolorosas)
- NEURONAS DE RANGO DINÁMICO AMPLIO (mixtas)
- NEURONAS PROFUNDAS

Las fibras aferentes primarias sinaptan sobre todo con estas láminas:

- **Fibras tipo Aδ (III).** Sobre todo con neuronas de las **láminas I y IV**

La **lámina I (NÚCLEO POSTEROMARGINAL)** proyecta a los siguientes destinos:

- **Otras láminas**
- **FORMACIÓN RETICULAR**
- **TÁLAMO**

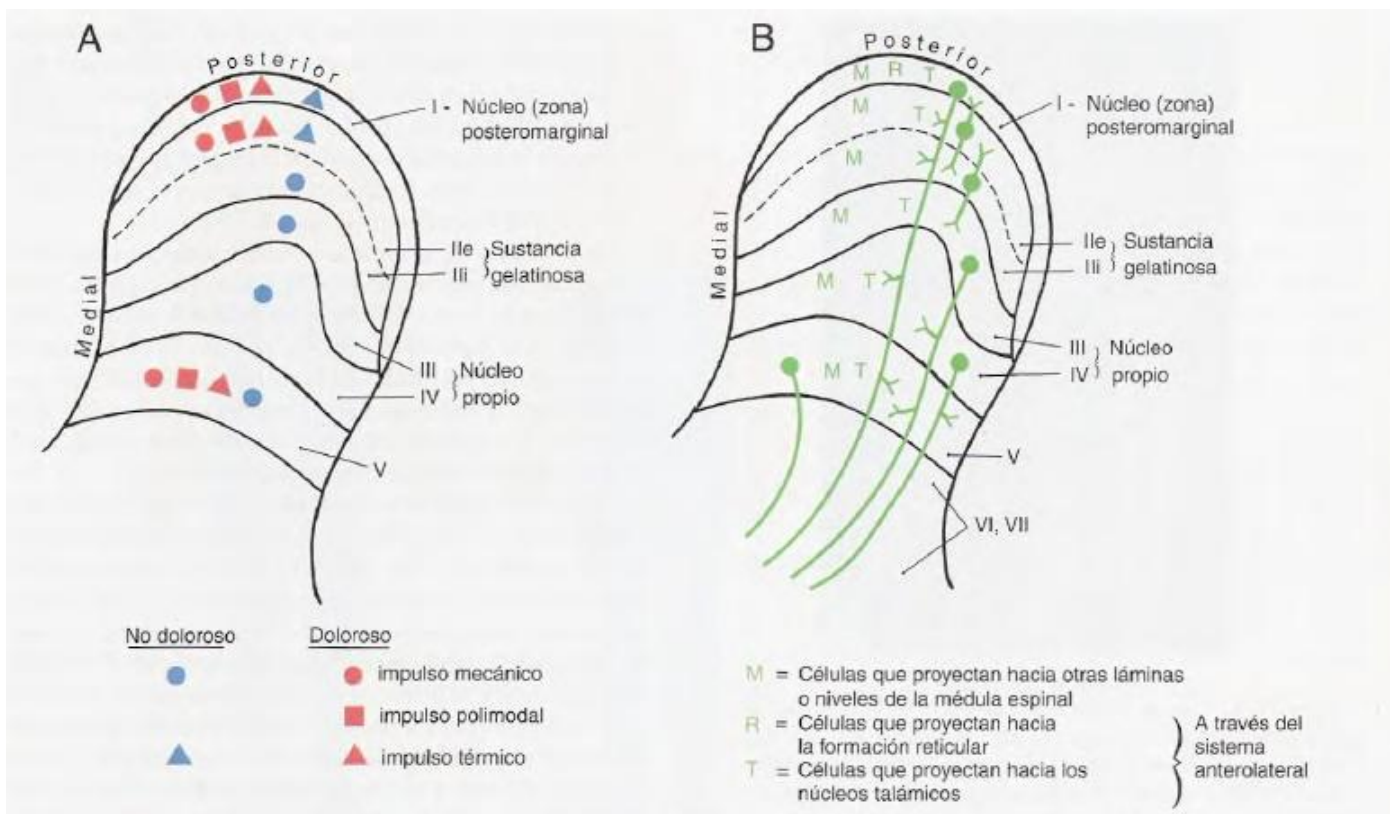
- **Fibras tipo C (IV).** Proyecta sobre todo a la **lámina II**

La **lámina II (SUSTANCIA GELATINOSA DE ROLANDO)** contiene interneuronas que inervan otras láminas, y además proyecta al tálamo.

Las neuronas de las **láminas III y IV (NÚCLEO PROPIO)** reciben **estímulos no dolorosos** desde la periferia.

Las neuronas de la **lámina V** reciben estímulos dolorosos y no dolorosos y los proyectan a la **FORMACIÓN RETICULAR** al **TÁLAMO** y al **HIPOTÁLAMO**.

La **vía directa (NEOESPINOTALÁMICA)**, cuando sus fibras entran en la médula, ascienden 3-5 niveles para sinaptar con la **lámina I** que a su vez envía sus axones hacia el **tálamo**.



Casi todas las fibras de esta vía **ascienden oblicuamente** hasta el **SISTEMA ANTEROLATERAL contralateral**.

Hay una **pequeña cantidad** de fibras que ascienden por el **SISTEMA ANTEROLATERAL homolateral**.

✚ Este haz será por tanto **bilateral** con **predominio contralateral**.

Un buen resumen de la **VÍA NEOESPINOTALÁMICA (directa)** sería:

1. **Neurona de primer orden:** Neurona del ganglio raquídeo
2. **Neurona de segundo orden:** Lámina I de Rexed (NÚCLEO POSTEROMARGINAL)
3. **Neurona de tercer orden:** Tálamo (NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL)

La **VÍA PALEOESPINOTALÁMICA (polisináptica)** releva la información térmica y mecánica (dolorosa o no) hacia la **FORMACIÓN RETICULAR** del tronco del encéfalo.

Estas vías comienzan frecuentemente con fibras C que ascienden y descienden 1-2 niveles hasta sinaptar con dos láminas:

– **Lámina II**

– **Lámina III**

Estas láminas contienen **interneuronas** que influyen sobre las **láminas V-VIII**

Los axones de este conjunto de láminas **cruzan oblicuamente** la médula espinal para incorporarse al **SISTEMA ANTEROLATERAL contralateral**.

Estas **FIBRAS ESPINORRETICULARES** terminan en la **formación reticular** que a su vez envía **conexiones** al **tálamo**.

Las fibras del **SISTEMA ANTEROLATERAL** tienen una **organización somatotópica**:

- Los **niveles inferiores** (sacro y coccígeo) son **posterolaterales**
- Los **niveles superiores** se ordenan de forma **anteromedial**.

Tronco del encéfalo

En el **bulbo raquídeo** las fibras del SAL mantienen una posición cerca de la superficie **anterolateral**.

Se encuentran **delante** del núcleo espinal del trigémino y posterolaterales a la oliva inferior.

Están separadas del sistema columnas posteriores-lemnisco medial, pero a partir de la **UNIÓN MESENCÉFALO-PROTUBERANCIAL** las vías del sistema lemnisco medial avanzan junto a las del sistema anterolateral hasta llegar al tálamo.

- ✚ Las vías del **lemnisco medial** avanzan **junto** a las del **sistema anterolateral** a partir de la **unión mesencéfalo-protuberancial**

Al ascender por el bulbo el sistema anterolateral disminuye de grosor debido a que **proporciona conexiones a la formación reticular (AXONES ESPINORRETICULARES)**, desde las **láminas V-VIII**.

Hay otras vías que terminan en el tronco del encéfalo:

- **VÍA ESPINOMESENCÉFÁLICAS**. Terminan en los dos siguientes lugares:
 - ***Sustancia gris periacueductal***
 - ***Colículo superior y área pretectal anterior***

La formación reticular emite **AXONES RETICULOTALÁMICOS** hacia los **núcleos intralaminares** y el **grupo posterior del TÁLAMO**.

Los **NÚCLEOS INTRALAMINARES** conectan con los siguientes destinos:

- ***NÚCLEO ESTRIADO*** (ganglios basales)
- ***CORTEZA CEREBRAL*** (amplias áreas)

Lo que contribuye a la **alerta que produce el dolor**.

Los **NÚCLEOS POSTERIORES** en cambio mandan conexiones a los siguientes lugares:

- ***CORTEZA SOMATOSENSORIAL SECUNDARIA (SII)***
- ***CORTEZA RETROINSULAR***

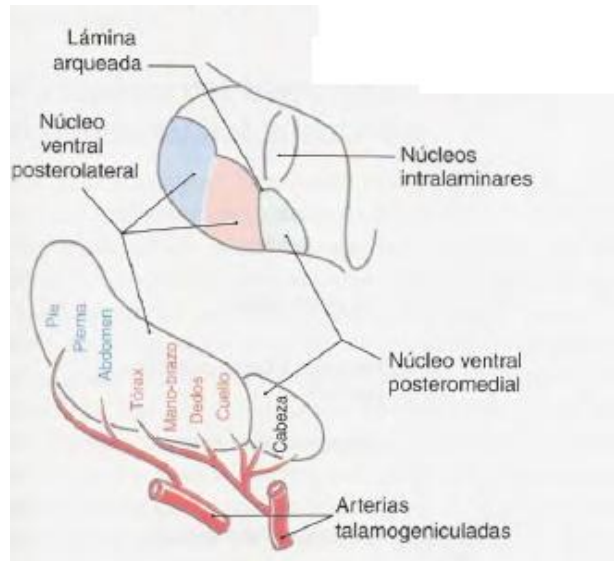
Esta vía participa de las **sensaciones dolorosas vagas** poco localizadas pero persistentes.

La **información somatosensorial** incluidos los estímulos dolorosos de las células del asta posterior asciende al hipotálamo por la **vía ESPINOHIPOTALÁMICA** que pertenece al SAL.

La información se transmite de este modo a centros cerebrales como el del **sistema límbico** que es responsable de las **respuestas emocionales al dolor**.

Tálamo

La entrada de los axones al **NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL (NVPI)** sigue una **organización somatotópica**, idéntica a la que veíamos en el sistema del lemnisco medial:



Las fibras del **SISTEMA ANTEROLATERAL** terminan en **agrupaciones periféricas** dentro del núcleo NVPI, que son células diferentes que las que respondían a estímulos desde el lemnisco medial.

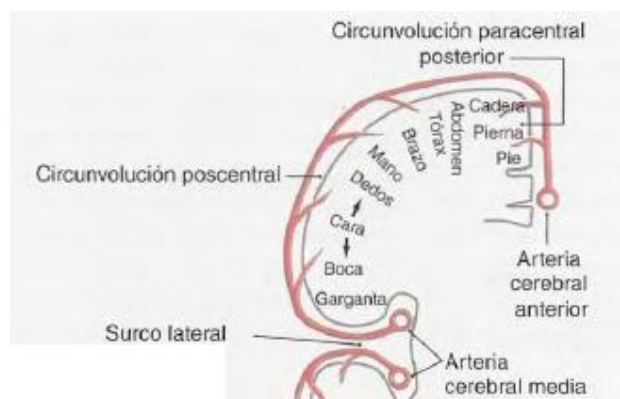
Hay **CÉLULAS MULTIMODALES** que responden a estímulos tanto del **SAL** como del **lemnisco medial**.

Los **axones talamocorticales** que conducen señales del SAL llegan a la **CORTEZA SOMATOSENSORIAL** pasando por el brazo posterior de la cápsula interna

La mayor parte de axones terminan en las **áreas 3, 1 y 2**.

Los axones procedentes del **NÚCLEO POSTERIOR** llegan a la **corteza somestésica secundaria (SII)**.

La **somatotopía** que observábamos en el tálamo se reproduce en la corteza:



Las **fibras talamocorticales** procedentes del SAL terminan fundamentalmente en el **límite entre 3b y 1**, en un grupo de neuronas específicas:

- NEURONAS NO NOCISENSIBLES DE BAJO UMBRAL
- NEURONAS NOCISENSIBLES ESPECÍFICAS
- NEURONAS DE RANGO DINÁMICO AMPLIO

Vía espinocervicotálámica

No toda la información dolorosa llega al tálamo a través del SAL, sino que existe la **VÍA ESPINOCERVICOTALÁMICA** que es multimodal complementaria y conduce tacto discriminativo y señales dolorosas.

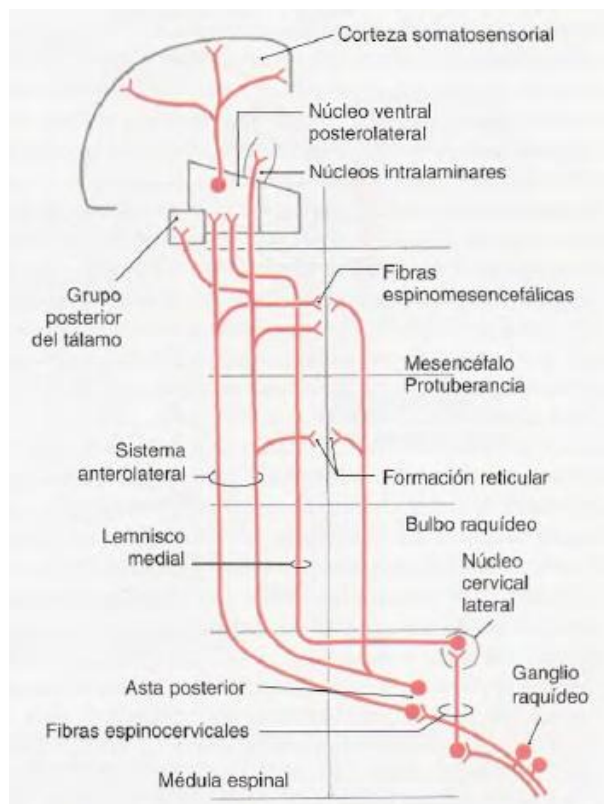
Se inicia con aferencias sensoriales que terminan en **neuronas de las láminas III y IV**.

Sus axones viajan por el **CORDÓN LATERAL** homolateral hasta **C1-C2**

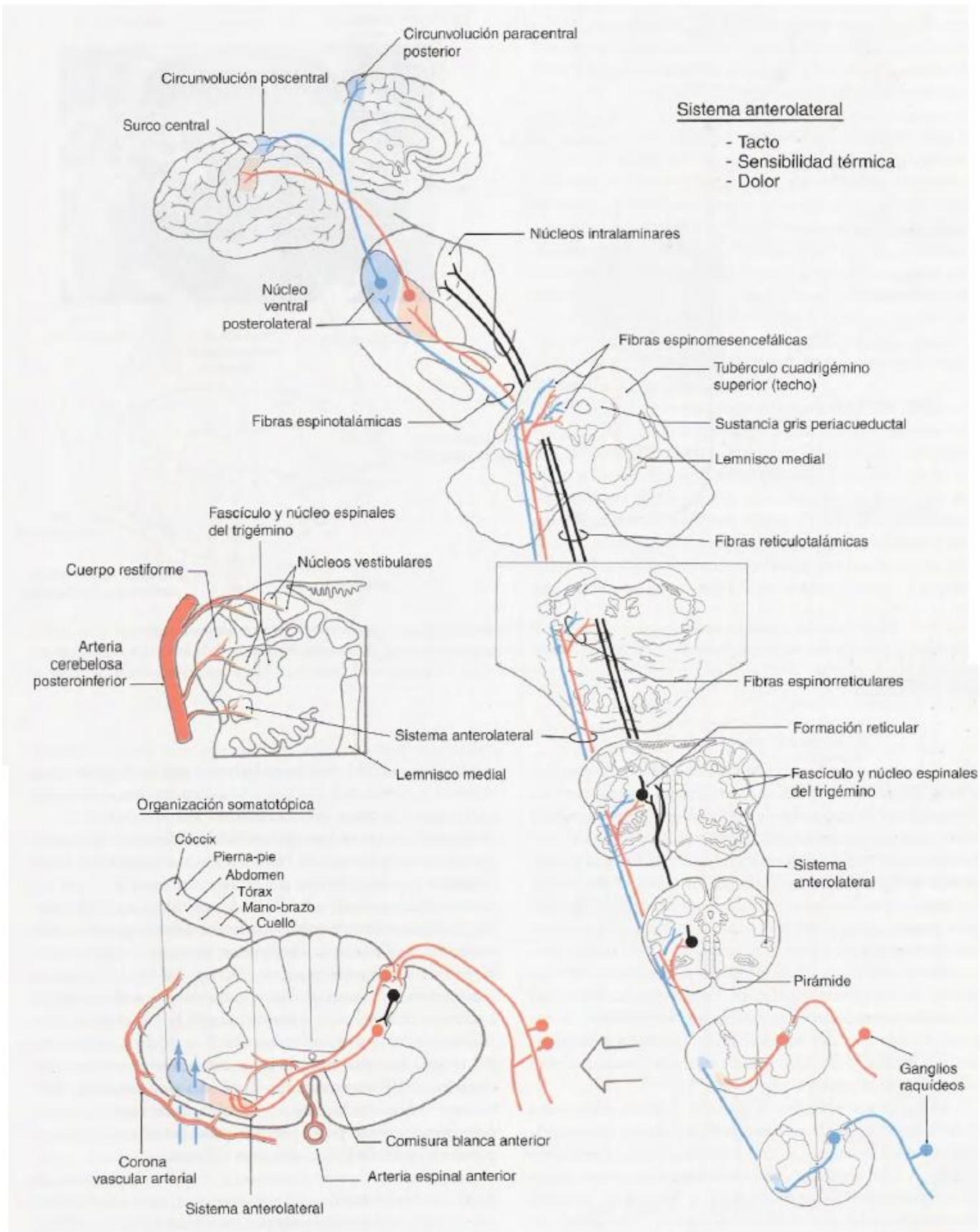
En C1-C2 encontramos el **NÚCLEO CERVICAL LATERAL**, donde sinaptan, y después a nivel de la **unión bulbomedular** se **decusan**.

Una vez se decusan **ascienden por el LEMNISCO MEDIAL** y acaban también en el tálamo, en el **NÚCLEO VENTRAL POSTEROLATERAL (NVPI)**.

Estas fibras son **poco importantes**.



Imágenes del sistema anterolateral



Vía espinal del trigémino

Primera neurona

Los receptores cutáneos de cara, boca y dorso de la cabeza provienen de los siguientes pares:

- **Trigémino** (*V par*)
- **Facial** (*VII par*)
- **Glossofaríngeo** (*IX par*)
- **Vago** (*X par*)

Las **fibras sensitivas primarias** de estos nervios tienen sus somas en los siguientes ganglios:

- **GANGLIO DEL TRIGÉMINO** (GASSER?)
- **GANGLIO GENICULADO** (*nervio facial*)
- **GANGLIOS SUPERIORES** (*pares IX y X*)

Las prolongaciones de las células del ganglio del trigémino forman parte de la **RAÍZ SENSITIVA DEL TRIGÉMINO** que llega a la **protuberancia**.

Las ramas sensitivas llegan al **NÚCLEO SENSITIVO PRINCIPAL** que a su vez envía **fibras** de pequeño diámetro que corresponde al **FASCÍCULO ESPINAL DEL TRIGÉMINO**.

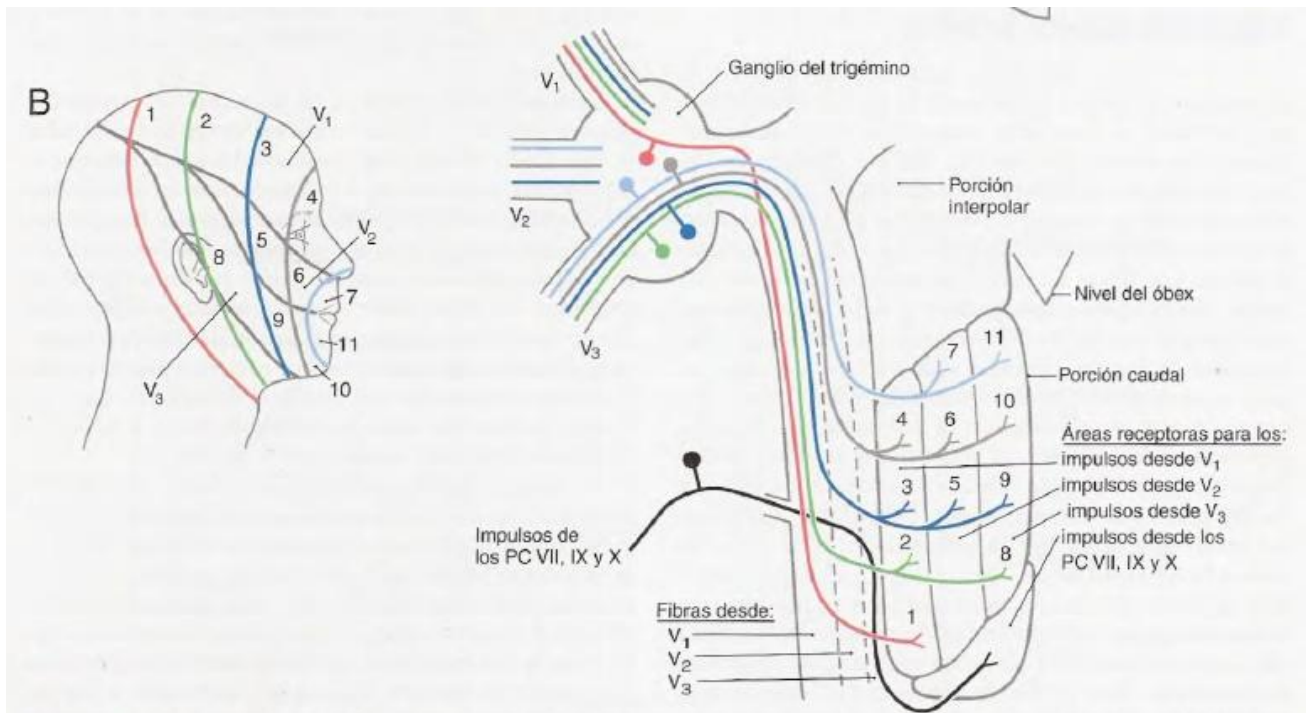
En la parte inferior del bulbo el fascículo espinal del trigémino forma un pequeño saliente conocido como **TUBÉRCULO DEL TRIGÉMINO** (*tuber cinereum*) cuya sección proporciona un importante alivio del dolor homolateral provocado por la neuralgia del trigémino.

Vías centrales

El **NÚCLEO ESPINAL DEL TRIGÉMINO** es medial al fascículo espinal del trigémino y es donde terminan las fibras de este fascículo.

Se divide en tres partes:

- **PORCIÓN CAUDAL**
- **PORCIÓN INTERPOLAR**
- **PORCIÓN ORAL**



Los axones de las neuronas trigeminotalámicas de segundo orden en el núcleo espinal se decusan para formar el **FASCÍCULO TRIGEMINOTALÁMICO ANTERIOR** para ascender a través del tronco y por **detrás del lemnisco medial**.

Terminan en los siguientes núcleos del tálamo:

- **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL (NVPm)**
- **NÚCLEO POSTERIOR**
- **NÚCLEOS INTRALAMINARES**

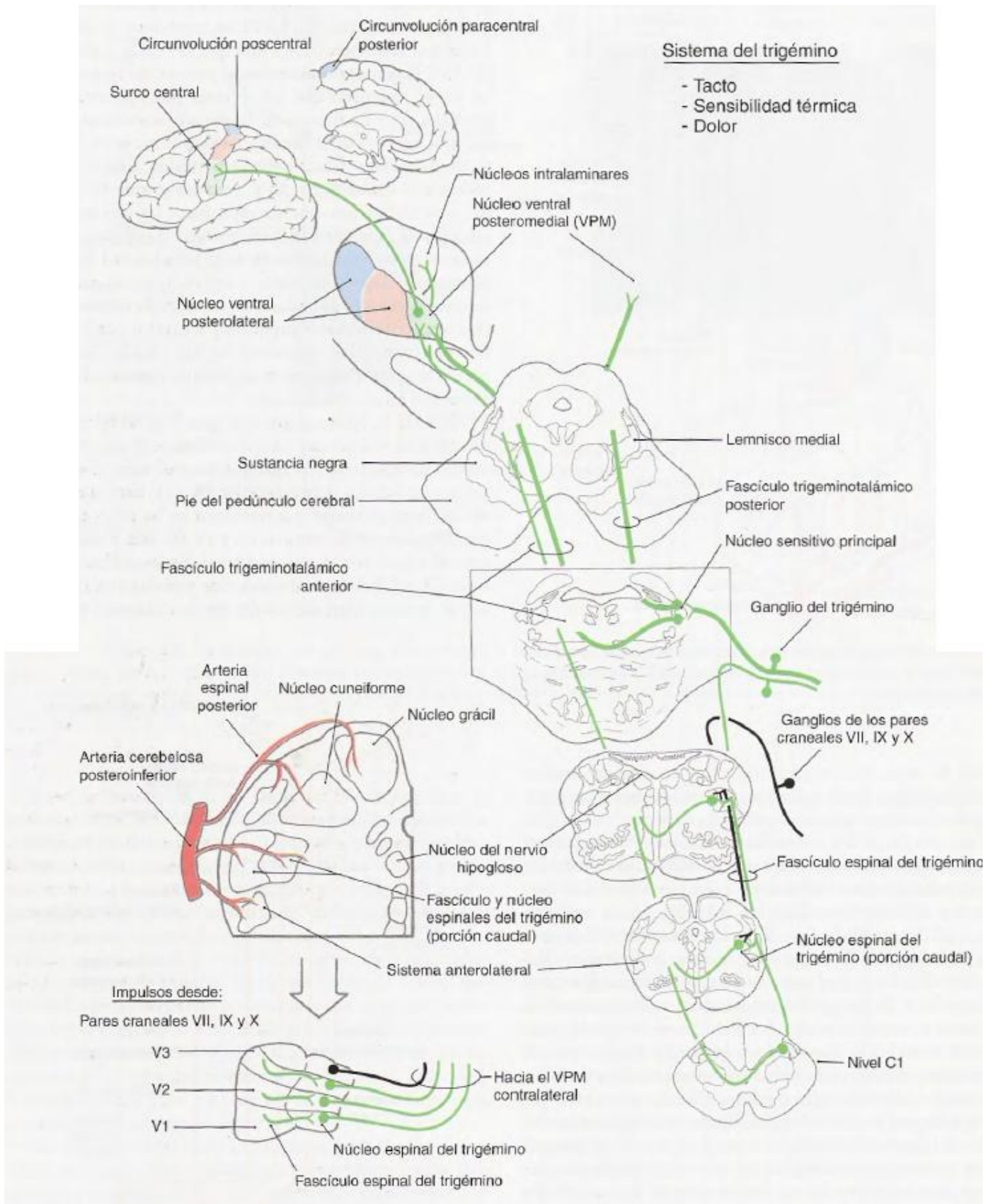
Estas vías también llevan **fibras cruzadas** desde el núcleo principal del trigémino:

- Las fibras del **NÚCLEO PRINCIPAL** terminan en el **centro** del **NVPm**
- Las fibras del **NÚCLEO ESPINAL** terminan en la **periferia** del **NVPm**

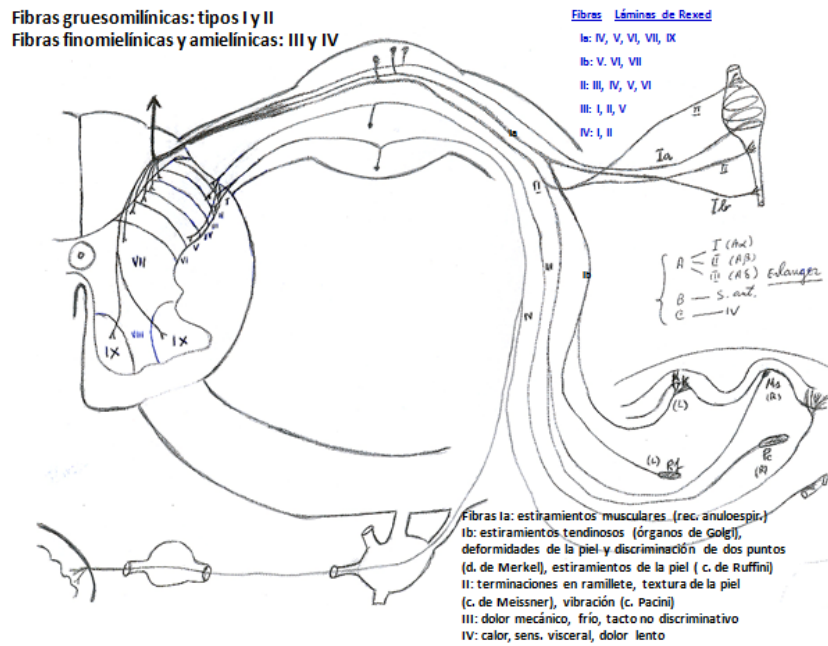
Algunos axones del **fascículo trigeminotalámico anterior** terminan en el **COMPLEJO NUCLEAR PARABRAQUIAL**.

Este complejo se halla **junto al pedúnculo cerebeloso superior (brachium conjunctivum)** y son un **relevo de fibras medulares y trigeminales para el dolor**.

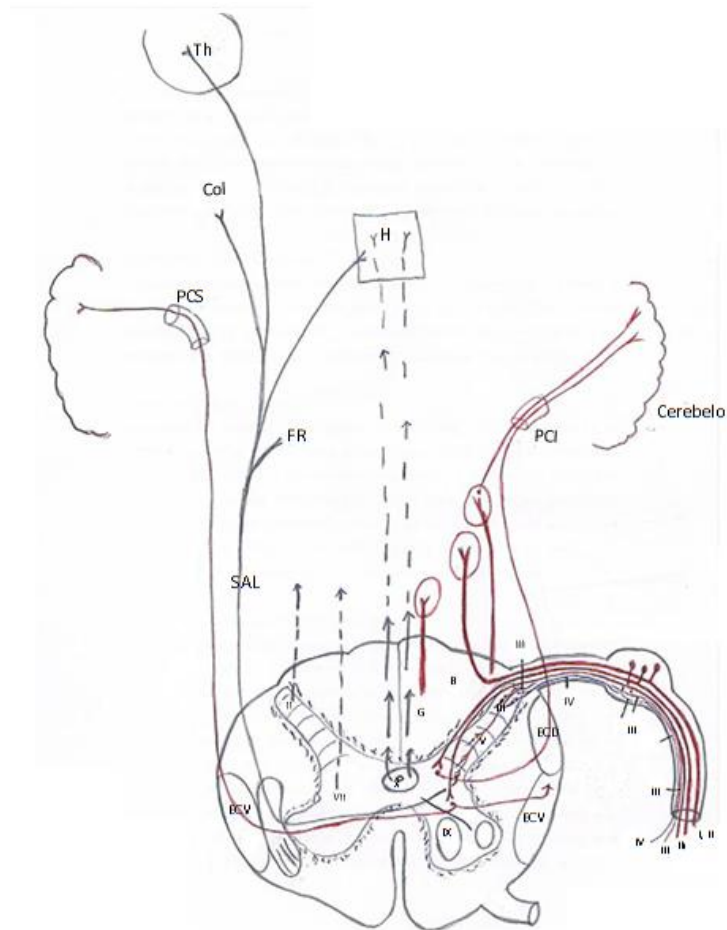
Imágenes de las vías trigeminales



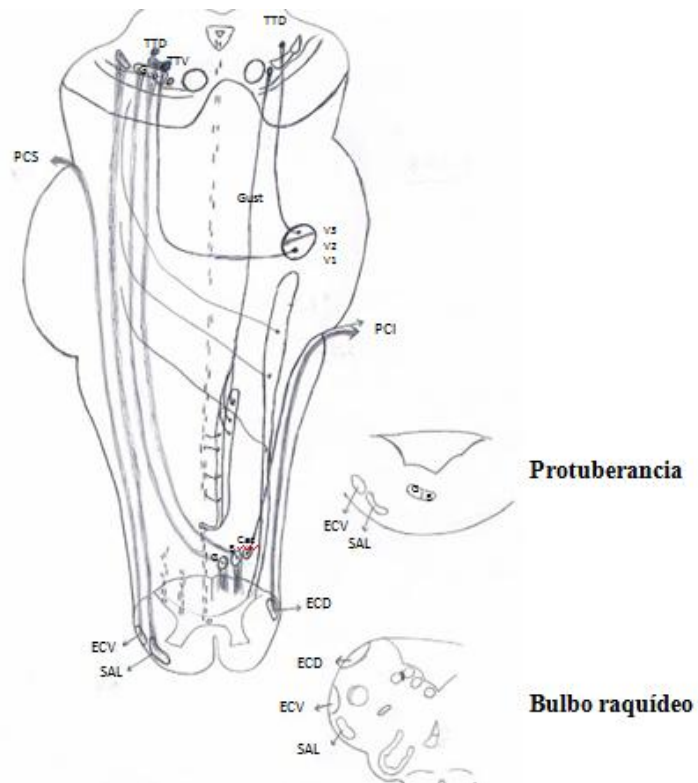
Imágenes sobre la somestesia



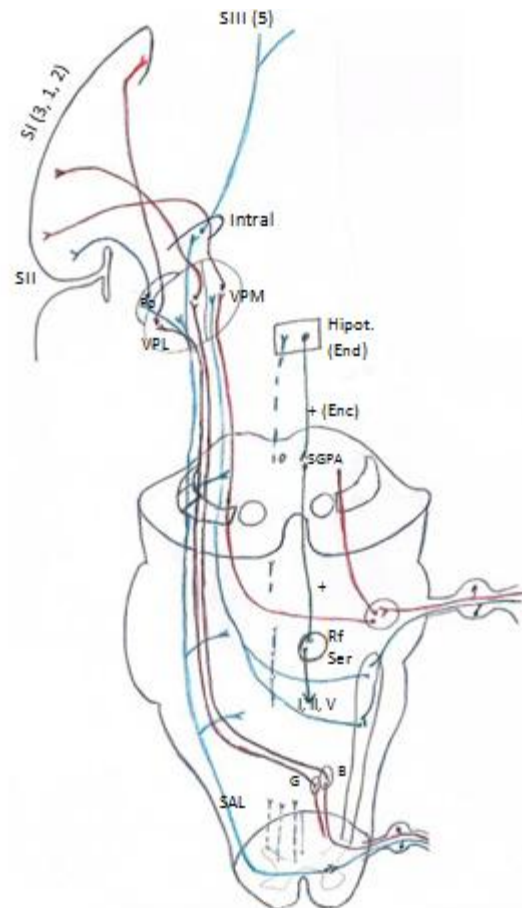
Receptores periféricos



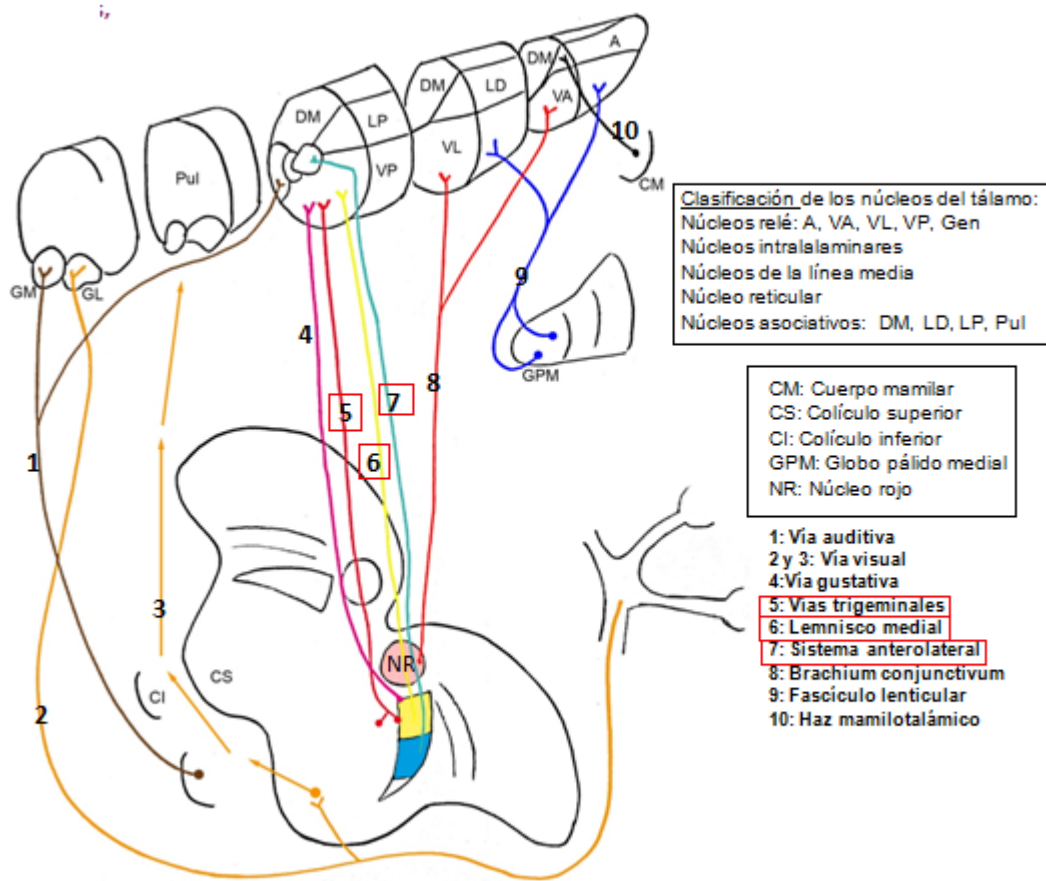
Vías ascendentes en la médula



Vías ascendentes en el tronco del encéfalo



Vías superiores



Vías talámicas aferentes

Tema 16. Anatomía del sistema visual

Introducción

La visión es la más desarrollada y versátil de todas las modalidades sensoriales, y podríamos decir que es de la que más depende el ser humano.

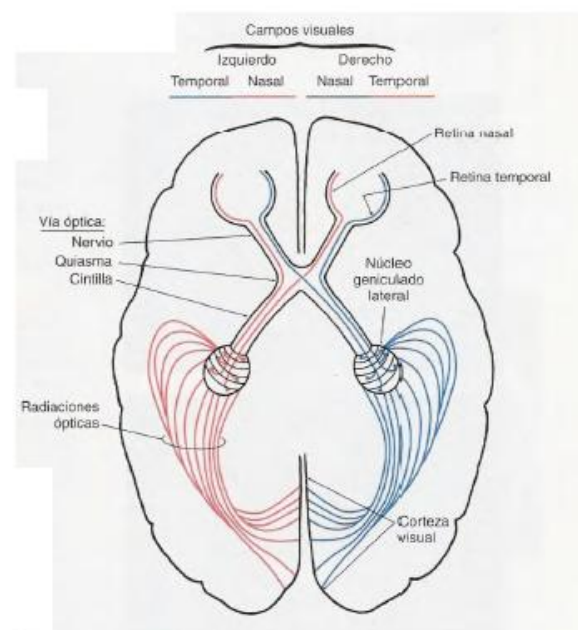
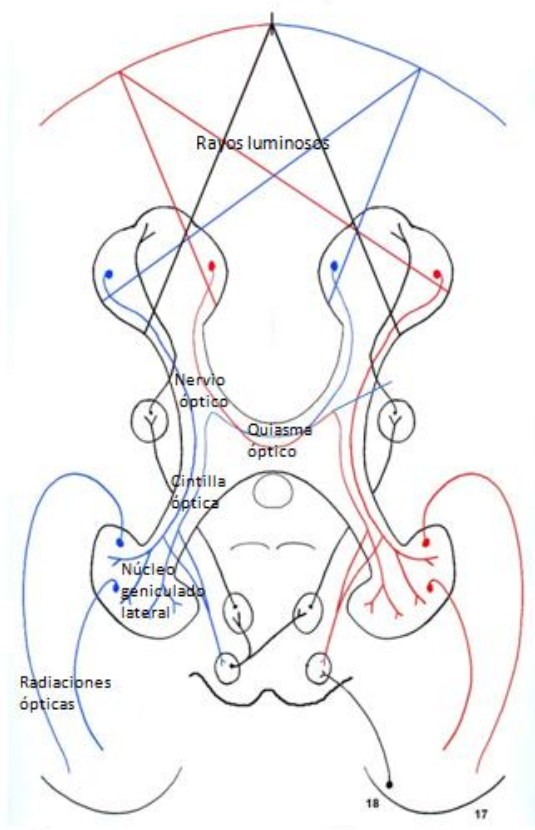
El nervio óptico y la retina se desarrollan a partir del **PROSENCÉFALO** y por tanto se consideran como un crecimiento externo del propio encéfalo.

La visión se inicia con la **formación de una imagen** sobre la **retina fotorreceptora**, que codifica la imagen mediante la emisión de neuronas que se proyectan en el encéfalo mediante el **NERVIO ÓPTICO**.

Las fibras del nervio óptico experimentan una **hemidecusación** a nivel del **QUIASMA ÓPTICO**.

Desde el quiasma óptico se proyectan hacia el **NÚCLEO DORSAL del CUERPO GENICULADO LATERAL**, que se encuentra en el **tálamo**.

Las neuronas talamocorticales se proyectan desde el tálamo hasta la **CORTEZA VISUAL PRIMARIA**, que se sitúa en el **lóbulo occipital**.



Ojo

El **GLOBO OCULAR** u ojo es un órgano aproximadamente esférico.

Cerca de su **polo posterior** emerge el **NERVIO ÓPTICO** que conduce información desde la retina.

Tiene tres capas de tejido concéntricas:

- **ESCLERA**. Es la capa más **externa, fibrosa y protectora**, formando una cubierta blanca opaca sobre la que se insertan los músculos extrínsecos del ojo.

Sobre el polo anterior del ojo forma la **CÓRNEA** transparente, que permite la entrada de luz dentro del globo ocular.

Cerca del borde anterior de la esclera, hay **dos anillos de músculo liso** hacia el interior del globo ocular:

- **IRIS**, que tiene una abertura central, o **PUPILA**, mediante la cual pasa la luz al ojo.

Algunas fibras del iris se encuentran orientadas de forma radial y otras de forma circular concéntrica, lo que define las dos actividades del iris:

- ❖ **IRIDOCONSTRICCIÓN** (*miosis*). Contracción de las fibras circulares.

Este proceso está producido por **neuronas parasimpáticas**.

- ❖ **IRIDODILATACIÓN** (*midriasis*). Contracción de las fibras radiales.

Este proceso está producido por **neuronas simpáticas**.

- **CUERPO CILIAR**. Se encuentra por detrás del iris.

Contiene al **MÚSCULO CILIAR** que es inervado por el sistema nervioso parasimpático.

La abertura central del interior del anillo del cuerpo ciliar está ocupada por la lente, o **CRISTALINO**, que es **biconvexo y transparente** y permite la **acomodación** del ojo.

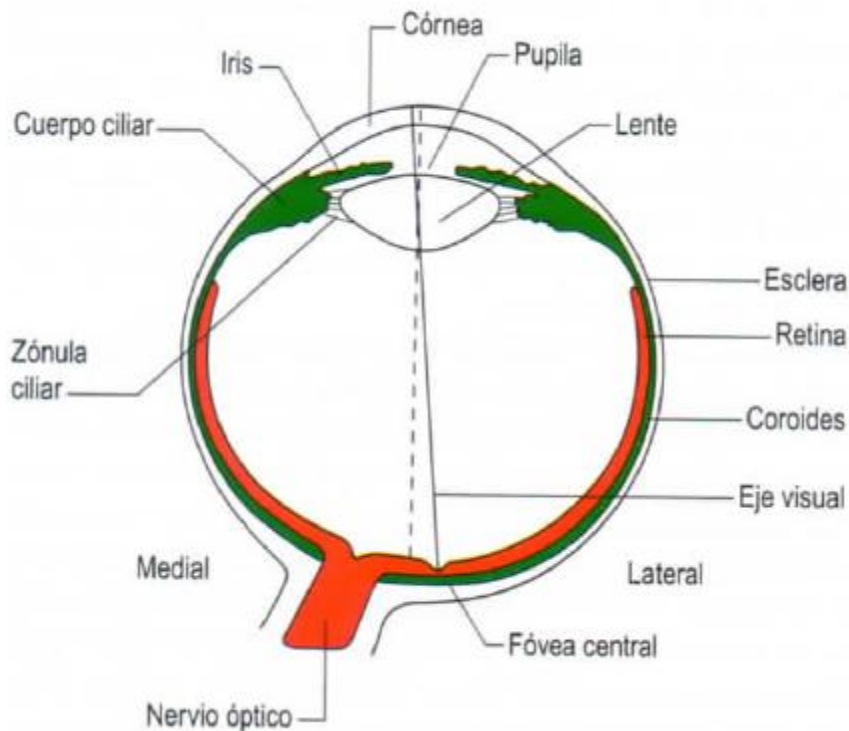
La lente se mantiene en su posición mediante un **ligamento suspensorio** que se denomina **ZÓNULA CILIAR**, que se une al borde periférico de la lente y al cuerpo ciliar al mismo tiempo.

La actuación del músculo ciliar, conectado al cristalino mediante la zónula ciliar, permite la **deformación del cristalino** y por tanto el poder de enfoque (**ACOMODACIÓN**) de la lente.

El cristalino divide el globo ocular en una zona anterior y una posterior.

- ❖ **PORCIÓN ANTERIOR**, que queda por **delante de la lente** y está rellena de **humor acuoso** que secreta el cuerpo ciliar, que también lo reabsorbe.
 - ❖ **PORCIÓN POSTERIOR**, que queda por **detrás de la lente** y está rellena por un material gelatinoso que denominamos **humor vítreo**.
- **COROIDES**. Es la segunda capa y queda por **detrás del cuerpo ciliar** y es una capa cuyas células contienen un pigmento oscuro que reduce los reflejos dentro del ojo.

Recubriendo la superficie interna de la coroides encontramos la **RETINA** que sería la tercera capa.



La luz se transfiere desde el campo visual pasando por el orificio de la pupila hasta formar una imagen sobre la retina.

Un objeto en el campo visual sobre el que se enfoca con atención forma una imagen cercana al polo posterior del ojo a lo largo de la línea del eje visual.

Éste punto se conoce como **FÓVEA CENTRAL**.

La imagen que se forma en la retina queda **invertida** (boca abajo) pero es reconvertida por mecanismos desconocidos.

Los objetos que se **sitúan a la izquierda** en el **CAMPO VISUAL** formarán una imagen en los siguientes puntos:

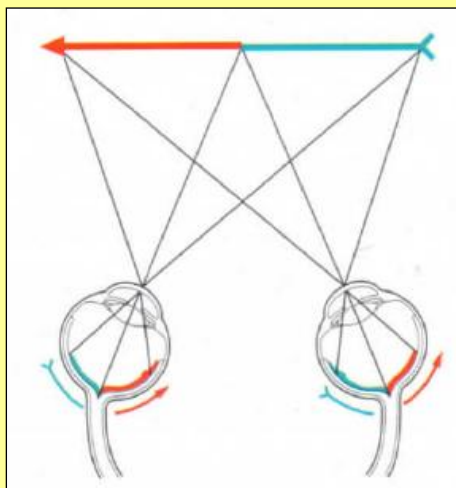
- **Mitad derecha** (nasal) de la retina izquierda
- **Mitad izquierda** (temporal) de la retina derecha

Esto se produce por la propia naturaleza de la luz y permite una óptima apreciación sensorial de los objetos presentes en el campo visual.

Concepto

La **MITAD NASAL** de la retina será la más **medial** (más pegada a la nariz) y recibirá información del campo visual **homolateral**.

La **MITAD TEMPORAL** de la retina es la más **lateral** (más pegada a las sienes) y recibirá información del campo visual **contralateral**.



Vía óptica

Los **axones** de las células ganglionares de la retina se **agrupan en el DISCO ÓPTICO o PAPILA DEL NERVIÓ ÓPTICO** y desde allí pasan a considerarse como **NERVIÓ ÓPTICO** que entra en la cavidad craneal mediante el *conducto óptico*.

Los dos nervios ópticos **convergen** para formar el **QUIASMA ÓPTICO** en la base del encéfalo, superior al hipotálamo y entre las terminaciones de las carótidas internas.

En el quiasma los **axones** derivados de las **PORCIONES NASALES** de la retina se **decusan**.

✚ La retina nasal es **contralateral**

Los axones derivados de las **PORCIONES TEMPORALES** siguen su **trayecto normal**.

✚ La retina temporal es **homolateral**

Tras la hemidecusación del quiasma óptico pasaremos a tener un **TRACTO o CINTILLA ÓPTICA** formada por:

- Retina nasal **CONTRALATERAL**
- Retina temporal **HOMOLATERAL**

Estas terminaciones divergen alejándose del quiasma óptico y rodean al pedúnculo cerebral, donde sinaptan con el **NÚCLEO DORSAL** del **CUERPO GENICULADO SUPERIOR**.

Un número relativamente pequeño de fibras abandona el tracto óptico antes de sinaptar con el cuerpo geniculado, y desde ahí se dirigen a dos zonas:

- **ÁREA PRETECTAL**, del mesencéfalo
- **COLÍCULO SUPERIOR**, permite los **movimientos sacádicos**.

Concepto

Los **MOVIMIENTOS SACÁDICOS** son **movimientos de barrido** que realiza el ojo y proporcionan información detallada acerca del mundo visual.

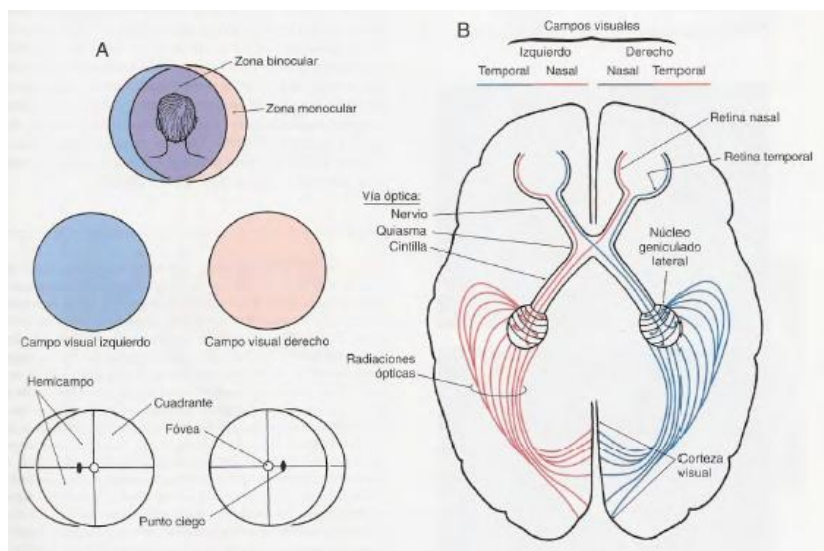
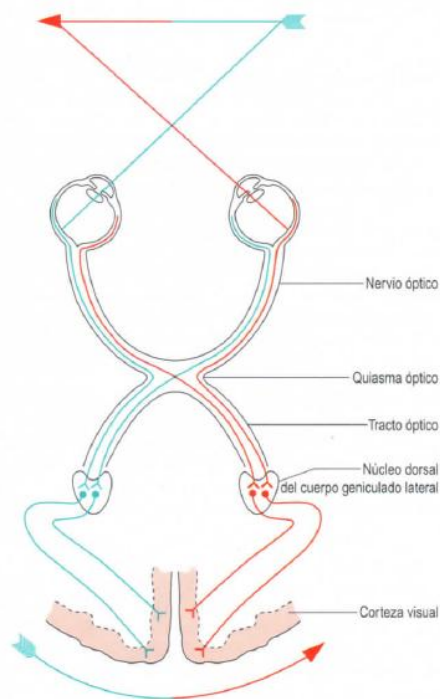
Los movimientos se denominan sacádicos, y los puntos en los que tiene lugar una inspección visual detallada se denominan **puntos de fijación**.

Ambas estructuras están localizadas en el **MESENCÉFALO** y están relacionadas con la mediación del **reflejo pupilar**.

Desde el **NÚCLEO DORSAL** del **CUERPO GENICULADO LATERAL**, neuronas de tercer orden *talamocorticales* se proyectan a través de la porción retrolentiforme de la **CÁPSULA INTERNA**.

Las neuronas que se proyectan desde el cuerpo geniculado forman en su conjunto la **RADIACIÓN ÓPTICA**.

Este conjunto de axones termina en la **CORTEZA VISUAL PRIMARIA (V1)** o **área 17**, que encontramos en el **lóbulo occipital**.



La **CORTEZA VISUAL PRIMARIA** se localiza eminentemente en la **cara medial del hemisferio cerebral** en la región por encima y por debajo del surco calcarino.

Rodeando esta área encontramos la **CORTEZA DE ASOCIACIÓN VISUAL** (áreas 18 y 19), relacionada con:

- Interpretación de las imágenes visuales
- Reconocimiento
- Percepción de la profundidad
- Visión en color

Hay una **relación muy precisa**, punto por punto entre la **retina y la corteza visual**. Esto se denomina **MAPA RETINOTÓPICO**.

Debido a la importancia de la **MÁCULA** en la visión, está **representada** por volúmenes desproporcionadamente grandes (en relación a su tamaño) del **cuerpo geniculado** y la **corteza visual**.

Como ya hemos dicho antes, los objetos en una **mitad del campo visual** producen una imagen sobre:

- **RETINA NASAL homolateral**
- **RETINA TEMPORAL contralateral**

Cada **NERVIO ÓPTICO** transportará por lo tanto **información concerniente a ambas mitades del campo visual**.

Debido a la **hemidecusación** del **QUIASMA ÓPTICO**, todas las estructuras a partir de este punto solo reciben información procedente del **lado contralateral** del **CAMPO VISUAL** (*ver imágenes anteriores*).

Esta combinación de la **visión de ambos ojos** es necesaria para la **visión estereoscópica** (percepción de la profundidad).

Recordemos además que la mitad superior del campo visual formaba su imagen sobre la retina inferior y viceversa (**VISIÓN INVERTIDA**)

Cuando las fibras talamocorticales abandonan el cuerpo geniculado lateral pasan alrededor del ventrículo lateral:

- Las que representan la **PARTE INFERIOR** del campo visual pasan superiores y terminan por **encima del surco calcarino**.
- Las que representan la **PARTE SUPERIOR** del campo visual pasan rápidamente hacia el **lóbulo temporal** (*asa de Meyer*) antes de terminar por **debajo del surco calcarino**.

Campo visual

El campo visual es la parte del mundo vista por un individuo con los dos ojos abiertos y mirando hacia delante. Consta de dos zonas:

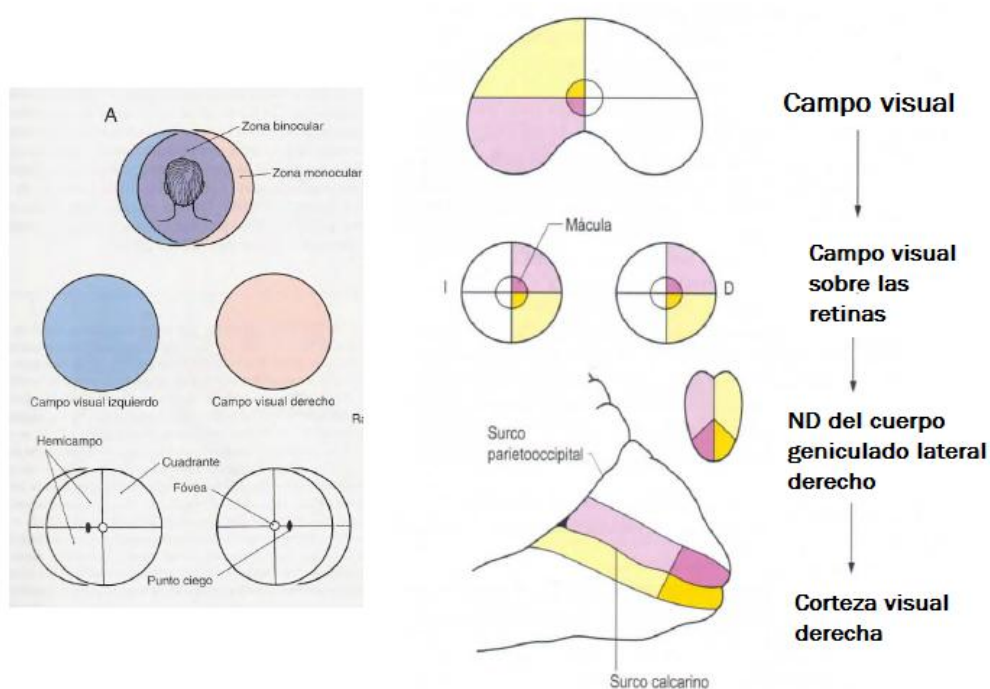
- **ZONA BINOCULAR**. Consiste en una **amplia región central** vista por ambos ojos
- **ZONAS MONOCULARES** (2). Consiste en las **semilunas** que son vistas por un **ojo individual** pero no por los dos a la vez.

Cada campo visual se divide en un **campo nasal** y un **campo temporal**, que a su vez se dividen en parte **superior e inferior**. Como resultado cada campo visual está formado por:

- **Cuadrante izquierdo**
- **Cuadrante superior**
- **Cuadrante derecho**
- **Cuadrante inferior**

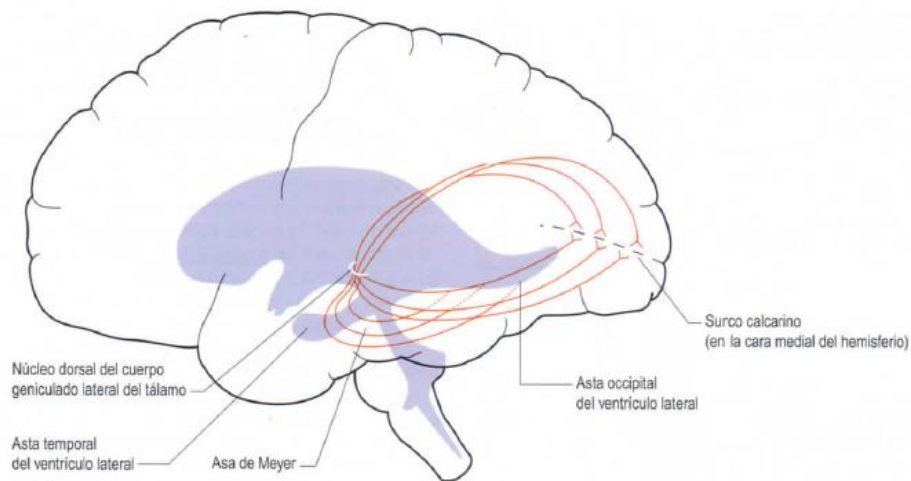
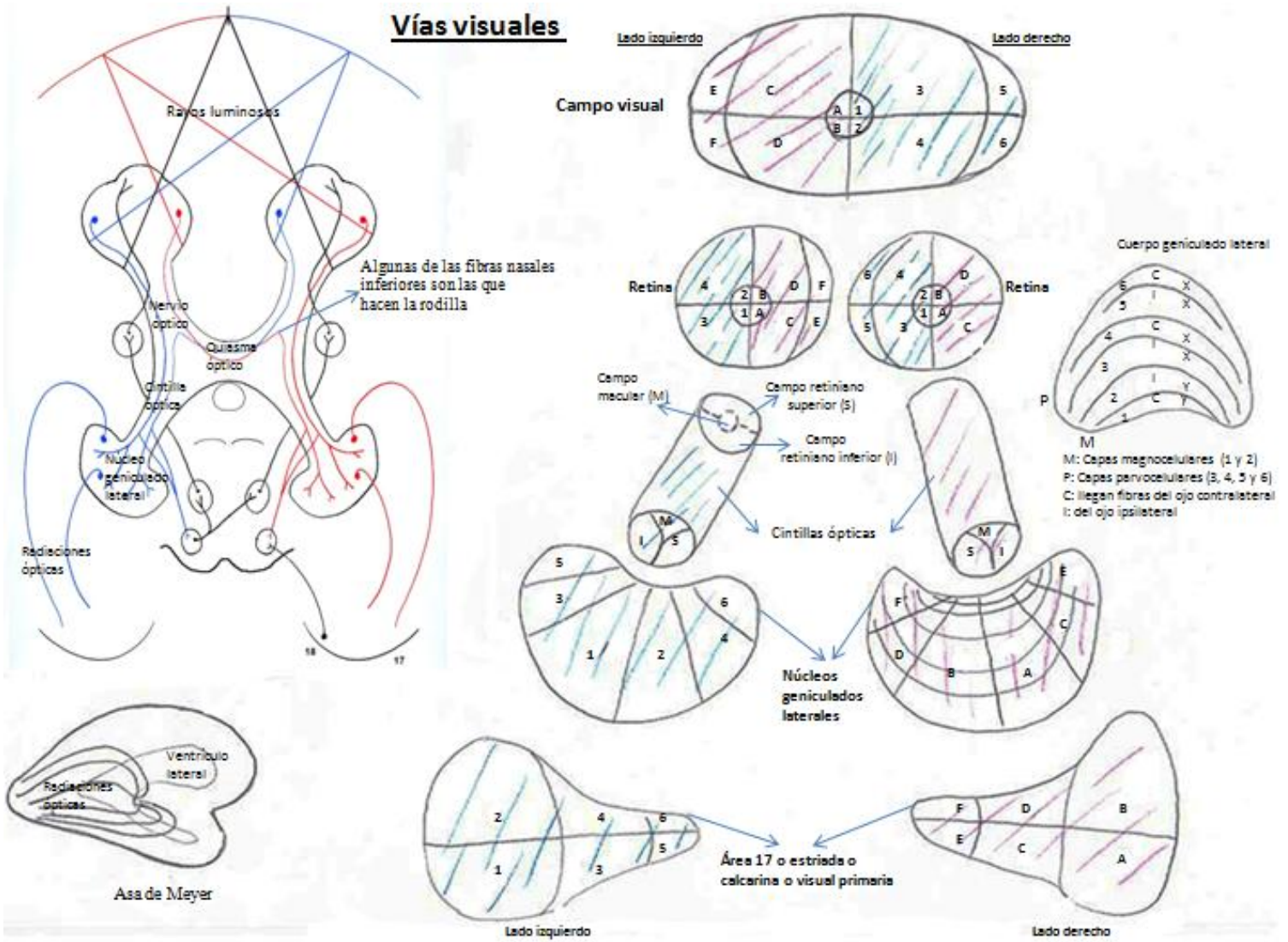
Cada cuadrante se proyecta en la corteza visual primaria según lo que acabamos de ver:

- **CAMPO VISUAL INFERIOR** → **Corteza superior** (por encima del surco calcarino)
- **CAMPO VISUAL DERECHO** → **Corteza izquierda** (hemisferio izquierdo)



Imágenes sobre la vía visual

Vías visuales



Núcleo geniculado lateral

Se encuentra en el **CUERPO GENICULADO LATERAL** del tálamo.

- La **base anterior** está formada por fibras de la **cintilla óptica**
- El **borde posterior** está formado por fibras de **salida de radiaciones ópticas**

Consta de **6 capas celulares** con láminas de fibras entre ellas, y se numeran del 1 al 6 de más anterior a más posterior:

- **Capa 1**
- **Capa 2**

Son capas formadas por **somas grandes** y se llaman **CAPAS MAGNOCELULARES**.

Las capas magnocelulares reciben axones fundamentalmente de las **células ganglionares tipo Y** que hay en la retina.

Estas **células Y** conducen información sobre todo de los **bastones** y tienen campos receptores grandes y sus axones son gruesos de conducción rápida.

- **Capa 3**
- **Capa 4**
- **Capa 5**
- **Capa 6**

Son capas con **células pequeñas** y por tanto se llaman **CAPAS PARVOCELULARES**.

Reciben axones fundamentalmente de las **células ganglionares X**, procedentes de los **conos** con campos receptores pequeños y axones más lentos.

Estas **células X** son responsables fundamentalmente de la gran **agudeza en la visión de los colores**.

Además estos núcleos sufren una distribución preferente homolateral o contralateral:

- **HEMIRETINAS NAALES**. Terminan en el **núcleo geniculado contralateral**, en sus siguientes capas:
 - **Capa 1**
 - **Capa 4**
 - **Capa 6**
- **HEMIRETINAS TEMPORALES**. Terminan en el **núcleo geniculado homolateral**, en sus siguientes capas:
 - **Capa 2**
 - **Capa 3**
 - **Capa 5**

La **neocorteza** de 6 capas del **área 17** se caracteriza por una **ancha capa IV**.

Esta capa contiene una banda adicional de fibras miélicas que denominamos **ESTRIA DE GENNARI** que explica su denominación de corteza estriada y revela la gran proyección geniculocalcarina.

La **capa VI** de esta zona también destaca mucho y es **fente de una retroalimentación cortical** dirigida al **NÚCLEO GENICULADO LATERAL**.

La corteza visual está organizada en un complejo conjunto de **COLUMNAS CORTICALES** que se extienden desde la superficie de la piamadre hasta la sustancia blanca.

Clínica

Una gran lesión en un **lado de la corteza visual** produciría **HEMIANOPSIA CONTRALATERAL**.

La **mácula** puede quedar respetada debido a que las **partes caudales de la corteza visual** también reciben **irrigación por ramas colaterales** de la **arteria cerebral media**.

Columnas corticales

La capa IV como ya decíamos recibe **proyecciones desde el núcleo geniculado lateral**.

Esta **capa IV** contiene células que representan mejor a las **barras o bordes de la luz**, que a puntos o anillos. Estas son las **CÉLULAS SIMPLES**.

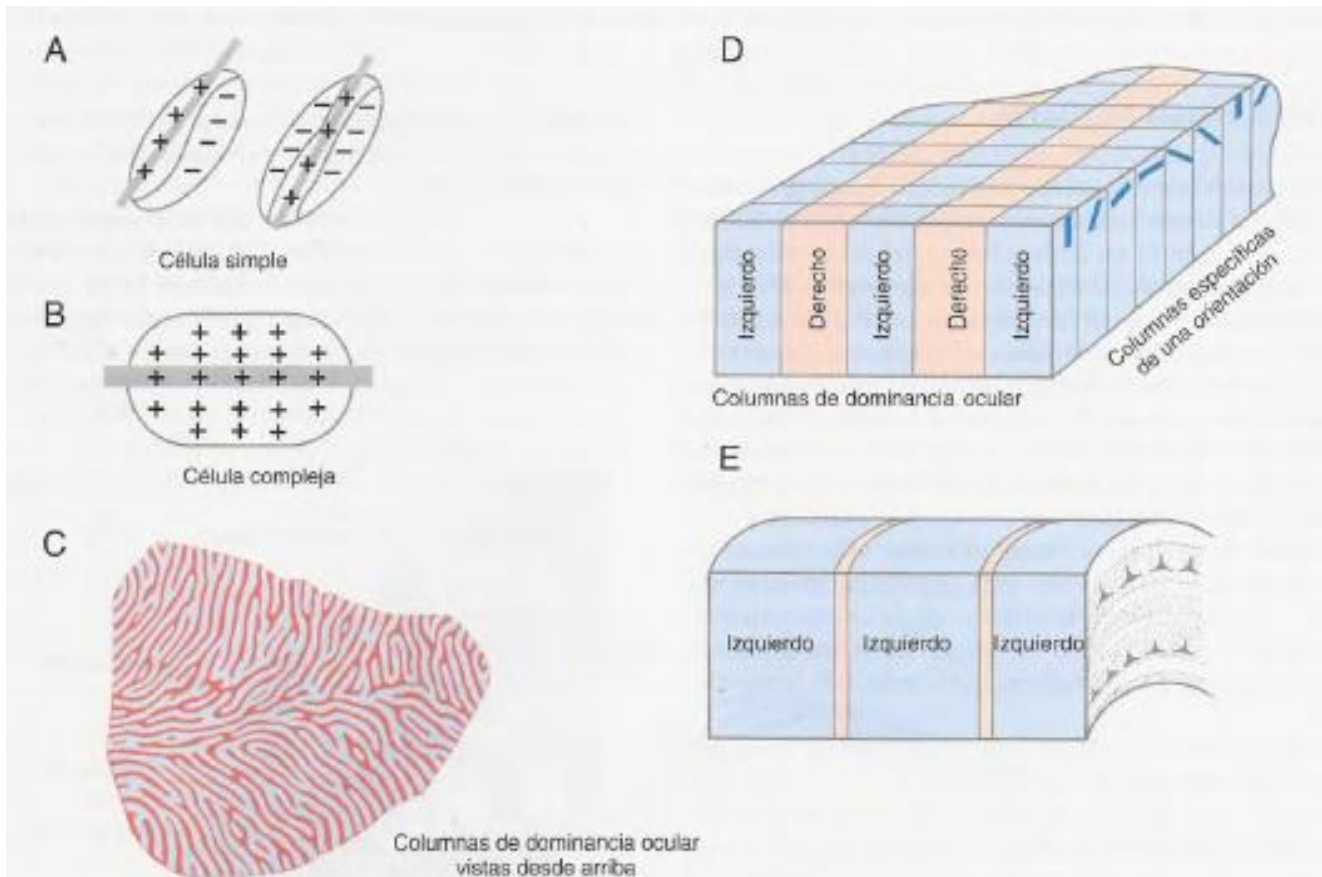
A medida que se avanza a **niveles corticales más superficiales** (desde la sustancia blanca a la piamadre) o al contrario, **más profundos**, las propiedades del campo receptor se vuelven cada vez más complejas.

Algunas **células muy superficiales o muy profundas** se denominan **CÉLULAS COMPLEJAS** y responden a **barras con orientación particular**. La ubicación de estas células dentro del campo receptor es irrelevante.

Las células en la corteza visual **directamente encima o debajo** (misma columna) tienden a responder a **estímulos luminosos en el mismo punto del espacio visual**, y por tanto se conserva el **ÓRDEN RETINOTÓPICO** que vemos en todos los niveles del sistema visual.

Las células simples que **responden mejor a la información procedente de un ojo derecho o izquierdo** forman bandas estrechas paralelas que llamamos **COLUMNAS DE DOMINANCIA OCULAR**.

Las bandas llamadas **COLUMNAS DE ORIENTACIÓN** cruzan la corteza perpendiculares a las columnas de dominancia ocular. Contienen células que responden mejor a barras o bordes de luz con una **orientación particular**.



La imagen E corresponde a un caso de **AMBLIOPÍA**, que corresponde a un desarrollo anómalo de la corteza visual.

Durante el desarrollo del sistema visual, las **células compiten por el espacio sináptico**, pudiéndose observar dos resultados:

- Si ambos ojos reciben la **misma información visual** simultáneamente esta competencia da como resultado a un **número de células muy similar** en la capa IV dedicadas a uno u otro ojo.
- Si se **perturba la competencia** por el territorio cortical observamos dos problemas:
 - La **percepción de la profundidad** depende de la **comparación** entre la información que procede de **ambos ojos**.

Si solo queda un ojo para estimular a la corteza visual, se **pierde** casi toda la **percepción de la profundidad**.

- Existe un **periodo crítico** para el desarrollo de una competencia eficaz, así que si durante la fase de desarrollo del sistema visual hay más información de uno ojo que del otro la **proporción de células se altera**.

Llegado determinado punto la competición se cierra y se declara un “vencedor” irreversible, produciéndose **ceguera funcional en el ojo no dominante**.

Esta afección es bastante frecuente y se denomina **AMBLIOPÍA** y se caracteriza por la **pérdida en la visión binocular**.

Se desconoce la duración del periodo crítico del desarrollo en el sistema visual humano, pero probablemente no dure más allá de los 5-6 años.

Cortezas visuales asociativas

Se sabe que una parte importante del cerebro está dedicada al **procesamiento y percepción del espacio visual**.

Las **áreas 18 y 19** rodean a la **CORTEZA VISUAL PRIMARIA** (área 17) y siguen el modelo general de organización de la corteza visual.

Reciben conexiones de las siguientes zonas:

- **CORTEZA VISUAL PRIMARIA**
- **PULVINAR**, del **tálamo**

Recordemos que las capas magnocelular (M) y parvocelular (P) del núcleo geniculado lateral, que se organizaban desde las células ganglionares de la retina sinaptan en distintas áreas del núcleo geniculado lateral.

Las células ganglionares que originaban estas vías eran las siguientes:

- **CAPA P**. Corresponde a **células de tipo X**.

Reciben estímulos sobre todo desde los **CONOS**:

- Campos receptores pequeños
- Responden a la visión de colores

- **Capa M**. Corresponde a **células de tipo Y**.

Reciben estímulos sobre todo de los **BASTONES**:

- Campos receptores grandes
- Responden a la posición del estímulo y a su movimiento

Hasta un determinado momento las **capas M y P coexisten** en la **misma región general**, aunque conduzcan información distinta.

Esta disposición persiste en la **REGIÓN V2 del área 18**

Desde la **región V2** existe una **bifurcación**:

- **Flujo M**, que sigue el siguiente camino:

1. **REGIÓN V3**
2. **ÁREA TEMPORAL MEDIAL (V5)**
3. **ÁREA PARIETAL POSTERIOR (ÁREA 7a)**

Este flujo conduce información desde los **bastones** y sus campos receptores son grandes.

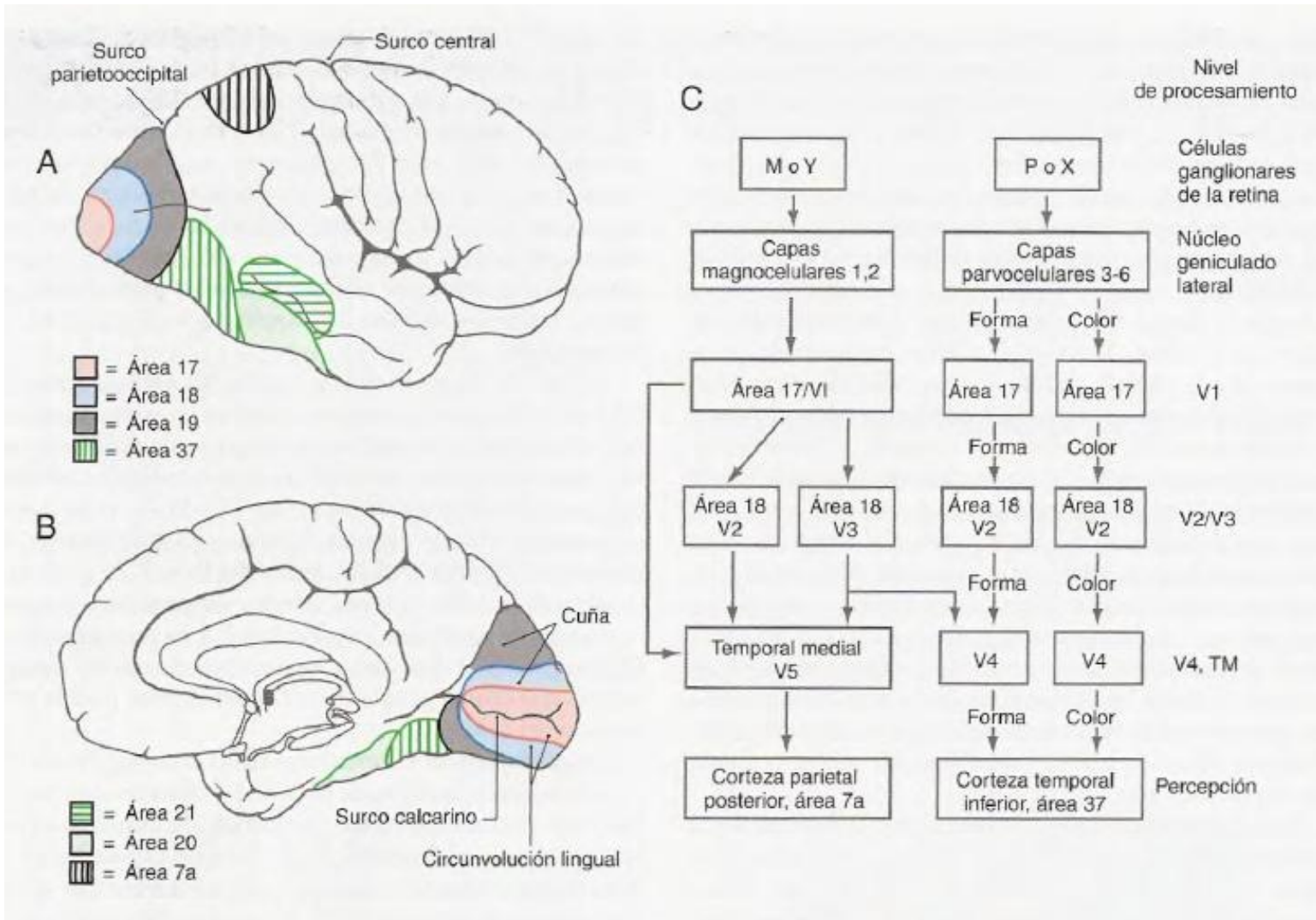
Las señales procedentes de estas células se utilizan para conocer la **posición del estímulo visual y si está en movimiento**.

- **Flujo P**, que sigue también una ruta desde V2

1. **ÁREA 19 de Brodmann (subregión V4)**
2. **CORTEZA TEMPORAL INFERIOR (área 37)**

Esta vía se origina en los **conos** de la retina y codifica para la **forma y el color de los objetos**.

Imagen de las cortezas visuales secundarias



Reflejos oculares

Movimientos oculocinéticos

Cuando nos desplazamos la **escena visual se mueve** a través de la retina (**DESLIZAMIENTO RETINIANO**), y los **ojos se mueven automáticamente** de forma compensadora para mantener la imagen fija en la retina.

Estos **movimientos** generalmente son lentos y **equivalen a la velocidad del desplazamiento**.

Cuando los ojos se aproximan a su límite de rotación hay un **movimiento rápido que los devuelve a su posición original** y luego otra fase de seguimiento lento del objeto que mirábamos. Esto se denomina **NISTAGMO OCULOCINÉTICO**.

Para que se inicie se deben estimular las **células ganglionares retinianas** de campo extenso, sensibles a los **movimientos lentos**. Los axones terminan en pequeños núcleos en el recorrido de la cintilla óptica que se denominan **SISTEMA ÓPTICO ACCESORIO**.

El sistema óptico accesorio se compone de una serie de núcleos:

- **NÚCLEO DE LA CINTILLA ÓPTICA**
- **NÚCLEOS ÓPTICOS ACCESORIOS**
 - **MEDIAL**
 - **DORSAL**
 - **LATERAL**

Los núcleos del sistema óptico accesorio se proyectan hacia dos zonas:

- **NÚCLEO RETICULOTEGMENTARIO** de la **protuberancia**
- **OLIVA INFERIOR** del **bulbo**

Inervan **vestibulocerebelo** y hacia los **núcleos vestibulares**.

Estas neuronas eferentes son las que producen el **movimiento oculomotor**.

Reflejo fotomotor pupilar

La pupila también responde a la **cantidad de luz ambiental**, contrayéndose o dilatándose el iris según ésta.

La respuesta es **CONSENSUAL**, de modo que la luz dirigida a un iris, también produce iridoconstricción en el otro:

- **Respuesta directa** → Ojo iluminado
- **Respuesta cruzada** → Ojo opuesto

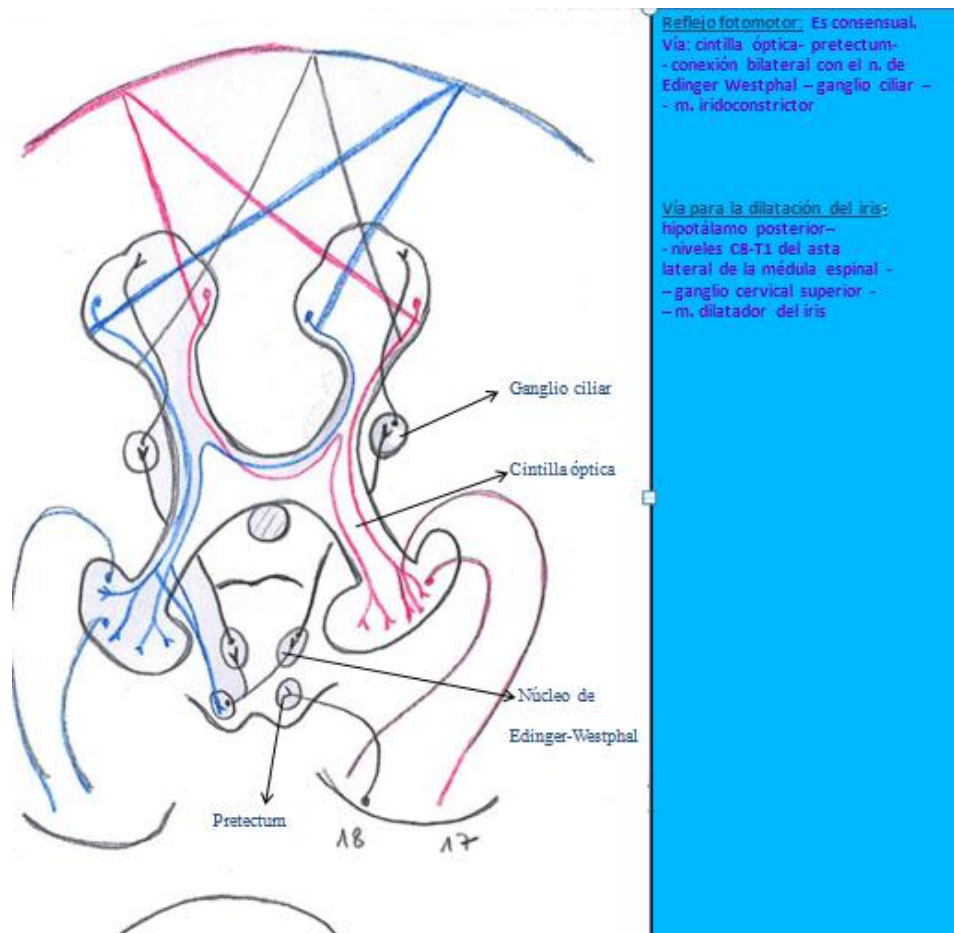
Se trata de un arco formado por 4 neuronas:

1. **Células ganglionares de la retina (M)**. Sus axones se **hemidecusan**, lo cual produce que la **respuesta sea cruzada**.
2. **NÚCLEO PRETECTAL OLIVAR**
3. **NÚCLEO DE EDINGER-WESTPHAL**
4. **Neuronas del GANGLIO CILIAR**

La **iridoconstricción** es una respuesta **PARASIMPÁTICA**

La **iridodilatación** es una respuesta **SIMPÁTICA** cuya respuesta viaja por el hipotálamo posterior hasta niveles medulares C8-T1

Desde la médula se proyecta al **GANGLIO CERVICAL SUPERIOR** desde donde la neurona postganglionar se encarga de inervar al músculo iridodilatador.



Clínica

Corteza cerebral

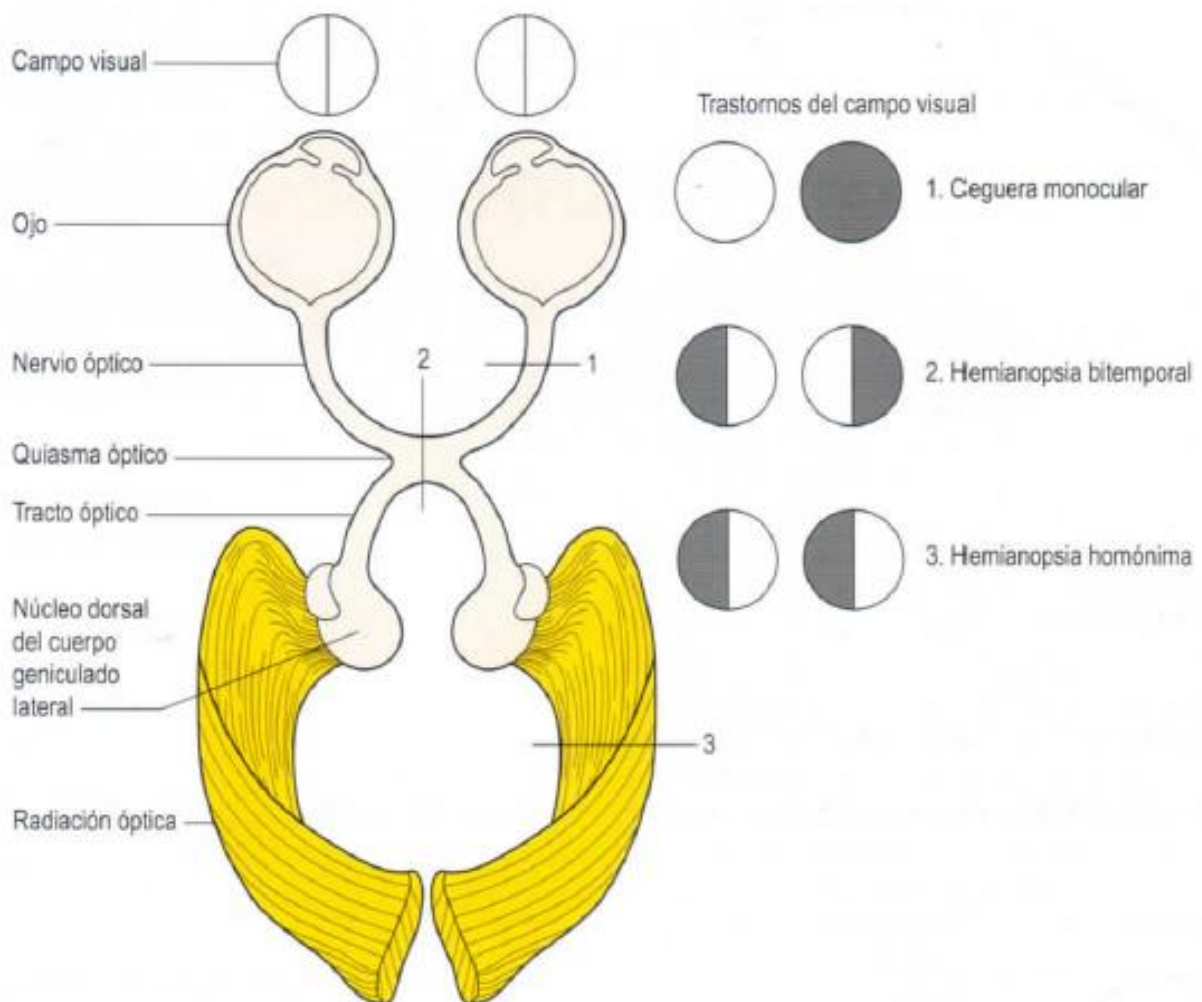
Lesiones de la región inferotemporal en las **áreas 18, 20 y 21** producen distintos síntomas según sea el hemisferio cerebral dañado:

- **HEMISFERIO IZQUIERDO (dominante)**. Producen agnosia de objetos, en la cual el paciente es incapaz de describir objetos reales aunque los perciba.
- **HEMISFERIO DERECHO (no dominante)**. Producen agnosia para dibujar el objeto

Alteraciones bilaterales pequeñas en estas zonas producen **prosopagnosia** en la cual el paciente es incapaz de reconocer caras.

Vía óptica

En estas imágenes detallaremos los defectos en el campo visual en relación a los distintos puntos en los que podemos localizar la lesión:



Tema 17. Anatomía del sistema auditivo

Introducción

El oído es uno de los sentidos más importantes que, junto con la vista y la capacidad de hablar, contribuye de un modo significativo a la calidad de vida.

En el transcurso de nuestra vida cotidiana separamos inconscientemente los sonidos relevantes, diferenciándolos del ruido de fondo, y además localizamos las fuentes del sonido y reaccionamos (a veces de forma refleja) a los ruidos inesperados.

El oído está adaptado para recibir **ondas sonoras en la membrana timpánica** y transmitir las **señales auditivas** al **sistema nervioso central**.

Oído

Oído externo

Las **ondas sonoras** son **captadas por el PABELLÓN AURICULAR** que las encauza a través del **CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO**.

Desde el conducto auditivo las ondas sonoras llegan a la **MEMBRANA TIMPÁNICA**.

El oído externo es una **cavidad de resonancia** que resalta algunas frecuencias más que otras, las cuales **dependen de la dirección** con la que llegue el sonido:

- Los **sonidos detrás de la cabeza** llegan amortiguados
- Los **sonidos laterales** son resaltados

Los indicios de este tipo determinan la **LOCALIZACIÓN MONOAURICULAR** de las fuentes de sonido, es decir, la que realizamos con un solo oído.

Oído medio

El oído medio o **CAVIDAD TIMPÁNICA** es un espacio del **hueso temporal** lleno de aire, interpuesto entre el tímpano y el oído interno.

Los sonidos se transmiten hacia el oído interno, que está lleno de líquido, por la **CADENA DE HUESECILLOS**, de más externo a más interno:

- **MARTILLO**, que está **fijado al tímpano** mediante su **MANUBRIO**
- **YUNQUE**
- **ESTRIBO**, cuya **base encaja en la membrana oval**, a modo de pistón.

Alberto Gómez Esteban

Los huesecillos realizan dos funciones:

- Amortiguan el movimiento del tímpano
- Amplifican la fuerza aplicada a la membrana oval

Su rigidez permite **compensar la diferencia de impedancia** entre los medios aéreo (de donde proviene el sonido) y líquido (oído interno)

La rigidez puede ser modificada por dos músculos:

- **Músculo tensor del tímpano**
- **Músculo del estribo**

Oído interno

La forma de la CÓCLEA es espiral y recuerda a un caracol. Tiene dos partes:

- **COCLEA MEMBRANOSA**
- **CÓCLEA ÓSEA**

La cóclea membranosa se encuentra dentro de la ósea y se comunica con el sistema vestibular mediante el **conducto reuniens**.

Consta de tres compartimentos espirales:

- **RAMPA MEDIA o CONDUCTO COCLEAR**
- **RAMPA VESTIBULAR**
- **RAMPA TIMPÁNICA**, que termina en la **VENTANA REDONDA** que separa el oído interno del medio.

La **rampa vestibular** se continúa con la **rampa timpánica** por una abertura en el vértice de la cóclea llamada **HELICOTREMA**.

La rampa media está limitada por dos membranas:

- **MEMBRANA BASILAR**, por **abajo**, limitando con la **rampa timpánica**
- **MEMBRANA VESTIBULAR de REISSNER**, por **arriba**, limitando con la **rampa vestibular**

El **MODIOLO** es el **eje central óseo** de la cóclea y tiene forma de tornillo.

Las **rampas vestibular y timpánica** están rellenas de **PERILINFA**

La **rampa media** está rellena de **ENDOLINFA**

El **ÓRGANO DE CORTI** es el **epitelio sensorial especializado** que descansa sobre la membrana basilar. Tiene dos tipos de células:

- **Células ciliadas internas.** Forman una hilera que recorre la cóclea de la base al vértice.
- **Células ciliadas externas.** Forman tres hileras paralelas que siguen el mismo recorrido.

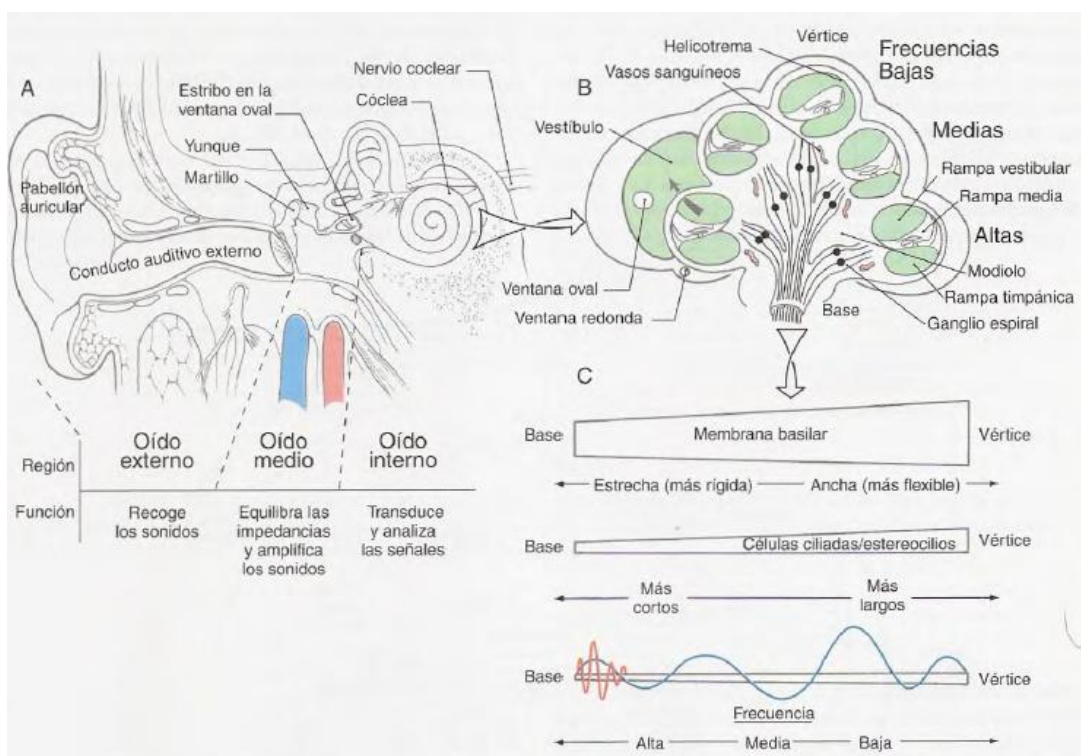
Cada célula ciliada posee un haz de cilios que posee entre **50-150 estereocilios** dispuestos en hileras curvas, y aquellos más **largos están en el borde externo de la célula.**

La **MEMBRANA TECTORIA** que también se encuentra en el **órgano de Corti** es un brazo gelatinoso que **cubre el epitelio sensorial.**

Los estereocilios más altos están en contacto con esta membrana tectoria o insertados en ella, de modo que los **movimientos de la membrana basilar y del órgano de Corti doblan los estereocilios** contra la membrana, produciendo una despolarización de las células sensoriales.

El modiollo óseo contiene el **GANGLIO ESPIRAL.**

Las prolongaciones de las células de este ganglio **forman la PORCIÓN COCLEAR** del **nervio vestibulococlear (VIII par craneal).**



Vías auditivas centrales

Generalmente en las vías auditivas ascendentes de la cóclea a la corteza se mantiene una **ORGANIZACIÓN TONOTÓPICA muy rigurosa**, es decir, las neuronas que llevan información sonora de frecuencia característica llegan a zonas específicas de la corteza.

Todas las fibras del nervio coclear sinaptan en los **NÚCLEOS COCLEARES**

Mientras la **información asciende** hacia la corteza auditiva, se distribuye por multitud de vías paralelas, las cuales convergen en el **COLÍCULO INFERIOR**.

La información de esta vía sigue el siguiente camino:

NÚCLEOS COCLEARES → Complejo olivar superior → Cuerpo trapezoide →
Lemnisco lateral → COLÍCULO INFERIOR

En el mesencéfalo, la información es transmitida por el **COLÍCULO INFERIOR**, mediante su brazo hasta el **CUERPO GENICULADO MEDIAL**.

El **CUERPO GENICULADO MEDIAL** envía su información mediante el **brazo sublenticular** de la cápsula interna a la **CORTEZA AUDITIVA**.

Las fibras que transportan información auditiva se decusan a varios niveles, y dicha información puede ser procesada de dos formas

1. **INFORMACIÓN MONOAURICULAR**, que viene desde **un solo oído**, y se dirige al lado **contralateral**
2. **INFORMACIÓN BIAURICULAR**, que resulta de las **diferencias entre los sonidos** que reciben ambos oídos, y es procesada por **vías centrales**.

Las **decusaciones del sistema auditivo**, sobre todo la del cuerpo trapezoide son similares funcionalmente a las que veíamos en el sistema óptico, y por ello se les llama en conjunto **QUIASMA AUDITIVO FUNCIONAL**.

Núcleos cocleares

Hay dos:

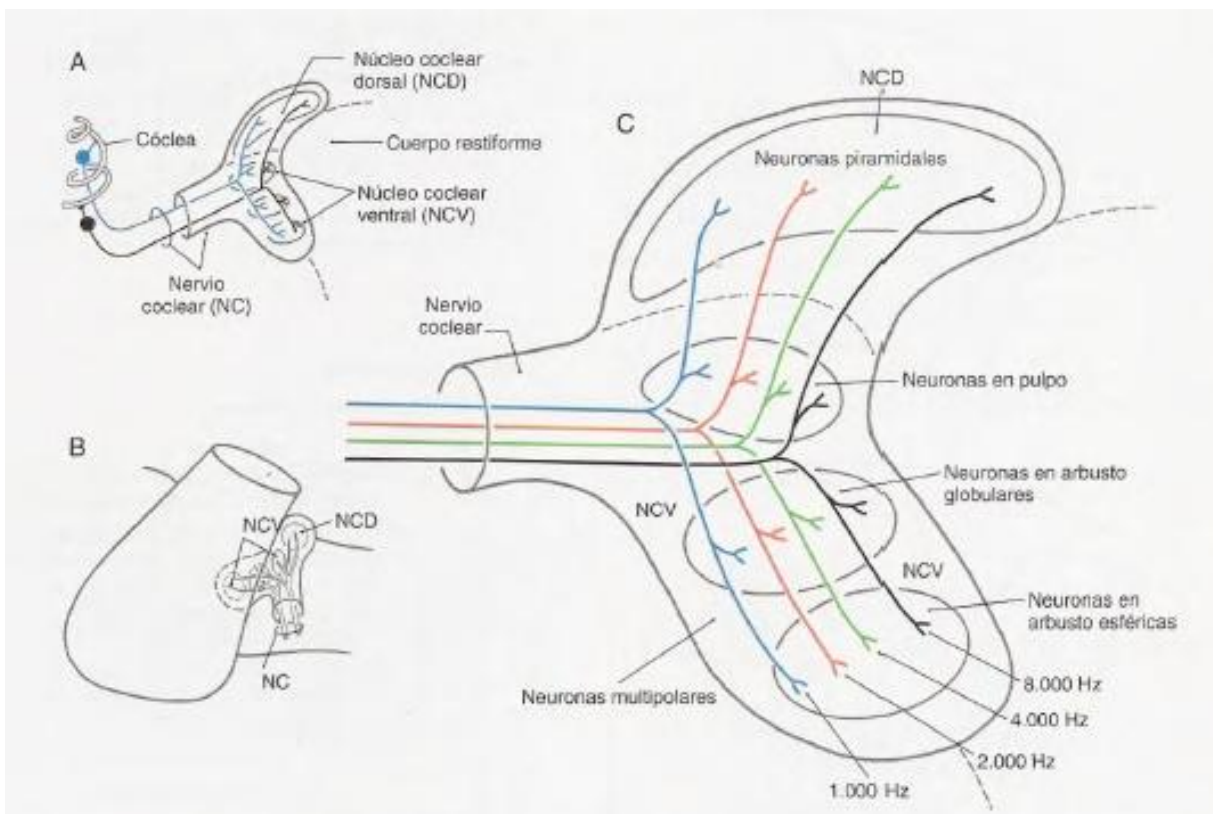
- **NÚCLEO COCLEAR DORSAL**
- **NÚCLEO COCLEAR VENTRAL**

Se encuentran por fuera y por detrás del cuerpo restiforme, en la **unión entre bulbo raquídeo y protuberancia**.

Todas las **fibras cocleares** terminan en los **núcleos cocleares homolaterales**. Las fibras cocleares se dividen en dos ramas:

- **RAMA ASCENDENTE**. Sus fibras sinaptan con la **parte anterior** del **núcleo coclear ventral**.
- **RAMA DESCENDENTE**. Sus fibras sinaptan con dos zonas:
 - **Núcleo coclear ventral** en su parte posterior
 - **Núcleo coclear dorsal**

En estos núcleos las fibras sinaptan con varios tipos de neuronas diferentes ordenados en hileras de modo que obtenemos un **MAPA TONOTÓPICO** preciso



Las neuronas de los núcleos cocleares dan origen a **vías ascendentes paralelas** pero bien **separadas y delimitadas** dentro del sistema auditivo.

Estas vías analizan y codifican diferentes características sonoras al mismo tiempo que preservan la información sobre su frecuencia.

Estas proyecciones se subdividen en dos vías:

- Vías que transmiten **información monoauricular** al **COLÍCULO INFERIOR**
- Vías que procesan **información biauricular** al **COMPLEJO OLIVAR SUPERIOR**

La mayoría de las fibras del **NÚCLEO COCLEAR VENTRAL** viajan por delante del cuerpo restiforme para formar el **CUERPO TRAPEZOIDE**.

Las proyecciones del **NÚCLEO COCLEAR DORSAL** y algunas del **NÚCLEO COCLEAR VENTRAL** se dirigen **hacia atrás** para pasar sobre el cuerpo restiforme formando un fascículo llamado **ESTRÍA ACÚSTICA DORSAL**.

Las fibras de la **ESTRÍA ACÚSTICA DORSAL** se **decusan** antes de **unirse al LEMNISCO LATERAL**.

Hay células del **NÚCLEO COCLEAR DORSAL** que forman circuitos locales, como por ejemplo **proyecciones directas** en dirección al **COLÍCULO INFERIOR contralateral** que constituyen la **principal vía de salida** de este núcleo.

Complejo olivar superior

La oliva superior se encuentra en la **protuberancia caudal**, cercana al núcleo motor del nervio facial.

Es el primer lugar del tronco del encéfalo donde **converge la información de ambos oídos**, lo que permite la **localización precisa del sonido** y la formación de un mapa neural del hemicampo auditivo contralateral.

La **OLIVA SUPERIOR MEDIAL (OSM)** es el **principal núcleo** del complejo olivar superior en humanos.

El **CUERPO TRAPEZOIDE** es un **haz de fibras mielínicas** que pasa por **delante de este complejo** y se **entrecruza con fibras del lemnisco medial** al atravesar la línea media.

Las fibras del cuerpo trapezoide que se decusan terminan en el **COMPLEJO OLIVAR SUPERIOR contralateral** o bien ascienden por el **LEMNISCO LATERAL contralateral**.

Este núcleo sigue una **organización tonográfica característica**, que veíamos en anteriores segmentos.

Las **vías nerviosas aferentes a la OLIVA SUPERIOR MEDIAL (OSM)** son dos:

- *Oído contralateral*
- *Oído homolateral*

Ambas conexiones llegan **aproximadamente al mismo tiempo**, y por tanto no existe retraso con respecto a uno-otro oído, lo que permite que la única **diferencia de tiempos** de llegada sea establecida por la **localización del sonido**:

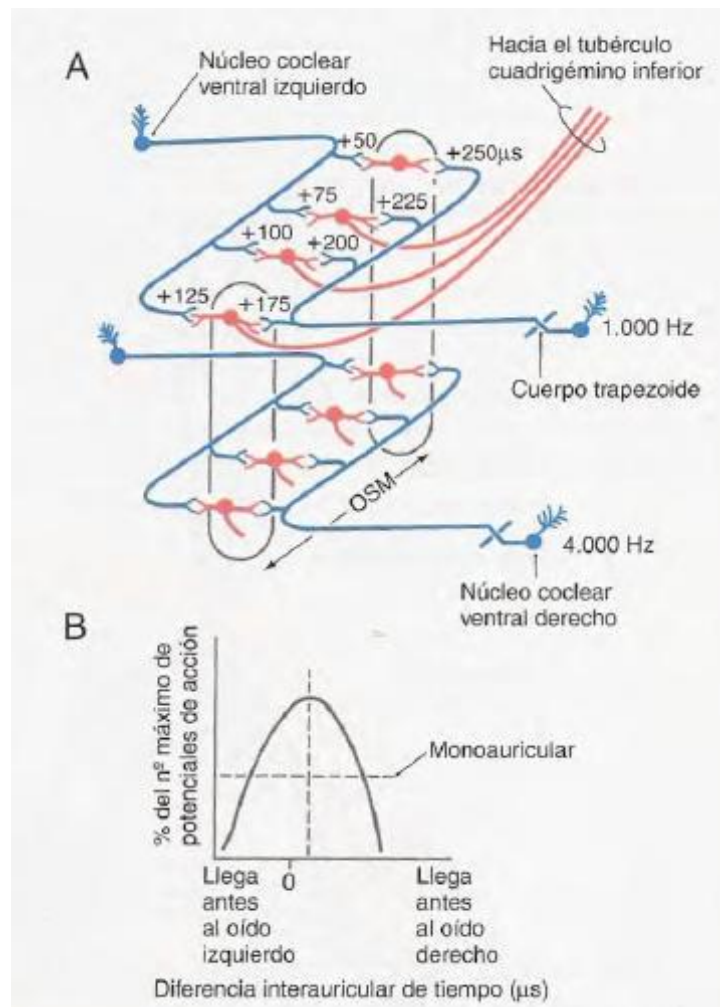
Si el sonido proviene del lado izquierdo, llegará al núcleo OSM antes desde el oído izquierdo.

Este proceso permite que se **analice la procedencia del sonido**.

Las proyecciones de la **OLIVA SUPERIOR MEDIAL** viajan por el **LEMNISCO LATERAL homolateral**.

Desde el **lemnisco lateral** estas fibras inervan al **núcleo central del COLÍCULO INFERIOR**.

Hay otro núcleo olivar de escasa importancia que es la **OLIVA SUPERIOR LATERAL** que envía **conexiones de escasa importancia al COLÍCULO INFERIOR contralateral**, lo que supone una vía biauricular indirecta.



Lemnisco lateral

El lemnisco lateral contiene axones muy heterogéneos:

- ❖ **Neuronas de segundo orden** de los **NÚCLEOS COCLEARES**
- ❖ **Neuronas de tercer orden** de la **OLIVA SUPERIOR**
- ❖ **Neuronas de cuarto orden** de somas del propio **LEMNISCO LATERAL**

El **NÚCLEO VENTRAL del LEMNISCO LATERAL** contiene células entre las fibras ascendentes del lemnisco lateral.

Se extiende entre el **borde anterior del COMPLEJO OLIVAR SUPERIOR** y el borde inferior del núcleo dorsal del lemnisco lateral.

Envía **fibras en dirección al COLÍCULO INFERIOR** completando una **vía monoauricular indirecta**.

El **NÚCLEO DORSAL del LEMNISCO LATERAL** recibe información del **complejo olivar superior** y envía proyecciones que se **decusan**.

Estas fibras terminan en el **COLÍCULO INFERIOR contralateral** transmitiendo información binauricular e inhibe la actividad del hemicampo auditivo opuesto.

Colículo inferior

El colículo inferior o **TUBÉRCULO CUADRIGÉMINO INFERIOR** es el fin de casi todas las vías auditivas ascendentes. Tiene varios núcleos:

- **NÚCLEO CENTRAL**, es muy grande y de forma ovoidea.

Recibe aferencias sobre todo del **LEMNISCO LATERAL**.

Las aferencias que recibe caminan paralelas formando **láminas fibrodendríticas**.

Estas proyecciones ascendentes convergen y divergen de modo que cada aferencia inerva varias neuronas dispuestas en un mismo plano, de modo que a cada punto de la cóclea corresponde una **LÁMINA DE ISOFRECUENCIA**.

Este núcleo integra múltiples fuentes auditivas del tronco del encéfalo e inerva la **división anterior del CUERPO GENICULADO MEDIAL**.

- **NÚCLEO PERICENTRAL**, es **posterior** y está atravesado por fibras de otros núcleos tectales.
- **NÚCLEO LATERAL**, es **lateral** y queda atravesado por fibras que forman el **brazo del colículo inferior**.

Muchas células del colículo inferior responden a **señales de ambos oídos**:

- **Células con frecuencia característica baja.** Reciben aferencias desde **células de la cóclea** que **detectan bajas frecuencias**.

Son sensibles a las diferencias interauriculares de **TIEMPO**

- **Células con frecuencia característica alta.** Reciben conexiones desde **células cocleares** que **detectan altas frecuencias**.

Son sensibles a las diferencias interauriculares de **INTENSIDAD**.

Estas respuestas biauriculares son **similares a las del complejo olivar superior**, y probablemente son modificadas por información biauricular procedente del núcleo dorsal del lemnisco lateral.

Hay células de las láminas fibrodendríticas que son **monauriculares excitadas por el oído contralateral**.

Las células de los **NÚCLEOS PARACENTRALES** tienen **poca frecuencia específica** y se **habitúan rápidamente** a los estímulos repetidos.

Reciben dos tipos de información:

- **Información auditiva:**
 - **NÚCLEO CENTRAL** del **colículo inferior**
 - **CORTEZA CEREBRAL**
- **Información no auditiva:**
 - **MÉDULA ESPINAL**
 - **NÚCLEOS DE LA COLUMNA DORSAL** (¿lemnisco medial?)
 - **COLÍCULO SUPERIOR**

Envían su información a los siguientes destinos **EFERENTES**:

- **CUERPO GENICULADO MEDIAL**
- **COLÍCULO SUPERIOR**
- **FORMACIÓN RETICULAR**
- **NÚCLEOS PRECEREBELOSOS**

Estos núcleos se relacionan con la atención, integración multisensorial y reflejos motores ante estímulos sonoros.

Cuerpo geniculado medial

Se trata de una protuberancia pequeña en la **superficie de la parte inferior** del **TÁLAMO CAUDAL**, entre el cuerpo geniculado lateral y el pulvinar.

Tiene dos divisiones:

- **DIVISIÓN ANTERIOR**, recibe **aferencias del NÚCLEO CENTRAL** del **colículo inferior**

Envía conexiones a la **CORTEZA AUDITIVA PRIMARIA (AI)**

Tiene **contornos de isofrecuencia** en los cuales:

- **Altas frecuencias**. Quedan **mediales**
- **Bajas frecuencias**. Quedan **laterales**

- **DIVISIÓN POSTERIOR**, recibe información del **NÚCLEO PERICENTRAL** del **colículo inferior**.

Inerva la **CORTEZA AUDITIVA SECUNDARIA (AII)**

Contiene **neuronas poco especializadas** que responden a estímulos acústicos y no acústicos y es **más sensible a la habituación**.

- **DIVISIÓN MEDIAL (magnocelular)**, recibe información de la **CORTEZA EXTERNA** del **colículo inferior**.

Inerva **CORTEZAS AUDITIVAS ASOCIATIVAS**.

Contiene neuronas pobremente especializadas sensibles a **estímulos acústicos** y de **otros tipos sensoriales** (vestibulares y somatosensoriales).

Corteza auditiva y áreas asociativas

Corteza auditiva primaria

La **corteza auditiva primaria (AI)**, o **área 41 de Brodmann**, se encuentra entre las dos circunvoluciones temporales transversas.

Están ocultas en el **SURCO LATERAL** y son adyacentes a la circunvolución temporal superior.

Se encuentra en la **CIRCUNVOLUCIÓN TEMPORAL TRANSVERSA ANTERIOR** aunque a veces se extiende hasta la posterior.

Histológicamente es una corteza con dos particularidades:

- **CAPA GRANULAR INTERNA (IV)** bien **desarrollada**
- **CAPA MULTIFORME (VI)** con gran cantidad de **pirámides pequeñas**.

Corteza auditiva secundaria

La **corteza auditiva secundaria (AII)**, o **área 42**, se encuentra junto a la auditiva primaria en la **segunda circunvolución transversa**.

La **CORTEZA AUDITIVA PRIMARIA (AI)** está recíprocamente conectada con la **DIVISIÓN ANTERIOR** del cuerpo geniculado medial

La **CORTEZA AUDITIVA SECUNDARIA (AII)** está recíprocamente conectada con la **DIVISIÓN POSTERIOR** del cuerpo geniculado medial.

Cada **área cortical auditiva** envía **conexiones comisurales** (entre ambos hemisferios) mediante el **CUERPO CALLOSO** a **áreas auditivas homólogas**.

Las células de estas áreas se ordenan en **columnas de isofrecuencia** que recorren la corteza auditiva primaria como largas bandas.

- Las **frecuencias altas** son **mediales**
- Las **frecuencias bajas** son **laterales**

Cada una de estas bandas posee una organización interna específica en las que se alternan dos tipos de grupos:

- Células estimuladas por **ambos oídos (EE)**
- Células **estimuladas** por el **oído contralateral** e **inhibidas** por el **homolateral** (EI)

Cortezas auditivas de asociación

La **corteza auditiva de asociación** rodea al **ÁREA AUDITIVA PRIMARIA** y se sitúa en la porción posterior de la circunvolución temporal posterior.

Está **conectada a la corteza auditiva primaria** mediante el **FASCÍCULO ARQUEADO**.

- **ÁREA DE WERNICKE** (área 22). Recibe conexiones de la **corteza auditiva primaria**.

También recibe información somatosensorial y visual

Interviene en la **PERCEPCIÓN** del **LENGUAJE HABLADO**.

Es hasta **7 veces más grande en el hemisferio izquierdo** que en el derecho.

Hay más áreas que encontramos en este caso en el lobulillo parietal inferior:

- **CIRCUNVOLUCIÓN ANGULAR** (área 39)
- **CIRCUNVOLUCIÓN SUPRAMARGINAL** (área 40)

Estas dos áreas son importantes también para el lenguaje, interviniendo en aspectos como la **LECTURA** y la **ESCRITURA**.

A veces a estas áreas también se las considera como **ÁREA DE WERNICKE**.

- **ÁREA DE BROCA** (áreas 44 y 45). Son muy importantes para la **EXPRESIÓN** del lenguaje hablado.

Está conectada con las **cortezas auditivas primaria y de asociación** gracias al **FASCÍCULO ARQUEADO**.

Clínica de las áreas del lenguaje

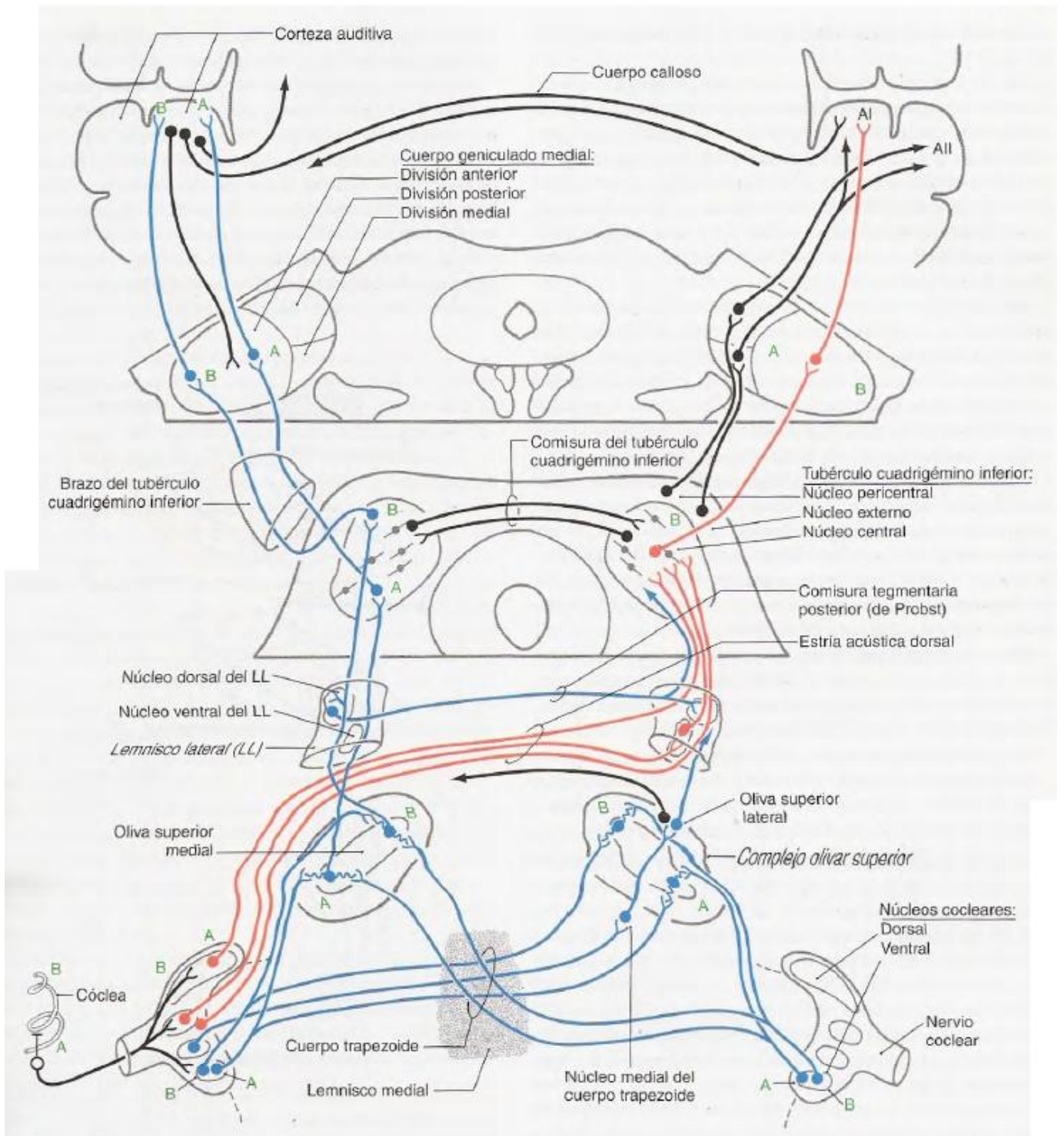
El **ÁREA DE WERNICKE** (áreas 22 ¿39 y 40?) interviene en la **COMPRENSIÓN** del lenguaje.

Una lesión en el área de Wernicke provoca **AFASIA DE WERNICKE** en la cual está **dificultada la comprensión** del lenguaje y el **habla, aunque es fluida**, está completamente **desprovista de sentido** (**JERGAFASIA**).

El **ÁREA DE BROCA** (áreas 44 y 45) interviene en la **EXPRESIÓN** del lenguaje.

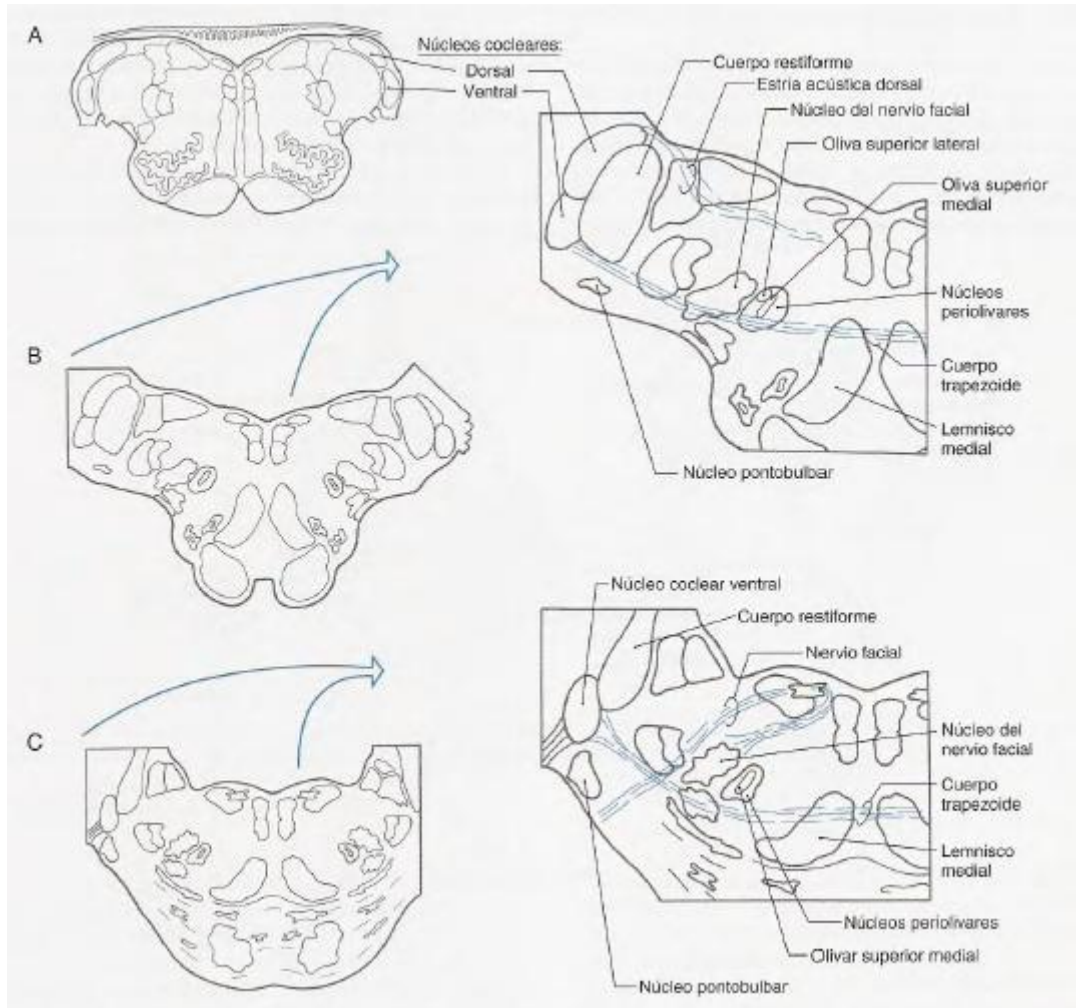
Su lesión provoca **AFASIA DE BROCA** en la cual aunque el paciente no tiene ningún problema en la comprensión, el **habla no es fluida** y observamos **frases telegráficas**.

Imágenes de las vías auditivas ascendentes

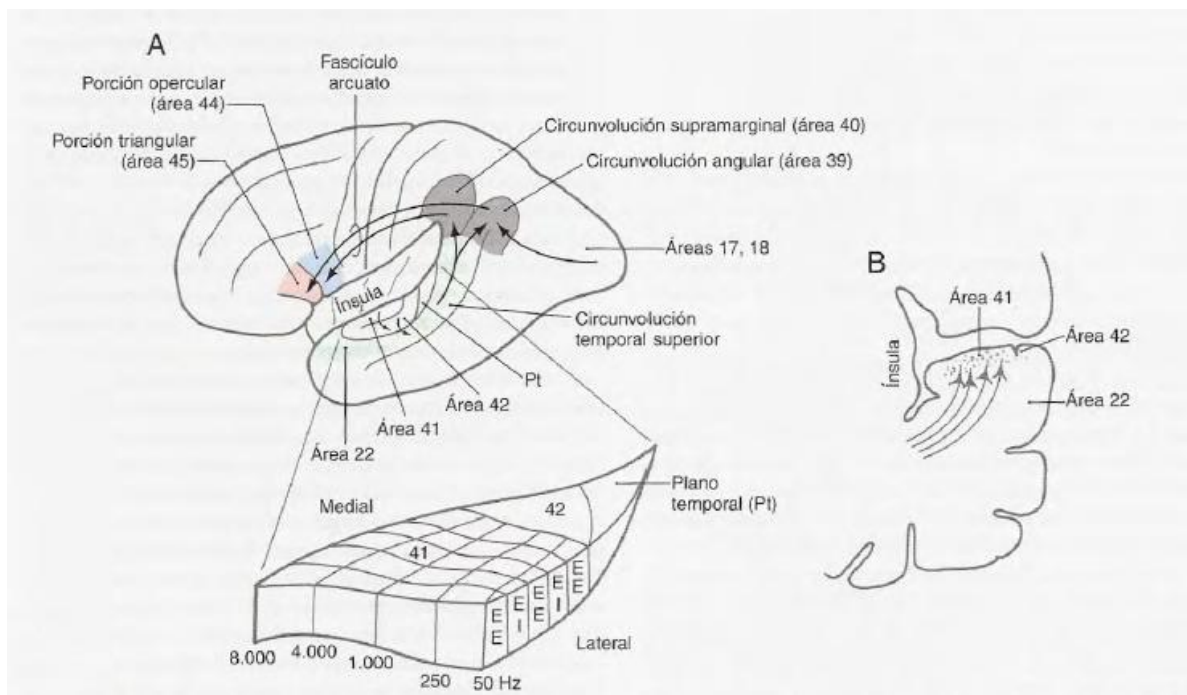


Vías monoauriculares (ROJO)

Vías biauriculares (AZUL)



Posición de los núcleos cocleares en el tronco del encéfalo



Cortezas auditivas

Vías auditivas descendentes

Las proyecciones descendentes consisten en **conexiones recíprocas** a lo largo de toda la vía auditiva.

Se forman **circuitos de retroalimentación** que modulan el procesamiento de la información desde que es recogida periféricamente hasta que finaliza en la corteza cerebral.

Haz olivococlear

Surge de grupos de células de los **NÚCLEOS PERIOLIVARES** del **COMPLEJO OLIVAR SUPERIOR**.

Estos núcleos forman el **haz olivococlear** que viaja junto a la porción vestibular del nervio vestibulococlear.

Se divide en dos fascículos

- **Fibras olivococleares laterales**. Alcanzan la región de **células ciliadas internas** de la cóclea **homolateral**.
- **Fibras olivococleares mediales**. Tienen proyecciones **bilaterales** que alcanzan las **células ciliadas externas**.

Ejercen retroalimentación directa que influye en la **mecánica coclear** y la **sensibilidad de la cóclea** para discriminar frecuencias.

La inervación olivococlear influye en la **altura de las células** y en la **rigidez de los cilios**.

Reflejo del oído medio

Los pequeños músculos estriados que encontramos en el oído medio **modifican la impedancia mecánica** de la **cadena de huesecillos**, y son activados por el **REFLEJO DEL OÍDO MEDIO**.

El **MÚSCULO DEL ESTRIBO** está inervado por el **nervio facial** (*VII par craneal*).

Estas neuronas están estrechamente relacionadas con el **EXTREMO POSTERIOR** del **complejo olivar superior**

El **MÚSCULO TENSOR DEL TÍMPANO** está inervado por el **nervio trigémino** (*V par craneal*).

Estas neuronas se relacionan con el **EXTREMO ANTERIOR** del **complejo olivar superior**

Estas vías sensitivas son **bilaterales** y afectan a **ambos oídos**, es decir, si estimulamos uno, en el otro también se modifica la impedancia por estas vías.

Reflejo de aprestamiento

Las respuestas al sonido reflejas y adquiridas integran los sistemas sensitivos y motores.

Hay **interconexiones corticocorticales** para la **difusión de la información auditiva**, pero esta información **también se integra en el tronco del encéfalo**.

Las **capas profundas** del **COLÍCULO SUPERIOR** reciben información auditiva de dos zonas:

- **COLÍCULO INFERIOR**
- **ÁREAS CORTICALES AUDITIVAS**

Estas **capas profundas del colículo superior** integran tres tipos de información:

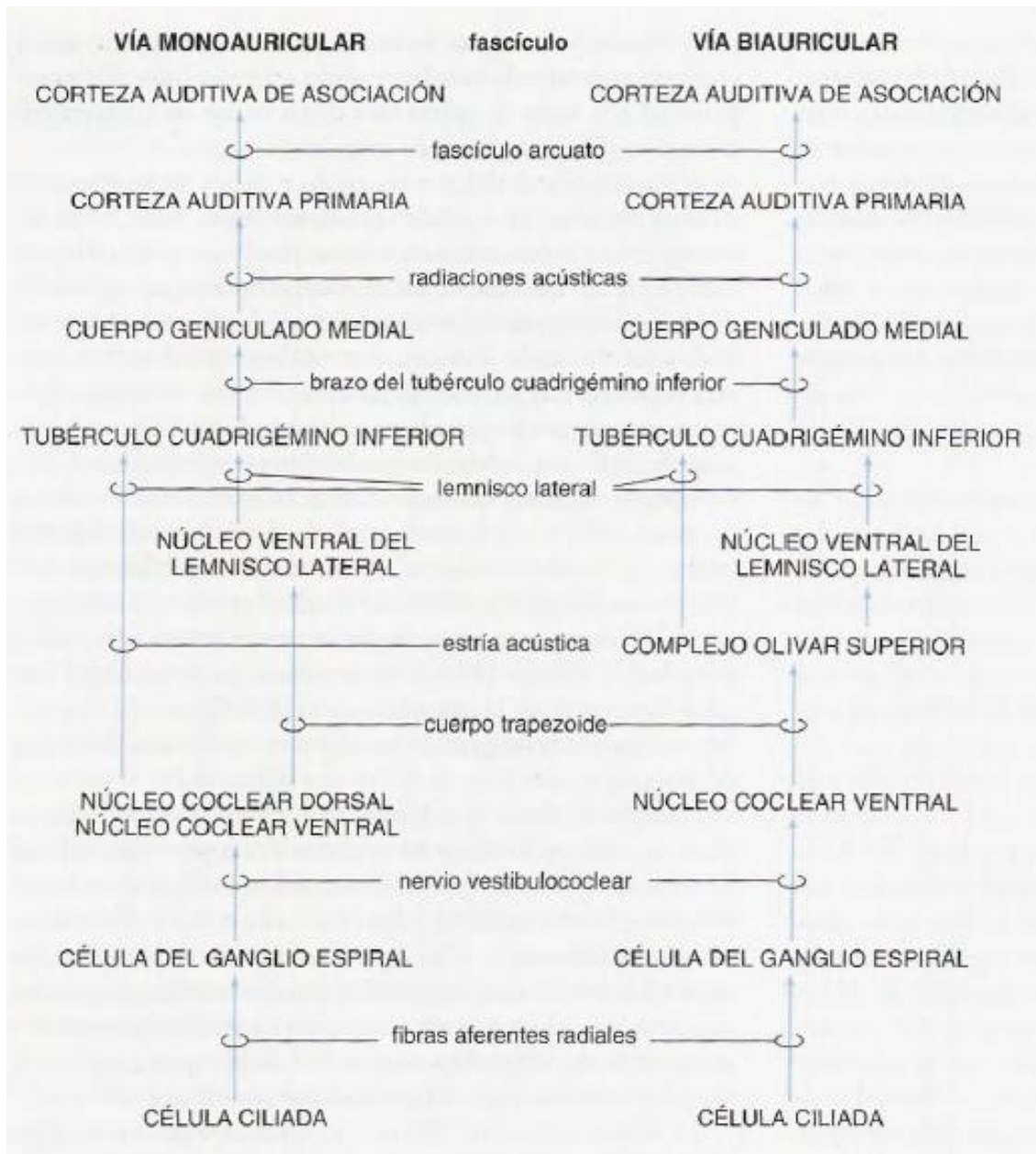
- *Auditiva*
- *Visual*
- *Somatosensorial*

Inervan a núcleos del tronco del encéfalo y de la médula cervical mediante las **FIBRAS TECTOBULBOESPINALES**.

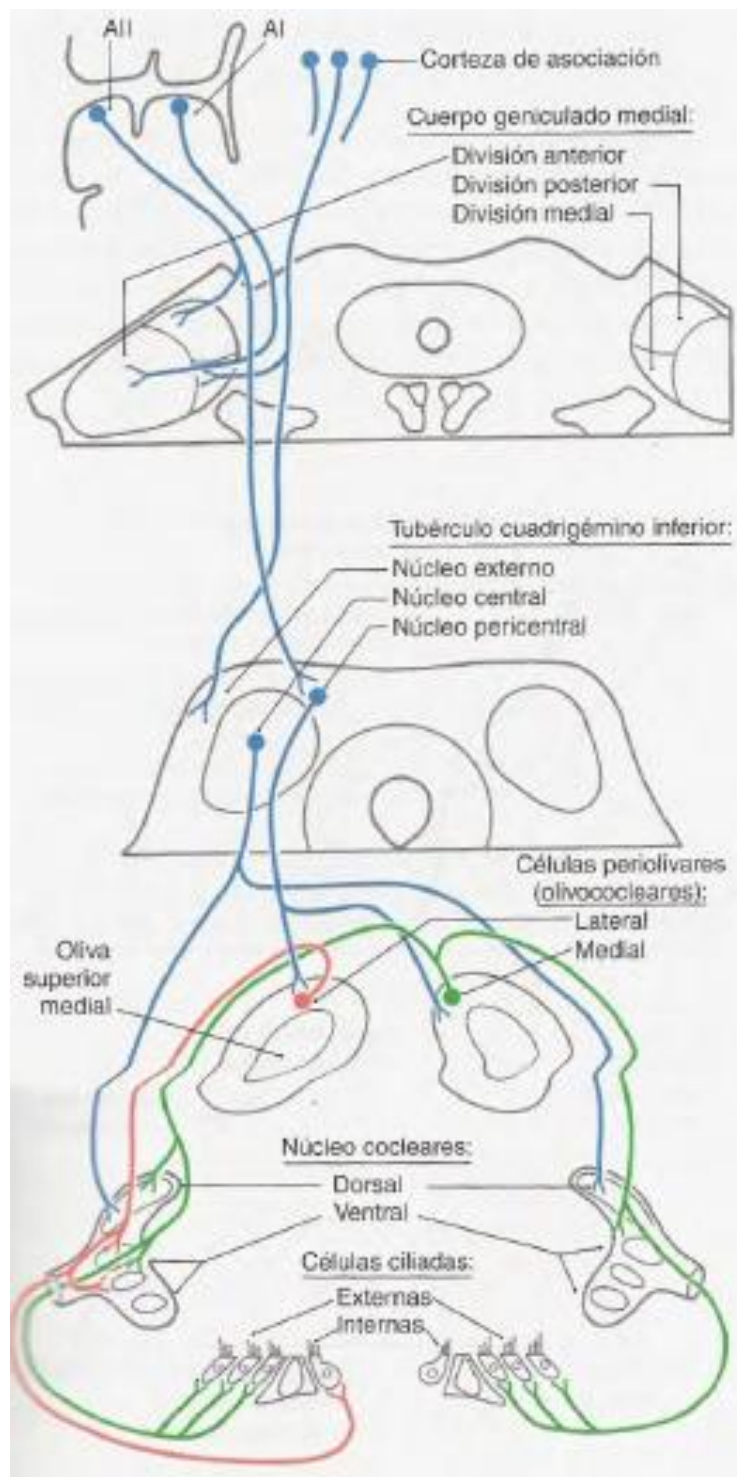
La estimulación de estas fibras provoca la **orientación de cabeza, ojos y cuello** hacia el **estímulo auditivo o visual**.

Como hemos comentado en esta **RESPUESTA DE APRESTAMIENTO** también interviene la **vía visual** mediante el **COLÍCULO SUPERIOR**.

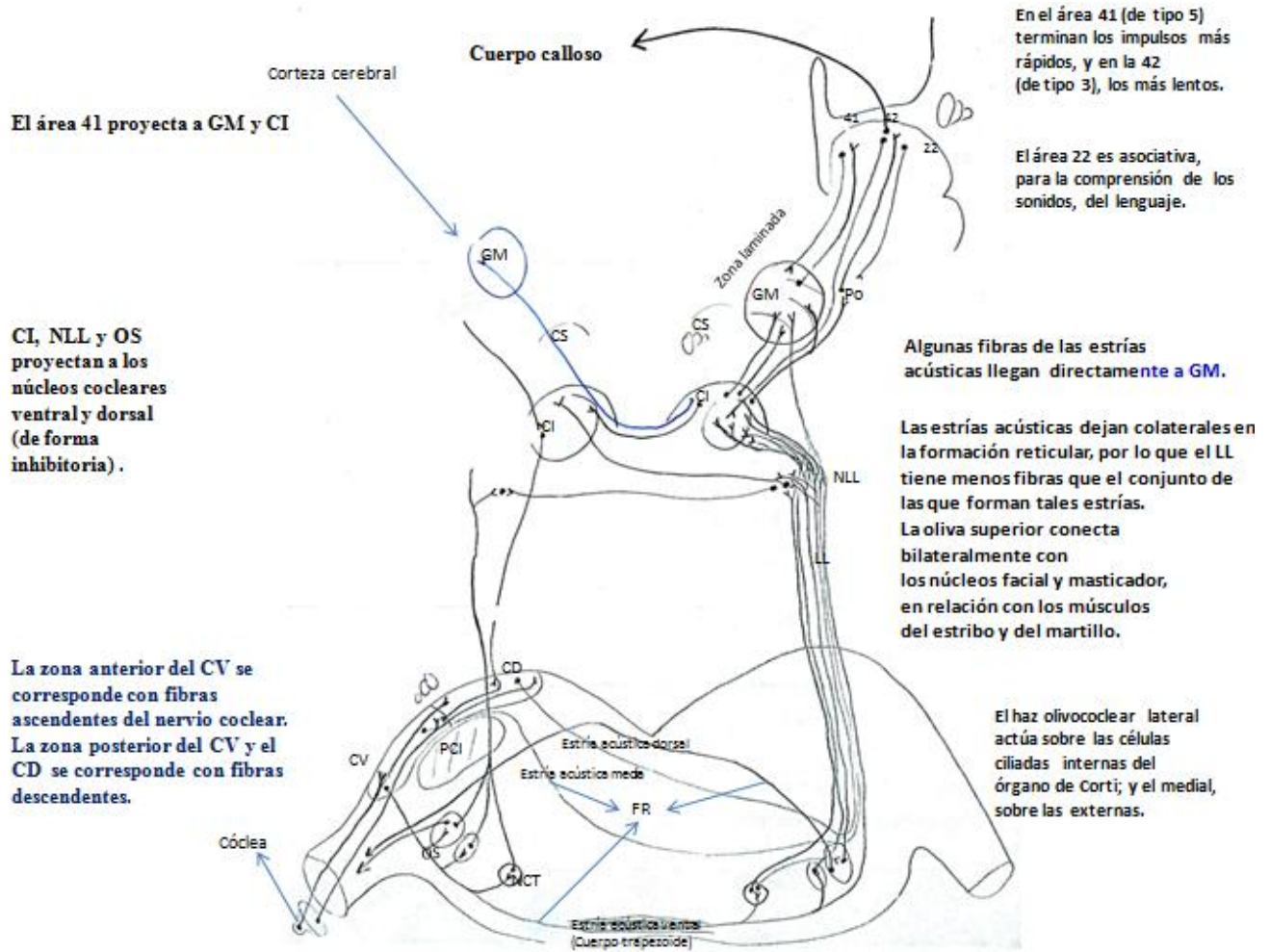
Imágenes del sistema auditivo



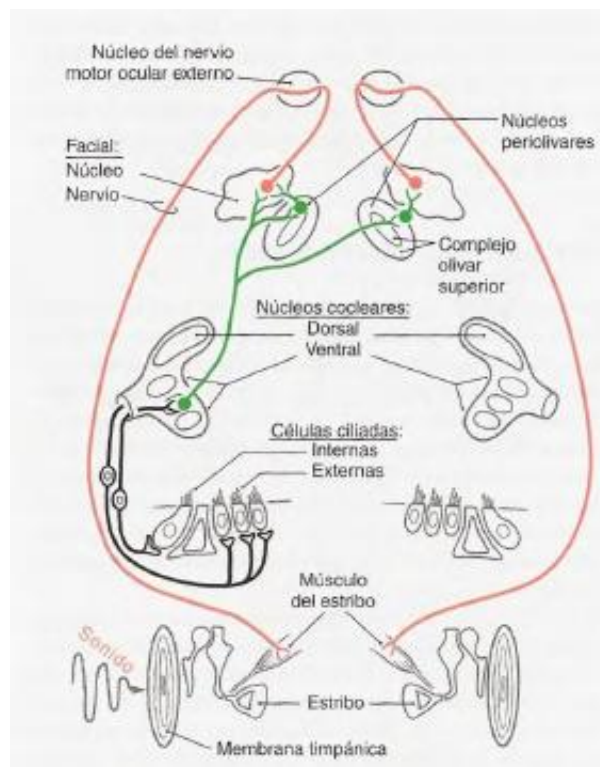
Resumen de las vías auditivas



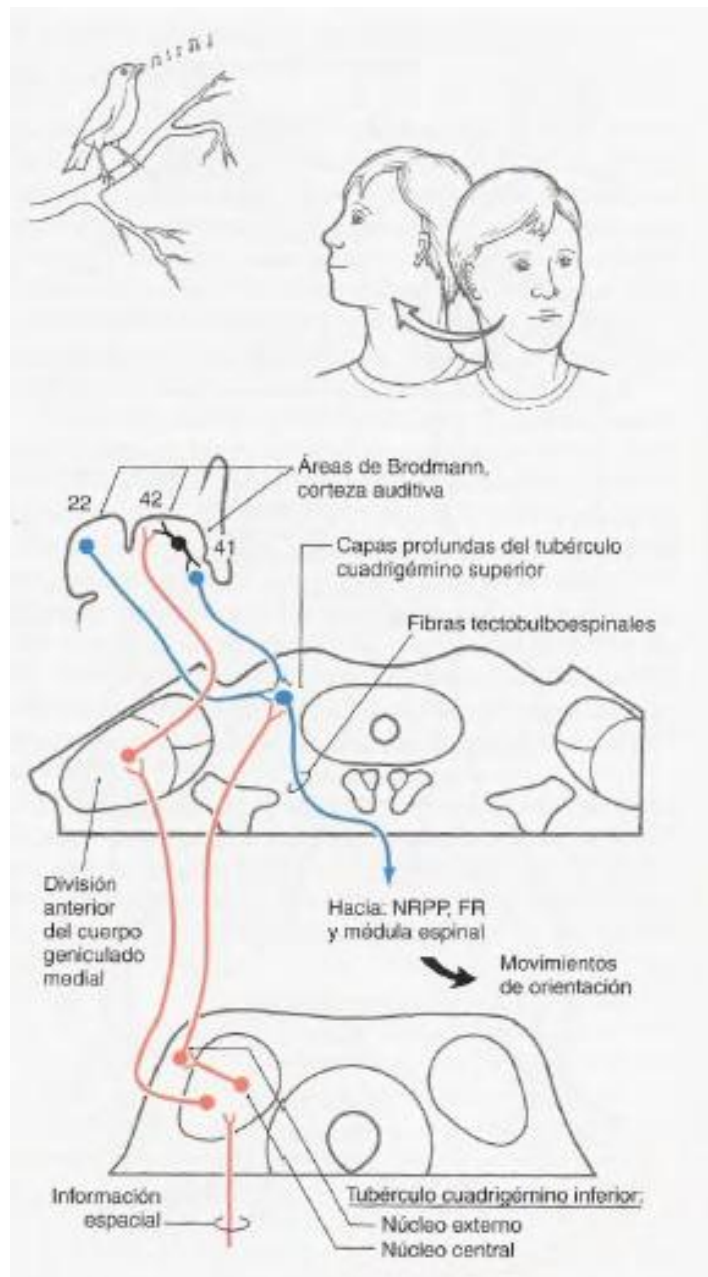
Fibras eferentes auditivas



Esquema general de todas las vías del sistema auditivo



Arco del reflejo del oído medio



Arco del reflejo de aprestamiento

Tema 18. Sentidos químicos. Rinencéfalo

Introducción

Los sistemas olfatorio y gustativo **exploran el medio químico** que nos rodea.

La información que nos ofrecen estos sistemas se asocia íntimamente por el **gusto** y la **deleitación** que existen por las **comidas y las bebidas sabrosas**.

Cuando hablamos del gusto que nos provoca una comida, nos estamos refiriendo a una compleja experiencia sensitiva, plagada de matices, que denominamos sabor.

La **percepción global del sabor** es una combinación de **datos olfativos, gustativos y somatosensoriales** que encontramos en los alimentos y la bebida.

- El **sentido del olfato** detecta las **fragancias** como el resultado de la percepción de **sustancias olorosas** presentes en el ambiente en forma de **aerosol**.
- El **sentido del gusto** es la sensación suscitada por la **estimulación química** de **receptores gustativos** que encontramos en la **cavidad orofaríngea**
- El **sistema somatosensorial** se encarga de detectar **componentes irritantes** de los alimentos (como el *picante*).

Sentido del olfato

Receptores

Los receptores responsables de este sentido se localizan en la **MUCOSA OLFATORIA** que se encuentra en el techo de las fosas nasales, sobre la lámina cribosa del hueso etmoides.

Está formada por una **capa acelular de moco** que recubre una capa celular de **EPITELIO OLFATORIO** y una **lámina basal** subyacente.

El epitelio se compone de tres tipos de neuronas:

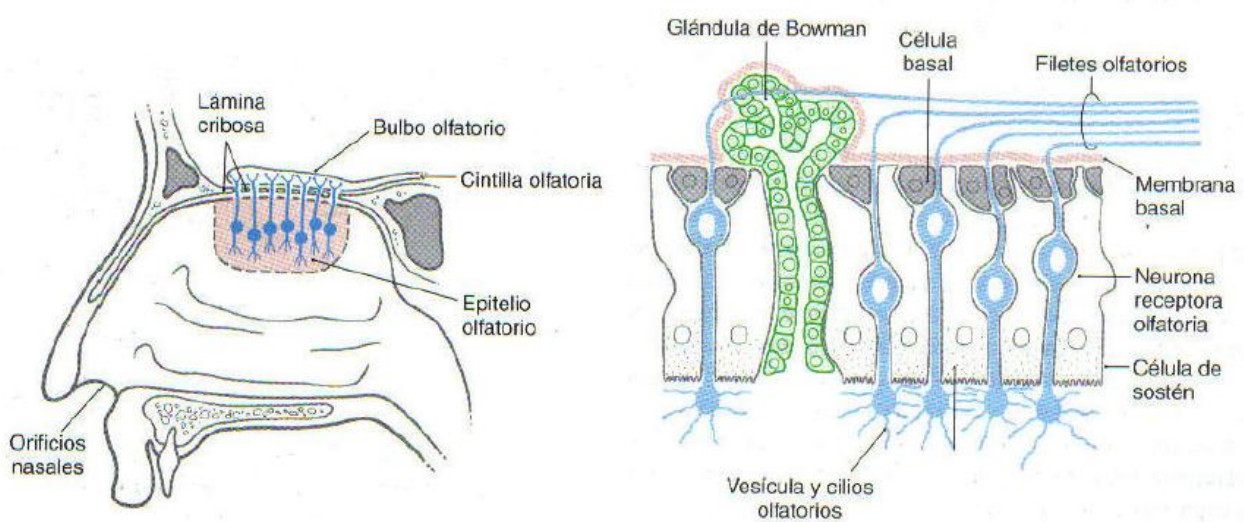
- **Neuronas receptoras olfatorias**
- **Células sustentaculares**, que secretan sustancias mucosas.
- **Células basales**, que se encargan de renovar el epitelio

Las neuronas receptoras olfatorias son **bipolares** y cada una tiene dos partes:

- ❖ **Dendrita apical**, que se extiende hacia la superficie del epitelio donde forma una **vesícula olfatoria** con forma de botón, de la que nacen **cilios inmóviles** con receptores para moléculas olorosas.
- ❖ **Axón basal**, que es **amielínico** y tremendamente fino.

Todos los axones cruzan la lámina propia y se reúnen en **filetes olfatorios** que se encargan de formar el **NERVIO OLFATORIO (I par craneal)**.

Los **filetes olfatorios** atraviesan la lámina cribosa para terminar en el **BULBO OLFATORIO**.



La lámina propia contiene haces de axones olfatorios y además una particularidad, que son las **GLÁNDULAS DE BOWMAN**, que realizan una **secreción serosa**, que, combinadas con las secreciones de las células de sostén, permiten atrapar mejor las sustancias odoríferas.

Vías centrales. Bulbo olfatorio

El bulbo olfatorio se localiza en el **surco olfatorio** sobre la *cara anterior* de la **CINTILLA OLFATORIA**, mediante la cual se une al resto del encéfalo.

Contiene varios tipos de fibras:

- **Fibras** de la **CINTILLA OLFATORIA LATERAL**
- **Neuronas** del **NÚCLEO OLFATORIO ANTERIOR**
- **Fibras** del **BRAZO ANTERIOR DE LA COMISURA ANTERIOR**

Las **proyecciones aferentes** desde el **NERVIO OLFATORIO** forman la **capa del nervio olfatorio**, cuyos axones llegan únicamente a unas estructuras llamadas **glomérulos olfatorios**.

Los glomérulos son el rasgo más sobresaliente de esta estructura, y su centro está formado por **axones de las células receptoras olfatorias**.

Los axones de las células olfatorias se ramifican para sinaptar con las dendritas primarias (apicales) de otros tipos de neuronas, que son eferentes al bulbo olfatorio.

Los axones de estas células emergen de la **porción posterior del bulbo olfatorio** para configurar la **CINTILLA OLFATORIA LATERAL**.

Estas fibras siguen un **trayecto en dirección posterior** para finalizar en zonas de la cara anterior del telencéfalo, que llamamos **CORTEZA OLFATORIA**.

Corteza olfatoria

Las principales áreas que forman la CORTEZA OLFATORIA son:

- **NÚCLEO OLFATORIO ANTERIOR**
- **NÚCLEO CORTICAL ANTERIOR DE LA AMÍGDALA**
- **TUBÉRCULO OLFATORIO**
- **CORTEZA PERIAMIGDALINA**
- **CORTEZA PIRIFORME**
- **CORTEZA ENTORRINAL LATERAL**

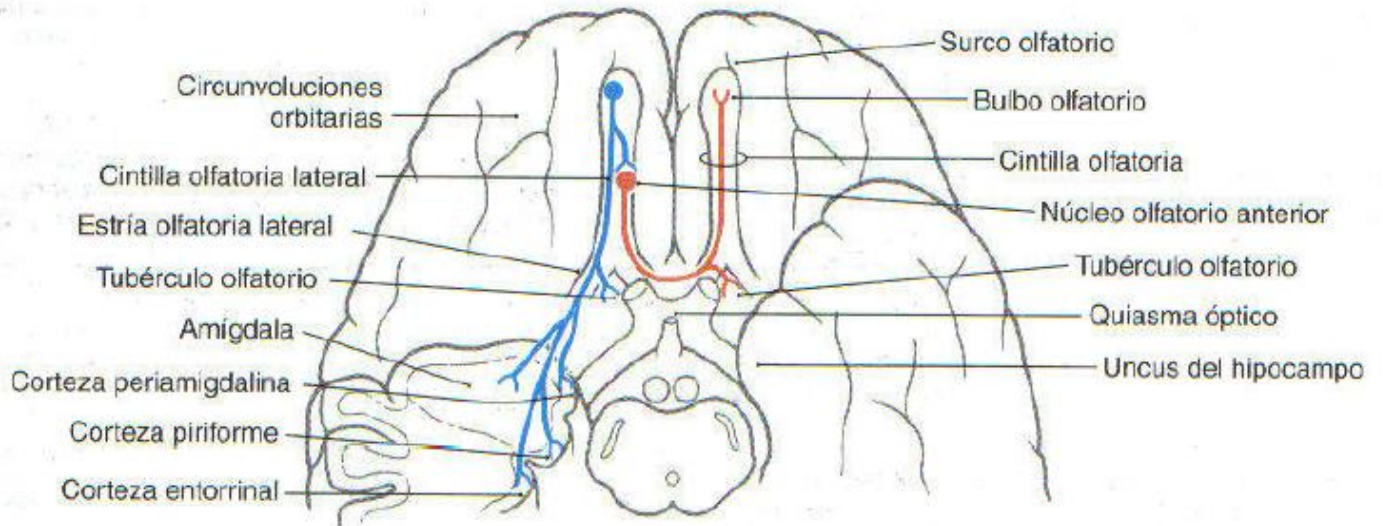
Son un ejemplo de **PALEOCORTEZA** con **tres capas celulares**, que además reciben proyecciones directas desde sus receptores, en vez de relevarse en núcleos relé del tálamo.

Los axones de la **cintilla olfatoria** envían **colaterales al núcleo olfatorio anterior**, otras **áreas corticales** y **estructuras límbicas subcorticales**.

Los principales destinos del **NÚCLEO OLFATORIO ANTERIOR** son:

- **BULBOS OLFATORIOS bilaterales**
- **NÚCLEO OLFATORIO ANTERIOR contralateral**

Esta cantidad de **procesamiento interhemisférico** nos informa de que el procesamiento por parte de ambos hemisferios es importante para la información olfatoria.



Los axones de la **CINTILLA OLFATORIA LATERAL** siguen un **recorrido en sentido posterior** para dar lugar a la **ESTRÍA OLFATORIA LATERAL**.

La **ESTRÍA OLFATORIA LATERAL** finaliza en **dos zonas** fundamentalmente:

- **TUBÉRCULO OLFATORIO**
- **CORTEZA PIRIFORME**, que es un **componente fundamental** de la corteza olfatoria.

Estas fibras también continúan un **trayecto posterior** sinaptando con **tres lugares**:

- **NÚCLEO CORTICAL ANTERIOR DE LA AMÍGDALA**
- **CORTEZA PERIAMIGDALINA** (que forma parte de la **corteza piriforme**)
- **CORTEZA ENTORRINAL LATERAL**

No parece que haya una proyección topográfica desde el bulbo olfatorio, al contrario de cómo ocurría en todas las sensibilidades que hemos visto anteriormente.

En la imagen está representada en **azul**.

Proyecciones de la corteza olfatoria

Las células de la corteza olfatoria emiten dos tipos de conexiones:

- **CONEXIONES INTRÍNSECAS**, de **asociación** entre zonas que pertenecen a la **propia corteza olfatoria**.

La mayoría de estas conexiones nacen en estos núcleos:

- **NÚCLEO OLFATORIO ANTERIOR**
- **CORTEZA PIRIFORME**
- **CORTEZA ENTORRINAL LATERAL**

Estas fibras de asociación se distribuyen en conjunto por **toda la corteza olfatoria**.

- **CONEXIONES EXTRÍNSECAS**, de **zonas diferentes a la corteza olfatoria**.

Incluyen **amplias conexiones de regreso al bulbo olfatorio**, y se originan en **todas las áreas de la corteza olfatoria** a excepción del tubérculo olfatorio.

Esta información también se releva hacia la **neocorteza**, concretamente mediante dos vías:

- **VÍAS CORTICOCORTICALES:**
- **CORTEZA ORBITOFRONTAL**
- **CORTEZA INSULAR AGRANULAR VENTRAL**

Es importante resaltar que además de olfatoria, estas dos cortezas reciben **información gustativa**, lo que **integra ambas sensaciones** para dar lugar a la experiencia del **sabor**.

- **VÍAS DE RELEVO EN EL TÁLAMO**, concretamente las proyecciones se realizan hacia el **núcleo dorsomedial del tálamo** (¿en dirección a las dos cortezas anteriormente nombradas?).

Además de estas vías la corteza olfatoria envía conexiones a **dos zonas**:

- **HIPOTÁLAMO LATERAL**
- **HIPOCAMPO**

Estas conexiones probablemente intervengan en la **modulación de los comportamientos relacionados con la alimentación**.

Clínica

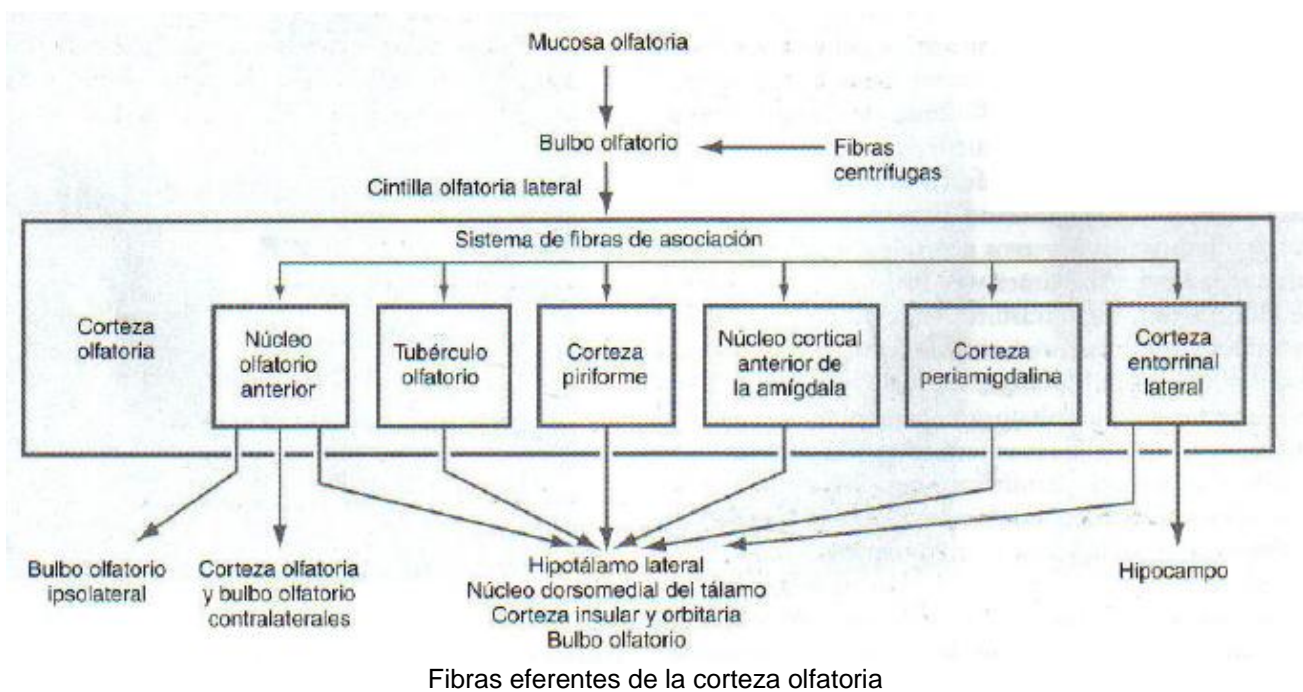
Los **trastornos de la olfacción** suelen darse **fisiológicamente con la edad avanzada**, ocurriendo disminución de la sensación olorosa, lo que **modifica la conducta alimentaria**.

Además los trastornos del olfato también se pueden asociar a la **epilepsia** y a algunos **trastornos depresivos y psiquiátricos** como la **esquizofrenia**.

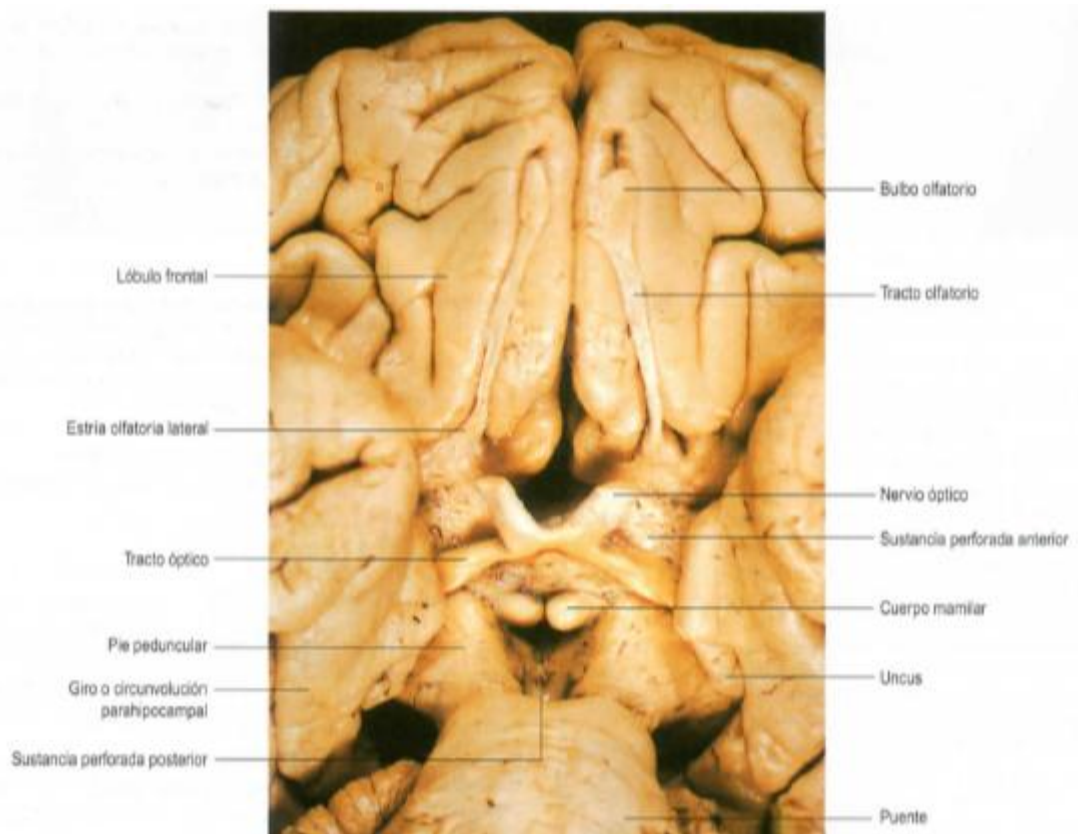
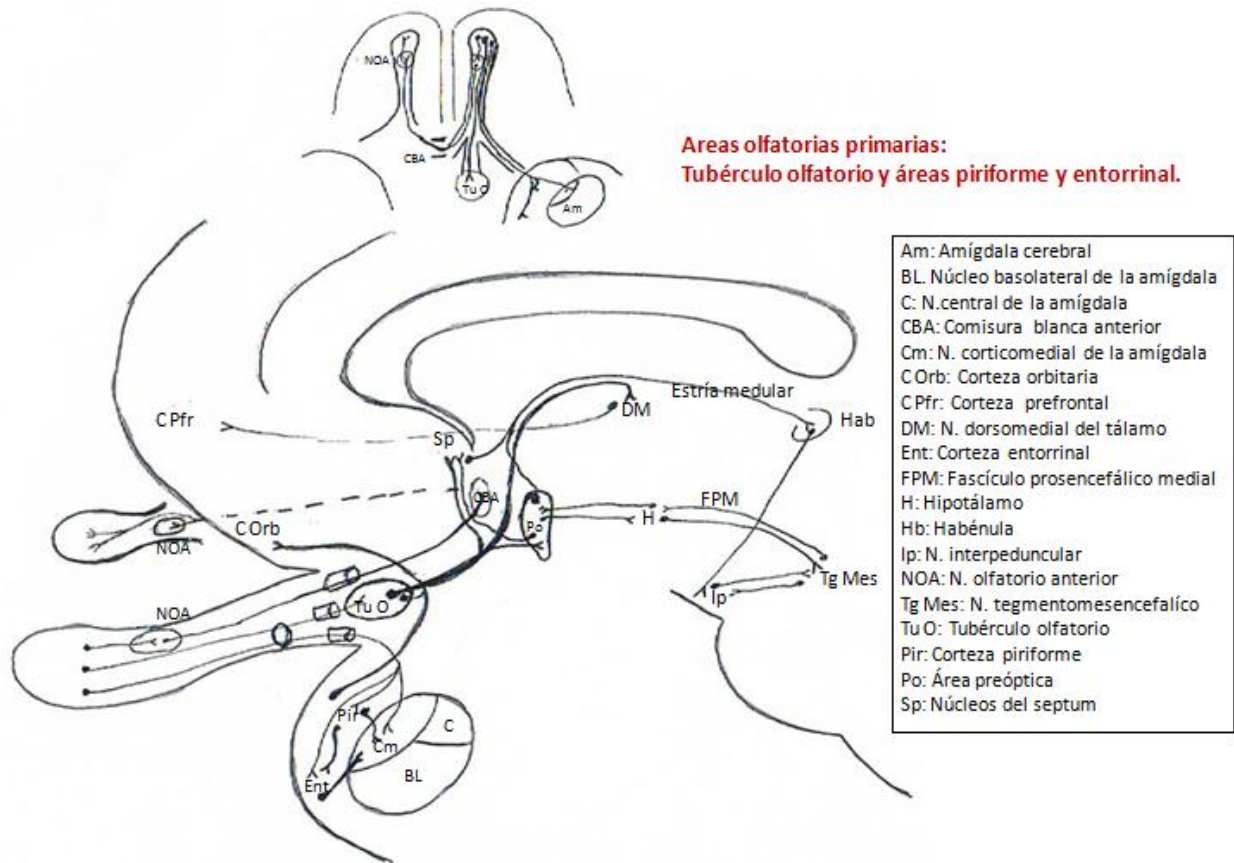
Los pacientes pueden sufrir **parosmia (DISOSMIA)**, es decir, una **distorsión de la experiencia olfatoria** o bien la percepción de un **olor que no se encuentra presente**.

Recordatorio

La **CORTEZA OLFATORIA** envía **conexiones de regreso al bulbo olfatorio** y a otros núcleos y se originan en **todas las zonas de la corteza** a excepción del tubérculo olfatorio.



Imágenes del sentido del olfato



Sentido del gusto

Receptores

Las experiencias gustativas dependen de la recepción de los siguientes **sabores primarios**:

- Dulce
- Salado
- Ácido
- Amargo
- “Umami”

Estas sensaciones dependen de la interacción entre los estímulos gustativos y las células receptoras situadas en los órganos sensitivos, denominadas **BOTONES GUSTATIVOS**.

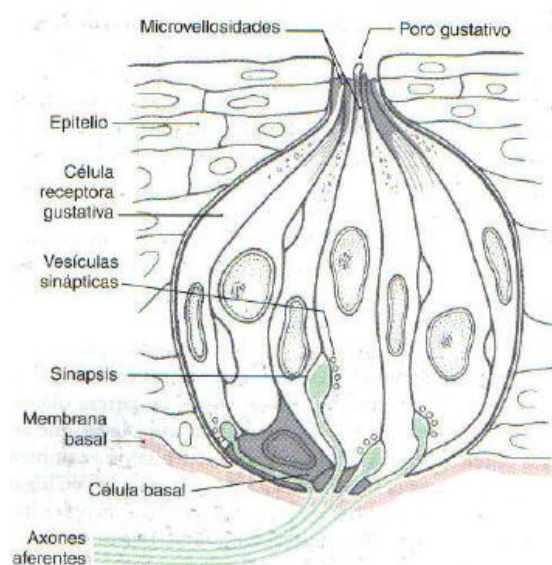
Estos receptores se encuentran presentes en **toda la cavidad orofaríngea**, aunque se hacen evidentes sobre la **superficie de la lengua**.

Cada botón gustativo se compone de **40-60 células gustativas** cuyos extremos apicales están cubiertos por **microvellosidades** que se extienden en el interior de un **poro gustativo**.

El poro es una cavidad que permite el contacto de las sustancias gustativas con las microvellosidades de las células receptoras.

Las **fibras aferentes** penetran por la membrana basal y a continuación se **ramifican en la base del botón gustativo**.

Cada botón recibe normalmente la inervación de más de una fibra aferente, y cada fibra aferente llega a múltiples botones gustativos, con los que establecen sinapsis químicas.



Vías gustativas periféricas

Las **fibras aferentes** de las **neuronas gustativas de primer orden** son **SENSITIVAS VISCERALES ESPECIALES (SVE)**.

Viajan por los siguientes nervios craneales:

- **NERVIO FACIAL** (*VII par*), mediante estas ramas:
 - ***Nervio cuerda del tímpano***
 - ***Nervio petroso mayor***

✚ Los somas de estos nervios se encuentran en el **GANGLIO GENICULADO**.
- **NERVIO GLOsofaríngeo** (*IX par*), mediante esta rama:
 - ***Ramo linguotonsilar***

✚ Su ganglio es el **GANGLIO PETROSO**
- **NERVIO VAGO** (*X par*), mediante esta rama:
 - ***Nervio laríngeo superior***

✚ Su ganglio es el **GANGLIO NODOSO**

Todos estos nervios al final acaban incorporándose al **NÚCLEO DEL TRACTO SOLITARIO** mediante el **fascículo solitario**.

Vías gustativas centrales

El **NÚCLEO DEL TRACTO SOLITARIO (NTS)** es el **principal núcleo sensitivo visceral** del tronco del encéfalo, y se divide en dos subgrupos:

- **NÚCLEO ROSTRAL** (*gustativo*)
- **NÚCLEO CAUDAL** (*visceral o cardiorrespiratorio*)

Las fibras que viajan por el fascículo solitario pertenecen a los siguientes pares, como ya hemos visto:

- ***Nervio facial*** (*VII par*)
- ***Nervio glossofaríngeo*** (*IX par*)
- ***Nervio vago*** (*X par*)

Terminarán sobre todo en la **PORCIÓN ROSTRAL** del **NTS**, que hemos visto que se dedicaba a la **recepción de estímulos gustativos**.

Las neuronas gustativas de segundo orden emiten axones asociados al **haz centrotegmental** o **central de la calota**.

Estas fibras terminan en la **PORCIÓN PARVOCELULAR** del **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL** (**NVPm_{pc}**) del **tálamo**.

La **información gustativa** llega medial a la **información que procede de la cabeza**.

Recordatorio general

Recordemos que el **NÚCLEO VENTRAL POSTEROMEDIAL** era un núcleo que recogía **somestesia** de dos tipos desde el **trigémino** (**V par**):

- Tacto fino y propiocepción consciente (**lemnisco trigeminal**)
- Tacto grosero y termoalgesia (**fascículo trigeminotalámico**)

Ahora vemos también que recoge **información gustativa** desde los **pares VII, IX y X**.

Este núcleo recibirá por tanto aferencias de estos tipos:

- **Somestesia general: Trigémino** (**V par craneal**)
- **Sensibilidad visceral especial:**
 - **Facial** (**VII par craneal**)
 - **Glossofaríngeo** (**IX par craneal**)
 - **Vago** (**X par craneal**)

Corteza gustativa

Los axones de las neuronas del NVPm_{pc} viajan a través del **brazo posterior de la cápsula interna homolateral** para finalizar en tres zonas:

- **OPÉRCULO FRONTAL**
- **CORTEZA INSULAR ANTERIOR**
- **ÁREA 3b DE BRODMANN (CORTEZA SOMESTÉSICA PRIMARIA)**

Esta vía general es responsable de la **discriminación del gusto**, y es exclusivamente **homolateral**.

Estudios afirman que la **CORTEZA ORBITOFONTAL POSTEROLATERAL** también elabora información gustativa primaria, e integra tres tipos de señales:

- Señales gustativas
- Señales olfatorias
- Señales visuales asociadas a la comida

También se han descubierto **células que reaccionan al gusto** en la **AMÍGDALA** y en el **HIPOTÁLAMO** aunque apenas conocemos las implicaciones de estas vías.

Clínica

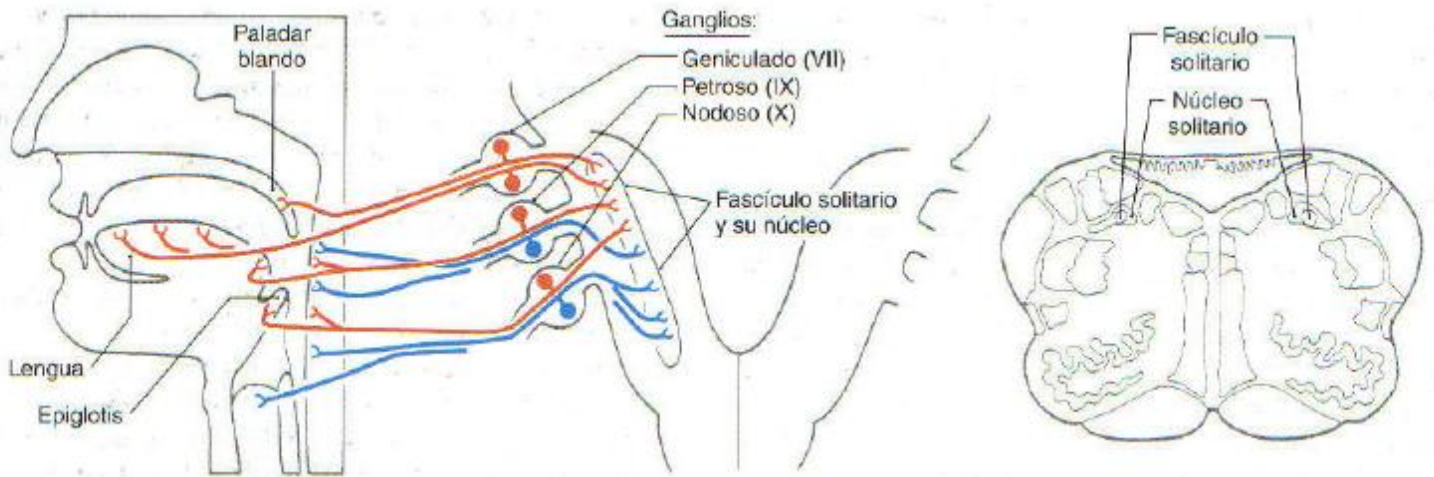
Pocas veces vemos **pérdida completa del gusto (AGÉUSIA)**, aunque si podemos ver trastornos relacionados con la recepción del gusto:

- **Reducción** de la sensibilidad gustativa (**HIPOGEUSIA**)
- **Distorsión** en la percepción de un sabor (**PARAGEUSIA/DISGEUSIA**)

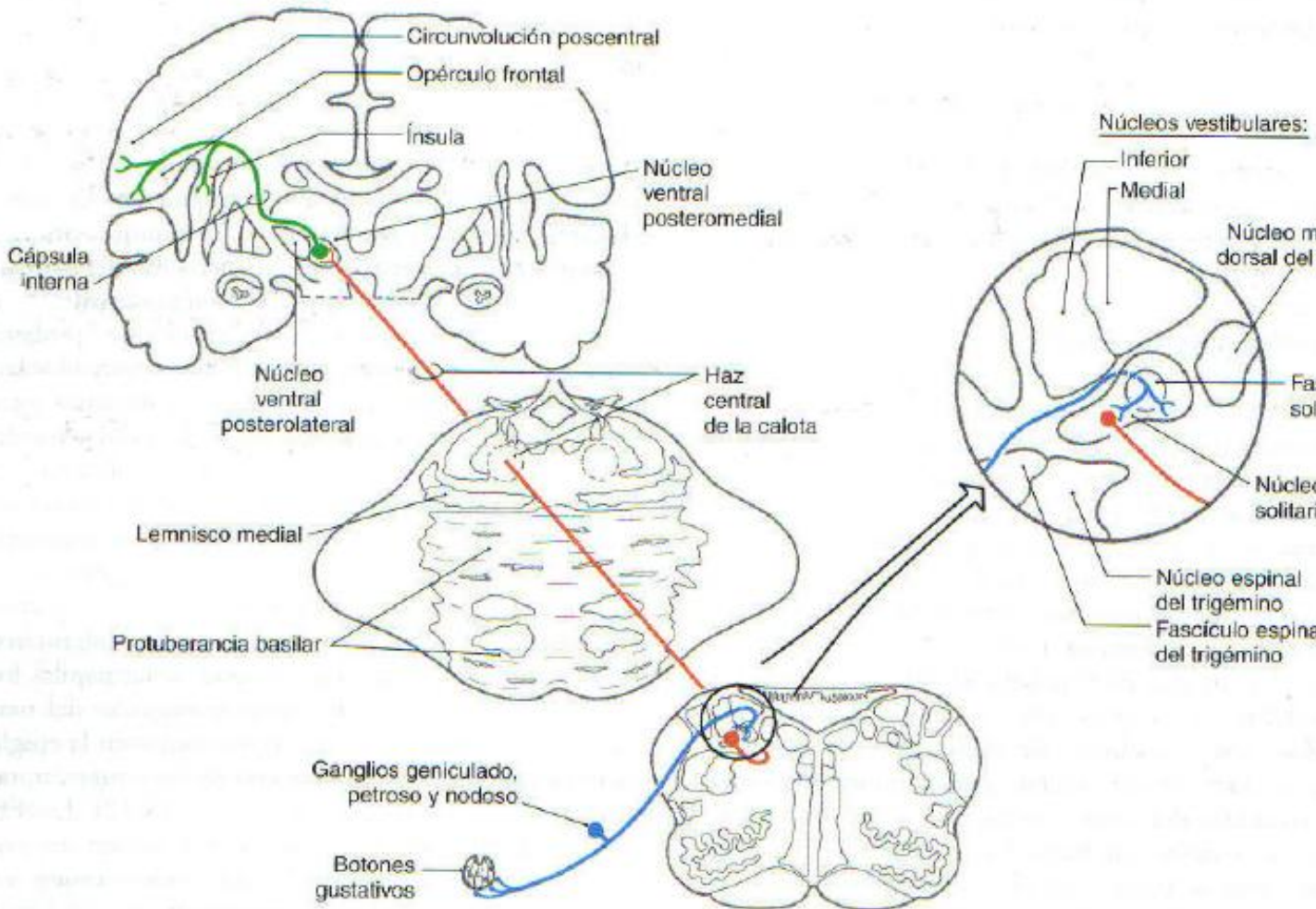
Estos trastornos se asocian a varias lesiones:

- Traumatismo craneal
- Infección vírica
- Trastornos psiquiátricos
- Iatrogénicas (radioterapia y quimioterapia)

Imágenes del sentido del gusto



Vías periféricas



Resumen general de las vías gustativas

Tema 19. Sistema motor y cortezas motoras. Vía piramidal

Introducción

Existen múltiples acciones cotidianas que implican movimiento, cuyo principio parece muy sencillo, pero consta de fundamentos nerviosos muy complejos.

Los movimientos de los músculos de un brazo se realizan en estrecha coordinación con los de la postura mientras que hay recepción de propiocepción procedente de antebrazo y mano que informan sobre la tensión de los músculos.

También participan aunque de forma menos evidente conexiones del sistema visual y memoria acumulada.

El **control de este movimiento voluntario** es **complejo** y en él intervienen múltiples facetas, sobre todo las que proceden de la corteza cerebral.

Hay **tres cortezas motoras** en el **LÓBULO FRONTAL**:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)** o **área 4** de Brodmann
- **CORTEZA PREMOTORA** o **área 6** de Brodmann
- **CORTEZA MOTORA SUPLEMENTARIA** o **área 6** de Brodmann
- **CORTEZA MOTORA SECUNDARIA** o **área 8** de Brodmann

Además también intervienen varias **cortejas asociativas** del **LÓBULO PARIETAL**.

Estas vías funcionan en conjunto gracias a la corteza motora primaria que envía los sistemas que llevamos viendo durante toda la asignatura:

- **VÍA CORTICONUCLEAR** o **CORTICOBULBAR**
- **VÍA CORTICOESPINAL**

En conjunto estos dos haces se denominan **VÍA PIRAMIDAL**, que influye sobre las **motoneuronas inferiores (vía terminal común)** para producir el **movimiento consciente**.

Vía corticoespinal

El grueso de fibras que forman la **vía corticoespinal** atraviesan la línea media a nivel de la **DECUSACIÓN PIRAMIDAL** que marca el límite entre bulbo raquídeo y médula espinal.

Esta decusación da lugar a importantes consecuencias funcionales

- Los axones de la **corteza motora izquierda** actúan sobre la **musculatura de la mitad derecha** del cuerpo
- Los axones de la **corteza motora derecha** actúan sobre la **musculatura de la mitad izquierda** del cuerpo

Esto tiene estas consecuencias clínicas:

- La lesión de las **fibras corticoespinales superiores** a la decusación originan **hemiplejia contralateral**
- La lesión de las **fibras corticoespinales medulares** originan **hemiplejia homolateral**.

Corteza motora

Las neuronas que dan lugar a los axones corticoespinales se localizan en las porciones profundas de la **CAPA PIRAMIDAL INTERNA (V)** de la **corteza cerebral**.

Algunas de estas neuronas son pirámides grandes que se llaman **NEURONAS DE BETZ** y aportan una escasa cantidad de fibras a la vía.

Las neuronas corticoespinales se encuentran fundamentalmente en 6 regiones de la corteza cerebral:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)**. También llamada **área 4** de Brodmann.

Se localiza en la parte posterior de la **CIRCUNVOLUCIÓN PRECENTRAL**, por delante del surco central de Rolando.

- **CORTEZA PREMOTORA**

- **CORTEZA MOTORA SUPLEMENTARIA**

Son dos, que ocupan ambas el **área 6** de Brodmann y ambas se localizan en la **CIRCUNVOLUCIÓN PARACENTRAL ANTERIOR**.

- **CORTEZA MOTORA SECUNDARIA**. También llamada **área 8** de Brodmann

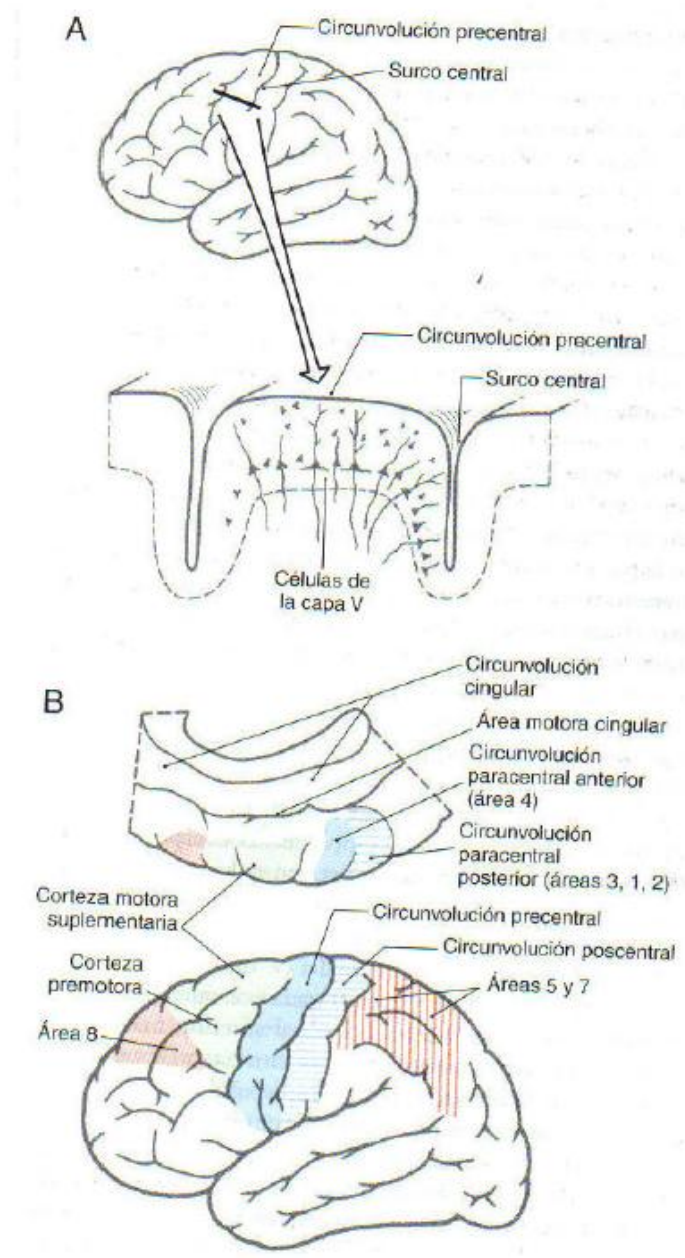
Aproximadamente **2/3 del total de axones** de esta vía proceden del **LÓBULO FRONTAL**.

El **resto de axones** de esta vía se encuentran en el **LÓBULO PARIETAL** y en alguna otra región:

- **CORTEZA SOMESTÉSICA PRIMARIA (SI)**. También conocida como **áreas 3, 1 y 2** de Brodmann.

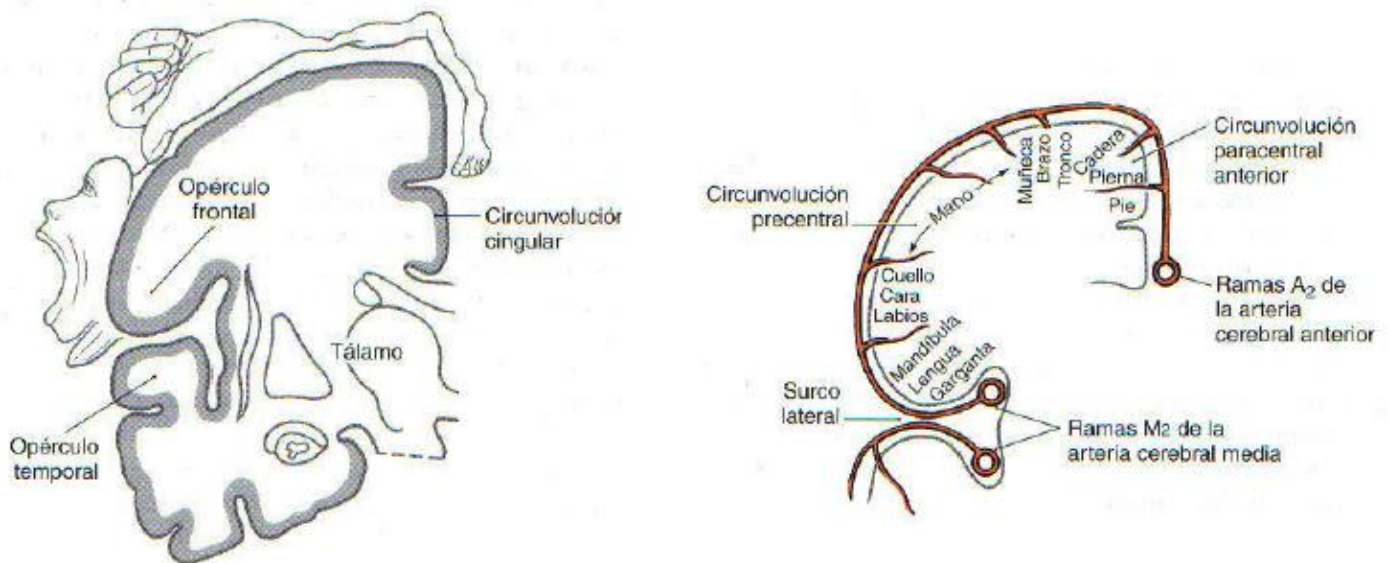
Se encuentra en la **CIRCUNVOLUCIÓN POSCENTRAL** detrás del surco central de Rolando.

- **LOBULILLO PARIETAL SUPERIOR**. También conocido como **áreas 5 y 7** de Brodmann
- **CIRCUNVOLUCIÓN CINGULAR**



Dentro de la **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)** las fibras corticoespinales siguen una **ORGANIZACIÓN SOMATOTÓPICA** según patrones que revelan su influencia sobre músculos específicos.

La figura creada de este modo se llama **HOMÚNCULO MOTOR**:



La **musculatura de la cara, la cabeza y la cavidad bucal** se encuentran bajo la influencia de neuronas situadas en la parte anterolateral de la **CIRCUNVOLUCIÓN PRECENTRAL**.

Estas áreas contribuyen a formar el **FASCÍCULO CORTICONUCLEAR** o **CORTICOBULBAR** que influye sobre los **núcleos de los pares craneales** que encontramos en el tronco del encéfalo.

La **desproporción entre tamaños de diversas partes del cuerpo** que encontramos en el **homúnculo** refleja la **densidad y distribución de neuronas** encargadas de controlar la musculatura de cada región concreta.

Esto define la **precisión y la fineza de la UNIDAD MOTORA** (visto en la unidad 1)

En otras zonas de la corteza motora también se pueden observar representaciones completas del cuerpo, pero menos precisas.

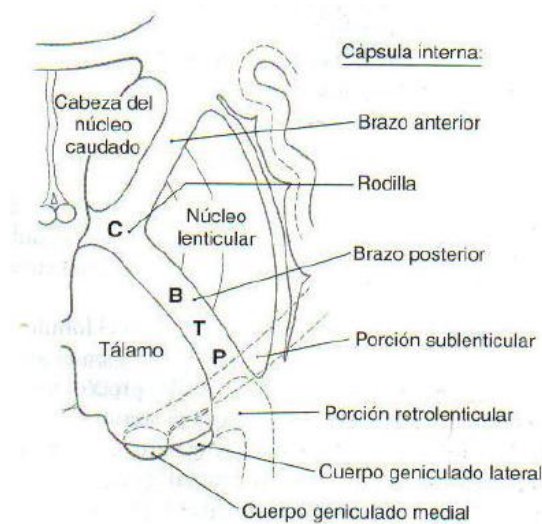
Esto nos informa de que cualquier músculo puede verse influido por varias zonas de la corteza cerebral.

Trayecto descendente

Los axones del trayecto corticoespinal son muy variables, tanto **gruesos mielínicos** como **delgados y amielínicos**.

Las fibras corticoespinales **atraviesan la corona radiada** y convergen para entrar en el **BRAZO POSTERIOR** de la **CÁPSULA INTERNA**.

Estos axones siguen una somatotopía de modo que los axones que se dirigen a niveles medulares más altos se colocan superiores a los que van a niveles más bajos.



Las fibras corticoespinales una vez rebasan la cápsula interna atraviesan las diversas divisiones del tronco del encéfalo:

- **MESENCÉFALO**. Se reúnen para formar el **tercio medio del pie peduncular**.

Dentro de esta zona aún existe una **somatotopía**, de modo que las fibras correspondientes al antebrazo y la mano son mediales a las encargadas de representar a la pierna y el pie.

- **PROTUBERANCIA**. Los axones siguen su camino entre las masas neuronales formadas por los **núcleos pontinos**, a los que aportan **colaterales** para sinaptar con ellos.
- **BULBO**. Los axones de esta vía se acumulan en la **cara ventral** (anterior) del bulbo para formar las **PIRÁMIDES BULBARES**.

Estos axones inervarán los siguientes núcleos:

- **COMPLEJO OLIVAR INFERIOR**
- **NÚCLEOS DE LAS COLUMNAS POSTERIORES**
- **NÚCLEOS RETICULARES BULBARES**

Dentro de las pirámides, a nivel de la transición bulbomedular aproximadamente el **80% de las fibras** de la vía piramidal se **decusan** en lo que llamamos **DECUSACIÓN PIRAMIDAL (motora)**.

Existirán por tanto dos fascículos a partir de la decusación piramidal:

- **HAZ CORTICOESPINAL LATERAL (CEL)**. Formado por las fibras que se **DECUSAN** y por tanto es **contralateral** a la corteza de origen.

Es el **grueso de la vía piramidal** con un **80% de las fibras** procedentes de las cortezas motoras.

- **HAZ CORTICOESPINAL ANTERIOR (CEA)**. Formado por las fibras que continúan su trayecto de forma **homolateral** a la corteza de origen.

Es de **escasa relevancia** clínica debido a que su lesión apenas tiene consecuencias e influye sobre todo sobre la **musculatura proximal**.

Terminación de las vías

Las fibras del **HAZ CORTICOESPINAL LATERAL (CEL)** siguen una **organización topográfica**:

- Los axones que terminan a **nivel cervical** son más **mediales**
- Los axones que terminan a **niveles lumbosacros** son más **laterales**

Cuando las fibras correspondientes a niveles superiores penetran en la sustancia gris para inervar motoneuronas, los **fascículos más laterales se van medializando** para hacer lo propio en niveles inferiores.

Las **fibras corticoespinales** que nacen en el **LÓBULO FRONTAL** sinaptan en las **láminas VII a IX** (zona intermedia y asta anterior).

Las fibras que nacen en el **LÓBULO PARIETAL** sinaptan en la base del asta posterior (**láminas IV a VI**).

La mayor parte de los axones finalizan en las intumescencias:

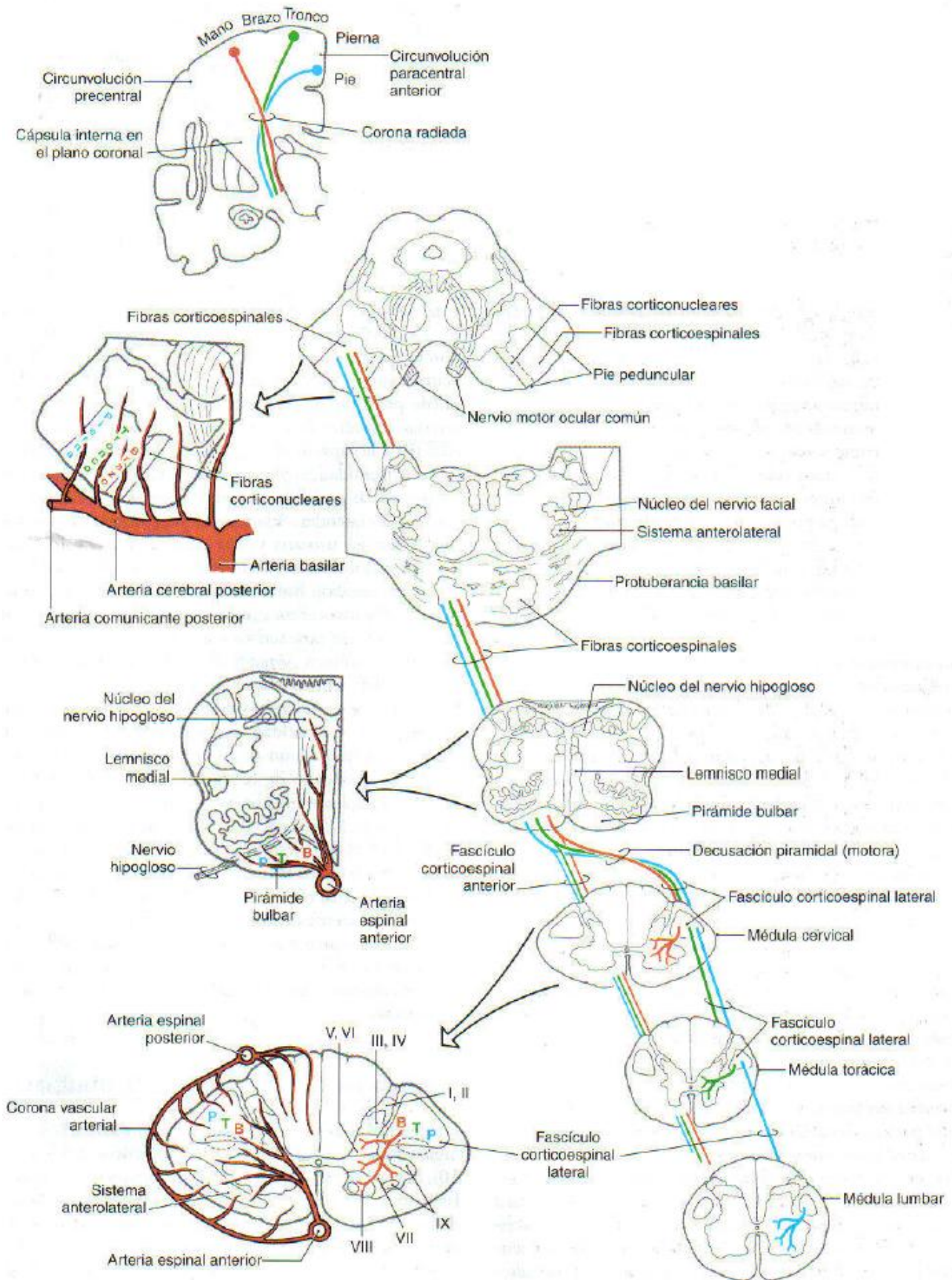
- **INTUMISCENCIA CERVICAL** → 55% de las fibras
- **INTUMISCENCIA LUMBOSACRA** → 25% de las fibras
- **NIVELES TORÁCICOS** → 20% de las fibras

En su terminación sobre todo sobre las **intumescencias medulares**, las fibras corticoespinales sinaptan con las siguientes láminas:

- **Lámina V**
- **Lámina VI**
- **Lámina VII**

Los humanos, capaces de realizar **MOVIMIENTOS FINOS** con los dedos, hay parte de las fibras que sinaptan **directamente con cúmulos de motoneuronas α** de la **LÁMINA IX**.

Imágenes sobre la vía corticoespinal



Vía corticonuclear

La **VÍA CORTICONUCLEAR** o corticobulbar tiene una **organización paralela** a la de la vía corticoespinal.

Se encarga de inervar núcleos motores que influyen sobre musculatura estriada voluntaria:

- **Núcleo motor del trigémino** (*V par*) → **NÚCLEO MASTICADOR**
- **Núcleo motor del facial** (*VII par*) → **NÚCLEO FACIAL**
- **Núcleo motor del hipogloso** (*XII par*) → **NÚCLEO HIPOGLOSO**
- **Núcleo del glossofaríngeo y el vago** (*IX y X pares*) → **NÚCLEO AMBIGUO**
- **Núcleo del nervio espinal** (*XI par*) → **NÚCLEO ESPINAL o ACCESORIO**

Algunos de estos axones terminan directamente sobre las motoneuronas de los pares craneales, pero la mayoría terminan en **interneuronas de la FORMACIÓN RETICULAR** adyacentes de forma inmediata a dichos núcleos.

La mayoría de musculatura inervada por los pares craneales se localiza en la región facial, de modo que el **área de la corteza MI** de la que surge esta vía se denomina **CORTEZA MOTORA FACIAL**.

Los núcleos de los siguientes nervios **NO reciben proyecciones** desde la **CORTEZA MOTORA PRIMARIA**:

- **Núcleo del oculomotor** (*III par*)
- **Núcleo del troclear** (*IV par*)
- **Núcleo del abducens** (*VI par*)

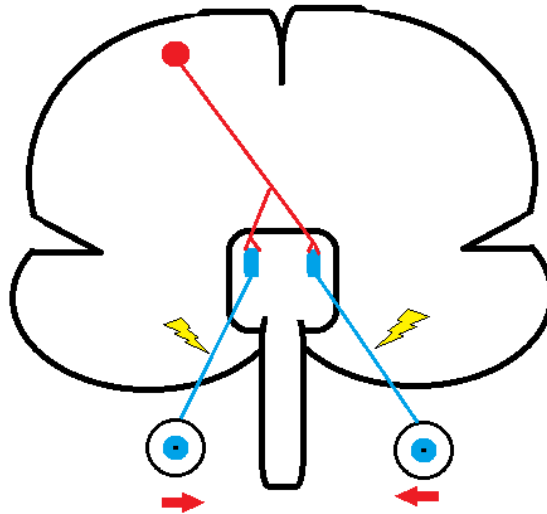
Estos núcleos reciben estímulos de las siguientes áreas motoras:

- **CORTEZA MOTORA OCULAR FRONTAL** (área 8 de Brodmann)
- **CORTEZA OCULAR PARIETAL** (área 7 de Brodmann)

Estas cortezas envían conexiones encargadas de controlar el movimiento de los ojos a los núcleos de la **FORMACIÓN RETICULAR MESENFÁLICA y PARAMEDIANA** de la **protuberancia**.

La **corteza de cada hemisferio** influye de forma **bilateral** sobre estos núcleos.

Los **movimientos oculares** son **conjugados** y se **dirigen al lado contralateral** a la estimulación.



Trayecto de las vías corticonucleares

Los axones corticonucleares que se originan en la **CAPA PIRAMIDAL INTERNA (V)** de la **corteza motora facial** se introducen en la cápsula interna.

Estas fibras se reúnen en la **RODILLA DE LA CÁPSULA INTERNA** mediales a las corticoespinales.

Siguen su **recorrido por el pie peduncular** y siguen siendo **mediales a las fibras corticoespinales cervicales**.

- Vemos que en este nivel se mantiene la organización **más superior** → **más medial**

Los axones descienden hacia la protuberancia y el bulbo asociados a la vía corticoespinal.

Cuando pasan por la protuberancia basilar sus ramos se dirigen a los siguientes lugares:

- **NÚCLEO MOTOR DEL TRIGÉMINO**, finalizando en **interneuronas adyacentes**

La inervación es **bilateral** y **equilibrada** (mismas fibras a un lado que al otro).

- **NÚCLEO DEL NERVIOS FACIAL:**

- **Núcleo facial superior.** El control es **bilateral equilibrado**

- **Núcleo facial inferior.** El control es **bilateral** con mucho **predominio contralateral**.

A **niveles bulbares medios** las fibras se dirigen dorsalmente para alcanzar los siguientes núcleos:

- **NÚCLEO AMBIGUO**, con proyecciones **bilaterales**.
Las partes que inervan al **paladar blando y a la úvula** tienen un gran predominio **contralateral**.
- **NÚCLEO HIPOGLOSO**, las fibras lo inervan **bilateralmente** con gran predominio **contralateral**.
- **NÚCLEO ESPINAL**, estos axones siguen hacia la parte superior de la médula cervical junto con la vía corticoespinal para inervar el núcleo espinal del **XI par craneal**

Clínica

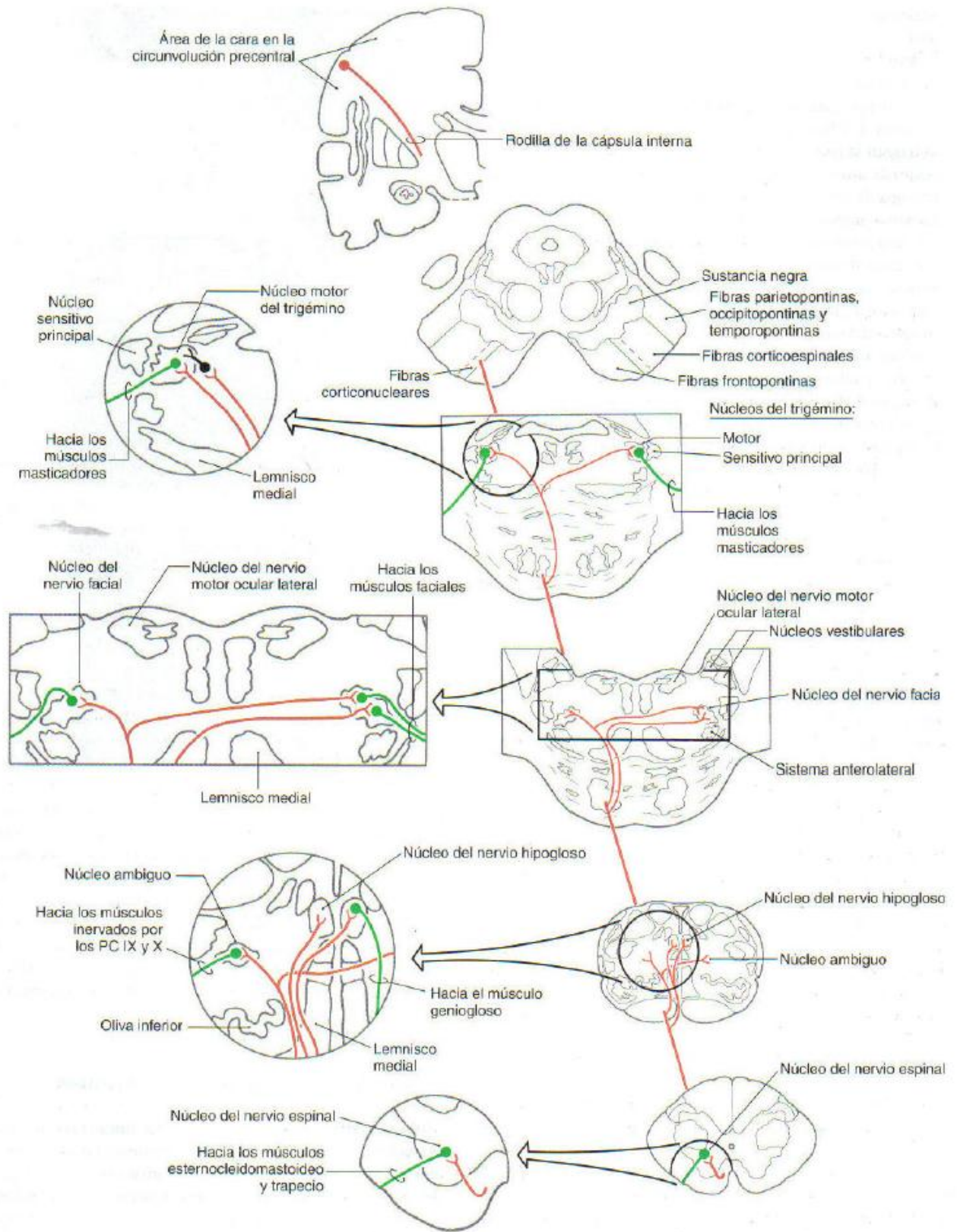
Los núcleos con predominio de un lado u otro son muy susceptibles a provocar problemas cuando se **lesiona la VÍA CORTICONUCLEAR** de uno de los hemisferios:

- **NÚCLEO FACIAL**
 - **Núcleo superior**. Es **bilateral**, por lo que no presenta incidencias
 - **Núcleo inferior**. Tiene **predominio contralateral** así que observaremos una **depresión de la musculatura facial contralateral** al lado de la lesión.
- **NÚCLEO AMBIGUO**. Recordemos que los músculos del paladar y la úvula tenían **predominio contralateral**, y la **estimulación nerviosa** llevaba la **úvula al mismo lado**.

Una lesión de las vías corticonucleares para el núcleo ambiguo provocaría **fallo en la elevación del paladar** y además **desviación de la úvula al lado de la lesión**.
- **NÚCLEO HIPOGLOSO**. Este núcleo también presenta **predominio contralateral** y la **estimulación nerviosa** lleva la **lengua al lado contrario**.

Una lesión en las vías corticonucleares para el núcleo hipogloso provocaría un **desplazamiento de la lengua** hacia el **lado opuesto de la lesión**.
- **NÚCLEO ESPINAL**. Este núcleo tiene **predominio homolateral** y por ello lesiones en la vía corticonuclear provocan **parálisis en el mismo lado**

Imágenes de la vía corticonuclear



Sistemas motores complementarios

Sistema corticorrúbrico

Las proyecciones corticales hacia el **NÚCLEO ROJO** del **mesencéfalo** nacen fundamentalmente en las siguientes cortezas:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA** (*área 4*)
- **CORTEZAS PREMOTORA y MOTORA SUPLEMENTARIA** (*área 6*)
- **LOBULILLO PARIETAL SUPERIOR** (*áreas 5 y 7*)

Tanto la división parvocelular como la magnocelular de este núcleo reciben **conexiones corticorrubricas homolaterales**.

Las neuronas de la vía piramidal también aportan algunas fibras, aunque la mayoría de estos axones no son colaterales suyos.

La proyección corticorrúbrica-rubroespinal sigue una **organización topográfica**.

Recordemos que la **VÍA RUBROESPINAL** es **contralateral** e influye básicamente sobre la **musculatura flexora**.

Esta vía **complementa la acción del HAZ CORTICOESPINAL LATERAL**, aunque tiene escasa relevancia sobre los movimientos finos y precisos de las manos.

El **NÚCLEO ROJO** también recibe **inervación de los NÚCLEOS INTERPÓSITOS contralaterales** del **cerebelo**, que si recordamos, eran dos y pertenecían al espinocerebelo:

- **NÚCLEO GLOBOSO**
- **NÚCLEO EMBOLIFORME**

Esta proyección podría formar parte de una **vía especializada para el control rápido de los movimientos**, o de su **corrección** gracias al cerebelo.

Sistema corticorreticular

Los núcleos protuberanciales y bulbares que dan origen a los **FASCÍCULOS RETICULOESPINALES** reciben impulsos de las siguientes cortezas:

- **CORTEZA PREMOTORA**, mayoritariamente
- **CORTEZA MOTORA SUPLEMENTARIA**, en menor medida

Ambas cortezas forman el **área 6 de Brodmann**

Recordemos que las **VÍAS RETICULOESPINALES** influyen sobre la **musculatura extensora** y es un medio para que la corteza actúe sobre la musculatura extensora paralela a la regulación flexora.

Los **núcleos cerebelosos** también proyectan hacia estas zonas.

Sistema corticopontino

Casi todas las cortezas cerebrales envían axones a este sistema, de especial desarrollo en el cerebro humano.

La mayoría de sus elementos se originan en **cortezas motoras**, pero también hay otros que se originan en **cortezas asociativas temporales, parietales y occipitales**.

Los axones de esta vía bajan por la cápsula interna y establecen sinapsis con los **NÚCLEOS DE LA PROTUBERANCIA BASILAR homolateral**.

La mayoría de núcleos del puente envían sus **axones hacia el CEREBELO contralateral** por el **pedúnculo cerebeloso medio**, pero aquí también hay una **notable proyección homolateral**.

Se sabe poco sobre esta vía, aunque parece que desempeña **funciones sobre el control motor**.

También parece que sirve para **comunicar el cerebro con el cerebelo**, ya que estas estructuras en general carecen de comunicaciones directas en el encéfalo adulto.

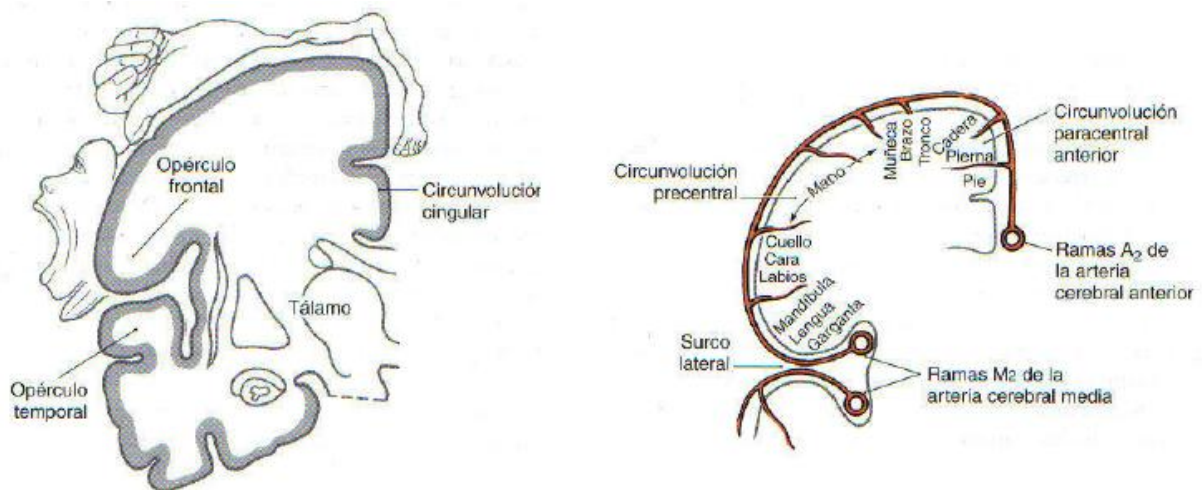
Cortezas motoras

Clásicamente se ha pensado que existía una jerarquía en las cortezas motoras en las que en el nivel superior se encontraba la **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)** que canalizaba impulsos de otras áreas corticales.

Actualmente se cree que las áreas corticales que no pertenecen a MI llevan a cabo tareas de **planificar y ejecutar un movimiento de forma paralela** a la corteza motora primaria.

Corteza motora primaria

Recordemos que la **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)** o **área 4 de Brodmann** sigue una detallada somatotopía del cuerpo humano.



Muchas fibras corticoespinales nacen en **neuronas piramidales de la capa V** de esta área cerebral.

Esta corteza al igual que tantas otras se organiza en **módulos o COLUMNAS VERTICALES**.

Las neuronas de una misma columna reciben **retroalimentación somatosensorial** desde el mismo lugar a donde mandan su impulso motor.

Por ejemplo la columna que produce la flexión de los músculos de una mano recibirá aferencias sensoriales desde su palma para que cuando la mano quiere coger un objeto, sepa mediante los estímulos sensitivos cuando está en contacto con el objeto y cuando debe flexionarse.

Estas conexiones forman parte de los **REFLEJOS DE LARGA LATENCIA**, en los cuales la información sensitiva llega a la **corteza MI** desde los **sistemas sensitivos ascendentes**, lógicamente tras sinaptar en la **corteza SI**.

La **actividad de las neuronas corticoespinales** de la corteza MI también puede modificarse mientras se ejecuta un movimiento, y la activación de dichas neuronas determina entre otras cosas la **FUERZA de la contracción muscular**.

Hay poblaciones de neuronas de la corteza MI que se encargan de **codificar la DIRECCIÓN de un movimiento**.

Corteza motora suplementaria

La **CORTEZA MOTORA SUPLEMENTARIA** ocupa la **porción del área 6** que se encuentra **superior a MI**.

Contiene un **mapa completo de la musculatura corporal**, aunque este mapa es **menos preciso** que el de la corteza MI

Recibe señales del **LÓBULO PARIETAL**.

Proyecta hacia tres destinos:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)**
- **FORMACIÓN RETICULAR**
- **MEDULA ESPINAL**

La estimulación de la corteza suplementaria puede dar lugar a **movimientos secuenciales de varios grupos musculares** que orientan el cuerpo o los miembros en el espacio.

Los estímulos necesarios son más potentes que los necesarios para MI y muchas veces los **movimientos producidos son bilaterales**.

Concepto

Los movimientos voluntarios según su naturaleza requieren la intervención de distintos tipos de corteza motora:

Los **movimientos aleatorios**, sin planificación ni orden solo involucran a la **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)**

Los **movimientos secuenciales y planificados** requieren tanto a la **corteza motora primaria (MI)** como a la **corteza suplementaria**.

Si el movimiento se **planifica y ejecuta mentalmente** sin llegar a ejecutarse físicamente únicamente se estimula la **CORTEZA MOTORA SUPLEMENTARIA**.

Corteza premotora

La **CORTEZA PREMOTORA** ocupa la porción del **área 6** que se encuentra justo superior a la porción anterolateral de la corteza MI

También contiene una **somatotopía completa**, pero al igual que la corteza suplementaria, esta es más **imprecisa** que la que encontramos en MI

La corteza premotora recibe **aferencias abundantes** desde las **áreas sensitivas** de la **CORTEZA PARIETAL**

Proyecta hacia los siguientes lugares:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA**
- **MÉDULA ESPINAL**
- **FORMACIÓN RETICULAR**

Parece que esta área tiene relación con la **dirección de los músculos proximales** de las extremidades y en general para **orientar al cuerpo para el movimiento**.

Corteza parietal posterior

Las regiones motoras de la **CORTEZA PARIETAL POSTERIOR** corresponden a las **áreas 5 y 7 de Brodmann**.

Estas áreas llevan a cabo algunos "**cálculos previos**" necesarios para realizar los **movimientos en el espacio**, construyendo un "**mapa espacial**" del cuerpo para determinar la **trayectoria** que debe seguir una parte del cuerpo para alcanzar su objetivo.

- **ÁREA 5**. Recibe amplias **proyecciones desde la corteza somatosensorial** y estímulos desde el **sistema vestibular**
- **ÁREA 7**. Elabora **información visual** que se relaciona con la localización de los objetos en el espacio.

Ambas cortezas proyectan a las **CORTEZAS PREMOTORA** y **SUPLEMENTARIA (ÁREA 6)** y muy minoritariamente hacia tronco del encéfalo o médula.

Estas áreas tienen relación con **alcanzar un objeto de interés**, por ejemplo cuando alargamos la mano para coger algo, pero no así cuando hacemos el mismo movimiento y ese algo no está presente.

Corteza cingular

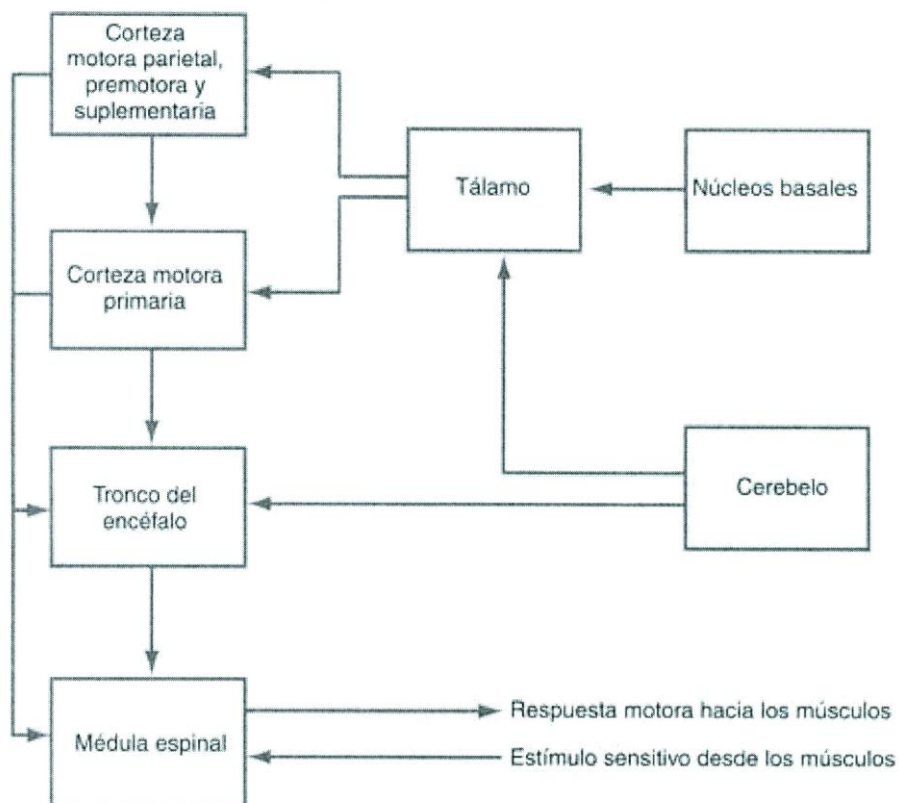
Interviene en el **movimiento** de forma desconocida aunque debido a que forma parte del lóbulo límbico posiblemente tenga que ver con **aspectos motivacionales o emocionales**.

Influencias cerebelosas y de los ganglios basales

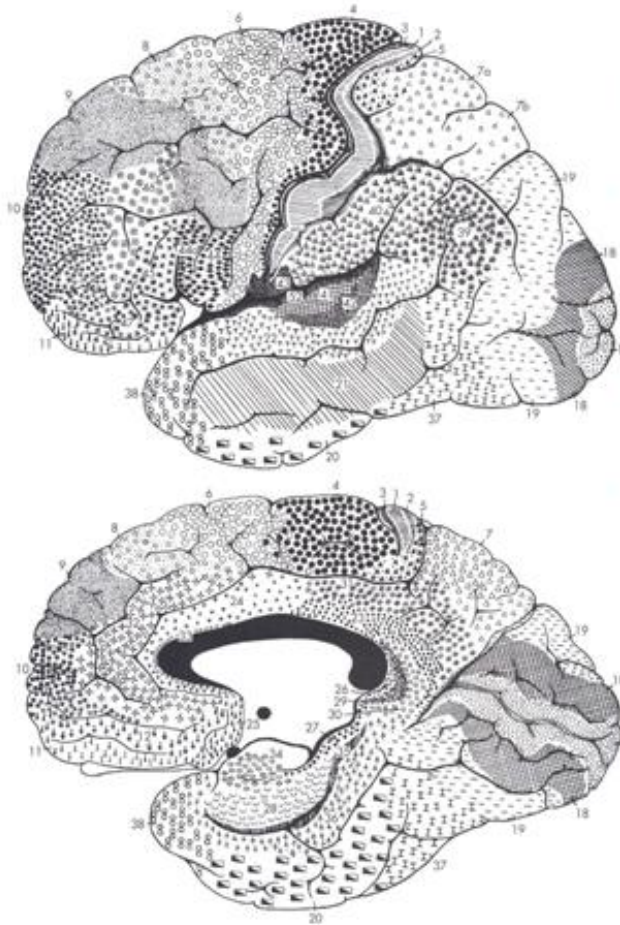
Estos núcleos proyectan fundamentalmente hacia **regiones talámicas relé** que dan lugar a conexiones hacia:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA** desde el **CEREBELO**
- **CORTEZA MOTORA SUPLEMENTARIA**, desde el **GLOBO PÁLIDO**

ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DEL SISTEMA MOTOR



Imágenes del sistema motor



Organización cortical motora:

Área 4 (corteza motora primaria, MI):
de tipo 1 (con pirámides de Betz)

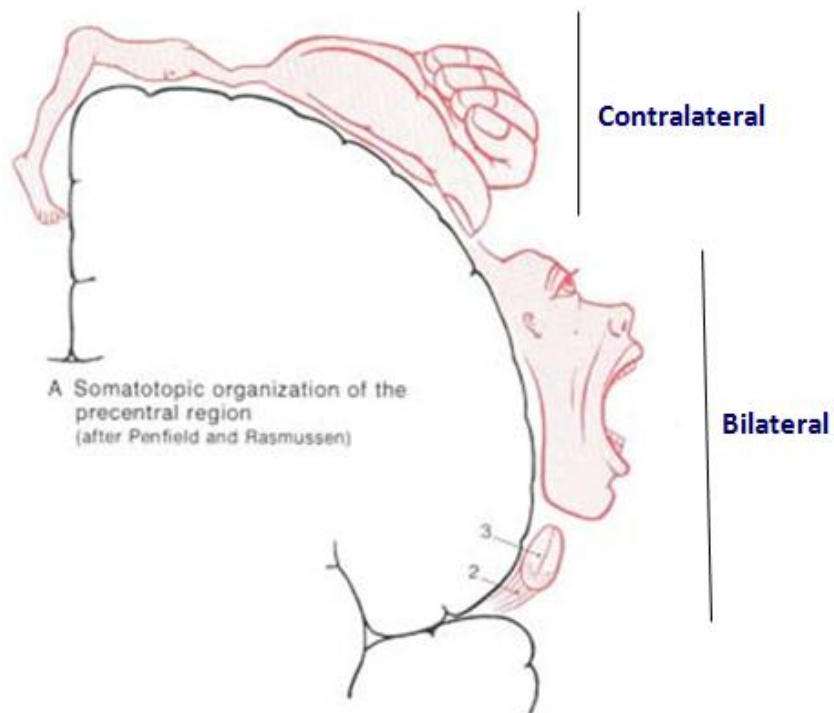
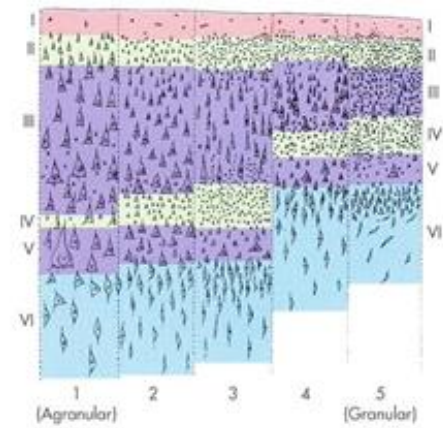
Área 6 (área premotora):
de tipo 1 (sin pirámides de Betz)

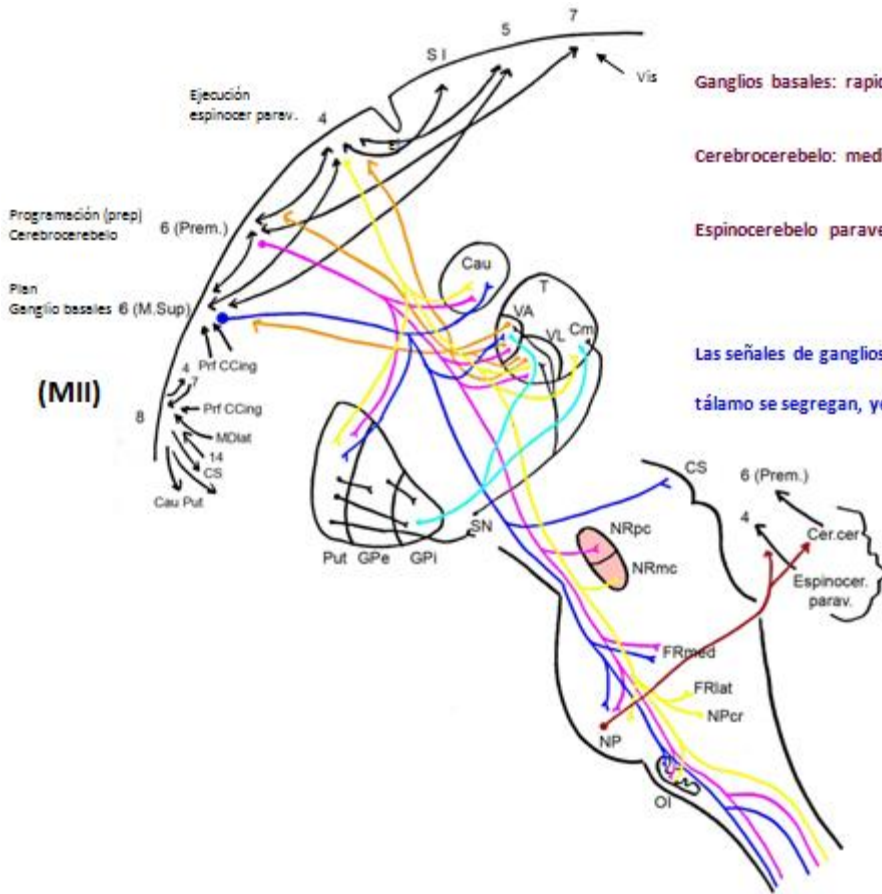
Área 8: de tipo 2

Áreas 44 y 45: de tipo 2

Área SI (3, 1, 2):
de tipo 5

Áreas 5 y 7:
de tipo 2



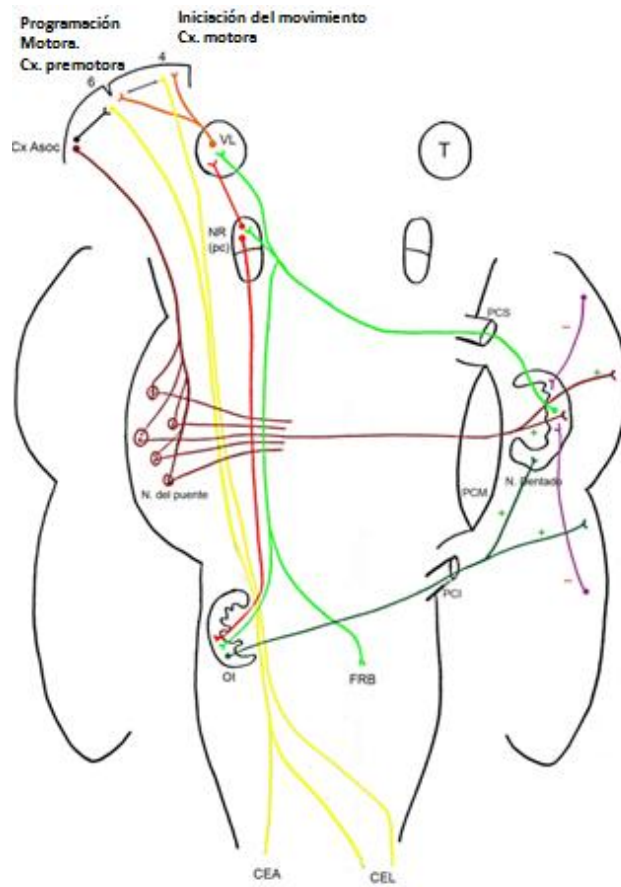


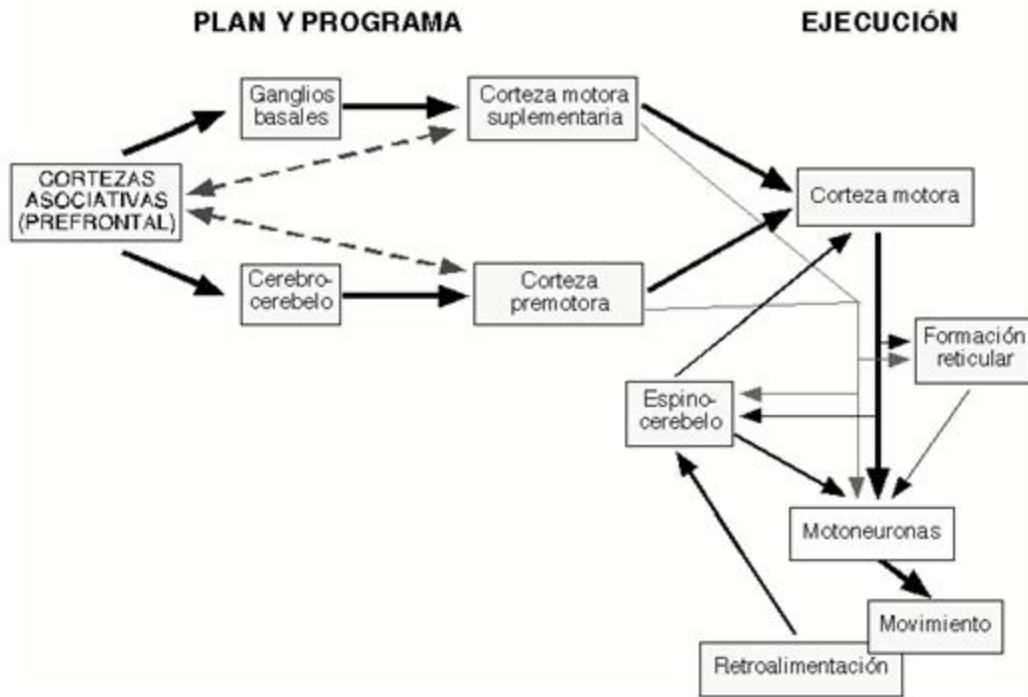
Ganglios basales: rapidez y cantidad del movimiento

Cerebrocerebelo: medida y ajustamiento del movimiento

Espinocerebelo paravermiano: musculatura distal

Las señales de ganglios basales y cerebelo que llegan al tálamo se segregan, yendo a células diferentes





El haz rubroespinal no interviene en los movimientos rápidos, pero sí en los lentos y precisos, iniciados y controlados por células piramidales lentas.

Las conexiones de la vía piramidal se hacen directamente y a través de la formación reticular, excepto para los núcleos oculomotores, que son inervados sólo a través de la formación reticular (centros de la sinergia ocular)

Las fibras de la vía piramidal procedentes de áreas sensoriales (más lentas) terminan en las láminas III a VI de médula (interneuronas), y las de áreas motoras (más rápidas), en las láminas VII a IX.

La lesión de las pirámides en monos permite que puedan seguir caminando y saltando, pero la manipulación está muy alterada. Parece ser que las vías reticuloespinales y rubroespinal sustituyen al haz piramidal en la ejecución de determinados movimientos

Tema 20. Ganglios basales

Introducción

El **movimiento voluntario** es esencial para el bienestar de los animales vivos, y éste se lleva a cabo mediante señales que dirigen las acciones de cada músculo.

Estas señales de movimiento voluntario se **originan en la corteza cerebral**, pero no son autónomas, sino que están **moduladas por numerosas estructuras subcorticales**.

Las principales modulaciones son dos:

- **Cerebelo**, que modula la **precisión del movimiento**, como ya hemos estudiado en las unidades correspondientes.
- **GANGLIOS BASALES**, que intervienen en la **integración sensorimotora** y en gran cantidad de **conductas motoras y afectivas**.

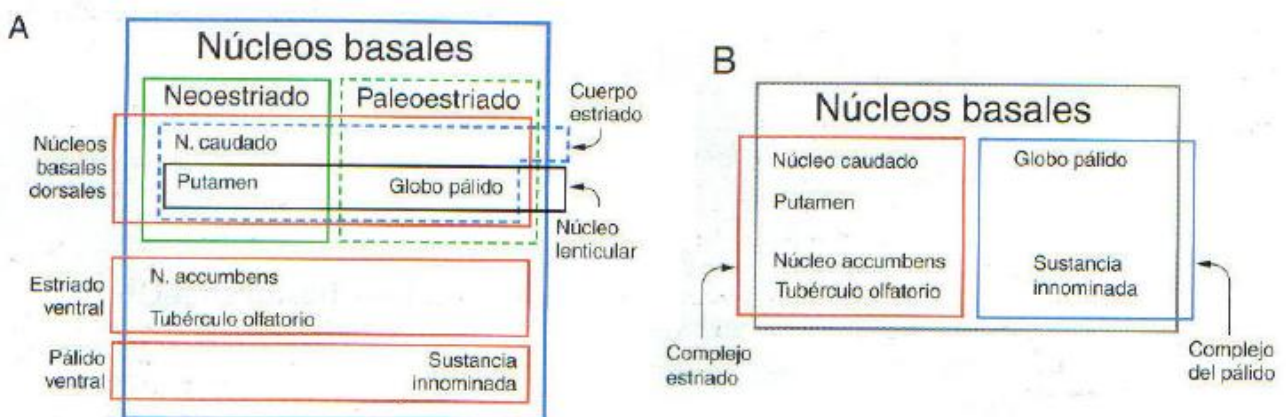
En el **interior de cada hemisferio cerebral** encontramos varias masas nucleares, colectivamente descritas como **NÚCLEOS BASALES** (ganglios basales).

Los **componentes principales** de este grupo de núcleos son los siguientes:

- **NÚCLEO CAUDADO**
- **GLOBO PÁLIDO**, también llamado **PALEOESTRIADO**
- **PUTAMEN**

Desde el punto de vista anatómico y funcional estos **núcleos están estrechamente relacionados entre sí**, y se encuentran relacionados fundamentalmente con el control de la postura y el movimiento.

También se denominan en ocasiones **CUERPO ESTRIADO**.



Estos núcleos tienen importantes conexiones con otras regiones del encéfalo, especialmente las siguientes:

- **CORTEZA CEREBRAL** (áreas motoras y asociativas)
- **TÁLAMO**
- **NÚCLEO SUBTALÁMICO** del **diencéfalo**
- **SUSTANCIA NEGRA** del **mesencéfalo**

Anatómicamente se considera que el **putamen** y el **globo pálido** forman una unidad funcional que denominamos **NÚCLEO LENTICULAR**.

Los núcleos basales se dividen clásicamente en dos porciones:

- **PORCIÓN POSTERIOR**
 - **NÚCLEO CAUDADO**
 - **PUTAMEN**
 - **GLOBO PÁLIDO**
- **PORCIÓN ANTERIOR**
 - **SUSTANCIA INNOMINADA** (*Núcleo basal de Meynert*)
 - **NÚCLEO ACCUMBENS**
 - **TUBÉRCULO OLFATORIO**

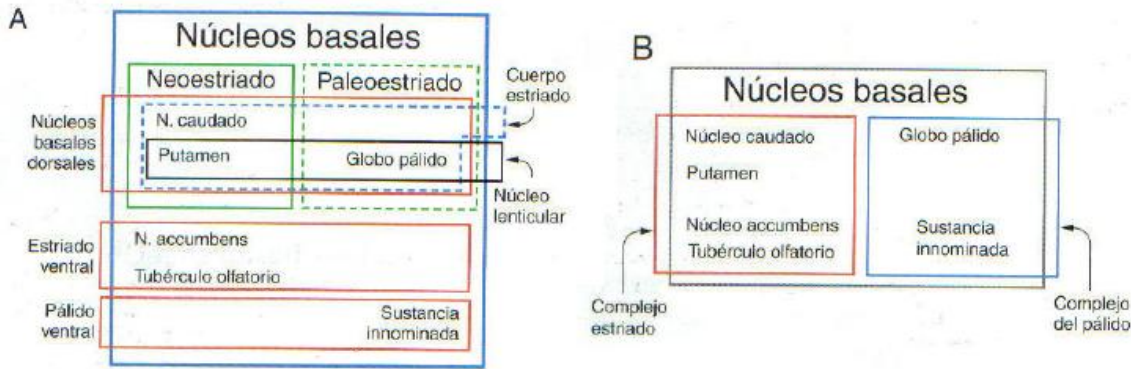
Cuerpo estriado

El **CUERPO ESTRIADO** está formado por dos núcleos:

- **NÚCLEO CAUDADO**
- **NÚCLEO LENTICULAR**, a su vez con dos subdivisiones
 - **PUTAMEN**
 - **GLOBO PÁLIDO**

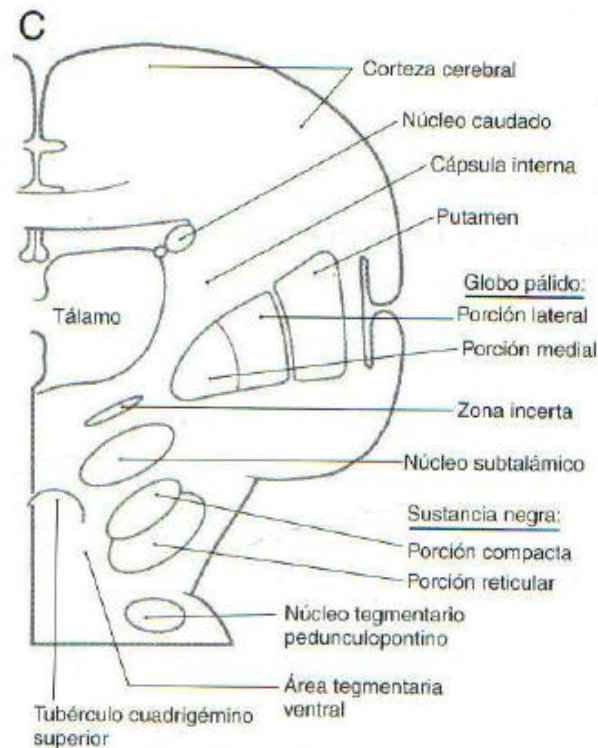
El **CUERPO ESTRIADO** a su vez tiene **dos subdivisiones funcionales**:

- **NEOESTRIADO**, que está formado por el **núcleo caudado** y el **putamen**.
- **PALEOESTRIADO**, que corresponde al **globo pálido**.



El **NÚCLEO LENTICULAR** se localiza en la **base del hemisferio cerebral** y está rodeado de sustancia blanca. Se divide en dos núcleos:

- **PUTAMEN**, más **lateral**
- **GLOBO PÁLIDO**, más **medial**, con dos porciones:
 - **Globo pálido medial**
 - **Globo pálido lateral**



Núcleo accumbens y sustancia innominada

El **NÚCLEO ACCUMBENS** tiene una localización **superior y anterior** en el hemisferio encontrándose concretamente en el lugar donde el **núcleo caudado se continúa con la cabeza del putamen**.

La **SUSTANCIA INNOMINADA** o **NÚCLEO BASAL DE MEYNERT** se encuentra ventral a la comisura anterior, y contiene haces difusos de fibras.

En la enfermedad de Alzheimer uno de los lugares más afectados es este núcleo **colinérgico**.

Núcleo subtalámico y sustancia negra

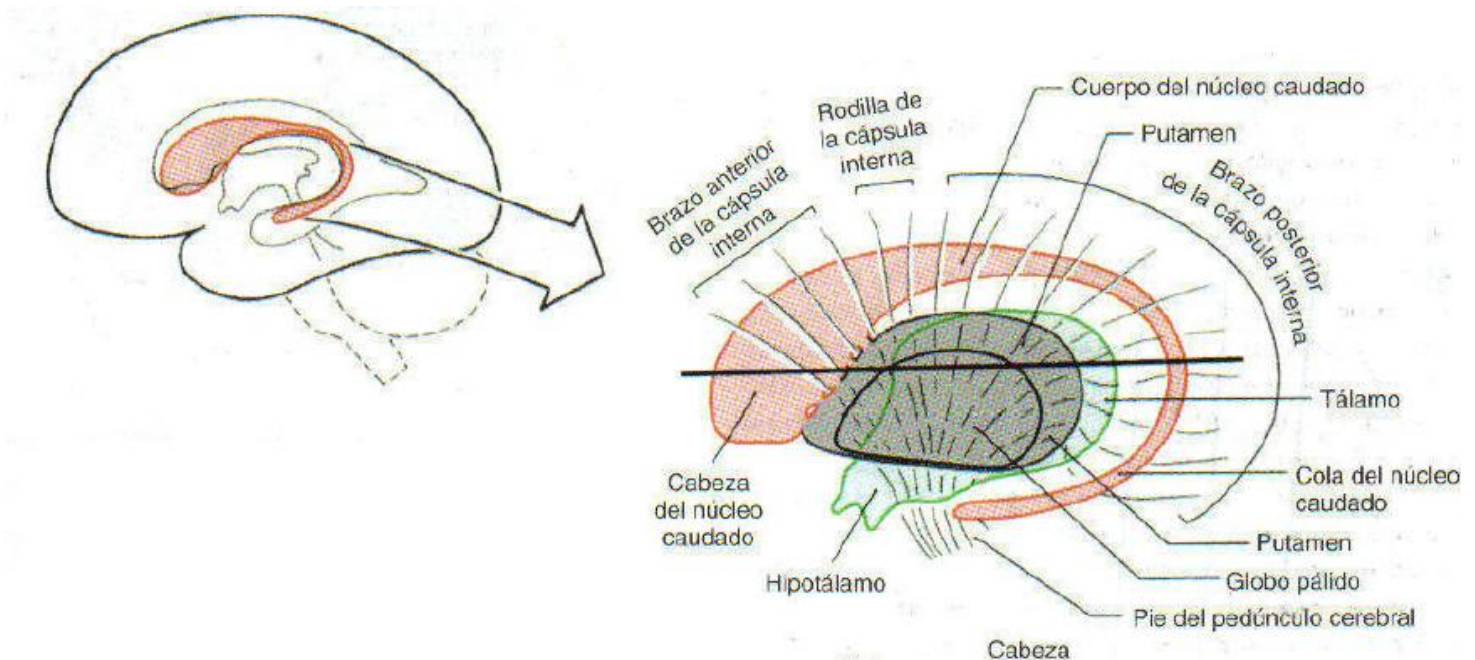
No forman parte del telencéfalo pero tienen una íntima vinculación con los núcleos basales.

El **NÚCLEO SUBTALÁMICO** pertenece al **diencéfalo** y es un grupo aplanado con forma de lente que queda **medial a la cápsula interna**.

La **SUSTANCIA NEGRA** es un elemento del **mesencéfalo** y es profunda al pie del pedúnculo cerebral e inmediatamente inferior al núcleo subtalámico.

Está dividida en dos porciones:

- **PORCIÓN RETICULAR**
- **PORCIÓN COMPACTA**, que es de color oscuro debido a que sus somas contienen melanina.



Anatomía descriptiva

Neostriado

El estriado o NEOESTRIADO consta de dos fascículos:

- **NÚCLEO CAUDADO**. Consta de dos partes:
 - **CABEZA**, muy grande y protruye el **asta frontal del ventrículo lateral**
 - **COLA**, muy delgada, sigue la **curvatura del ventrículo lateral** adelgazándose de forma gradual para descender por dentro del lóbulo temporal, situándose en el **techo del asta temporal**.

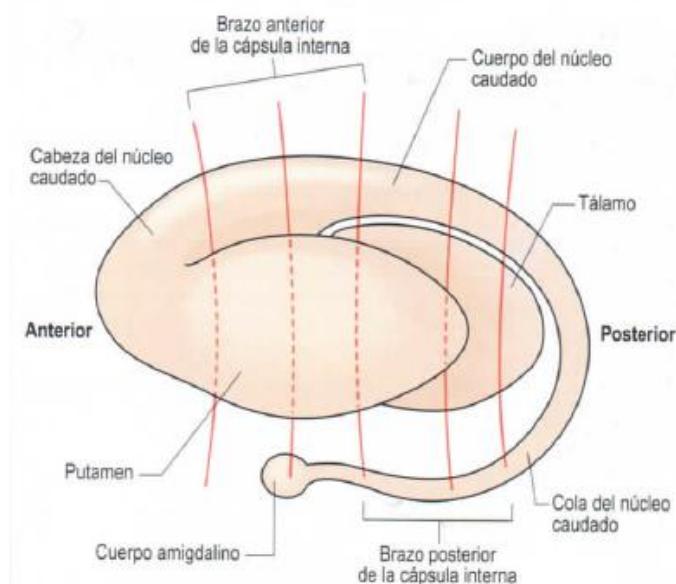
La cabeza está separada del putamen gracias a la cápsula interna, aunque el **extremo superior se continúa con el PUTAMEN** a través y por debajo de la cápsula interna.

- **PUTAMEN**. Es **lateral a la cápsula interna y al globo pálido**

Está separado del **globo pálido** por una **fina capa de fibras nerviosas**, que forman la **LÁMINA MEDULAR LATERAL**.

Lateral al putamen encontramos más sustancia blanca, dentro de la cual encontramos una fina lámina de sustancia gris conocida como **CLAUSTRO**.

A la **porción más anterior del estriado**, al nivel de unión de núcleo caudado y putamen se le conoce como **NÚCLEO ACCUMBENS (estriado ventral)** que conecta con el sistema límbico



El recorrido de la cápsula interna se muestra en rojo.
La porción más anterior corresponde al **NÚCLEO ACCUMBENS**

Globo pálido

El globo pálido o **PALEOESTRIADO** se sitúa **medial al PUTAMEN** del cual se halla **separado por la LÁMINA MEDULAR LATERAL**.

Medialmente encontramos la **CÁPSULA INTERNA**.

El globo pálido consta de dos divisiones:

- **GLOBO PÁLIDO LATERAL**
- **GLOBO PÁLIDO MEDIAL**

Ambos fascículos se encuentran **separados** por una finísima lámina de fibras llamada **LÁMINA MEDULAR MEDIAL**.

El globo pálido medial tiene **muchas conexiones con la SUSTANCIA NEGRA** del mesencéfalo, con la que forma una unidad funcional como ya veremos a continuación.

Sustancia innominada

La sustancia innominada o **NÚCLEO BASAL DE MEYNERT** se refiere a la porción más baja del prosencéfalo superior, **justo por debajo del estriado**.

Se sitúa **profunda al espacio perforado anterior** en la zona anterior a la comisura anterior.

Contiene agrupaciones de células grandes y pequeñas además de haces difusos de fibras.

Sus neuronas son mayoritariamente **colinérgicas**.

Conexiones de los núcleos basales

Estriado

El **núcleo caudado y putamen se comportan como una entidad única** ya que comparten organización neuronal común, así como neurotransmisores y conexiones.

1. Conexiones aferentes

Proceden de tres fuentes principales

- **CORTEZA CEREBRAL.** Las **fibras corticoestriadas** se originan sobre todo en la **corteza homolateral**.

Predominan las fibras procedentes de dos lugares:

- **LÓBULO FRONTAL**, sus **regiones motoras** (giro precentral) que proyectan principalmente al **PUTAMEN**, donde existe una somatotopía invertida.

Las **regiones anteriores** del lóbulo frontal, y **cortezas asociativas** proyectan principalmente al **NÚCLEO CAUDADO**

- **LÓBULO PARIETAL**, proyecta al **NÚCLEO CAUDADO**

Estas conexiones son **excitadoras** y **glutamatérgicas**.

- **TÁLAMO.** Envía **conexiones talamoestriadas homolaterales** procedentes de los **núcleos intralaminares**
- **SUSTANCIA NEGRA** del mesencéfalo. La **proyección nigroestriada** se origina en la **PORCIÓN COMPACTA** de la sustancia negra **homolateral**.

El neurotransmisor de esta vía es la **dopamina** y derivados de su síntesis le dan un color oscuro a este núcleo en cortes sin tinción.

- **NÚCLEO ACCUMBENS (estriado ventral).** Recibe proyecciones mediales a la sustancia negra desde la **vía mesoestriada**.
- **NÚCLEOS DEL RAPE.** Envían proyecciones **serotoninérgicas**

Resumen

Las **conexiones corticales del estriado** proceden de varias zonas:

- **PUTAMEN**. Recibe conexiones eminentemente **motoras**:
 - **Corteza frontal** (área motora)
- **NÚCLEO CAUDADO**. Recibe conexiones sobre todo **asociativas**:
 - **Corteza frontal** (áreas anteriores)
 - **Corteza parietal**

✚ El **PUTAMEN** es la parte más **motora del estriado**

✚ El **NÚCLEO CAUDADO** es la parte más **asociativa del estriado**

El **NÚCLEO CAUDADO** y el **PUTAMEN (estriado)** son las **regiones de entrada** de los núcleos basales.

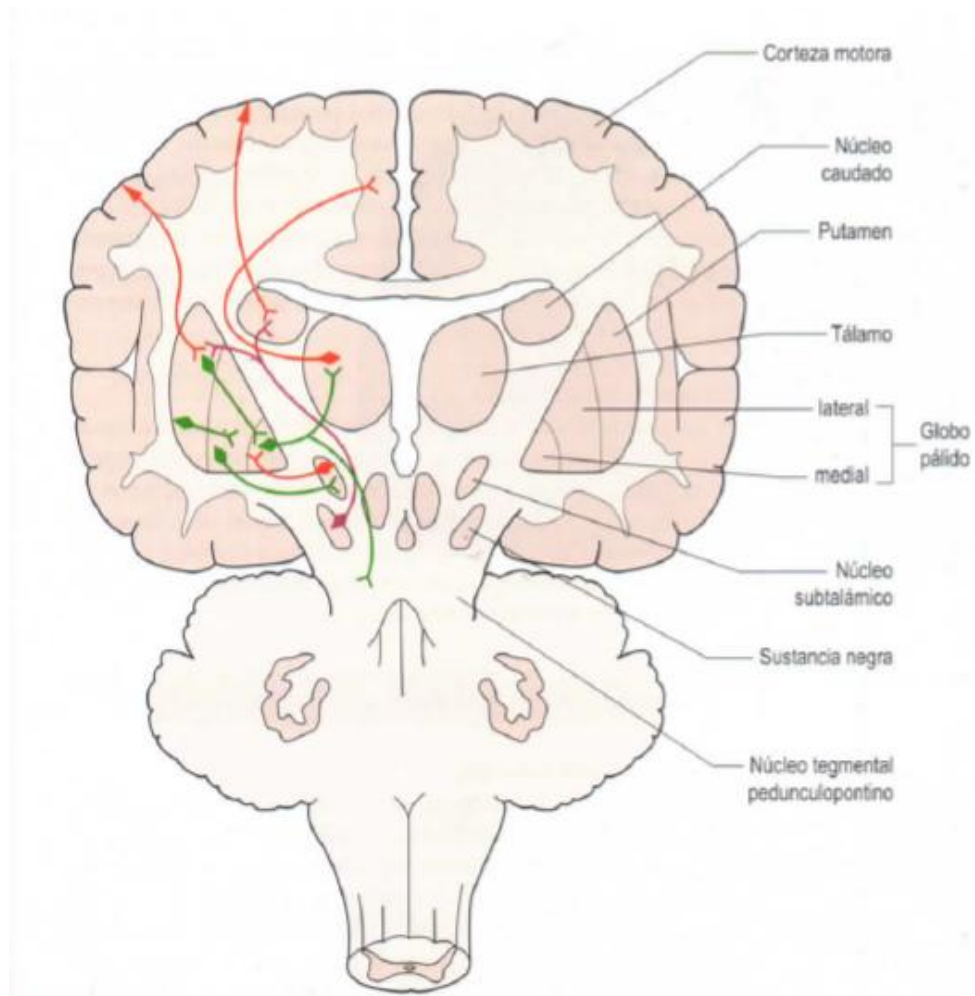
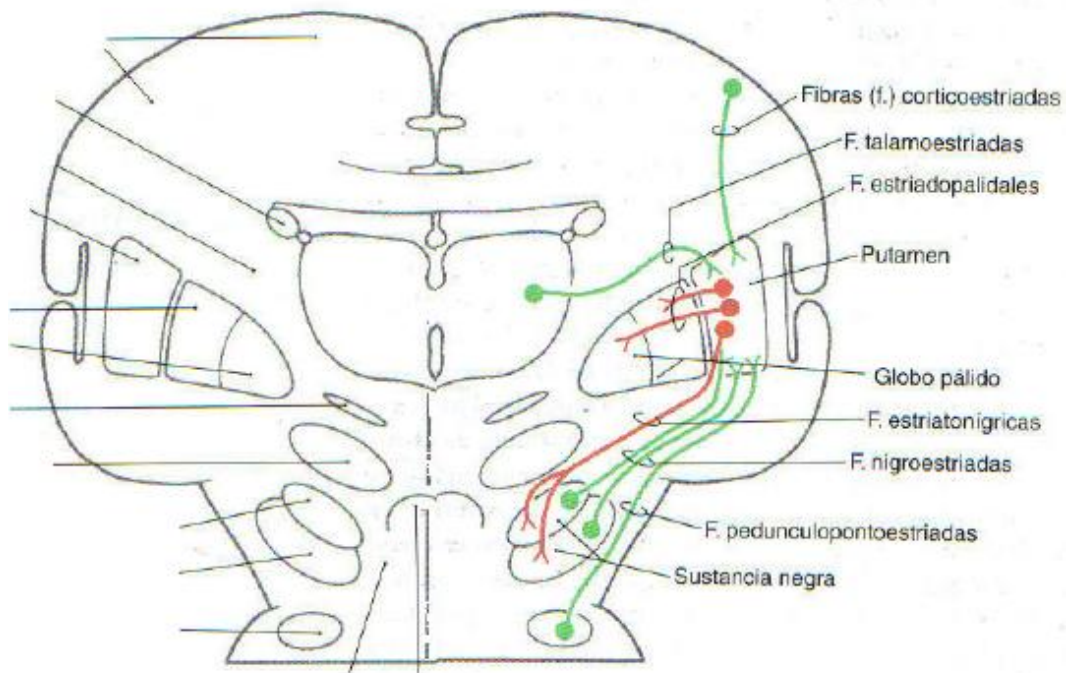
2. Conexiones eferentes

Las proyecciones del estriado se dirigen sobre todo a dos lugares:

- **GLOBO PÁLIDO**, en sus dos divisiones
 - *Fibras estriatopalidales*
- **SUSTANCIA NEGRA**, en su **PORCIÓN RETICULAR**
 - *Fibras estriatonigras*

Estas proyecciones son **GABAérgicas** y por lo tanto **inhibidoras**.

Imágenes de las conexiones del estriado



Globo pálido

Las dos divisiones del globo pálido presentan **conexiones aferentes similares**, pero se **proyectan a lugares diferentes**.

El globo pálido medial es muy similar en estructura y función a la PORCIÓN RETICULAR de la SUSTANCIA NEGRA de la que está separado por la cápsula interna.

Estos dos elementos son la porción de salida de los núcleos basales.

1. Conexiones aferentes

Las **aferencias** se originan principalmente en el **ESTRIADO** y el **NÚCLEO SUBTALÁMICO**.

Las **fibras estriadopalidales** son **GABAérgicas** como ya hemos dicho.

La **proyección subtalámopalidal** se origina desde el **NÚCLEO SUBTALÁMICO** del diencéfalo que se encuentra junto a la **cara medial de la cápsula interna**.

Las fibras de este fascículo pasan **lateralmente a través de la cápsula** constituyendo el **FASCÍCULO SUBTALÁMICO** que termina en **ambas divisiones del globo pálido**, sobre todo la división medial.

Esta vía es **excitatoria** y **glutamatérgica**.

El **NÚCLEO SUBTALÁMICO** también envía proyecciones hacia la **porción reticular de la sustancia negra**.

2. Conexiones eferentes

Las dos divisiones del globo pálido muestran distintas conexiones eferentes:

- **GLOBO PÁLIDO LATERAL**. Se proyecta fundamentalmente hacia el **NÚCLEO SUBTALÁMICO**, en una proyección **inhibidora GABAérgica**.
- **GLOBO PÁLIDO MEDIAL**. Se proyecta junto con la sustancia negra hacia los siguientes núcleos del tálamo:
 - **NÚCLEO VENTRAL LATERAL**
 - **NÚCLEO VENTRAL ANTERIOR**
 - **NÚCLEO CENTROMEDIANO**

Esta proyección es **inhibidora** y **GABAérgica**

Las **fibras palidotálamicas** siguen una de las dos siguientes rutas para alcanzar su objetivo:

- a) **Alrededor del borde anterior de la cápsula interna** (*asa lenticular*)
- b) **A través de la cápsula interna** (*fascículo lenticular*)

Ambas fibras convergen en el **FASCÍCULO TALÁMICO** para entrar por el **tálamo ventral**.

Estas **fibras palidotálamicas** son la **principal vía de salida** de los **núcleos basales**.

Los núcleos diana del tálamo proyectan fibras excitatorias hacia las regiones motoras del lóbulo frontal:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA** (MI), o **área 4**
- **CORTEZA MOTORA SUPLEMENTARIA**, o **área 6**

La **porción reticular de la sustancia negra** se considera como **homóloga al GLOBO PÁLIDO MEDIAL** y ocupa un estatus similar como porción de salida de los núcleos basales.

La **SUSTANCIA NEGRA RETICULAR** recibe información desde los siguientes núcleos:

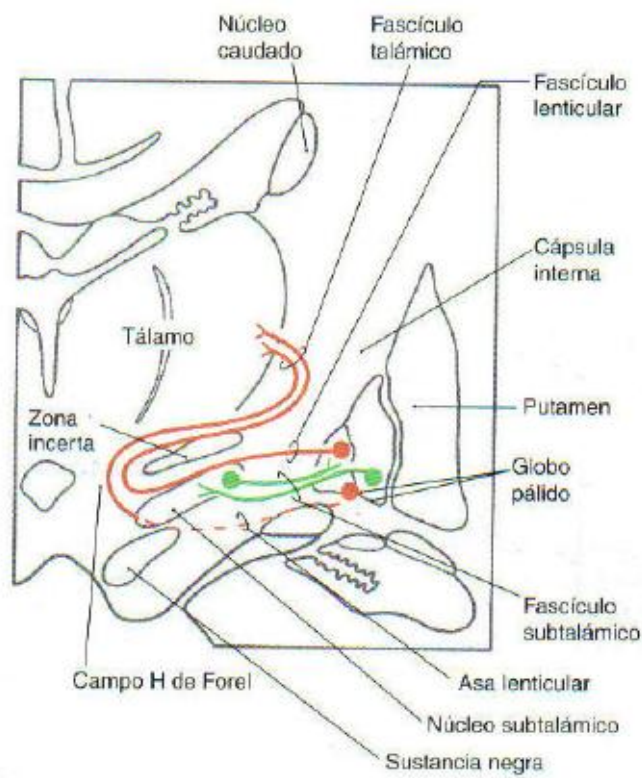
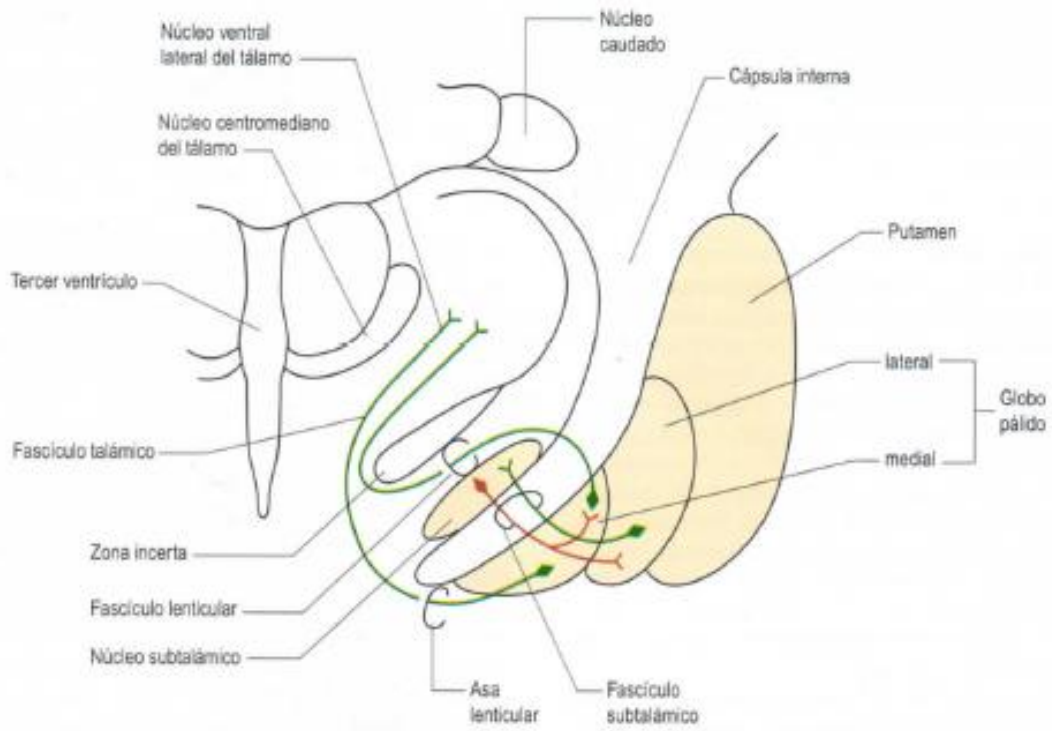
- **ESTRIADO**
- **NÚCLEO SUBTALÁMICO**

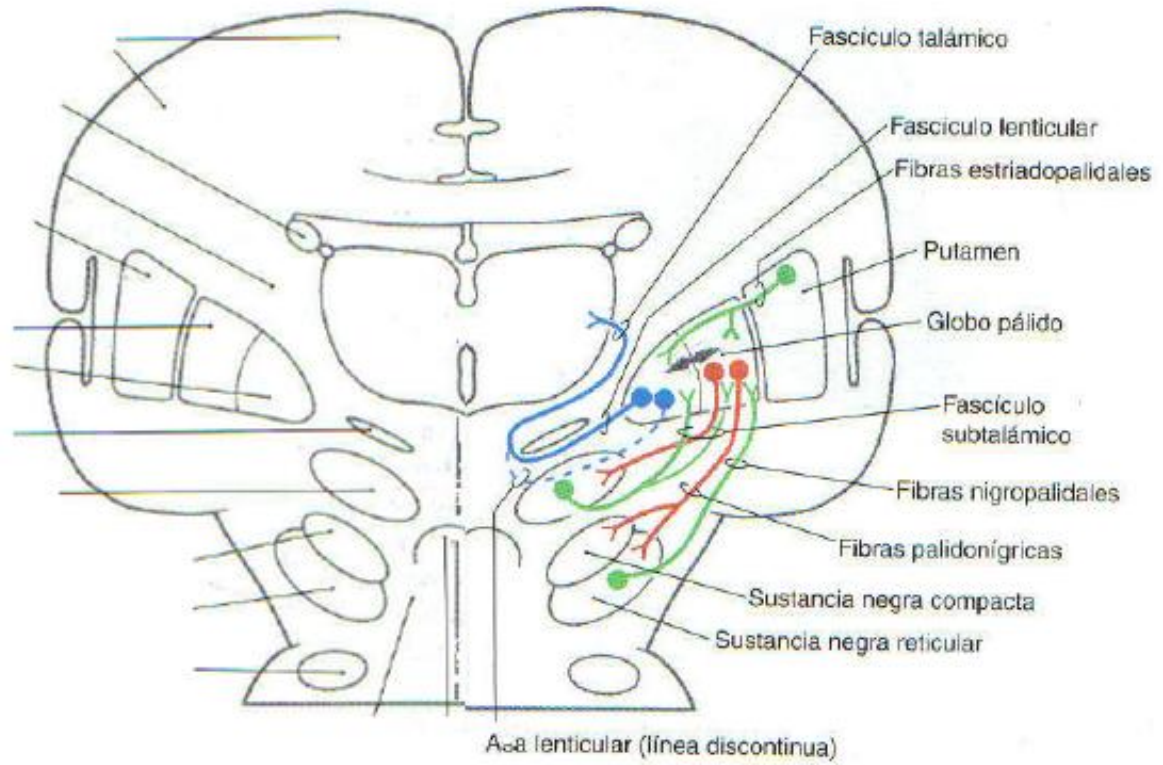
****Distribución funcional****

La proyección de neuronas motoras está organizada en una **somatotopía** tanto en el globo pálido como la sustancia negra:

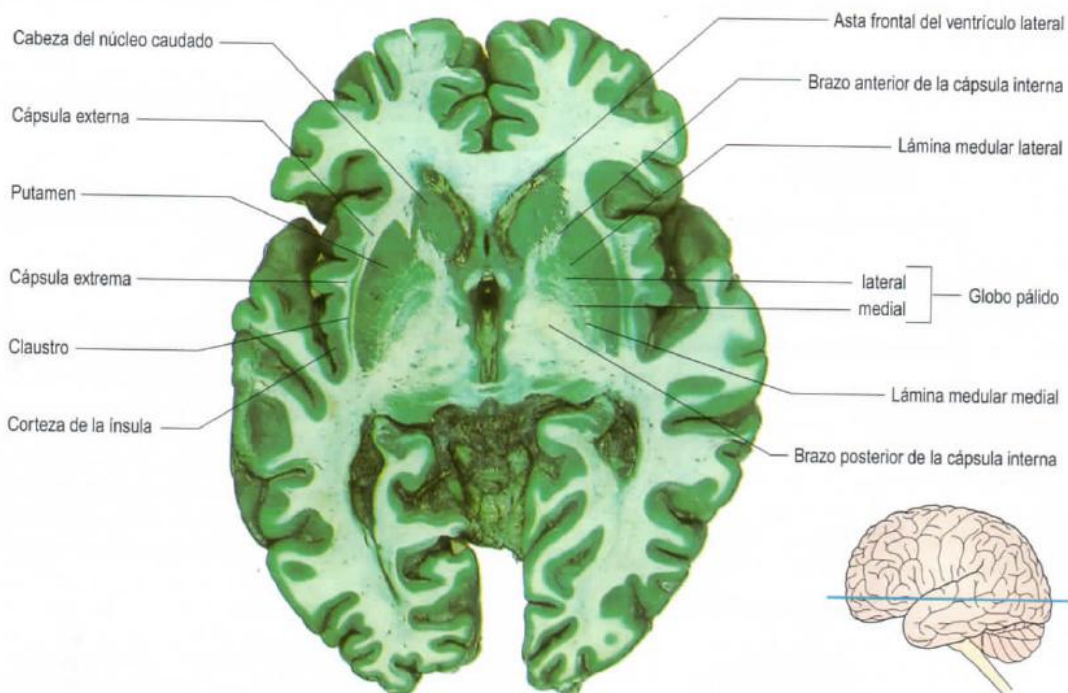
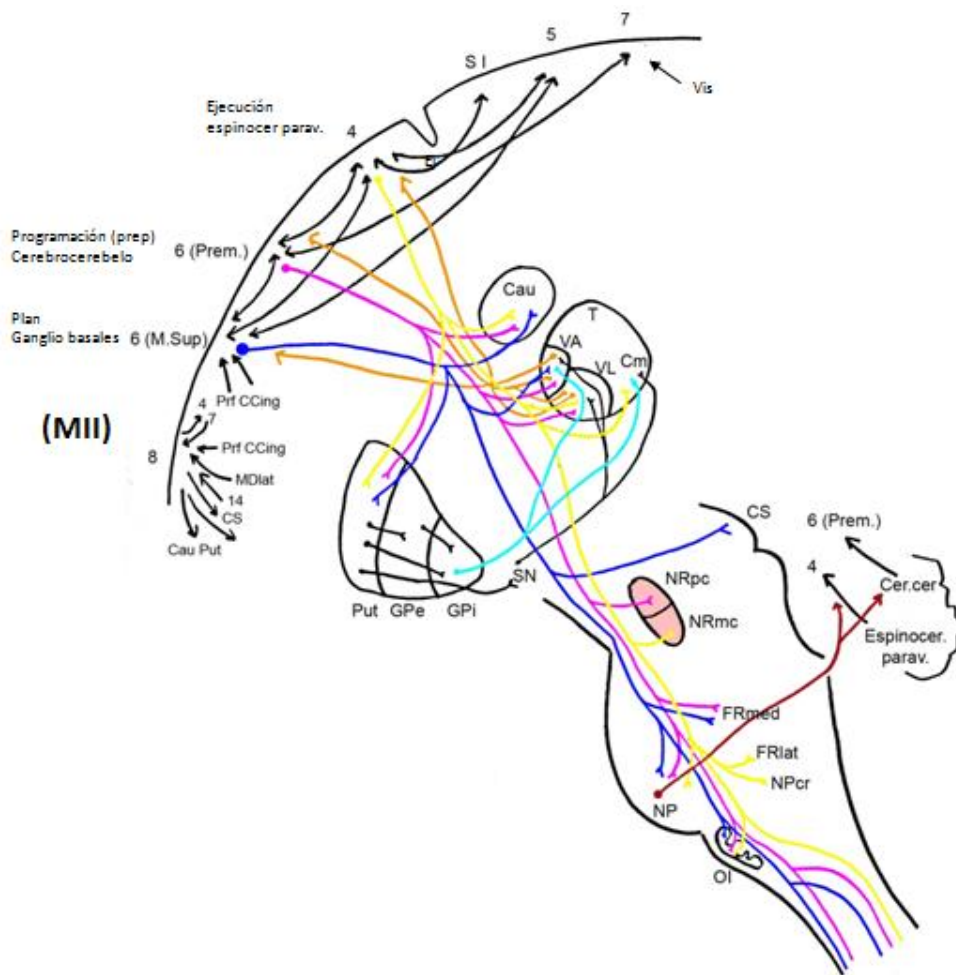
- **NEURONAS DEL GLOBO PÁLIDO**. Controlan fundamentalmente el **movimiento de los miembros**.
- **NEURONAS NÍGRICAS**. Controlan **musculatura axial** incluyendo músculos extrínsecos del ojo.

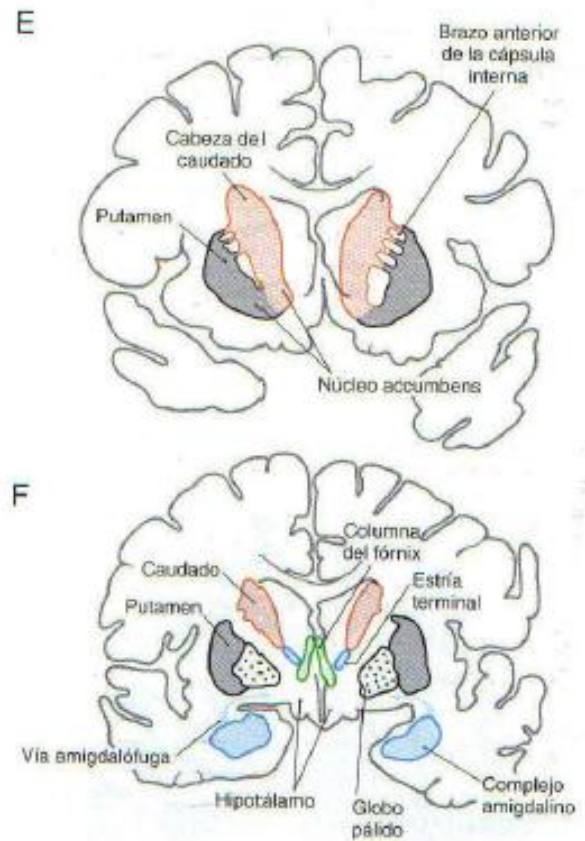
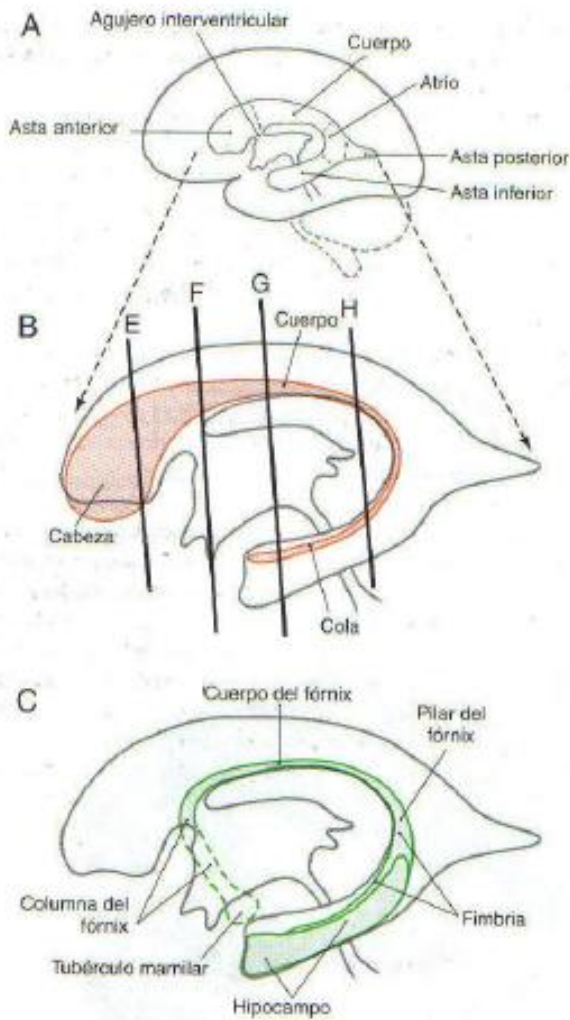
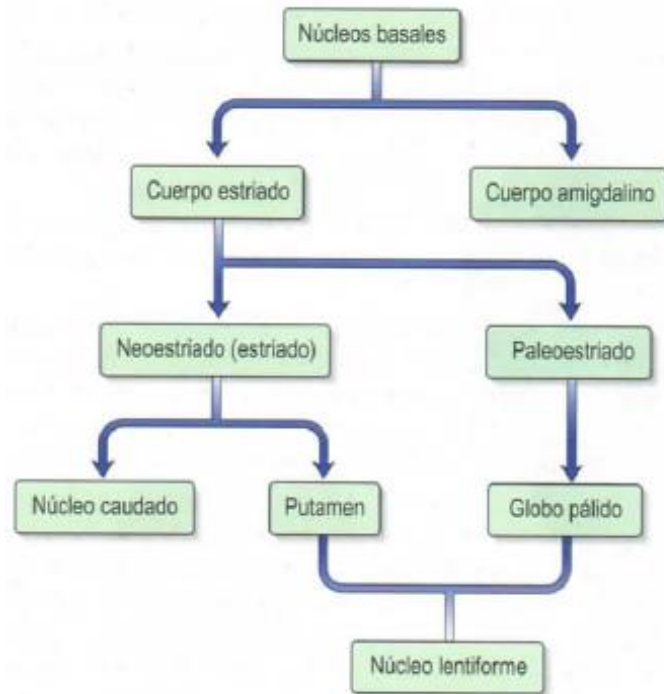
Imágenes de las conexiones del globo pálido

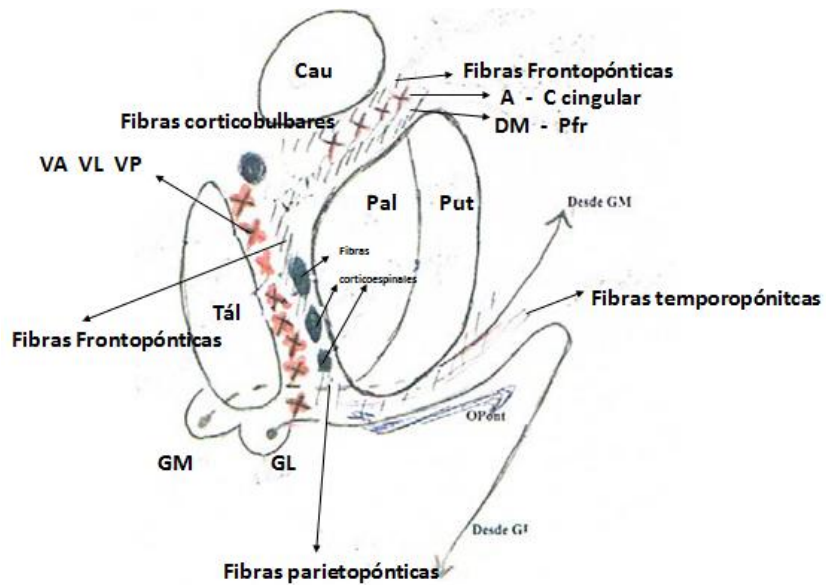
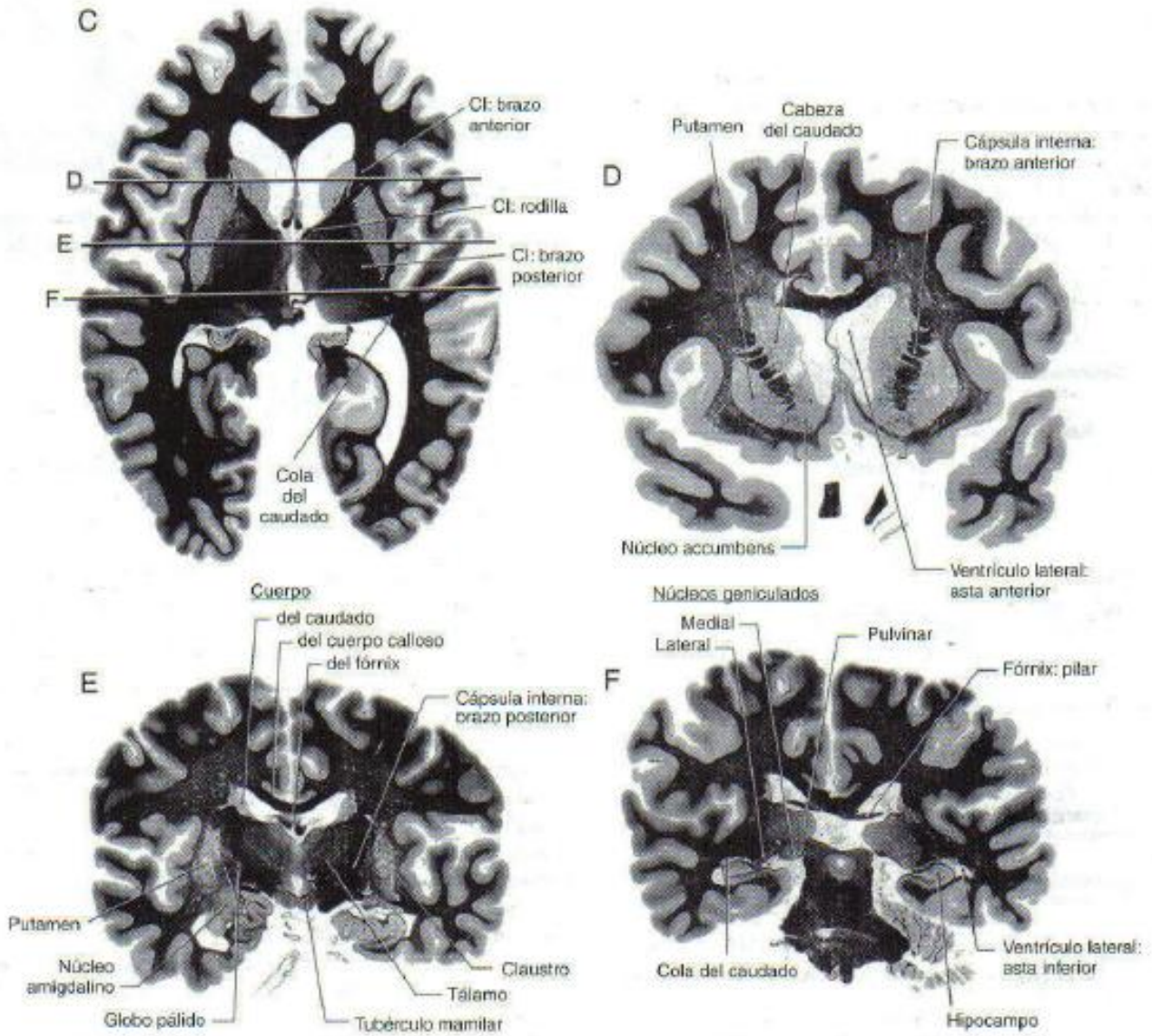




Imágenes de los ganglios basales







Tema 21. Cortezas asociativas. Anatomía del lenguaje

Introducción

La corteza cerebral es el **órgano del pensamiento**, y constituye el asiento de las **funciones intelectuales** que nos dotan del **carácter humano** y hacen de cada uno de nosotros un **individuo único**.

Estas funciones intelectuales comprenden la capacidad de usar el **lenguaje**, la **lógica** y la capacidad de ejercitar la **imaginación**, el **entendimiento**, y en definitiva, el **pensamiento** que nos caracteriza como especie.

La corteza cerebral se divide en diferentes regiones funcionales, que podríamos agrupar en la siguiente lista:

- **Cortezas que elaboran la información sensitiva aferente**
- **Cortezas que organizan la actividad motora eferente**
- **Cortezas asociativas**, sobre las que descansan las **funciones intelectuales superiores**

Antes de introducirnos de lleno en el estudio de las cortezas asociativas, parece conveniente introducir un recordatorio acerca de la **histología cortical**, que está estrechamente relacionada con la función asociativa:

Estructura histológica

La **corteza cerebral** forma la superficie externa del hemisferio, y consta de una capa de varios milímetros de espesor compuesta por somas, arborizaciones dendríticas y sinapsis.

El anatomista sueco Brodmann realizó a principios del siglo XX un **mapa citoarquitectónico** de la corteza basándose en sus características regionales.

Aunque muchas **áreas de Brodmann** fueron funcionalmente reemplazadas, se vio que en muchas otras existía una clara correspondencia entre la citoarquitectura y la función, por lo que aun conservan su denominación original.

Las partes **filogenéticamente más antiguas** de la corteza son conocidas de dos formas:

- **PALEOCORTEX**
- **ARQUICORTEX**

Estas áreas presentan una citoarquitectura primitiva con **3 capas** (**arquicorteza**).

La mayoría de la corteza es mucho más reciente evolutivamente y se la conoce como **NEORCÓRTEX**, el cual generalmente está formado por **6 capas**:

7. **Capa molecular (I)**. Contiene fundamentalmente **axones paralelos a la corteza**.

Es la zona de **llegada** de los **NÚCLEOS PARALAMINARES** del tálamo

8. **Capa granular externa (II)**. Contiene fundamentalmente dos tipos celulares

- **Células granulares**, pequeñas
- **Células piramidales**, algo más grandes

Las neuronas granulares de esta capa son la zona de **llegada** de **CONEXIONES ASOCIATIVAS** que proceden de capas vecinas.

9. **Capa piramidal externa (III)**. Contiene sobre todo **neuronas piramidales** de tamaño **pequeño a medio**.

Es una capa de proyección que **origina** fundamentalmente **FIBRAS DE ASOCIACIÓN**.

10. **Capa granular interna (IV)**. Contiene neuronas de los siguientes tipos:

- **Neuronas estrelladas**
- **Neuronas lisas** (sin espinas)
- **Neuronas estrelladas espinosas** (*neuronas granulares*)

Es la capa de **RECEPCIÓN DE IMPULSOS** por excelencia y recibe proyecciones mayoritariamente desde el **tálamo**.

11. **Capa piramidal interna (V)**. Está formada por **neuronas piramidales** de tamaño **medio o grande**.

Es la capa de **PROYECCIÓN DE IMPULSOS** por excelencia.

12. **Capa multiforme (VI)**. Contiene **neuronas de todo tipo**, entre ellas:

- **Neuronas piramidales**
- **Neuronas fusiformes**

Es otra capa de **PROYECCIÓN** ¿y de **RECEPCIÓN**? ya que contiene muchos tipos de neuronas.

Además de estas capas hay **plexos de recorrido horizontal** en las capas IV y V:

- **BANDA DE BAILLANGER EXTERNA.** Correspondiente a la **capa IV**
- **BANDA DE BAILLANGER INTERNA.** Correspondiente a la **capa V**

Recordatorio

Las principales **CAPAS DE PROYECCIÓN** son tres:

- **Capa piramidal externa (III)** de pirámides pequeñas, que proyectan **fibras asociativas**.
- **Capa piramidal interna (V)** de pirámides grandes que proyectan **axones largos** que pueden llegar a salir del encéfalo
- **Capa multiforme (VI)**, gracias a sus células piramidales

Las principales **CAPAS DE RECEPCIÓN** son dos:

- **Capa granular externa (II)**, que recibe **fibras asociativas**.
- **Capa granular interna (IV)**, que recibe **aferencias desde los núcleos del tálamo**.

Embriológicamente la **primera capa en constituirse** es la **CAPA MOLECULAR (I)**, a continuación se generan las siguientes capas.

La **siguiente capa** en constituirse es la **CAPA MULTIFORME (VI)** debido a que los neuroblastos migran desde los ventrículos cerebrales, y van **trepando por los radios gliales** hasta capas más superiores.

El orden en el que se constituyen las capas es el siguiente:

1. **CAPA MOLECULAR (I)**
2. **CAPA MULTIFORME (VI)**
3. **CAPA PIRAMIDAL INTERNA (V)**
4. **CAPA GRANULAR INTERNA (IV)**
5. **CAPA PIRAMIDAL EXTERNA (III)**
6. **CAPA GRANULAR EXTERNA (II)**

Organización laminar

Se conoce con un cierto detalle la organización de ciertos circuitos internos de algunas regiones pequeñas de la corteza, aunque sólo sabemos **detalles** de estos circuitos que son tan enormemente complejos que desafían la esquematización.

Dentro de un pequeño volumen cortical podemos encontrar millones de neuronas y **conexiones complejÍsimas**.

La estructura básica de los axones cortos consta de los siguientes elementos:

- **Fibras aferentes**
- **Circuitos locales de procesamiento**
- **Fibras eferentes**

Los **axones TALAMOCORTICALES** terminan fundamentalmente en las siguientes capas citoarquitectónicas:

- **CAPA GRANULAR INTERNA (IV), mayoritariamente.**

En esta capa finalizan sobre **interneuronas excitadoras e inhibitoras**, además de sobre **dendritas de neuronas pertenecientes a otras capas**.

Los **axones de las interneuronas** también pueden finalizar sobre **dendritas de células piramidales u otras interneuronas**.

- **CAPA PIRAMIDAL EXTERNA (III)**
- **CAPA MULTIFORME (VI)**

El **procesamiento local** de la información culmina en **conexiones** con **CÉLULAS PIRAMIDALES** las cuales **transportan las señales hacia otras regiones** corticales o subcorticales.

Una copia de esta información procesada viaja también hacia neuronas próximas mediante colaterales axónicas.

El patrón general de **terminación de los axones CORTICOCORTICALES** es muy **diferente** al de los **talamocorticales**.

Los axones corticocorticales se **ramifican repetidas veces** y sinaptan sobre neuronas de **TODAS las láminas de la corteza**.

La **corteza cerebral** recibe un tercer grupo de estímulos llamados **PROYECCIÓN DIFUSA** que consta de **fibras muy ramificadas** que terminan de forma difusa sobre **extensas áreas de la corteza**, sin respetar su citoarquitectura.

Estas fibras proceden de **varias fuentes**:

- **NÚCLEOS INESPECÍFICOS DEL TÁLAMO**
 - *Núcleo ventral anterior*
- **LOCUS COERULEUS**
- **NÚCLEO BASAL DE MEYNERT**

Estas fibras se encargan de **regular los niveles de excitabilidad cortical**, los cuales son muy importantes, pues funciones como el **CICLO VIGILIA-SUEÑO** dependen de ellos.

Citoarquitectura

La citoarquitectura de la corteza difiere de un área a otra, y determina aspectos relacionados con la función.

La **CORTEZA SENSITIVA PRIMARIA (SI)**, tiene las siguientes particularidades citoarquitectónicas:

- **CAPA GRANULAR INTERNA (IV)**, que es la principal capa cortical de llegada aferente, es especialmente **gruesa**.
- **CAPA PIRAMIDAL INTERNA (V)**, que es la principal capa cortical de proyección, y en esta corteza es **estrecha y mal delimitada**.

Esta corteza tiene una **amplia zona de llegada** pero una capa de **proyección pequeña**.

✚ Una corteza con este **patrón** se denomina **CORTEZA GRANULAR HETEROTÍPICA**.

La **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)**, tiene el patrón citoarquitectónico inverso:

- **CAPA GRANULAR INTERNA (IV)**, para conexiones entrantes es **casi invisible** en esta corteza.
- **CAPA PIRAMIDAL EXTERNA (V)**, para proyecciones eferentes es **muy gruesa** en esta corteza.

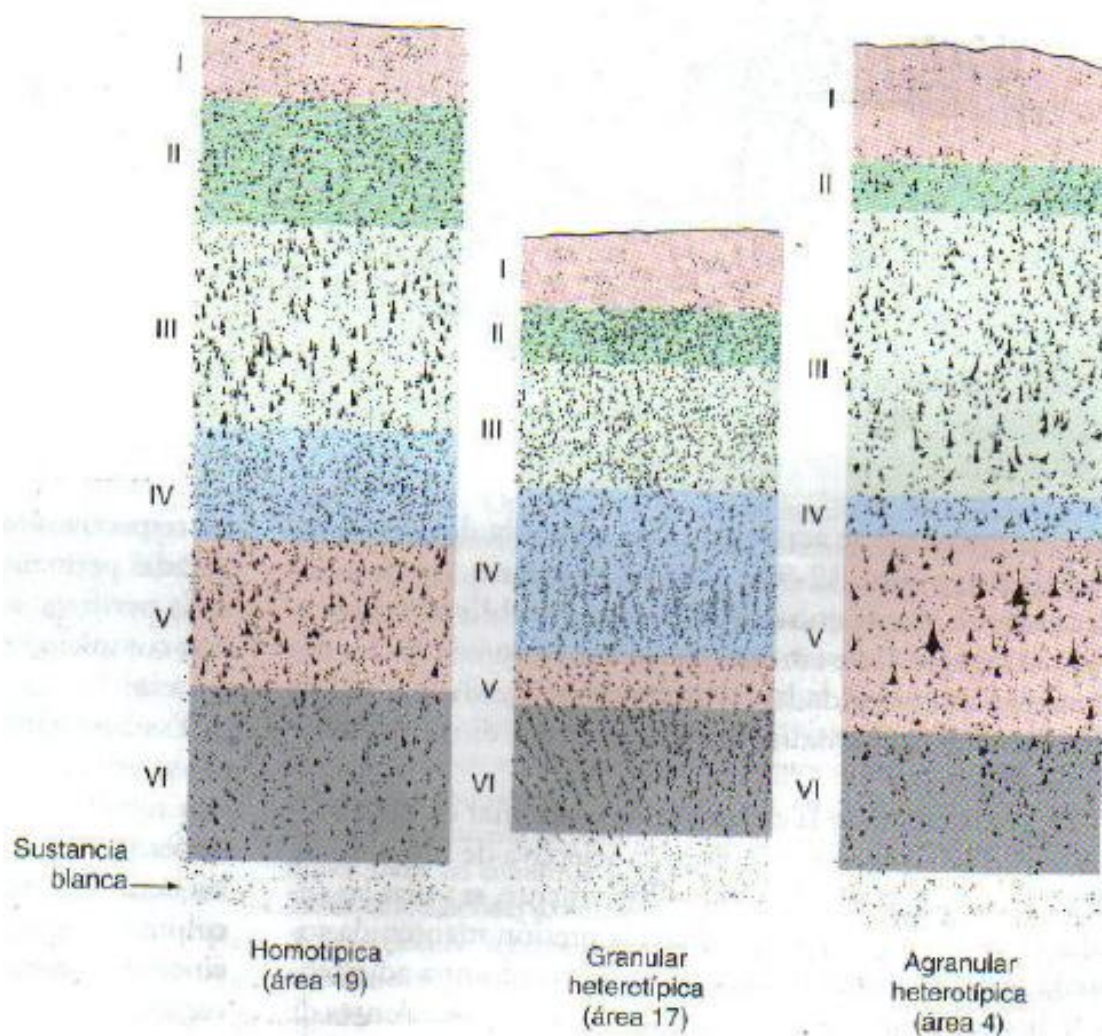
La capa piramidal externa (V) da la impresión de **fusionarse con la capa piramidal interna (III)** en la corteza motora primaria.

En esta corteza la capa de llegada es pequeña mientras que la capa de proyección queda destacada.

- ✚ El patrón de esta corteza sería de **CORTEZA AGRANULAR HETEROTÍPICA**.

El resto de áreas de la neocorteza, incluidas cortezas asociativas, tienen las **6 capas claramente formadas** y de un **grosor semejante**.

- ✚ Una corteza con **todas las capas formadas y semejantes** sería una **CORTEZA HOMOTÍPICA**.



Según la **clasificación de Von Economo** hay 5 tipos de corteza según lo que hemos explicado:

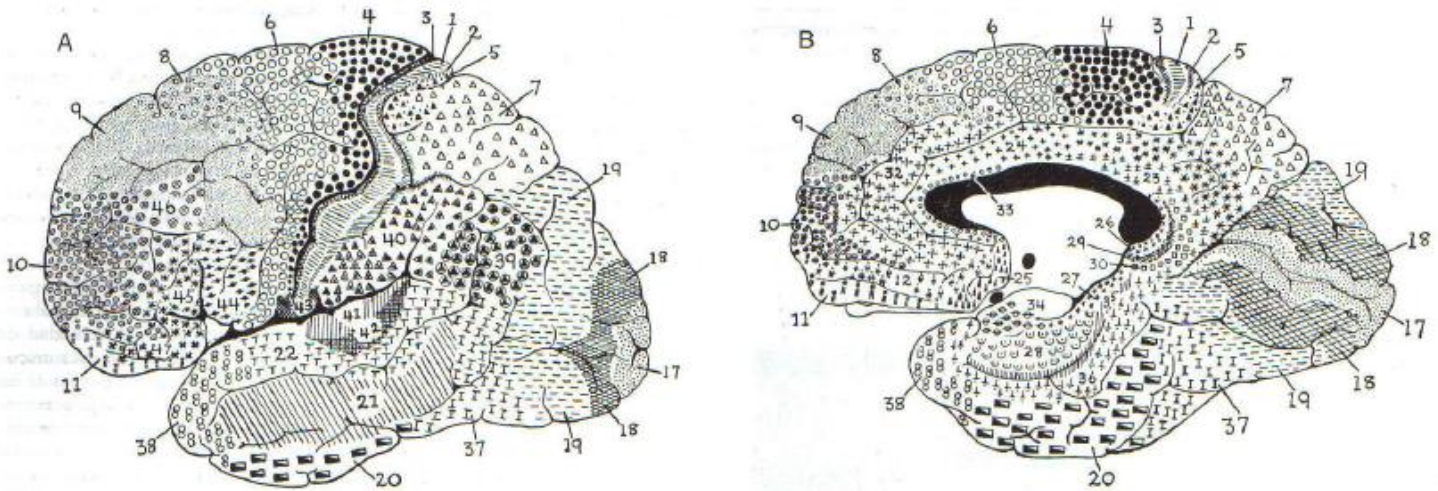
- **CORTEZAS AGRANULARES (1)**. Predominan las **pirámides (CAPAS III y V)** y son cortezas **efectoras motoras**
- **CORTEZAS INTERMEDIAS (2, 3 y 4)**. Son **cortezas asociativas** que integran distintas influencias desde motor y sensitivo.

Podríamos decir que son una “**mezcla**” entre **sensitivo y motor**.

- **CORTEZAS GRANULARES (5)**. Predominan las **células granulares (CAPAS II y IV)** y suelen ser **cortezas sensitivas**.

El **investigador Brodmann** dividió la corteza en áreas según sus diferencias citoarquitectónicas.

Identificó **47 áreas distintas**, y aunque su criterio clasificatorio fuera la **citoarquitectura**, gran parte de estas cortezas mostraban una clara **relación citoarquitectura → función**, tal y como hemos visto para las cortezas motora y sensitiva primarias.



Áreas de Brodmann

Organización columnar

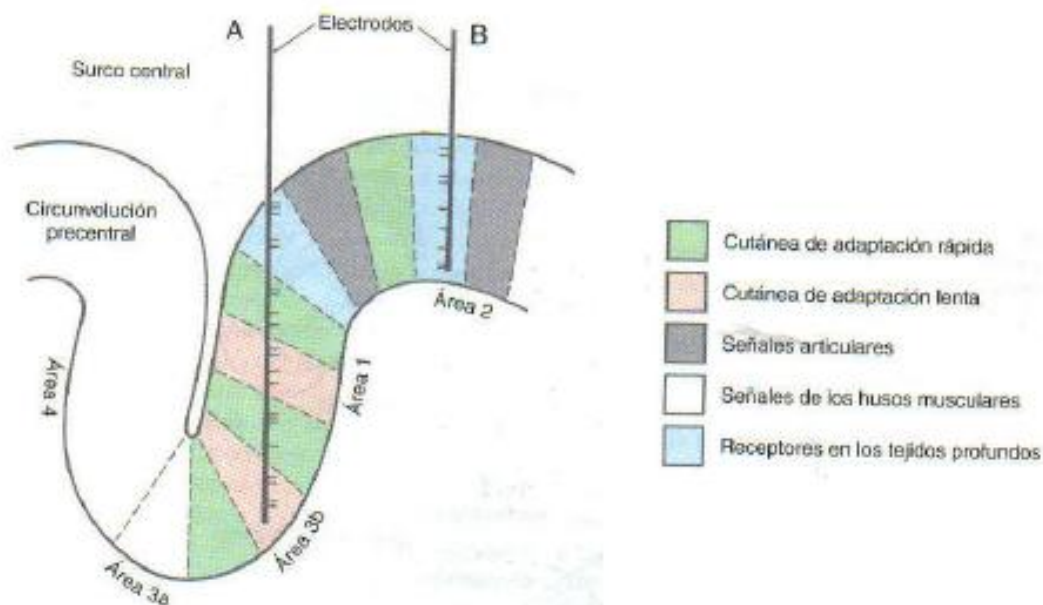
Se trata de un **segundo patrón de organización**, en este caso **vertical** de las células de la corteza cerebral.

Las **neuronas a menudo se agrupan**, de modo que sus somas, axones y dendritas forman **conglomerados de orientación perpendicular** (de la superficie a la profundidad) de la superficie cortical.

En un **área por ejemplo sensitiva**, todas las neuronas de una sola columna tienen sus **campos receptores en el mismo lugar, o adyacentes** (lo que es la base del *homúnculo*)

Además dentro de una **misma columna** todas las neuronas son sensibles a una **única submodalidad sensitiva**.

El fundamento de esta organización es la **llegada selectiva de fibras** desde los **NÚCLEOS RELÉ del tálamo**, y además las fibras de una **submodalidad concreta** viajan claramente **diferenciadas y agrupadas** dentro de su fascículo correspondiente durante todo el recorrido de la vía.



Las **conexiones entre una región de la corteza a otra** se realizan a través de sus **FIBRAS DE ASOCIACIÓN** o **FIBRAS CALLOSAS** las cuales también se pueden ordenar según un **patrón columnar**.

Las columnas de las terminaciones de axones corticocorticales que se originan en distintas regiones funcionales pueden superponerse unas sobre otras o bien interdigitarse.

Funciones corticales superiores. Cortezas asociativas

Normalmente consideramos que la corteza cerebral es el **asiento de las funciones intelectuales superiores**, que han llegado a su apogeo en la especie humana.

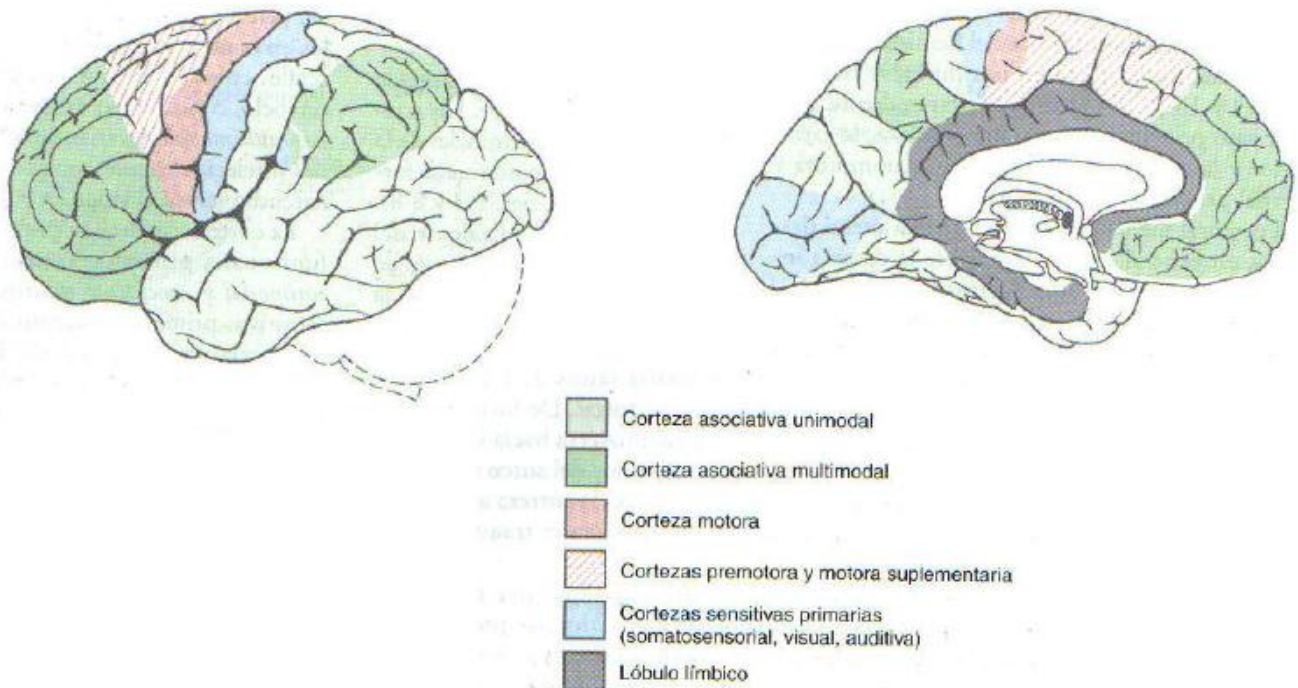
Hay estructuras del encéfalo como el tálamo, ganglios basales, claustró o cerebelo que contribuyen a estas funciones, pero los **mayores exponentes** de ellas son las **CORTEZAS ASOCIATIVAS**.

La corteza cerebral se puede dividir en 4 categorías funcionales generales:

- **CORTEZA SENSITIVA.** Recibe **conexiones talamocorticales** desde **núcleos relé** relacionados con cada modalidad.

Por ejemplo ya hemos visto que el **núcleo ventral posterior del tálamo (NVP)** se encarga de mandar conexiones a la **corteza somatosensorial primaria** (áreas 3, 1 y 2).

- **CORTEZA MOTORA**
- **CORTEZA ASOCIATIVA.** Tiene dos subtipos:
 - **CORTEZA ASOCIATIVA UNIMODAL**
 - **CORTEZA ASOCIATIVA MULTIMODAL** (heteromodal)



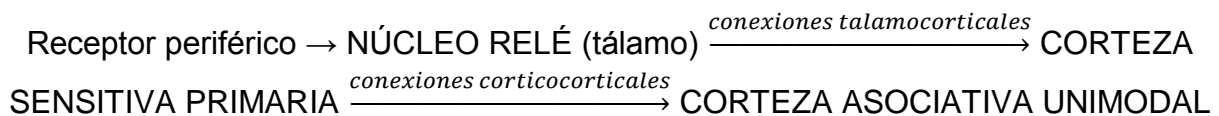
Cortezas asociativas unimodales

Junto a cada **área sensitiva primaria** (p.e. corteza somatosensorial primaria) existe una región cortical encargada de un **nivel superior de procesamiento de la información** relacionada con dicha modalidad sensitiva.

Estas áreas se denominan **CORTEZAS ASOCIATIVAS UNIMODALES** y están relacionadas con una **modalidad sensorial concreta**.

Las áreas sensitivas primarias reciben **conexiones mediante núcleos relé** del tálamo y a su vez proyectan mediante **fibras corticocorticales** hacia sus cortezas asociativas correspondientes.

Se sigue por lo tanto el esquema siguiente:

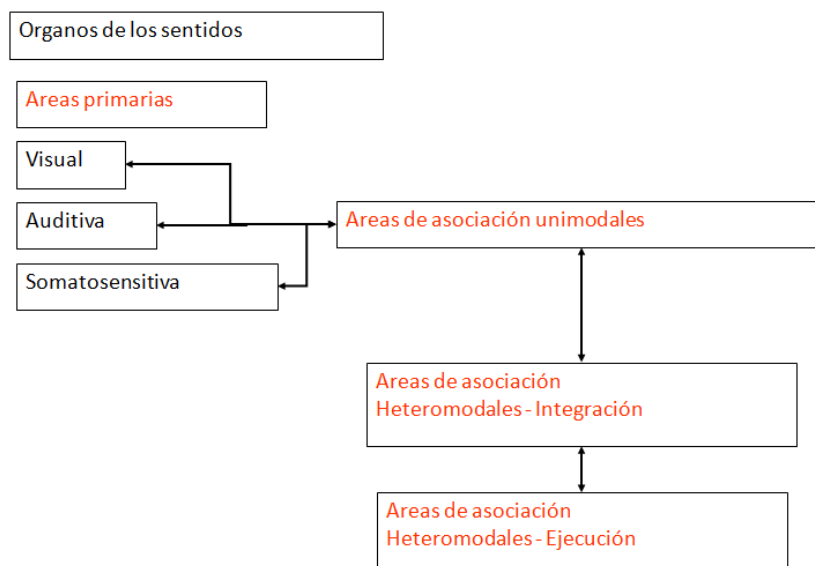


Cortezas asociativas multimodales (heteromodales)

Corresponden a aquellas áreas restantes de la corteza que **no tienen carácter ni motor ni sensitivo, ni asociativo unimodal**.

Reciben información de **varias modalidades sensitivas diferentes** y las **integran** para proporcionarnos una **experiencia completa de nuestro medio**.

Resultan decisivas para nuestra capacidad de comunicarnos con el lenguaje, usar la razón, trazar planes de futuro, etc...



Lóbulo parietal

El lóbulo parietal consta estructuralmente de las siguientes estructuras:

- **CIRCUNVOLUCIÓN POSCENTRAL.** Se localiza **entre los surcos central (de Rolando) y poscentral.**

Contiene la **CORTEZA SOMESTÉSICA PRIMARIA (áreas 3, 1 y 2)**

Recibe aferencias del **NÚCLEO VENTRAL POSTERIOR del tálamo.**

- **LOBULILLO PARIETAL SUPERIOR.** Se extiende hacia la superficie medial del hemisferio para formar la **precuña.**

Consta de las **áreas 5 y 7 de Brodmann.**

Desde la **corteza somestésica primaria** salen **conexiones hacia las áreas 5 y 7** que además **conectan mutuamente** entre sí.

Estas áreas **proyectan sobre cortezas de asociación motora**, y sobre **áreas asociativas multimodales** del lóbulo temporal.

- **Área 5.** Se trata de un **ÁREA ASOCIATIVA SOMESTÉSICA** que recibe conexiones casi exclusivamente desde la corteza somestésica primaria.

Asoma en la cara medial del hemisferio cerebral y recibe **aferencias somestésicas, táctiles y visuales**, por lo que es **multimodal.**

Tiene relación con la **MANIPULACIÓN TACTIL** de objetos.

- **Área 7.** Recibe conexiones de las siguientes áreas

- ❖ *Área 5*

- ❖ *Área 19 (área asociativa visual)*

Tiene **dos subdivisiones** según el **hemisferio** en el que nos encontremos:

- **Área 7 derecha.** Procesa el **espacio exterior** y el propio “**espacio corporal**” a base de los influjos que recibe, que son de tipo **asociativo visual y táctil propioceptivo.**

Es un **área polimodal**, o **heteromodal compleja.**

- **Área 7 izquierda.** Tiene más que ver con el **procesamiento del lenguaje** y envía **conexiones al área 39**, que veremos a continuación.

- **LOBULILLO PARIETAL INFERIOR.** Constituido por dos circunvoluciones:
 - **GIRO ANGULAR.** También conocido como **área 39 de Brodmann** que se encuentra **alrededor del surco lateral (fisura de Silvio)**.
 - **GIRO SUPRAMARGINAL o CIRCUNFLEJO.** También conocido como **área 40 de Brodmann**

Ambos lobulillos parietales están **separados gracias al surco intraparietal** y forman en su conjunto el **ÁREA DE WERNICKE**, relacionada con el **habla**.

Reciben y envían multitud de conexiones, siendo las más importantes las que establecen con el **lóbulo frontal**.

Entre otras, reciben conexiones de tipo **somatosensorial primario (áreas 3, 1 y 2)** y además de otras **áreas asociativas (áreas 5 y 7)**.

Tras integrar esta información la **proyecta a áreas asociativas motoras** que encontramos en el **lóbulo frontal**.

Conecta con el ÁREA DE BROCA (lóbulo frontal) mediante el **fascículo arqueado**.

El **área 43 de Brodmann** se considera como una **continuación de la corteza somestésica primaria** y es un **área gustativa**.

Lóbulo temporal

Estructuralmente sus circunvoluciones se encuentran en las **caras lateral y anterior del hemisferio**, entre el **surco lateral** (de Silvio) y el **surco colateral**.

Es curioso resaltar que en **individuos diestros la cisura de Silvio es mayor y más profunda** en el **lado izquierdo** que en el derecho, y en zurdos al contrario.

Si las enumeramos desde el surco de Silvio son:

- **CIRCUNVOLUCIONES TEMPORALES TRANSVERSAS** (de Heschl). Estas estructuras forman la **corteza auditiva primaria (área 41 de Brodmann)**.

Como ya sabemos, esta corteza **recibe proyecciones del CUERPO GENICULADO MEDIAL** del **tálamo**.

Proyecta sobre el **área asociativa unimodal del giro temporal superior (área 22)**

- **CIRCUNVOLUCIÓN TEMPORAL SUPERIOR.** Se trata de una **corteza asociativa auditiva unimodal (área 22)**.

Recibe **proyecciones desde la CORTEZA AUDITIVA PRIMARIA (área 41)**.

Tras **recibir conexiones del área 41** proyecta a los siguientes destinos:

- **Áreas límbicas**
- **Áreas asociativas heteromodales**
- **CIRCUNVOLUCIÓN TEMPORAL MEDIA (área 20)**
- **CIRCUNVOLUCION TEMPORAL INFERIOR (área 21)**

Estas dos circunvoluciones se consideran como una unidad funcional y reciben **impulsos desde las CORTEZAS VISUALES**:

- **Corteza visual primaria (estriada)**, o **área 17 de Brodmann**
- **Cortezas visuales secundarias (paraestriadas)**, o **áreas 18 y 19 de Brodmann**

Proyectan a su vez a **otras áreas de asociación visual, áreas de asociación heteromodal, corteza temporal superior y áreas límbicas**.

Tienen gran importancia en el **reconocimiento de objetos y caras**, sobre todo el **área 20**, que se **une con el área 37 (circunvolución occipitotemporal lateral)** para permitir el reconocimiento facial.

▪ **CIRCUNVOLUCIONES OCCIPITOTEMPORALES**

Lóbulo occipital

Forma la parte más posterior del hemisferio.

- **CIRCUNVOLUCIONES OCCIPITALES**. Las encontramos sobre la **superficie lateral** y forman las **áreas 18 y 19 de Brodmann**

Estas cortezas asociativas visuales intervienen en la **COMPRENSIÓN de los objetos visuales**.

Proyectan hacia dos destinos principalmente:

- **Área 7** (lóbulo parietal)
- **Área 37** (lóbulo temporal)

El **SURCO CALCARINO** se encuentra en la **cara medial del lóbulo occipital** y separa dos componentes importantes:

- **CUÑA**
- **CIRCUNVOLUCIÓN LINGUAL**

Ambos componentes pertenecen a la **CORTEZA VISUAL PRIMARIA (VI)** ó **área 17 de Brodmann**.

Esta área **proyecta** a las **CORTEZAS VISUALES SECUNDARIAS (áreas 18 y 19)** que ya hemos visto.

Lóbulo frontal

Encontramos muchas circunvoluciones en este lóbulo, que es anterior en el hemisferio, y de gran tamaño:

- **CIRCUNVOLUCIÓN PRECENTRAL**. Está **delante** del **surco central de Rolando**.

Corresponde a la **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)** o **área 4 de Brodmann**.

De esta área salen los axones correspondientes al **HAZ CORTICOESPINAL LATERAL**.

- **CIRCUNVOLUCION FRONTAL INFERIOR**. Se compone de tres partes:

- **PORCIÓN OPERCULAR (área 44)**

- **PORCIÓN TRIANGULAR (área 45)**

Ambas porciones constituyen el **ÁREA DE BROCA** relacionada con la **articulación del habla**, lo cual veremos a continuación.

- **PORCIÓN ORBITARIA (área 47)**

- **CIRCUNVOLUCIÓN FRONTAL MEDIA**. Corresponde a las **cortezas premotora y motora suplementaria (área 6)**.

De esta área salen los axones del **HAZ CORTICOESPINAL ANTERIOR**.

Esta área también envía **proyecciones al NÚCLEO ROJO del mesencéfalo**.

- **CIRCUNVOLUCIÓN FRONTAL SUPERIOR**. Corresponde a la **corteza motora secundaria (MII)** que sirve para **movimientos oculares**.

Se corresponde a las **áreas 8, 9 y 10 de Brodmann**

En la zona más anterior de este hemisferio se denomina "**polo frontal del cerebro**" y en él encontramos las siguientes circunvoluciones:

- **CIRCUNVOLUCIÓN RECTA**
- **CIRCUNVOLUCIONES ORBITARIAS**

Ambas corresponden a las **áreas 11-15 de Brodmann**

Las **ÁREAS MOTORAS (SM)** en general corresponden a las **áreas 4, 6 y 8**.

El **ÁREA DE BROCA** se corresponde a las **áreas 44 y 45** que se encuentran en la **circunvolución frontal inferior**.

Corteza prefrontal

Se trata de la **parte más anterior del lóbulo frontal** que se ubica **frente a las áreas motora y premotora**.

Se corresponde a las **áreas de Brodmann 9 a 14**.

Es la **última corteza en mielinizarse** (termina de hacerlo alrededor de los 30 años) y forma el **30% de todo el peso de la neocorteza**, lo que nos informa acerca de su gran importancia.

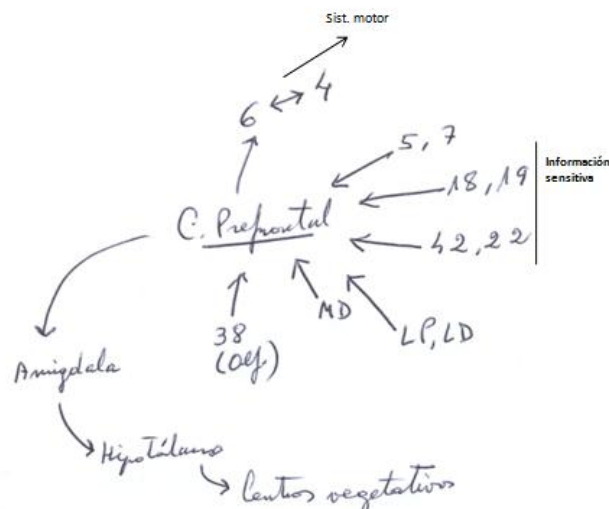
TODAS las cortezas asociativas proyectan a ésta corteza que es el **área asociativa por excelencia**.

Sirve entre otras cosas para **planificar la conducta en el tiempo**.

- **CORTEZA PREFRONTAL LATERAL**. Es importante para la **coordinación y la secuenciación temporal de la conducta**.
- **ZONA ORBITARIA**. Controla las **interferencias**, es decir, **inhibe las conductas inadecuadas**.

El **NÚCLEO DORSOMEDIAL del tálamo** se relaciona mucho con esta corteza mediante sus dos porciones

- **Porción lateral**. Proyecta a la **corteza prefrontal lateral**
- **Porción medial**. Proyecta a la **zona orbitaria**



La lesión de esta corteza da lugar al **SÍNDROME FRONTAL** que causa los siguientes síntomas:

- ***Irritabilidad***
- ***Falta de moderación en el comportamiento***
- ***Apatía***
- ***Abulia***

Lóbulo límbico (corteza cingular)

Comprende las siguientes áreas de Brodmann:

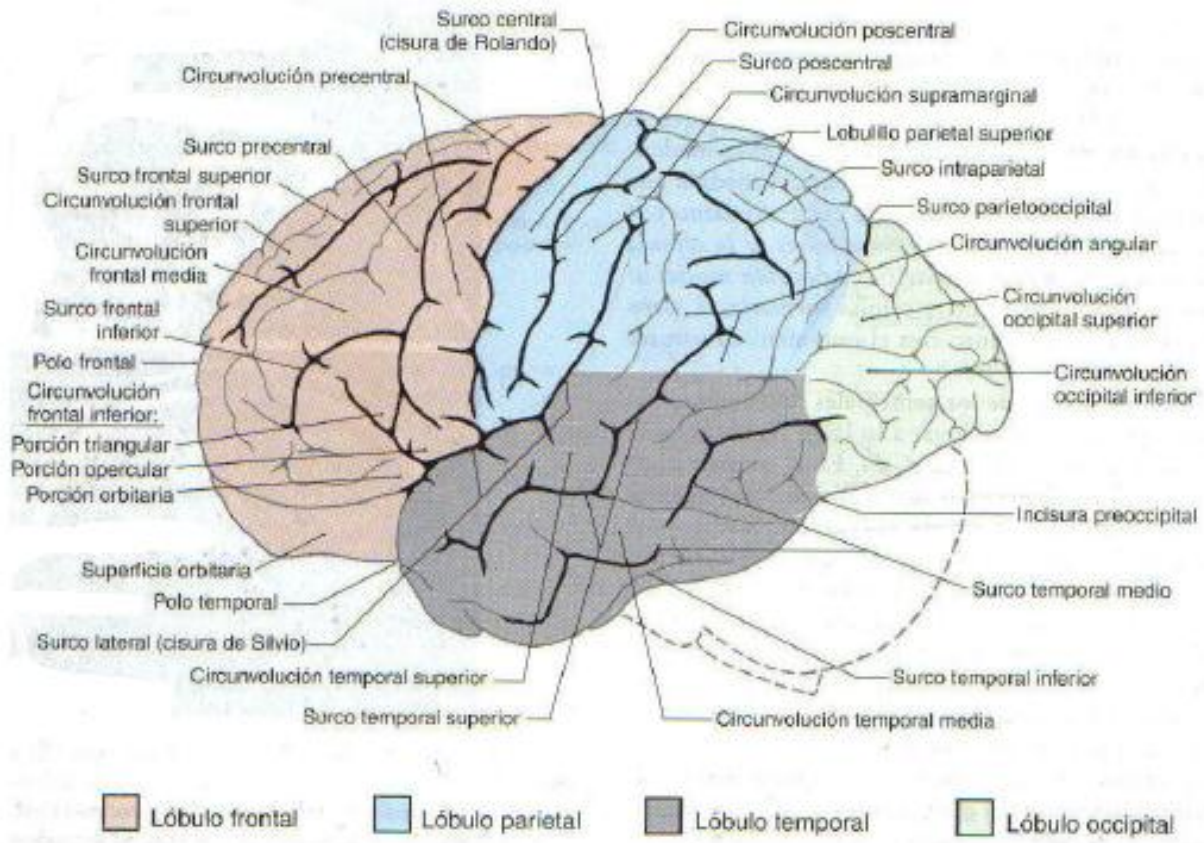
- ***Área 23***
- ***Área 24***
- ***Área 25***

Se relaciona con el **SISTEMA LÍMBICO** y por ello interviene en aspectos de la **emoción y la memoria**, sobre todo ésta última

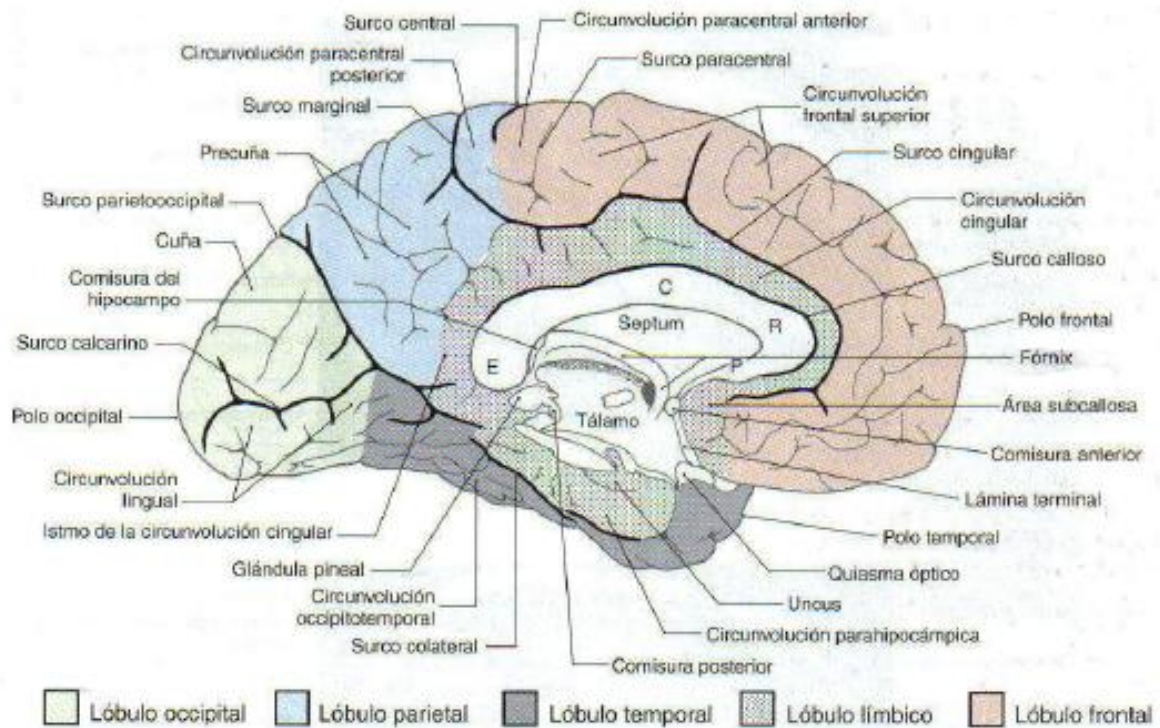
Es uno de los **elementos que integran el CIRCUITO DE PAPEZ**, que consta de los siguientes elementos:

Hipocampo → Cuerpo mamilar medial → Núcleo anterior del tálamo → **CORTEZA CINGULAR**

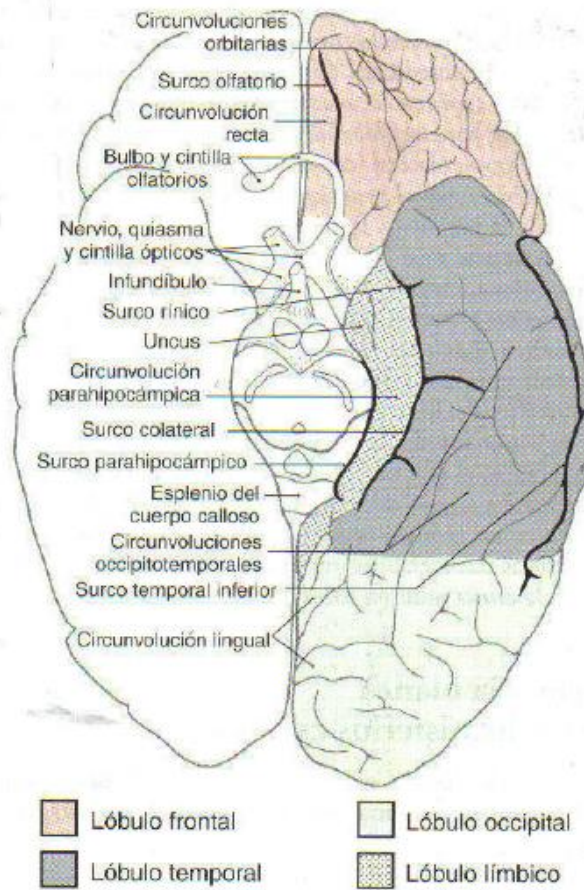
Imágenes de las cortezas asociativas



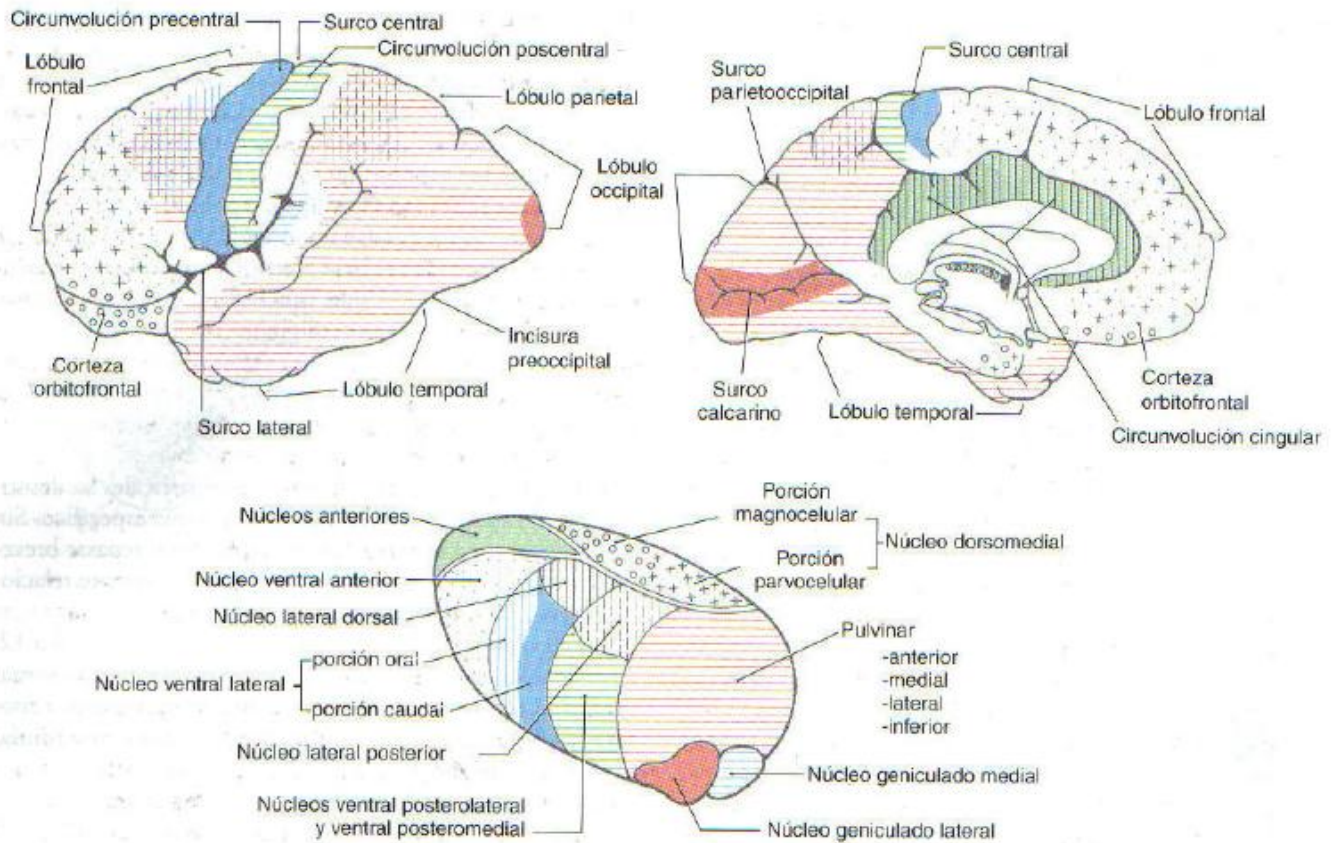
Visión lateral

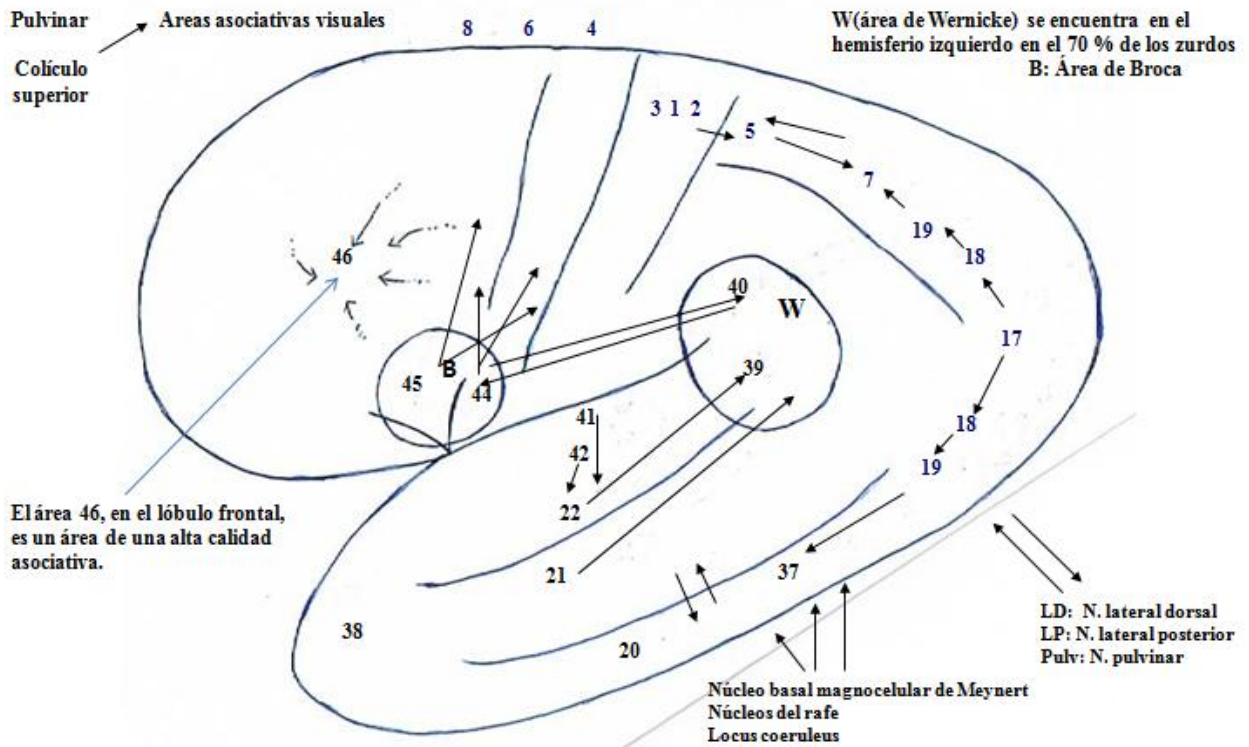
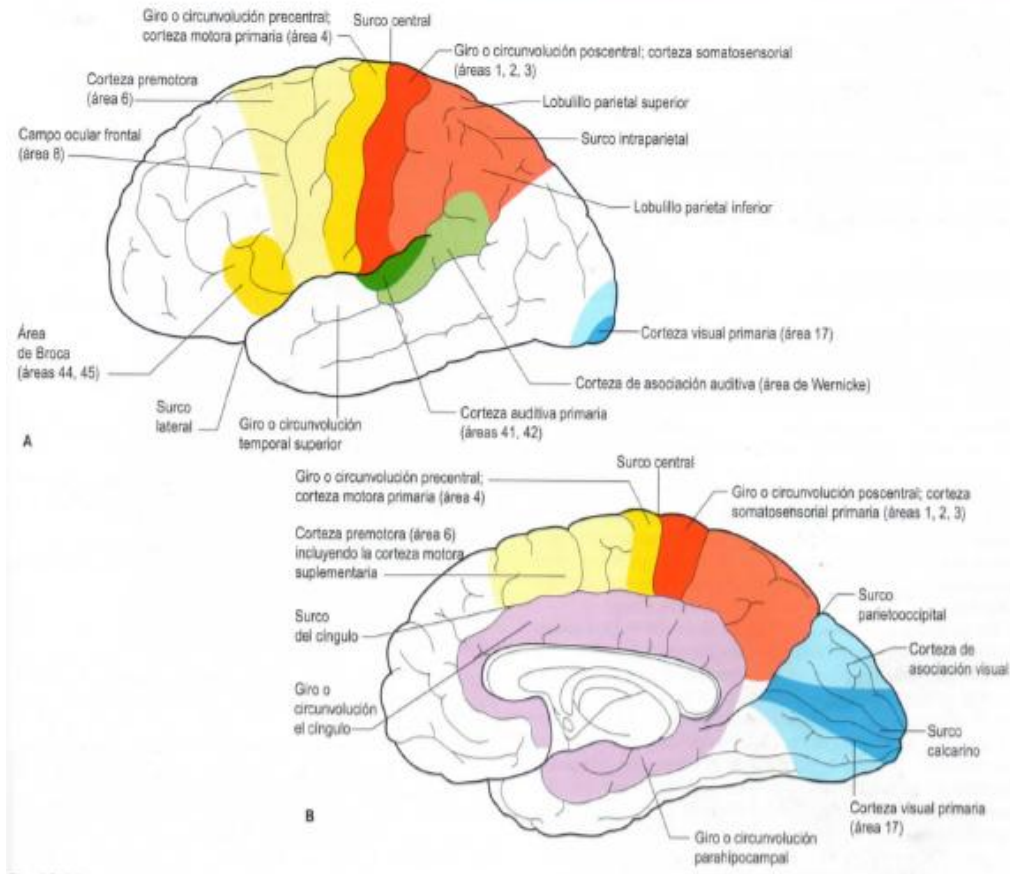


Visión medial



Visión inferior





Las áreas 39 y 40 (W, giros circunflejo y angular) reciben una amplia información de integración múltiple (somestésica, auditiva, visual) y conectan con el lóbulo frontal, con vistas a la integración global del lenguaje.

Anatomía del lenguaje

El lenguaje es la **capacidad de comunicarnos mediante símbolos organizados** según un **sistema gramatical** para describir cosas y acontecimientos y expresar ideas.

En la especie humana los **sentidos de la visión y la audición se encuentran muy vinculados al lenguaje**, aunque esta función lingüística trasciende por completo a estos dos sentidos primarios.

El lenguaje queda **representado en ambos hemisferios**, pero sólo uno de ellos controla el lenguaje y se denomina **HEMISFERIO DOMINANTE**.

En la **inmensa mayoría de personas** el hemisferio dominante es el **HEMISFERIO IZQUIERDO**. Casi todas las personas diestras y la mitad de los zurdos presentan este predominio.

El **hemisferio cerebral derecho** es el **HEMISFERIO NO DOMINANTE**.

Hay dos lugares principales encargados del lenguaje:

- **ÁREA DE BROCA**. Correspondiente a las **áreas 44 y 45 de Brodmann** localizadas en la circunvolución frontal inferior del lóbulo frontal izquierdo.

Esta área interviene en la **ELABORACIÓN del lenguaje**, en la cual asocia las palabras como tal, a la musculatura del aparato fonador, informándole de cómo debe articularlas.

El área de Broca es fundamental para la **ejecución de movimientos de los dedos**.

Su **lesión** produce **AFASIA DE BROCA** en la cual se **pierde la capacidad de hablar con fluidez**.

Estos individuos en sus vertientes más graves **pueden dejar de hablar** (mutismo) aunque su **aparato fonador está en buenas condiciones**; el problema viene cuando tratan de convertir una idea o concepto en una secuencia de sonidos con sentido.

Una afasia de Broca puede darse por **oclusión de la arteria cerebral media**, o bien por la existencia de **tumores**

- **ÁREA DE WERNICKE**. Corresponde a las **áreas 39 y 40 de Brodmann** localizadas en las circunvoluciones supramarginal o circunfleja (39) y angular (40).

Esta área interviene sobre todo en la **COMPRENSIÓN del lenguaje**, en la cual realiza una unión entre el "significado" de un concepto, y la palabra asociada a ese concepto.

Su **lesión** produce **AFASIA DE WERNICKE** la cual tiene dos síntomas principales:

- El **paciente es incapaz de comprender** lo que se le dice.
- El paciente **exhibe un habla fluida pero desprovista de sentido (jergafasia)**

Estos pacientes son mucho menos conscientes de su trastorno que los aquejados de una afasia de Broca.

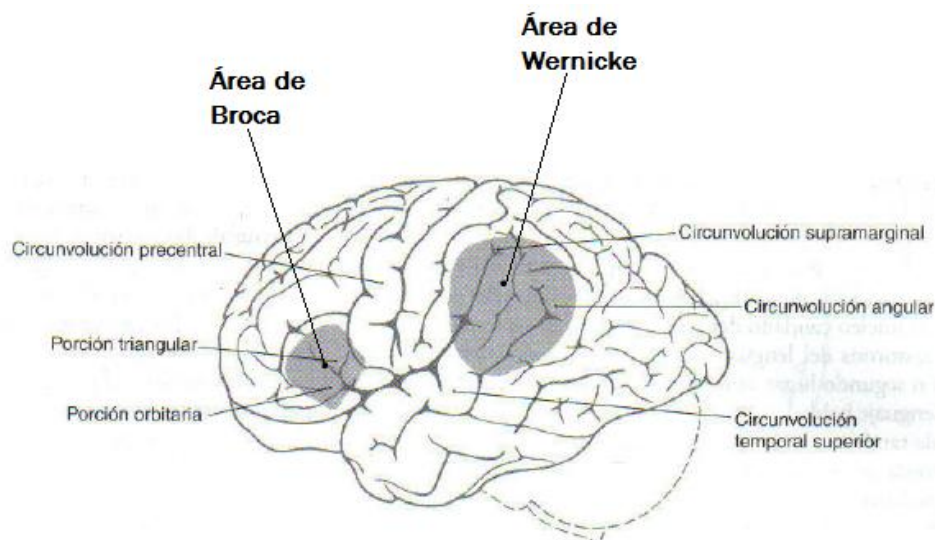
Una afasia de Wernicke puede verse desencadenada por la **oclusión de las ramas temporales y parietales de la arteria cerebral media**

Otro tipo menos frecuente de afasia es la **AFASIA DE CONDUCCIÓN** en la que se **interrumpen las conexiones** que unen las **áreas de Broca y Wernicke (FASCÍCULO ARQUEADO)**

En este trastorno el paciente puede **comprender el lenguaje normalmente** y además presenta **habla fluida**, pero es **incapaz de dar una respuesta adecuada** a una pregunta que se le haga (se interrumpe la secuencia “*comprensión → articulación de la respuesta*”)

También puede darse **AFASIA GLOBAL** por **oclusión de la arteria carótida interna izquierda** o bien la **porción más proximal de la arteria cerebral media**.

Estos pacientes tienen **lesionadas tanto el área de Wernicke, como el área de Broca y la pérdida del lenguaje es prácticamente completa.**



Además la **lesión de los NÚCLEOS BASALES**, sobre todo el **núcleo caudado izquierdo**, se ha asociado a **trastornos semejantes** a los que produce la **afasia de Wernicke**.

Las lesiones de estas zonas también afectan al **LENGUAJE NO VERBAL** como el lenguaje de signos, o bien la **lectura (Wernicke)** y la **escritura (Broca)**.

Tema 22. Anatomía de la memoria

Introducción

El aprendizaje supone **adquisición de información**, lo que a su vez implica a la **MEMORIA**.

El proceso de memoria supone **recuperar la información previamente aprendida**.

Hay dos tipos de memoria:

- **MEMORIA DECLARATIVA (explícita)**. Está **disponible en la conciencia** y se divide en dos:
 - **MEMORIA A CORTO PLAZO**
 - **MEMORIA A LARGO PLAZO**

El proceso de **POTENCIACIÓN A LARGO PLAZO** implica que cuando se dispara una sinapsis una sola vez (memoria a corto plazo) cuantas más veces se dispare dicha sinapsis, más probable es que vuelva a producirse una descarga en dicha sinapsis. Esto es la **base de la memoria a largo plazo**.

- **MEMORIA DE PROCEDIMIENTO (implícita)**. Se refiere a **habilidades motoras** que se pueden volver a repetir una vez aprendidas, pero **no es consciente**.

La memoria implícita participa de varias estructuras:

- **CEREBELO**
- **TÁLAMO MOTOR**
- **GANGLIOS BASALES**. El putamen y el núcleo caudado (**NEOESTRIADO**) reciben proyecciones de cortezas asociativas e influyen en las áreas frontales motoras.

En la **ENFERMEDAD DE HUNTINGTON** los enfermos **mantienen la memoria declarativa** pero no pueden aprender nuevas habilidades motoras.

Citoarquitectura de la corteza límbica

La corteza cerebral como hemos venido viendo se puede dividir en varias áreas según el número de capas celulares existentes.

La **mayor parte de la corteza** (más del 90%) se denomina **NEOCORTEZA** (isocorteza) y consta de las **6 capas clásicas** que ya hemos visto.

Las **regiones corticales con menos de 6 capas** están relacionadas funcional y estructuralmente con el **sistema límbico o con el olfato**, y se las denomina **ALOCORTEZA**.

- **PALEOCORTEZA** (**perialocorteza**). Son las estructuras corticales que tienen de **3 a 5 capas** y están representados por estas cortezas:
 - **CIRCUNVOLUCIÓN PARAHIPOCÁMPICA** (corteza entorrinal)
 - **UNCUS** (corteza piriforme)
 - **CIRCUNVOLUCIÓN OLFATORIA LATERAL**
- **ARQUICORTEZA** (**alocorteza**). Son las estructuras corticales que tienen únicamente **3 capas de corteza**, y son las siguientes:
 - **CIRCUNVOLUCIÓN DENTADA**
 - **HIPOCAMPO**

La **transición entre neocorteza y alocorteza** nunca es brusca, sino que existen zonas de **transformación gradual**.

Dichas zonas de transformación se corresponden a **cortezas que asocian la información** entre **neocorteza y alocorteza**.

Memoria declarativa

Sistema límbico

Como dijimos en la unidad 13, el sistema límbico que está formado por numerosas estructuras corticales y subcorticales tiene que ver con lo **emocional y con la MEMORIA**.

El sistema límbico está formado por:

- **NÚCLEO DORSOMEDIAL del tálamo**
- **NÚCLEOS ANTERIORES del tálamo**
- **NÚCLEOS SEPTALES**
- **COMPLEJO AMIGDALINO**
- **COMPLEJO HIPOCAMPAL**
- **CORTEZA PREFRONTAL**
- **NÚCLEO ACCUMBENS**

Hay distintos aspectos de la memoria que se relacionan con distintos núcleos de este sistema:

La **evocación del recuerdo** está relacionada con la **CORTEZA PREFRONTAL**, y se ha demostrado que su estimulación **permite recordar hechos del pasado**.

El **interés que se le preste a algo** se relaciona mucho con la **fijación** de ese algo en la memoria. En este proceso de atención interviene el **COMPLEJO AMIGDALINO**.

La **AMÍGDALA** está muy relacionada con lo **emotivo**, y si asociado a un suceso hay un **factor emocional**, esto **facilita la retención mnesica** (memorística) del suceso.

Las **aferecias amigdalinas** llegan a **zonas de procesamiento superior**; si al mismo tiempo llegan aferecias desde **zonas de recompensa** como el **NÚCLEO ACCUMBENS**, existe un refuerzo positivo.

El **COMPLEJO HIPOCAMPAL** registra la información en **circuitos reverberantes** (laberínticos) desde donde se **transfiere a sus lugares de almacenamiento** en las **cortezas asociativas**.

El **HIPOCAMPO** está relacionado por tanto con la **memoria a corto plazo**.

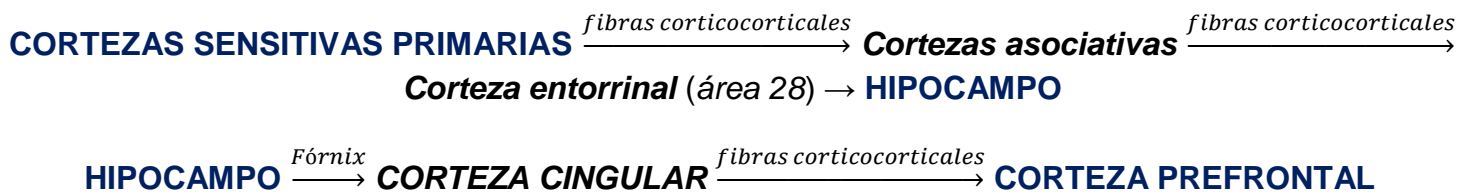
Existe una salida desde el hipocampo mediante el FÓRNIX, lo que formará el CIRCUITO DE PAPEZ.

Las **CORTEZAS ASOCIATIVAS** recogen información sensorial, asociando las distintas modalidades entre sí, y **después enviándolas al hipocampo**.

Desde el **HIPOCAMPO** surgen de nuevo **impulsos hacia las cortezas asociativas** mediante el **ÁLVEO**, que se convierte en **FIMBRIA** que forma el **FÓRNIX**.

Álveo → Fimbria del hipocampo → FÓRNIX

Podríamos esquematizar de forma muy sencilla el proceso de memoria en el siguiente diagrama:



Formación hipocampal

Como ya hemos dicho en temas anteriores el hipocampo está compuesto por los siguientes elementos:

- **SUBÍCULO**
- **HIPOCAMPO** (*asta de Amón*)
- **CIRCUNVOLUCIÓN DENTADA**

El **SUBÍCULO** es el **área de transición** entre el **HIPOCAMPO** (*alocorteza*) y la **CORTEZA ENTORRINAL** (*perialocorteza*) de la circunvolución parahipocámpica.

La **CIRCUNVOLUCIÓN DENTADA** y el **HIPOCAMPO** están formados por **tres capas**:

- **CAPA MOLECULAR** (I). Contiene **axones aferentes** y **dendritas de las células propias** de cada estructura
- **CAPA GRANULAR** (Circunvolución dentada)
- **CAPA PIRAMIDAL** (Hipocampo)

La **CAPA II** es **diferente en cada una de estas dos estructuras** y contiene las **estructuras intrínsecas** de cada estructura.

- **CAPA MULTIFORME** (III)

La **parte más interna del HIPOCAMPO** bordea la **pared del ventrículo lateral** y es una capa de axones mielínicos que se denomina **ÁLVEO** y se continúa con la **FIMBRIA DEL HIPOCAMPO** que a su vez se convierte en el **FÓRNIX**.

El **HIPOCAMPO** puede dividirse en **4 áreas** según criterios citoarquitectónicos:

- **CA1**. Región **parvocelular** de **dos capas**, que se localiza entre subículo e hipocampo, muy sensible a la isquemia.
- **CA2**. Poco desarrollada en humanos
- **CA3**. Región **magnocelular**
- **CA4**. Se encuentra en la **unión entre hipocampo y circunvolución dentada**

La **principal proyección aferente** al hipocampo procede de la **CORTEZA ENTORRINAL** que terminan en la CAPA MOLECULAR de la circunvolución dentada.

Las **células de la circunvolución dentada** proyectan a **CA3**, las cuales conectan con **CA1** que a su vez proyecta hacia el **SUBÍCULO**.

CIRCUNVOLUCIÓN DENTADA → CA1 → CA3 → SUBÍCULO → Fórnix...

El **FÓRNIX** es la **principal vía eferente** desde el hipocampo y surge de la **FIMBRIA HIPOCAMPAL**.

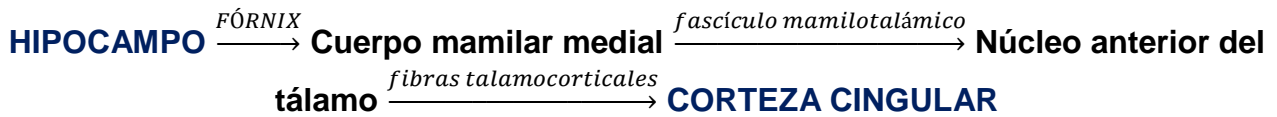
Es una **vía glutamatérgica** que termina en tres lugares principalmente:

- **CUERPO MAMILAR MEDIAL**
- **¿NÚCLEO VENTROMEDIAL del hipotálamo?**
- **NÚCLEOS ANTERIORES del tálamo**

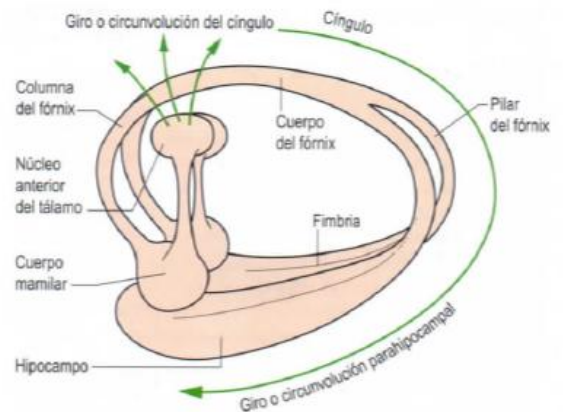
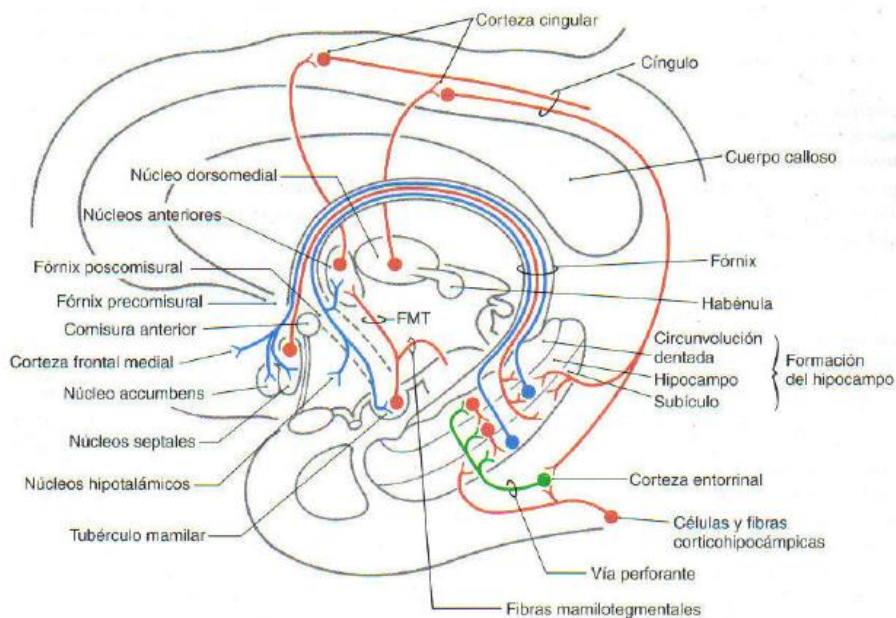
Circuito de Papez

El circuito de Papez es básicamente una **proyección** desde el **COMPLEJO HIPOCAMPAL** al **CUERPO MAMILAR MEDIAL**.

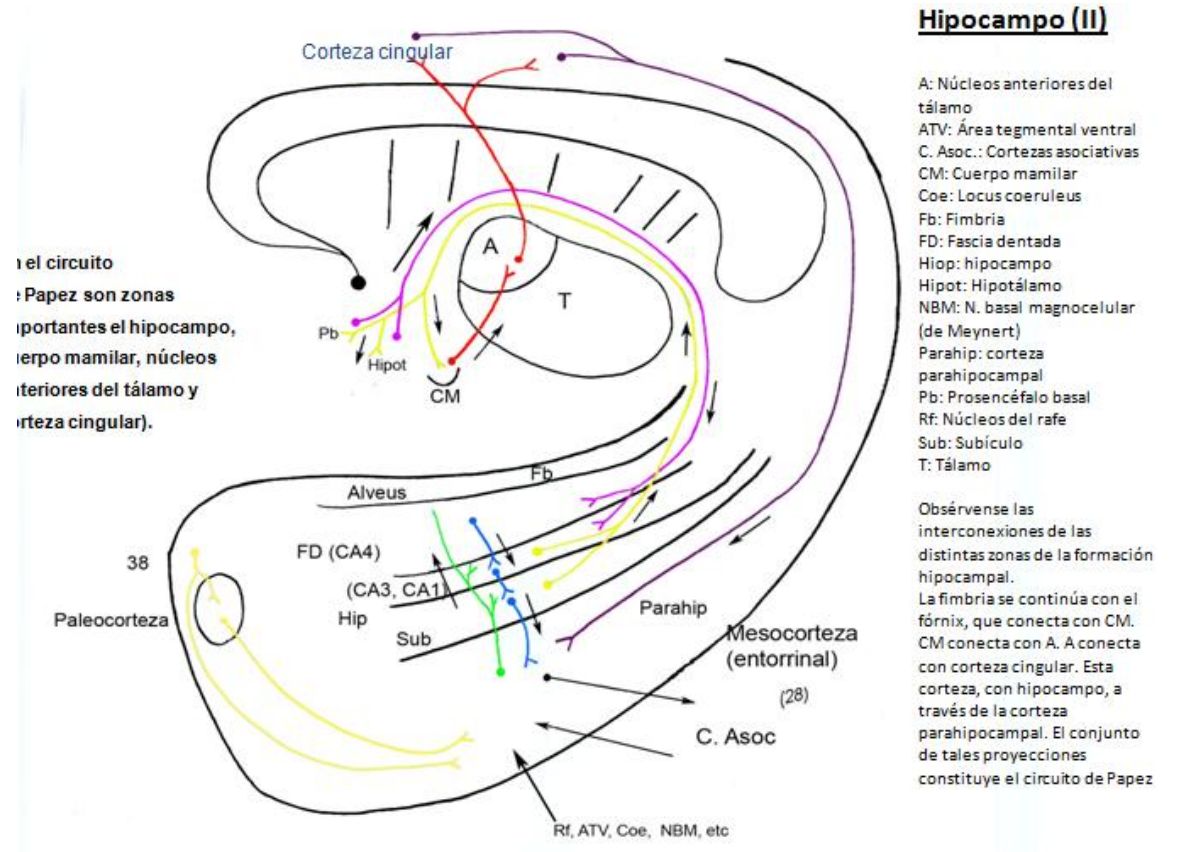
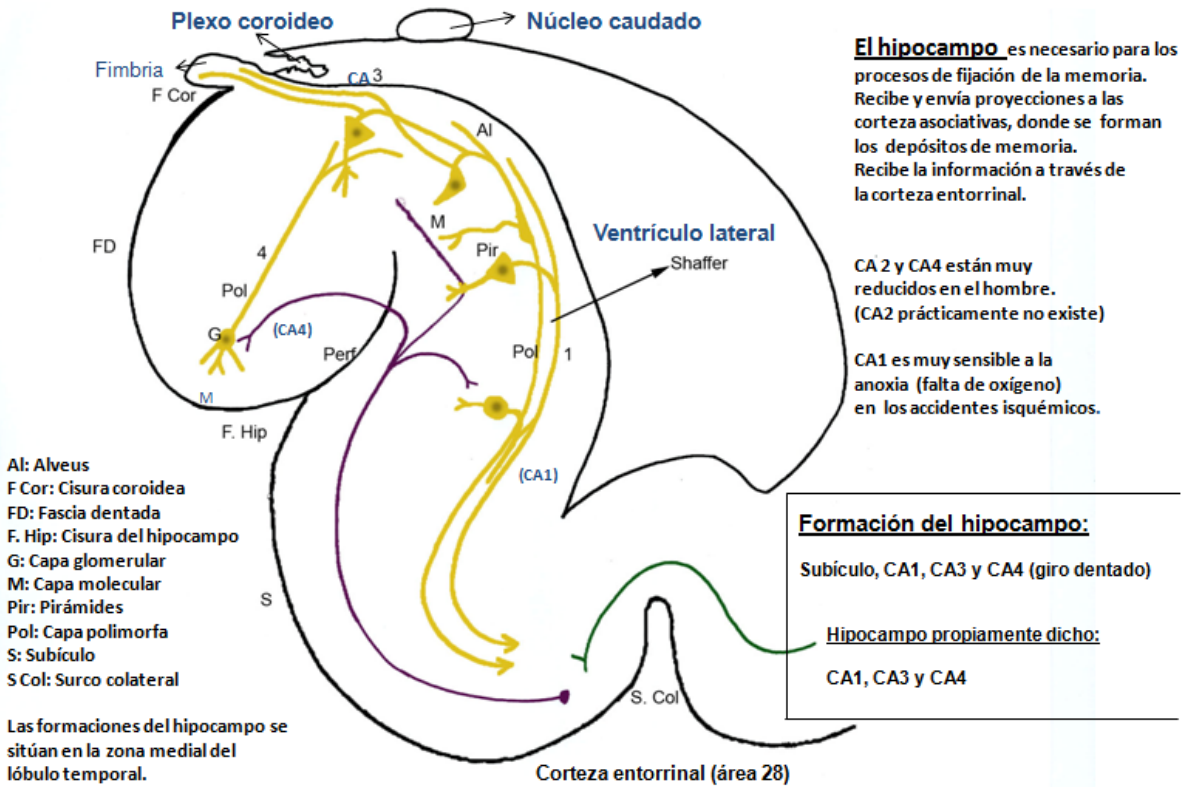
El esquema es el siguiente:



Desde la **corteza cingular** se proyecta a la **CORTEZA ENTORRINAL**.



Imágenes del sistema hipocampal



Memoria declarativa y corteza cerebral

La corteza cerebral es fundamental en los procesos de memoria declarativa, ya que **recibe varios tipos de impulsos relacionados y almacena la información que le llega.**

La **acetilcolina** es un neurotransmisor muy importante para la **fijación de la memoria a largo plazo**, lo que explica que durante la **FASE DE SUEÑO PARADÓJICO (REM)** la gran actividad colinérgica provoque fenómenos de fijación de memoria.

Uno de los núcleos colinérgicos más importante es el **NÚCLEO BASAL DE MEYNERT (sustancia innominada)** que actúa sobre la **corteza y el hipocampo** proporcionándoles un **tono basal**.

Este núcleo se ve muy afectado en la **ENFERMEDAD DE ALZHEIMER**, lo que explica que los enfermos sean incapaces de pasar de la memoria a corto plazo a memoria a largo plazo.

Los **depósitos de memoria** están ampliamente repartidos en **CORTEZAS ASOCIATIVAS**, que almacenan la información procedente del hipocampo.

Curioso es el hecho de que para las **memorias que codifican para imágenes con sentido**, las **áreas asociativas serán de tipo UNIMODAL** (visual).

Las **CORTEZAS ASOCIATIVAS** están a su vez **conectadas con el HIPOCAMPO** de forma **bidireccional**.

Las cortezas más importantes para este trasiego bidireccional de información son las siguientes:

- **CORTEZA CINGULAR**, resaltándose su importancia en procesos que requieran atención.
- **CORTEZA PREFRONTAL DE LA CONVEXIDAD**
- **CORTEZA PARIETAL POSTERIOR**

Estas tres zonas además están **interconectadas**.

La corteza asociativa por excelencia es la **CORTEZA PREFRONTAL** desde donde surge la **activación de estas redes neurales**.

Dentro de ésta corteza, la **CORTEZA ORBITARIA MEDIAL** se relaciona estrechamente con la **parte superior del hipocampo**.

La corteza prefrontal también tiene una gran relación con el **NÚCLEO DORSOMEDIAL del tálamo**, en un circuito de **ida y vuelta**.

Patología de la memoria

Amnesia

Las amnesias consisten en **pérdidas de memoria**, y pueden deberse a los siguientes factores:

- **Amnesias vasculares**
- **Amnesias tumorales**
- **Amnesias traumáticas**
- **Amnesias por cirugía**
- **Amnesias por infección**
- **Amnesias por deficiencia de vitamina B₁ (SÍNDROME DE WERNICKE-KORSAKOFF)**
- **Amnesia por electroconvulsión**

Síndrome de Wernicke-Korsakoff

Se trata de una patología amnésica producida por el **déficit de vitamina B₁** (tiamina) que se observa específicamente en **alcohólicos crónicos**.

Se caracteriza por el **déficit en el aprendizaje de nueva información**, por lo que observamos **AMNESIA RETRÓGRADA** (tiene dificultad en recordar sucesos desde que comenzó el trastorno).

Presenta un cuadro clínico con **ataxia, confusión y psicosis**.

Es característica en estos enfermos la **FABULACIÓN**, es decir, cogen fragmentos dispersos de historias y los ensartan para **construir recuerdos sintéticos** que jamás han ocurrido.

El paciente presenta **cambios en la personalidad, apatía y aplanamiento afectivo**.

En esta enfermedad anatómicamente quedan **implicadas estructuras del CIRCUITO DE PAPEZ**, especialmente los **cuerpos mamilares**, que se destruyen.

Enfermedad de Alzheimer

Se trata de una **enfermedad neurodegenerativa muy característica** y con una cierta prevalencia. En esta enfermedad la **corteza cerebral está muy retraída** y los surcos se ven muy pronunciados.

La enfermedad comienza a manifestarse en la **corteza vecina al hipocampo**:

- **CORTEZA SUBICULAR**
- **CORTEZA ENTORRINAL**

Como resultado el **flujo de información** a través de la **FORMACIÓN HIPOCÁMPICA** queda **notablemente deteriorado** y con ello se **dificulta la consolidación memorística** (mnesica).

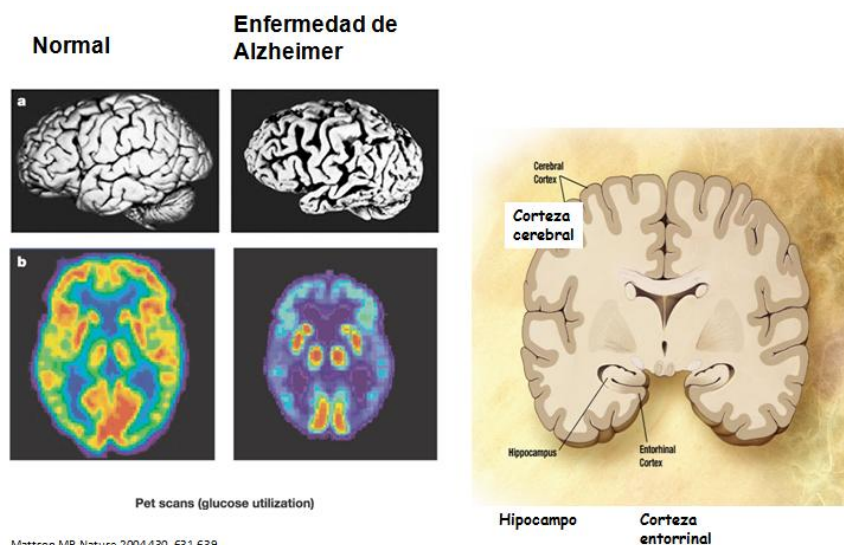
Una estructura que queda especialmente afectada es el **NÚCLEO BASAL MAGNOCELULAR DE MEYNERT**, que es una **proyección colinérgica** que ayuda a la **fijación de la memoria a largo plazo**.

Las estructuras afectadas también participan en el **componente emocional del sistema límbico** por lo que también observamos **frecuentes cambios de humor en los afectados**.

La enfermedad prosigue desde estas localizaciones hacia la **neocorteza más superior**, y las **conexiones** se van viendo **progresivamente deterioradas**.

Observamos **alteraciones en la fijación de la memoria**, **trastornos del sueño** y **alteraciones conductuales**.

El Alzheimer puede verse producido debido a **fallos en la proteína priónica normal**, con efectos antioxidantes.



Casos clínicos

Estos casos clínicos pueden ilustrar lo que ocurre con la lesión en diversos componentes de la anatomía de la memoria:

Caso HM (Hipocampo y amígdala)

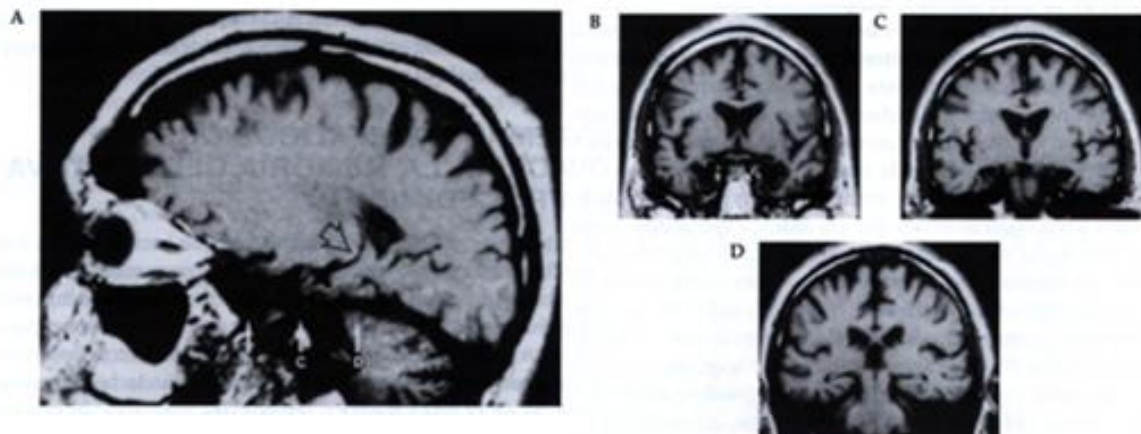
Individuo de 27 años que durante más de 10 años tuvo ataques epilépticos. Como remedio se extirparon los siguientes elementos:

- **LÓBULOS TEMPORALES ANTERIORES** (porción medial)
 - **CORTEZA ENTORRINAL**
 - **CORTEZA PERIRRINAL**
 - **COMPLEJO AMIGDALINO**
 - **HIPOCAMPO ANTERIOR** (bilateralmente)

La **amígdala** como decíamos **refuerza el componente emocional multimodal**, ya que establece amplias conexiones recíprocas con áreas asociativas.

Tras la intervención HM recuerda la mayor parte de acontecimientos 5 años antes de la cirugía.

- La resulta **imposible formar memoria nueva (a largo plazo)**
- **Carece de memoria a corto plazo**
- Repetición de dígitos normal (**memoria inmediata inalterada**)
- Su **memoria implícita (de movimientos)** estaba intacta.



Caso RB

Estuvo en **isquemia cerebral** debido a una operación a corazón abierto.

La lesión se produjo en el **ÁREA CA1 del HIPOCAMPO** (muy sensible a la isquemia), lo que le produjo **amnesia anterógrada** a la operación.

Caso NA

Militar de 22 años sufre un accidente mientras practicaba esgrima. El florete de su adversario penetra por su orificio nasal derecho, perforando la base del cráneo

La lesión se ubicó en el **TÁLAMO MEDIAL**.

Tras 21 años desde la lesión, el paciente **no recuerda nada desde la lesión**, ni 6 meses antes del accidente, por lo que vive anclado en el pasado.

Es **incapaz de recordar a una persona de una vez para otra**.

Su **memoria verbal** estaba mucho **más afectada que la visual**.

El cuadro clínico se denominó en conjunto **AMNESIA TALÁMICA**.

Resumen

En la memoria declarativa intervienen las siguientes estructuras:

- **ESTRUCTURAS CORTICALES**
- **ESTRUCTURAS SUBCORTICALES**
 - **TÁLAMO**
 - **CUERPOS MAMILARES** del hipotálamo
 - **AMÍGDALA**

Globalmente el **SISTEMA LÍMBICO** está encargado de los procesos de **memoria declarativa**.

Tema 23. Sistemas ascendentes inespecíficos. Anatomía del sueño

Vías ascendentes inespecíficas

Existen **vías ascendentes** que se dirigen al **tálamo** y pueden ser tanto **específicas** como **inespecíficas**.

Existen también **vías no talámicas inespecíficas** procedentes de varios núcleos.

Vías específicas

Son vías sensoriales que se dirigen a **NÚCLEOS RELÉ** del tálamo.

Desde el **tálamo se dirigen a la corteza cerebral**, concretamente a la **CAPA GRANULAR INTERNA (IV)**.

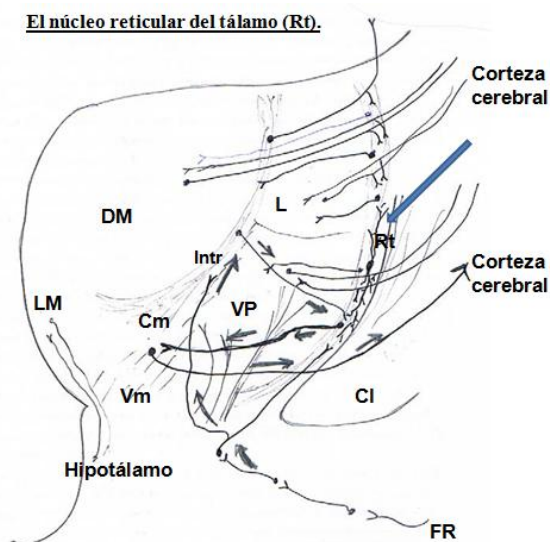
Vías inespecíficas talámicas

Ascienden al tálamo mediante la **FORMACIÓN RETICULAR** que **pone en alerta** al conjunto de la **corteza cerebral**.

Llegan por **vía polisináptica** a través del **HAZ CENTROTEGMENTAL**, que sinapta con los **núcleos intralaminares**.

Los **núcleos intralaminares** sinaptan con el **NÚCLEO RETICULAR** del tálamo que conecta **indirectamente con la corteza** a partir de los **NÚCLEOS PARALAMINARES**.

Las conexiones llegan desde los núcleos paralaminares a la **CAPA MOLECULAR (I)** de la corteza.



La **CAPA MOLECULAR (I)** en el electroencefalograma origina los **husos del sueño** al existir actividad eléctrica en ella.

El **NÚCLEO RETICULAR** del tálamo a su vez envía conexiones a la **FORMACIÓN RETICULAR** del tronco del encéfalo.

Las vías inespecíficas se dirigen van a **varias capas celulares de la corteza** y además a **varias cortezas** viajando siempre en sentido horizontal.

Vías inespecíficas extratalámicas

No pasan por el tálamo y se dirigen a varias zonas de la corteza.

Proceden de las siguientes localizaciones:

- **SUSTANCIA NEGRA** del mesencéfalo. Las fibras de esta vía son **dopaminérgicas** y proyectan a la corteza.

Sus proyecciones llegan a tres capas de la corteza:

- **CAPA MOLECULAR (I)**
- **CAPA PIRAMIDAL INTERNA (V)**
- **CAPA MULTIFORME (VI)**

Proyecta a las siguientes cortezas:

- **CORTEZA MOTORA PRIMARIA (MI)**
- **LÓBULOS FRONTAL, OCCIPITAL, PARIETAL y TEMPORAL**

Estas proyecciones directas a la corteza cumplen **funciones cognitivas**.

- **NÚCLEOS DEL RAFE** del tronco del encéfalo. Las fibras de los núcleos del rafe son **serotoninérgicas** y se distribuyen ampliamente por la corteza.

Los núcleos del rafe que más intervengan serán los **más altos**:

- **Núcleo dorsal del rafe**
- **Núcleo central superior del rafe**

Los núcleos del rafe envían proyecciones sobre todo a la **CAPA GRANULAR INTERNA (IV)** de la corteza (también recibía las proyecciones talamocorticales).

Estos núcleos intervienen en **funciones muy importantes**:

- ❖ Control del ciclo vigilia-sueño
- ❖ Control del ánimo (euforia-depresión)
- ❖ Emociones
- ❖ Dieta
- ❖ Temperatura
- ❖ Conducta sexual

Como hemos dicho estos núcleos son **serotoninérgicos (5-HT)**; es curioso resaltar que casi todos los alucinógenos tienen efectos serotoninérgicos.

- **LOCUS COERULEUS** del tronco del encéfalo. Proyecta con **muy pocas neuronas** hacia la corteza.

Estas proyecciones son **noradrenérgicas** y llegan a la **CAPA MULTIFORME (VI)** de la corteza cerebral.

Este sistema proyecta a las siguientes zonas de la corteza:

- **CORTEZA MOTORA**
- **CORTEZA SOMATOSENSORIAL**
- **CORTEZAS ASOCIATIVAS FRONTALES y PARIETALES**

Las neuronas del **LOCUS COERULEUS** están más activas durante la vigilia y en estados de **atención y stress**.

Parece que estas proyecciones noradrenérgicas tienen influencia sobre la **inhibición motora** que observamos durante el **sueño REM**.

- **SISTEMA COLINÉRGICO**. Ascende por delante del tálamo y conecta con amplias zonas de los hemisferios cerebrales como el **NÚCLEO BASAL MAGNOCELULAR DE MEYNERT** (también **colinérgico**).

Las conexiones a la corteza llegan a las siguientes capas:

- **CAPA MOLECULAR (I)**
- **CAPA PIRAMIDAL EXTERNA (III)**
- **CAPA GRANULAR INTERNA (IV)**

El **NÚCLEO BASAL MAGNOCELULAR DE MEYNERT** también envía conexiones a la corteza.

El origen de las vías colinérgicas que conectan hacia la corteza es:

- **NÚCLEO PEDUNCULOPONTINO**
- **NUCLEO LATERODORSAL**

Este sistema interviene en los siguientes procesos:

- ❖ Control del ciclo vigilia-sueño
- ❖ Procesos de activación cortical
- ❖ Procesos de consolidación de la memoria
- ❖ Procesos sensoriales de color, dolor sabor, etc...

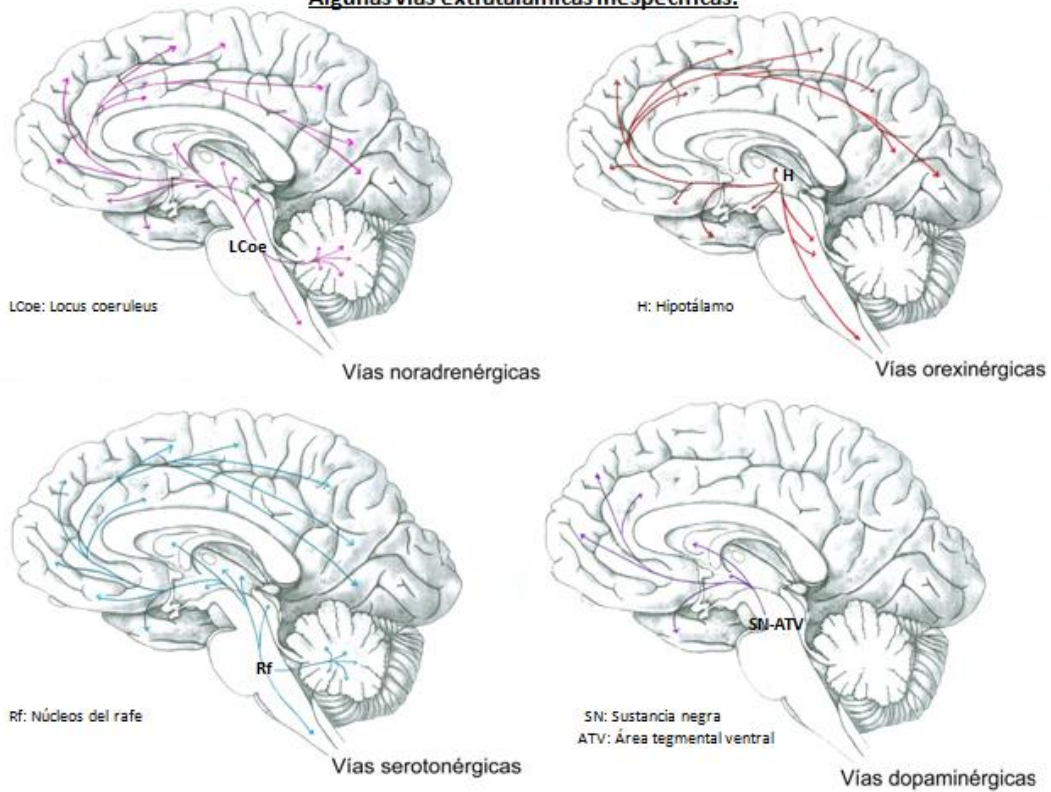
En la enfermedad de Alzheimer se da una importante **alteración de los sistemas colinérgicos**.

- **SISTEMA HISTAMINÉRGICO**. Sus **funciones son poco conocidas** y conecta ampliamente con la corteza cerebral.

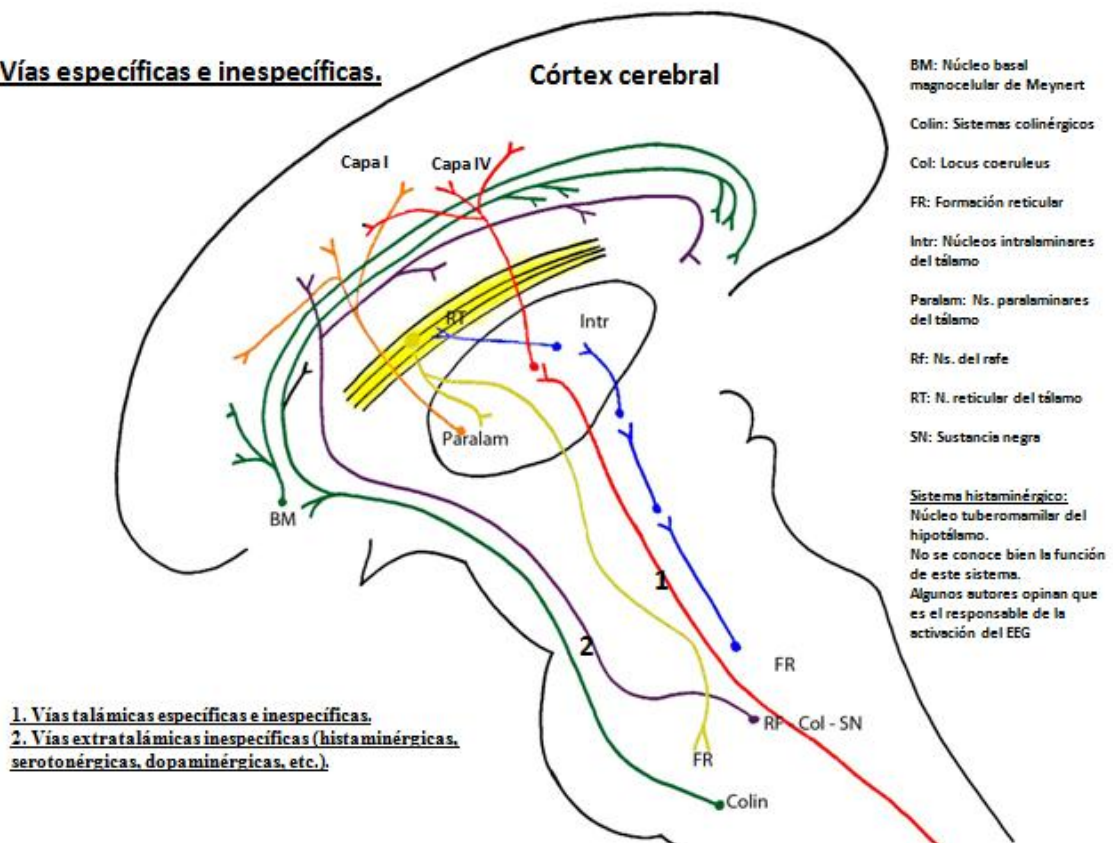
Procede del **NÚCLEO TUBEROMAMILAR** del hipotálamo

Imágenes de las vías inespecíficas

Algunas vías extratálámicas inespecíficas.



Vías específicas e inespecíficas.



Anatomía del sueño

Todos los animales, incluso aquellos unicelulares, tienen **actividades de reposo y vigilia**.

El sueño se caracteriza por las siguientes particularidades:

- **Requiere** de una **postura adecuada y ambiente adecuado**
- La **motilidad gastrointestinal** se ve **disminuida**
- El **umbral de reactividad** está **disminuido**
- Se producen **cambios electroencefalográficos**
- Es **reversible** (única diferencia con respecto al coma)

Son indicadores del sueño los siguientes hechos:

- *Electroencefalograma*
- *Movimientos oculares*
- *Tono muscular*

Como curiosidad, **algunos animales** (acuáticos de respiración aérea) como los delfines, pueden **dormir con un solo hemisferio cerebral**, mientras que el otro permanece alerta para salir a respirar.

El sueño **REM (SUEÑO PARADÓJICO)** forma el **25% del sueño total**, aunque va disminuyendo en cuantía cuando aumenta la edad:

- El **niño está casi todo el día durmiendo** y tiene **mucho sueño REM**
- El **anciano pasa poco tiempo durmiendo** y el **porcentaje de sueño REM es muy bajo**

Es curioso remarcar que la gente con **infecciones bacterianas** fisiológicamente **duermen durante un número mayor de horas**, ya que parece que péptidos (**PÉPTIDOS MURAMÍLICOS**) presentes en las paredes celulares bacterianas **inducen al sueño**.

El **sueño REM** es un sueño en el que la **actividad encefalográfica aumenta de forma súbita** y además aumenta el **metabolismo cerebral**; es por esto que también se llama **SUEÑO PARADÓJICO**, ya que paradójicamente aunque estemos durmiendo, nuestro cerebro tiene una actividad similar a la vigilia.

Podemos dividir el sueño en **dos fases**, aunque en neurofisiología lo veremos con mayor detalle:

- **SUEÑO LIGERO**. Durante esta fase se **activa** el **NÚCLEO RETICULAR** del tálamo el cual actúa sobre la corteza indirectamente.

El **NÚCLEO RETICULAR** del tálamo **proyecta** hacia los **NÚCLEOS INTRALAMINARES** que son los que **proyectan de forma directa** sobre la corteza.

- **SUEÑO PROFUNDO**. Durante esta fase en cambio se **activa** el **NÚCLEO DORSOMEDIAL** del tálamo que proyecta a la **corteza prefrontal**.

La **CORTEZA PREFRONTAL** interviene mucho en la **regulación del sueño profundo**, además de otros procesos como la planificación de acciones a largo plazo, y la evocación de recuerdos.

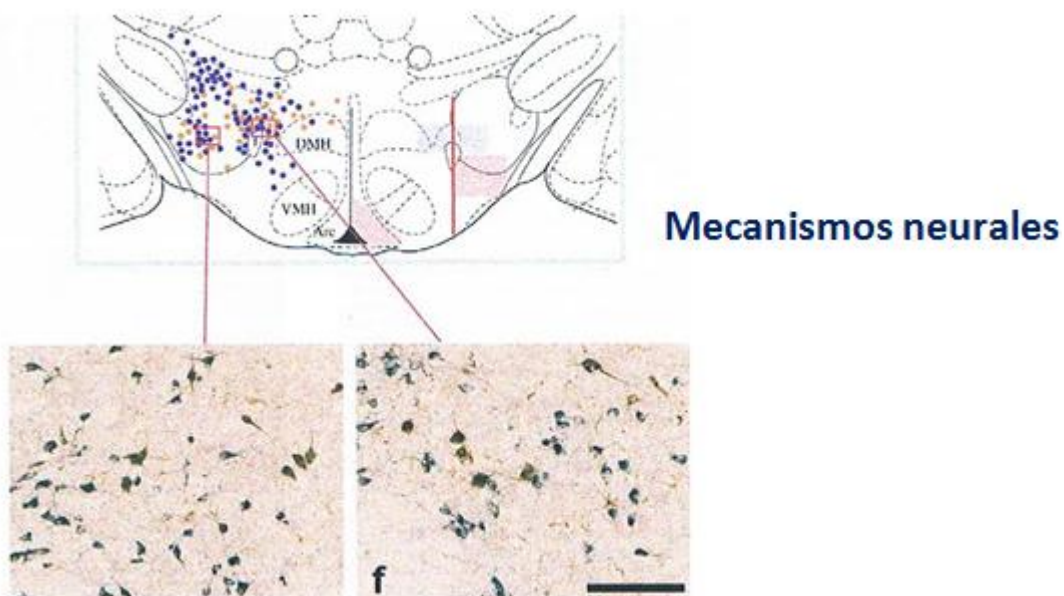
La patología del **INSOMNIO FAMILIAR GRAVE** se da cuando proteínas priónicas destruyen este núcleo.

La **REGIÓN PREÓPTICA** se encuentra en la parte más anterior del hipotálamo e interviene en la **regulación del sueño**.

Es una región **HIPNOGÉNICA** (induce al sueño) y también se encarga de **regular la temperatura corporal**, que desciende en las fases más profundas del sueño.

Su **lesión** provoca **activación del electroencefalograma**.

La **REGIÓN POSTEROLATERAL** del tálamo es rica en **orexinas**, que son péptidos que **favorecen el estado de vigilia** al conectar con neuronas aminérgicas.



Control del sueño

El control del sueño y la vigilia depende de la modulación de los **núcleos del TÁLAMO** y de la **CORTEZA CEREBRAL** por parte de **vías ascendentes inespecíficas**.

- **LOCUS COERULEUS**

- **Vigilia.** Muy activo
- **Sueño de ondas lentas.** Activo
- **Fase REM.** Inactivo

- **NÚCLEOS DEL RAPE**

- **Vigilia.** Muy activo
- **Sueño de ondas lentas.** Activo
- **Fase REM.** Inactivo

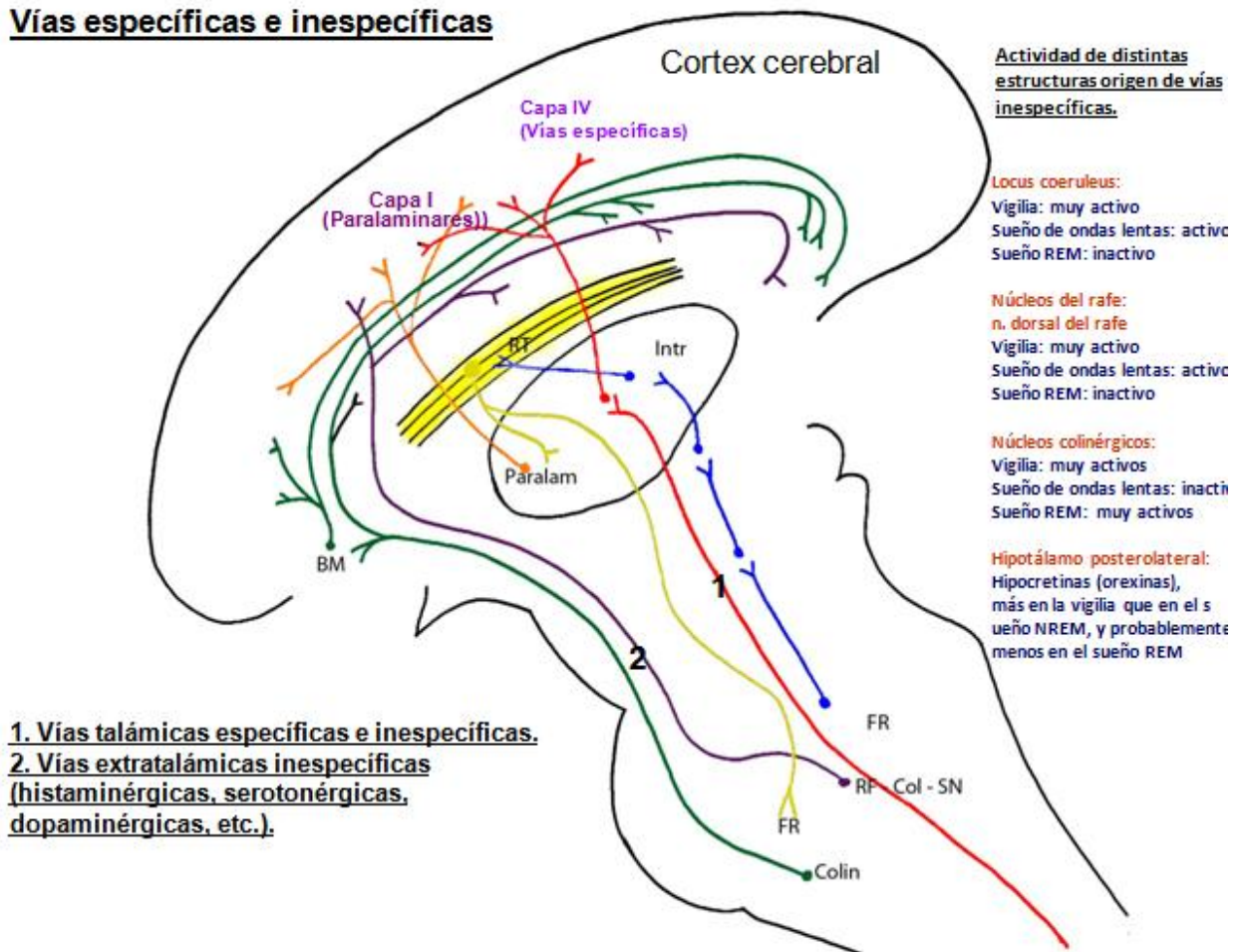
- **NÚCLEOS COLINÉRGICOS**

- **Vigilia.** Muy activo
- **Sueño de ondas lentas.** Inactivo
- **Fase REM.** Muy activo

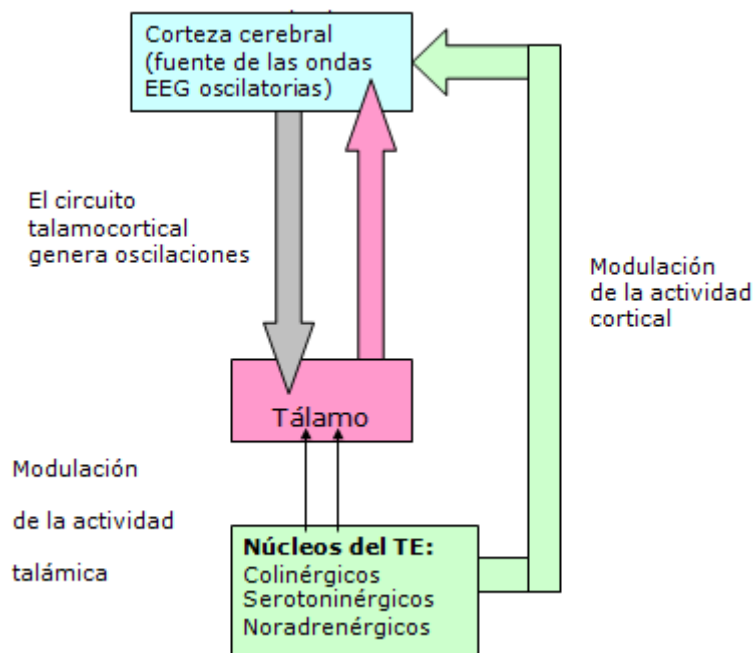
- **HIPOTÁLAMO POSTEROLATERAL**

- **Vigilia.** Nivel alto de orexinas
- **Sueño de ondas lentas.** Nivel medio de orexinas
- **Fase REM.** Nivel bajo de orexinas

Vías específicas e inespecíficas



Para las **VÍAS ESPECÍFICAS** interviene el **núcleo reticular del tálamo** sobre los **núcleos paralaminares** que a su vez actúan sobre la **capa molecular (I)** de la corteza cerebral.



Relojes biológicos

Existen zonas anatómicas en el sistema nervioso central que establecen **relojes biológicos de oscilación** que regulan fundamentalmente los siguientes parámetros:

- Ciclo sueño-vigilia
- Sueño REM-noREM
- Fase inspiratoria y espiratoria

Estos parámetros quedan regulados por gran variedad de ciclos:

- **CICLOS CIRCADIANOS.** Duran de **24 a 28 horas.**

Un ejemplo de este tipo de ciclos es el que ejerce el **NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO** gracias a las **conexiones que recibe de la retina**, lo que ayuda a regular el **ciclo vigilia-sueño** en función de las horas de luz.

El **NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO** recibe **proyecciones retinianas** que informan acerca de las horas de luz.

Además es influido por serotonina, óxido nítrico, dopamina y melatonina, lo que hace variar la **cantidad de neurotransmisor (GABA) del núcleo siguiendo ciclos.**

- **CICLOS ULTRADIANOS.** Duran **menos de 24 horas.**

Un ejemplo de este tipo es el que ejercen los **NÚCLEOS COLINÉRGICOS y AMINÉRGICOS** del tronco del encéfalo que regulan la **cantidad de sueño REM-noREM.**

En las **fases REM y en el sueño profundo** las **vías aéreas están colapsadas** y por eso hay ronquidos.

- **CICLOS SUPRADIANOS.** Duran más de **24-28 horas.**

Un ejemplo de este tipo es el **ciclo menstrual** que viene regulado por los **núcleos neurosecretorios del hipotálamo.**

Ensueños

Durante el **sueño REM** el **NÚCLEO RETICULAR ACTIVADOR** del tronco del encéfalo está **activado**, lo que explica el **movimiento ocular rápido**.

Los **NÚCLEOS RELÉ** del tálamo **activan** estructuras corticales concretas como **cortezas visuales y táctiles**, y por ello durante el SUEÑO REM los **ensueños son cinematográficos y en color**.

También hay **activación** de **ESTRUCTURAS LÍMBICAS**:

- **CORTEZA CINGULAR ANTERIOR**
- **COMPLEJO AMIGDALINO**

Esto explicaría los **fenómenos altamente emotivos** que aparecen durante los sueños, debido a que estas estructuras límbicas **funcionan de forma autónoma**, a veces causando **emociones que no tienen que ver con el sueño**, como risa, llanto...

Observamos **activación** también de los **GANGLIOS BASALES** y del **CEREBELO** que como ya sabemos **regulan el movimiento**.

Esta activación explicaría los **movimientos ficticios de los sueños**.

Vemos **activación** en **CORTEZAS ASOCIATIVAS**:

- **LÓBULILLO PARIETAL INFERIOR** (*área de Wernicke*)
- **CORTEZAS OCCIPITALES** (*visuales*)

Esto explicaría las **imágenes que observamos en los ensueños** y las **conversaciones ficticias** que mantenemos.

La **CORTEZA PREFRONTAL**, importante en los procesos mentales como la **lógica**, está **inhibida en el sueño REM**, lo que explicaría el **surrealismo** de las situaciones que experimentamos en los ensueños.

Durante el **sueño noREM** se produce una **inhibición de las zonas activas** en el REM y una **activación de las inhibidas**.

Esto podría explicar el hecho de que los **sueños durante el noREM sean mucho más abstractos** (sin imágenes, ni estímulos somatosensoriales)

Clínica

La enfermedad del **INSOMNIO FAMILIAR GRAVE** se altera la **proteína priónica fisiológica**.

Observamos **proteínas priónicas anómalas** que se transmiten de las zonas de origen a la corteza cerebral en **sentido retrógrado** (dirección contraria al impulso nervioso).

Las proteínas priónicas patológicas se distribuyen sobre todo por las siguientes capas celulares de la corteza cerebral:

- **CAPA PIRAMIDAL INTERNA (V)**
- **CAPA MULTIFORME (VI)**

Existen **lesiones** en el **NÚCLEO RETICULAR PONTINO ORAL** (*zona ventral paramediana*) que es el centro que **regula la inducción a la fase REM**

También existe **incapacidad de entrar en el sueño profundo**, lo que provoca una **degeneración mental progresiva** que se extiende a lo largo de varios años hasta finalmente provocar la **muerte**.

Existe una importante relación entre el aprendizaje, la hormona somatotropa (GH) y el sueño REM, por lo que estos individuos tienen gran cantidad de **defectos en el aprendizaje**.

El trastorno del insomnio familiar grave es un **trastorno autosómico dominante**.

La **VÍA ASOCIATIVA VISUAL VENTRAL** se encarga de los siguientes aspectos visuales:

- **Vía parvocelular (P, X)**. **Reconoce objetos en cuanto a detalles y color**, es la vía de **“qué” es el objeto**
- **Vía magnocelular (M, Y)**. Se encarga de la **visión espacial del objeto**, en cuanto a posición, forma del mismo, y movimiento, es la vía de **“dónde” está el objeto**.

La lesión de esta vía asociativa visual produce **ANONIRIA** (**sueños sin imágenes visuales**).

VASOS Y MENINGES DEL ENCÉFALO



Neuroanatomía

Índice de contenidos

- *Tema 24. Vascularización del sistema nervioso central*_____ 378
- *Tema 25. Sistema ventricular y meninges:*_____ 394

Tema 24. Vascularización del sistema nervioso central

Médula espinal

1. Irrigación arterial

Existen tres **vasos arteriales longitudinales** que discurren por la médula espinal

- **ARTERIA ESPINAL ANTERIOR**. Irriga el asta anterior de la médula, y prácticamente todo el cordón anterolateral.
- **ARTERIAS ESPINALES POSTERIORES (2)**. Estas arterias irrigan el asta posterior y parte del cordón anterolateral.

Ambas arterias son ramas de las **ARTERIAS VERTEBRALES**, que describiremos a continuación.

Estas arterias son insuficientes por si solas para irrigar la médula espinal por debajo de niveles cervicales, y por ello son reforzadas por **ARTERIAS RADICULARES** provenientes de **vasos segmentarios (metaméricos)**

2. Drenaje venoso

El drenaje venoso de la médula espinal sigue un patrón similar al que hemos visto en la irrigación arterial.

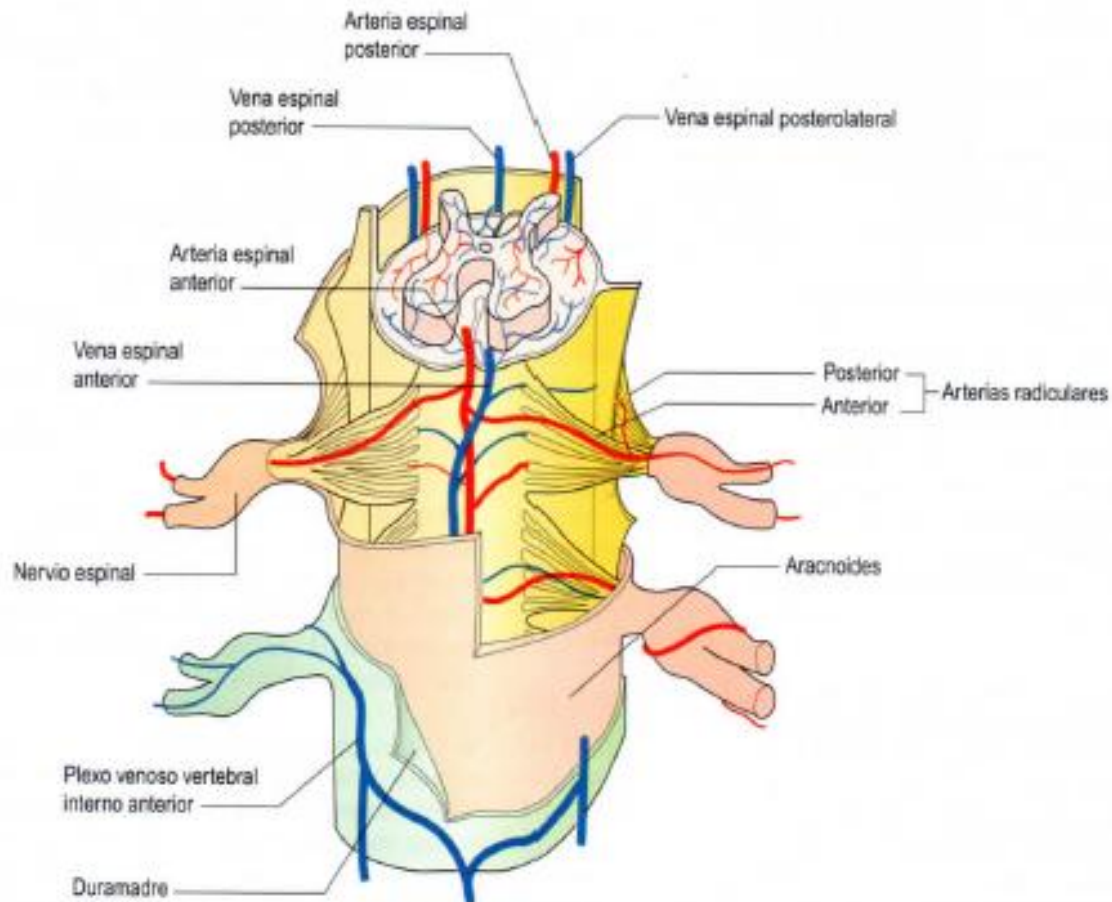
Existen 6 **conductos venosos longitudinales** que se intercomunican:

- **VENAS ESPINALES**
 - *VENA ESPINAL ANTERIOR*
 - *VENA ESPINAL POSTERIOR*
- **VENAS ANTEROLATERALES (2)**
- **VENAS POSTEROLATERALES (2)**

Las **venas posterolaterales** acompañan a las **ARTERIAS ESPINALES POSTERIORES**.

La **vena espinal posterior** en cambio es muy medial y también se denomina **VENA POSTERIOR MEDIA**.

Visión general



Irrigación arterial del encéfalo

Las dos **ARTERIAS VERTEBRALES** (NO las arterias espinales) se originan en la subclavia. En un 70% de la población **domina** la **ARTERIA VERTEBRAL IZQUIERDA**.

Se introducen por los **agujeros transversos de las vértebras cervicales** y se introducen en el cráneo a través del **agujero magno**.

Una vez en el cráneo discurren por la **cara anterolateral del bulbo raquídeo**, y dan lugar a la **ARTERIA CEREBELOS POSTEROINFERIOR (PICA)** que irriga la cara inferior del cerebelo, y varios núcleos del tronco del encéfalo.

Tras haber dado la PICA, la **arteria espinal anterior se anastomosa con ambas arterias vertebrales**.

A nivel de la protuberancia, ambas **arterias vertebrales se unen** para dar lugar a la **ARTERIA BASILAR** en la **línea media del tronco del encéfalo**.

La arteria basilar tras formarse da lugar a los siguientes vasos en este orden:

1. **ARTERIA CEREBELOS A INFEROANTERIOR (AICA)**, irriga las porciones anterior e inferior del cerebelo.
2. **ARTERIA LABERÍNTICA**, que irriga el oído interno.
3. **ARTERIAS PONTINAS**
 - **RAMAS PARAMEDIANAS**
 - **RAMAS CIRCUNFERENCIALES LARGAS**
 - **RAMAS CIRCUNFERENCIALES CORTAS**

En la unión de protuberancia y mesencéfalo, la arteria basilar se divide en cuatro grandes arterias, dos para cada hemisferio:

- **ARTERIAS CEREBELOSAS SUPERIORES (2)**, irrigan la **cara superior del cerebelo**
- **ARTERIAS CEREBRALES POSTERIORES (2)**, que irrigan la **corteza visual** del lóbulo occipital y la **cara inferior del lóbulo temporal**.

Además esta arteria se une a la **ARTERIA CARÓTIDA** para formar el **POLÍGONO DE WILLIS**.

Entre ambas arterias se introduce el **nervio oculomotor (III par craneal)**.

Las regiones encefálicas que hemos descrito que son irrigadas por las arterias vertebrales, basilar y sus ramas, se dice que son irrigadas por el **SISTEMA VERTEBROBASILAR**.

Cerebelo

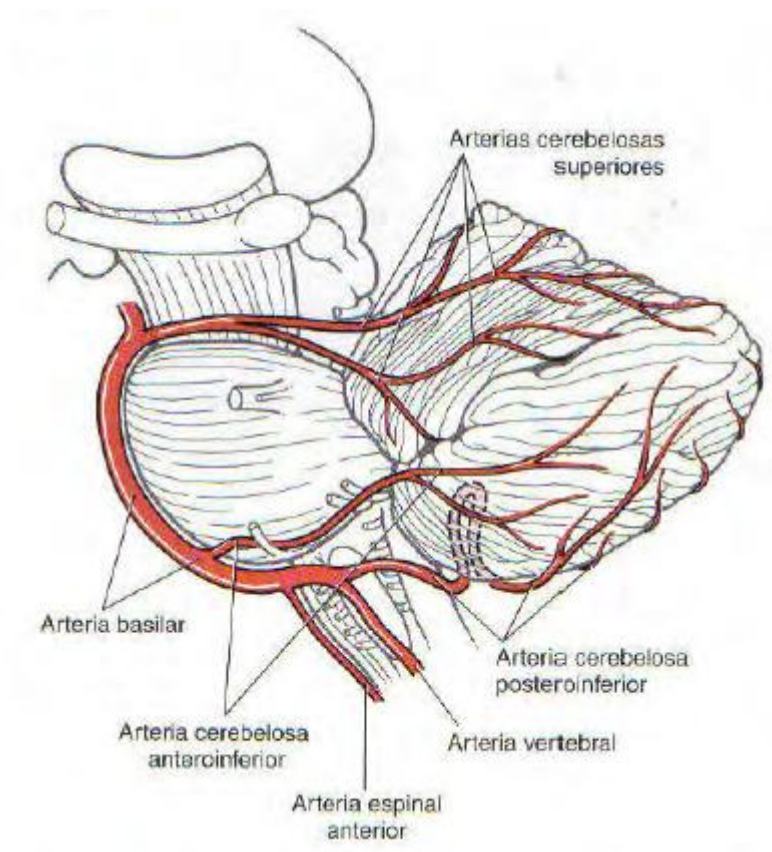
Ya hemos observado todas las arterias que proporcionan irrigación al cerebelo, las cuales son tres:

- **ARTERIA CEREBELOSA POSTEROINFERIOR**, rama de la **arteria vertebral**.

Irriga la **cara inferior del cerebelo**.

- **ARTERIA CEREBELOSA INFERIOR ANTERIOR**, que irriga las **porciones anterior e inferior del cerebelo**.

- **ARTERIA CEREBELOSA SUPERIOR**, irriga la **cara superior del cerebelo**.



Sistema de la arteria carótida

Además de las arterias vertebrales, son fundamentales para la irrigación del encéfalo las **ARTERIAS CARÓTIDAS**, que se dividen en dos arterias a nivel del cuello:

- **ARTERIA CARÓTIDA INTERNA**
- **ARTERIA CARÓTIDA EXTERNA**

La arteria carótida interna será la que irrigue el encéfalo directamente

La única rama de interés encefálico que da **arteria carótida externa** es la **arteria facial**, que se **anastomosa** en la órbita ocular con la **ARTERIA OFTÁLMICA**, rama de la carótida interna.

A lo largo de su recorrido, la **ARTERIA CARÓTIDA INTERNA** va dando lugar a **varias ramas**:

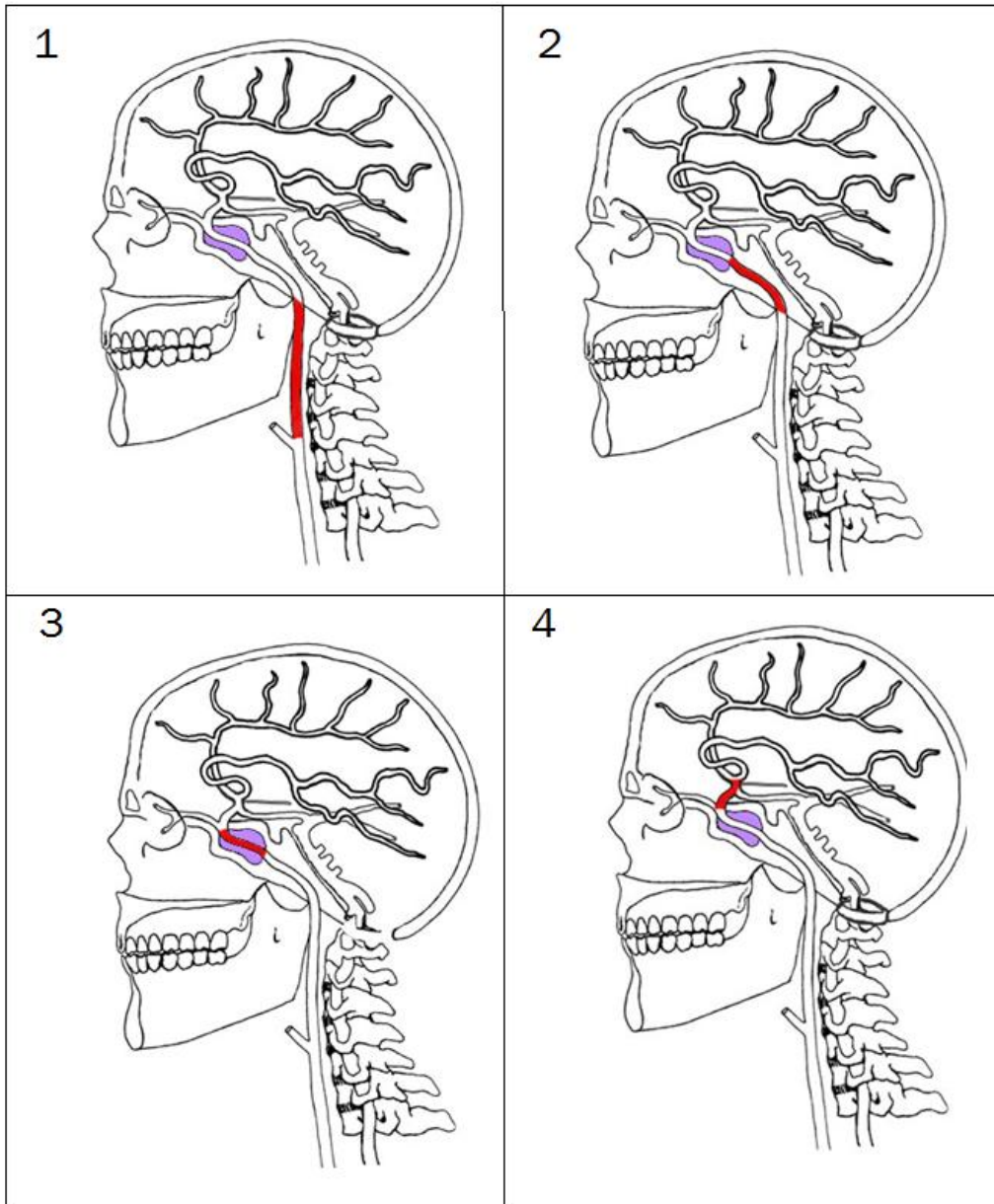
- **ARTERIAS HIPOFISARIAS**, que surgen de la **porción intracavernosa de la carótida interna** para irrigar la **neurohipófisis**.

Además forman el sistema porta hipofisario.

- **ARTERIA OFTÁLMICA**, que pasa a la órbita a través del conducto óptico y se **anastomosa con la arteria facial**, rama de la carótida externa.
- **ARTERIA COROIDEA ANTERIOR**, que se encarga de irrigar varias **estructuras ópticas**, el **hipocampo**, y algunas **estructuras cerebrales profundas**.
- **ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR**, que se dirige hacia atrás para unirse a la arteria cerebral posterior, para **formar parte del POLÍGONO DE WILLIS**.

A su vez la carótida interna tiene varios segmentos:

- **Segmento extracraneal**, que comprende desde la bifurcación de la carótida común hasta su introducción en el cráneo.
- **Segmento intrapetroso**, discurre en el espesor del hueso temporal
- **Segmento intracavernoso**, se rodea de sangre venosa que existe en los senos cavernosos.
- **Segmento intradural**, se mete en el espesor de la duramadre



Segmentos de la arteria carótida interna:

- 1) Segmento extracraneal;
- 2) Segmento intrapetroso;
- 3) Segmento intracavernoso;
- 4) Segmento intradural

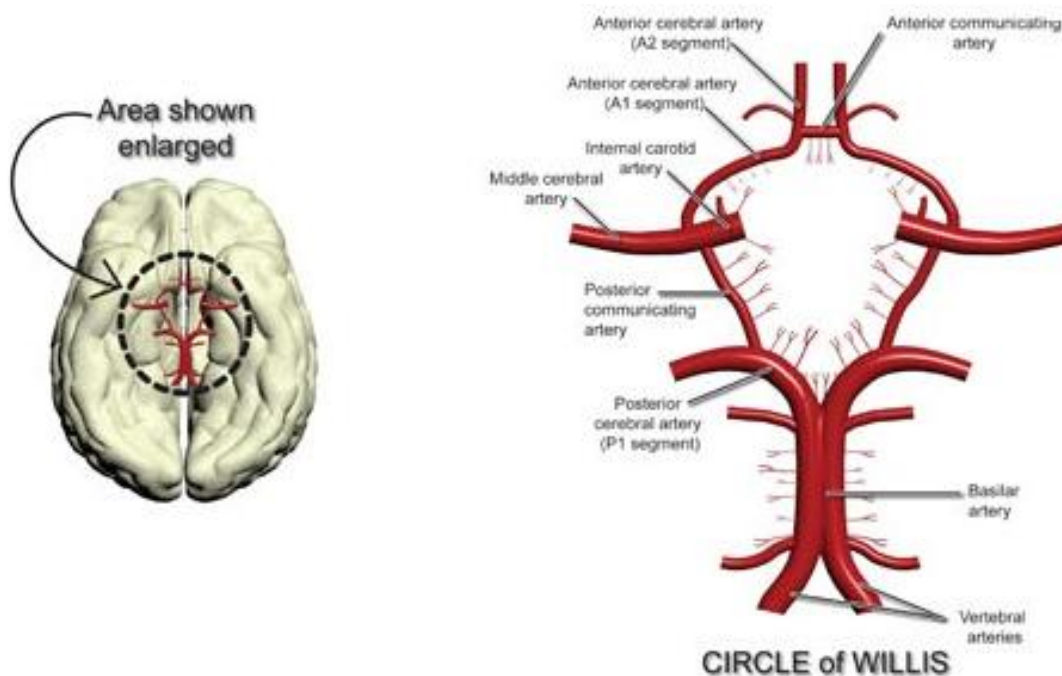
Polígono de Willis

El **polígono de Willis** o **CÍRCULO ARTERIAL CEREBRAL** se trata de una estructura de **anastomosis de arterias bilaterales** y es el principal encargado de irrigar los hemisferios cerebrales.

Se constituye **en torno al quiasma óptico** y se cierra en torno a la unión entre protuberancia y mesencéfalo y está formado por las siguientes arterias:

- **ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR.** Rama de la **arteria basilar**
- **ARTERIA COMUNICANTE POSTERIOR.** Comunica la **arteria cerebral media/carótida interna** con la **arteria cerebral posterior**.
- **ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR.**
- **ARTERIA COMUNICANTE ANTERIOR**

El polígono de Willis tiene tantas **anastomosis** que si falla por algún camino, existe una cierta **compensación del riego sanguíneo**.



De esta estructura nacen las **tres principales arterias** que irrigan a los **hemisferios cerebrales**.

1. Arteria cerebral anterior

Se percibe nítidamente en la cara medial del hemisferio cerebral.

Camina por **encima del cuerpo calloso** mientras da lugar a varias **ramas** que se dirigen a **zonas más superficiales** del hemisferio.

2. Arteria cerebral media

No forma parte directamente del polígono de Willis, y es la **continuación de la arteria carótida interna**.

Se introduce por la **cisura de Silvio**, donde encontramos la **ínsula**, desde donde envía **ramas a todos los lóbulos cerebrales**.

Antes de introducirse en la cisura de Silvio da lugar a las **RAMAS PERFORANTES** que irrigan la mayor parte de los **ganglios basales**.

También irriga a las fibras de la **cápsula interna**.

La **ARTERIA DE CHARCOTT** es una rama de la arteria cerebral media que irriga exclusivamente la **rodilla de la cápsula interna**, donde encontramos las fibras de la vía corticobulbar.

Es la **arteria de mayor calibre** de todas las arterias cerebrales y por ello es en la que más frecuentemente observamos **incidencias vasculares**.

La lesión de esta arteria da lugar a los siguientes síntomas, que relacionaremos con los lugares que irriga:

- **Afasis**, debido a que irriga las áreas de Wernicke y de Broca, que son las áreas del lenguaje.
- **Hemiplejias** debido a que irriga el área 4 o corteza motora primaria.
- **Anestesia** porque irriga las áreas 3, 1 y 2 o corteza somestésica primaria.

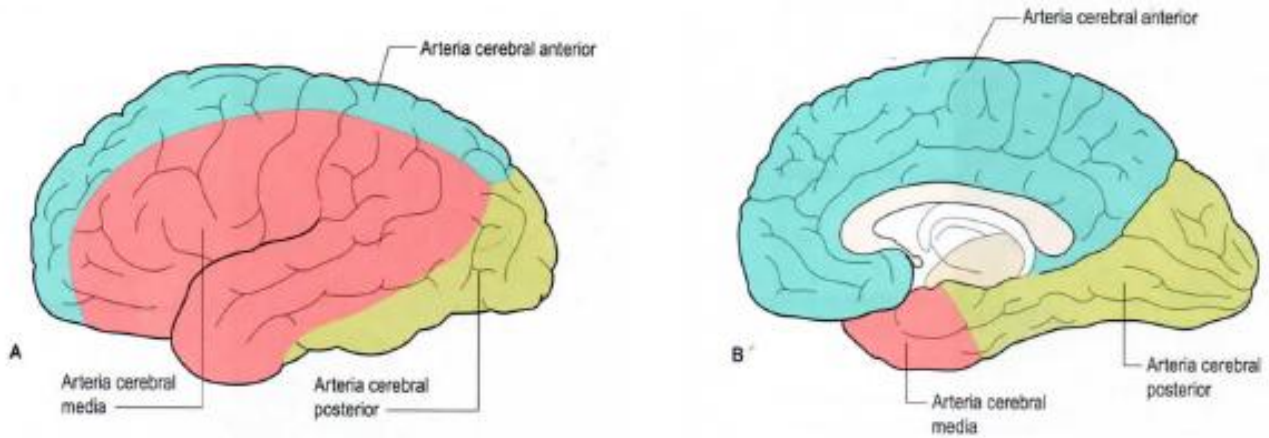
Es la arteria de más calibre de las arterias cerebrales y en la que se dan **más incidencias vasculares** por este mismo motivo.

3. Arteria cerebral posterior

Es rama de la **arteria basilar** y se dirige sobre todo al **área occipital**.

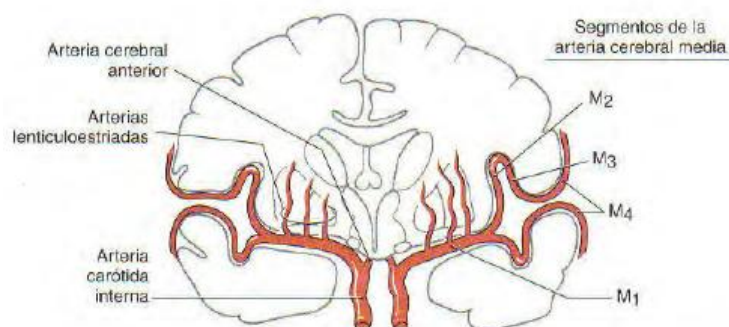
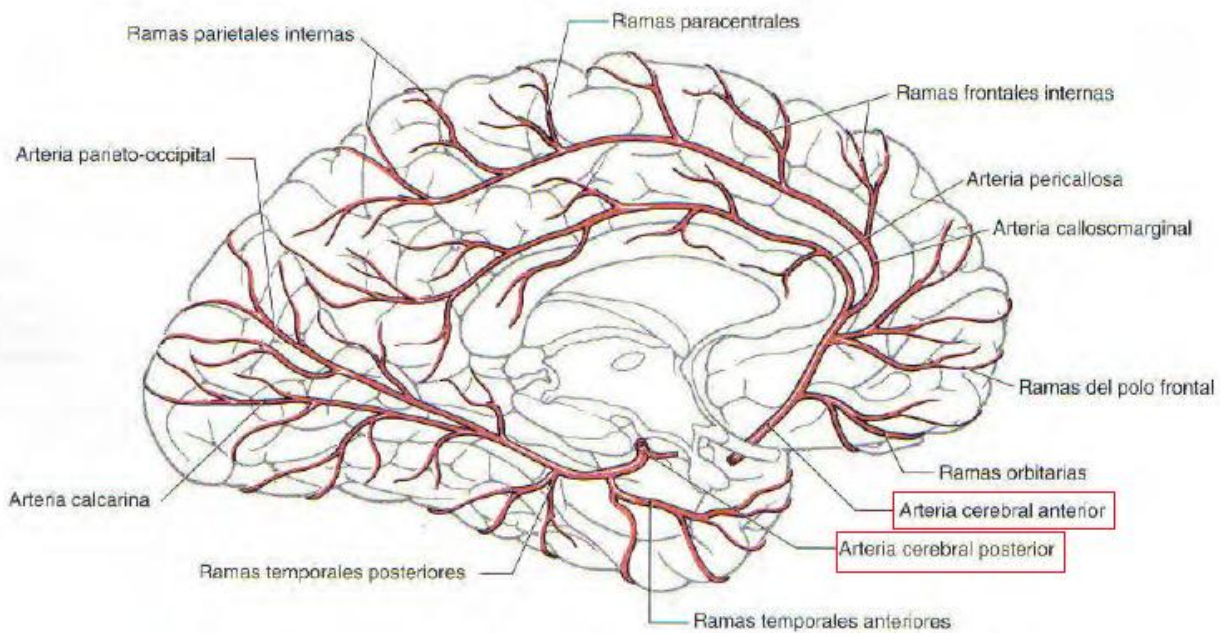
Irriga fundamentalmente el **área 17 (ÁREA CALCARINA)** por lo que si se interrumpe el riego observamos **hemianopsias**.

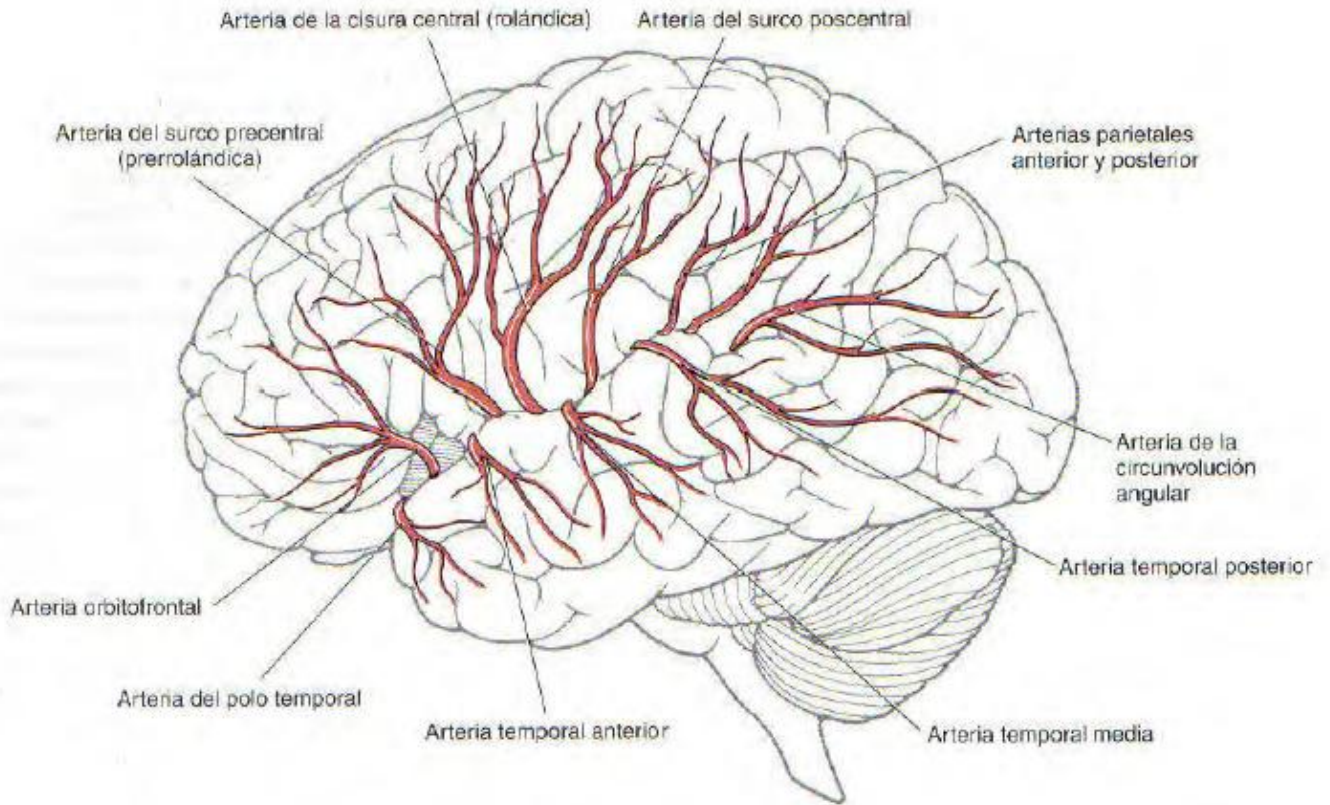
La irrigación del área calcarina es **bilateral**.



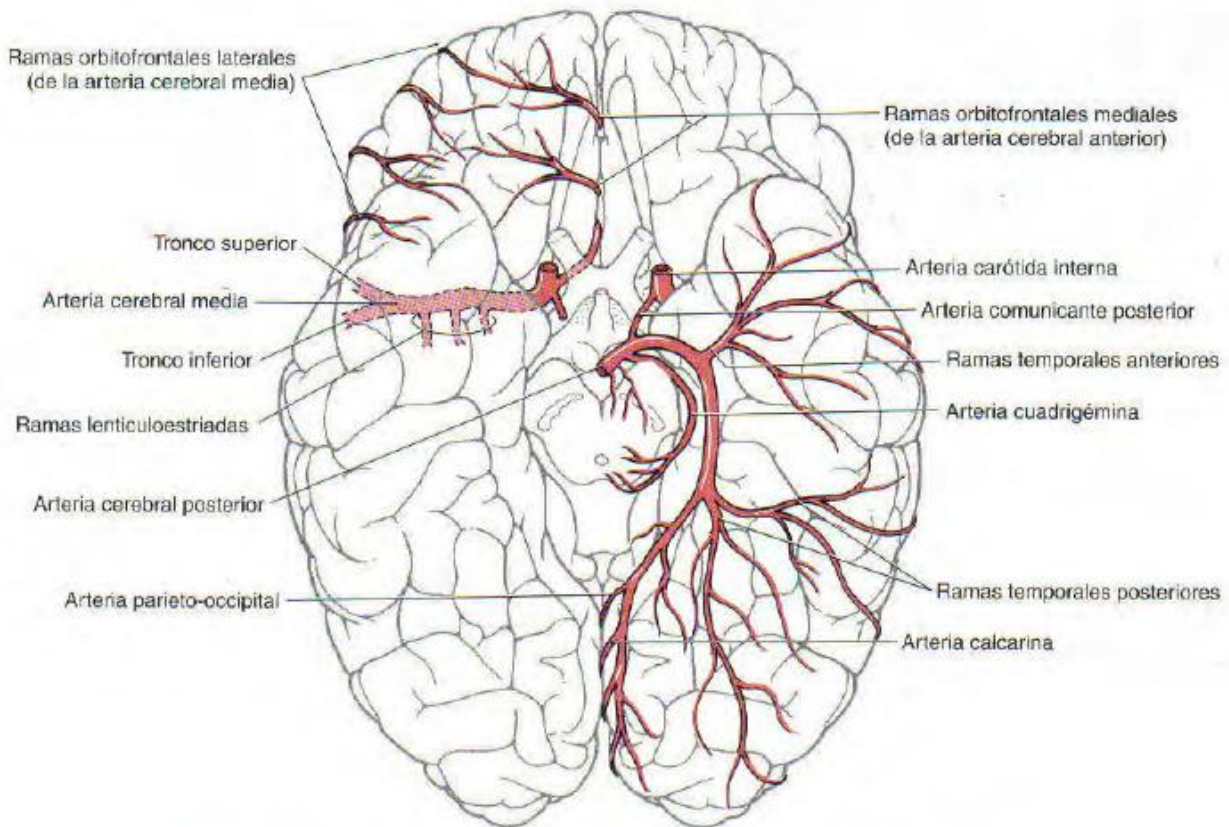
La zona fronteriza entre las arterias cerebrales presenta un **alto riesgo de isquemia**, debido a que las **anastomosis** entre estas tres arterias son **escasas y de pequeño calibre**.

Imágenes de la irrigación arterial





Ramas de la **ARTERIA CEREBRAL MEDIA**



Ramas de la **ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR**

Drenaje venoso del encéfalo

El drenaje venoso del encéfalo viene dado por tres grupos de vasos:

- **VENAS SUPERFICIALES**, localizadas **dentro del espacio subaracnoideo**.

Las venas superficiales principales serán las siguientes:

- **VENAS CEREBRALES SUPERIORES**, drenan la **cara lateral de los hemisferios cerebrales** y desembocan en el **seno sagital superior**.
- **VENA CEREBRAL MEDIA SUPERFICIAL**, que discurre por el **surco lateral** o de Silvio y drena en el **seno cavernoso**.

Además existen dos conductos anastomóticos principales:

- **VENA ANASTOMÓTICA SUPERIOR (magna)**, drena en el **seno sagital superior**
 - **VENA ANASTOMÓTICA INFERIOR**, drena en el **seno transverso**
- **VENAS PROFUNDAS**, drenan **estructuras internas del prosencéfalo**.

Las de mayor importancia son las siguientes:

- **VENA TALAMOESTRIADA**
- **VENA COROIDEA**

Ambas venas **confluyen en la línea media** para formar la **VENA CEREBRAL MAGNA** por debajo del **esplenio del cuerpo calloso**. Este vaso se comunica con el **seno recto**.

- **SENOS VENOSOS DE LA DURAMADRE**, son conductos venosos formados **entre las dos hojas de la duramadre**.

Los senos venosos principales se localizan en los **bordes de unión de la hoz del cerebro y la tienda del cerebelo**, y también en el **suelo de la cavidad craneal**. Son los siguientes:

- **SENO SAGITAL SUPERIOR**, se encuentra en la **inserción de la hoz del cerebro**.

La duramadre tapiza el encéfalo y si la abrimos en el centro entre los dos hemisferios encontramos el seno sagital superior.

Recibe sangre principalmente de las **venas cerebrales superiores**

- **SENO SAGITAL INFERIOR**, se encuentra en el **borde libre de la hoz del cerebro**.
- **SENO RECTO**, se localiza **dentro de la tienda del cerebelo**.

En este seno desemboca la **vena cerebral magna**, y el **seno sagital superior**.

El **seno sagital superior** y el **seno recto** convergen en la **CONFLUENCIA DE LOS SENOS**.

Desde ahí la sangre fluye **lateralmente a cada lado** por los **SENOS TRANSVERSOS** que discurre **a lo largo de inserción de la tienda del cerebelo**.

El **seno transverso se continúa** con el **SENO SIGMOIDEO**.

El **seno sigmoideo desemboca** directamente en la **VENA YUGULAR INTERNA** a la altura del agujero yugular.

Hay un último seno que es el **SENO CAVERNOSO**, **lateral al esfenoides**. Recibe sangre de la **vena cerebral media**, y drena también en la yugular interna y en el seno transverso.

En el espesor del seno cavernoso discurre la **porción intracavernosa** de la **arteria carótida interna**.

Todos estos vasos **drenan** finalmente en la **VENA YUGULAR INTERNA**

La vena yugular sale junto con los siguientes nervios por el agujero yugular, o rasgado posterior:

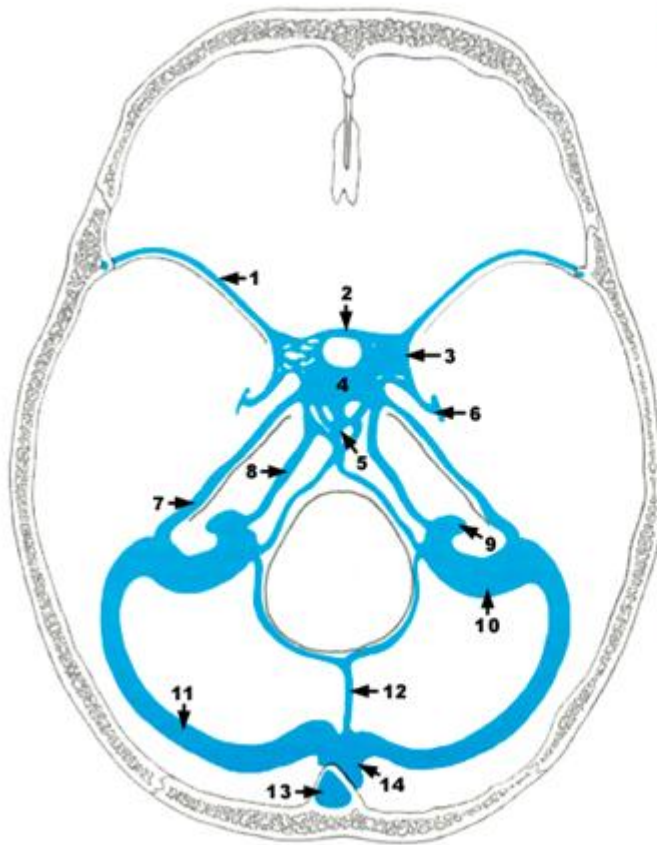
- **Nervio glossofaríngeo (IX par)**
- **Nervio vago (X par)**
- **Nervio accesorio (XI par)**

Ninguno de estos vasos contiene válvulas debido a que el flujo de su sangre va a favor de la gravedad.

La **HOZ DEL CEREBRO** es un **tabique de duramadre** que separa los dos hemisferios cerebrales, y tiene dos segmentos

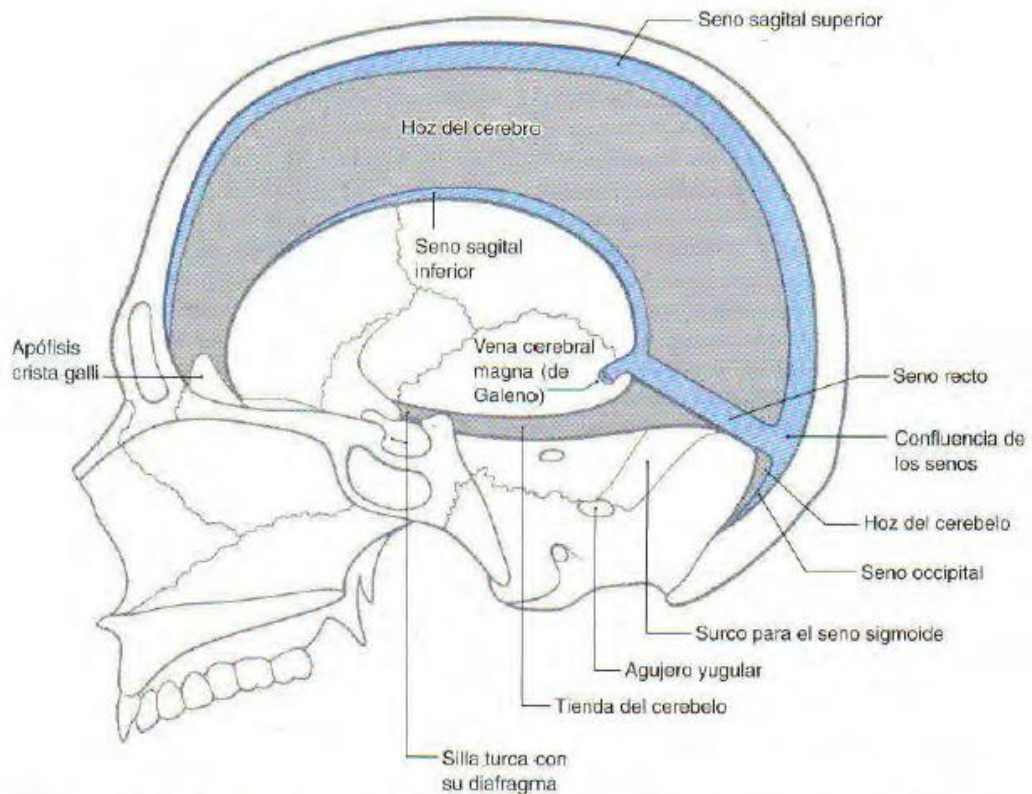
- **Centro superior**, por el que camina el **seno longitudinal superior**.
- **Centro inferior**, por el que camina el **seno longitudinal inferior**.

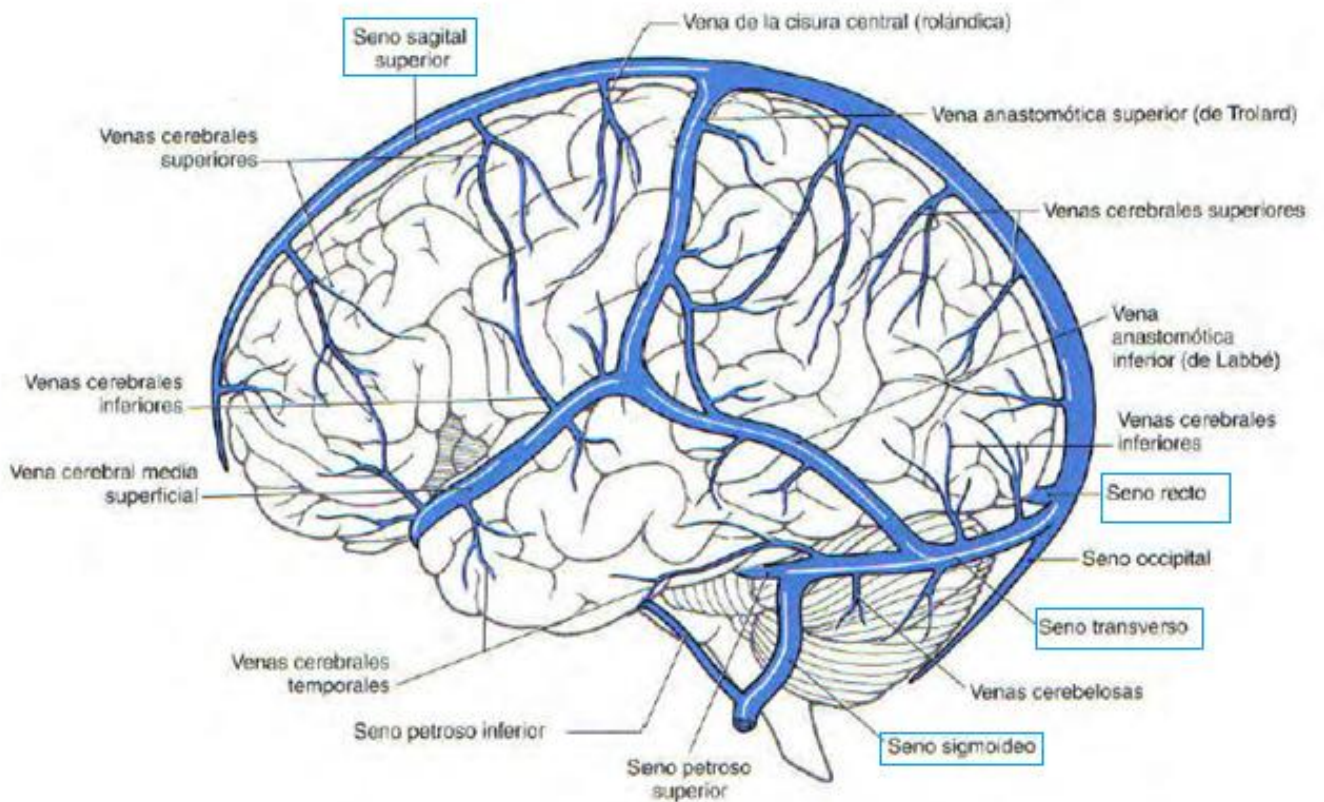
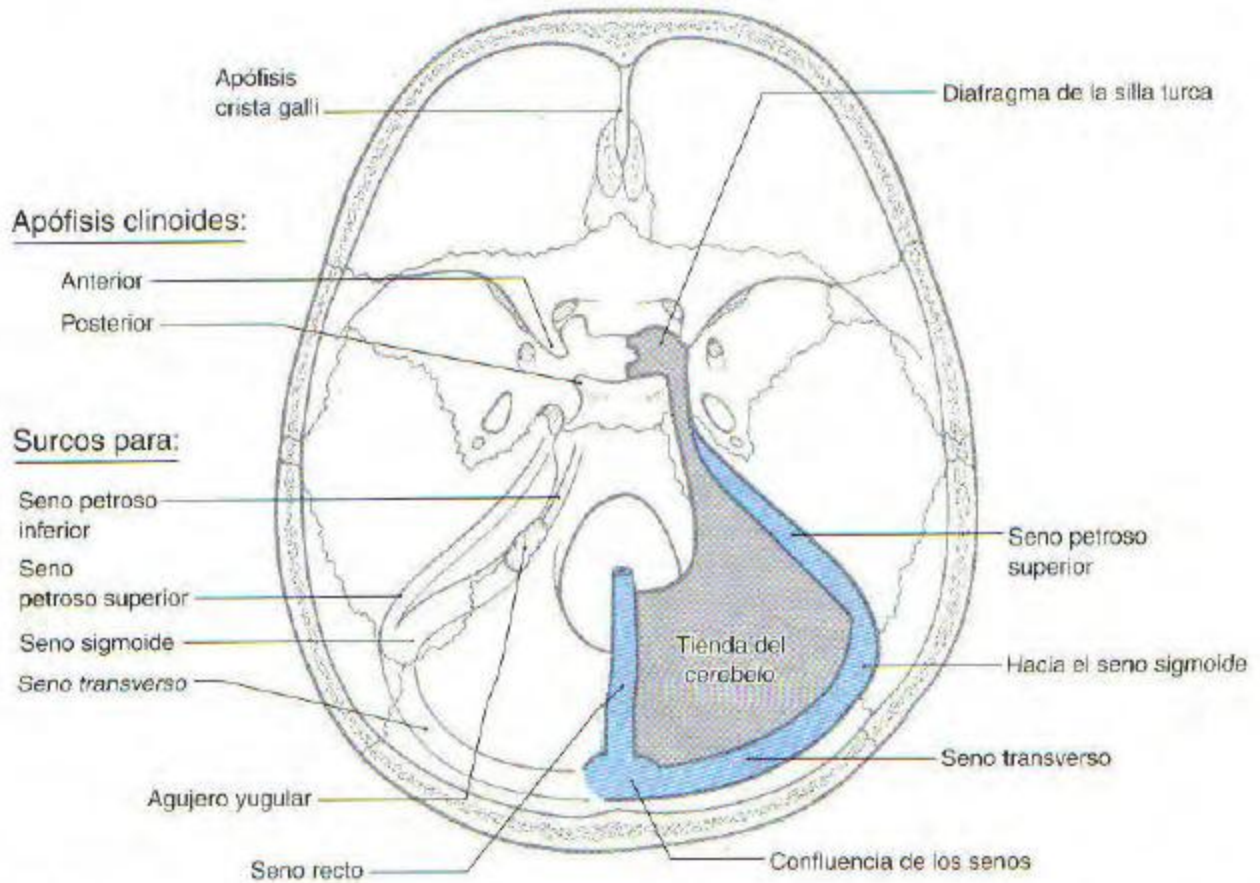
Imágenes de las venas encefálicas

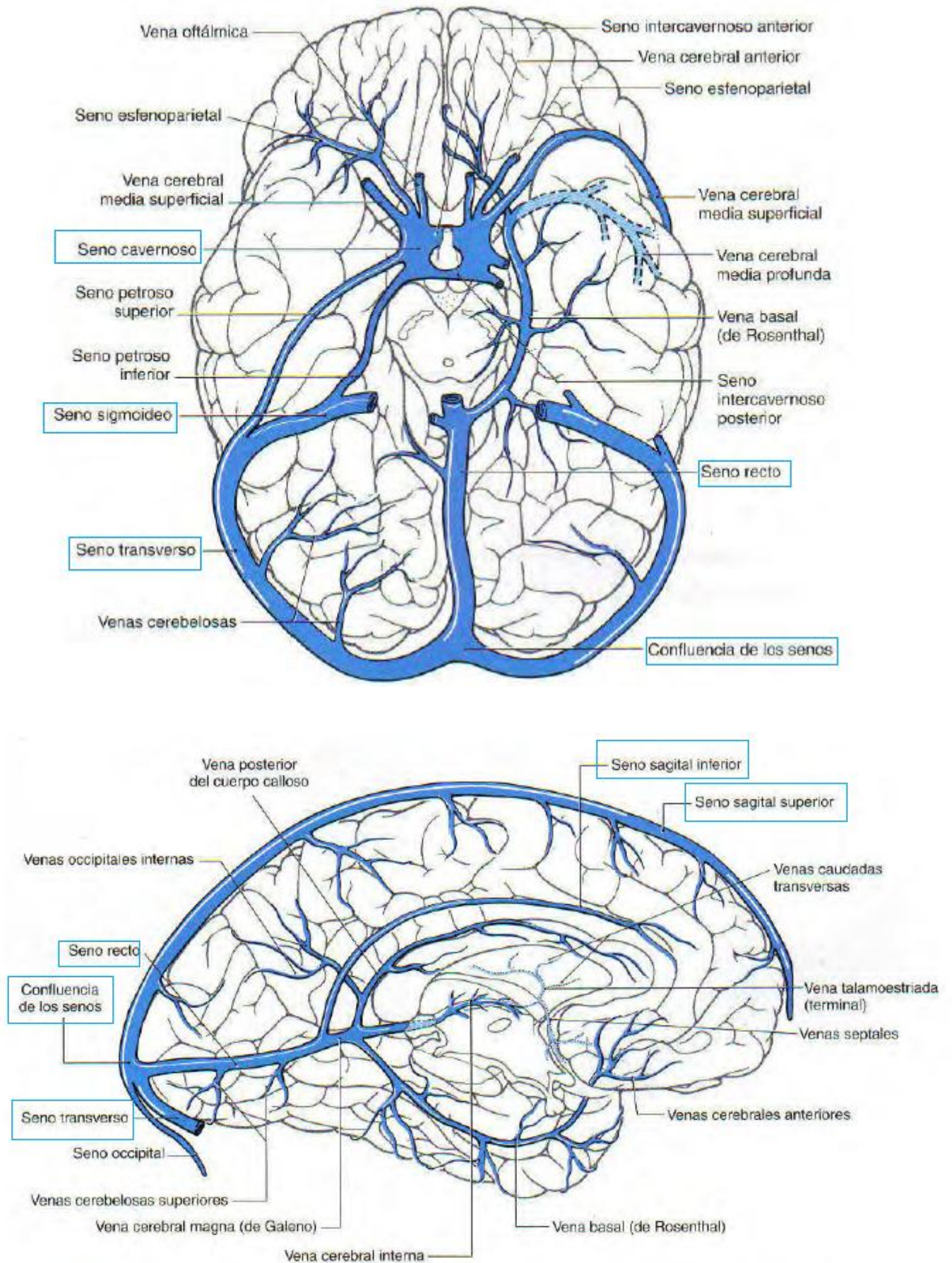


**Esquema de los
SENOS VENOSOS BASALES**

1. seno esfenoparietal
2. seno intracavernoso anterior
3. seno cavernoso
4. seno intracavernoso posterior
5. plexo basilar
6. plexo venoso del foramen oval
7. seno petroso superior
8. seno petroso inferior
9. vena yugular interna
10. seno sigmoide
11. seno transverso
12. seno occipital
13. seno sagital superior
14. confluencia de los senos





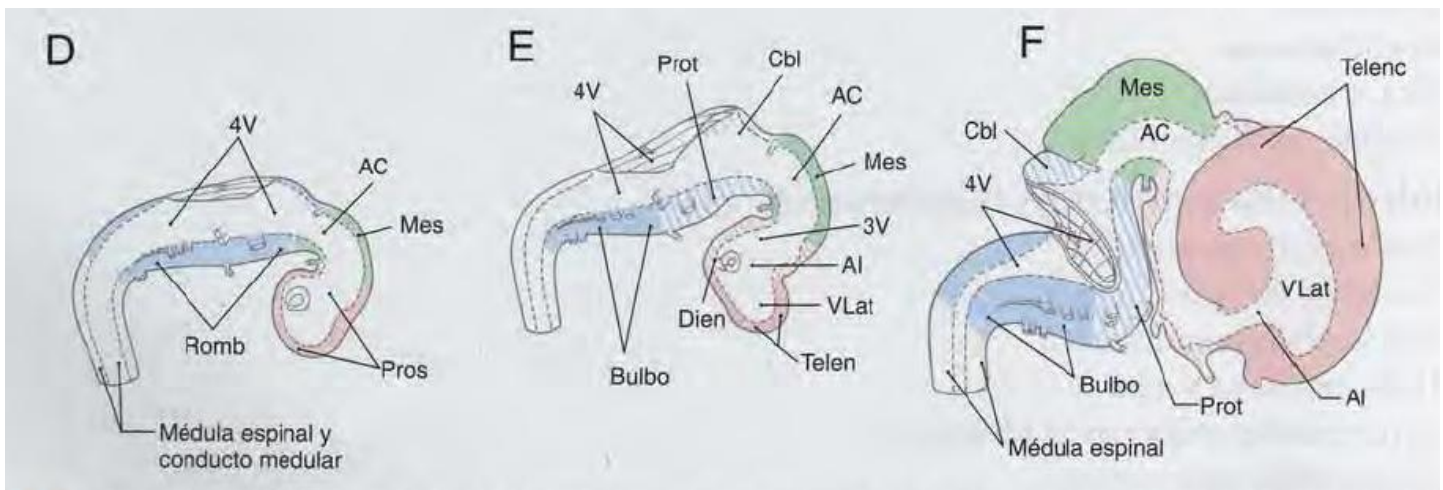


Tema 25. Sistema ventricular y meninges

Sistema ventricular

El sistema ventricular se forma a partir del **TUBO NEURAL** en el desarrollo embrionario.

El tubo neural es un tubo hueco que irá formando **cavidades** que constituirán el **SISTEMA VENTRICULAR**, y a su alrededor se formarán todas las estructuras del sistema nervioso central que ya hemos estudiado.

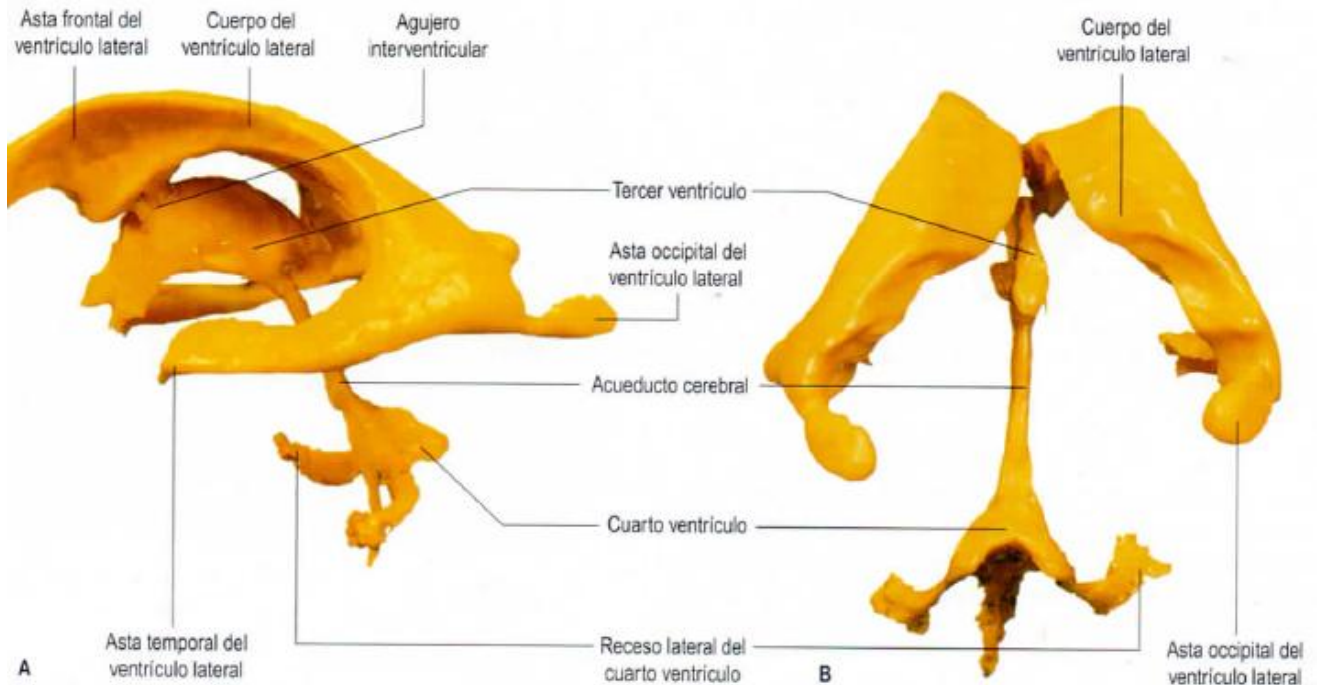


Hay 4 ventrículos

- **VENTRÍCULOS LATERALES (2)**, son los **más grandes** y se ubican en los **hemisferios cerebrales**.
 - El **CONDUCTO INTERVENTRICULAR**, o **agujero de Monro** es un orificio que comunica los **ventrículos laterales con el tercer ventrículo**
- **TERCER VENTRÍCULO**, que es **impar** y se localiza en el **centro del diencéfalo**.
 - El **CONDUCTO CEREBRAL** o **acueducto de Silvio** se encarga de comunicar el **tercer ventrículo con el cuarto ventrículo**.
- **CUARTO VENTRÍCULO**, que también es **impar** y se ubica **dorsal al tronco del encéfalo, y ventral al cerebelo**.

El sistema ventricular **contiene en su interior LÍQUIDO CEFALORRAQUÍDEO**, que tiene funciones importantes.

Normalmente los **ventrículos están tapizados** por un epitelio especializado que se denomina **EPITELIO EPENDIMARIO**.



Ventrículos laterales

Los **VENTRÍCULOS LATERALES** son los ventrículos **más grandes** y se encuentran en los **hemisferios cerebrales**.

Tienen 5 partes:

- **ASTAS ANTERIORES o FRONTALES**, están en contacto con el **lóbulo frontal**.
- **CUERPO**, que se encuentra en contacto con dos lóbulos:
 - **Lóbulo frontal**
 - **Lóbulo parietal**
- **ASTA INFERIOR o TEMPORAL**, que se encontrará en contacto con el **lóbulo temporal**.
- **ATRIO o TRÍGONO CEREBRAL**, que es la **confluencia de las tres partes anteriores**.
- **ASTA POSTERIOR u OCCIPITAL**, que se encuentra en contacto con el **lóbulo occipital**.

Los ventrículos contienen en su interior los **PLEXOS COROIDEOS** que se encargan de **secretar líquido cefalorraquídeo**.

La **pared lateral del ASTA ANTERIOR** de los ventrículos laterales está formada por la **cabeza del NÚCLEO CAUDADO**.

La **cola del núcleo caudado** también llega al techo del **ASTA INFERIOR**.

El **techo** de los ventrículos laterales es el **CUERPO CALLOSO**, y el **FÓRNIX** en la **línea media**.

La **pared medial** de esta estructura está formada por el **SEPTUM PELLUCIDUM**.

El **suelo** de los ventrículos laterales estará formado por el **HIPOCAMPO**, que también encontraremos en la **zona medial del asta inferior**.

Se **comunicará con el tercer ventrículo** gracias a los **CONDUCTOS INTERVENTRICULARES**, o **agujeros de Monro**.

La comunicación con el tercer ventrículo se realiza **a nivel de la columna del fórnix** y el **extremo rostromedial del tálamo**.

Tercer ventrículo

Se trata de una cavidad semejante a una hendidura estrecha cuyas **paredes laterales** están formadas a cada lado por el **TÁLAMO** y el **HIPOTÁLAMO**.

En su centro tiene un **agujero central** que se corresponde a las **ADHESIONES INTERTALÁMICAS**, por ello tiene forma de "**rosquilla**".

El **suelo** del tercer ventrículo está formado por el **HIPOTÁLAMO**.

Además tiene una especie de **recesos o prolongaciones**:

- **RECESO QUIASMÁTICO o SUPRAÓPTICO**
- **RECESO INFUNDIBULAR**, por encima de la hipófisis
- **RECESO PINEAL**

Se comunica con el cuarto ventrículo gracias al **CONDUCTO CEREBRAL** o **acueducto de Silvio** que se encuentra en su porción dorsal.

Cuarto ventrículo

Se trata de una **depresión ancha y poco profunda** sobre la **cara dorsal del tronco del encéfalo**.

Tiene una forma romboidal de "**tienda de campaña**" cuyo techo se mete en el cerebelo.

Tiene tres agujeros importantes:

- **RECESOS LATERALES (2)**, se extienden lateralmente **sobre la superficie del bulbo**.
- Finalizan en los **AGUJEROS LATERALES** u **orificios de Luschka (2)**.

Estos agujeros comunican el **cuarto ventrículo con el espacio subaracnoideo** del ángulo pontocerebeloso (**CISTERNA PONTINA?**)

- **AGUJERO MEDIAL o de Magendie**, que proporciona comunicación con la **cisterna magna**.

Posteriormente el cuarto ventrículo se relaciona con **CEREBELO**.

Anteriormente el cuarto ventrículo se relaciona con **PROTUBERANCIA** y **BULBO**.

Plexos coroideos

Dentro de los ventrículos encontramos los **PLEXOS COROIDEOS** cuya función es **secretar líquido cefalorraquídeo**.

Estas estructuras van a estar en las siguientes localizaciones:

- **VENTRÍCULOS LATERALES**
- **TECHO DEL TERCER VENTRÍCULO**
- **CUARTO VENTRÍCULO**

Sólo hay una zona del sistema ventricular donde **no hay plexos coroideos**, que es el **ACUEDUCTO DE SILVIO**.

Los plexos coroideos son **estructuras membranosas y vasculares** que secretan líquido cefalorraquídeo.

Tienen forma de C siguiendo a los ventrículos laterales.

En los **VENTRÍCULOS LATERALES** no vemos plexos ni en astas anteriores ni en astas posteriores, sino que los encontraremos en las siguientes localizaciones:

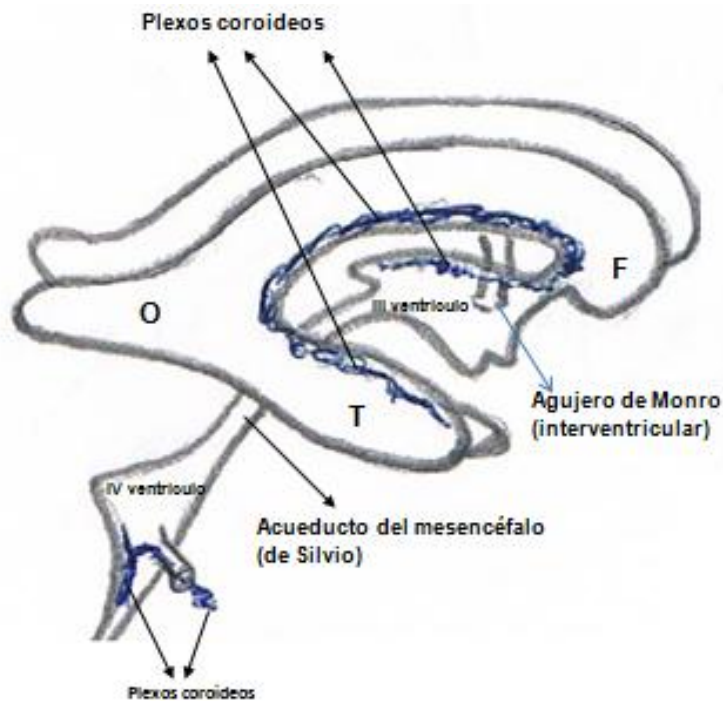
- **CUERPO**
- **ATRIO**
- **ASTA TEMPORAL**

El plexo coroideo se mete por el **AGUJERO DE MONRO** para localizarse en el **techo del tercer ventrículo**.

En el **CUARTO VENTRÍCULO** volvemos a encontrar plexos coroideos con forma característica de “T”, ya que se extienden a modo de brazos por los agujeros laterales.

Este plexo coroideo sale del cuarto ventrículo a través de los **agujeros laterales**, al espacio subaracnoideo.

Estas prolongaciones de **plexo coroideo** que salen al **espacio subaracnoideo** se llaman **CORPUSCULOS DE BOCHDALEK**.



Líquido cefalorraquídeo

El **líquido cefalorraquídeo** (LCR) normalmente se encuentra en un volumen de **150 mL**, de los cuales:

- **20-30 mL** están dentro de los **ventrículos**
- **120-130 mL** **circulantes**

Las funciones del líquido cefalorraquídeo son tres:

- **Proteger al encéfalo**, amortiguándolo de los movimientos a los que está sometido.
- **Proporciona nutrientes**
- Funciona como **filtro de sustancias tóxicas**

El líquido cefalorraquídeo se produce mayoritariamente (**70%**) por los **plexos coroideos**, y el **30% restante** se produce en el **parénquima cerebral**.

La **secreción** de líquido cefalorraquídeo **sigue ritmos**, y es a las 2 a.m. es cuando más líquido cefalorraquídeo se secreta.

La secreción de líquido produce por transporte activo, y pasa las distintas estructuras por difusión facilitada.

El líquido cefalorraquídeo se produce en cantidad suficiente para llenar el sistema ventricular varias veces al día, y por ello requiere de un **mecanismo eficiente para su drenaje**.

Si hay **exceso de líquido cefalorraquídeo** se dará la patología de la **HIDROCEFALIA**, en la cual existe un **problema de drenaje** de líquido cefalorraquídeo y éste **se acumula** en el interior de los ventrículos.

Esta patología se caracteriza por **síntomas parecidos a los de un tumor cerebral**, que son cefaleas, problemas del equilibrio y trastorno mental.

La **descompresión de los ventrículos**, dilatados por el líquido cefalorraquídeo, se realiza **conectándolos a la vena yugular** o al **peritoneo abdominal** para drenar el exceso de líquido.

Circulación del líquido cefalorraquídeo

El **líquido cefalorraquídeo** además de en el sistema ventricular, **circula por el ESPACIO SUBARACNOIDEO**.

El **espacio subaracnoideo** es el espacio **entre la aracnoides y la piamadre**.

Sale del sistema ventricular a través de las tres aberturas del cuarto ventrículo entrando de este modo en el espacio subaracnoideo.

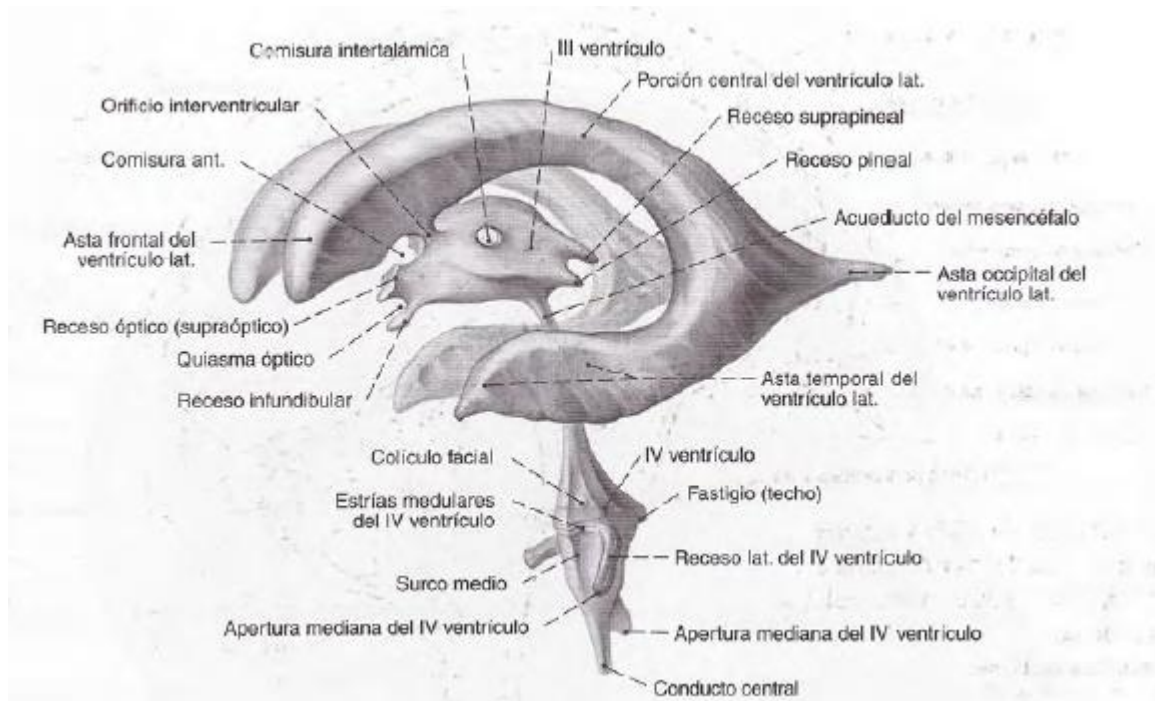
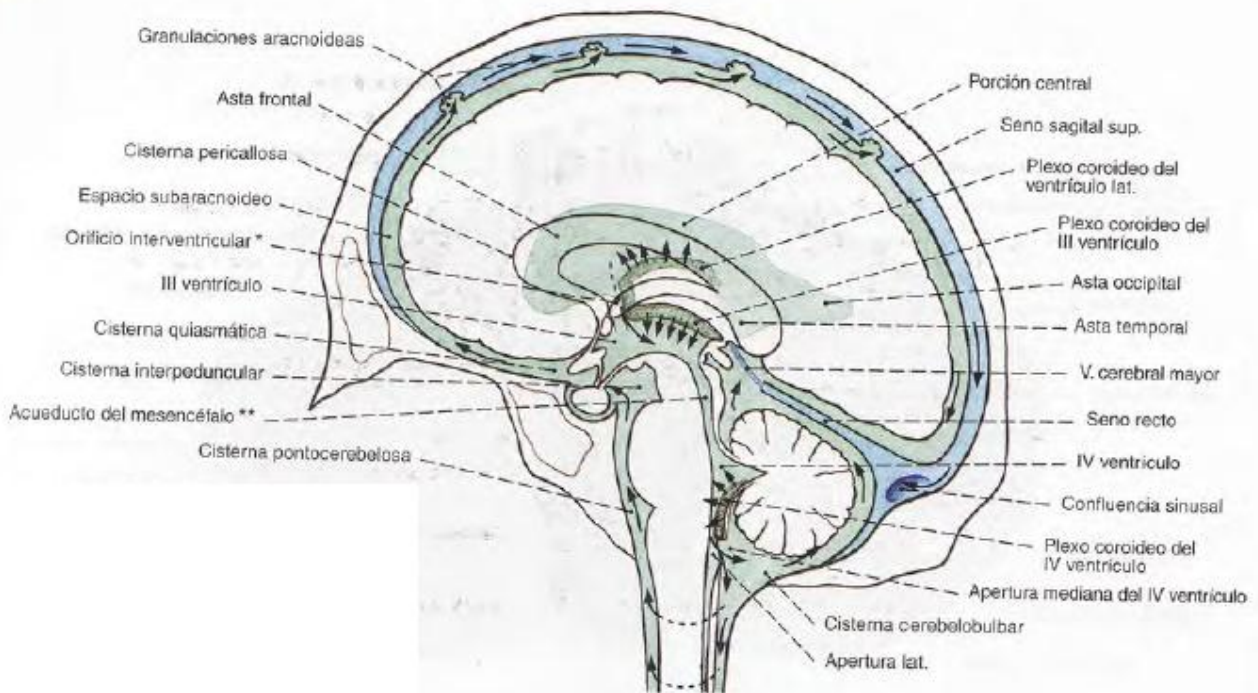
La mayoría de líquido cefalorraquídeo entra por el **agujero medio de Magendie** para entrar en la **CISTERNA MAGNA** localizada entre el bulbo raquídeo y el cerebelo.

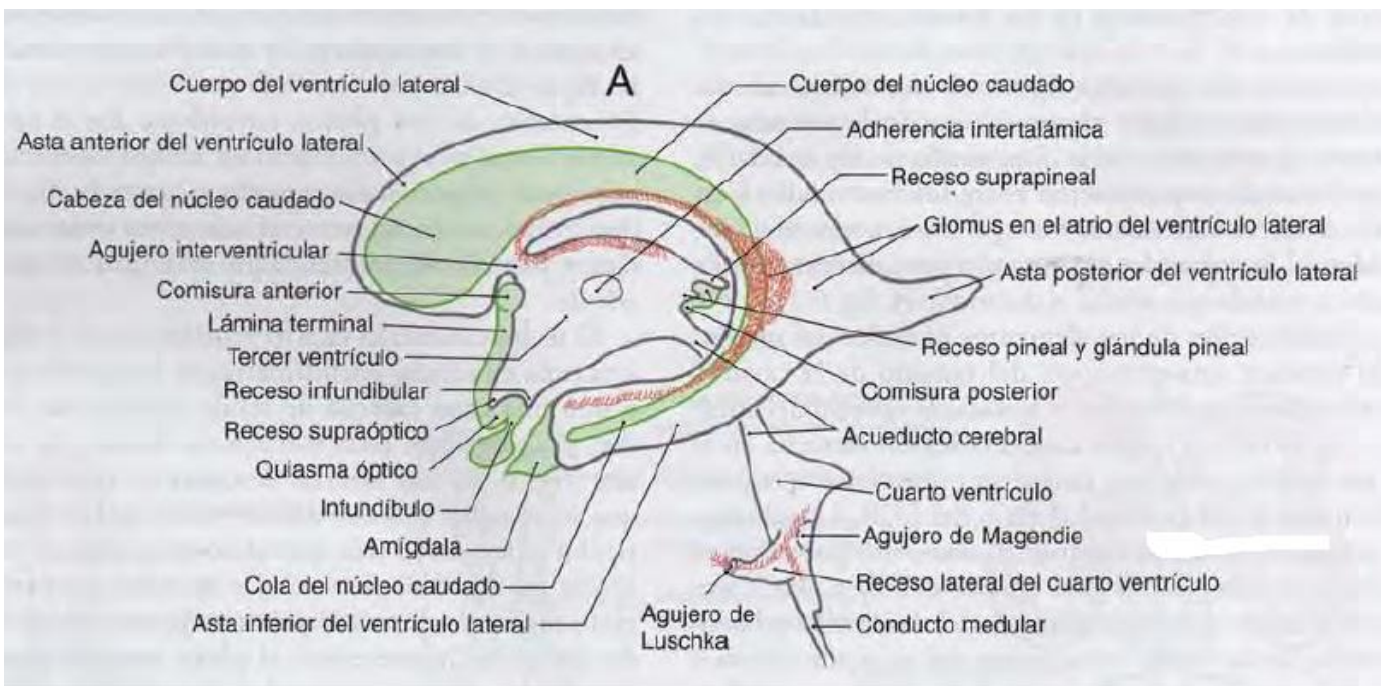
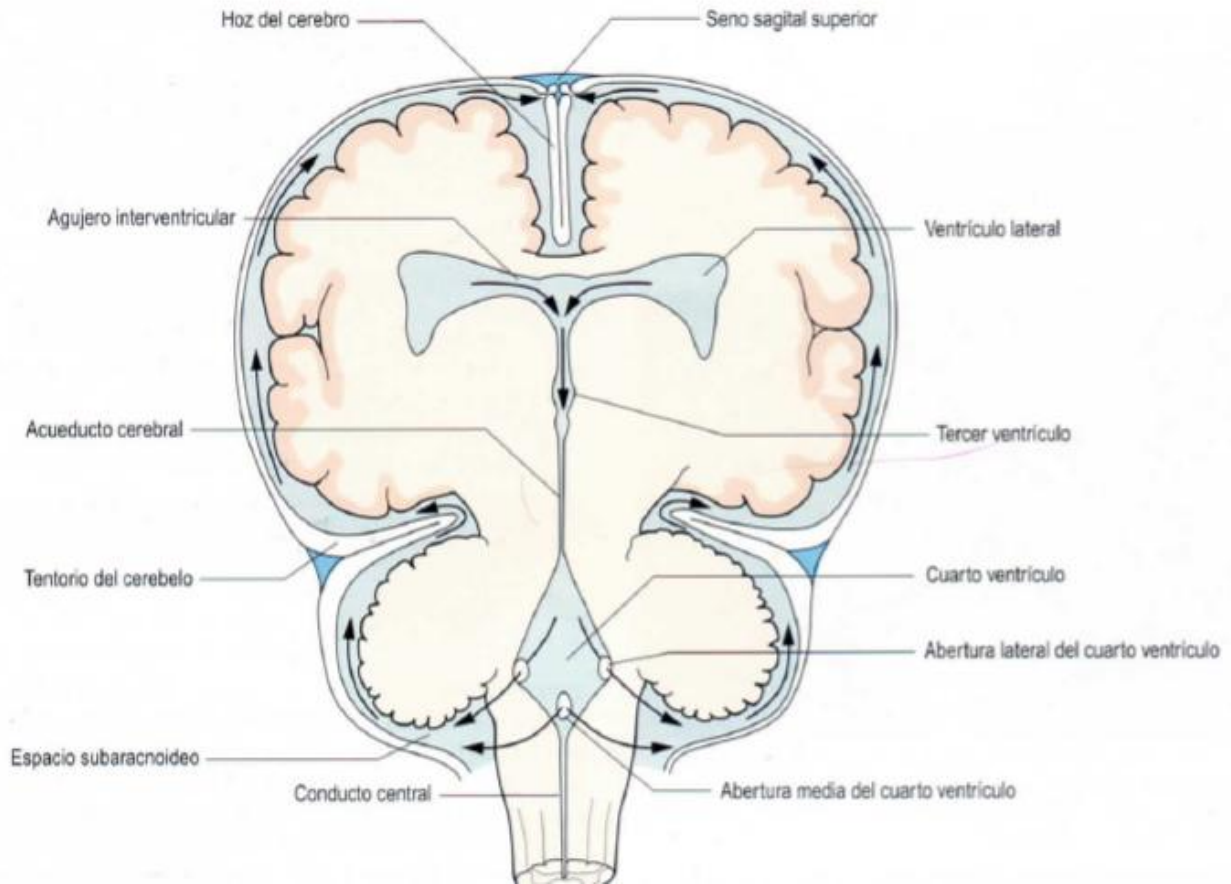
Las cisternas son lugares en el espacio subaracnoideo donde se acumula el líquido cefalorraquídeo. Son las siguientes:

- **CISTERNA MAGNA**
- **CISTERNA PONTINA**, entre bulbo y protuberancia
- **CISTERNA INTERPEDUNCULAR**, que encontramos en el polígono de Willis
- **CISTERNA PERIQUIASMÁTICA**
- **CISTERNA AMBIENS**, recoge las cisternas pericallosa y pericerebelosa

El líquido cefalorraquídeo se encuentra en **continua circulación y reabsorción**.

Imágenes del sistema ventricular





Meninges

Las meninges son **membranas que recubren al sistema nervioso central**.

De fuera a dentro son las siguientes:

- **DURAMADRE** o **paquimeninge**
- **ARACNOIDES**, media
- **PIAMADRE**, que es la más interna

Las meninges sostienen al encéfalo y además están ancladas a la calota.

1. Duramadre

Es una **membrana fibrosa y fuerte** que **envuelve al encéfalo** a modo de saco holgado; es la hoja más **externa y protectora**.

Es una membrana de **tejido conectivo denso**, que contiene **espacios potenciales** (en condiciones normales no existen) que son:

- **ESPACIO EPIDURAL**, entre el **cráneo y la duramadre**.

Este espacio aparece únicamente si se **rompe** la **ARTERIA MENÍNGEA MEDIA**

- **ESPACIO SUBDURAL**, entre la **duramadre y la aracnoides**.

Aparece únicamente cuando se rompen **determinadas venas**, como la *vena pontina*, o las *venas del parénquima cerebral*.

Hay **dos amplias reflexiones de la duramadre** que se extienden hacia el interior de la cavidad craneal para ocupar las fisuras entre los componentes principales del encéfalo:

- **HOJA PERIÓSTICA**, que está en íntimo contacto con la **calota**
- **HOJA MENINGEA**, que está en íntimo contacto con la **aracnoides**

Estas **dos hojas deben estar unidas**, pero en **algunos lugares se abren**, como por ejemplo en los **SENOS VENOSOS DURALES**.

Los SENOS VENOSOS DURALES son conductos venosos que se forman **entre las dos hojas de la duramadre**.

En la **línea media** hay una lámina vertical de duramadre llamada **HOZ DEL CEREBRO** que se extiende **desde el techo del cráneo** hasta la **gran fisura longitudinal del cerebro** donde separa los dos hemisferios cerebrales.

Las estructuras membranosas de la duramadre se extienden y fijan al interior de la calota, y en condiciones normales su función es buena ya que sujetan y protegen, pero en determinadas condiciones, se pueden herniar determinadas estructuras cerebrales.

Los repliegues membranosos duros se denominan:

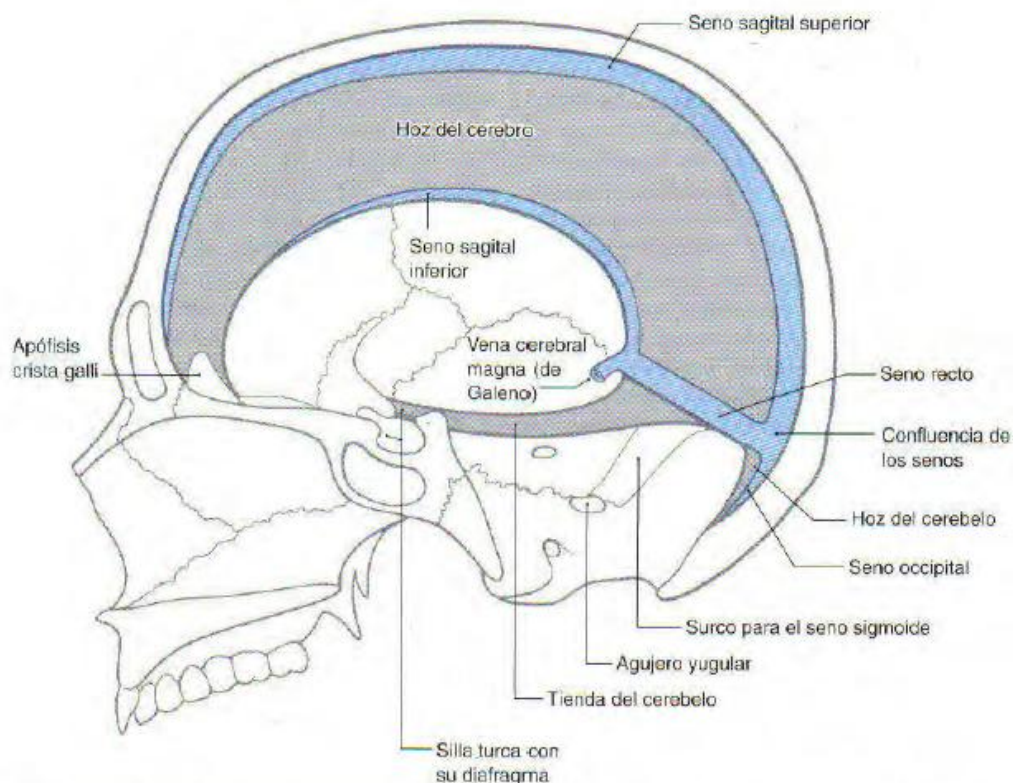
- **HOZ DEL CEREBRO**, es una lámina vertical que anteriormente **nace de la CRESTA GALLIS** y tiene unas **perforaciones**.

Sigue un **trayecto arqueado en dirección posterior** separando los dos hemisferios cerebrales.

Se une en la zona media de la tienda del cerebro.

- **TIENDA DEL CEREBELO**, está en el **surco entre los hemisferios cerebrales y cerebelosos**.
- **HOZ DEL CEREBELO**, que **separa los hemisferios cerebelosos**

La zona de confluencia de los senos longitudinales y transversos se denomina **PRENSA DE HERÓFILO** o **CONFLUENCIA DE LOS SENOS**.



2. Aracnoides

Es una membrana **avascular** semitransparente similar a una “tela de araña”. Es la **meninge media**, que se sitúa entre las otras dos

Contiene las siguientes singularidades:

- **GRANULACIONES o VELLOSIDADES ARACNOIDEAS**, que son **evaginaciones de la aracnoides hacia los senos** (concretamente seno longitudinal).

Cuando estas granulaciones hacen “**huella**” en la **calota**, dichas huellas se denominan **FOSITAS GRANULARES**.

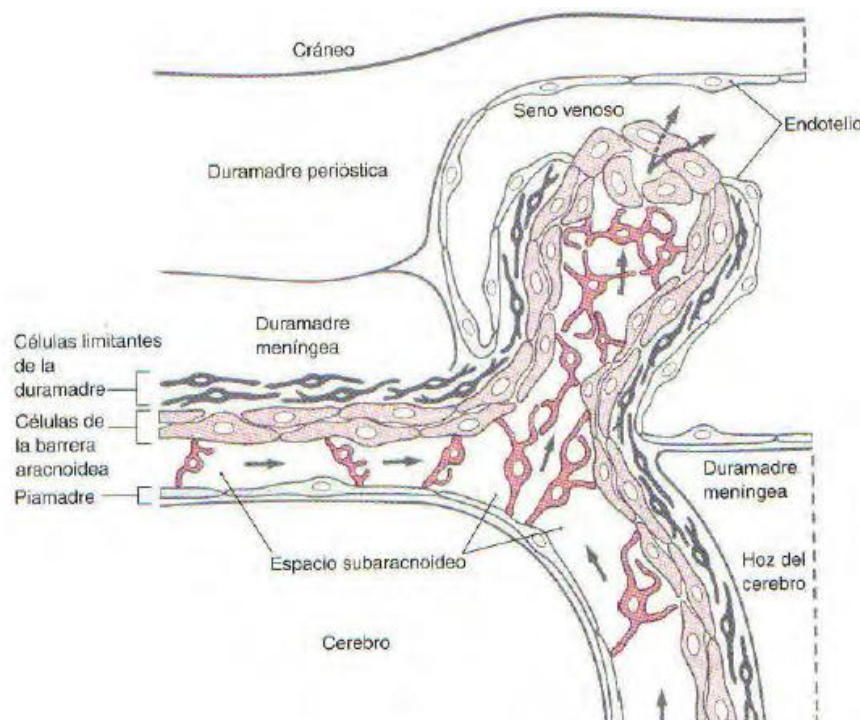
Estas estructuras **comunican el líquido cefalorraquídeo con los senos venosos**, lo que es de vital importancia, pues son estas comunicaciones las que permiten el **drenaje de líquido cefalorraquídeo**.

- **CISTERNAS ARACNOIDEAS**
- **ESPACIO SUBARACNOIDEO**

Dentro de este espacio hay un espacio por donde se introducen los vasos en la corteza que es el **ESPACIO DE VIRCHOW-ROBIN**

Pueden aparecer hemorragias en este espacio (aneurismas) que son propios de gente joven y tiñen el líquido cefalorraquídeo de un color amarillento.

La **duramadre se une a la piamadre** mediante **TRABÉCULAS ARACNOIDEAS**.



3. Piamadre

Es la **membrana meníngea mas interna**, adherida al encéfalo y se mete por todos sus repliegues. Es **vascular**.

Cuando los **vasos pequeños penetran al cerebro** desde el espacio subdural, arrastran una pequeña **envoltura de células de la piamadre y de espacio extracelular**.

Estos espacios se denominan **ESPACIOS PERIVASCULARES** o de **VIRCHOW-ROBIN**.

Meninges en la médula espinal

Las meninges en la medula son exactamente iguales, a excepción de que aquí si hay **ESPACIO EPIDURAL fisiológico**.

La duramadre y la aracnoides recubren todo el canal medular, pero como la medula solo llega a L1-L2 habrá una gran **CISTERNA SUBARACNOIDEA** bajo L2.

Esta cisterna contiene **líquido cefalorraquídeo en abundancia** y es en esta zona donde se **extrae para su análisis**.

Vascularización de las meninges

La duramadre tiene la siguiente vascularización:

- En la **región anterior** se vasculariza por las **ARTERIAS OFTÁLMICAS**.
- En la **región posterior** se vasculariza por las **ARTERIAS OCCIPITALES**.

La **ARTERIA MENÍNGEA MEDIA** vasculariza **casi toda la calota**. En muchos accidentes se perfora esta arteria y se producen **hemorragias a menudo fatales**.

Inervación de las meninges

Viene dada por los siguientes nervios

- **Nervio trigémino (V par)**
- **Nervio vago (X par)**
- **Nervio glossofaríngeo (IX par)**
- **Primeros nervios vertebrales**

Cuando estas ramas meníngicas se estimulan en la **meningitis** producen **dolor y rigidez nuchal**, lo que provoca **hiperextensión refleja del cuello** para relajar las meninges.

Cuando se **flexiona el cuello en meningitis**, se tiende a **replegar las rodillas** para **relajar todo el sistema meníngeo**.

Clínica

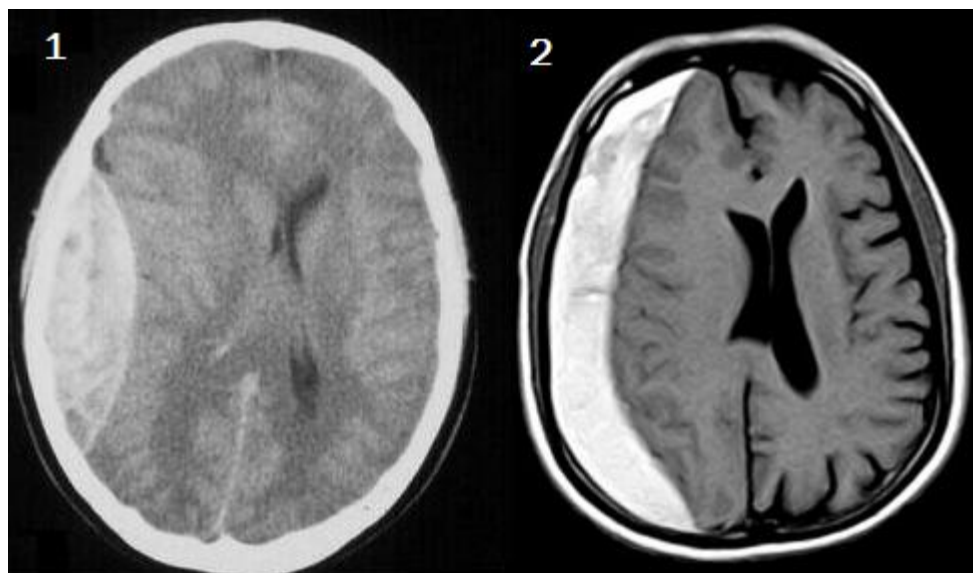
Frecuentemente observamos en **traumatismos craneales y accidentes** la **rotura de vasos meníngicos**, que provocan hemorragias las cuales comprimen al cerebro.

En el TAC la diferencia entre la hemorragia epidural y la subdural es:

- **LENTE BICONVEXA**. Se rompe la **arteria meníngea media** creando un hematoma en el **espacio epidural**.

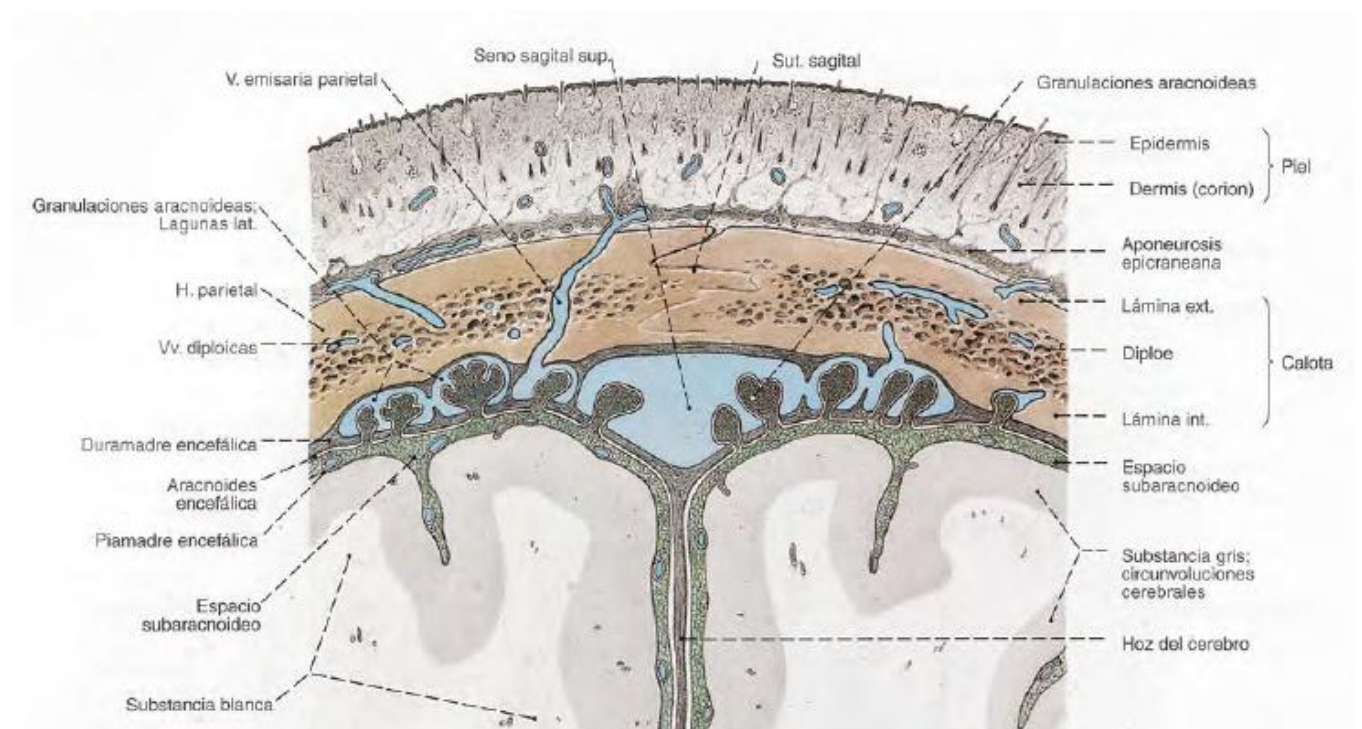
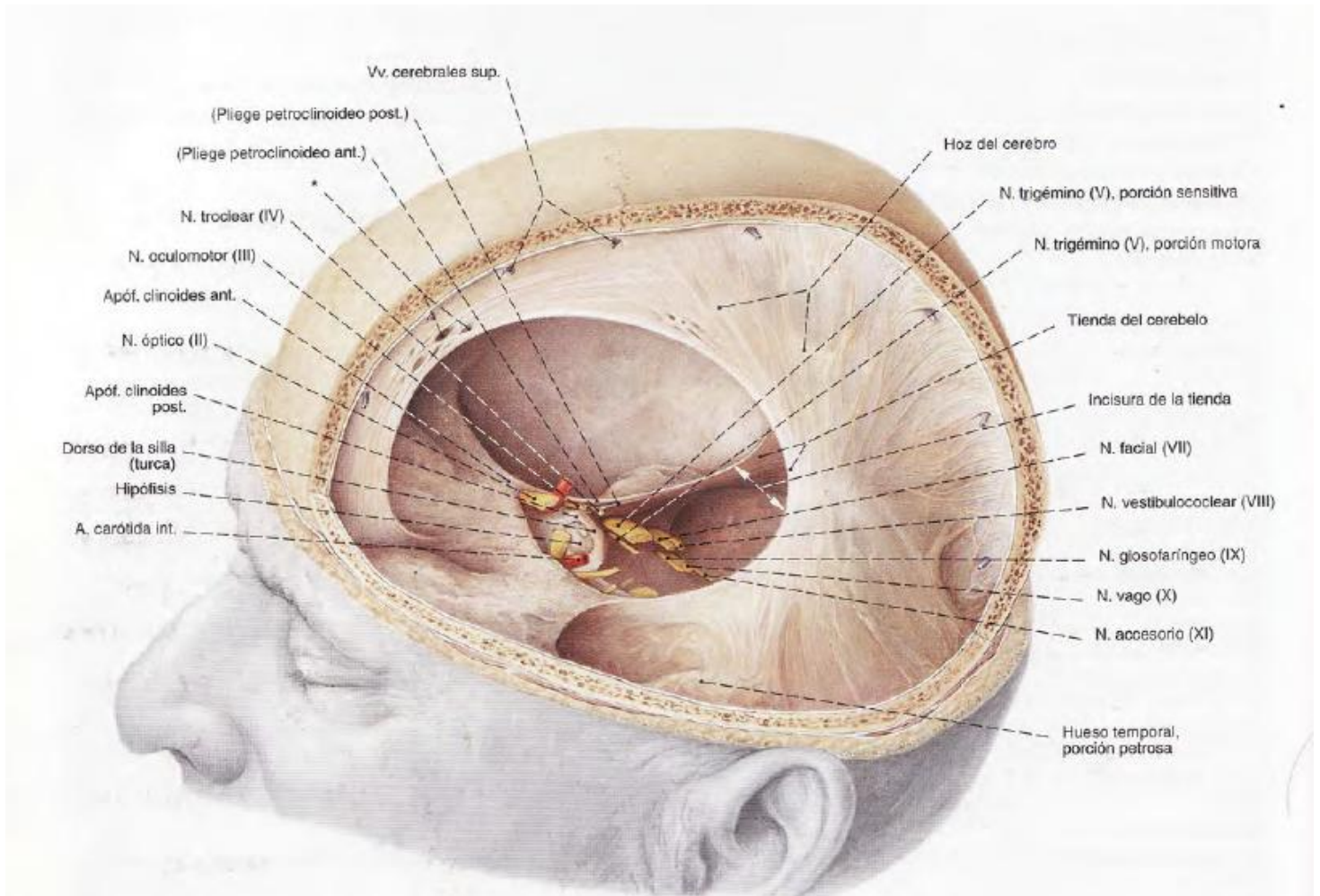
Es una **situación muy urgente**, en la que se debe **drenar al paciente** rápidamente, o si no éste morirá.

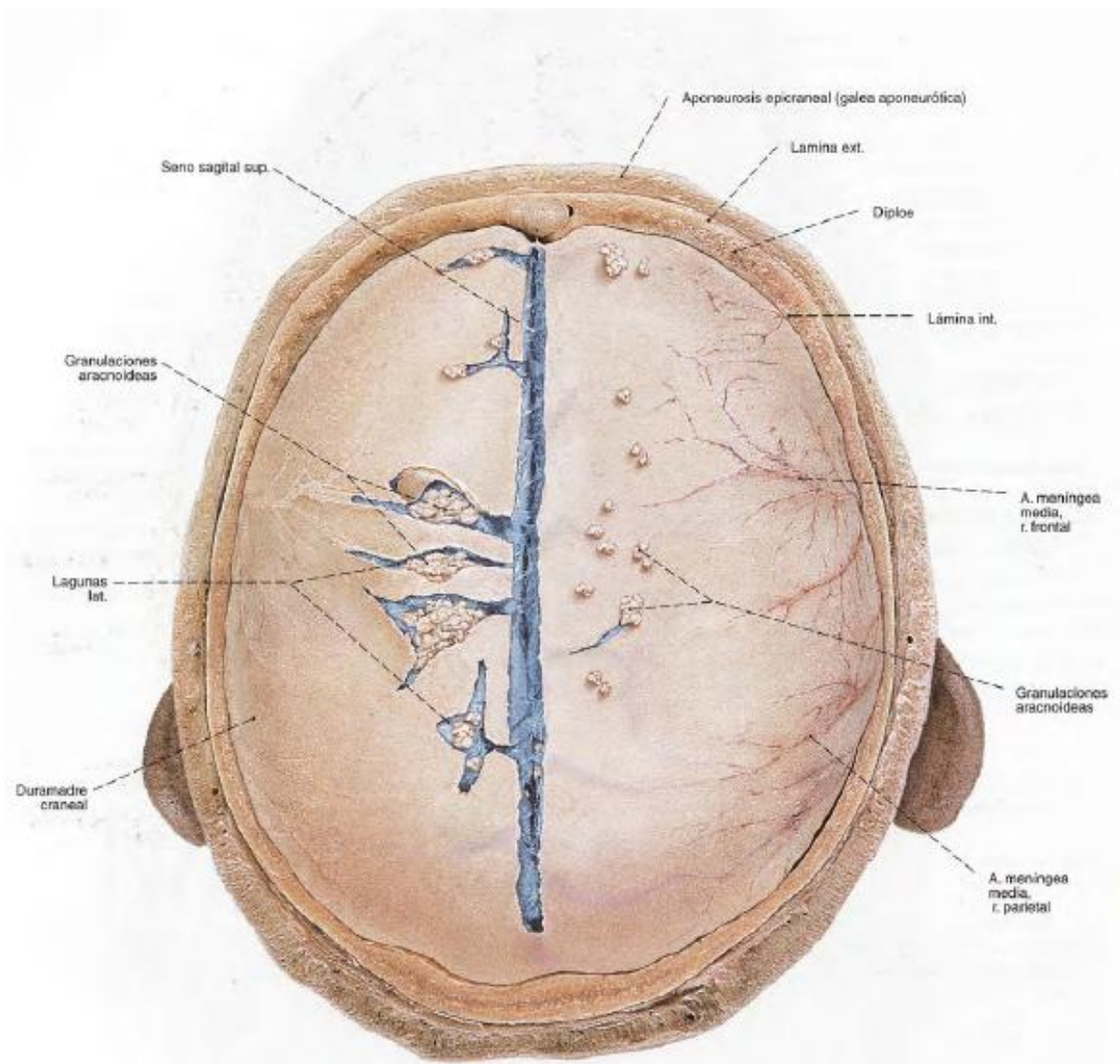
- **SEMILUNA**. Se rompe una **vena encefálica** por un **traumatismo muy violento**



1) Hemorragia epidural; 2) Hemorragia subdural

Imágenes de las meninges





Alberto Gómez Esteban

Estos apuntes fueron realizados por Alberto Gómez Esteban

Apuntes de la asignatura de Neurociencia

Impartida por el Dr. Jose Luis Velayos el curso del 2012

2º de Medicina.