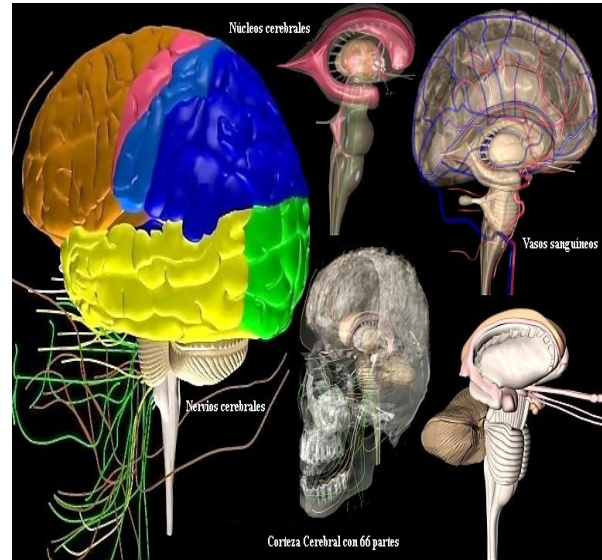


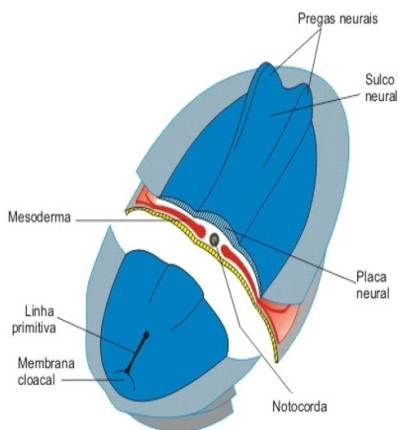
## EL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso consta de tres partes principales:

- El Sistema Nervioso central (SNC), que incluye el encéfalo y la médula espinal
- El Sistema nervioso periférico (SNP), que incluye las neuronas (células nerviosas) externas al SNC y los nervios craneales y raquídeos, los cuales unen al encéfalo y la médula espinal con las estructuras periféricas.
- El sistema nervioso Autónomo (SNA), el cual posee partes tanto en el SNC como en el SNP y está formado por neuronas que inervan al músculo liso, el músculo cardíaco o el epitelio glandular, o combinaciones de estos tejidos.



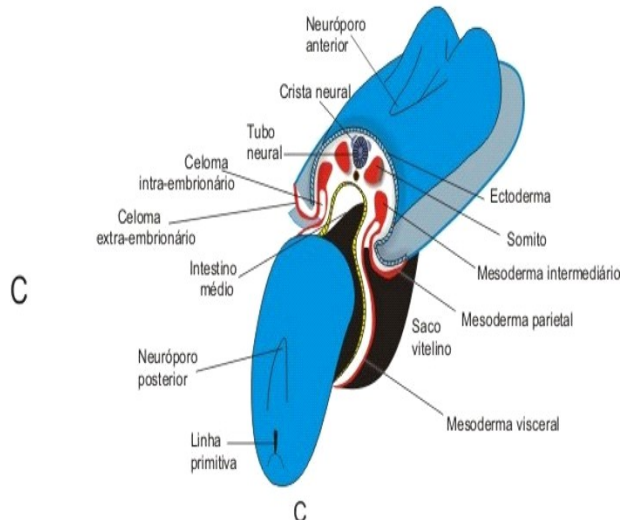
## SISTEMA NERVIOSO CENTRAL



A

El sistema nervioso central aparece al comienzo de la tercera semana de desarrollo como una placa alargada de ectodermo engrosado, la **placa neural**, en la región dorsomedial, por delante del nódulo primitivo. Sus bordes laterales se elevan poco después y forman los **pliegues neurales**. El notocordio y el mesodermo paraxial son los que inducen la diferenciación del ectodermo suprayacente que origina la placa neural. Entre las moléculas de señalización parecen estar implicadas la familia del factor de crecimiento transformador  $\beta$  que induce la **activina** y los factores de crecimiento fibroblástico.

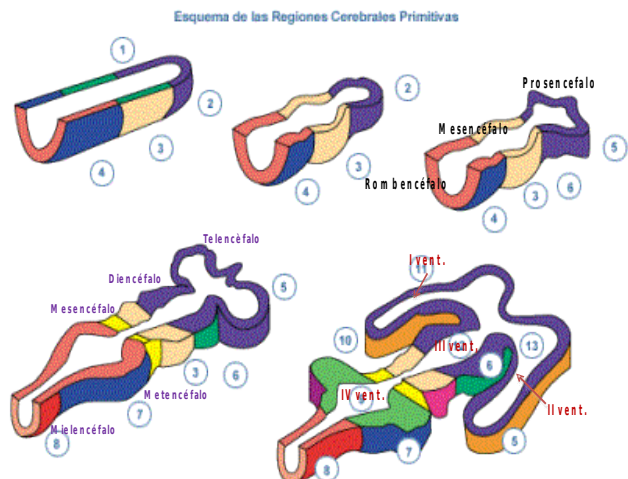
Este sitio avanza luego cranealmente hasta cerrar la región más rostral del tubo neural y se une caudalmente con el cierre que progresa desde el sitio cervical. El cierre definitivo del neuroporo craneal o cefálico se produce en el estadio de 18 a 20 somitas (a los 25 días); el neuroporo caudal se oblitera (cierra) unos dos días después estadio de 25 somitas (en el día 27). el extremo cefálico del tubo neural presentan tres dilataciones que corresponden a las **vesículas encefálicas primarias (vesículas cerebrales)**: a) el **procencefalo o cerebro anterior**; b) el **mesencéfalo o cerebro medio** y c) el **rombencéfalo o cerebro posterior**. Simultáneamente aparecen dos flexuras a) la **flexura cervical**, en la unión del cerebro posterior y la medula espinal, y b) la **flexura cefálica**, en la región del mesencéfalo.

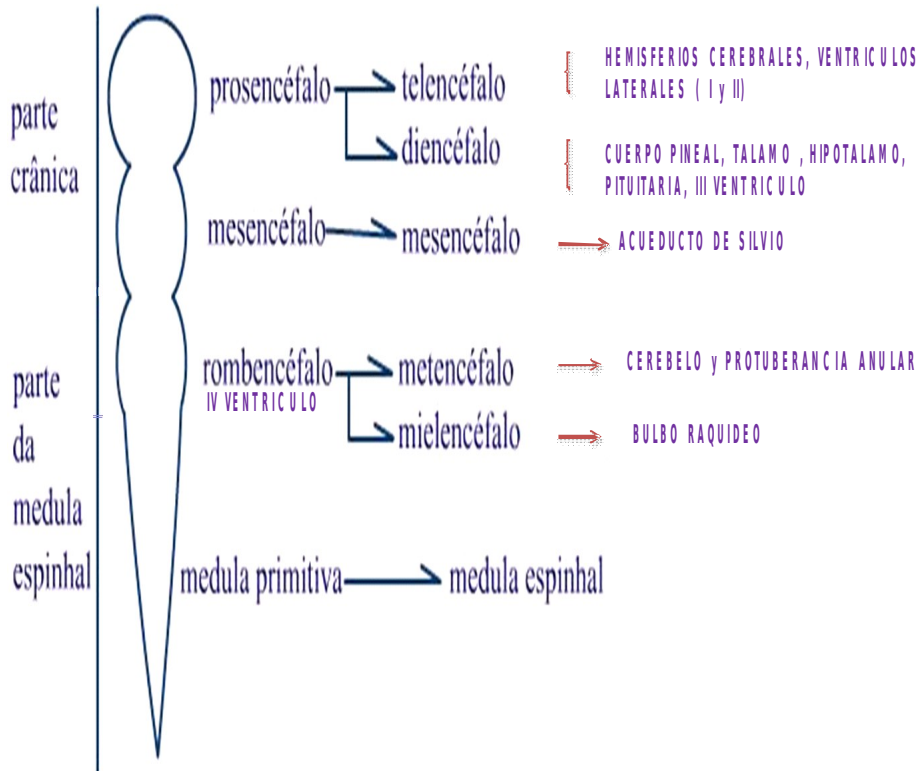


Cuando el embrión tiene 5 semanas, el procencefalo esta constituido por dos partes: a) el **telencéfalo**, formado por una porción media y dos evaginaciones laterales, los **hemisferios cerebrales primitivos**, y b) el **Diencéfalo**, que se caracteriza por la evaginación de las vesículas ópticas. El mesencéfalo se halla separado del rombencéfalo por un surco profundo, el **Istmo del rombencéfalo**.

El rombencéfalo también esta constituido por dos partes: a) el **metencéfalo**, que mas adelante formara la protuberancia y el cerebelo, y b) el **mielencéfalo**. El limite entre ambas esta marcado por la **flexura protuberancial o basocraneal**.

La luz de la medula espinal, el **conducto del epéndimo o conducto central**, se continúa con la cavidad de las vesículas encefálicas. La cavidad del rombencéfalo es el **cuarto ventrículo**; la del Diencéfalo, el **tercer ventrículo**, y las cavidades de los hemisferios cerebrales son los **ventrículos laterales**. La luz del mesencéfalo comunica al tercer con el cuarto ventrículo. Este espacio se torna muy estrecho y se conoce como el **acueducto de Silvio**. Los ventrículos laterales se comunican con el tercer ventrículo a través de los **agujeros interventriculares de Monro**.

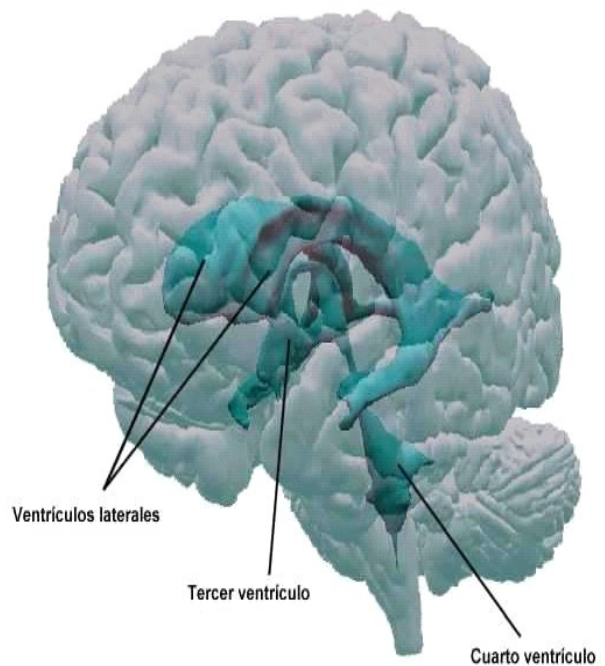




## DESARROLLO DEL ENCEFALO

El tubo neural, craneal al cuarto par de somitas se convierte en el encéfalo. La fusión de los pliegues neurales en la región craneal y el cierre del neuroporo rostral (cefálico) forman tres **vesículas cerebrales primarias** a partir de las cuales se desarrolla el encéfalo. Estas tres vesículas encefálicas primarias son: **el prosencefalo, el mesencéfalo y el rombencéfalo**. A lo largo de la quinta semana, el procencefalo se divide parcialmente en dos **vesículas cerebrales secundarias**, el telencéfalo y el Diencéfalo; el mesencéfalo no se divide; el rombencéfalo se divide parcialmente en el metencéfalo y el mielencéfalo; por consiguiente hay cinco vesículas cerebrales secundarias.

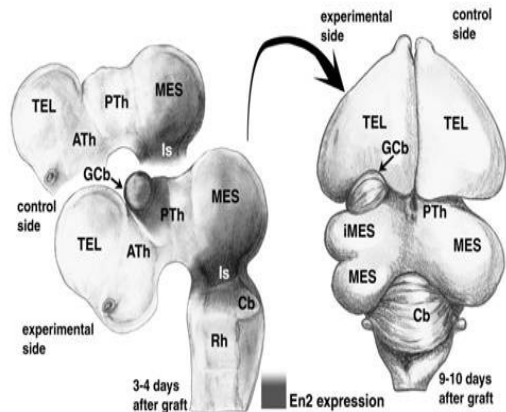
A cada lado de la línea media en el rombencéfalo y el mesencéfalo aparecen bien definidas las placas basales y alares, que representan áreas motoras y sensoriales, respectivamente. Sin embargo, en el procencefalo las placas alares están acentuadas y las placas basales han experimentado regresión.



## Prosencéfalo: cerebro anterior

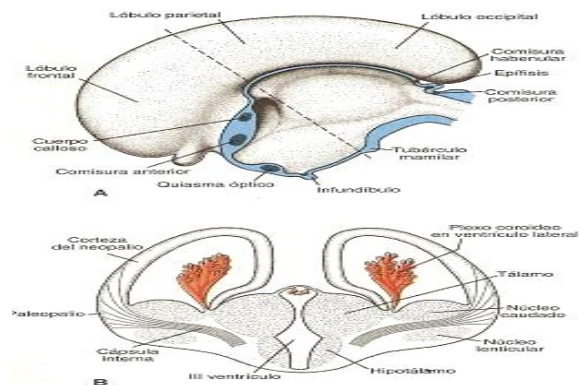
El Prosencéfalo está compuesto por el **telencéfalo**, que da origen a los hemisferios cerebrales, y el **Diencefalo**, que constituye la cúpula y el pedículo óptico, la hipófisis, el tálamo, el hipotálamo y la epífisis (glándula pineal).

## Telencéfalo.



El telencéfalo consta de una parte media y de dos divertículos laterales, las *vesículas cerebrales*. Estos divertículos son los primordios de los *hemisferios cerebrales*. La cavidad de la porción media del telencéfalo forma el extremo de la parte anterior del tercer ventrículo. En un principio, los hemisferios se comunican ampliamente con la cavidad del tercer ventrículo a través de los agujeros interventriculares de Monro. A lo largo de una línea, la cisura coroidea parte de la pared medial de los hemisferios cerebrales en desarrollo, se hace muy delgada. Inicialmente esta fina porción endimaria se halla en el techo del hemisferio y se continúa con el techo endimial del tercer ventrículo. El *plexo coroideo* del ventrículo lateral se forma posteriormente en este sitio.

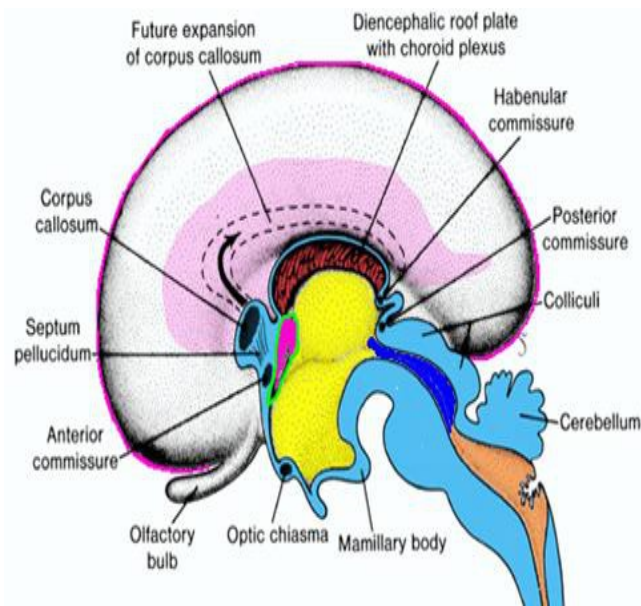
Conforme se expanden los *hemisferios cerebrales*, recubren de modo sucesivo el Diencefalo, mesencefalo y rombencéfalo. Finalmente, los hemisferios se acercan en la línea media y aplanan sus superficies internas. El mesénquima que queda atrapado en la cisura longitudinal situada entre ellos da lugar a la *Hoz del cerebro*, un pliegue interno de duramadre. El *cuerpo estriado* aparece durante la sexta semana en forma de tumefacción propiamente del suelo de cada hemisferio cerebral.



El suelo de cada hemisferio se expande con mayor lentitud que sus delgadas paredes corticales, ya que contiene el cuerpo estriado de tamaño relativamente grande; por consiguiente, los hemisferios cerebrales adquieren forma de **C**.

El crecimiento y la curva de los hemisferios afectan también a la forma de los ventrículos laterales, que se convierten en cavidades en forma aproximada de C rellena de líquido cefalorraquídeo (LCR). El extremo caudal de cada hemisferio cerebral gira en sentido ventral y después lo hace en sentido rostral, formando el lóbulo temporal; durante este proceso arrasa con él al ventrículo (formando el cuerno temporal) y a la *cisura coroidea*.





En esta localización, la delgada pared interna del hemisferio se invagina a lo largo de la cisura coroidea por la piamadre vascular para formar el plexo coroideo del asta temporal.

A medida que se diferencia la corteza cerebral, las fibras que se dirigen hacia y salen desde ella pasan a través del cuerpo estriado y los dividen en los núcleos caudado y lenticular. Esta vía de fibras, la *capsula interna*, toma forma de **C** al hacerlo el hemisferio. El núcleo caudado se elonga y adquiere forma de **C**, ajustándose al contorno del ventrículo lateral. Su cabeza en forma de guisante y su cuerpo alargado se encuentran en el suelo del asta frontal y cuerpo del ventrículo lateral, mientras que su cola efectúa un giro en **U** para alcanzar el techo del asta temporal o inferior.

## Diencefalo.

El Diencefalo se desarrolla a partir de la porción mediana del prosencefalo y se considera que consiste en una placa del techo y dos placas alares, pero que carece de las placas del suelo y las basales.

En las paredes laterales del tercer ventrículo se desarrollan tres tumefacciones que posteriormente se convierten en el epitálamo, el tálamo y el hipotálamo.

El **Tálamo** se encuentra separado del epitálamo y del hipotálamo por el surco hipotalámico, este último no es una continuación del surco limitante hacia el prosencefalo y, de forma análogo a aquel, tampoco divide áreas motoras y sensitivas. El tálamo se desarrolla con rapidez en cada lado y protruye hacia la cavidad del tercer ventrículo, reduciéndola a una estrecha hendidura. Los talamos se acercan y fusionan en la línea media en el 70% del cerebro, formando un puente de sustancia gris a lo largo del tercer ventrículo, la adhesión intertalámica.

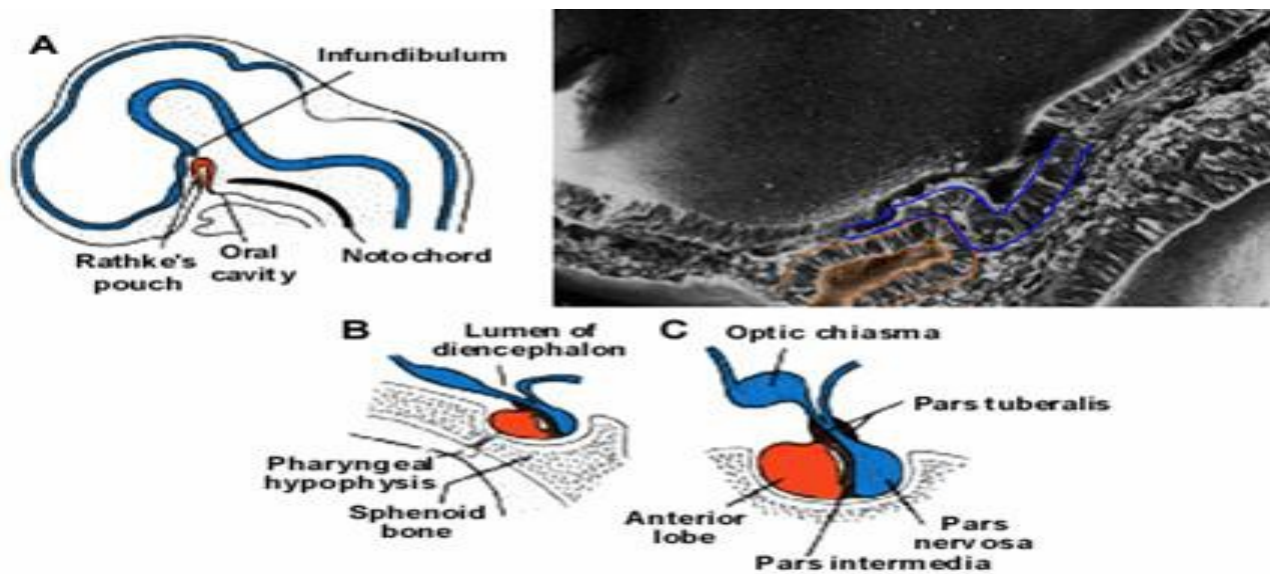
El **hipotálamo** surge por proliferación de neuroblastos en la zona intermedia de las paredes diencefálicas en posición ventral respecto al surco hipotalámico. Posteriormente se desarrollan diversos núcleos implicados en actividades endocrinas y la homeostasia. Un par de núcleos, los cuerpos mamilares, forman tumefacciones del tamaño de un guisante en la superficie ventral del hipotálamo. La glándula pineal (Cuerpo pineal o epífisis) se desarrolla como un divertículo medio de la parte caudal del techo del Diencefalo. La proliferación celular en sus paredes hace que en poco tiempo esta glándula se convierta en una glándula sólida en forma de cono.

**Hipófisis.** El origen de esta glándula es ectodérmico. Se desarrolla a partir de dos fuentes:

- Un crecimiento hacia arriba del techo ectodérmico del estomodeo, el divertículo hipofisario
- Un crecimiento hacia abajo del neuroectodermo del Diencefalo, el divertículo neurohipofisario.

Este doble origen explica porque la Hipófisis se compone de dos tejidos totalmente distintos:

- La Adenohipofisis (parte glandular) o lóbulo anterior surge del ectodermo oral de la bolsa de Rathke.
- La Neurohipofisis (parte nerviosa) o lóbulo posterior se origina del neuroectodermo.



A mediados de la cuarta semana, un divertículo, el *divertículo hipofisario (bolsa de Rathke)*, se proyecta desde el techo del estomodeo y se sitúa junto al piso (pared ventral) del Diencefalo. Hacia la quinta semana, esta bolsa se ha alargado y contraído en su punto de fijación al epitelio oral, lo que le otorga un aspecto parecido al pezón. En este momento se ha puesto en contacto con *el infundíbulo* (derivado del divertículo epifisario), un crecimiento hacia abajo del Diencefalo ventral. Las partes de la hipófisis que se desarrollan a partir del ectodermo del estomodeo, partes anterior, intermedia y tuberal, forman la **Adenohipofisis**. El tallo del divertículo hipofisario pasa entre los centros de condricación de los huesos craneales presfenoide y basisfenoide en desarrollo. Durante la sexta semana, la conexión de la bolsa de Rathke con la cavidad bucal degenera y desaparece.

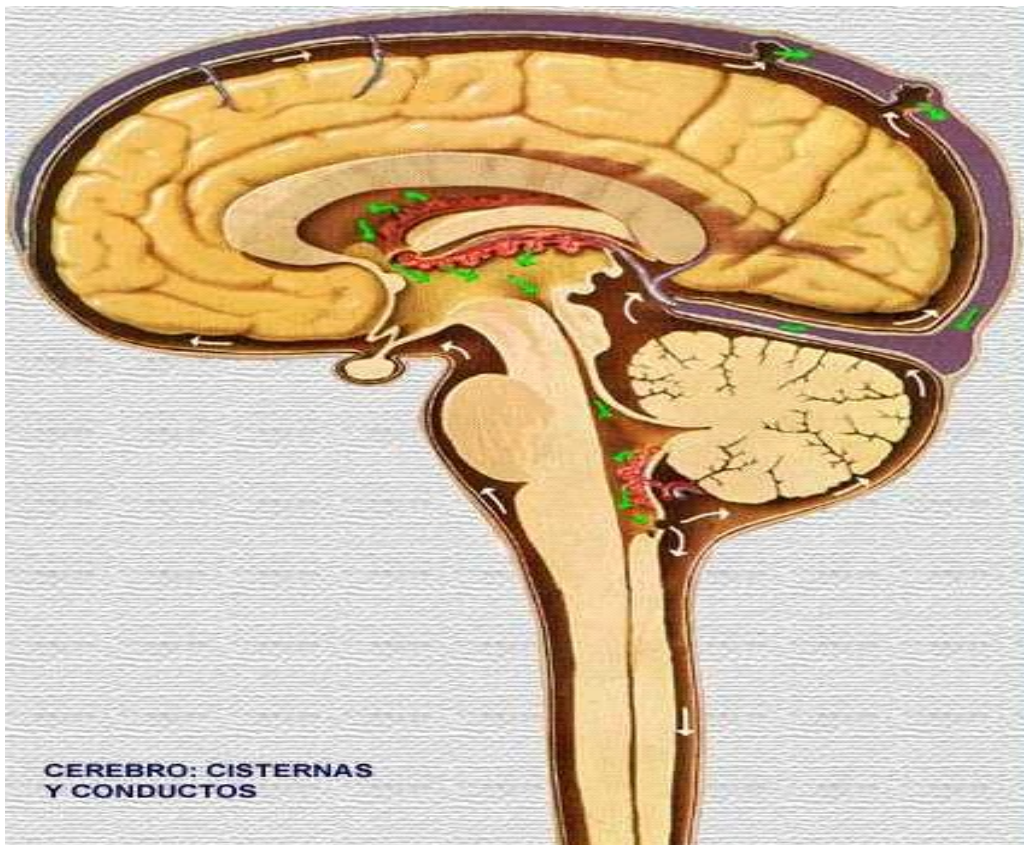
Las células de la pared anterior del divertículo hipofisario proliferan y originan la *parte distal* (pars distalis) de la hipófisis. Posteriormente crece una extensión, la *parte tuberal* (pars tuberalis) alrededor del tallo infundibular. La amplia proliferación de la pared anterior del divertículo hipofisario reduce su luz hasta formar una estrecha hendidura. Esta hendidura residual no suele ser reconocible en la glándula adulta, pero puede estar representada en una zona de quistes. Las células de la pared posterior del divertículo hipofisario no proliferan; dan lugar a la *parte intermedia* (pars intermedia) delgada y mal definida. La parte de la hipófisis que se forma a partir del neuroectodermo del encéfalo (infundíbulo) es la **Neurohipofisis**. El *infundíbulo* da lugar a la eminencia media, el tallo infundibular y la parte nerviosa (pars nervosa). Inicialmente, las paredes del infundíbulo son delgadas, pero pronto se hace solido su extremo distal a medida que las células neuroepiteliales proliferan. Estas células se diferencian después en pituicitos, las células primarias del lóbulo posterior de la hipófisis que están estrechamente relacionadas con las células neurogliales. Las fibras nerviosas crecen hacia la parte nerviosa desde el área hipotalámica a la que se encuentra unido el tallo infundibular.

## Mesencéfalo: cerebro medio

El cerebro medio o mesencéfalo sufre menos cambios que otras partes del encéfalo en desarrollo, salvo la parte caudal del rombencéfalo. El canal neural se estrecha y transforma en el acueducto cerebral (de Silvio), un conducto que conecta el tercer y cuarto ventrículos. Los neuroblastos migran desde las placas alares del mesencéfalo hacia el *techo* (tectum) y se agregan para formar cuatro grandes grupos de neuronas, los **colículos superiores e inferiores**, relacionados con los reflejos visuales y auditivos, respectivamente. Los neuroblastos de la placas basales pueden dar

lugar a grupos de neuronas en el tegumento (tegmentum) (núcleos rojos, núcleos del tercer y cuarto nervios craneales, y núcleos reticulares) La *sustancia negra*, una capa ancha de sustancia gris adyacente al pedículo cerebral también se podía diferenciar a partir de la placa basal, pero algunos autores creen que deriva de células de la placa alar que migraría ventralmente.

Las fibras que crecen desde el cerebro forman los pedículos cerebrales en la parte anterior. Los *pedículos cerebrales* se hacen gradualmente más prominentes a medida que descienden más grupos de fibras (corticopontinas, cortibulbares y corticospinales) a través del mesencéfalo en desarrollo en su recorrido hacia el tronco encefálico y la medula espinal.



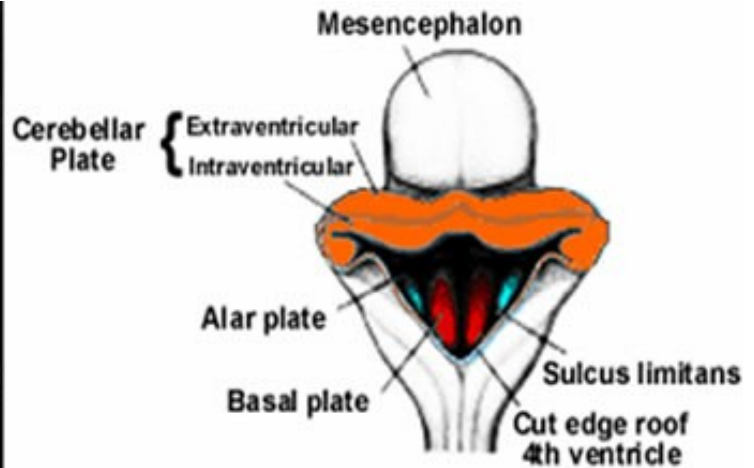
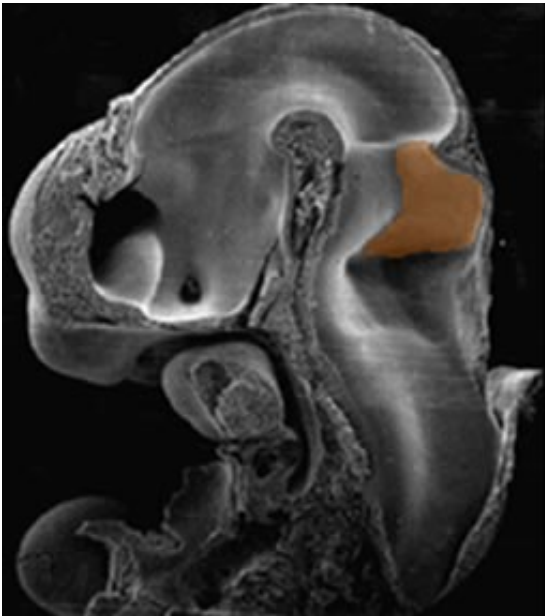
### Rombencéfalo: cerebro posterior

El pliegue cervical delimita el cerebro posterior o rombencéfalo de la medula espinal. Posteriormente, esta unión se define de manera arbitraria como el nivel de la raicilla superior del primer nervio cervical, situado aproximadamente en el agujero occipital. El *pliegue pontino*, localizado en la futura región pontina, divide el rombencéfalo en una porción caudal (mielencéfalo) y una porción rostral (metencéfalo). El mielencéfalo se convierte en el *bulbo raquídeo* (medulla oblongata) y el metencéfalo da lugar a la *protuberancia* (puente de Varolio) y el *cerebelo*. La cavidad del rombencéfalo origina el cuarto ventrículo y el canal central de la medula espinal.



### Metencéfalo

Las paredes del metencéfalo forman la protuberancia o puente de Varolio y el cerebelo, mientras que su cavidad constituye la parte superior del cuarto ventrículo. Al igual que en la parte rostral del mielencéfalo, el acodamiento pontino origina la separación de las paredes laterales de la protuberancia, diseminando la sustancia gris en el piso del cuarto ventrículo. Como sucede en el mielencéfalo, los neuroblastos de cada placa basal se diferencian en núcleos motores y se organizan en tres columnas a cada lado.



El **cerebelo** se desarrolla a partir de engrosamientos de las porciones dorsales de las placas alares. Inicialmente, las tumefacciones cerebelosas se proyectan hacia el cuarto ventrículo. A medida que las tumefacciones crecen y se fusionan en el plano medio, superan a la mitad rostral de dicho ventrículo y se superponen a la protuberancia y el bulbo raquídeo. Algunos neuroblastos de la zona intermedia de las placas alares migran hacia la zona marginal y se diferencian en las neuronas de la *corteza cerebelosa*. Otros neuroblastos de esas placas dan lugar a los núcleos centrales, el mayor de los cuales es el *núcleo dentado*. Las células de las placas alares también originan los núcleos pontinos, coclear y vestibular, así como los núcleos sensitivos del nervio trigémino.

La estructura del cerebelo refleja su desarrollo filogenético:

- Ø El *arquicerebelo* (lóbulo floculonodular), la parte más antigua desde el punto de vista filogenético, conectado al aparato vestibular.
- Ø El *paleocerebelo* (vermis y lóbulo anterior), de desarrollo más reciente, se asocia a datos sensoriales de las extremidades.
- Ø El *neocerebelo* (lóbulo posterior), la parte más nueva desde el punto de vista filogenético, se ocupa, del control selectivo de los movimientos de las extremidades.

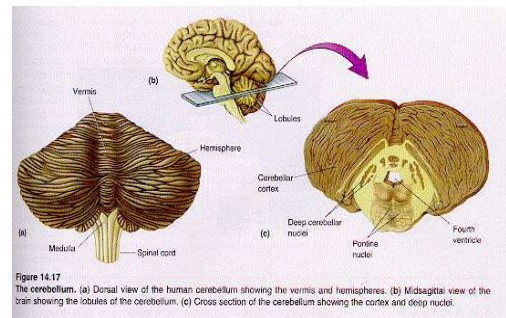


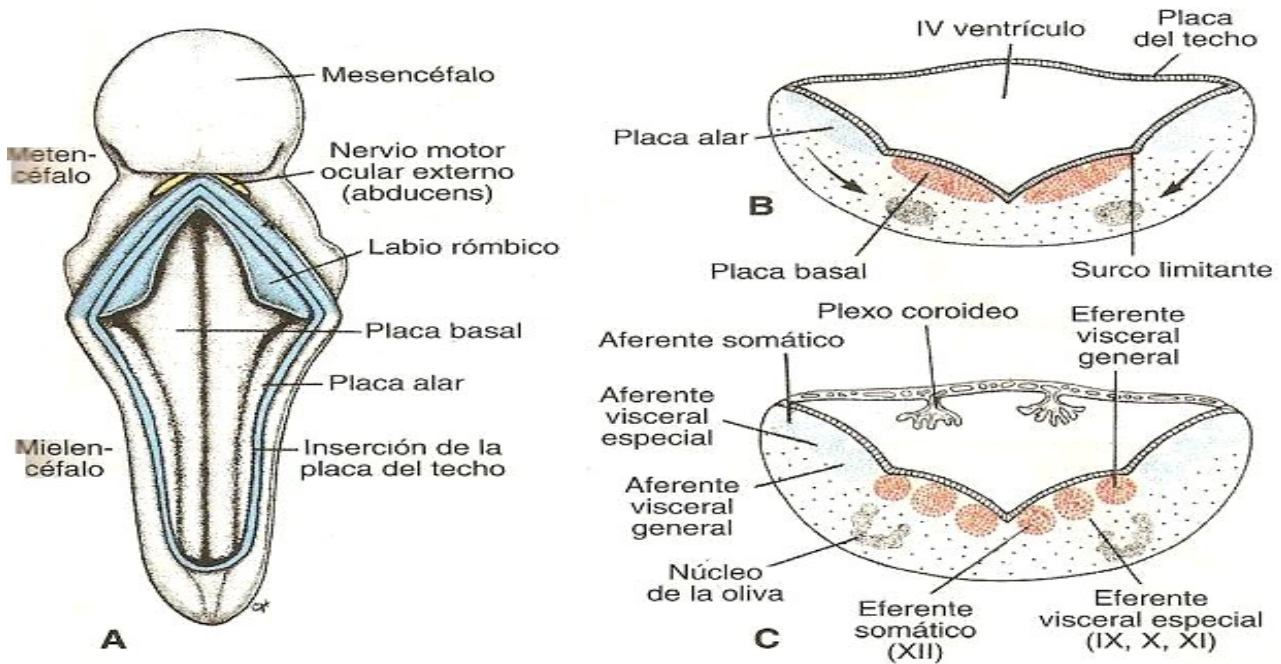
Figure 14.17 The cerebellum. (a) Dorsal view of the human cerebellum showing the vermis and hemispheres. (b) Mid-sagittal view of the brain showing the lobules of the cerebellum. (c) Cross section of the cerebellum showing the cortex and deep nuclei.



Las fibras nerviosas que conectan la corteza cerebral y cerebelosa a la medula espinal pasan a través de la capa marginal de la región ventral del metencéfalo. Esta zona del tallo encefálico se conoce como **Protuberancia**, dado que una gruesa banda de fibras nerviosas cruza el plano medio y forma un reborde voluminoso en sus caras anterior y lateral.

### Mielencéfalo

La parte caudal del mielencéfalo (parte cerrada del bulbo raquídeo) se asemeja a la medula espinal tanto desde el punto de vista del desarrollo como estructural. El canal neural del tubo neural forma un pequeño canal central. A diferencia de los neuroblastos de la medula espinal, los de las placas alares del mielencéfalo migran hacia la zona marginal y forman áreas aisladas de sustancia gris, los *núcleos gráciles* en posición central y los *núcleos cuneiformes* en posición lateral. Estos núcleos se relacionan con las vías del mismo nombre que penetran en el bulbo raquídeo desde la medula espinal. El área ventral del bulbo contiene un par de haces de fibras, la pirámides, formadas por fibras corticospinales que descienden desde la corteza cerebral en desarrollo.



A. Vista dorsal del piso del cuarto ventrículo en un embrión de 6 semanas, después de quitar la placa del techo. Nótese las placas alar y basal en el mielencéfalo. Se aprecia el labio rómbico en el metencéfalo. B y C. Esquemas que muestran la situación y la diferenciación de las placas basal y alar del mielencéfalo en diferentes etapas de desarrollo.

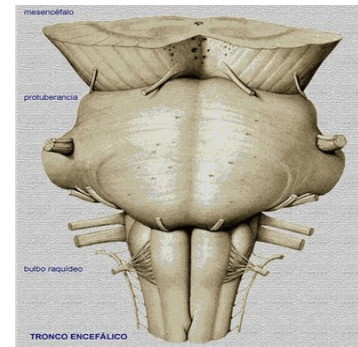
La parte rostral del mielencéfalo (parte “abierta” del bulbo raquídeo) es ancha y muy aplanada, especialmente en la zona opuesta al pliegue pontino. Este pliegue origina el movimiento hacia fuera de las paredes laterales del bulbo como las páginas de un libro abierto, así como el estiramiento y adelgazamiento de la placa del techo. Además, la cavidad de esta parte del mielencéfalo (parte del futuro cuarto ventrículo) adquiere una forma un tanto romboidea (en forma de diamante). A medida que las paredes del bulbo se desplazan hacia fuera, las placas alares se sitúan en posición lateral respecto a las basales. Al cambiar las posiciones de las placas, los núcleos motores se suelen desarrollar mediales respecto a los núcleos sensitivos. Los neuroblastos de las placas basales del bulbo raquídeo, al igual que los situados en la medula espinal, dan origen a neuronas motoras. En el bulbo, los neuroblastos forman núcleos (grupos de células nerviosas) y se organizan en tres columnas a cada lado. De la central a la lateral se

encuentran:

- ✓ **Eferente somática general**, representada por neuronas del nervio hipogloso
- ✓ **Eferente visceral especial**, representada por neuronas que inervan músculos derivados de los arcos faríngeos
- ✓ **Eferente visceral general**, representadas por algunas neuronas de los nervios vago y glossofaríngeo

Los neuroblastos de las capas alares forman neuronas que se organizan en cuatro columnas a cada lado. Desde la central a la lateral aparecen:

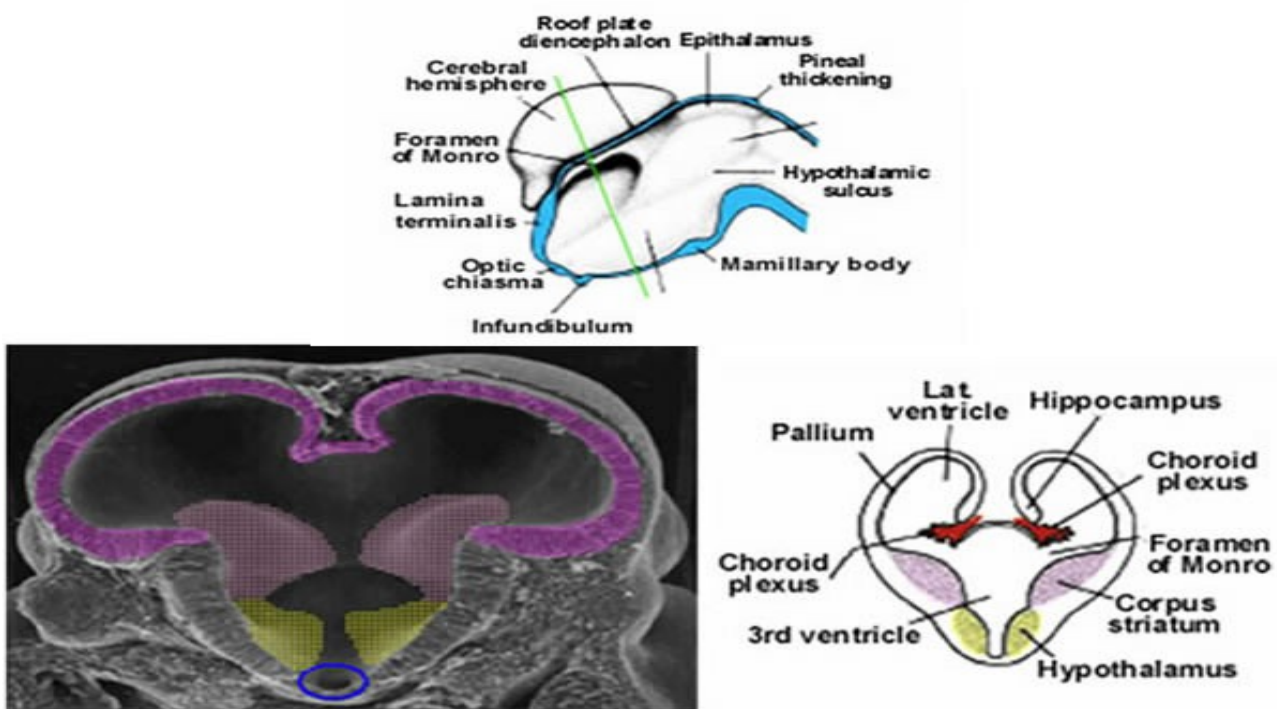
- ✓ **Aferente visceral general**, que recibe impulsos de la vísceras
- ✓ **Aferente visceral especial**, que recibe fibras gustativas
- ✓ **Aferente somática general**, que recibe impulsos de la superficie de la cabeza
- ✓ **Aferente somática especial**, que recibe impulsos de los oídos.



Algunos neuroblastos de las placas alares migran ventralmente y forman las neuronas de los **núcleos de la oliva**.

### Plexos coroideos y líquido cefalorraquídeo (LCR)

El delgado techo endimario del cuarto ventrículo está recubierto a nivel externo por la *piamadre*, derivada del mesénquima asociado al rombencéfalo. Esta *piamadre* vascular, junto con el techo endimario, forma la *tela coroidea*. Debido a la activa proliferación de la *piamadre*, la *tela coroidea* se invagina hacia el cuarto ventrículo, donde se diferencia en el **Plexo Coroideo**. En el techo del tercer ventrículo y en las paredes mediales de los ventrículos laterales aparecen plexos coroideos similares. Los plexos secretan líquido ventricular, que se convierten en el **líquido cefalorraquídeo (LCR)** cuando recibe aportaciones de la superficie del encéfalo y la médula espinal, así como de la capa piaracnoidea de las meninges. El delgado techo del cuarto ventrículo se evagina en tres lugares y estas evaginaciones se rompen para formar aberturas. Las aberturas, medias y laterales (agujero de Magendie y agujeros de Luschka, respectivamente) permiten la entrada del LCR en el *espacio subaracnoideo* desde el cuarto ventrículo. El lugar principal de absorción de LCR hacia el sistema venoso son las vellosidades, protrusiones de la aracnoides hacia los senos venosos duros. Estas vellosidades constan de una capa celular delgada derivada del epitelio de la aracnoides y el endotelio del seno.



## DESARROLLO DE LA MEDULA ESPINAL

El tubo neural caudal al cuarto par de somitas constituye la medula espinal. Las paredes laterales del tubo neural se engrosan y reducen de forma gradual el tamaño del canal neural hasta que solo esta presente un reducido canal central de la medula espinal entre al novena y la décima semana.

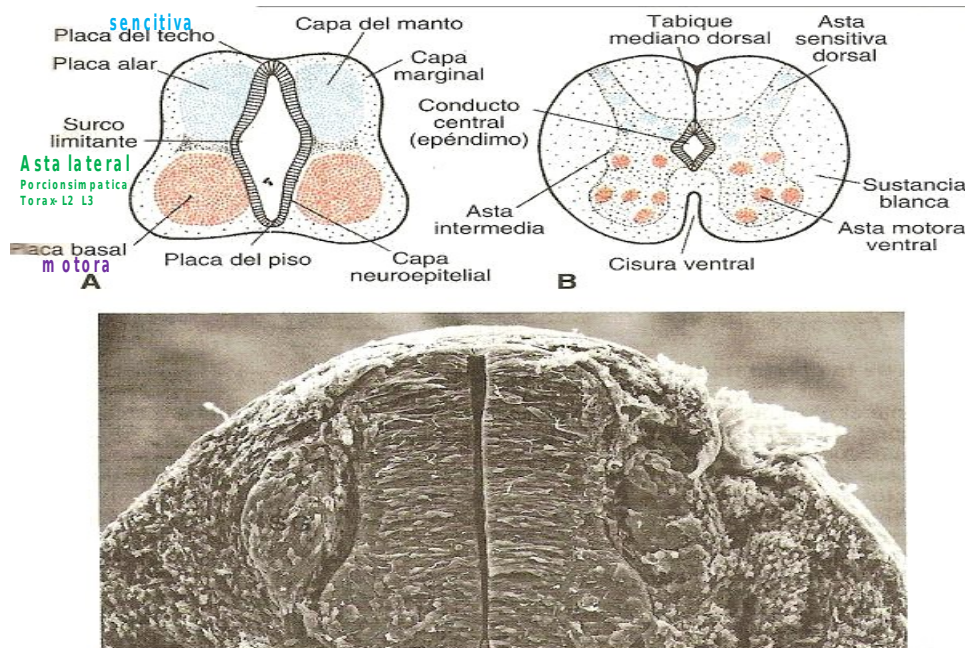
### Capas neuroepitelial, del manto y marginal.

La pared del tubo neural a poco de cerrarse esta formada por **células neuroepiteliales**, que se extienden por todo su espesor y forman un grueso epitelio pseudoestratificado. Estas células están conectadas entre si por complejos de unión que se encuentran en la luz. Durante el periodo de surco neural e inmediatamente después de cerrarse el tubo, se dividen rápidamente y producen cada vez mayor cantidad de células neuroepiteliales. Constituyen en conjunto la **capa neuroepitelial o neuroepitelio**.

Una vez que el tubo neural se ha cerrado, las células neuroepiteliales comienzan a originar otro tipo celular, que se caracteriza por un núcleo esférico de gran tamaño con nucleoplasma pálido y nucléolo que se tiñe de oscuro. Son las células nerviosas primitivas o neuroblastos. Forman una zona que rodea a la capa neuroepitelial y se denomina **capa del manto**. La capa del manto formara mas adelante la **sustancia gris de la medula espinal**.

La capa mas externa de la medula espinal, la **capa marginal**, contiene las fibras nerviosas que salen de los neuroblastos de la capa del manto. Como resultado de la mielinización de las fibras nerviosas, esta capa adquiere un aspecto blanquecino y se llama sustancia **blanca de la medula espinal**.





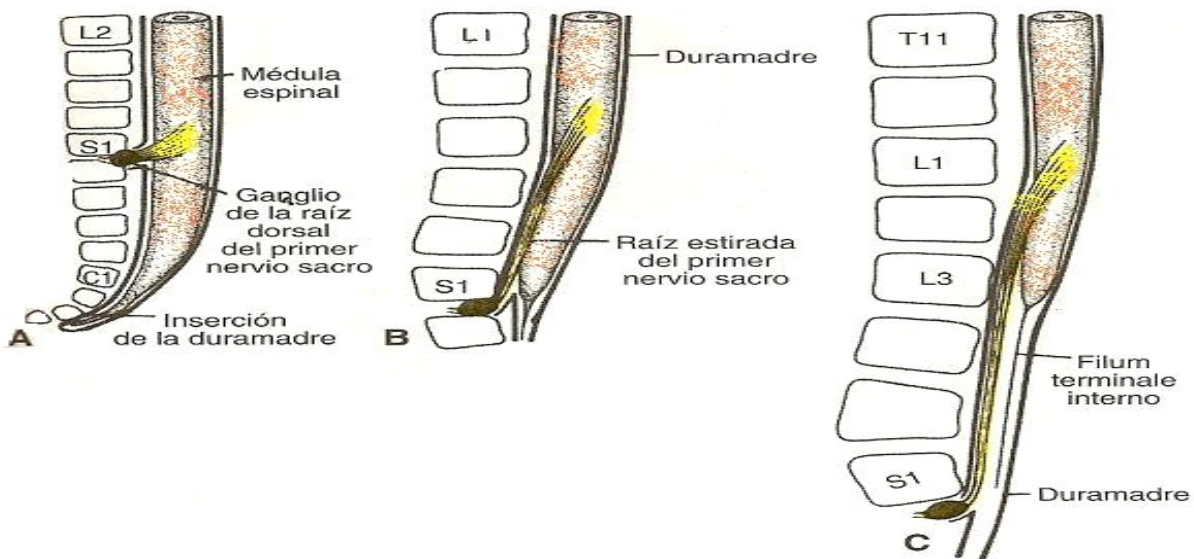
### Placas basales, alares, del techo y del suelo

Como consecuencia de la continua adición de neuroblastos a la capa del manto, a cada lado del tubo neural se observan dos engrosamientos, uno ventral y otro dorsal. Los engrosamientos ventrales, o **placas basales**, contienen las células motoras de las astas ventrales y forman las **áreas motoras de la medula**; los engrosamientos dorsales, o **placas alares**, forman las áreas sensitivas. Un surco longitudinal, el **surco limitante**, marca el lindero entre ambas zonas. Las porciones dorsal y ventral de la línea media del tubo neural, que se denominan **placas del techo y del suelo**, respectivamente, carecen de neuroblastos y sirven principalmente como vías para las fibras nerviosas que cruzan de un lado de la medula a otro.

Además de las astas motora ventral y sensitiva dorsal, entre las dos áreas se acumula un grupo de neuronas que formara una pequeña **asta lateral o intermedia**, que contiene neuronas de la porción simpática del sistema nerviosos autónomo y solo se encuentra a nivel torácico (T1 – T12) y lumbar superior (L2 o L3) de la medula espinal.

### Cambios de posición de la médula

En el tercer mes de desarrollo, la medula espinal se extiende en toda la longitud del embrión y los nervios raquídeos atraviesan los agujeros intervertebrales en su nivel de origen. Sin embargo, con el aumento de la edad del embrión, la columna vertebral y la duramadre se alargan más rápidamente que el tubo neural y el extremo terminal de la medula se desplaza a niveles cada vez más altos. En el neonato, este extremo está situado a la altura de la tercera vertebra lumbar. Como consecuencia de este crecimiento desproporcionado, los nervios raquídeos tienen una dirección oblicua desde su segmento de origen en la medula espinal hasta el nivel correspondiente en la columna vertebral. La duramadre permanece unida a la columna a nivel coccígeo.



Esquema que muestra el extremo terminal de la médula espinal y su relación con el raquis en diversas etapas del desarrollo. A. Al tercer mes, aproximadamente. B. Al final del quinto mes. C. En el neonato.

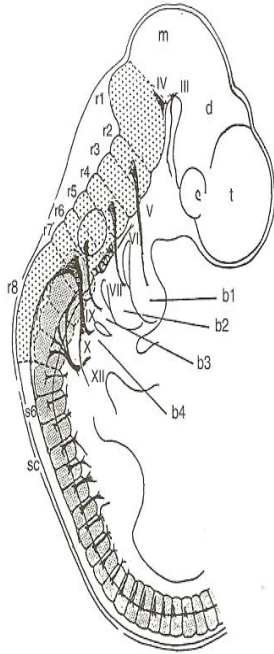
En el adulto la medula termina a la altura de L2 a L3, una prolongación filiforme de la piamadre forma el **filum terminale**, que está unido al periostio de la primera vértebra coccígea y marca el camino de retroceso de la médula espinal. Las fibras nerviosas por debajo del extremo terminal de la médula forman la **cauda equina (cola de caballo)**. Cuando se extrae líquido cefalorraquídeo durante una punción lumbar, la aguja se introduce a un nivel bajo, para evitar el extremo inferior de la médula espinal.

## SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

El sistema nervioso periférico (SNP) consta de nervios craneales, raquídeos y viscerales, así como de ganglios craneales, raquídeos y autónomos. El SNP se desarrolla a partir de diversas fuentes, fundamentalmente de la cresta neural. Todas las células sensitivas (somáticas y viscerales) del SNP proceden de las **células de la cresta neural**. Los cuerpos celulares de estas células sensitivas se localizan fuera del SNC. Con excepción de las células del ganglio espiral de la cóclea y el ganglio vestibular de PC VIII (nervio vestibulococlear), todas las células sensitivas periféricas son inicialmente bipolares, pero ambas prolongaciones se unen pronto para formar una sola y un tipo de neurona unipolar. Esta prolongación tiene unas ramificaciones periférica y central. La ramificación periférica finaliza en una terminación sensorial, mientras que la central penetra en la médula espinal o en el encéfalo. Las células sensitivas del ganglio del par craneal VIII conservan la bipolaridad. El cuerpo celular de cada neurona aferente se recubre de una capsula de células de Schwann modificadas, las células satélite, que provienen de células de la cresta neural. Esta capsula es continua con la vaina neurolemar de células de Schwann que rodea a los axones de las neuronas aferentes.

Las células de la cresta neural en el encéfalo en desarrollo migran para formar ganglios sensoriales solamente en relación con los nervios trigéminos (PC V), facial (PC VII), vestibulococlear (PC VIII), glossofaríngeo (PC IX) y vago (PC X). Las células de dicha cresta también se diferencian en neuronas multipolares de los ganglios autónomos, incluyendo ganglios de los troncos simpáticos que se encuentran a los lados de los cuerpos vertebrales; ganglios colaterales o prevertebrales en plexos del tórax y abdomen (como los plexos cardíaco, celíaco y mesentérico), y ganglios parasimpáticos o terminales en o cerca de las vísceras.

## Nervios craneanos

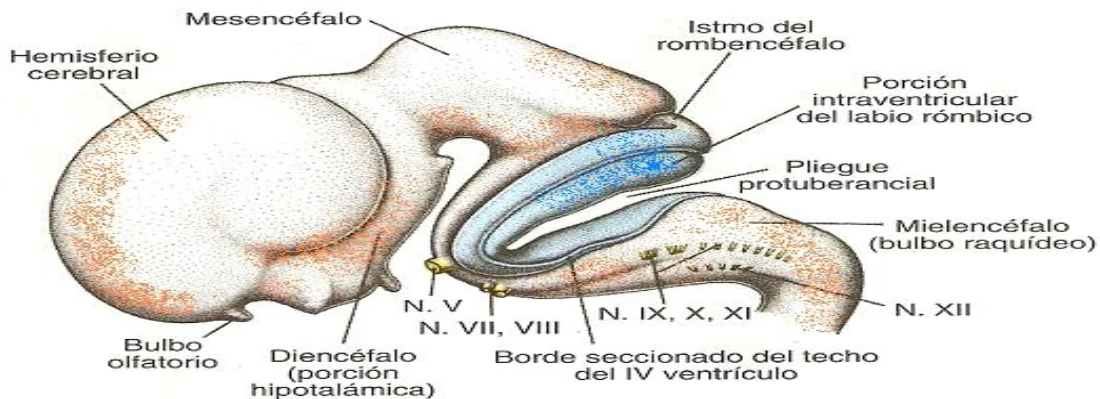


Esquema que muestra los patrones de segmentación en el encéfalo y el mesodermo que se observan hacia el vigesimoquinto día del desarrollo. El cerebro posterior (*punteado grueso*) está dividido en 8 rombómeros (r1-r8) y los pares de estas estructuras dan origen a los nervios motores.

Alrededor de la cuarta semana del desarrollo se hallan presentes los núcleos de los 12 nervios craneanos. Todos ellos, excepto los nervios olfatorio (I) y óptico (II), se originan en el tronco del encéfalo, y de estos, únicamente el oculomotor (III) nace fuera de la región del cerebro posterior. En el cerebro posterior los centros de proliferación en el neuroepitelio establecen ocho segmentos definidos, denominados rombómeros. Estos rombómeros dan origen a los núcleos motores de los nervios craneanos IV, V, VI, VII, IX, X, XI y XII. Este patrón segmentario es establecido al parecer por el mesodermo que forma somítómeros por debajo del neuroepitelio suprayacente.

Las neuronas motoras de los núcleos craneanos se encuentran dentro del tronco del encéfalo, mientras que los ganglios sensitivos están situados fuera de este. En consecuencia, la organización de los nervios craneanos es homóloga a la de los nervios raquídeos, aun cuando no todos tienen fibras motoras y sensitivas.

El origen de los ganglios sensitivos de los nervios craneanos se encuentran en las **placodas ectodérmicas** y en las células de la **cresta neural**. Las placodas ectodérmicas comprenden la **placodas nasales y óticas**, y cuatro **placodas epibránquiales** representadas por engrosamientos ectodérmicos dorsales a los arcos faríngeos o branquiales. Las placodas epibránquiales contribuyen a formar los ganglios de los nervios de los arcos faríngeos (V, VII, IX y X). los ganglios parasimpáticos (eferentes viscerales) derivan de las células de la cresta neural, y sus fibras son conducidas por los nervios craneanos III, VII, IX y X.

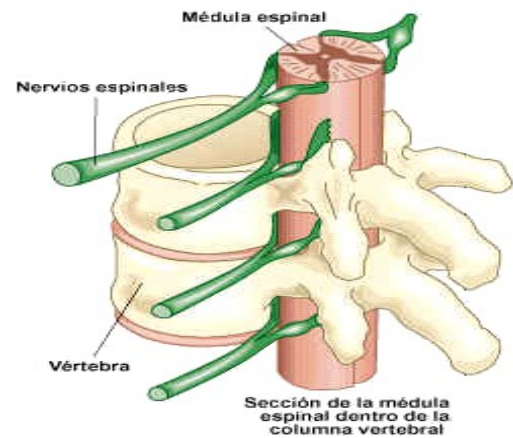


Vista lateral de las vesículas encefálicas de un embrión de 8 semanas (longitud vértice-nalga 27 mm, aproximadamente). Se ha extirpado la placa del techo del rombencéfalo para mostrar la posición intraventricular del labio rúbico. Adviértase el origen de los nervios craneanos.

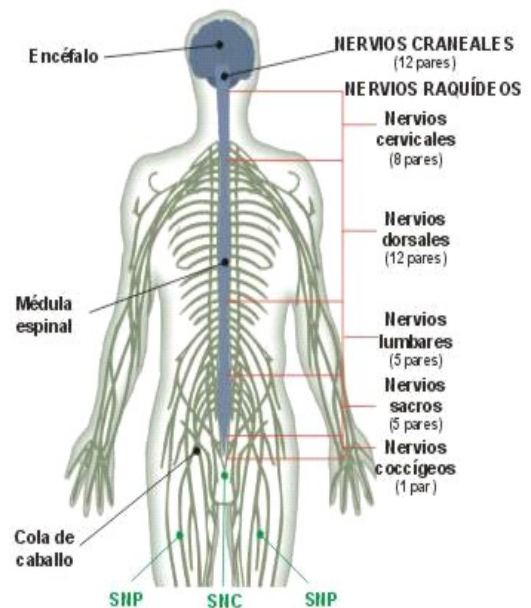


## Nervios raquídeos

Las fibras nerviosas motoras que surgen de la medula espinal comienzan a aparecer a finales de la cuarta semana. Las fibras nerviosas salen de células de las placas basales de la medula espinal en desarrollo y emergen como una serie continua de raicillas a lo largo de su superficie ventrolateral. Las fibras destinadas a un grupo muscular determinado en desarrollo se organizan en un haz, formando una **raíz nerviosa ventral**. Las fibras nerviosas de la **raíz nerviosa dorsal** están compuestas por axones procedentes de las células de la cresta neural que migran hacia la cara dorsolateral de la medula espinal, donde se diferencian las células de los **ganglios raquídeos**.



Las prolongaciones centrales de las neuronas de los ganglios raquídeos forman un único haz que crece hacia la medula espinal contigua al vértice del asta dorsal de la sustancia gris. Las prolongaciones distales de las células de los ganglios raquídeos crecen hacia la raíz nerviosa ventral y finalmente se unen a ella para formar un nervio raquídeo. Inmediatamente antes de su formación, un **nervio raquídeo mixto** se divide en ramas primarias dorsal y ventral. La **rama primaria dorsal**, la división menor, inerva la musculatura axial dorsal, vertebras, articulaciones intervertebrales posteriores y la parte de la piel de la espalda. La **rama primaria ventral**, división mayor de cada nervio raquídeo, participa en la inervación de las extremidades y partes ventrolaterales de la pared corporal. Los plexos nerviosos mayores (cervical, humeral y lumbosacro) están formados por ramas primarias ventrales.



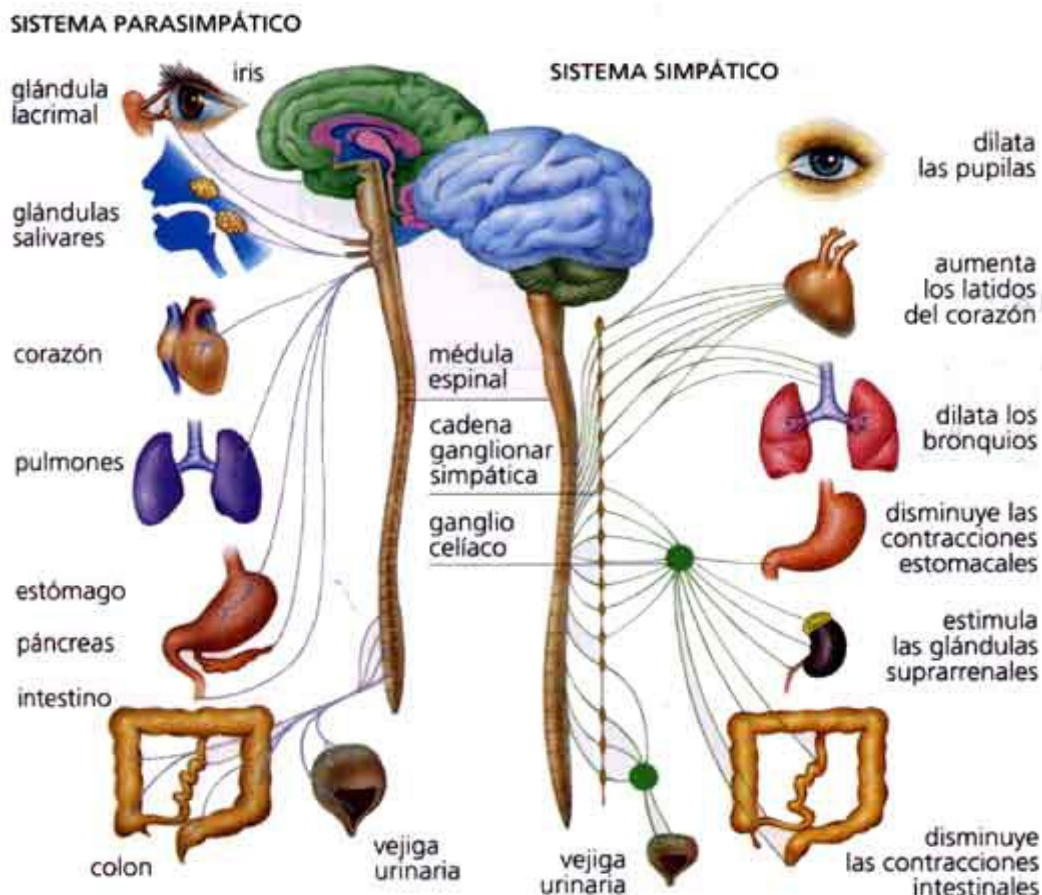
## SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO

Desde el punto de vista funcional, el sistema nervioso autónomo puede dividirse en dos partes: la porción *simpática*, situada en la región toracolumbar, y la porción *parasimpática*, que se halla en las regiones cefálica y sacra.

## Sistema nervioso simpático

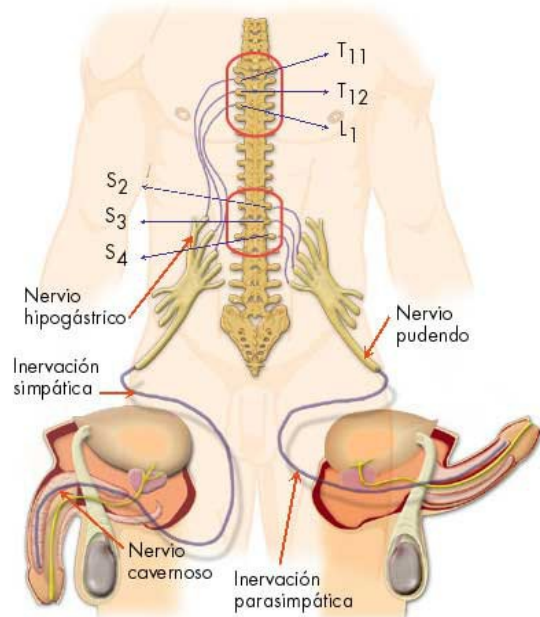
Durante la quinta semana, las células de la cresta neural de la región torácica migran a cada lado de la medula espinal, en la que forman pares de masas celulares (ganglios) dorsolaterales a la aorta. Todos estos **ganglios simpáticos** organizados en segmentos están conectados en forma de cadena bilateral por fibras nerviosas longitudinales. Estos cordones ganglionares, los **troncos simpáticos**, se localizan a cada lado de los cuerpos vertebrales. Algunas células de la cresta neural migran en sentido ventral hacia la aorta y forman neuronas en los **ganglios preaórticos**, como los ganglios celiacos y mesentéricos. Otras células de esta cresta migran hacia el área del corazón, Pulmones y tubo digestivo, donde forman ganglios terminales en plexos simpáticos situados cerca o en el interior de estos órganos.

Cuando se han formado los troncos simpáticos, los axones de la neuronas simpáticas, localizadas en la **columna celular intermediolateral** (asta lateral) de los segmentos lumbares de la medula espinal, pasan a través de la raíz ventral de un nervio raquídeo y una rama blanca comunicante (rama de conexión) hasta un ganglio paravertebral. En este lugar pueden establecer una sinapsis con neuronas o bien ascender o descender en el tronco simpático para hacerlo a otros niveles. Otras fibras presinápticas pasan a través de los ganglios paravertebrales sin hacer sinapsis y formar nervios espláncnicos para las vísceras. El trayecto de las fibras postsinápticas se realiza a través de una rama gris comunicantes por medio de un ganglio simpático hacia un nervio raquídeo; por consiguiente, los troncos simpáticos están compuestos por fibras ascendentes y descendentes.



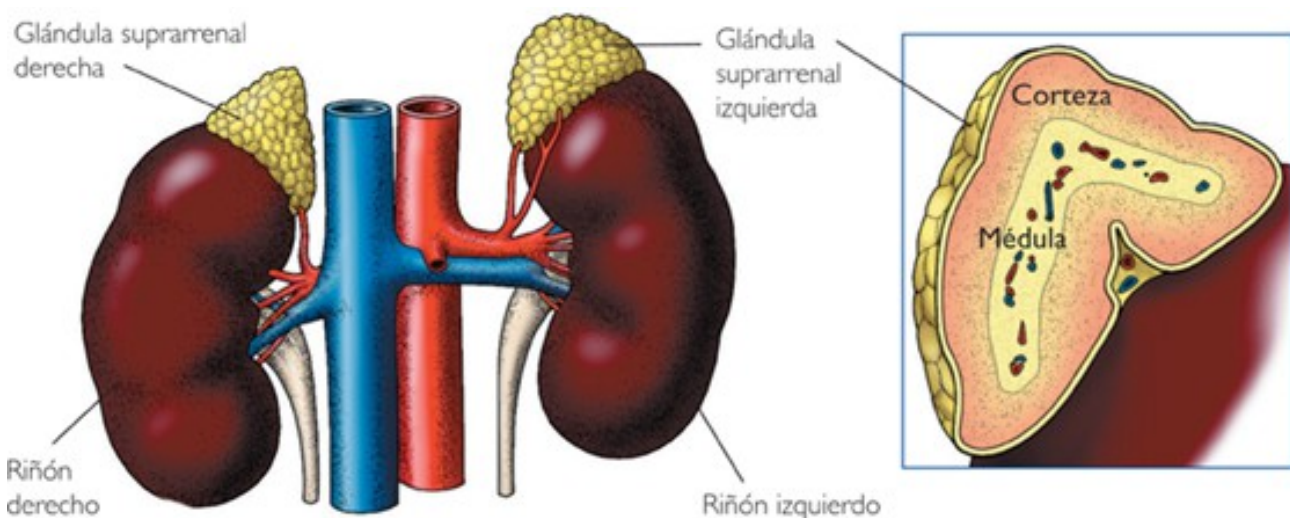
## Sistema nervioso parasimpático

Las fibras parasimpáticas presinápticas emergen de neuronas de los núcleos del tronco encefálico y de la región sacra de la medula espinal. Las fibras procedentes del tronco encefálico salen a través de los nervios motor ocular común (PC III), facial (PC VII), glosofaríngeo (PC IX) y vago (PC X). Las neuronas postsinápticas se localizan en los ganglios periféricos o en plexos cercanos o dentro de la estructura inervada (como la pupila del ojo y las glándulas salivales).



## Glándula suprarrenal

La glándula suprarrenal se desarrolla a partir de dos componentes: a) una porción mesodérmica que forma la **corteza**, y b) una porción ectodérmica que origina la **medula**. Durante la quinta semana de desarrollo, las células mesoteliales situadas entre la raíz del mesenterio y la gónada comienzan a proliferar y se introducen en el mesénquima subyacente, donde se diferencian en órganos acidófilos voluminosos que forman la **corteza fetal o primitiva** de la glándula suprarrenal. Poco después, una segunda oleada de células que proviene del mesotelio penetra en el mesénquima y rodea a la masa celular acidófila original. Estas células, más pequeñas que las del primer grupo, forman más adelante la **corteza definitiva de la glándula**. Después del nacimiento, la corteza fetal experimenta regresión rápida, excepto en su capa más externa, que se diferencia en la zona reticular. La corteza solo adquiere la estructura característica adulta en la pubertad.



Mientras se está formando la corteza fetal, las células originarias del sistema simpático (células de la cresta neural) invaden su cara medial, donde se disponen en cordones y acúmulos. Estas células dan origen a la medula de la glándula. Con las sales crómicas se tiñen de color amarillo pardusco y por ello se llaman células cromafines. Durante la vida embrionaria, las células



cromafines, se hallan muy dispersas en el embrión, pero en el adulto el único grupo que persiste se encuentra en la medula suprarrenal.

## ANOMALIAS CONGENITAS DEL SISTEMA NERVIOSO

### HOLOPROCENCEFALIA

Se refiere a un espectro de anomalías en las que se produce una pérdida de estructuras de la línea media que resulta en malformaciones del encéfalo y la cara. En casos graves, los ventrículos laterales se fusionan en una sola vesícula telencefálica (holoprosencefalia alobular), los ojos están fusionados y hay una única cavidad nasal junto con otros defectos faciales de la línea media. En los casos menos graves tiene lugar algunas divisiones del procencefalo en dos hemisferios cerebrales, pero hay un desarrollo incompleto de las estructuras de la línea media. Generalmente los tactos y bulbos olfatorios y el cuerpo callosos están hipoplásicos o ausentes. En los casos muy leves, la presencia de una sola incisura central es la única manifestación de que se ha producido algún grado de holoprosencefalia.



### ESQUIZENCEFALIA

Es un trastorno raro en el que se forma una gran hendidura en los hemisferios cerebrales, que a veces lleva a una pérdida del tejido cerebral.



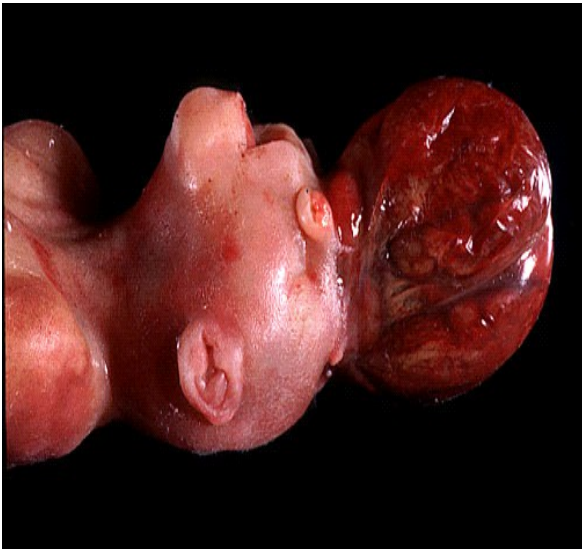
**Fig 1. Paciente aos 2 dias de vida. Ausência de pele na abóbada craniana com osso palpado apenas na base do frontal.**

## MENINGOCELE, MENINGOENCEFALOCELE Y EL MENINGOHIDROENCEFALOCELE

Son malformaciones causadas por un defecto de osificación de los huesos del cráneo. El hueso afectado con mayor frecuencia es la porción escamosa del occipital, que puede faltar por completo o en parte. Si la abertura del hueso occipital es pequeña solo sobresalen las meninges (**meningocele**), pero cuando el defecto es considerable, pueden penetrar en el saco meníngeo partes del cerebro, incluso del ventrículo. Estas dos malformaciones se denominan **meningoencefalocele** y **meningohidroencefalocele**.



## EXENCEFALIA



Se caracteriza por la falta de cierre de la porción cefálica del tubo neural. Por esta causa no se forma la bóveda del cráneo, lo cual deja al descubierto el cerebro malformado. Mas adelante, este tejido degenera por acción del liquido amniótico y queda una masa de tejido necrótico. Este defecto se denomina **anencefalia**, si bien el tronco del encéfalo se mantiene intacto. En algunos casos, la anomalía del cierre del tubo neural se extiende caudalmente hacia la medula espinal y se denomina **craneorraquisquisis**. Nuevamente hay anencefalia pero con una gran anomalía que afecta a la medula espinal. Como el feto carece del mecanismo de deglución, los dos últimos meses del embarazo se caracterizan por Polihidramnios.

## HIDROCEFALIA

Se caracteriza por la acumulación anormal de líquido cefalorraquídeo en el sistema ventricular. En la mayor parte de los casos, la hidrocefalia neonatal se debe a la obstrucción del acueducto de Silvio (estenosis acueductal). Esto impide que el LCR del tercer ventrículo y de los ventrículos laterales pasen al cuarto ventrículo y desde este al espacio subaracnoideo, donde es reabsorbido. En consecuencia se acumula liquido en los ventrículos laterales y aumenta la presión sobre el tejido cerebral y los huesos del cráneo.

Como todavía no se han fusionado las suturas craneanas, estas se ensanchan a medida que la cabeza aumenta de tamaño.



En casos extremos, el tejido encefálico y los huesos se adelgazan y la aveza llega a adquirir un tamaño muy grande.

## MALFORMACIÓN DE ALNOLD-CHIARI

Se debe al desplazamiento caudal y la hernia de las estructuras cerebelosas a través del agujero occipital. El defecto se observa prácticamente en todos los casos de espina bífida quística y por lo común se acompaña de hidrocefalia.



## MICROCEFALIA

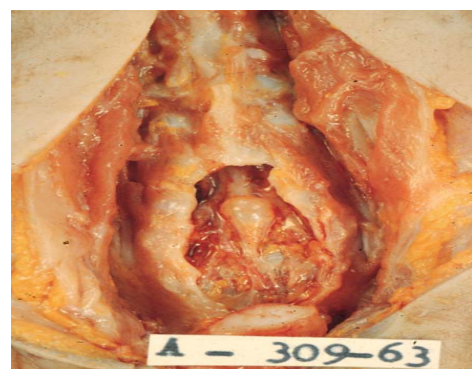


Se designa como una bóveda craneana más pequeña que lo normal. Como el tamaño del cráneo depende del crecimiento del cerebro, el defecto básico reside en el desarrollo encefálico. La etiología de la anomalía es variada y puede ser genética (autosómico recesivo) o comprender lesiones prenatales, como infecciones o exposición a drogas y otros agentes teratógenos. En mas de la mitad de los casos se observa un deterioro del desarrollo mental.

La infección fetal por toxoplasmosis puede llevar a la formación de calcificaciones cerebrales, retardo mental, hidrocefalia o microcefalia. Del mismo modo la exposición a la radiación durante los primeros periodos del desarrollo puede causar microcefalia. La hipertermia que acompaña a las infecciones maternas o la que es consecuencia de los baños sauna puede ocasionar espina bífida y Exencefalia.

## ESPINA BÍFIDA OCULTA

En esta anomalía el defecto de los arcos vertebrales esta cubierta por piel y en general no afecta al tejido nervioso subyacente. Se observa en la región lumbosacro y el sitio suele estar indicado por un manojito de pelos que cubre la región. El defecto se debe a la falta de fusión de los arcos vertebrales y se encuentra aproximadamente 10% de las personas normales en otros aspectos.



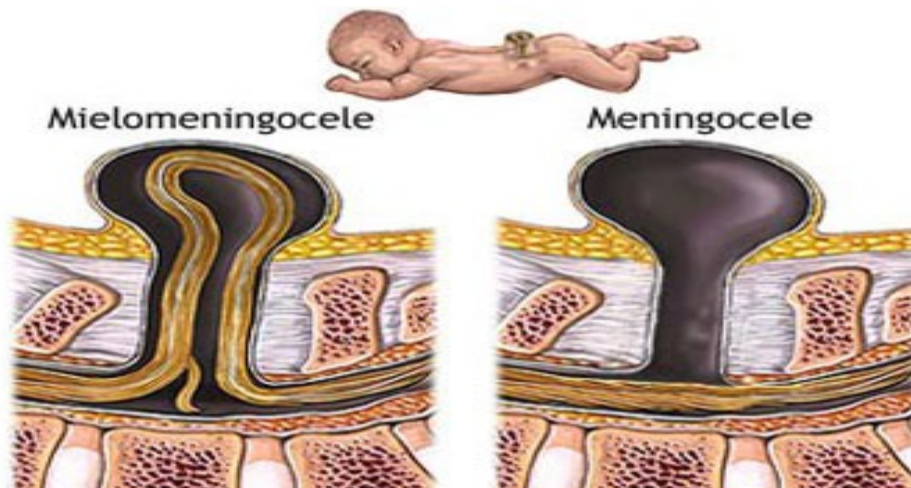


## ESPINA BÍFIDA QUÍSTICA



Es una anomalía grave del tubo neural en el que el tejido nervioso, las meninges o ambos, hacen protrusión a través de un defecto de los arcos vertebrales y de la piel para formar un caso semejante a un quiste. La mayor parte se localiza en la región lumbosacra y provoca déficit neurológicos aunque por lo común no se acompaña de retardo mental.

En algunos casos, solamente las meninges llenas de líquido sobresalen a través del defecto (meningocele). En otros hay tejido nervioso incluido en el saco (Mielomeningocele). En ocasiones los pliegues neurales no se elevan y persisten como una masa aplanada de tejido nervioso (mielosquisis o raquisquisis). La hidrocefalia se desarrolla prácticamente en todos los casos de espina bífida quística porque la médula espinal está fijada a la columna vertebral. A medida que la columna vertebral aumenta de longitud, arrastra al cerebelo al foramen magnum y causa la obstrucción del flujo de líquido cefalorraquídeo.



### Bibliografía y Webgrafía:

- Clark, E. *Embriología Humana de Patten, Fundamentos del desarrollo clínico*. Editorial El Ateneo  
 Langman, J. *Embriología Médica*. Editorial médica Panamericana 9ª Edición.  
 Langman, J. *Embriología Médica*. Editorial médica Panamericana 10ª Edición.  
 Pritchard, J y otros *Williams Obstetricia*. Editorial Salvat Editores S.A 3ª Edición  
 Junqueira – Zago *Fundamentos de Embriología Humana*. Editorial El Ateneo  
 Moore, P. *Embriología Clínica*. Editorial ELSEVIER 7ª Edición  
[www.virtual.unal.edu.co/.../3-6nervioso.html](http://www.virtual.unal.edu.co/.../3-6nervioso.html)  
[www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeo/va...](http://www.educa.aragob.es/iescarin/depart/biogeo/va...)  
[www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-9868200100...](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-9868200100...)  
[www.monografias.com/.../sisnerve/sisnerve.shtml](http://www.monografias.com/.../sisnerve/sisnerve.shtml)