

2. Formación de vesículas primarias y secundarias

La fusión de los pliegues neurales se produce en direcciones rostral y caudal hasta tan sólo quedar abiertas unas áreas pequeñas en ambos extremos (**neuroporo rostral y neuroporo caudal**) (Figura 6)

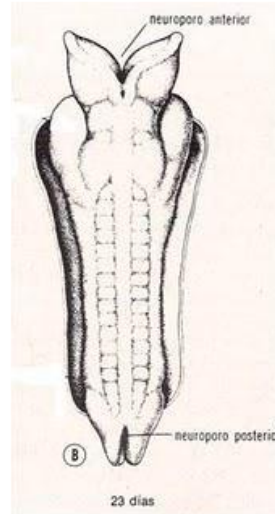


Figura 6

En la parte de arriba se observa el *neuroporo rostral*.
Abajo se observa el *neuroporo caudal*

Poco después de la formación del tubo neural se evidencian los precursores de las regiones encefálicas principales como resultado de movimientos morfogénicos que doblan, pliegan y contraen el *tubo neural* (Purves, 2007)

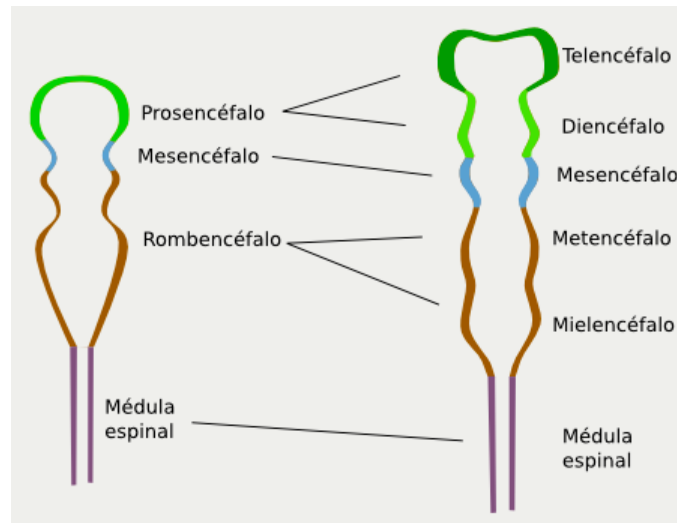
A los 28 días de desarrollo, el *tubo neural* se ha cerrado y su extremo rostral (*neuroporo anterior*) se ha dividido en tres cámaras conectadas entre sí.

*Durante la Gastrulación el embrión es muy sensible a los agentes **teratógenos**, como el alcohol.*

Éstas se convierten en **ventrículos**, mientras que el tejido que las rodea da origen a tres vesículas primarias a partir de las cuales se desarrolla el encéfalo.

a) **Prosencéfalo** (cerebro anterior), b) **Mesencéfalo** (cerebro medio) y c) **Rombencéfalo** (cerebro posterior) (Figura 7)

Figura 7
A la izquierda se vesículas primarias, a estructuras que (vesículas



observan las la derecha las derivan de estas secundarias)

Una vez que estas regiones encefálicas primitivas se establecen de esta forma, sufren al menos dos series de divisiones, cada una de las cuales produce regiones encefálicas adicionales (Purves, 2007) Cuando el embrión tiene 5 semanas de edad (aproximadamente en el día 36) el *prosencéfalo* se divide parcialmente en dos vesículas cerebrales secundarias: a) **Telencéfalo** (cerebro terminal) constituido por una parte media y dos porciones laterales (hemisferios cerebrales primitivos), b) mientras que la porción caudal del *prosencéfalo* da origen al **Diencefalo**
El *mesencéfalo* no sufre modificaciones, mientras que el *rombencéfalo* se divide en a) **Metencéfalo**, y b) el **Mielencéfalo** (encéfalo medular)

A continuación se describen de manera general algunas de las estructuras que derivan de las vesículas secundarias.

Mielencéfalo Esta vesícula origina la médula oblonga (bulbo raquídeo). Esta estructura es la región más caudal del tronco cerebral; su borde inferior es el extremo más rostral de la médula espinal. El bulbo contiene una parte de la formación reticular

El desarrollo del encéfalo parte de un fino tubo y acaba en una estructura que pesa

Metencéfalo Está formado por dos componentes principales: El puente (protuberancia) y el cerebelo, la cavidad del rombencéfalo origina el cuarto ventrículo y el canal central de la médula espinal.

Mesencéfalo También llamado (cerebro medio), sufre menos cambios que otras partes del encéfalo en desarrollo. Está formado por dos partes principales: El tectum (tubérculos cuadrigéminos superiores y los tubérculos cuadrigéminos inferiores) y el tegmentum (formación reticular, sustancia gris periacueductal, el núcleo rojo y la sustancia negra).
La cavidad del *mesencéfalo*, dará origen al *acueducto cerebral* (acueducto del Silvio)

Diencefalo La segunda gran división del *prosencéfalo*, el *diencefalo*, se localiza entre el *telencéfalo* y el *mesencéfalo* rodeado por el *tercer ventrículo* (la cavidad del *diencefalo* y el *telencéfalo* forman el *tercer ventrículo*)

En las paredes laterales se desarrollan tres tumefacciones que posteriormente se convierten en el Epitálamo, el tálamo y el hipotálamo. El Epitálamo origina la glándula pineal y las comisuras

habenular y posterior.

Telencéfalo El telencéfalo, la vesícula encefálica más rostral, consiste en dos evaginaciones laterales (hemisferios cerebrales) y sus cavidades, las cuales se convierten en los ventrículos laterales. Los hemisferios cerebrales están cubiertos por la corteza cerebral y contienen el sistema límbico (hipocampo, amígdala, fornix, cuerpos mamilares) los ganglios basales (núcleo caudado, putamen y el globo pálido). Estas dos últimas estructuras son subcorticales (situadas por debajo de la corteza cerebral)

Esquema 2

Se presenta un resumen con las divisiones que derivan de las vesículas primarias y secundarias.

DESARROLLO DEL ENCÉFALO			
VESÍCULAS PRIMARIAS	VESÍCULAS SECUNDARIAS	ESTRUCTURAS QUE DERIVAN	VENTRÍCULOS
Prosencéfalo	Telencéfalo	Corteza cerebral	Lateral
		Ganglios Basales	
		Sistema límbico	
	Diencéfalo	Tálamo	Tercero
Hipotálamo			
Mesencéfalo	Mesencéfalo	Tectum	Acueducto Cerebral
		Tegmentum	
Rombencéfalo	Metencéfalo	Cerebelo	Cuarto
		Protuberancia	
	Mielencéfalo	Bulbo raquídeo	

3. Alteraciones más comunes en el neuro desarrollo

Las alteraciones en el **neurodesarrollo**, son trastornos que se producen en momentos específicos en el curso del desarrollo del Sistema Nervioso. Existen una gran cantidad de alteraciones que se producen en determinados momentos.

Acorde a lo señalado por Fitzgerald (1998), las alteraciones deben considerarse en relación con fases críticas del desarrollo del cerebro, por lo que podemos encontrar anomalías en cualquiera de estos momentos:

1. *Neurulación* (semanas 3 y 4)
2. *Citogénesis* (semanas 4 a 16)
3. *Migración neuronal* (semanas 6 a 20)
4. *Maduración neuronal* (de la semana 6 en adelante)

A continuación se describirán algunas de las alteraciones observadas con mayor frecuencia:

a) Anomalías congénitas de la médula espinal

La mayor parte de las malformaciones de medula espinal se producen a consecuencia de defectos en el cierre del *tubo neural*, en el curso de la tercera y cuarta semana del desarrollo. Dichos defectos pueden involucrar a diversos tejidos vecinos, como son las meninges, músculos dorsales, piel, vertebras. La frecuencia de defectos graves del *tubo neural* es de 1 por cada 1000 nacimientos, aunque puede variar en diferentes poblaciones (Sadler, 2001).

Dentro de las alteraciones más comunes que involucran a la médula espinal encontramos las siguientes:

Espina bífida

El término ***espina bífida*** (Del lat. *bifidus*, partido en dos) se utiliza para describir una gran variedad de anomalías congénitas (defectos de nacimiento) en las cuales los arcos vertebrales no se cierran antes del nacimiento. Esta alteración se debe a la ausencia de las porciones dorsales de una o más vértebras que flanquean la médula o por falta de fusión de ambos arcos para completar el agujero vertebral; faltan por lo tanto, las láminas vertebrales y la apófisis espinosa (Arredondo, 1995).

La alteración se puede presentar en cualquier segmento de la columna, sin embargo los trastornos en la región lumbar y sacra son más frecuentes (L4 a S1) que los de la región cervical.

Dependiendo de la localización de la o las vértebras mal fusionadas, en estos niños, y de la forma o manifestación de la lesión podemos distinguir varios tipos de ***Espina Bífida: Espina Bífida Oculta y Espina Bífida Abierta (meningocele y mielomeningocele)*** (Figura 8)

La Espina Bífida Oculta es la forma de menor gravedad, representa un defecto de origen mesodérmico, en el cual una o más vértebras no se cierran adecuadamente, no existe compromiso de la meninges, ni de la médula espinal. Esta condición algunas veces no reviste importancia, incluso puede pasar desapercibida y en ocasiones sólo se observa un mechón de pelo al nivel del defecto, generalmente se localiza en las vértebras L5 o S1, incluso puede ser corregida con cirugía. Normalmente la lesión no genera importantes síntomas clínicos, apareciendo en algunos casos únicamente incontinencia urinaria, debilidad en las extremidades inferiores.

Figura 8 Tipos de Espina Bífida

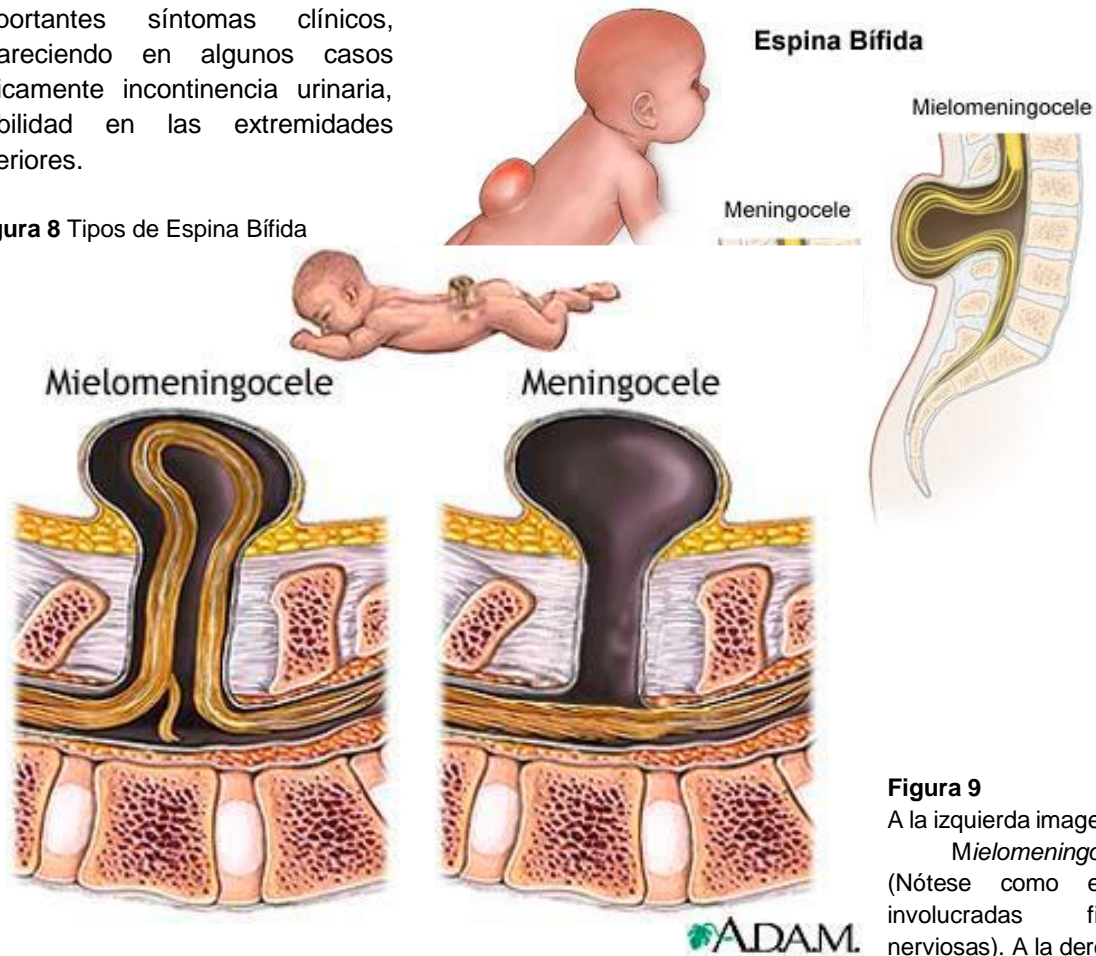


Figura 9

A la izquierda imagen de *Mielomeningocele* (Nótese como están involucradas fibras nerviosas). A la derecha

se observa un cuadro de *Meningocele*.

Sin embargo, en casos severos, esta alteración puede ocasionar una protuberancia en la médula

espinal y las membranas que la recubren formando un saco semejante a un quiste (**espina bífida abierta ó quística**). La **espina bífida quística** aparece en alrededor de uno de cada 1000 nacimientos (Moore, y Persuad

Si el defecto es más serio y más vertebras se encuentran comprometidas, las meninges se pueden herniar a través de la abertura y protruir como saco meníngeo cubierto por piel (la piel que recubre al meningocele puede tener una mancha angiomasosa (roja oscura), A esta condición se le conoce como **meningocele**, (del Gr. mēning(o) 'membrana', 'meninge' + kēl(ē) 'hernia', 'tumor'). Una característica de esta condición es que en el lugar de la protrusión no existen fibras nerviosas, esta bolsa subcutánea contiene principalmente meninges y fluido. Cabe señalar que en esta alteración, se reporta la presencia de pequeños déficits motores y sensitivos (Siegel & Sapru, 2006) (*Figura 9*)

Habitualmente se produce en la región lumbar, pero no es raro encontrarlas en otros sitios, sin embargo la altura de la columna a la que se presenta esta anomalía es importante, puesto que, de acuerdo a la posición de la anomalía varían los síntomas y el déficit neurológico.

Un defecto mayor que involucra médula espinal y fibras nerviosas es la **mielomeningocele** (Del Gr. myel(o) 'médula' + mēning(o) 'membrana', 'meninge' + kēl(ē) 'hernia', 'tumor), esta alteración está acompañada de un déficit neurológico en la porción inferior en donde se protruye el saco manifestándose problemas como el control de esfínteres, así como trastornos en la sensibilidad y motricidad. En muchas ocasiones se acompaña de meningitis (inflamación en las meninges). La proporción en la que estos casos se presentan es mayor que la de casos de *meningocele*.