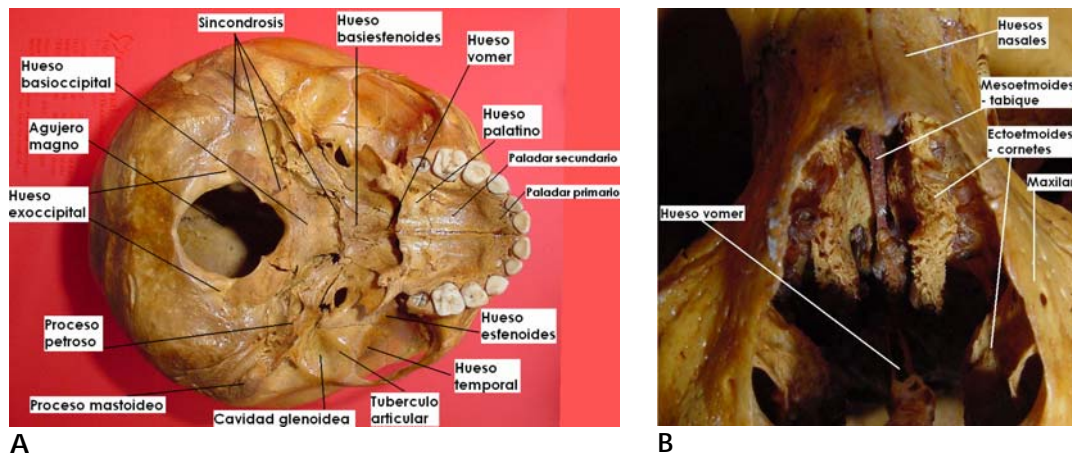


## CAPITULO VI

### BASE CRANEAL

#### 1. Componentes

La base de cráneo está compuesta por el hueso etmoides, el hueso esfenoides –preesfenoides y basiesfenoides–, hueso occipital –basioccipital, exoccipital–, hueso temporal –petromastoideatemporal–. La base craneal se compone de las superficies interna y externa. La base craneal interna contiene la fosa posterior, media y anterior<sup>1</sup> (véase Figuras 6.1, 6.2 y 6.3).



**A** Base craneal y maxilar, vista externa; **B**) hueso etmoides, vista frontal por la apertura nasal.

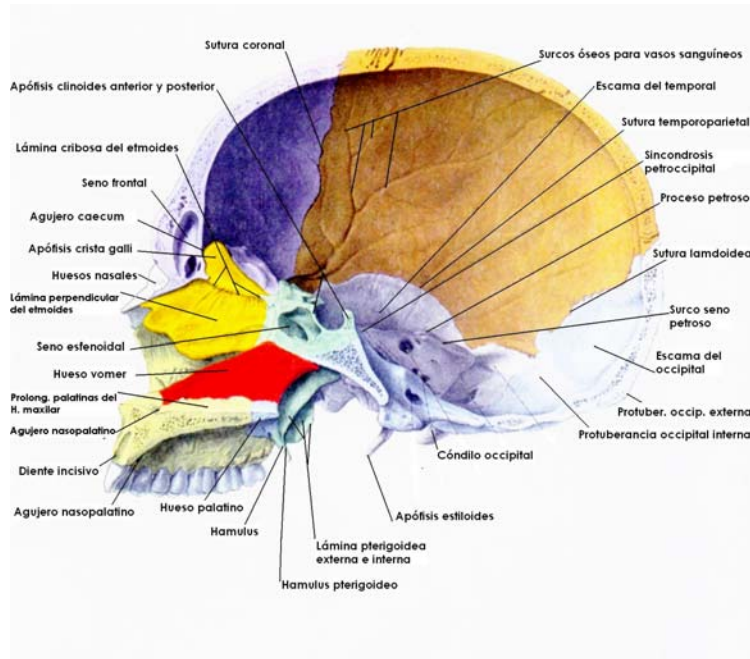


Figura 6.2 Base de cráneo en vista saqital media.

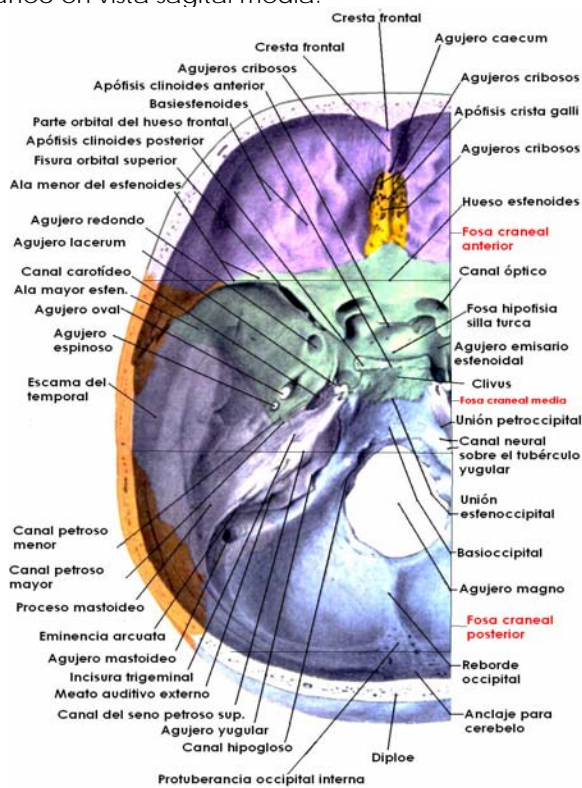
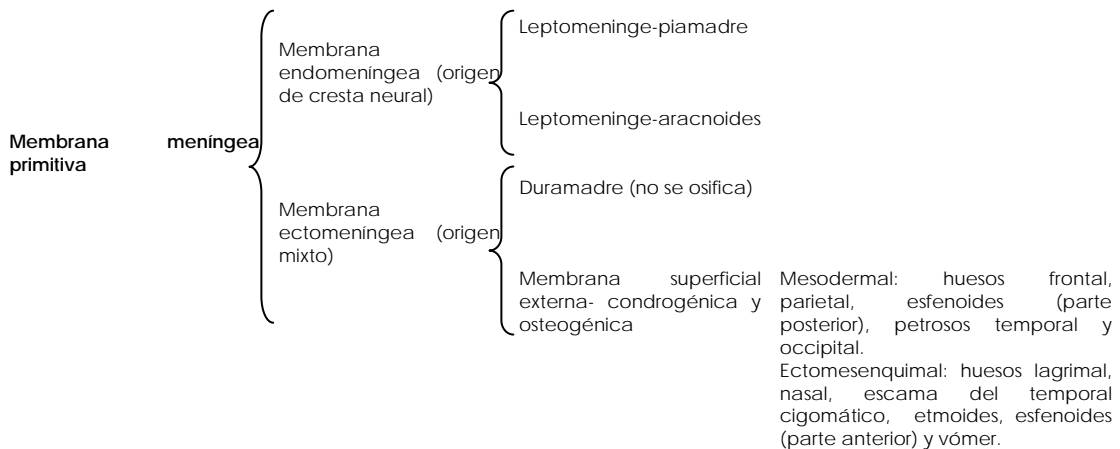


Figura 6.3 Superficie endocraneal izquierda de la base del cráneo. Fosa anterior, media y posterior

La base craneal le da soporte al cerebro y divide el neurocráneo del esqueleto facial. La formación de cartilago del condrocráneo es dependiente de la presencia del cerebro y otras estructuras neurales y requiere un proceso de inducción neuroepitelial-mesénquimal<sup>2,3</sup>. El mesénquima que da lugar al neurocráneo inicialmente forma la membrana *meningea primitiva*<sup>2</sup>, alrededor del tubo neural.

Más tarde, ésta se subdivide en dos capas, una interna (endomeníngea), la cual da lugar a la piamadre y la aracnoides, y la externa (ectomeníngea), compuesta por una capa profunda la cual se diferencia en la duramadre y una capa superficial de células desde las cuales se derivan el hueso y el cartílago del neurocráneo (véase **Tabla 6.1**).



**Tabla 6.1** La membrana meníngea primitiva y sus derivados.

## 2. Origen embriológico

El origen de la base craneal posterior está directamente relacionado con la notocorda. Ésta, durante su recorrido axial, tiene un trayecto curvado, desde cuando pasa por la vértebra más alta al dorso de la silla turca. Ésta inicialmente se encuentra entre los cuerpos vertebrales, luego sale exteriormente por debajo del clivus y luego recorre el clivus por dentro y finalmente termina en el dorso de la silla. El extremo anterior de la notocorda aparece sobre el dorso de la silla turca hasta la mitad del periodo fetal<sup>4</sup> (ver **Capítulo 2, Figura 2.24**).

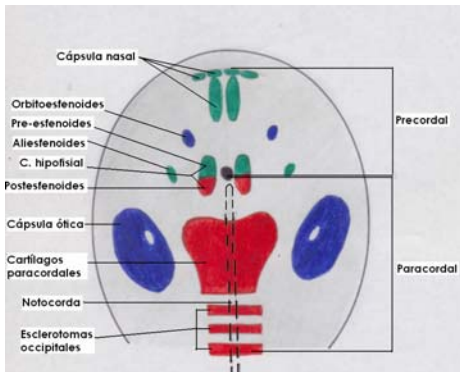
El cartílago que se forma primero, es el relacionado con la notocorda en la parte dorsal de la silla, y esto sucede luego de que la adenohipófisis ha recibido el mesénquima y las células de la cresta neural. El cartílago de la zona anterior a la notocorda se forma con posterioridad<sup>5</sup>.

En los humanos, en el día 40 de VIU, las células de la ectomeníngea de la región basal del cráneo se diferencian en condrocitos para formar una condensación discreta de cartílago. Para propósitos descriptivos esas condensaciones cartilaginosas, (centros de condroificación) se dividen en grupos regionales<sup>1</sup> (véase **Tabla 6.2** y **Figura 6.4**).

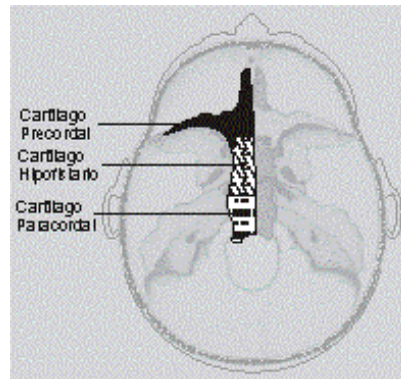
- La precordial o trabecular que son los cartílagos formados enfrente de la notocorda.
- Orbitoesfenoides o ala orbital, y el aliesfenoides o ala temporal.
- La paracordial o lámina basal que son cartílagos alrededor de la notocorda.
- Esclerotomas occipitales o exoccipitales.
- Las cápsulas cartilaginosas óticas (auditivas) y cápsula nasal (olfativa). En el hombre las cápsulas óticas o escleróticas (mesénquima que rodea la copa óptica) no condroifican y forman la esclera y la coroides del ojo<sup>2</sup>, según Kjaer, la cápsula óptica está formada por el primordio cartilaginoso de las alas menores y la parte medial de las alas mayores de hueso esfenoides.

Cartilago precursor	Cartilagos	Estructura ósea
	Etmoides (Capsula nasal)	Hueso etmoides
Cartilagos precordales o trabecular	Preesfenoides	Cuerpo anterior del esfenoides
	Postesfenoides o basiesfenoides o hipofisiales (la notocorda va hasta el dorso de la silla turca),	Silla turca y cuerpo posterior del esfenoides
Cartilago orbitoesfenoides aliesfenoides	C. orbitoesfenoides aliesfenoides	Alas menores del esfenoides Alas mayores del esfenoides
Cartilagos paracordales	Cartilagos paracordales	Hueso basioccipital
Esclerotomas occipitales o exoccipital	Cartilagos alrededor del agujero magno	Parte basilar y condilar del hueso occipital
Cápsula ótica	Cápsula ótica	Parte petrosa y mastoidea del Hueso temporal
Cápsula nasal	Cápsula nasal	Mesoetmoides, hueso etmoides, comete inferior, tabique Nasal
Cápsula óptica	Cápsula óptica	No se osifica

Tabla 6.2 Cartilagos precursores de las estructuras óseas de la base craneal.

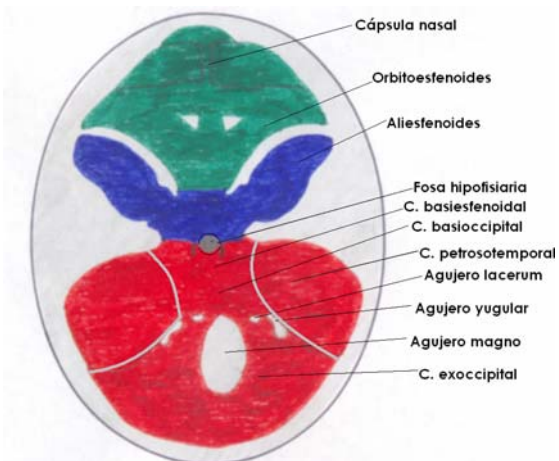
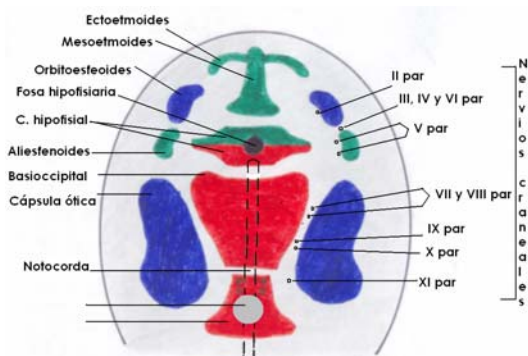


A

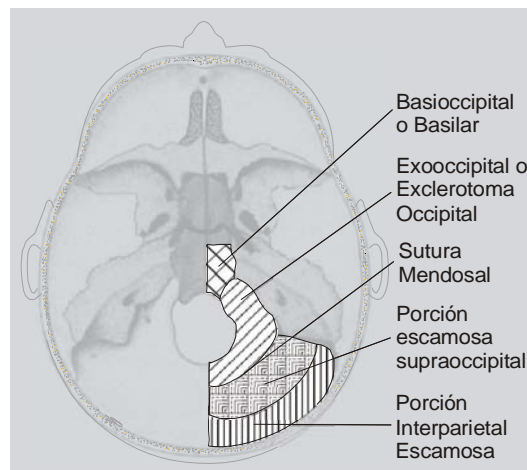


B

Figura 6.4A Centros primordiales de condroificación de la base de cráneo; B) cartilagos de línea media.



**Figura 6.5** Crecimiento cartilaginoso y su relación con los pares craneales



**Figura 6.6** Cartílagos occipitales y porción escamosa del hueso occipital.

### 3. Cartílagos precordales

Los cartílagos precordales (rostral a la notocorda) incluyen la formación de la cápsula nasal, los cartílagos trabeculares o preesfenoides, el cartílago hipofisial hasta la mitad de la silla turca, en el sentido estricto de considerarlo como precordal. La parte correspondiente a lo que luego será hueso esfenoides, se forma a partir de dos pares de centros de condroificación; un par a nivel y otro en frente de la bolsa de Rathke o hipofisial. El par del frente, los cartílagos trabeculares o preesfenoides forman los precursores del cuerpo anterior del hueso esfenoides y el otro par, el cartílago hipofisial polar o posesfenoides o basiesfenoides, dan lugar a la silla turca y al cuerpo posterior del hueso esfenoides. Esos centros se unen y forman con la lámina basal o paracordal, una lámina continua de cartílago que se extiende desde el frente del cráneo hasta el forámen magno para dar soporte al desarrollo del cerebro<sup>2</sup> (véase **Figura 6.5**).

### 4. Orbitoesfenoides o ala orbital, y aliesfenoides o ala temporal

Aparecen otros dos pares de cartílagos bilaterales a la zona precordal, que cubren los lados ventrolaterales del cerebro: el orbitoesfenoides o ala orbital, y el aliesfenoides o ala temporal. El orbitoesfenoides se osifica y se convierte en las alas menores del esfenoides. El aliesfenoides forma la mayor parte de las alas mayores del esfenoides. Para dar paso al nervio óptico (II par) y a la arteria oftálmica aparecen dos extensiones mediales que se fusionan con la lámina basal y el orbitoesfenoides y forman el agujero óptico. El aliesfenoides está separado del orbitoesfenoides por el III par u oculomotor, IV par o troclear y el VI par o abducen, y la primera y segunda división del V par o trigémino. La segunda división del V par, el nervio maxilar se absorbe entre las alas mayores, saliendo por el agujero rotundo. Posteriormente, el aliesfenoides se separa de la cápsula ótica por la arteria carótida

interna y la tercera división o mandibular del V par, el cual también se absorbe dentro de las alas mayores, saliendo por el agujero oval<sup>2</sup> (véase **Figura 6.3**).

### 5. Cartílagos paracordales

Los cartílagos paracordales en sentido estricto incluirían el cartílago basiesfenoidal. Sin embargo, los textos solo consideran como paracordal al cartílago que va a dar origen al hueso basioccipital. Luego, y consecuente con los textos, caudal a la hipófisis y alrededor de la notocorda, se condroifica una masa en forma de lámina, los cartílagos paracordales o lámina basal, que va a conformar el hueso basioccipital<sup>1,2,4</sup> (véase **Figura 6.6**).

### 6. Esclerotomas occipitales

Una extensión caudal de la condroificación incorpora los esclerotomas occipitales derivados de los *cinco somitas occipitales* que rodean el tubo neural (el somita más craneal es muy rudimentario y desaparece), y esto hace que el esclerotoma occipital incorpore el XII par, hipogloso dentro de él. La condroificación continúa hacia atrás desde el centro paracordal hacia occipital para rodear completamente el tubo neural. Más tarde la osificación del cartilago tectal, cuando el embrión tiene 25 mm de longitud, corona rabadilla, forma el hueso occipital entre la línea nugal superior y el agujero magno<sup>1,2</sup>.

### 7. Cápsulas sensoriales

El desarrollo de la cara es dominado por el desarrollo de las plácodas de los órganos sensoriales, olfatorio, ocular y auditivo/vestibular. Una región placodal es definida como una región donde la superficie ectodermal está en contacto directo con el neuroectodermo del sistema nervioso central<sup>3</sup>.

Las células sensoriales, neuroblastos y células mesenquimales migran desde todas las plácodas. Las células mesenquimales forman la cabeza mesodérmica, la cual se diferencia en cápsulas cartilaginosas de los órganos sensoriales.

El condrocraáneo encierra el cerebro y ayuda a formar las cápsulas sensoriales que soportan los órganos olfatorios, ojos y oídos internos; los sistemas sofisticados de los sentidos, olfatorio, ocular y auditivo/vestibular de los vertebrados están envueltos y protegidos por tres pares de cápsulas esqueléticas.

1. Las cápsulas nasales (2) de los humanos incluyen el hueso etmoides, derivado de los cartílagos precordales y cornetes.
2. Las cápsulas ópticas (2) humanas incluyen las alas mayores y menores del esfenoides<sup>5</sup>.
3. Las cápsulas óticas (2) de los humanos se forman a partir del mesénquima que rodea cada otocisto y forman el hueso preótico o premastoideo<sup>1,2,4</sup> (véase **Figura 6.4, 6.5 y 6.7**).

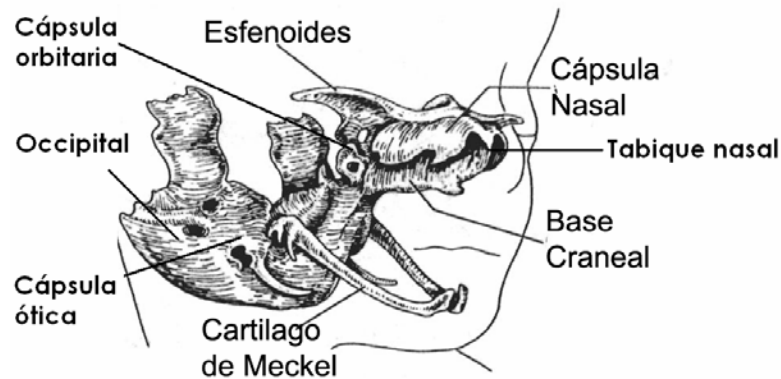


Figura 6.7 Condrocráneo y cartilago de Meckel.

### 7.1 Cápsula nasal

La plácoda nasal o plácoda olfatoria, está caracterizada por una superficie ectodermal medial que se desarrolla como órgano vomeronasal, y una más lateral la cual se desarrolla como epitelio rinoolfatorio. El desarrollo de la plácoda está íntimamente relacionado con el desarrollo de la cavidad nasal. El componente neuronal de la parte vomeronasal de la plácoda es el nervio terminal, mientras el componente neuronal de la parte rinoolfatoria es el nervio olfatorio<sup>2</sup>.

La cápsula nasal se forma alrededor de la plácoda nasal y condroifica en el segundo mes de VIU para formar una caja de cartilago con un techo y paredes laterales (ectoetmoides) divididas por un tabique de cartilago medial (mesoetmoides). Los centros de osificación en las paredes laterales forman las masas laterales del etmoides (cornetes) y la concha o cornete nasal inferior.

El tabique nasal permanece cartilaginoso excepto en la parte posterior, donde sobre la membrana, y a cada lado del tabique, se forman un par de huesos vómer. Los dos centros de osificación intramembranosa, se unen antes del nacimiento y forman una estructura en forma de copa, ver desarrollo en el capítulo de esqueleto facial, que contienen en el centro el cartilago septal hasta la pubertad. Las alas vomerales se extienden posteroinferiormente sobre el basiesfenoides, formando el techo de la nasofaringe –un rasgo humano distintivo–. El crecimiento óseo aposicional posnatal sobre los márgenes posterosuperiores del vómer contribuyen al crecimiento del tabique nasal e indirectamente al crecimiento hacia abajo y hacia adelante de la cara<sup>1,3</sup> (véase Figura 6.7).

### 7.2 Cápsula ótica

La plácoda ótica puede ser observada en la capa ectodermal del romboncéfalo desde el día 28 en proximidad a la región de la placa neural<sup>5</sup>. La lámina placodal se invagina y forma la vesícula ótica del oído interno. Adicionalmente, los componentes óticos incluyen el oído medio y el meato auditivo externo. El oído interno gradualmente se encapsula en el primordio cartilaginoso (cápsula ótica); esto sucede bilateralmente y termina uniéndose con la lámina paracordal. La fusión es incompleta a nivel posterior, formando el agujero yugular el cual contiene el IX par-glosofaríngeo, X par-vago y XI par-espal accesorio y la vena yugular interna.

Medialmente, la cápsula ótica es perforada por los nervios VII par-facial y el VIII par-vestibulococlear formando el meato auditivo interno. Las cápsulas óticas osifican SE OSIFICAN para formar las partes petrosa y mastoidea del hueso temporal<sup>1</sup> (véase Figuras 6.4 y 6.5).

### 7.3 Cápsula óptica

Antes de que el tubo neural se cierre, aparece la plácoda ocular o plácoda del cristalino en cercanías de la vesícula óptica, la cual es una evaginación de la parte más anterior del tubo neural, el prosencéfalo<sup>2,3</sup>.

Después del cierre del tubo neural, se forman las capas placodales y el cristalino y se localizan dentro de la copa óptica, la cual es una capa placodal neuroectodermal con conexión directa al cerebro a través de un puente neuronal, el cual es gradualmente transformado en nervio óptico. La cápsula cartilaginosa que se forma alrededor del ojo, consiste de un primordio de cartilago de las alas menores y la parte medial de las alas mayores del hueso esfenoides<sup>3</sup>.

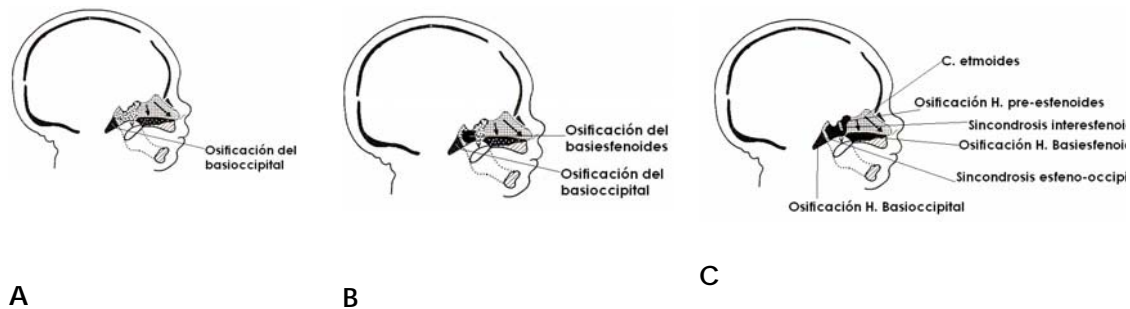
## 8. Osificación de la base craneal

En el cráneo embrionario humano aparecen 110 centros de osificación aproximadamente; muchos se fusionan para producir 45 huesos en el cráneo neonatal y en el adulto joven son reconocidos 22 huesos<sup>1</sup>.

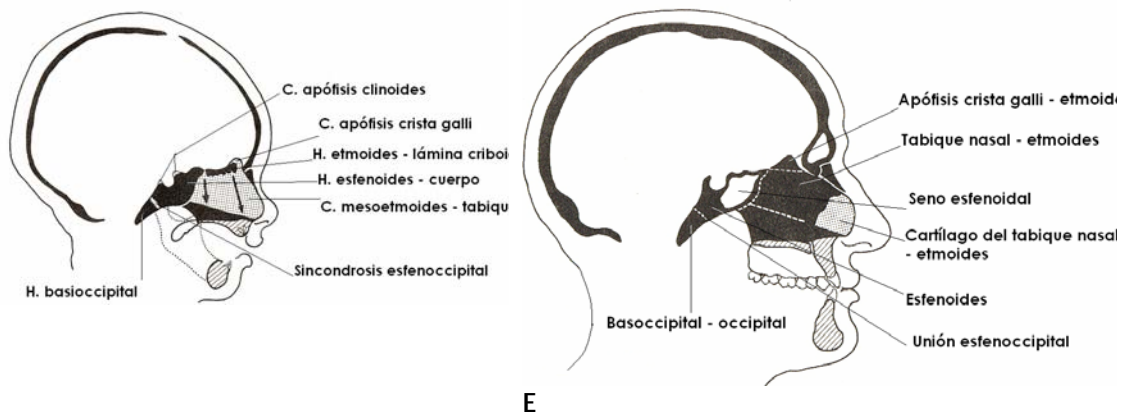
La osificación de la base craneal se puede dividir en patrones de osificación del plano medio sagital y patrones de osificación en las dos partes laterales de la base craneal.

### 8.1 Plano sagital

En el plano medio sagital hay tres factores a tener en cuenta: la *secuencia* de iniciación de la osificación, la *morfología* y la *localización* de las partes osificadas. La secuencia en la cual la osificación se produce sigue una dirección de caudal a ventral: primero, la parte basilar del hueso occipital, luego el basiesfenoides, seguido por el preesfenoides y, finalmente, el hueso etmoides, el cual se produce en el último trimestre del periodo fetal. Según Kjaer<sup>5,6</sup>, se describen siete fases, sin embargo, en esencia el proceso progresa como se describe en la **Figura 6.8**.







**D** Osificación del basioccipital, octava semana de VIU aprox.; **B)** osificación del basiesfenoidal, semana de VIU aprox.; **C)** osificación del preesfenoides, semana 16 de VIU aprox.; **D)** osificación del etmoides; **E)** crecimiento óseo y consolidación de estructuras adultas.

El desarrollo esquelético de la parte media de la base craneal no es estrictamente dependiente del tamaño del feto. Es decir, fetos del mismo tamaño parecen alcanzar diferentes etapas de maduración esquelética en la base craneal<sup>3</sup>.

## 8.2 Plano horizontal

La morfología de los huesos en la parte media sagital es particularmente diversa, según reporta Kjaer<sup>7</sup>, el patrón de desarrollo del tejido óseo en el área del hueso posesfenoides del cuerpo del esfenoides puede aparecer como un centro de osificación central con centros menores de osificación localizados lateralmente o como dos centros de osificación bilaterales con centros de osificación menores localizados lateralmente. La parte basilar del hueso occipital cambia a medida que crece, va desde una forma ovalada hasta adquirir su forma trapezoidal característica<sup>3</sup>.

Al nacimiento, se inicia la osificación del dorso de la silla turca y en el clivus existe una amplia sincondrosis en el momento del nacimiento<sup>3</sup>. Los sitios de crecimiento en la línea media están en la región entre el basioccipital y el basiesfenoides y entre el etmoides y los huesos frontales.

Durante el primer año después del nacimiento, aparece el centro *mesoetmoideo* en el cartílago nasal en la región de la lámina cribiforme. Éste se extiende hacia la apófisis crista galli y hacia la mitad posterior del tabique nasal<sup>2</sup>.

Durante el segundo y tercer año, el mesoetmoides se une con las partes faciales del etmoides (véase **Figura 6.8**).

La base craneal lateral muestra las siguientes estructuras óseas: la lámina medial del proceso pterigoideo, el hueso cigomático, la parte escamosa del hueso temporal, el anillo timpánico, la parte petrosa del hueso temporal, el proceso mastoideo, el cóndilo occipital y la escama occipital. La secuencia de osificación según Kjaer es la siguiente: el hueso cigomático osifica en la semana 10, la escama occipital y el ala mayor del esfenoides en la semana 11, y luego el cóndilo del occipital y el anillo

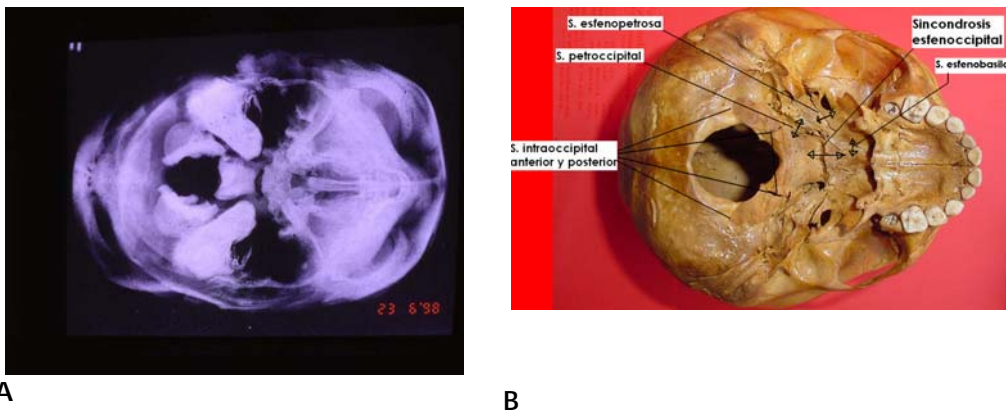
timpánico en la semana 16. El anillo timpánico es muy grande comparado con el tamaño de la base craneal, porque este anillo al cual se le une la membrana timpánica, alcanza su tamaño final muy temprano en la vida fetal<sup>7</sup>. Luego que el anillo timpánico se ha formado, comienza la osificación de la parte petrosa del hueso temporal en la semana 19.

## 9. Sincondrosis

Cuando la osificación endocondral se produce y los huesos crecen y se acercan, entre ellos quedan las llamadas *sincondrosis*.

### 9.1 Sincondrosis plano horizontal

Las sincondrosis de la base craneal que existen al final del periodo fetal son: esenooccipital, esfenobasilar, esfenopetrosa, petroccipital, la intraoccipital anterior y posterior, interetmoidal e intermasas laterales del etmoides y lámina cribosa. Las sincondrosis interesfenoidal y preesfenoidal se cierran antes de finalizar el periodo fetal<sup>3</sup> (véase **Figura 6.9**, **Tabla 6.3**).



**Figura 6.9A** Radiografía de cráneo de 24 semanas de VIU, se observa la osificación de las estructuras craneofaciales y las sincondrosis remanentes entre ellas; **B)** cráneo de 4 años aprox. que muestra los espacios dejados por el tejido cartilaginoso de las sincondrosis.

Aunque el periostio y las suturas participan en el crecimiento de la base craneal, el principal sitio de crecimiento son las sincondrosis, las cuales contribuyen al crecimiento del cráneo en todas las tres dimensiones.

Las sincondrosis basicraneales pueden ser caracterizadas estructuralmente como cartílagos de crecimiento bipolar, pues están involucrados en la osificación endocondral en direcciones básicamente opuestas. Las contribuciones a los dos huesos adyacentes pueden ser "asimétricas", es decir, la proliferación condral procede a diferentes velocidades en los dos márgenes óseos unidos por cartilago. Las dos sincondrosis bilaterales localizadas entre el cuerpo y las alas mayores del complejo esenoideo contribuyen al crecimiento transversal del neurocráneo, como lo hacen las cuatro sincondrosis radiando desde el agujero magno<sup>8</sup>.

Hay componentes importantes de la base craneal que aunque están en ella tienen formación intramembranosa y se fusionan con partes desarrolladas endocondralmente. Esos componentes son: las partes más superiores del ala mayor del esenoideo, el proceso pterigoideo (excepto el hamulus pterigoideo, el cual se

deriva de cartílago) y la escama del temporal. La osificación de esas partes se produce desde la semana 8 a 10<sup>3</sup>.

---

### **Sincondrosis**

---

Esfenooccipital

Esfenobasilar

Esfenopetrosa

Petrooccipital

Intraoccipital

Interesfenoidal

Preesfenoidal

Interetmoidal

Intermasas laterales del etmoides y lámina cribosa

**Tabla 6.3** Sincondrosis de la base craneal en el plano horizontal

## **9.2 Sincondrosis y sitios de crecimiento de la base craneal en el plano sagital**

La comprensión del crecimiento de la base craneal es importante para los clínicos por dos razones: primero porque su crecimiento influencia el crecimiento del tercio medio e inferior facial, y segundo porque es una área de referencia en los estudios cefalométricos. En cefalometría, la base craneal es definida en términos de las estructuras mediasagitales, extendiéndose desde el basion (Ba, el punto más inferior del margen anterior del agujero magno) al nasion (N, superficie límite de la sutura frontonasal). Es decir que incluye: el basioccipital, el cuerpo del esfenoides, la lámina cribiforme del etmoides y el hueso frontal, y ha sido dividida en anterior (N-S) (S, silla, el punto medio de la fosa pituitaria), y la posterior (S-Ba). En estudios antropológicos llevados a cabo en cráneos secos el agujero caecum, una pequeña fosita en la apófisis crista galli se usa como referencia para determinar el límite anterior de la base craneal. Ya que en la radiografía no es posible observarlo, entonces se usa el nasion<sup>2</sup>.

Los *sitios de crecimiento* en la base craneal humana son los siguientes:

- Agujero magno –por aposición a nivel del basion–.
- Sincondrosis esfenooccipital.
- Sincondrosis medioesfenoidal.
- Sincondrosis esfenoetmoidal.
- Sincondrosis interetmoidal.
- Sutura frontoetmoidal.
- Hueso frontal (superficie de aposición).
- Silla turca.

Para mantener el tamaño del agujero magno, ocurre reabsorción en su margen posterior y aposición en el punto basion (Ba). Las partes escamosa, condilar y basilar del hueso occipital se fusionan todas después del nacimiento.

Los incrementos en la longitud de la base craneal posterior (S-Ba) son debidos al crecimiento de la sincondrosis esfenooccipital, el basioccipital se desplaza dorsalmente para incrementar la distancia entre la silla turca y el agujero magno.

La sincondrosis esenooccipital tiene 2 direcciones de crecimiento lineal. Se ha dicho que la sincondrosis permanece latente hasta los 20 años<sup>9</sup>. En estudios sobre material de autopsia se ha mostrado el cierre de la sincondrosis entre 13 a 15 años en las mujeres y entre 15 y 17 en los hombres<sup>10,11</sup>. En 1974 Melsen<sup>9</sup> no encontró ninguna evidencia histológica que indicara que hay alguna diferencia en la cantidad de osteogénesis que ocurre en la superficie esfenoidal y la occipital de la sincondrosis, contrariamente a lo reportado por Enlow<sup>2</sup> en 1968. Sin embargo, Melsen observó que el crecimiento diferencial ocurre, lo cual puede dar lugar a una inclinación del basioccipital hacia arriba y atrás en relación con el basiesfenoides; en ausencia de una superficie compensatoria de remodelación esto puede resultar en un aplanamiento del ángulo de la base craneal. Según Sperber<sup>1</sup>, posnatalmente, la mayor aposición ósea ocurre sobre el lado occipital que sobre el lado esfenoidal de la sincondrosis la cual prolifera intersticialmente en su zona media. El crecimiento continuado del aspecto inferior de la sincondrosis después de la fusión en su superficie superior (cerebral) podría resultar en un desplazamiento hacia arriba y hacia atrás de la basiocciput relacionada con el esfenoides, tendiendo a aplanarse el ángulo esenooccipital y por consiguiente la base craneal. Esta tendencia es contrarrestada por reabsorción interna del clivus, para mantener un ángulo favorablemente constante durante el crecimiento<sup>1</sup> (véase **Figura 6.10**).

Se ha sugerido que a diferencia de un cartilago epifisial, el cual ha sido mostrado crecer en un ambiente no-funcional<sup>13</sup>, la sincondrosis crece en respuesta a la matriz funcional en la cual ellos se desarrollan; por ejemplo, el crecimiento adaptativo en respuesta al crecimiento del cerebro<sup>14,15</sup>. Sin embargo, la habilidad de la sincondrosis para crecer en un medio ambiente no funcional también ha sido demostrado<sup>16-19</sup>.

Dado que la sincondrosis esenooccipital tiene un periodo prolongado de crecimiento, permite la expansión posterior del maxilar para acomodar la erupción tardía del último molar y dar espacio para el crecimiento de la nasofaringe<sup>1</sup>.

El crecimiento cesa en la sincondrosis medioesfenoidal en el nacimiento.

La sincondrosis esenoetmoidal se cierra cerca de los siete años de edad. Durante los primeros cinco años de crecimiento, hay un incremento considerable en la sincondrosis esenooccipital y la esenoetmoidal.

Durante los 2 a 3 primeros años, el crecimiento en la sutura frontoetmoidal es rápido y la lámina cribiforme obtiene su longitud total<sup>20</sup>.

En general el crecimiento cesa en una secuencia rostrocaudal<sup>1</sup>.

## 10. Silla turca

La silla turca ha sido tradicionalmente usada como punto de referencia en estudios cefalométricos. Se debe considerar que ésta tiene un proceso de remodelación de su contorno interno que la mueve hacia arriba y hacia atrás<sup>21</sup>, hasta cerca de los diez años de edad, con aposición de hueso sobre el piso y la pared anterior de la fosa pituitaria<sup>22</sup> hasta la edad de 5-6 años. Se ha demostrado que persiste cartilago sobre los aspectos superior y clival del dorso de la silla hasta los 15 años<sup>10,22</sup>.

Además, entre el nacimiento y la vida adulta, la fosa hipofisial se desliza cerca de un centímetro con el crecimiento del hueso esfenoides<sup>1</sup>.

Sin embargo, estudios craneométricos de sección cruzada sobre cráneos secos han mostrado que la distancia entre el agujero caecum y la silla turca no se incrementa después de los 7 años<sup>20,23</sup>.

Así mismo, la base craneal anterior (N-S) tiene un pequeño incremento en longitud hasta la edad de 10 años por aposición en la sutura frontonasal y la superficie de remodelación del hueso frontal. El crecimiento de la fosa craneal anterior es dependiente del crecimiento de las sincondrosis frontoetmoidal y esenoetmoidal y está íntimamente relacionado al crecimiento de los lóbulos frontales del cerebro. Con el cese del crecimiento del cerebro el contorno medio de la fosa craneal anterior permanece sin cambio, y los incrementos posteriores en la longitud de N-S son una consecuencia de la aposición del hueso frontal y los huesos nasales que resultan en el desarrollo de la glabella y del seno frontal.

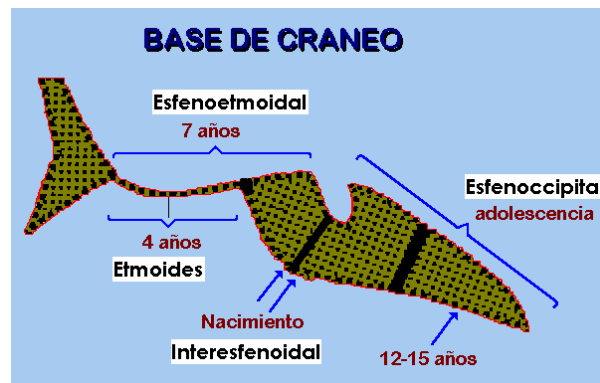


Figura 6.10. Época de cierre de las sincondrosis sagitales de línea media de la base craneal

## 11. Hueso occipital

El hueso occipital es derivado tanto del cartilago basioccipital como de la membrana desmocraneal, el hueso occipital osifica desde siete centros (dos intramembranosos y cinco endocondrales) alrededor de la médula oblonga, la cual determina el foramen mágnum. El desarrollo del hueso occipital consta de los segmentos escamoso, basilar y un par de segmentos exoccipitales. El segmento basilar del hueso occipital comprende la parte de la base craneal que se desarrolla prenatalmente alrededor de los segmentos craneales de la notocorda, anterior al agujero magno<sup>1</sup>.

La porción escamosa del hueso occipital es una gran lámina expandida que se extiende posterior y superiormente desde el foramen magno. En el hueso occipital escamoso pueden ser reconocidas en el momento del nacimiento: una porción superior interparietal y una porción inferior (supraoccipital), separadas por la sutura mendosal. Posnatalmente las superficies endocraneales del hueso occipital son predominantemente reabsortivas y las superficies ectocraneales son de depósito,

resultando en un desplazamiento del piso de la fosa craneal posterior para acomodarse al encéfalo que se está alargando<sup>4</sup>.

La porción basilar del hueso occipital, también llamada el basioccipital, se extiende hacia adelante y hacia arriba desde el foramen magno y encuentra el cuerpo del esfenoides en la sincondrosis esfenooccipital. Ésta, se piensa, es responsable primariamente por el crecimiento de la base de cráneo después del nacimiento. Juntos, el basioccipital y la porción retrosillar del basiesfenoides, constituyen el clivus. La porción basilar está relacionada con la porción petrosa de cada hueso temporal a lo largo de la sincondrosis y sutura petrooccipital<sup>1</sup> (ver Capítulo 5, **Figura 6.7, Tabla 6.4**).

Hueso	Sitio y número de centros de osificación		Aparición
	Intramembranoso		Endocondral
Occipital	(2) Escama supranucal		8 semana
		(2) Escama infranucal	10 semanas
		(1) Basioccipital	11 semanas
		(2) Exoccipital	12 semanas

Tomado de: Sperber<sup>1</sup>

**Tabla 6.4** Centros de osificación del hueso occipital.

## 12. Hueso esfenoides

El hueso esfenoides se desarrolla de al menos 19 centros de osificación intramembranosos y endocondrales. El hueso esfenoides consiste de un cuerpo central, el basiesfenoides, un par de alas mayores (aliesfenoides), un par de alas menores (orbitoesfenoides) y un par de procesos pterigoides, las alas y láminas pterigoides tienen centros de osificación membranoso y endocondral. El cuerpo esfenoidal está compuesto de las porciones preesfenoidal y posesfenoidal (basiesfenoides). El par de procesos pterigoideos descienden perpendicularmente hacia abajo donde las alas mayores se unen con el cuerpo esfenoidal<sup>1</sup>.

Un centro o un par de centros de osificación preesfenoidal se producen en el cuarto mes de VIU para formar el hueso preesfenoides, anterior al tubérculo de la silla turca. El hueso posesfenoides proviene de dos pares de centros en el cartílago basiesfenoides sobre ambos lados de la proyección de la bolsa de Rathke durante el cuarto mes de VIU, que luego formará la silla turca, el dorso de la silla y el basiesfenoides (en el cual la notocorda termina). La coalescencia de los centros de osificación oblitera el tracto orohipofisial; la persistencia del tracto como un canal craneofaríngeo en el cuerpo del esfenoides da lugar a tumores craneofaríngeos<sup>1</sup> (véase **Figura 6.11, Tabla 6.5**).

Los centros de osificación endocondral para las alas mayores del hueso esfenoides aparecen en los cartílagos aliesfenoides, y para las alas menores en los cartílagos orbitoesfenoides. También los centros de osificación intramembranosa aparecen en la octava semana de VIU como partes de las alas mayores y como las láminas medial y lateral pterigoideas<sup>1</sup>.

Las láminas pterigoideas mediales osifican endocondralmente de cartílagos secundarios en sus procesos hamulares. La sincondrosis medioesfenoidal entre el preesfenoides y posesfenoides se fusiona justo antes del nacimiento<sup>1</sup>.

El posesfenoides (basiesfenoides) se desarrolla de un par de centros mediales y laterales.

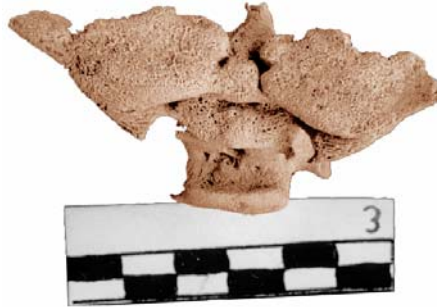


Figura 6.11 Hueso esfenoides.

Hueso	Sitio y número de centros de osificación		Aparición
	Intramembranoso	Endocondral	
Esfenoides	Parte superior ala esfenoides		10 semanas
		(3) Preesfenoides	16 semanas
		(4) Posesfenoides	16 semanas
		(2) Orbitoesfenoides	9 semanas
		(2) Aliesfenoides	8 semanas
		(2) Hamulus del pterigoides	12 semanas
		(2) Lámina pterigoidea media	8 semanas
		(2) Lámina pterigoidea lateral	8 semanas

Tomado de: Sperber<sup>1</sup>

Tabla 6.5 Centros de osificación del hueso esfenoides.

### 13. Hueso temporal

El hueso temporal está compuesto de partes petrosa, escamosa, estiloide y anillo timpánico que están separadas al nacer, y comienzan su unión en esta época. Al nacer, la fosa mandibular temporal es plana y no presenta un tubérculo articular (véase Figura 6.12).

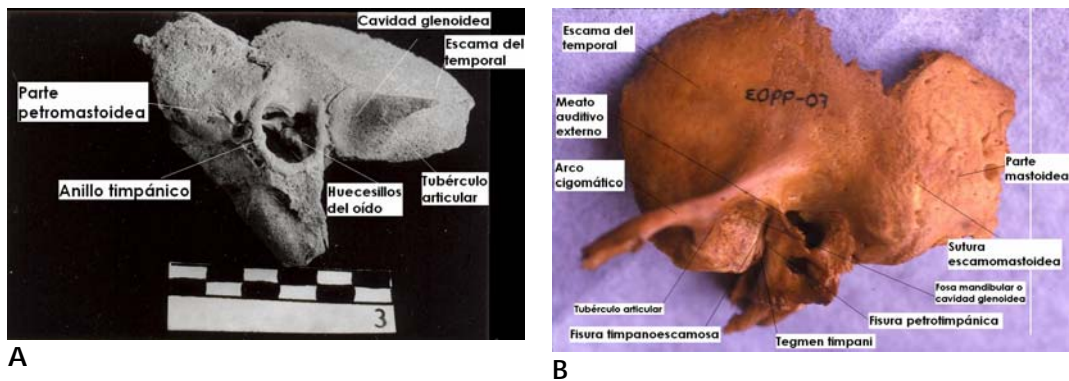


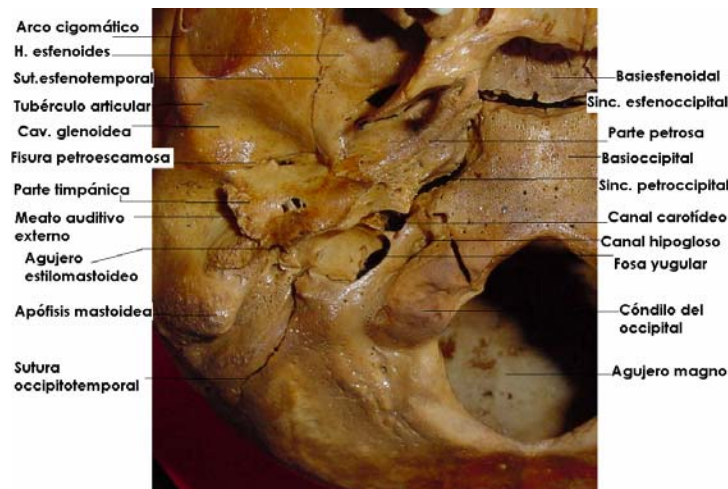
Figura 6.2A, B Hueso temporal de un cráneo de 1,5 años mostrando la cavidad glenoidea y el tubérculo articular.

Los componentes escamoso y timpánico de este hueso osifican intramembranosamente, mientras los elementos petroso y estiloideo se osifican endocondralmente desde 21 centros de osificación. La porción escamosa se osifica intramembranosamente de un único centro que aparece en la octava semana de VIU; el proceso cigomático se extiende desde este centro de osificación. El anillo timpánico que rodea el meato auditivo externo se osifica de cuatro centros intramembranosos, comenzando en el tercer mes de VIU. Los otocistos del oído interno inducen la condrogénesis en el mesénquima periótico, tanto de origen de cresta neural y mesodermo, para formar la cápsula ótica<sup>1,2,6</sup>.

La parte petrosa osifica endocondralmente en la cápsula ótica desde aproximadamente 14 centros. El oído medio dentro del hueso petroso contiene derivados del primero y segundo arcos que forman los huesos martillo, yunque y estribo<sup>1</sup>.

El proceso estiloides osifica desde dos centros en el cartilago del arco faringeo hioideo (segundo); el centro superior aparece justo antes del nacimiento y el centro inferior justo después del nacimiento<sup>1</sup>.

En la semana 22 de VIU la parte petrosa y el anillo timpánico se fusionan incompletamente, dejando la fisura petrotimpánica a través de la cual pasan el nervio cuerda del timpano y los remanentes del ligamento discomaleolar. Al nacimiento, el anillo timpánico se fusiona incompletamente con la parte escamosa del hueso temporal, dejando la persistente fisura escamotimpánica. Más tarde, el anillo crece lateralmente para formar la lámina timpánica. Las porciones de los procesos petroso, escamoso y estiloideo proximal se fusionan durante el primer año de vida y los procesos estiloides proximal y distal se fusionan en la pubertad<sup>1,6</sup>.



**Figura 6.13** Parte derecha externa de un cráneo de 4 años, mostrando estructuras de hueso temporal especialmente.

La fosa glenoidea es solamente una depresión poco profunda al nacer, que se ahonda con el desarrollo de la eminencia articular. El proceso mastoideo se desarrolla después del segundo año, cuando es invadido por extensiones del antro timpánico para formar las células aéreas mastoideas<sup>1</sup> (véase **Figura 6.13**, **Tabla 6.6**).



Hueso	Sitio y número de centros de osificación		Aparición
	Intramembranoso	Endocondral	
Temporal	(1) Escama		8 semanas
	(4) Anillo timpánico		12 semanas
		(14) Petrosa	16 semanas
		(2) Estiloides	Perinatal

Tomado de: Sperber<sup>1</sup>

**Tabla 6.6** Centros de osificación del hueso temporal.

#### 14. HUESO ETMOIDES

El hueso etmoides es totalmente endocondral y forma el piso medio de la fosa craneal anterior y parte del techo, paredes laterales, y tabique medio de la cavidad nasal; osifica de tres centros: uno medio en el cartílago mesoetmoides que forma la lámina perpendicular y la apófisis crista galli, justo antes del nacimiento; a los cuatro meses de VIU aparecen un par de centros para los cornetes laterales en los cartílagos capsulares nasales; y al nacer aparece un centro de osificación secundaria entre la lámina cribiforme y la apófisis crista galli. A los dos años, la lámina perpendicular se une a los cornetes, a través de la fusión de la lámina cribiforme y forma un hueso etmoides único<sup>1</sup>.

La reabsorción de la superficie endocraneal de la lámina cribiforme, con aposición sobre la superficie nasal opuesta, resulta en un movimiento hacia abajo del piso craneal anterior. El crecimiento posnatal de la lámina cribiforme es leve y se completa alrededor de los 4 años<sup>1</sup> (véase **Figura 6.1, Tabla 6.7**).

Hueso	Sitio y número de centros de osificación		Aparición
	Intramembranoso	Endocondral	
Etmoides			8 semanas
		(2) Laberinto lateral	10 semanas
		(1) Lámina perpendicular; crista galli	11 semanas

**Tabla 6.7** Centros de osificación del hueso etmoides. Tomado de Sperber<sup>1</sup>

#### 15. Cornete nasal inferior

Este hueso endocondral osifica en el cartílago de la parte lateral de la cápsula nasal (el ectoetmoides) de un único centro que aparece en el quinto mes de VIU. La osificación periférica de esta caja con conductos de caracol (concha) crea un doble hueso lamelar cuando el cartílago se reabsorbe. La concha inferior se desprende del ectoetmoides para convertirse en un hueso independiente<sup>1,2,4</sup>.

#### 16. Angulación de la base craneal

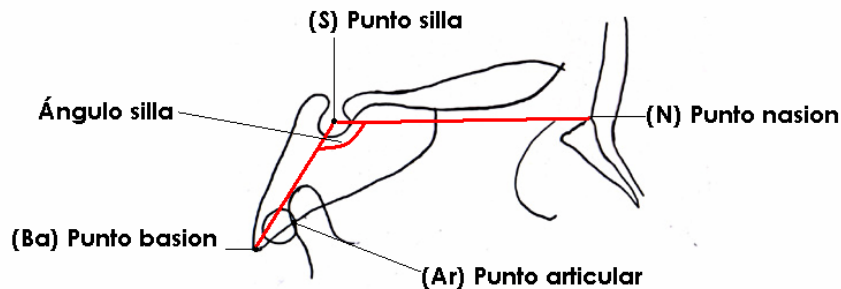
La región central de la base craneal está compuesta de partes precordales (localizadas rostralmente) y partes cordales las cuales se encuentran en un ángulo a nivel de la fosa hipofisial (silla turca). El ángulo inferior, formado por líneas que van desde nasion a silla y a basion en el plano sagital, es inicialmente muy obtuso: aproximadamente 150 grados en un embrión de cuatro semanas (estado

precartilago); éste flexiona a 130 grados aproximadamente en el embrión de 8 semanas (estado de cartilago)<sup>1</sup>.

Entre las semanas 8 y 10, la cabeza en su totalidad se levanta por extensión de su nuca, sacando la cara desde el tórax. Esta elevación de la cabeza es concomitante con la fusión del paladar. Al mismo tiempo que ocurre la osificación de la base craneal, entre las semanas 10 y 20, el ángulo de la base craneal está entre 125 y 130 grados, y mantiene esta angulación posnatalmente. El aplanamiento de la base craneal es probablemente causado por el rápido crecimiento del cerebro durante el periodo fetal. En casos de anencefalia el condrocráneo retiene su flexión fetal<sup>1,3</sup>.

El crecimiento en las diferentes partes que componen la base craneal es bastante desigual, de conformidad con la forma altamente irregular de su desarrollo para acomodar la superficie ondulante ventral del encéfalo. El diencéfalo es más precoz en crecimiento, luego está el telencéfalo y el rombocéfalo es el menos avanzado con el cerebelo. Las partes anterior y posterior de la base de cráneo, demarcadas en la silla turca, crecen a diferentes velocidades. Entre las semanas 10 y 40 de VIU, la base craneal anterior incrementa su longitud y anchura siete veces, pero la base craneal posterior solamente cinco. El crecimiento del eje ventral central del cerebro, y del cuerpo relacionado de los huesos esfenoides y basioccipital, es lento, dando una base comparativamente estable. Alrededor de esta base, la fosa anterior, media y posterior del piso craneal, relacionado a los lóbulos frontal y temporal del cerebro, y al cerebelo respectivamente, se expande enormemente, en armonía con el exuberante crecimiento de esas partes del cerebro<sup>1</sup> (véase **Figura 6.14**).

Al nacimiento, la base craneal humana (basion-nasion) ha logrado 56% de su longitud adulta y a los 2 años, 70%. En el remanente de 30% según Brodie<sup>26</sup> la parte precordal de la base contribuye en un 75% del crecimiento posnatal y la paracordal (basioccipital) solamente 25%.



**Figura 6.14** Angulación de la base craneal medida sobre un trazado cefalométrico.

## 17. Crecimiento de la base craneal y su relación con cara y mandíbula

El condrocráneo es importante dado que es la estructura que une el neurocráneo al esqueleto facial: su superficie endocraneal se relaciona con el cerebro, mientras su aspecto ectocraneal responde al complejo faríngeo, facial y sus músculos. La base craneal es relativamente estable durante el crecimiento comparado con la

bóveda y la cara, aportando una base contra la cual el crecimiento de los elementos craneales tardíos pueda ser comparado. El extremadamente rápido crecimiento del neurocráneo, particularmente la bóveda, contrasta con el lento y más prolongado crecimiento del esqueleto facial. La base condrocraneal del cráneo del recién nacido es más pequeña que la parte desmocraneal de la bóveda, la cual sobresale de aquella lateral y posteriormente<sup>24</sup>.

La postura vertical que caracteriza al hombre ha involucrado una gran cantidad de adaptaciones anatómicas y funcionales en todo el cuerpo. Desde que adquirió esta postura, la cabeza está en una posición balanceada sobre una espina dorsal recta y el cerebro se ha agrandado y la configuración resultante ha causado una flexión de la base craneal, una rotación de las órbitas hacia la línea media con una reducción de la parte interorbital de la cara y un angostamiento de la nariz<sup>12</sup>.

Dado que el paladar está en vecindad con el piso nasal, éste ha sufrido un angostamiento y una reducción en sentido horizontal, acompañada de una rotación vertical. Los bulbos olfatorios han rotado y junto con el agrandamiento de los lóbulos frontales del cerebro todo el piso de la base craneal anterior ha descendido y causado la correspondiente rotación hacia abajo del complejo nasomaxilar<sup>25</sup>.

## **18. Anomalías de desarrollo**

El desarrollo patológico de la base craneal puede ser debido a malformaciones, disrupciones, deformaciones y displasia<sup>3</sup>.

### **18.1 Malformaciones**

La parte basilar del hueso occipital con frecuencia se encuentra deformada, pudiéndose encontrar desde una escotadura hasta el hueso francamente dividido en dos. Estos cambios de forma pueden estar presentes en la anencefalia en donde la ausencia de la bóveda resulta en craniosquisis, caracterizada por un condrocráneo corto, angosto, lordótico, en muchos casos con anomalías notocordales. También pueden presentar raquisquisis. La anencefalia retiene la angulación de la base craneal, típica de fetos tempranos. En anomalías como el mielomeningocele lumbosacro y malformaciones en síndrome de Meckel Gruber y trisomía 18 también se presentan malformaciones características del hueso basioccipital<sup>3</sup>.

Las malformaciones de la glándula pituitaria pueden ser de adenohipófisis, cuando ésta se localiza parcialmente en la faringe, o de neurohipófisis generalmente encontrada en la anencefalia.

### **18.2 Acondroplasia**

La acondroplasia es la forma genética más común de enanismo y es un rasgo autosómico dominante con ciento por ciento de penetrancia. La frecuencia estimada es de 1 por cada 26.000 y más del 80% de los casos es esporádico<sup>26</sup> y está asociada con la edad paterna en el momento de la concepción, sugiriendo una mutación. Los rasgos clásicos incluyen extremidades cortas, lordosis lumbar exagerada, macrocefalia relativa e hipoplasia del maxilar. La acondroplasia está caracterizada por un defecto en la osteogénesis endocondral. La deficiencia en el crecimiento del condrocráneo resulta en un desarrollo pobre del tercio medio de la

cara. La mandíbula no se ve afectada y, por consiguiente, desarrolla una maloclusión de clase III. Se presentan dos formas similares a la acondroplasia, la hipocondroplasia y la displasia tanatofórica que comprometen el desarrollo del cartílago y presentan rasgos morfológicos similares<sup>2</sup>.

### 18.3 Disrupciones

La disrupción de la base craneal debido a la presencia de bandas amnióticas es rara. Si se encuentra, es más común verla en la fosa craneal anterior<sup>3</sup>

### 18.4 Deformaciones

La deformación de la base craneal está generalmente causada por oligohidramnios. La presión en la zona occipital resulta en una asimetría de la base craneal<sup>3</sup>.

### 18.5 Displasia

La condrodistrofia de todos los cartílagos, o de uno solo, que se convierten en hueso es un ejemplo de displasia de base de cráneo<sup>3</sup>.

## Referencias

1. Sperber GH. **Craniofacial Embriology**. 4th edition. Wright. Great Britain, 1989.
2. Meike MC. **Craniofacial Development, Growth and Evolution**. 1st edition. Bateson Publishing, Bressingham, Norfolk, England, 2002.
3. Kjaer Inger, JW. Keeling & Fisher H. Birgit. **The Prenatal Human Cranium – normal and pathological development**. Munksgaard. Copenhagen, 1999.
4. Williams PL. **Gray's Anatomy**. 38th edition. Ed. Churchill Livingstone, 1995.
5. Kjaer I. **Ossification of the human fetal basicranium**. Jour of Craniof. Genet and Dev. Biolog. 1990; 10:29-38.
6. Larsen William J. **Human Embriology**. 2nd edition. Churchill Livingstone. New York, 1997.
7. Kjaer I. **Prenatal Human Cranial Development Evaluated on Coronal Plane Radiographs**. J of Craniof Genet and Dev Biol 1990; 10:339-351.
8. Kjaer I. **Radiographic Determination of Prenatal Basicranial Ossification**. J. of Craniof Genet and Develop Biol 1990; 10: 113-123.
9. Melsen B. **The cranial base. The postnatal development of the cranial base studied histologically on human autopsy material**. Acta Odontológica Scandinávica 32 1974; 62(Suppl):1-126.
10. Thilander B, Ingervall B. **The human speno-occipital syncondrosis. II A histological and microradiographic study of this growth**. Acta Odont Scand 1976; 31:323-334.
11. Melsen I. **Time of closure of the speno-occipital syncondrosis determined on dry skulls. A radiographic craniometric study**. Acta Odont Scand 1968; 27:73-90.
12. Enlow DH. **Facial Growth**. 3rd edition. W.B. Sander, Philadelphia, 1990.
13. Meike MC. **The influence of function on chondrogenesis at the epiphyseal cartilage of a growing long bone**. Anatomical Record 1975; 182:387-399.
14. Moss ML, Greenberg SN. **Postnatal growth of the human skull base**. Angle Orthodontics 1955; 25:77-84.
15. Moss ML. **The functional matrix**. In Vistas in Orthodontics (eds B. S. Kraus, R. A. Riedel). Lea and Febiger, Philadelphia 1962; 85-98.
16. Petrovic A, Charlier J. **La syncondrose speno-occipitale de jeune rat en culture d'organes**. Compte Rendu de l'Académie des Sciences, Paris 1967; 26:1511-1513.
17. Kosky K, Ronning O. **Growth potential of intracerebrally transplanted cranial base syncondroses in the rat**. Archives of Oral Biology 1970; 15:1107-1108.
18. Dorembos J. **In vivo cerebral implantation of the anterior and posterior halves of the speno-occipital sincondrosis in rats**. Archives of Oral Biology 1972; 17:1067-1072.
19. Harkness EM, Trotter WD. **Growth spurt in cranial bases transplanted into adult hosts**. Journal of Anatomy 1980; 13:39-56.
20. Ford EHR. **Growth of the human cranial base**. American Journal of Orthodontics 1958; 44:498-506.

21. Hoyte D. **A critical Analysis of the Growth in Length of the cranial Base Birth Defects:** Original Article Series, Vol N 4, No. 7 1975; 255-282.
22. Latham RA. **The sella point and postnatal growth of the human cranial base.** Am J Orthod February 1972.
23. Scott James H. **The growth in width of the facial skeleton.** Am J Orth May 1957
24. Thilander B, Ronning O. **Introduction to Orthodontics.** 2nd edition, Goteborg, 1995.
25. Solow B. **The pattern of Craniofacial associations.** Acta odont Scand. Vol 24 Supplementum 46 Copenhagen 1966.
26. Gorlin RJ, Cohen MM, Levin LS. **Syndromes of the Head and Neck.** 3rd edition, Oxford University Press, Oxford, 1990.