



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

---

---

**DESARROLLO CRÁNEO-MAXILAR**

**T E S I N A**

**Que para obtener el Título de:**

**CIRUJANA DENTISTA**

***Presenta:***

**GEORGINA ARREGUÍN TORRES**

**DIRECTOR: DRA. SANTA PONCE BRAVO**

**ASESORES: CD. ISRAEL MORALES SÁNCHEZ  
CD. MANUEL GARCÍA LUNA Y GONZÁLEZ RUBIO**

*16/08/05  
Santa Ponce Bravo*

**MÉXICO, D.F.**

**2005**

*m. 342815*

## AGRADECIMIENTOS.

A la Facultad de Odontología, UNAM, por que me permitió ser parte de ella y darme el regalo más grande que tiene el ser humano la educación, así como la herramienta necesaria para la vida, una carrera profesional. Finalmente puedo decir que soy orgullosamente UNAM. " Como no te voy a querer...

A mis asesores en esta tesina la Dra. Santa Ponce Bravo y el CD. Israel Morales Sánchez, por su interés y conocimientos para realizar este proyecto, sobra de más mencionar que sin su valiosa ayuda no lo hubiera logrado. Pero sobre todo por su amabilidad, confianza y amistad brindada.

A mis hermanos Alma y Jorge Alberto que me han apoyado para poder terminar con este sueño, gracias por su comprensión, cariño y apoyo, (sobre todo por sus conocimientos en la computadora), los quiero muuucho. Gracias Iran por que cuando lo necesitaba aportaste ese amor y ternura que te caracteriza y te hace una personita muy especial.

A mi hermoso bebé, que aún siendo tan pequeñito es la persona más importante en mi vida, el cual me da ese impulso extra para lograr cada uno de mis sueños profesionales y personales. Por que eres la luz de mi vida que hace poner en movimiento mi mundo y sin saberlo y mucho menos pedirlo el acompañante perfecto de mi vida. Esperando que en un futuro este trabajo te aliente para lograr tus propias metas, pero sobre todo para que te sientas orgulloso de mí. Te amo con todo mi corazón.

A Rano por que siempre has estado presente en mis proyectos profesionales y personales, sin importar absolutamente nada. Gracias por tu comprensión, apoyo, amor y amistad tanto incondicional como interminable, durante tantos años, pero sobre todo gracias por el regalo más importante de mi vida (aranito). También a tu familia por tantos momentos agradables en mi vida.

A todos mis amigos de la Facultad por enseñarme lo que es tener una amistad verdadera y perdurable, por su confianza, cariño y apoyo de siempre, pero sobre todo por todos los ratos de diversión y felicidad que me hicieron pasar durante la carrera. A Ale por que como tu me lo mencionaste, gracias a tí se lo que es tener una verdadera amiga.

## DEDICATORIA.

Para las personas más importantes en mi vida:

Gracias por su amor incondicional y desmedido que siempre me han demostrado.

Gracias por el apoyo, confianza y aliento para todas las cosas que he emprendido en mi vida.

Gracias por sus sacrificios y desvelos hechos en mi nombre, los cuales muchas veces parecen incomprendidos pero son sumamente valorados.

Gracias por sus valores enseñados, los cuales me han dado la fortaleza para enfrentarme a la vida y cumplir mis metas.

Gracias por ser los padres perfectos que son. Este trabajo es para Ustedes como muestra de mi admiración y cariño, esperando que con este trabajo se sientan orgullosos de mí.

Por que no tengo otra forma de agradecerles por todo, más que con la culminación de este proyecto y la palabra gracias. Los amo con todo mi corazón. Gina.

iiiiiiiiGRACIAS!!!!!!!!!!

Jorge y Guadalupe.

# INDICE.

|   |    |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN . . . . .                                       | 1  |
| II. ANTECEDENTES . . . . .                                      | 3  |
| A. Embriología . . . . .  | 3  |
| 1. Fecundación . . . . .  | 3  |
| 2. Cigoto . . . . .   | 4  |
| B. Disco germinativo bilaminar . . . . .                        | 7  |
| C. Disco germinativo trilaminar . . . . .                       | 9  |
| 1. Gastrulación . . . . .                                       | 10 |
| 2. Capa Mesodérmica . . . . .                                   | 11 |
| 3. Capa Endodérmica . . . . .                                   | 12 |
| 4. Neurulación . . . . .  | 12 |
| 4.1 Segmentación del tubo neural . . . . .                      | 14 |
| 4.2 Factores de transcripción . . . . .                         | 16 |
| D. HOMEBOX . . . . .  | 18 |
| E. CRESTA NEURAL . . . . .                                      | 20 |
| 1. Cresta neural craneal . . . . .                              | 21 |
| 2. Familia de genes homeobox y cresta neural . . . . .          | 23 |
| F. DESARROLLO DE LA CABEZA Y CUELLO. . . . .                    | 25 |
| 1. Desarrollo inicial de la cabeza y cuello. . . . .            | 29 |
| 1.1 Cráneo . . . . .  | 29 |
| 1.1.1 Neurocráneo . . . . .                                     | 29 |
| 1.1.2 Viscerocráneo . . . . .                                   | 34 |
| 2. FORMACIÓN DE LOS ARCOS FARÍNGEOS Y SUS DERIVADOS . . . . .   | 35 |
| 2.1 Componentes de los arcos faríngeos . . . . .                | 37 |
| 2.1.1 Componentes esqueléticos de los arcos faríngeos . . . . . | 37 |
| 2.1.2 Componentes musculares de los arcos faríngeos . . . . .   | 38 |
| 2.1.3 Arterias de los arcos faríngeos . . . . .                 | 40 |
| 2.1.4 Nervios de los arcos faríngeos . . . . .                  | 41 |
| 3. PRIMER ARCO FARÍNGEO . . . . .                               | 43 |
| 4. SEGUNDO ARCO FARÍNGEO . . . . .                              | 44 |
| 5. TERCER ARCO FARÍNGEO . . . . .                               | 45 |
| 6. CUARTO Y SEXTO ARCO FARÍNGEO . . . . .                       | 45 |
| 7. BOLSAS Y HENDIDURAS FARÍNGEAS . . . . .                      | 47 |
| 7.1 Primera bolsa faríngea. . . . .                             | 48 |
| 7.2 Segunda bolsa faríngea . . . . .                            | 49 |
| 7.3 Tercera bolsa faríngea. . . . .                             | 49 |
| 7.4 Cuarta bolsa faríngea . . . . .                             | 50 |
| 7.5 Quinta bolsa faríngea . . . . .                             | 51 |
| 8. HENDIDURAS FARÍNGEAS . . . . .                               | 52 |
| G. FORMACIÓN DE LA CARA . . . . .                               | 53 |
| H. DESARROLLO DE LA LENGUA . . . . .                            | 57 |
| 1. Papilas gustativas . . . . .                                 | 58 |
| I. DESARROLLO DEL PALADAR . . . . .                             | 60 |
| III. CONCLUSIONES . . . . .                                     | 64 |
| IV. BIBLIOGRAFÍA . . . . .                                      | 67 |

## I. INTRODUCCIÓN.

El conocer y comprender todos los pasos a través de los cuales poco a poco se va dando el desarrollo del embrión, permite explicarnos los fenómenos que se presentan ante un factor teratogénico y contar de esta manera con parámetros de comparación.

El Cirujano Dentista no está exento del estudio de esta área, por ello es menester el comprender y conocer los principios básicos-clínicos, para poder evaluar los factores hereditarios, genéticos y medioambientales, que influyen en la gametogénesis, histogénesis y organogénesis del embrión o feto en desarrollo.

Por lo tanto el Odontólogo tendrá la capacidad de valorar su papel dentro del área de la salud, ya que se encuentra involucrado en el estudio de las malformaciones cráneo-faciales con la finalidad de modificar, restaurar y reconstituir la morfología facial, de tal manera que el paciente recupere su salud, no sólo con fines estéticos, sino de manera integral que le devuelva la autoestima.

Debemos evaluar y considerar la tendencia de los tejidos y órganos de las diferentes regiones de la cara, cabeza y cuello, para mantener un equilibrio por zonas a medida que el embrión, feto neonato e infante va creciendo, y sus tejidos y órganos van madurando y diferenciándose.

El profesional de la Odontología interesado en los procesos de crecimiento y desarrollo craneofaciales, debe hacerse varias preguntas relacionadas con los tejidos embrionarios (ectodermo, endodermo y mesodermo), así como los arcos faríngeos, que darán origen a los tejidos especializados que son de suma importancia para el Cirujano Dentista u otro especialista de la Odontología. Las preguntas pueden ser: ¿Qué diferencia existe entre las células mesénquimatosas que dan origen al hueso y las que dan origen al

cartilago?, ¿Cuál es el origen embriológico de la mandíbula, maxilar, huesecillos del oído medio, huesos planos de la bóveda craneal?, ¿Qué factores genéticos, epigénicos, hormonales y mecánicos, influyen en los procesos de crecimiento y diferenciación de las diferentes estructuras cráneo-faciales?

Por lo antes expuesto, podemos percatarnos de la imperiosa necesidad de profundizar en el estudio individual de diversos aspectos embriológicos, histofisiológicos, pero con miras a interrelacionarlos, no sólo con un propósito o tendencia biológica pura, sino darle utilidad clínica a toda esta gama de conocimientos.

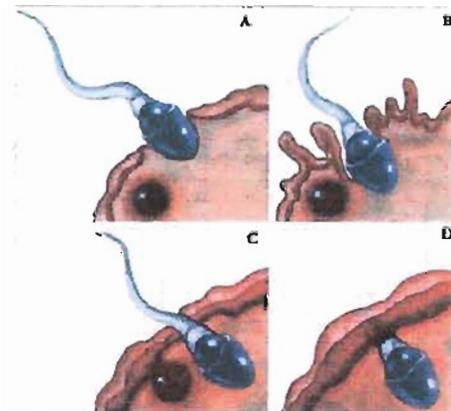
## II. ANTECEDENTES

### A. EMBRIOLOGÍA.

#### 1. Fecundación

El desarrollo humano comienza después de la unión de los gametos masculino y femenino, o células germinales durante el proceso conocido como **fecundación**. La cual ocurre en forma normal en la ampolla de la tuba uterina, en las primeras 24 horas después de la ovulación. <sup>(1)</sup>

La fecundación es una interacción compleja entre el espermatozoide y el ovocito. El núcleo del espermatozoide penetra en el ovocito, este completa la meiosis y los cromosomas de ambos gametos maduros se combinan. Fig.1 <sup>(2)</sup>



**Fig.1. A. La cabeza del espermatozoide se apoya en la membrana del óvulo. B. El espermatozoide comienza a introducirse en el interior del óvulo. C. El óvulo forma una nueva membrana para impedir la fecundación por otro espermatozoide. D. La cola del espermatozoide se desprende.** (Tomado de: [www.araucaria2000.d/sreproductor/sreproductor.htm](http://www.araucaria2000.d/sreproductor/sreproductor.htm).) <sup>(3)</sup>

## 2. Cigoto.

Posterior a la fecundación, el embrión contiene un conjunto diploide de cromosomas y una cantidad de ADN  $2n$ , a partir de ese momento al ovocito fecundado se le denomina **cigoto**. El cigoto es una célula diploide grande, principio o primordio de un ser humano. Por lo consiguiente la fecundación es una secuencia de hechos que se inicia con el contacto de un espermatozoide (espermatozoo) y el óvulo (ocito secundario). El proceso termina con la fusión de los **pronúcleos** (el núcleo haploide del espermatozoide y del óvulo y la combinación de los cromosomas para formar una nueva célula) Fig. 2 (1)



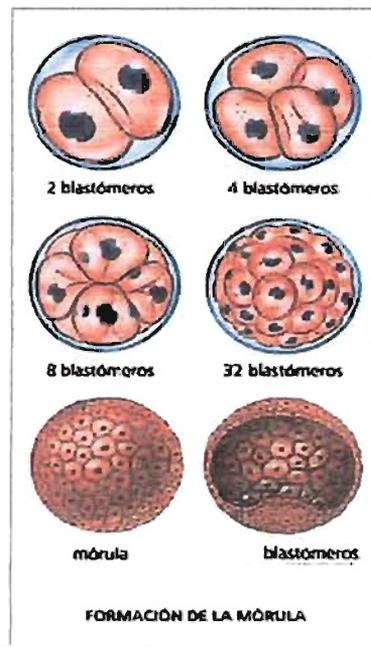
**FIG.2. Esquema de un cigoto (Tomado de: [www.diariomedico.com/ginecologia/n260101.html](http://www.diariomedico.com/ginecologia/n260101.html) )<sup>(4)</sup>**

Los resultados de la fecundación son los siguientes:

1. Restauración del número diploide (46) cromosomas.
2. Determinación del sexo cromosómico del embrión.
3. Variación de la especie humana (debido a la nueva combinación de cromosomas).
4. Iniciación de la segmentación (división mitótica del cigoto en blastómeras) <sup>(1)</sup>

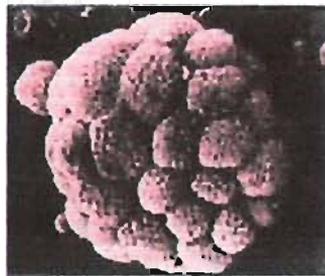
Durante los primeros días del desarrollo, el cigoto desciende por la trompa y experimenta **segmentación**. La segmentación es una serie de divisiones mitóticas rápidas, las cuales hacen que el cigoto se

subdivida sin aumentar de tamaño, pero sí en muchas células hijas llamadas **blastómeras** Fig.3 <sup>(2)</sup>



**FIG.3. Esquema de las fases de la segmentación, desde la etapa de 2 blastómeras hasta la formación de la mórula. (Tomado de: [www.alemana.d/seembarazo/ede00201.asp?HidRegla=Carlson,2000HidParto=+](http://www.alemana.d/seembarazo/ede00201.asp?HidRegla=Carlson,2000HidParto=+))<sup>(5)</sup>**

Estas blastómeras, se hacen más pequeñas en cada segmentación, después de varias de éstas en el estadio de 16 a 32 células, el embrión se parece a una pequeña mora, lo que le ha valido el nombre de **Mórula** (del latín, *morum*, mora) Fig.4 <sup>(2)</sup>



**FIG.4. Esquema de una mórula, en el estadio de 16 a 32 células (Tomado de: [www.alemana.d/seembarazo/ede00201.asp?HidRegla=Carlson,2000HidParto=+](http://www.alemana.d/seembarazo/ede00201.asp?HidRegla=Carlson,2000HidParto=+))<sup>(5)</sup>**

Cuando la mórula entra al útero, empieza a pasar líquido a través de la zona pelúcida hacia los espacios entre las blastómeras, de manera gradual, estos espacios confluyen y constituyen una cavidad grande, la cavidad del blastocisto. Tan pronto como esta cavidad es reconocible, el embrión en desarrollo se conoce como **blastocisto**.

Al aumentar la cantidad de líquido en la cavidad del blastocisto, las células se separan en dos partes, que comprenden (1) una capa celular externa aplanada (masa) **trofoblasto**, la cual da lugar a la parte embrionaria de la placenta; y (2) a un grupo de células localizadas en posición central que se denomina a la masa de células internas **embrioblasto** que corresponde al primordio del embrión Fig.5 <sup>(1)</sup>.



**FIG.5. Imagen de un blastocisto, junto con sus dos capas de células el trofoblasto y el embrioblasto. (Tomado de: [www.teimeds.org/AJIM/Aembrio/](http://www.teimeds.org/AJIM/Aembrio/))<sup>(6)</sup>**

El blastocisto se implanta en la pared uterina hacia el sexto día, iniciando el proceso de **implantación** <sup>(2)</sup>

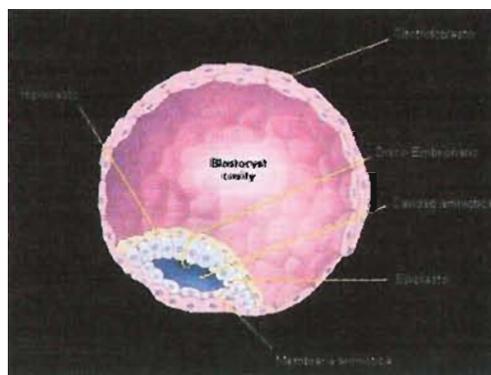
La región del trofoblasto unida se diferencia de inmediato en dos estratos, una capa celular interna, el **citotrofoblasto**, y una capa sincitial externa, el **sincitiotrofoblasto**.

## B. DISCO GERMINATIVO BILAMINAR.

La segunda semana de desarrollo embrionario, se caracteriza por la consumación de la implantación del blastocisto y el desarrollo subsiguiente del trofoblasto. <sup>(1)</sup>

Al comienzo de la segunda semana el blastocisto está parcialmente incluido en el estroma endometrial. El trofoblasto se diferencia en: a) una capa interna, de proliferación activa, el citotrofoblasto que forman la pared del blastocisto conservando sus membranas, y b) una capa externa, el sincitiotrofoblasto, que son células que proliferan y pierden su membranas celulares y se fusionan para formar un sincitio (una masa de de citoplasma que contiene numerosos núcleos dispersos), que ocasiona la erosión de los tejidos maternos. <sup>(7)</sup>

Justo antes de la implantación, la masa celular interna o embrioblasto se reorganiza en forma de epitelio (epiblasto) o ectodermo primario que se compone de células columnares altas contiguas a la cavidad amniótica, y una segunda capa (hipoblasto) o endodermo primario comienza a formarse debajo de ella, la cual son células cuboidales adyacentes a la cavidad del blastocisto, llamada ahora saco vitelino primario Fig.6 <sup>(8)</sup>



**Fig. 6. A los 8 días se ha formado la cavidad amniótica en el interior del epiblasto y algunas células epiblasticas comienzan a dar lugar a amnioblastos, que formarán la membrana amniótica. La implantación continúa y el sincitiotrofoblasto en crecimiento se expande para cubrir una mayor cantidad de blastocisto (Tomado de: [www.adofm.org.ar/revista.htm#1999](http://www.adofm.org.ar/revista.htm#1999))<sup>(9)</sup>**

En el séptimo día de desarrollo de un embrión, las células del macizo celular interno, empiezan a formar una población de células por polinvaginación (Hundimiento individual de un grupo de células que penetran en otro tejido), se colocan en la parte más profunda del macizo celular interno que constituye el hipoblasto el cual se diferenciará en el endodermo extraembrionario.

El epiblasto, que es la capa superficial, origina:

- El epitelio amniótico, que es *ectodermo extraembrionario*.
- Las células del *ectodermo embrionario*.

La línea primitiva, de la que derivan el mesodermo embrionario, el extraembrionario y el endodermo embrionario. <sup>(10)</sup>

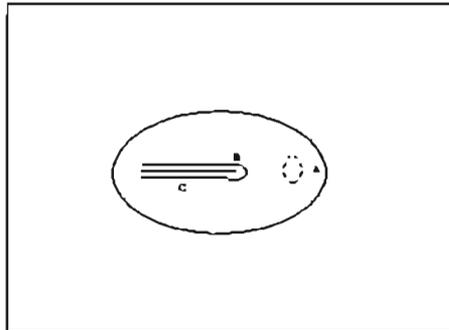
En el epiblasto se forma la cavidad amniótica por cavitación (aparición de un espacio entre las células que formaban estructuras sólidas), las células del hipoblasto que crecen más rápido dan lugar a la capa de revestimiento endodérmico del saco vitelino.

El mesodermo extraembrionario parece formarse en virtud de la transformación inicial de células endodérmicas parietales y de células que migran a través de la estría primaria. Algunas células del hipoblasto constituyen la placa precordial, que señala la posición de la región cefálica. El extremo contrario es la región caudal. En donde se localiza el hipoblasto, es la región ventral, y la dorsal corresponde a las células que están sobre el hipoblasto. <sup>(8, 10)</sup>

En la tercera semana de desarrollo los acontecimientos más importantes que tiene lugar son la gastrulación, formación del disco embrionario trilaminar, desarrollo de las somitas y del tubo neural. <sup>(2)</sup>

## C. DISCO GERMINATIVO TRILAMINAR.

Al inicio de la 3ª semana, en el epiblasto del disco embrionario, las células que formarán el mesodermo y el endodermo embrionario convergen (las células migran para reunirse en un punto determinado) para integrar la línea primitiva, que es un montículo con forma de cerillo, cuya cabeza se denomina nódulo de Hensen o nódulo primitivo. Este nódulo origina la notocorda, mesodermo axial o notocordal. Fig. 7. <sup>(10)</sup>

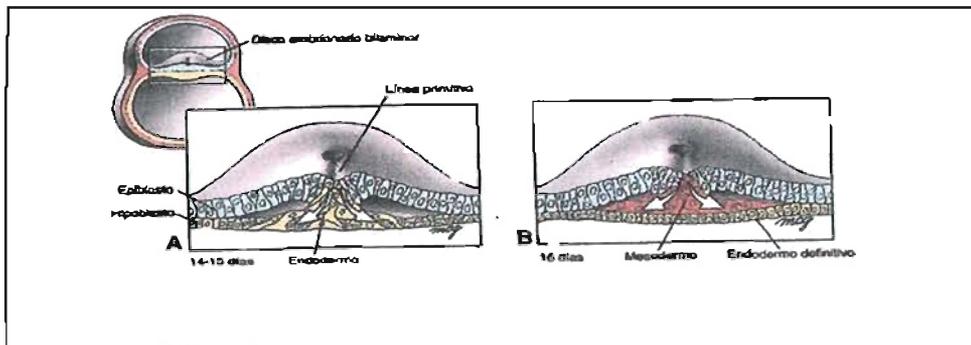


**Fig. 7. A. Membrana bucofaríngea. B. Nódulo primitivo o de Hensen. C. Línea primitiva. La línea primitiva y el nódulo primitivo se forman a lo largo de la línea media caudal al disco embrionario bilaminar (Tomado de: Larsen, 2003, pp. 54)**

El nódulo primitivo, localizado en el extremo craneal de la estría primitiva, es la fuente de las células que darán lugar a la notocorda. También funciona como el organizador o inductor primario del futuro sistema nervioso.

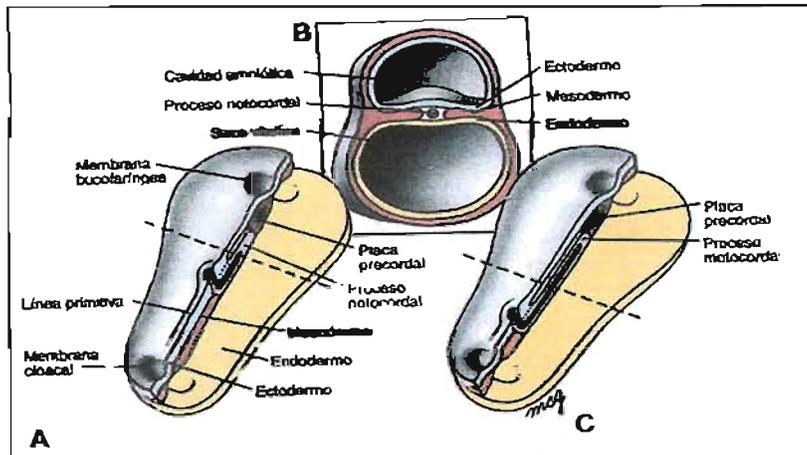
# 1. GASTRULACIÓN

Durante la **gastrulación**, se forma la **estría primitiva** en el epiblasto en el extremo caudal del embrión bilaminar, las células epiblasticas penetran a lo largo de la estría primitiva, las primeras células que lo hacen sustituyen al hipoblasto y dan lugar al **endodermo definitivo**, las células que penetran después emigran entre el epiblasto y el endodermo para formar el **mesodermo**. Fig. 8. <sup>(2)</sup>



**Fig. 8. Discos embrionarios cortados a través de la región de la línea primitiva, mostrando la gastrulación. A. En los días 14 y 15, las células epiblasticas penetran y sustituyen al hipoblasto para formar el endodermo definitivo. B. El epiblasto que penetra en el décimo decimosexto día emigra entre el endodermo y el epiblasto para formar el mesodermo intraembrionario. (Tomado de: Larsen, 2003, pp. 56)**

Una vez formados, el mesodermo intraembrionario y el endodermo definitivo, el epiblasto recibe un nuevo nombre que es **ectodermo**. Por lo tanto, las tres capas definitivas del disco embrionario trilaminar, el ectodermo, el mesodermo y el endodermo definitivo, derivan en su totalidad del epiblasto. Fig.9. <sup>(2, 8, 11)</sup>



**Fig. 9 Formación del proceso notocordal y del mesodermo de la placa precordal. A, C, Estadios que muestran el crecimiento en sentido caudal del proceso notocordal hueco, a partir de las paredes de la fosita notocordal y de la línea primitiva a medida que el embrión crece. Puede apreciarse asimismo la fusión del ectodermo y el endodermo en las membranas bucofaringeas y cloacal. B, Corte transversal del disco embrionario a la altura indicada por la línea discontinua (Tomado de: Larsen, 2003, pp. 58)**

Del ectodermo deriva el epitelio superficial, el neuroepitelio del sistema nervioso central y el neuroectodermo de las crestas neurales. La hoja germinativa ectodérmica da origen a los órganos y estructuras que mantiene el contacto con el mundo exterior: a) sistema nervioso central; b) sistema nervioso periférico; c) epitelio sensorial del oído, nariz y ojo; d) piel, incluso el pelo y las uñas, y e) la hipófisis, la glándula mamaria y las glándulas sudoríparas y el esmalte de los dientes. (2, 7, 11)

## 2. CAPA MESODÉRMICA

Los componentes más importantes de la hoja germinativa mesodérmica son el mesodermo **paraaxial**, **intermedio** y de la **lámina lateral**. El mesodermo paraaxial forma **somitómeros**, que se

forman a lo largo del nódulo primitivo a medida que éste regresa hacia el extremo caudal del embrión que darán origen al mesénquima de la cabeza y se organizarán en somitas en los segmentos occipital y caudal. Las *somitas* dan origen al **miotoma** (tejido muscular), al **esclerotoma** (cartílago y hueso) y al **dermatoma** (tejido subcutáneo de la piel), todos ellos tejidos de sostén del organismo. Cada miotoma y dermatoma tiene también su propio componente nervioso segmentario. Asimismo, el mesodermo da origen al sistema vascular, es decir, al corazón, las arterias, venas, vasos linfáticos y todas las células sanguíneas y linfáticas. Además, origina el sistema urogenital: riñones, gónadas y sus conductos (con excepción de la vejiga). Por último, el bazo y la corteza de las glándulas suprarrenales. <sup>(7)</sup>

### 3. CAPA ENDODÉRMICA

El endodermo embrionario, que se continúa con las paredes del saco vitelino, proporciona el revestimiento epitelial del tracto gastrointestinal, el aparato respiratorio y la vejiga. Forma además el parénquima de la glándula tiroides, paratiroides, hígado y páncreas. Por último, el revestimiento epitelial de la cavidad del tímpano y de la tuba auditiva es un tejido de origen endodérmico. <sup>(7)</sup>

### 4. NEURULACIÓN

El proceso de formación de la placa neural, pliegues neurales y tubo neural, se denomina **neurulación**. <sup>(1, 11)</sup>

Uno de los acontecimientos más importantes es la conversión de la placa neural en el tubo neural, la cual comienza en el saco vigésimo segundo día al nivel de los primeros cinco somitas, mediante un proceso de plegamiento denominado neurulación. <sup>(2)</sup>

La primera de las cuatro etapas principales en la formación del tubo neural es la transformación del ectodermo embrionario indiferenciado en una **placa neural** engrosada. La principal actividad de la segunda etapa es la remodelación de los contornos globales de la placa neural de forma que se hace más estrecha y larga. El moldeamiento de la placa neural se logra en gran medida por cambios regionales específicos en la forma de las células neuroepiteliales y mediante la reorganización de las relaciones y uniones entre las células.

La tercera etapa principal en el proceso de la neurulación es el plegamiento lateral de la placa neural, cuyo resultado es la elevación de cada lado de la placa neural a lo largo de un **surco neural** localizado en la línea media.

La cuarta etapa en la formación del tubo neural consiste en la aposición de las dos superficies apicales más laterales de los pliegues neurales, su fusión, y la separación completa del **tubo neural** del ectodermo suprayacente. Al mismo tiempo, las células de la **cresta neural** comienzan a separarse del tubo neural.

El cierre del tubo neural comienza casi a mitad de camino en la longitud craneocaudal del sistema nervioso del embrión de 21 a 22 días de edad. Fig. 10. <sup>(2, 8)</sup>

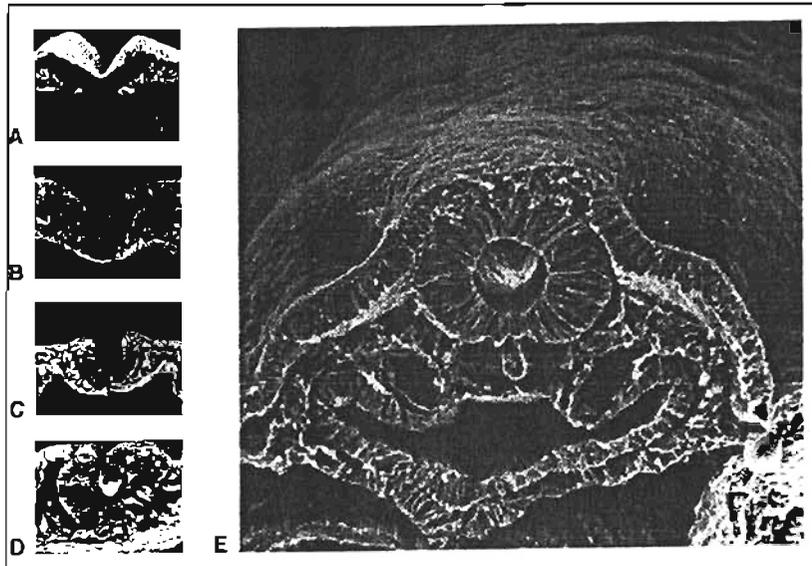


FIG. 10. Neurulación. A-C, La neurulación comienza en la región occipitocervical, a medida que la placa neural se descompone en pliegues neurales. D, Los bordes laterales de los pliegues neurales se unen en la línea media, donde se fusionan al mismo tiempo que se desprenden del ectodermo de superficie. D, E, Estos bordes desprendidos del ectodermo de superficie se fusionan entre sí para cerrar por completo el tubo neural. (Tomada de: Larsen, 2003, pp. 63)

#### 4.1. Segmentación del tubo neural.

Poco después de que el tubo neural ha tomado forma es posible distinguir entre la región del futuro encéfalo y el resto de la médula espinal.

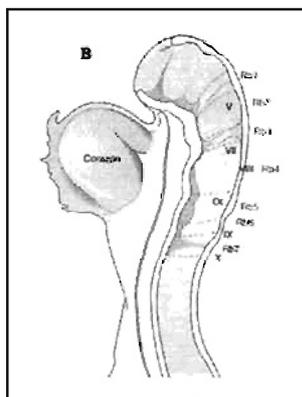
En dirección craneal, el tubo neural se subdivide en un encéfalo primitivo de tres partes que son el **proencéfalo**, el **mesencéfalo** y el **romboencéfalo**. La parte caudal del encéfalo primitivo también se subdivide en segmentos llamados *neurómeros* de los cuales los rombómeros son los más prominentes. En los rombómeros se expresan genes *homeobox* específicos en un orden regular.

Hay otro nivel de segmentación que se sobrepone a la organización morfológica macroscópica tradicional del encéfalo en desarrollo.

Desde hace más de 150 años, algunos investigadores han descrito unos segmentos regulares, que solo son visibles en forma transitoria y se les conoce como **neurómeros**, en las regiones del tubo neural de las cuales surge el rombencéfalo, pero solo hace poco tiempo se ha apreciado su importancia en el embrión humano, los neurómeros (a menudo llamados rombómeros) pueden observarse en el rombencéfalo desde comienzos de la cuarta semana hasta finales de la quinta.

Son centros de proliferación celular individual y localizados en el rombencéfalo dan lugar a los rombómeros.

Durante su breve existencia, los rombómeros sirven de base para la organización fundamental del rombencéfalo. En el adulto, la organización segmentada de los rombómeros se manifiesta en el origen rombomérico específico de muchos de los pares craneales y las partes de la formación reticular en el interior del tronco del encéfalo. Fig. 11. (8, 11)



**Fig. 11. Neurómeros en el encéfalo de un embrión humano de 24 días de edad. Ot: vesícula óptica, Rb: rombómeros (neurómeros del rombencéfalo). Los números romanos corresponde a los nervios craneales; los números arábigos corresponden a los somitas. (Tomada de: Carlson, 2000, pp. 89)**

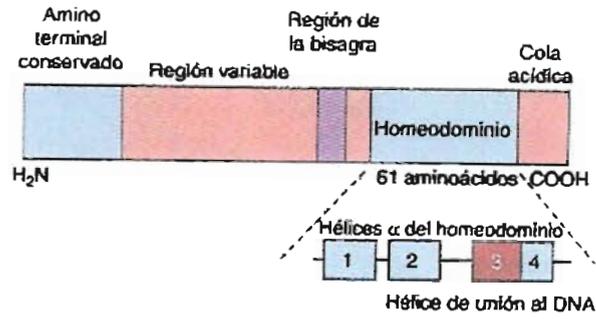
Desde el punto de vista funcional, muchas de las moléculas importantes que guían el desarrollo embrionario pueden agruparse en un número relativamente pequeño de categorías como lo son los factores de transcripción, los cuales son proteínas poseedoras de dominios que se fijan al DNA de las regiones promotoras o intensificadoras de genes específicos. También poseen un dominio que interactúan con la polimerasa II del RNA u otros factores de transcripción y, en consecuencia, regulan la cantidad de ácido ribonucleico mensajero que el gen produce. <sup>(8, 11)</sup>

#### 4.2. Factores de transcripción.

Muchas familias de moléculas actúan como factores de transcripción. Algunos de ellos son generales y se encuentran en prácticamente todas las células de un organismo.

Por lo general, los factores de transcripción específicos son muy importantes en la iniciación de los patrones de expresión genética que redundan en cambios esenciales para el desarrollo.

Una clase de factores de transcripción es la proteína básica **hélice-dobles-hélice** (helix-loop-helix) que contiene una corta sección de aminoácidos en los cuales dos hélices alfa están separadas por asa de aminoácidos. Esta región, con una región básica adyacente, permite que la proteína reguladora se fije a secuencias específicas de DNA. Fig. 12. <sup>(8, 12)</sup>



**Fig. 12. Estructura de una proteína típica de un homeodominio. (Tomado de: Carlson, 2000, pp. 81)**

## D. HOMEBOX.

Uno de los factores de transcripción está representado por las **proteínas de homeodominio**, éstas contienen un homeodominio muy conservado de 61 aminoácidos, que es un tipo de región hélice-asa-hélice. Los 18 nucleótidos que codifican al homeodominio reciben el nombre colectivo de **homeobox**.

Los seres humanos poseen al menos 3 Carlson, 2000 genes Homeobox homólogos (que en los vertebrados se llaman genes Hox), que se encuentran en cuatro regiones en cuatro cromosomas diferentes. Los genes Hox de los cuatro cromosomas de los mamíferos se organizan en 13 grupos parálogos.

Los genes Hox de los vertebrados están fuertemente implicados en la segmentación craneocaudal del cuerpo, y su expresión espaciotemporal procede de acuerdo con algunas reglas de notoria regularidad.

Los sucesos moleculares que tienen lugar tanto corriente arriba como corriente abajo en el flujo de la expresión de los genes Hox aún no se conoce del todo, pero el **factor de crecimiento de los fibroblastos (FGF)** puede causar una activación selectiva de los genes posteriores que contienen Homeobox, mientras que el **factor  $\beta$  de transformación del crecimiento (TGF- $\beta$ )** puede activar de forma selectiva a los genes Hox anteriores. Fig. 13. <sup>(8, 12)</sup>

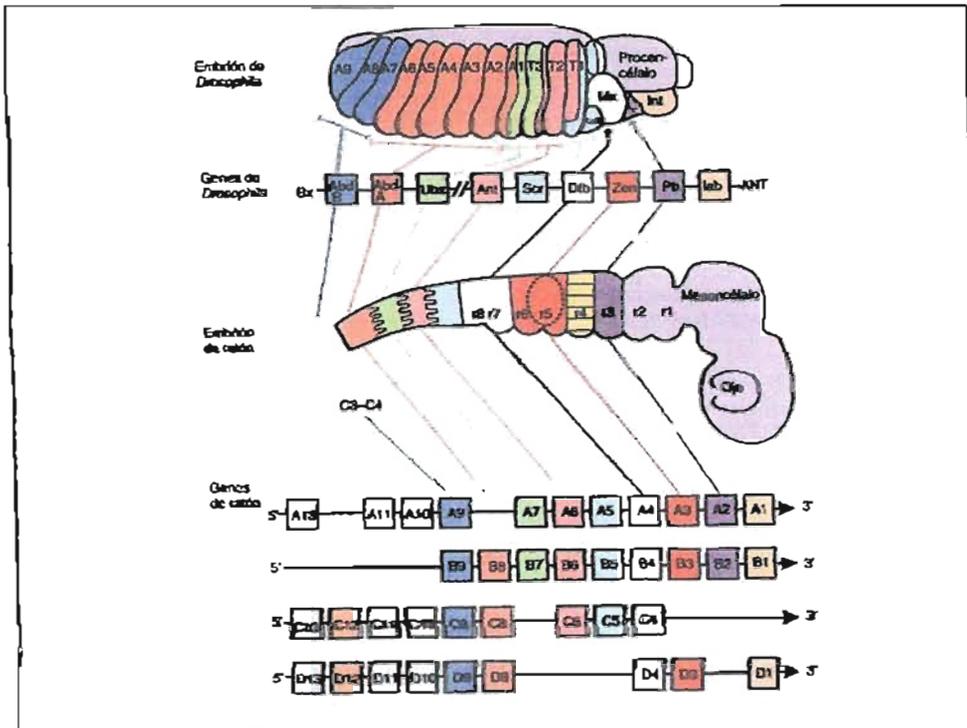


Fig.13. Alineamiento de los cuatro complejos Hox de los vertebrados con el complejo homeótico de *Drosophila*. (Tomada de: Larsen, 2003, pp. 68)

## **E. CRESTA NEURAL.**

Otro proceso importante dentro de la etapa de neurulación y mucho más importante dentro del desarrollo craneofacial es la formación o migración de las células de la cresta neural.

La cresta neural es una población especial de células que surge a lo largo de los bordes laterales de los pliegues neurales.

Durante la neurulación, estas células se separan de la placa neural y emigran a muchas localizaciones específicas del organismo, en las que se diferencian en una notable variedad de estructuras.

Las células de la cresta neural se diferencian primero en la zona mesencefálica del futuro encéfalo, comienzan a separarse y migran antes de que se cierre el neuroporo craneal, incluso mientras que los pliegues neurales están aún ampliamente abiertos.

En la porción de la médula espinal del tubo neural, las células de la cresta neural se separan a medida que los labios laterales del tubo neural se fusionan. Fig. 14. <sup>(2, 8, 11)</sup>

La separación y la migración de las células de la cresta neural se produce en forma de oleada craneocaudal, desde el mesencéfalo al extremo caudal del tubo neural espinal.

Cuando las células de la cresta neural migran desde los pliegues neurales, viajan a través del espacio situado inmediatamente por debajo del ectodermo, y en el interior del laxo mesodermo o mesénquima de la cabeza y el cuello. <sup>(2)</sup>



**FIG.14. macrofotografía electrónica de barrido de un embrión de pollo en que se muestra la migración de las células de la cresta neural (flecha) desde el tubo neural (NT). N: Notocorda, S: somita. (Tomado de: Carlson, 2000, pp. 256)**

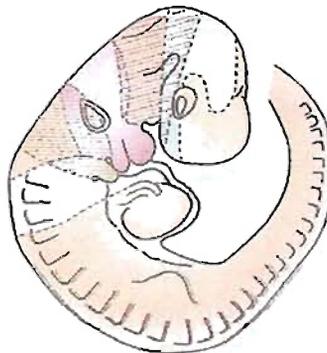
Las células de la cresta neural acaban por diferenciarse en una gran variedad de estructuras adultas; uno de los principales interrogantes en la biología de la cresta neural es que controla tal diferenciación, a este respecto se han propuesto dos hipótesis pero cada vez hay más evidencias que muestran una correlación entre el momento de inicio de la migración de las células de la cresta del tubo neural y su desarrollo potencial. Las células que primero comienzan a migrar tienen el potencial de diferenciarse en muchos tipos diversos de células. En cambio las que comienzan su migración más tarde sólo pueden dar lugar a derivados característicos más dorsales. Por lo que se puede considerar dos tipos de células de la **cresta neural las del tronco y la craneal** <sup>(8, 11)</sup>.

### 1. Cresta neural craneal.

La cresta neural craneal es uno de los principales componentes del polo cefálico del embrión. Las investigaciones de anatomía y desarrollo comparado sugieren que la cresta neural craneal puede

presentar el principal sustrato morfológico en la evolución de la cabeza de los vertebrados.

Debido a la distribución de las primitivas células mesénquimatosas y de las moléculas de la matriz extracelular en la cabeza del mamífero, las células de la cresta neural migran en corrientes difusas a través del mesénquima craneal para alcanzar su destino final. Fig. 15 <sup>(2, 8)</sup>



**Fig. 15 Principales rutas de la cresta neural craneal en el mamífero. (Tomado de: Carlson, 2000, pp. 261)**

Hay una especificidad muy marcada en la relación existente entre los orígenes de la cresta neural en el rombencéfalo, su destino final dentro de los arcos faríngeos y la expresión de ciertos productos de los genes.

La cresta neural asociada con el rombómero 2 migra hacia el primer arco faríngeo y forma su masa. La del rombómero 4 va al segundo arco y la del rombómero 6 al tercero. Las células de la cresta neural no parecen migrar directamente en dirección lateral de los rombómeros 3 y 5, según algunos investigadores estas células no se

forman en los rombómeros 3 y 5, o si lo hacen sufren luego apoptosis. Fig. 16.

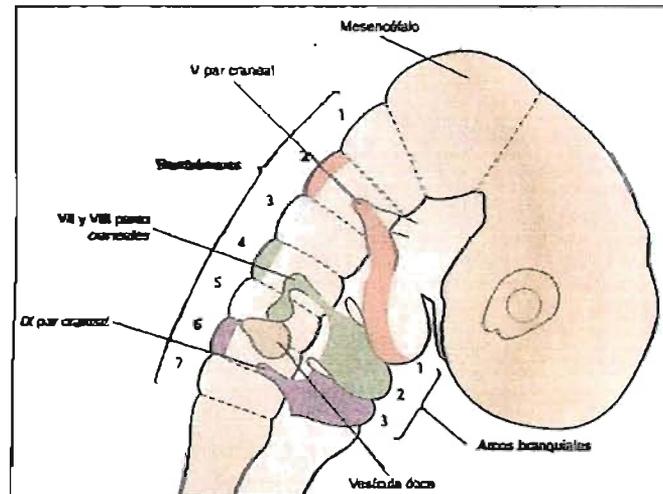
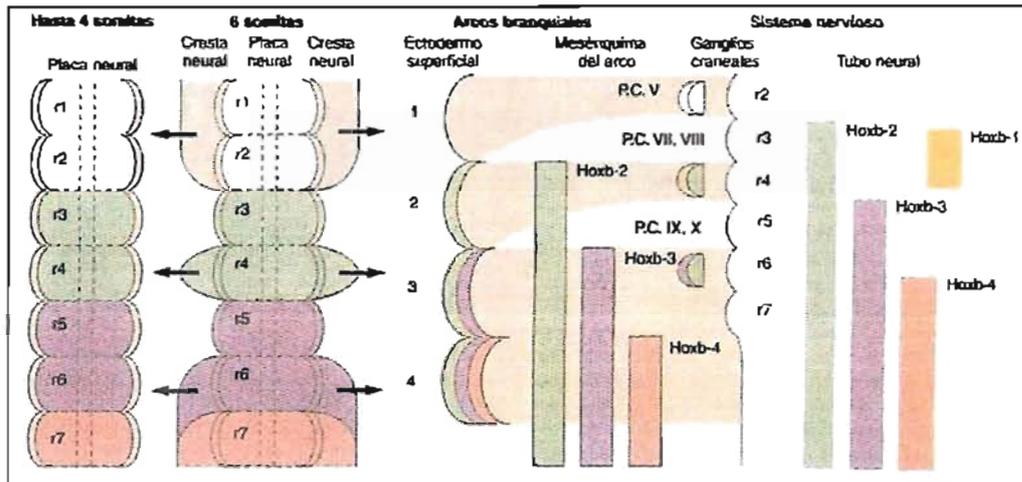


Fig. 16. Vías migratorias de las células de la cresta neural desde los rombómeros 2, 4 y 6 hacia el interior de los tres primeros arcos branquiales. (Tomada de: Carlson, 2000, pp. 262)

## 2. Familia de genes homeobox y cresta neural.

Existe una estrecha correlación entre el patrón de migración de las células romboméricas de la cresta neural y la expresión de productos del complejo de los genes *Hoxb*. Los productos de **Hoxb-2**, **Hoxb-3** y **Hoxb-4** se expresan según una secuencia regular tanto en el tubo neural como en el mesénquima de los arcos faríngeos 2,3 y 4 derivados de la cresta neural. El *Hoxb* se expresa después de que los arcos faríngeos se han poblado con células de la cresta neural, el ectodermo que los cubre expresa un patrón similar de los productos de los genes *Hoxb*. Estos genes *Hoxb* intervienen en la especificación de la posición de las células de la cresta neural con los cuales están asociados. Fig. 17<sup>(8, 12)</sup>.

Las células de la cresta neural de las regiones del mesencéfalo y el rombencéfalo también producen estructuras en los arcos faríngeos en desarrollo de la cabeza y el cuello. Entre estas estructuras se encuentran los esbozos cartilagosos de varios huesos de la nariz, la cara, el oído medio y el cuello



**Fig. 17.** Diseminación de la expresión de los genes Hox desde la placa neural (izquierda) hasta la cresta neural en proceso de migración (centro) y hasta los tejidos de los arcos faríngeos (derecha). Las flechas en el centro del diagrama indican las direcciones de la migración de la cresta neural. P. C.: par craneal, r: rombómero. (Tomada de: Carlson, 2000, pp. 262)

Las células de la cresta del mesencéfalo y el rombencéfalo constituyen la dermis, el músculo liso y el tejido adiposo de la cara y de la porción ventral del cuello y los odontoblastos de los dientes en desarrollo. Fig. 18 <sup>(2)</sup>

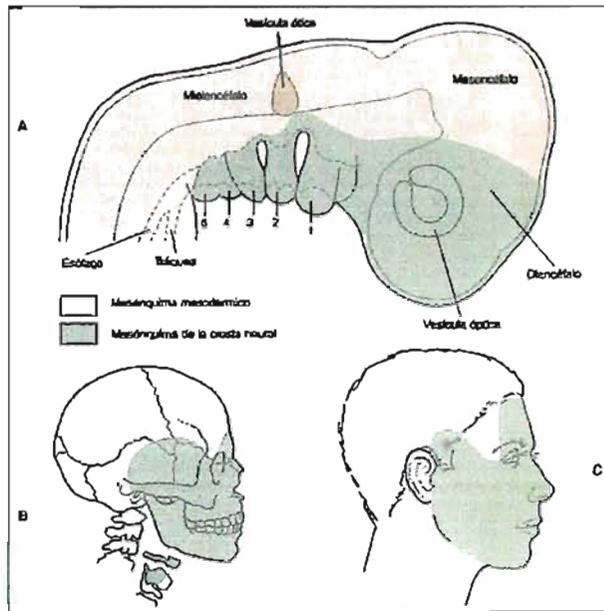
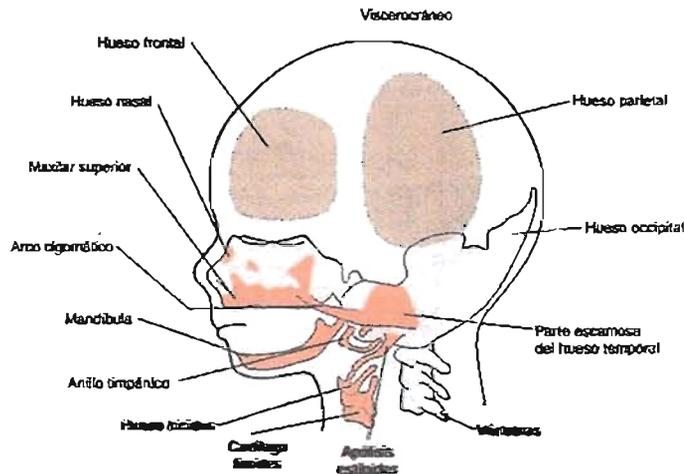


Fig.18. Distribución de la cresta neural en la cara y el cuello humanos. A. En el embrión incipiente, B. y C: en el esqueleto y la dermis del adulto. (Tomada de: Carlson, 2000, pp. 264).

## F. DESARROLLO DE LA CABEZA Y CUELLO.

La región craneal de los primeros vertebrados constaba de dos componentes principales: 1) un **condrocráneo** asociado con el cerebro y los principales órganos de los sentidos (nariz, ojo, oído) y 2) un **viscerocráneo** y una serie de arcos faríngeos asociados con la región oral y faríngea Fig. 19 <sup>(8, 13)</sup>.



**Fig. 19. Cabeza fetal humana en la cual se muestra la organización de los principales componentes del cráneo de los vertebrados. El condrocráneo (verde), y el viscerocráneo (naranja) y el desmocráneo (marrón). (Tomada de: Carlson, 2000, pp. 293)**

El mesénquima que interviene en la formación de la región de la cabeza se deriva del mesodermo paraaxial y de la lámina lateral, así como de la cresta neural y porciones engrosadas del ectodermo (placodas ectodérmicas).

El mesodermo paraaxial (somitas y somitómeras) forma el piso de la caja craneana y una pequeña porción de la región occipital, todos los músculos voluntarios de la región craneofacial, la dermis y tejido conjuntivo de la región dorsal de la cabeza, y las meninges que se encuentran en relación caudal con el prosencéfalo. <sup>(7)</sup>

El mesodermo de la lámina lateral forma los cartílagos laríngeos (aritenoides y cricoides) y el tejido conjuntivo de esta región.

Es importante remarcar que en el desarrollo de los arcos faríngeos las células de la cresta neural (neuroectodermo de las regiones prosencefálicas, mesencefálica y del cerebro posterior) emigran en

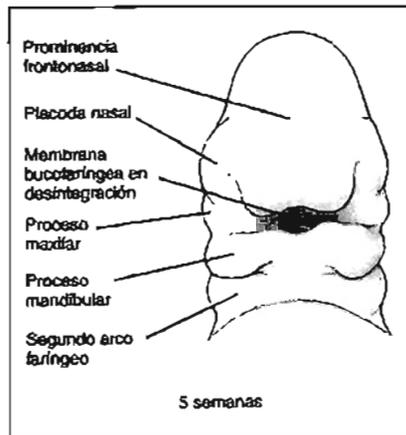
dirección ventral hacia ellos y en dirección rostral alrededor del prosencéfalo y la cúpula óptica hacia la región facial.

Las células de las placodas ectodérmicas, junto con las de la cresta neural, forman las neuronas de los ganglios sensitivos craneales V, VII, IX y X.

La característica más típica del desarrollo de la cabeza y el cuello es la formación de arcos faríngeos en la 4ª. y 5ª. semana de desarrollo intrauterino. Las cuales están constituidos por bandas de tejido mesenquimático separados por profundos surcos, denominados hendiduras faríngeas, aparecen también cierto número de evaginaciones, las bolsas faríngeas, a lo largo de las paredes laterales del intestino faríngeo. (7, 13)

Hacia el final de la 4ª. semana, el centro de la cara está formado por el estomodeo. Cuando el embrión tiene 4 semanas y media de edad pueden identificarse cinco formaciones mesenquimáticas:

1. **Procesos mandibulares** (primer arco faríngeo), que pueden distinguirse caudalmente en relación con el estomodeo.
2. **Procesos maxilares** (porción dorsal del primer arco faríngeo) lateralmente al estomodeo.
3. **Prominencia frontonasal**, se encuentra en situación craneal con respecto al estomodeo.
4. **Procesos nasales**, que marcan el final de la formación de la cara. Fig. 20



**Fig. 20. Origen del rostro y de la boca en el ser humano. La cara deriva de los cinco esbozos que aparecen en la quinta semana: la prominencia frontonasal, los dos procesos maxilares y los dos procesos mandibulares. La membrana bucofaringea se rompe para formar la apertura de la cavidad oral (Tomada de: Larsen, 2003, pp. 367)**

Las diferencias que existen entre la parte rostral de la cabeza y la región faríngea son:

1. La región faríngea y el romboencéfalo muestra una gran segmentación, mientras que en el prosencéfalo y la parte rostral es menos evidente.
2. La segmentación estructural de la región faríngea se asocia con patrones segmentarios complejos en la expresión de los genes.
3. La formación del prosencéfalo y de las estructuras asociadas de la parte rostral de la cabeza depende de la acción de genes específicos (*Lim-1*, *Emx-1*, *Emx-2*, *Otx-1* y *Otx-2*) y con señales inductivas del mesodermo procordal.
4. Gran parte del tejido conjuntivo y el esqueleto de la parte rostral deriva de la cresta neural, las cuales también son importantes contribuyentes en la parte ventral de la región faríngea. <sup>(8)</sup>

## 1. Desarrollo inicial de la cabeza y cuello.

La cefalización comienza con el rápido crecimiento del extremo rostral de la placa neural. Por debajo del cerebro, la cara –que adquiere su forma durante la embriogénesis- está representada por el **estomodeo**. El cual está separado del intestino primitivo por la **membrana bucofaringea**. El estomodeo está rodeado por varios relieves de tejido que forman las estructuras que constituirán la cara.  
(8)

### 1.1. Cráneo.

El cráneo es una estructura compleja que consta de dos subdivisiones principales: el **neurocráneo**, que rodea al cerebro, y el **viscerocráneo**, que rodea a la cavidad oral, la faringe y las vías aéreas superiores.

Cada una de estas subdivisiones a su vez consta de dos componentes: uno en el cual los huesos individuales están representados al comienzo por modelos cartilagosos hialinos que más adelante son reemplazados por hueso mediante la osificación endocondral, y otro en el cual el hueso surge directamente por osificación del mesénquima Fig. 21 <sup>(8, 13)</sup>

#### 1.1.1. Neurocráneo.

El neurocráneo se divide en dos partes: a) la **porción membranosa** formada por los huesos planos, que rodean al cerebro como una bóveda, y b) la **porción cartilaginosa o condrocráneo**, que forma los huesos de la base del cráneo.

En el neurocráneo membranoso los lados y el techo del cráneo se desarrollan a partir de las células de la cresta neural, salvo la región occipital y las partes posteriores de la cápsula ótica que se origina del mesodermo paraaxial (7, 13)

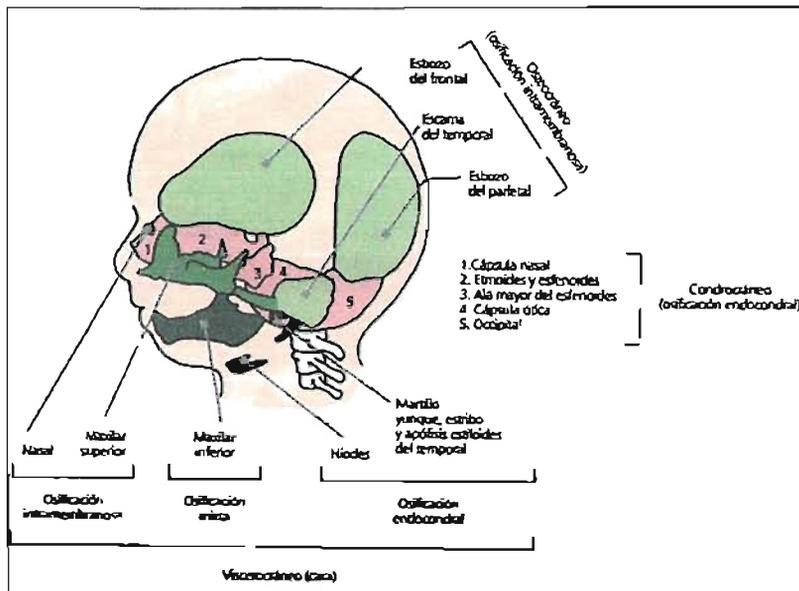


Fig. 21 Cráneo y cara de feto de 20 semanas, se indica el tipo de osificación. (Tomado de: Gómez de Ferraris, 2002)

El mesénquima de estos orígenes reviste el cerebro y pasa por el proceso de *osificación membranosa*.

Durante el crecimiento en la vida fetal y período postnatal los huesos membranosos aumentan de volumen por aposición de nuevas capas sobre su superficie externa, y por resorción osteoclástica simultánea que tiene lugar desde el interior.

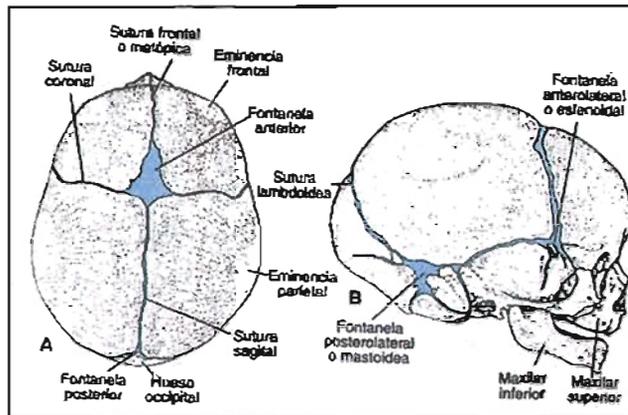
Prácticamente todos los huesos del neurocráneo son el producto de una influencia inductiva de una estructura epitelial sobre el mesénquima vecino, las cuales están mediadas por factores de crecimiento y la matriz extracelular (7, 8, 13).

Los estudios inmunocitoquímicos han demostrado la aparición transitoria de **colágeno de tipo II** y de **proteoglicano específico de cartílago**. Hay pruebas fehacientes de que elementos epiteliales de la cabeza no sólo inducen el esqueleto, sino que también controlan su morfogénesis.

Los elementos del neurocráneo membranoso (los huesos pares parietales y frontales y la parte interparietal del occipital) surgen como cúmulos planos, similares a placas, de espículas óseas (trabéculas) del mesénquima que ha sido inducido por partes específicas del cerebro en desarrollo. <sup>(8)</sup>

Los huesos planos del cráneo están separados entre sí por surcos angostos de tejido conjuntivo que constituyen a **las suturas**, las cuales también derivan de la cresta neural.

En aquellos sitios en donde se encuentran más de dos huesos, las suturas son más anchas y se denominan **fontanelas**. La más prominente es la fontanela anterior, localizada en la intersección del frontal y los dos parietales, y la fontanela posterior está localizada en la intersección de los dos parietales y el occipital Fig. 22 <sup>(7, 8, 13)</sup>



**Fig. 22** Cráneo de un neonato, visto por arriba (A) y por el lado derecho. Obsérvese las fontanelas anterior y posterior y las suturas. La fontanela posterior se cierra aproximadamente tres meses después del nacimiento; la fontanela anterior lo hace hacia la mitad del segundo año. Muchas de las suturas desaparecen durante la edad adulta. (Tomada de: Lagman, 1996, pp 139.)

Diversas suturas y fontanelas mantienen su carácter membranoso bastante tiempo después del nacimiento.

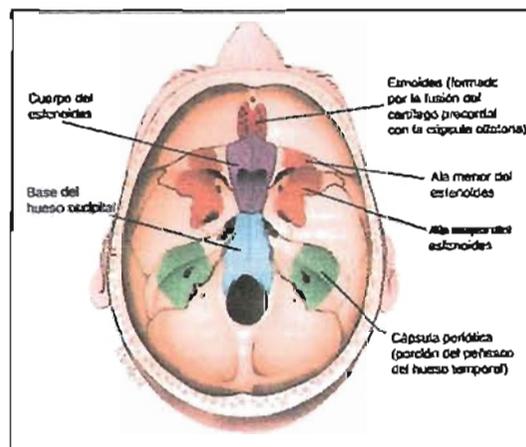
En el condrocraqueo, que forma la base cartilaginosa del neurocráneo está representado por varios juegos de cartílagos pares. Los cartílagos paracordales, hipofisarios, y las trabéculas del cráneo guardan una estrecha relación con las estructuras de la línea media.

Caudalmente a los cartílagos paracordales se encuentran los cuatro **esclerotomas occipitales**. Los cartílagos paracordales y los esclerotomas occipitales se fusionan para dar lugar a la base del hueso occipital.

Lateralmente al condrocraqueo se encuentran unos pares de cartilago que están asociados con los primordios epiteliales de los órganos de los sentidos (olfatorio, ojos y auditivo).

Los elementos primordiales individuales del condrocraqueo experimentan varios patrones de crecimiento y fusión para formar los huesos de la base del cráneo (occipital, esfenoides y temporal, así como gran parte del soporte óseo de la cavidad nasal). Además los huesos occipital y temporal incorporan elementos membranosos durante su desarrollo, de manera que son huesos compuestos

La base del hueso occipital está formada por el **cartilago paracordal** y por los cuerpos de tres **esclerotomas occipitales**. Los **cartilagos hipofisarios** y las **trabéculas craneales**, darán origen al cuerpo del esfenoides y al etmoides respectivamente. Fig. 23 <sup>(7, 8, 13)</sup>



**Fig. 23** La base del cráneo humano deriva de tres pares de placas cartilaginosas: los cartilagos precordal, hipofisario y paracordal. (Tomada de: Carlson, 2000, pp. 356)

A cada lado de la placa mediana aparecen otras condensaciones mesenquimáticas. La más rostral, conocida como *ala orbitaria*, forma el ala menor del hueso esfenoides. En sentido caudal surge el *ala temporal*, que da origen al ala mayor del esfenoides. La *cápsula petrosa*, origina las porciones petrosa y mastoidea del hueso

temporal. Más adelante estas partes se unen entre sí y en la lámina mediana, dejando los orificios por los cuales salen los nervios craneales.

El crecimiento de los huesos de la bóveda craneana continúa después del nacimiento lo que es ocasionado sobre todo por el desarrollo del cerebro <sup>(7, 13)</sup>

### **1.1.2. Viscerocráneo.**

El viscerocráneo consta de dos divisiones: un **viscerocráneo cartilaginoso** y un **viscerocráneo membranoso**. Los cuales se originan en su mayor parte del mesénquima derivado de la cresta neural.

En la porción visceral describiremos: 1) la formación de los arcos faríngeos y sus derivados, estructuras que juegan un papel fundamental en el desarrollo de toda la región del macizo facial; 2) la formación de la nariz y fosas nasales, y 3) la formación del macizo facial en un conjunto Fig. 24 <sup>(8, 11, 14)</sup>

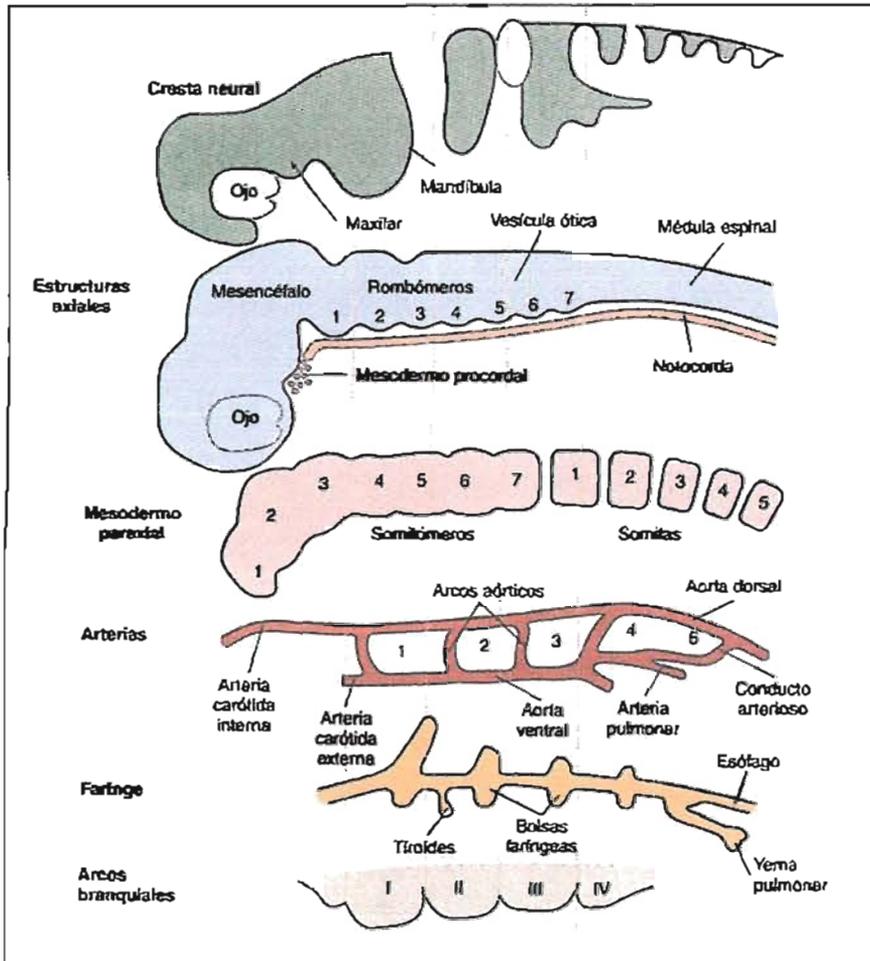


Fig. 24 Vista lateral de la organización de la cabeza y la región faríngea de un embrión humano de 30 días. Los componentes titulares individuales han sido separados mediante las líneas punteadas. (Tomado de: Carlson, 2000, pp. 295)

## 2. FORMACIÓN DE LOS ARCOS FARÍNGEOS Y SUS DERIVADOS.

En el área de la cabeza y el cuello de un embrión de 4 semanas, se encuentran los arcos faríngeos que están colocados en forma dorsoventral. Este aparato faríngeo consiste en:

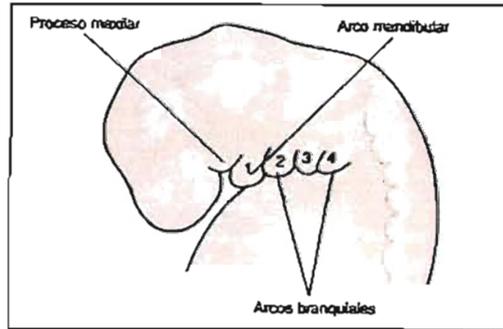
1. Arcos faríngeos.
2. Bolsas faríngeas.

3. Surcos faríngeos (hendiduras).
4. Membranas faríngeas (membranas de cierre) <sup>(1)</sup>

Entre uno y otro arco faríngeo, el endodermo de la faringe primitiva sufre una evaginación y da origen a surcos, los cuales más tarde toman la forma de bolsas llamadas **bolsas faríngeas**. En la superficie del embrión, el ectodermo se invagina y da lugar a depresiones conocidas como **surcos faríngeos**, que se enumeran en sentido cráneo-caudal y que se ubican al mismo nivel que lo hacen las bolsas faríngeas en la superficie de la faringe primitiva.

La faringe embrionaria tiene su origen en la porción más anterior del intestino cefálico (intestino anterior primitivo) y se presenta comprimida en sentido dorsoventral. De las paredes laterales y del piso de la faringe, al principio de la cuarta semana de desarrollan los **arcos faríngeos**; surgen por proliferación del mesénquima el cual se condensa formando barras en dirección dorsoventral. <sup>(14,15)</sup>

Los arcos faríngeos que se desarrollan en el embrión humano son cinco y corresponden a los números 1, 2, 3, 4 y 6 de sus complementarios primitivos, en la línea de evolución que conduce a los vertebrados terrestres. En el ser humano, el quinto arco o no se forma nunca o lo hace muy rudimento autolimitado que regresa inmediatamente: el primer arco aparece el vigésimo segundo día; el segundo y el tercero aparecen secuencialmente el vigésimo cuarto día; y el cuarto y el sexto lo hacen de modo secuencial en el vigésimo noveno día. Fig. 25 <sup>(2)</sup>



**Fig. 25 Vistas superficial y sagital de la cabeza y la región faríngea de un embrión humano durante la quinta semana (Tomado de: Carlson, 2000, pp. 296)**

## 2.1. Componentes de los arcos faríngeos.

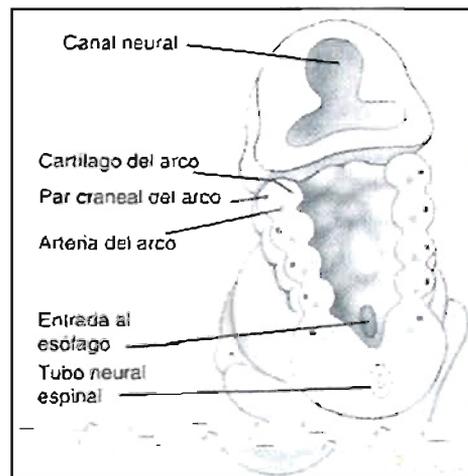
Histológicamente cada arco faríngeo está formado por un núcleo central de tejido mesénquimático, cubierto por su lado externo por ectodermo superficial, y revestido en su interior por epitelio de origen endodérmico. <sup>(7)</sup>

Cada arco faríngeo consiste de mesénquima derivado del mesodermo lateral y la cresta neural. Ese mesénquima da lugar a músculos, cartílagos, huesos, y vasos sanguíneos. Los nervios crecen en los arcos a partir del cerebro. Fig. 26

### 2.1.1. Componentes esqueléticos de los arcos faríngeos.

Consiste de mesénquima derivado del mesodermo paraaxial y de la lámina lateral, la parte central de los arcos reciben un número abundante de células de la cresta neural que dan origen a los componentes esqueléticos de la cara. Algunas células mesénquimatosas en cada arco faríngeo, se unen para formar una condensación longitudinal de células que se transforman en el cartílago del arco faríngeo <sup>(1)</sup>

Todos los huesos que se desarrollan de los cartílagos de los arcos faríngeos son por sí mismos endocondrales. Sin embargo, en el ser humano, algunos de estos cartílagos acaban completamente rodeados por el hueso membranoso, que se forma por osificación directa del mesénquima dérmico (que también se origina de la cresta neural) Fig. 27 <sup>(2)</sup>



**Fig. 26 Esquema de un corte transversal a través de los arcos faríngeos, mostrando el cartilago, la arteria y el par craneal de cada arco. (Tomado de: Larsen, 2003, pp. 359)**

### **2.1.2. Componentes musculares de los arcos faríngeos.**

Deriva del mesodermo paraaxial de los somitómeros y de los somitas occipitales. Las células musculares en desarrollo (*mioblastos*) emigran a diversas partes de la cabeza y el cuello a partir de los arcos faríngeos, donde forma los músculos de la masticación y la expresión facial. <sup>(1)</sup>

Los músculos que se forman en cada arco están inervados por una rama de par craneal específica para cada arco y cada músculo arrastra su nervio al migrar. Por tanto, incluso aunque los músculos de los arcos faríngeos se mezclan al desplazarse a sus localizaciones definitivas de la cara y el cuello, el origen de cada uno de ellos se puede determinar por su inervación Fig.28 <sup>(2)</sup>

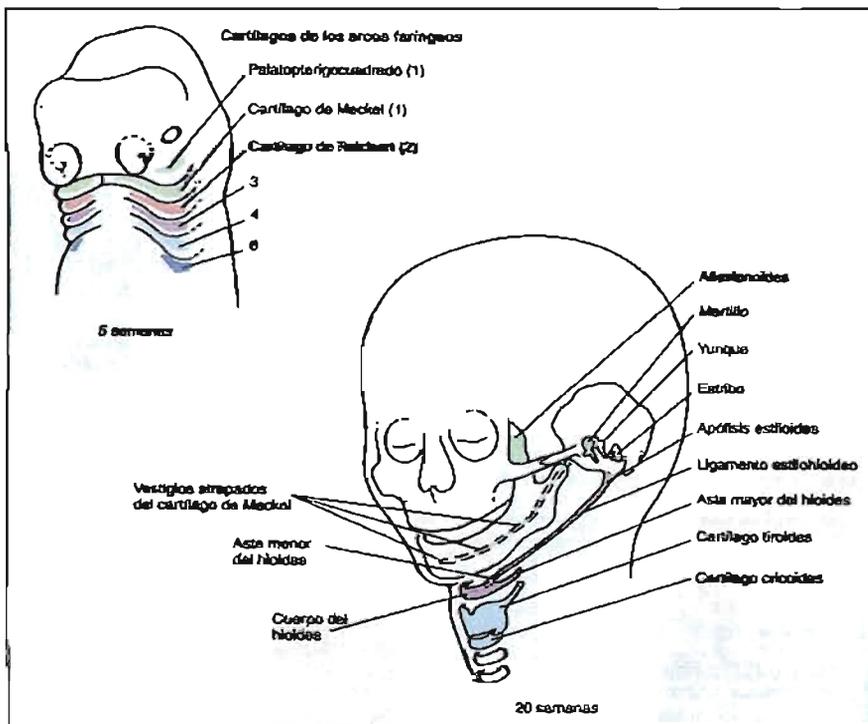


Fig. 27 Destino de los cartílagos de los arcos faríngeos. (Tomada de: Larsen, 2003, pp. 364)

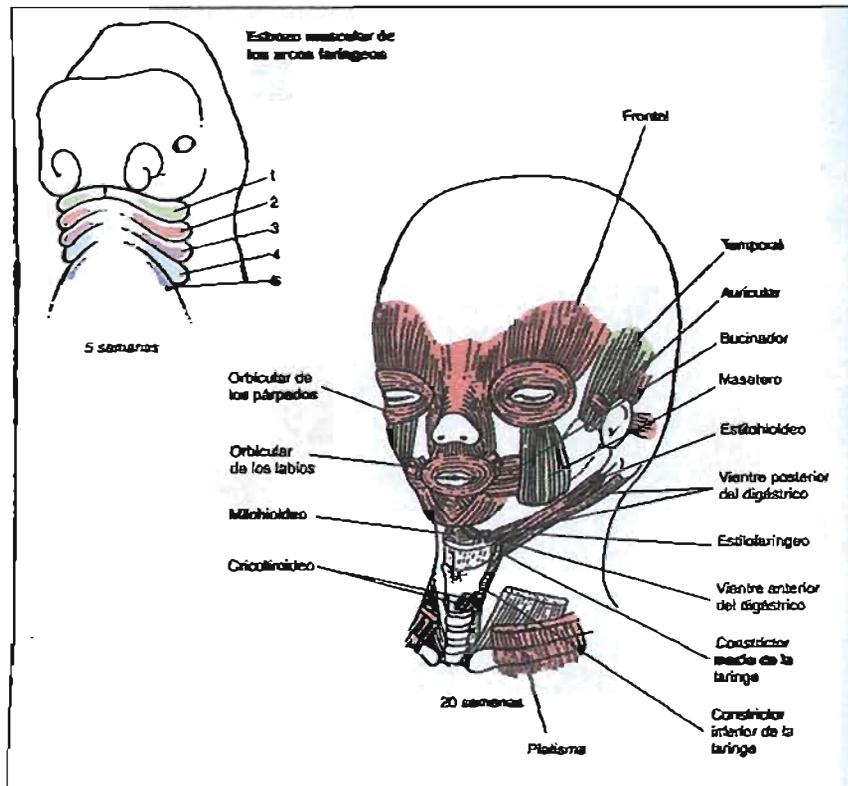


Fig. 28 Destino de la musculatura de los arcos faríngeos (Tomada de: Larsen, 2003, pp. 364)

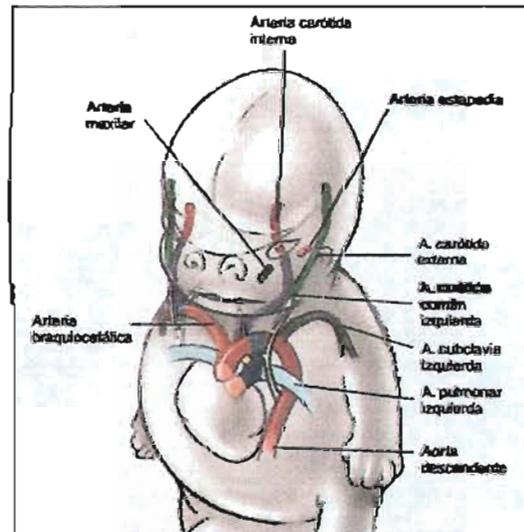
### 2.1.3. Arterias de los arcos faríngeos.

El sistema arterial de los arcos al principio adopta una disposición en forma de cesta, formada por cinco pares de arterias que se originan desde la expansión del extremo del tronco arterioso, denominado **saco aórtico**, y atraviesan los arcos faríngeos para desembocar en las dos aortas dorsales.

La sangre arterial alcanza la cabeza mediante una pareja de arterias vertebrales, que se forman por las anastomosis de las arterias intersegmentarias, y mediante las arterias **carótidas comunes**. Las arterias carótidas comunes se ramifican para formar las **arterias carótidas externas e internas**. Las carótidas comunes y las raíces de las carótidas internas derivan de las arterias del tercer arco, mientras que las porciones distales de las carótidas internas derivan

de las extensiones cefálicas de las dos aortas dorsales. Las arterias carótidas externas brotan *de novo* de las carótidas comunes. El endotelio de la vascularización de la cabeza y de las arterias de los arcos aórticos deriva del mesodermo paraaxial.

Los arcos aórticos no están presentes todos al mismo tiempo. Para el momento en que se ha desarrollado el sexto par, los primeros dos pares de arcos se han degenerado. Los únicos arcos aórticos que permanecen en forma inalterada en el adulto son el tercero, cuarto y sexto Fig. 29 <sup>(1, 2)</sup>



**Fig. 29 Destino de las arterias de los arcos faríngeos. Estas arterias sufren modificaciones para formar las arterias definitivas de la parte superior del tórax, el cuello y la cabeza. Embrión de 8 semanas. (Tomada de: Larsen, 2003, pp. 363)**

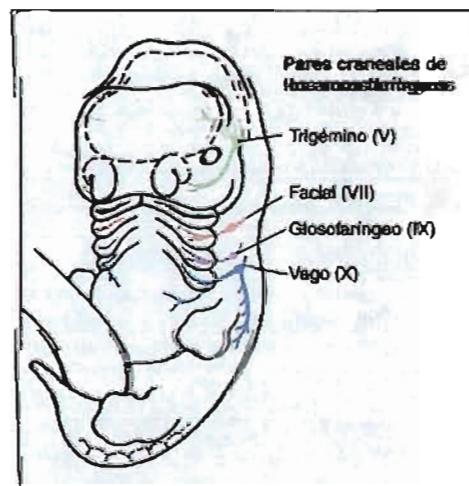
#### **2.1.4. Nervios de los arcos faríngeos.**

Son cuatro pares craneales con origen en el encéfalo posterior aportan ramas a los arcos faríngeos y a las estructuras que derivan de ellas. Los nervios que inervan los arcos faríngeos viajan una pequeña distancia desde su origen en el cerebro.

Los nervios son:

1. El nervio trigémino (V par craneal).
2. El nervio facial (VII par).
3. El nervio glosofaríngeo (IX par).
4. El nervio vago (X par).

Los diferentes pares craneales contienen distintas combinaciones de fibras somáticas motoras, autónomas y sensitivas. Sin embargo, en todos los casos las neuronas somáticas motoras se desarrollan en las columnas basales (ventrales) del encéfalo, mientras que las sensitivas se localizan en los ganglios de los pares craneales. A diferencia de las neuronas sensitivas de los ganglios dorsales de la médula espinal, que derivan todas de células de la cresta neural, algunas neuronas sensitivas de los pares craneales se originan en áreas especializadas del ectodermo, conocidas como **placodas ectodérmicas neurogénicas** Fig. 30 <sup>(2)</sup>



**Fig. 30 Destino de los pares craneales de los arcos faríngeos. Los músculos que se desarrollan en cada arco faríngeo mantiene la inervación por el par craneal que originalmente inervaba cada arco (Tomada de: Larsen, 2003, pp 366)**

### 3. PRIMER ARCO FARÍNGEO.

Está formado por una porción dorsal, llamada proceso maxilar y una porción ventral, el proceso mandibular, que contiene el *cartílago de Meckel*, el cual en el transcurso de desarrollo desaparece, excepto en 2 pequeñas porciones en su extremo dorsal que persisten y forman, el yunque y el martillo

El mesénquima del proceso maxilar dará origen al premaxilar, maxilar, hueso cigomático y parte del hueso temporal.

La mandíbula presenta un mecanismo de osificación yuxtaparacondral <sup>(7,14)</sup>

En todos los vertebrados con mandíbula, la articulación temporomandibular se forma por huesos endocondrales que se desarrollan de los cartílagos maxilar y mandibular, incluso aunque otras porciones mandibulares deriven de huesos membranosos.

Existe cierta controversia acerca de cómo la articulación temporomandibular se desarrolla en el embrión. Algunos investigadores creen que la articulación se forma en el seno de una única condensación de mesénquima que se diferencia en porción temporal y mandibular en respuesta a un campo morfogénico. Otros investigadores afirman que la articulación se forma a partir de dos condensaciones mesénquimatosas -una **temporal** o **blastema glenoideo** asociado con el hueso temporal y un **blastema condilar** asociado con la mandíbula- que crecen progresivamente hasta encontrarse. La articulación se forma entre la séptima y la undécima semanas.

En el primer arco, el mesodermo paraaxial que deriva del cuarto somítomero cefálico da lugar a los músculos de la masticación (temporal, masetero y pterigoideos interno y externo), así como el milohiideo, el vientre anterior del digástrico, el músculo del martillo y el periestafilino externo.

La inervación es suministrada por la rama maxilar inferior del nervio trigémino, la inervación sensitiva de la piel facial depende de las ramas oftálmica, maxilar superior e inferior del nervio trigémino. Está irrigado por la rama terminal de la arteria maxilar <sup>(2, 15)</sup>

#### 4. SEGUNDO ARCO FARÍNGEO.

El cartílago humano del segundo arco, denominado cartílago de Reichert, cartílago hioideo, sufre osificación endocondral para formar el estribo del oído medio, el apófisis estilohoides del hueso temporal, el ligamento fibroso estilohiideo y las astas menores (cuernos) y el borde superior del hueso hioides. El hueso hioides se estabiliza por inserciones musculares en la apófisis estiloides y en la mandíbula y, a través de sus inserciones musculares a la laringe y la lengua, participa en la deglución y en la articulación del lenguaje. El cartílago de Reichert se forma a partir de células de la cresta neural que proceden del extremo cefálico del mielencéfalo (la subdivisión caudal del romboencéfalo). <sup>(2, 8, 15)</sup>

En el segundo arco el mesodermo paraaxial del sexto somítomero cefálico da lugar a los músculos de la expresión facial, incluido el orbicular de los párpados, el orbicular de los labios, el risorio, el platisma, los músculos auriculares, fronto-occipital y buccinadores, así como el vientre posterior del digástrico, el estilohiideo y el músculo del estribo. Los esbozos musculares del primer y segundo arco acaban entremezclándose, en la cabeza, en sus localizaciones

definitivas. Todos estos músculos están inervados por el nervio facial (VII), que es el correspondiente al segundo arco. La arteria del estribo (embrionaria), y la arteria corticotimpánica (del adulto).<sup>(2)</sup>

## **5. TERCER ARCO FARÍNGEO.**

El cartilago del tercer arco se desarrolla a partir de células de la cresta neural que se originan en la región media del mielencéfalo. Sufre osificación endocondral para formar las astas mayores (cuernos) y el borde inferior del hueso hioides.

En el tercer arco, el mesodermo paraaxial procedente del séptimo somitómero da lugar a un solo músculo; el fino y largo estilofaríngeo, que se origina en la apófisis estiloides y se inserta en la pared de la faringe. Este músculo eleva la faringe durante la articulación del lenguaje y la deglución.

Los músculos son inervados por el glossofaríngeo (IX), el nervio del tercer arco e irrigado por la arteria carótida común, raíz de la carótida interna<sup>(2, 15)</sup>

## **6. CUARTO Y SEXTO ARCO FARÍNGEO.**

El mesodermo del cuarto y sexto arco juntos da lugar a la laringe, formada por los cartílagos tiroides, cuneiforme, corniculado, aritenoides y cricoides.

Algunos experimentos sugieren que estos cartílagos se forman a partir del mesodermo lateral, y no a partir de la cresta neural. El desarrollo de la laringe comienza en la quinta semana como un par de condensaciones mesodérmicas, denominadas procesos aritenoides, que se forman en la región del sexto arco. Estas

condensaciones comienzan a condensarse a principios de la séptima semana para formar los cartílagos tiroideos y cricoides, que inicia más o menos al mismo tiempo y, a finales de la séptima semana, empieza a formarse los cartílagos cuneiforme y corniculado.

Los músculos que se originan en el cuarto arco son los constrictores de la faringe superior, media e inferior, el cricotiroideo y el peristaflino interno, que participan en la articulación del lenguaje y la deglución. El mesodermo que origina estos músculos deriva de las somitas occipitales segundo a cuarto y del primer somita cervical.

El mesodermo paraaxial que deriva del primer y segundo somitas occipitales se asocia con el sexto arco faríngeo para formar la musculatura intrínseca de la laringe. Los músculos cricoaritenoides, tiroaritenoides y el músculo vocal están, por tanto, dedicados principalmente a la articulación del lenguaje.

Los músculos del cuarto arco están inervados por la rama laríngea superior del nervio vago (X), e irrigado por el cayado de la aorta, arteria subclavia derecha; yemas originales de las arterias pulmonares y los del sexto arco faríngeo a los músculos intrínsecos de la laringe están inervados por la rama recurrente laríngea del nervio vago (X), y la arteria del sexto arco es el conducto arterioso; rálces de la arterias pulmonares definitivas Fig. 31 (2. 8. 15)

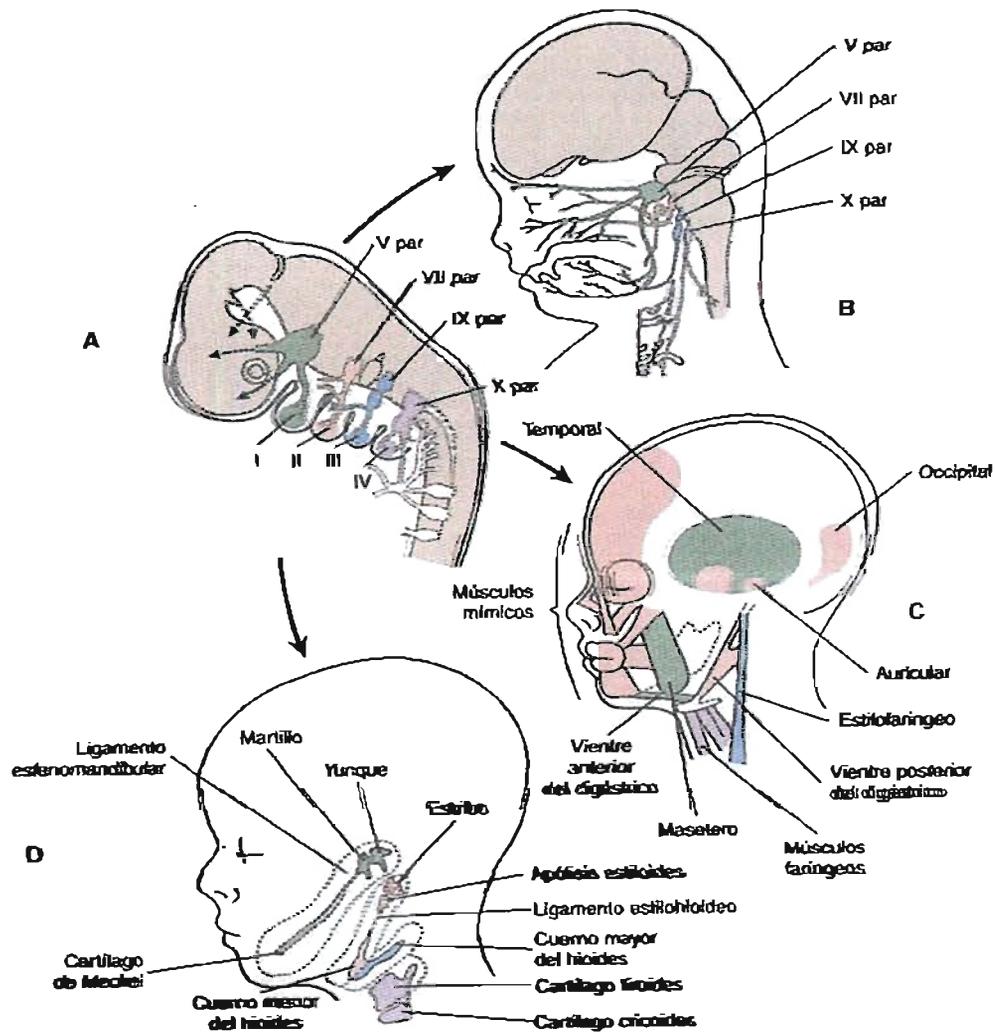


Fig. 31 Sistema de los arcos faríngeos (A) y derivados adultos de sus componentes neural (B), muscular (C) y esquelético (D). (Tomado de: Carlson, 2003, pp. 312)

## 7. BOLSAS Y HENDIDURAS FARÍNGEAS.

Tal como se ha descrito previamente, los arcos faríngeos están separados entre sí por hendiduras faríngeas por fuera y bolsas faríngeas por dentro. Las bolsas faríngeas se localizan en dirección caudal a los arcos. El embrión humano posee cinco pares de bolsas faríngeas, que se enumeran conforme a los arcos correspondientes,

la última es atípica y a menudo se le considera parte de la cuarta. El revestimiento epitelial endodérmico de las bolsas dan origen a algunos órganos importantes. Fig. 32 <sup>(1, 2, 7)</sup>

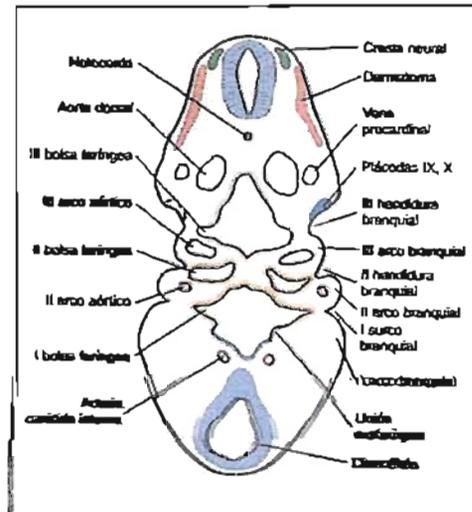


Fig. 32 Corte transversal a través de la región faríngea de un embrión humano durante la quinta semana. (Tomado de: Carlson, 2000, 296 pp.)

### 7.1. Primera bolsa faríngea.

La primera bolsa faríngea, que se localiza entre el primer y segundo arcos faríngeos, forma un divertículo pediculado, el **receso tubotimpánico**, que se pone en contacto con el revestimiento epitelial de la primera hendidura faríngea, el futuro **conducto auditivo externo**.

La porción distal de la evaginación se ensancha en forma de saco, y constituye la **caja del tímpano** o **cavidad primitiva del oído medio**, mientras que la porción proximal no aumenta de calibre y forma la **trompa de Eustaquio** o **faringotimpánica**. El revestimiento de la

cavidad timpánica participa ulteriormente en la formación de la **membrana timpánica o tímpano** <sup>(7, 15)</sup>

## 7.2. Segunda bolsa faríngea.

La segunda bolsa faríngea se localiza entre el segundo y el tercer arcos faríngeos. El revestimiento epitelial prolifera y forma brotes que se introducen en el mesénquima adyacente. Los brotes son invadidos secundariamente por tejido mesodérmico, lo cual forma el primordio de la **amígdala palatina**. Entre el tercero y el quinto mes se produce la infiltración gradual de tejido linfático en la amígdala. Una porción de la bolsa desaparece y se encuentra en el adulto constituyendo la **fosa tonsilar o amigdalina**.

Las **amígdalas faríngeas** principales son las **adenoides**, las **amígdalas tubáricas** (asociadas con las trompa de Eustaquio) y las **amígdalas linguales** (asociadas con la región posterior de la lengua). También se forman placas linfoides menores entre ellas. <sup>(2, 7, 15)</sup>

## 7.3. Tercera bolsa faríngea.

Los dos esbozos tímicos se originan a finales de la cuarta semana en forma de proliferaciones endodérmicas, en el extremo de las prolongaciones ventrales de las terceras bolsas faríngeas. Estas proliferaciones endodérmicas forman conductos huecos que invaden el estroma subyacente y se transforma posteriormente en cordones ramificados, sólidos. Estos cordones son los esbozos de los **lóbulos tímicos poliédricos**.

Entre la cuarta y la séptima semana, las glándulas tímicas pierden sus conexiones con la faringe y emigran a su localización definitiva

inferior y ventral a la tiroides en desarrollo e inmediatamente dorsal al esternón. En esta localización se fusionan para formar un único timo bilobulado. Los **corpúsculos de Hassall** en forma de remolino en la médula parecen originarse de las células ectodérmicas de la tercera hendidura faríngea, mientras que el **retículo epitelial** del timo, escasamente organizado, es de origen endodérmico.

Poco después de la formación del timo, los linfocitos derivados de las células madres del saco vitelino, el epiplon y el hígado, lo infiltran.

El timo es muy activo durante el periodo perinatal y continúa creciendo durante toda la infancia, alcanzando su tamaño máximo en la pubertad.

Tras ésta, la glándula involuciona rápidamente hasta quedar reducida a vestigios adiposos insignificantes en el adulto.

Los esbozos de las **glándulas paratiroides inferiores (paratiroides III)** se forman en la porción dorsal de la tercera bolsa a principios de la quinta semana. Se desprende de la pared faríngea y migra hacia abajo y medialmente, llegando en al séptima semana a la cara dorsal del extremo inferior de los lóbulos tiroideos <sup>(2, 15)</sup>

#### 7.4. Cuarta bolsa faríngea.

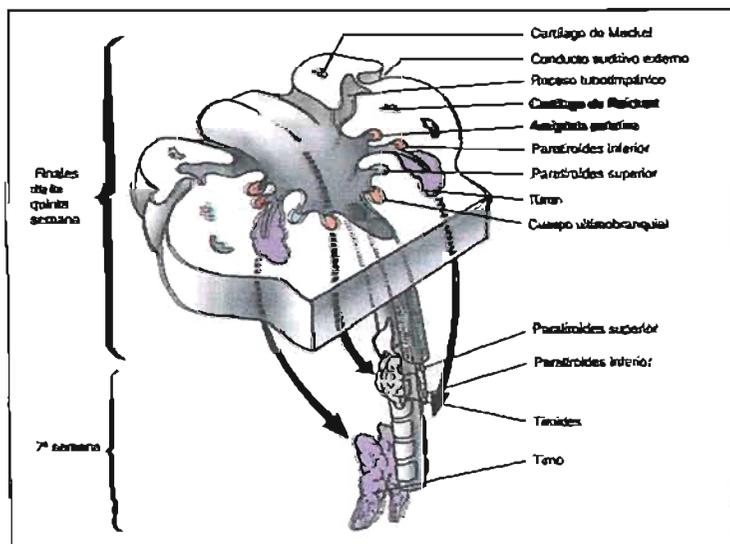
A principios de la quinta semana los esbozos de las **glándulas paratiroides superiores (paratiroides IV)** se forman en la cuarta bolsa. Se desprende de la faringe y emigran hacia abajo y medialmente, llegando en la séptima semana a una posición ligeramente superior a las glándulas paratiroides inferiores. Por tanto, las paratiroides superiores se originan más abajo en la faringe que las inferiores y los dos grupos glandulares intercambian su posición

durante el descenso; sus nombres reflejan su posición relativa final (2, 15)

## 7.5. Quinta bolsa faríngea.

Durante la quinta semana, una invaginación menor aparece justo por debajo de la cuarta bolsa faríngea, descrita esta invaginación como la **quinta bolsa faríngea**. Casi inmediatamente tras su aparición, esta invaginación es colonizada por células epiteliales, que forman los esbozos del par de **cuerpos ultimobranquiales**. Estos esbozos se desprenden inmediatamente de la pared faríngea y emigran medial y caudalmente para implantarse en la pared posterior de la glándula tiroides, donde se diferencian en **células C** tiroideas (**parafoliculares**), productoras de calcitonina.

El origen de las células epiteliales que forman los cuerpos ultimobranquiales son células ectomesénquimatosas que tienen su origen en la cresta neural. Fig. 33 (2,7, 15)



**Fig. 33 Desarrollo de los derivados de las bolsas faríngeas. (Tomado de: Larsen, 2003 pp.3376)**

## 8. HENDIDURAS FARÍNGEAS.

El embrión de cinco semanas se caracteriza por cuatro hendiduras, de las cuales solamente una contribuye a la estructura definitiva del embrión. La porción dorsal de la primera hendidura se introduce en el mesénquima subyacente y origina el **conducto auditivo externo**. El revestimiento epitelial en el fondo del conducto contribuye a la formación del **timpano**.

Las tres hendiduras faríngeas restantes se obliteran en condiciones normales durante el desarrollo. Durante la cuarta y quinta semana, la expansión rápida del segundo arco faríngeo sobrepasa estas hendiduras y se fusionan caudalmente en la eminencia cardiaca llamado **relieve epicárdico** en la porción inferior del cuello. Las tres hendiduras restantes forman una cavidad revestida de epitelio ectodérmico, el **seno cervical**, el cual desaparece generalmente por completo durante el desarrollo posterior. Fig. 34 (2. 7. 15)

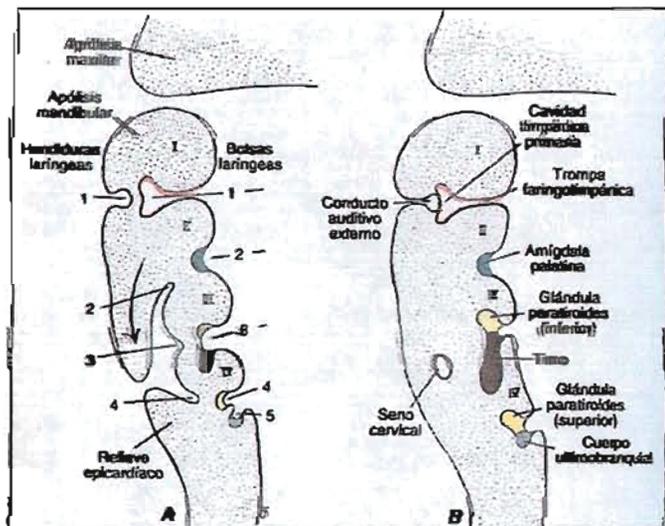


Fig.34 A. Esquema del desarrollo de las hendiduras y bolsas faríngeas. Obsérvese que el segundo arco crece sobre el tercero y el cuarto, de manera que hunde las hendiduras faríngeas segunda, tercera y cuarta. B. Los restos de la segunda, tercera y cuarta hendiduras faríngeas forman el seno cervical (Tomado de: Langman.1996, pp 302)

## G. FORMACIÓN DE LA CARA.

Hacia el final de la cuarta semana aparecen los **procesos faciales**, consistentes en su mayor parte de mesénquima derivado de la cresta neural y formados principalmente por el primer par de arcos faríngeos. Los **procesos maxilares** se advierte lateralmente al estomodeo y en posición caudal a éste los **procesos mandibulares**. La **prominencia frontonasal**, formada por la proliferación del mesénquima ventral a las vesículas cerebrales, constituye el borde superior del estomodeo. A cada lado de la prominencia frontonasal se observan engrosamientos locales del ectodermo superficial, las **placodas nasales (olfatorias)**, originadas por influencia inductora de la porción ventral del prosencéfalo.

Durante la quinta semana las placodas nasales se invaginan para formar las **fositas nasales u olfatorias**, con lo cual aparecen rebordes de tejido que rodean a cada fosita y forman los **procesos nasales**. Los del lado externo son los **procesos nasales laterales** y del lado interno los **procesos nasales mediales**.<sup>(7)</sup>

Para constituir el macizo facial los procesos se fusionan entre sí. La fusión de los diferentes procesos puede realizarse a través de dos mecanismos: la fusión aparente o consolidación remodeladora y la fusión real o mesodermización.

- La fusión aparente es consecuencia de que los procesos faciales crecen de manera desigual. Los surcos existentes no son tales, sino que representan áreas de menor crecimiento con respecto a las estructuras vecinas. Cuando las áreas deprimidas crecen y alcanzan el mismo nivel que sus bordes (nivelación) se dice que existe una consolidación remodeladora o fusión aparente.

- La fusión real o mesodermización, consiste en la unión a través del mesénquima de procesos o mamelones que se han desarrollado previamente de forma independiente. Para que sea posible los epitelios se enfrentan primero, luego se desintegran y finalmente el mesénquima de un proceso se funde con el otro. Simultáneamente se produce la reepitelización superficial quedando así constituido un único proceso. <sup>(14)</sup>

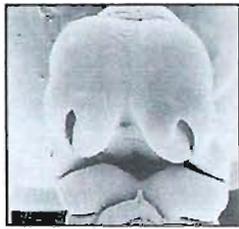
A continuación se describen las etapas que siguen los procesos involucrados y sus movimientos o desplazamientos, para determinar la configuración de la cara:

1. Las prominencias maxilares crecen y se dirigen hacia arriba y hacia delante extendiéndose por debajo de la región del ojo y, por encima de la cavidad bucal primitiva. En consecuencia, el **labio superior** es formado por los dos procesos nasales mediales y los dos procesos maxilares. Los procesos nasales laterales no participan en la formación del labio superior.
2. Las dos prominencias mandibulares, en cambio, progresan hacia la línea media por debajo del estomodeo para fusionarse con el lado opuesto y formar la **mandíbula**, el **labio inferior** y el **mentón**. El primer arco también da origen a los tejidos blandos asociados a la cavidad bucal. El nervio específico de la región es el V par craneal. El cartílago de Meckel guiará la osificación del cuerpo de la mandíbula, pero no participará en forma directa, como ocurre en los mecanismos de osificación endocondral.
3. Los procesos mandibulares con los maxilares se fusionan lateralmente en la región superficial para formar la **mejilla**, reduciéndose de esa forma la abertura bucal. Los procesos

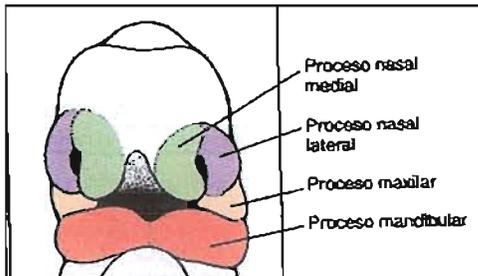
maxilares se ensanchan para formar los **carrillos** y los **maxilares superiores** o **maxila**.

4. En un principio los procesos maxilares y nasales laterales están separados por un surco profundo, el surco nasolagrimal. El ectodermo del suelo de este surco forma un cordón epitelial macizo, el cual se desprende del ectodermo suprayacente. Después de canalizarse, este cordón forma el conducto nasolagrimal: su extremo superior se ensancha y forma el saco lagrimal. Después del desprendimiento del cordón los procesos maxilar y nasal lateral se unen y en estas circunstancias el conducto nasolagrimal va desde el ángulo interno del ojo hasta el meato inferior de la cavidad nasal.
5. Los procesos nasomedianos se fusionan de manera "aparente" y forma la porción media del labio superior llamada (**filtrum**), las **zonas laterales** del labio superior se crean por la unión de los procesos nasales mediales con los procesos maxilares respectivos. (2,7,14, 16)
6. La **nariz** se forma a partir de cinco prominencias faciales: la prominencia frontonasal da origen al **punte** de la nariz; los procesos nasales mediales fusionados forman la **cresta** y la **punta** y los procesos nasales laterales forman los **lados (alas)** de la nariz.

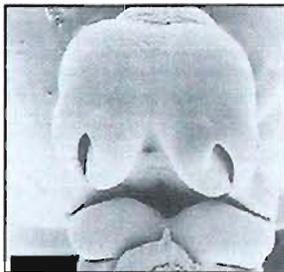
La nariz al comienzo es chata y ancha, con las ventanas nasales muy separadas dirigidas hacia delante. Al elevarse el dorso de la nariz se acercan y debido a ello los orificios nasales se dirigen hacia abajo. Al mismo tiempo los ojos migran hacia delante facilitando la visión binocular y la frente crece por expansión del frontal. Fig. 35 <sup>(14, 16)</sup>



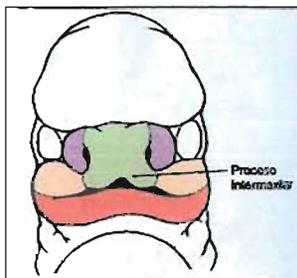
A Principios de la 6ª



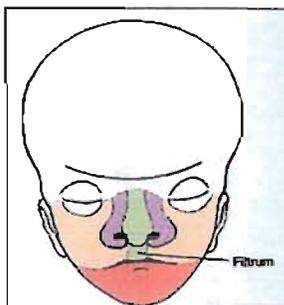
B Principio de la 6ª semana



C Principios de la 7ª semana.



D Finales de la 7ª semana.



E 10ª semana

Fig. 35 Desarrollo de la cara. A,B, En la sexta semana, las palcotas nasales de la prominencia frontonasal se invaginan para formar las fositas nasales y los procesos nasal lateral y medial. C, d, En la séptima semana, los procesos nasales mediales se fusionan en la línea media para formar el proceso intermaxilar. E, En la semana décima, el proceso intermaxilar forma el filtrum del labio superior. (Tomado de: Larsen, 2003, pp. 368)

## H. DESARROLLO DE LA LENGUA.

La lengua comienza a desarrollarse a partir de una serie de engrosamientos ventrales situados en el piso de la faringe más o menos al mismo tiempo que se forma el paladar en la boca. <sup>(8)</sup>

El órgano lingual se desarrolla a partir del primero, segundo, tercero y cuarto arcos faríngeos. El desarrollo de la lengua comienza a finales de la cuarta semana cuando el primer arco da lugar a una proyección media denominada **prominencia lingual media** o **tubérculo impar**. Otras dos proyecciones laterales, los **esbozos linguales distales** o **protuberancias linguales laterales**, se desarrollan en el primer arco a principios de la quinta semana y se expanden rápidamente hasta cubrir la prominencia lingual media. Estas proyecciones continúan creciendo durante toda la vida embrionaria e intrauterina y forman los dos tercios anteriores de la lengua.

A finales de la cuarta semana, el segundo arco desarrolla una proyección medial denominada **cúpula**. Durante la quinta y sexta semanas, una proyección medial del tercer y cuarto arcos, denominada **eminencia hipofaríngea**, cubre rápidamente la cúpula, dando lugar al tercio posterior de la lengua. La eminencia hipofaríngea se expande fundamentalmente por el crecimiento del endodermo del tercer arco, mientras que el cuarto contribuye sólo a una pequeña región de la parte más posterior de la lengua.

El límite entre los dos tercios anteriores y el tercio posterior de la lengua está delimitado por un surco transversal denominado el **surco terminal**. La línea de fusión entre las yemas linguales distales derecha e izquierda está delimitada por un surco medial, el **surco medio**, en los dos tercios anteriores de la lengua. La depresión

denominada **agujero ciego** es visible en la zona donde el surco medio se cruza con el surco terminal.

En situación caudal a la cúpula se encuentra otro engrosamiento que representa la **epiglotis**.

Todos los músculos de la lengua, excepto el palatogloso, se forman por el mesodermo derivado de los miotomos de los somitas occipitales y la proliferación de este mesodermo es responsable de la mayor parte del crecimiento de los esbozos linguales. <sup>(2,7)</sup>

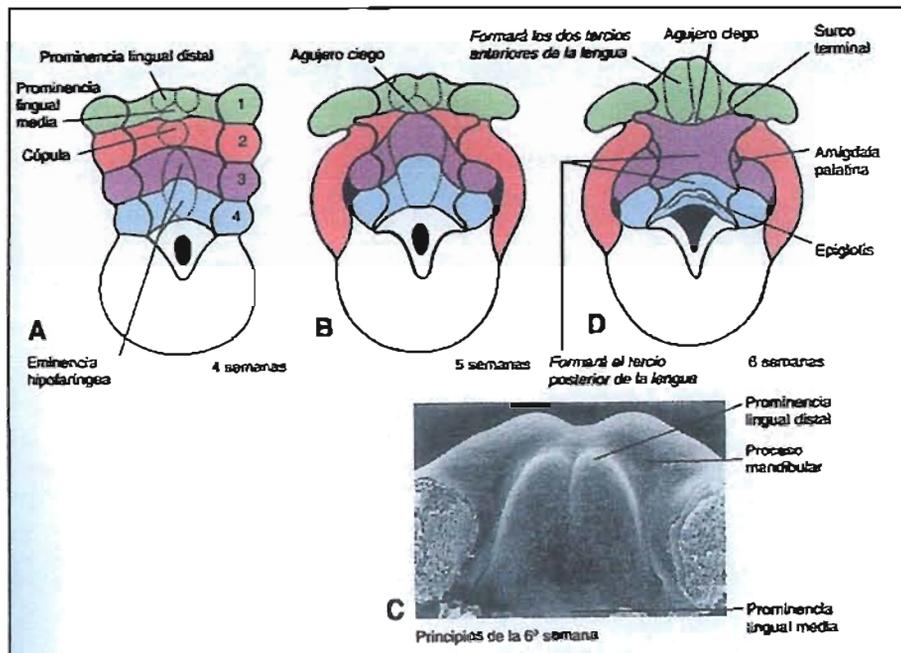
La inervación de los músculos linguales está dada por el nervio hipogloso (XII). El nervio glossofaríngeo (IX) inerva las papilas calciformes y la cuerda del tímpano (VII), los botones gustativos del resto de las papilas, situadas en los dos tercios anteriores de la lengua. La inervación sensitiva del cuerpo de la lengua deriva de la rama lingual (V). Fig. 36 <sup>(2, 7, 16)</sup>

## 1. Papilas gustativas.

Las papilas linguales comienzan a esbozarse en la superficie de la mucosa dorsal a las ocho semanas, siendo bien evidentes a las 12 semanas. Las papilas fungiformes son las que primero se diferencian, luego lo hacen las filiformes y, por último, las posteriores o calciformes.

Estas papilas a las 20 semanas muestran en la pared, botones gustativos. El epitelio que tapiza las papilas es de tipo plano estratificado, el número de capas aumenta gradualmente y alcanza

de 8 a 10 estratos celulares en el momento del nacimiento similar a lo que hemos observado en la mucosa bucal. El revestimiento epitelial del área superficial experimenta una paraqueratinización muy manifiesta en las papilas filiformes a las 32 semanas. <sup>(14)</sup>



**Fig. 36** Desarrollo de la mucosa lingual a partir del endodermo del suelo de la faringe. La mucosa de los dos tercios anteriores de la lengua se desarrollan fundamentalmente desde las prominencias linguales distales del primer arco faríngeo, mientras que el revestimiento mucoso del tercio posterior de la lengua se forma por el sobrecrecimiento de la eminencia hipofaríngea del tercer y cuarto arcos sobre la cúpula del segundo arco. (Tomado de: Larsen, 2003, pp. 373)

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## I. DESARROLLO DEL PALADAR.

El embrión joven tiene una cavidad buconasal única, pero en los mamíferos el **paladar** se forma entre la sexta y la décima semanas y separa las cavidades nasal y oral. Propiamente dicho el paladar primario se desarrolla entre la quinta y la sexta semanas, mientras que el secundario se forma, entre la séptima y octava semanas a expensas de la cara interna de los procesos maxilares. La fusión de ambos paladares tiene lugar entre la décima y la onceava semanas de desarrollo.

El paladar se deriva de tres primordios: un **proceso palatino medio** único y un par de **procesos palatinos laterales**. El proceso palatino medio es una invaginación de los procesos nasomediales recién fusionados. Conforme va creciendo, en el proceso palatino medio se va formando una estructura ósea triangular llamada **paladar primario**. En la vida postnatal el componente esquelético del paladar primario se denomina **componente premaxilar del maxilar**.

En relación con la formación del paladar primario los procesos nasales medios se unen no sólo en la superficie, sino también en profundidad y surge así una estructura embrionaria especial el **segmento intermaxilar** o **premaxilar**. Dicho segmento está constituido por tres estructuras:

1. **Componente labial**: que forma la parte media o *filtrum* del labio superior.
2. **Componente maxilar**: que comprende la zona anterior del maxilar que contiene a su vez a los cuatro incisivos superiores y su mucosa bucal (futuras encías).
3. **Componente palatino**: es de forma triangular con el vértice dirigido hacia atrás, y da origen al paladar primario, anteriormente mencionado. Fig. 37

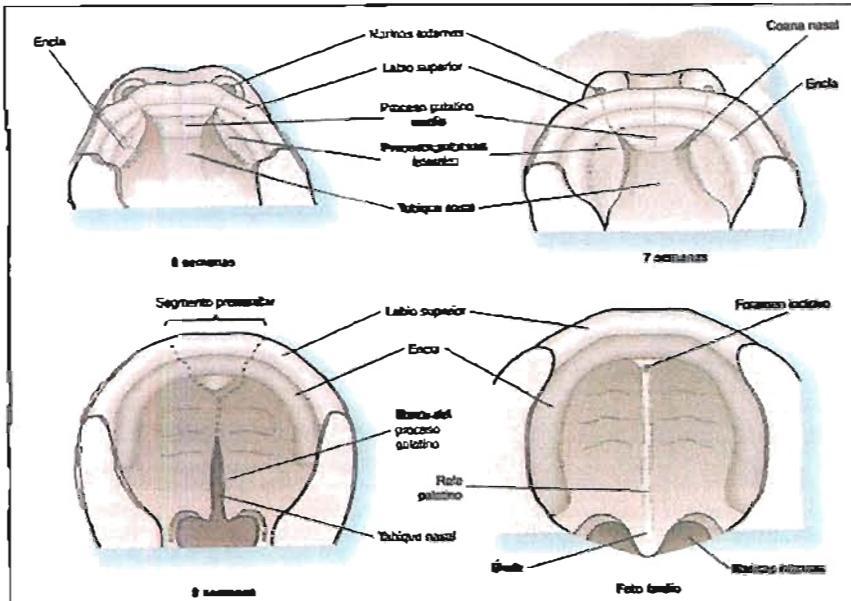


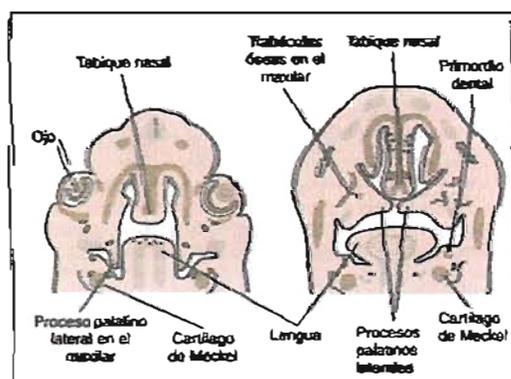
Fig. 37 Desarrollo del paladar visto desde abajo. (Tomado de: Carlson, 2003, pp. 300)

Los procesos palatinos laterales, que son los precursores del **paladar secundario**, hacen su aparición durante la sexta semana. Al principio crecen hacia abajo a ambos lados de la lengua. Al parecer, el crecimiento de los procesos palatinos laterales implica tanto interacciones de ectodermo y mesénquima como acciones de factores de crecimiento específicos en las células mesénquimatosas, como el **factor de crecimiento epidérmico** y el **factor de crecimiento transformador alfa**.

Durante la séptima semana, los procesos palatinos laterales modifican radicalmente la posición que ocupan a los lados de la lengua y adoptan una posición perpendicular a los procesos maxilares. Los vértices de estos procesos se encuentran en la línea media y comienzan a fusionarse.

Otra estructura implicada en la formación del paladar es el **tabique nasal**. Esta estructura de la línea media, que es la prolongación

descendente de la prominencia frontonasal, alcanza el nivel de los procesos palatinos laterales en el momento que éstos se unen para formar el paladar secundario definitivo. En dirección rostral, el tabique nasal se continúa con el paladar primario. Fig. 38



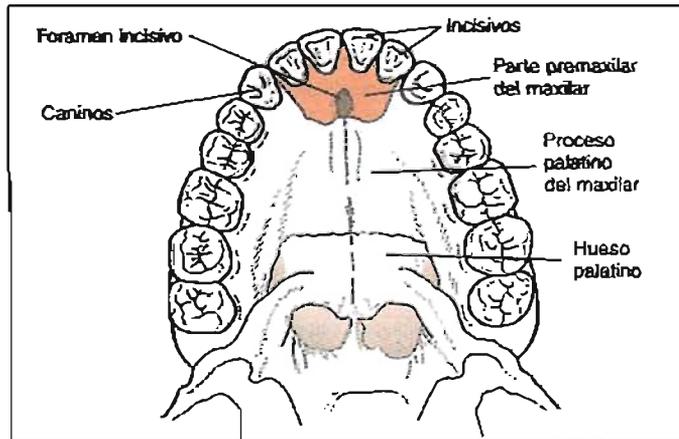
**Fig. 38 Cortes frontales de la cabeza humana donde puede verse la fusión de los procesos palatinos laterales (Tomado de: Carlson, 2000, pp 301 pp.)**

Los procesos palatinos se fusionan en la línea media, pero en dirección rostral también se unen al paladar primario. El punto de fusión del paladar primario con los procesos palatinos laterales en la línea media está marcado por el **foramen incisivo**.

El epitelio de la superficie nasal del paladar se convierte en un epitelio columnar de tipo ciliado, en tanto que el de la cavidad oral se vuelve escamoso estratificado.

En el segmento premaxilar de la maxila se desarrolla hueso intramembranoso. Al mismo tiempo, se extiende el hueso de los maxilares, y de los huesos palatinos, para formar las prolongaciones palatinas, y de esta manera se forma el **paladar duro u óseo**. Las porciones posteriores de las prolongaciones palatinas no se osifican, sino exceden del tabique nasal y se fusionan para formar el **paladar**

**blando y la úvula. Esta es la última porción del paladar blando que se forma. El rafé palatino señala la línea de fusión de las prolongaciones o crestas palatinas. Fig. 39<sup>(8, 14,16, 17)</sup>**



**Fig. 39 Paladar óseo posnatal, donde se puede apreciarse el segmento premaxilar. (Tomado de: Carlson, 2000, pp 301)**

### **III. CONCLUSIONES.**

1. La fecundación es una interacción compleja entre el espermatozoide y el ovocito.
2. El cigoto desciende por la trompa y experimenta segmentación, la cual hace que el cigoto se subdivida sin aumentar de tamaño.
3. La mórula es el embrión que está formado por 16-32 células. La mórula se desarrolla como una cavidad llena de líquido transformándose el blastocisto.
4. El blastocisto está formado por el embrioblasto y el trofoblasto. En la 2ª. Semana de desarrollo el embrioblasto se divide en epiblasto e hipoblasto, y el trofoblasto en el sincitiotrofoblasto necesario para la implantación del embrión.
5. La línea primitiva aparece al comienzo de la tercera semana de desarrollo.
6. El endodermo definitivo y el mesodermo intraembrionario se forman por gastrulación. El ectodermo y la placa neural derivan de células del epiblasto, estableciéndose el disco germinativo trilaminar.
7. La notocorda se forma a partir de las células que penetran a través del nódulo primitivo.
8. El mesodermo paraaxial se diferencia a somitóneros y después a somitas. Las cuales establecen la organización segmentaria del organismo.
9. El desarrollo del embrión humano está regulado por cascadas de genes.
10. Los genes Homeobox, llamados Hox en los vertebrados están fuertemente implicados en la segmentación craneocaudal del cuerpo. Los genes Hox definen los valores posicionales en los vertebrados.

11. Los somitas dan lugar a esclerotomos, miotomos y dermatomos.
12. La formación del tubo neural comienza en el vigésimo segundo día al nivel de las primeras cinco somitas.
13. Las células de la cresta neural se originan en los pliegues neurales, emigran a localizaciones específicas del organismo y dan lugar a numerosas estructuras.
14. La porción cefálica de la cresta neural forma diversas estructuras de la cabeza y el cuello.
15. El cráneo humano está compuesto por distintos grupos de huesos derivados de precursores independientes en la evolución.
16. El esqueleto de la cabeza y la faringe deriva del condrocraqueo (neurocraqueo), que encierra el cerebro y ayuda a la formación de las cápsulas sensoriales; el armazón externo de los huesos membranosos (desmoides), y el viscerocraqueo, que alberga a los arcos faríngeos y sus derivados.
17. En el ser humano, a partir del vigésimo segundo día, gran parte del rostro y el cuello humano deriva del aparato faríngeo constituido por cinco pares de arcos faríngeos, hendiduras faríngeas y bolsas faríngeas.
18. Cada arco contiene un elemento esquelético, muscular, un arco aórtico arterial y un par craneal asociado a cada arco.
19. Las arterias del tercer arco aórtico originan los vasos que irrigan la cabeza y el cuello.
20. La cara se desarrolla a partir de cinco procesos faciales.
21. La cavidad nasal se forma por la profundización de las fositas nasales.
22. El paladar se forma entre la sexta y la décima semana y separa las cavidades nasal y oral. El paladar se deriva a partir de tres primordios.

23. El paladar secundario agranda la cavidad nasal y el tabique nasal la divide en dos fosas nasales.
24. La lengua y el tiroides se desarrollan a partir del tejido de los arcos faríngeos 1, 3 y 4 y del mesodermo del somita occipital a finales de la cuarta semana.

## IV BIBLIOGRAFÍA.

1. Moore L.K. Elementos de embriología humana. Cd. México: Editorial Interamericana, 1991.
2. Larsen J.W. Embriología humana. 3ª.ed. Cd. España: Editorial Elsevier science, 2003.
3. [www.araucaria2000.d/sreproductor/sreproductor.htm](http://www.araucaria2000.d/sreproductor/sreproductor.htm).
4. [www.diariomedico.com/ginecologia/n260101.html](http://www.diariomedico.com/ginecologia/n260101.html)
5. [www.alemana.d/seembarazo/ede00201.asp?HidRegla=Carlson, 2000HidParto=+](http://www.alemana.d/seembarazo/ede00201.asp?HidRegla=Carlson, 2000HidParto=+))
6. [www.telmeds.org/AlIM/Aembrio/](http://www.telmeds.org/AlIM/Aembrio/)
7. Sadler T.W. Langman embriología medica. 7ª. ed. Cd. Argentina: Editorial Médica panamericana, 1996.
8. Carlson M.B. Embriología humana y biología del desarrollo. 2ª. ed. Cd. España: Editorial Harcourt, 2000.
9. [www.adofm.org.ar/revista.htm#1999](http://www.adofm.org.ar/revista.htm#1999)
10. Márquez- Orozco MC. Biología del desarrollo, Fascículo 4 segmentación y neurulación. 3ª. ed. Cd. México: Editorial Gounod 129, 1996.
11. Hamilton W.J. Embriología humana. Desarrollo prenatal de la forma y la función. 4ª ed. Cd. Argentina: Editorial Interamédica, 1973.

12. Alberts B, Bray D. Biología molecular de la célula. 3ª ed, Cd. Barcelona: Editorial Omega, S.A., 1996.
13. Villavicencio A. J. Ortopedia dentofacial. Una visión multidisciplinaria. Cd. Venezuela: Editorial Actualidades Médico-Odontológicas, 1996.
14. Gómez de Ferraris Ma.E. Histología y embriología bucodental. 2ª ed. Cd. Argentina: Editorial Médica panamericana, 2002.
15. Avery k. James. Oral development and histology. 2a ed, Cd. Estados Unidos: Editorial Thieme medical publishers, 1994.
16. Matsumura G. Embriología, representaciones gráficas. Cd. España: Editorial Mosby-Doyma libros, 1996.
17. Orban T. Histología y embriología bucal. Cd. México: Editorial La prensa medica mexicana, 1969.