



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

**CAPITULO DE UN LIBRO – OSTEOGÉNESIS ENDOCONDRA
DEL LIBRO DE ORTODONCIA DIAGNÓSTICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ODONTÓLOGO**

AUTOR: LUZDARY MISHHELL RIOFRÍO VIVANCO

DIRECTOR: OD. ESP. MIRIAM VERÓNICA LIMA ILLESCAS

CUENCA – ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

CAPITULO DE UN LIBRO – OSTEOGÉNESIS ENDOCONDRALE DEL
LIBRO DE ORTODONCIA DIAGNÓSTICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ODONTÓLOGO**

AUTOR: LUZDARY MISHALL RIOFRÍO VIVANCO

DIRECTOR: OD. ESP. MIRIAM VERÓNICA LIMA ILLESCAS

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

LUZDARY MISHHELL RIOFRIO VIVANCO portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1105569774**. Declaro ser el autor de la obra: **“CAPITULO DE UN LIBRO - OSTEOGÉNESIS ENDOCONDAL DEL LIBRO DE ORTODONCIA DIAGNÓSTICA”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **05 de mayo 2023**



Firmado electrónicamente por:
**LUZDARY MISHHELL
RIOFRIO VIVANCO**

F:

LUZDARY MISHHELL RIOFRIO VIVANCO

C.I. 1105569774

EMBRIOLOGÍA DE LA CARA.

1. Formación de los arcos faríngeos o branquiales y sus derivados.

La faringe embrionaria se origina en la porción anterior del intestino cefálico y se comprime sentido dorsoventral. Al inicio de la cuarta semana se empiezan a formar los arcos branquiales o faríngeos, estos se dan inicio debido a la proliferación del mesénquima el cual se condensa y forma barras en dirección dorsoventral; en su exterior estará revestido por ectodermo y en la parte interna, por endodermo. Al final de la cuarta semana se observan cuatro arcos faríngeos separados en la parte superficial unos de otros por estructuras denominadas surcos y por la parte interna por bolsas. El quinto arco branquial no se desarrolla en los seres humanos, sin embargo, los arcos craneales 1 y 2 son los que se desarrollan y aparecen primero.

En un arco faríngeo o branquial se distinguen varios componentes:

- Una arteria que se forma a partir del corazón primitivo
- Una barra cartilaginosa que forma el esqueleto del arco
- Un componente muscular que dará origen a los músculos de la cabeza y el cuello
- Un paquete de nervios sensitivos y motores derivados de cada arco que inervará la mucosa y los músculos derivados de cada arco.

Del primer arco branquial se derivan dos salientes: **a) proceso mandibular**, este contiene el cartílago de Meckel, quien estará ubicado en forma tal que más adelante servirá de guía del mecanismo de osificación del cuerpo de la mandíbula que se desarrollará a su alrededor. Cuando gran parte del cartílago de Meckel desaparece, se dará origen a los huesos del oído medio, yunque y martillo. **b) proceso maxilar**, que participa en la formación del maxilar.

El segundo arco branquial junto con el tercero dará lugar a la formación del hueso hioides. En el transcurso de la quinta semana, del segundo arco branquial se emite unas prolongaciones por la parte superficial que llegan a recubrir el tercero y cuarto arco formando el seno cervical.

Gracias a una invaginación que ocurre en el endodermo de la faringe primitiva de cada arco branquial, se originan unas bolsas llamadas, bolsas faríngeas.

La primera bolsa faríngea se aproxima hasta el primer surco y da lugar al conducto auditivo externo, la segunda bolsa faríngea dará lugar a la formación de la amígdala palatina, de la tercera bolsa faríngea se diferencia la glándula paratiroides inferior y el timo; por último de la cuarta bolsa faríngea se forma las glándulas paratiroides superior.

Con ayuda de las células de las crestas neurales se derivarán los componentes de los tejidos conectivos que formarán estructuras dentarias como: tejido dentinopulpar, tejidos de sostén del diente o periodoncio de inserción, de los cuales se dará lugar al hueso alveolar, ligamento y cemento.

Los arcos branquiales tienen un patrón de organización y diferenciación el cual están regulados por genes HOX, a excepción del primer arco, estos genes ayudan a establecer el código arco faríngeo gracias a las células de la cresta neural. ¹

2. Estructuras derivadas de los arcos faríngeos o branquiales.¹ (Tabla 1)

ARCOS FARÍNGEOS	Componente muscular	Componente nervioso	Derivado cartilaginoso
1°	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Músculos de la masticación ➤ Milohioideo ➤ Porción anterior al digástrico ➤ Tensor del tímpano ➤ Tensor del velo del paladar 	Nervio Trigémino V	Cartílago de Meckel. Extremo dorsal del cartílago de Meckel: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Yunque, martillo ➤ Lig. Esfenomandibular ➤ Mandíbula
2°	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estapedio ➤ Estilohioideo ➤ Vientre posterior del digástrico ➤ Auriculares 	Nervio Facial VII	Cartílago de Reichert <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estribo ➤ Apófisis estiloides del H. Temporal ➤ Ligamento estilohioideo
3°	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Músculo estilofaríngeo 	Nervio Glossofaríngeo IX	Cartílago del tercer arco faríngeo
4°	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cricotiroides ➤ Elevador del velo del paladar ➤ Constrictor de la faringe 	Ramas laríngeas superior y recurrente del Nervio Vago X	Cartílagos laríngeos. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiroides ➤ Cricoides ➤ Aritenoides ➤ Corniculado ➤ Cuneiforme

Tabla 1. Estructuras derivadas de los arcos branquiales o faríngeos.

3. Desarrollo de los maxilares a partir de los procesos o arcos faríngeos.

El desarrollo de la mandíbula se inicia en dos centros de osificación membranosa en el mesénquima del proceso mandibular, durante la 7ª semana de desarrollo. Comienza en la vecindad del ángulo formado por los ramos de los nervios mental y alveolar inferior, al separarse del nervio mandibular. Al inicio se forma un semianillo óseo alrededor del nervio y arteria y las trabéculas óseas se extienden hacia atrás y adelante. De este modo el hueso del cuerpo mandibular en desarrollo, tiene el aspecto de un canal abierto hacia arriba donde se alojan el paquete neurovascular y los gérmenes dentales. Al avanzar la osificación el cartílago mandibular involuciona, excepto en su parte distal donde origina 2 huesos del oído medio y en su extremo medial donde experimenta osificación endocondral. El mecanismo de osificación membranosa involucra la acción de los factores de crecimiento que actúan desde la epidermis, activando en células derivadas de la cresta neural, un factor de transcripción, la cual transforman las células mesenquimáticas en osteoblastos. ¹

4. Crecimiento y desarrollo craneofacial prenatal

Luego de los veintiocho días de la concepción, empieza la identificación de la región orofacial, esto se da gracias a la aparición de la placa precordial ubicada en el disco trilaminar germinativo embrionario. La membrana orofaríngea es el resultado de la combinación del endodermo y el ectodermo, esta combinación dará como resultado la ubicación donde a futuro se desarrollará la boca del embrión, la cual constituye el límite entre la cavidad bucal y el intestino primitivo. Con el pasar del tiempo gracias al ectodermo creará la mucosa de la cavidad bucal, mientras las paredes faríngeas serán cubiertas por el endodermo. ²

5. Formación de nariz y fosas nasales

Las placodas olfatorias se originan a cada lado del proceso frontal en la parte lateral, el cual se encuentra por encima de los arcos branquiales y corresponde al neurocráneo, en la cuarta semana de vida embrionaria.

Estas placodas se invaginan en la parte media y forman una estructura con forma de herradura que se divide en dos partes: el proceso nasal lateral que se encuentra en la parte externa y el proceso nasal medial que se encuentra hacia la parte interna. La invaginación formará los orificios de fosas nasales.

Los procesos nasales mediales a medida que se desarrollan los arcos branquiales, especialmente el primero; se aproximan a la línea media, fusionándose y formando el proceso nasomedial que dará origen al filtrum del labio superior, cuatro incisivos y la premaxila. A su vez el proceso nasomedial se continua con el proceso frontal y dará lugar al proceso frontonasal dando lugar a la formación de la frente, dorso de la nariz y punta de la nariz.

La fusión del proceso nasal lateral y el proceso maxilar desde la profundidad originan primero un surco que luego se transforma en conducto nasolagrimal y finalmente el surco naso geniano; es importante acotar que también se forman las alas de la nariz. ⁴

6. Formación del macizo facial

La formación del macizo facial está constituido por cinco procesos que se encuentran situados alrededor de una depresión central llamada estomodeo.

La formación del macizo facial consta de procesos pares que corresponden a las prominencias maxilares y mandibulares, estas se derivan del primer arco branquial, mientras que el proceso frontonasal medio corresponde al proceso impar.

Para dar lugar al macizo facial, existe la fusión de los procesos entre sí, esto se da lugar gracias a dos mecanismos: la fusión aparente y la fusión real.

- **Fusión aparente:** Se forma a partir del crecimiento desigual de los procesos faciales.
- **Fusión real:** Se da lugar a partir de la fusión de procesos que se enfrentan por lo que se produce una desintegración del epitelio y una mesodermización del mesénquima.

Etapas para determinar la configuración de la cara:

1. **Proceso maxilar:** Se desarrolla y se dirige hacia arriba y hacia adelante, colocándose inferior a la región del ojo y superior a la cavidad bucal primitiva.
2. **Proceso mandibular:** Este proceso avanza dirigiéndose hacia la línea media, inferior al estomodeo para así unirse con el del lado contrario y poder formar la mandíbula y el labio inferior.
3. **Procesos mandibulares:** Existe fusión lateralmente con el proceso maxilar en la región superficial para dar origen a la mejilla, provocando así la restricción de la abertura bucal.
4. Como producto del crecimiento mayor de las partes laterales de la región frontonasal, las fosas olfatorias se comunican entre sí, ocasionando que el espacio existente entre ambas se eleve y originen el dorso y la punta de la nariz.

Al inicio de la formación el ala de la nariz se tiende ancha y chata, gracias a la elevación del dorso de la nariz, estas se acercan y los orificios de la nariz descienden hacia abajo, por otro lado, los ojos se posicionan hacia adelante facilitando la visión binocular y la frente se expande frontalmente.

5. La fusión aparente de los procesos nasomedianos, dan origen a la porción media del labio superior o también conocida como filtrum, mientras que, las zonas laterales del labio superior se originan gracias a la unión de los procesos nasales medios y los procesos maxilares respectivos.⁴

7. Formación de la lengua

La lengua se forma a partir de los cuatro arcos branquiales; se sabe que está relacionada con el origen y desarrollo de la mandíbula. En las primeras etapas, la lengua se compone de tejido mesenquimatoso cubierto de epitelio. En la quinta semana, en la superficie interna de los arcos mandibulares se observan dos engrosamientos laterales, llamados prominencias linguales, con una pequeña protuberancia y media entre ellos. Estos tres bultos provienen del primer arco y forman la punta y el dorso de la lengua. Detrás del tubérculo impar hay una protuberancia medial más grande, llamada cópula, que resulta de la fusión del segundo, tercer arco y parte del cuarto arco braquial llamando eminencia hipobranquial que constituirá la base de la lengua.^{2,4}

Existe un tercer abultamiento medial que se origina en la parte posterior del cuarto arco y muestra el crecimiento de la epiglotitis. Algunos de los músculos de la lengua probablemente se diferencien in situ; no obstante, la mayoría de ellos se organizan a partir de mioblastos que proceden de somitos occipitales, razón por la cual están inervados por el nervio hipogloso mayor (XII par) dando su inervación motora.⁴

La inervación sensitiva dará lugar el Trigémino (V par) inerva la punta de la lengua; el Facial (VII par) por su rama cuerda del tímpano inerva los dos tercios anteriores del dorso de la lengua y la base de la lengua; el glossofaríngeo (IX par) inerva las papilas caliciformes de la «V» y el Vago (X par) inerva las partes laterales.⁴

Las papilas de la lengua empiezan a aparecer en la superficie de la mucosa dorsal después de 8 semanas y se hacen claramente visibles después de 12 semanas. Las papilas fungiformes son las que primero se diferencian, posteriormente lo hacen las filiformes y, finalmente, las posteriores o caliciformes. A las 20 semanas, estas papilas presentan botones gustativos en la pared. El epitelio que tapiza las papilas se aumenta gradualmente y alcanza de 8 a 10 estratos celulares en el momento del nacimiento, de manera similar a lo que hemos observado en la mucosa bucal.^{3,4}

8. Formación del Paladar

El paladar primario se forma alrededor de 5 a 6 semanas, y el paladar secundario en 7 a 8 semanas dentro de los procesos maxilares. La fusión de ambos paladares se produce entre las 10 y 11 semanas de desarrollo. Debido a la formación del paladar principal, los procesos nasomediales se fusionan no solo en la superficie, sino también en profundidad, como resultado de lo cual se forma una estructura embrionaria especial: el segmento intermaxilar.³

En la semana 6 se produce la perforación de la membrana orofacial y se establece el contacto entre la cavidad nasal y la cavidad oral. La abertura se llama coana primitiva y se encuentra detrás del paladar primario. Esta abertura se ubica luego en la faringe, donde se forma el techo final de la cavidad bucal, separándola de la cavidad nasal. Debido al desarrollo del paladar secundario y los mecanismos de formación continua del sistema facial, la superficie interna de los procesos maxilares forma dos protuberancias semicirculares, llamadas procesos palatinos. Crecen hacia la línea media y luego se unen para formar el paladar secundario.⁴

Al final de la semana 8, a medida que descienden la lengua al piso de la boca, los procesos palatinos se dirigen hacia arriba y se vuelven horizontales, facilitando el contacto y provocando la fusión real de dos procesos. En la semana 9, ambos procesos palatinos aparecen en forma horizontal, muy cerca uno del otro, pero aún no se encuentran fusionados.⁴

En la semana 10, el paladar secundario se une al paladar primario. Por arriba se unen al tabique nasal, formando así la cavidad bucal y las fosas nasales. Al conectar los procesos palatinos con el tabique nasal se diferencia la fosa nasal derecha de la izquierda. Previamente, se forman pliegues en las paredes laterales de las fosas nasales, formando los pliegues superior, medio e inferior que corresponden a los cornetes nasales. Esto le permitirá cumplir con las funciones de respiración, masticación, fonación y deglución posterior al nacimiento. A las 12 semanas de gestación, los procesos palatinos se fusionan con el tabique nasal.^{3,4}

Existen cinco etapas importantes en el desarrollo craneofacial, en las cuales puede existir alteraciones tanto en la cara o en el desarrollo de los maxilares: ³ (Tabla 2)

Periodos del crecimiento embrionario craneofacial		
FASE	MOMENTO EN LOS SERES HUMANOS (posfecundación)	SINDROME ASOCIADOS
Desarrollo del estrato germinal y organización primaria de estructuras.	Día 17	Síndrome alcohólico fetal (SAF).
Formación del tubo neural.	Días 18-23	Anencefalia
Inicio, desplazamiento y relación de las poblaciones celulares.	Días 19-28	Microsomía craneofacial. Disostosis mandibulofacial. (Síndrome de Treacher Collins). Mal formaciones de las extremidades.
Desarrollo de órganos y sistemas. Paladar primario y secundario.	Días 28-38 Días 42-55	Labio leporino y/o paladar hendido, otras hendiduras faciales. Paladar hendido.
Distinción final de los tejidos.	Días 50-nacimiento	Acondroplasia. Síndrome de sinostosis.

Tabla 2. Periodos del crecimiento embrionario craneofacial.

La mayoría de defectos embrionarios son de etiología genética, pero también existe influencia del medioambiente. Los teratógenos son sustancias químicas altamente nocivas si se administra en un momento crítico produciendo así alteraciones embrionarias. ³

Dentro de los teratógenos que afectan el desarrollo dentofacial encontramos. ³ (Tabla 3).

Afectación de Teratógenos al crecimiento dentofacial	
TERATÓGENOS	EFEECTO
Alcohol etílico	Deficiencia mesofacial central
Aspirina	Labio leporino y paladar hendido
Citomegalovirus	Microcefalia, hidrocefalia, microftalmia
Vitamina D	Cierres prematuros de suturas
Fenitoína	Paladar hendido y labio leporino
Humo de tabaco (hipoxia)	Paladar hendido y labio leporino
Rayos X	Microcefalia
Toxoplasma	Microcefalia, hidrocefalia, microftalmia
Valium	Asociados a la Microsomía craneofacial y síndrome de Treacher Collins
Virus de la rubeola	Microftalmia, cataratas, sordera

Tabla 3. Afectación de Teratógenos al crecimiento dentofacial.

9. Fisura Labio, Alvéolo Palatina (FLAP)

Desde los 24 días de la concepción hasta la 6 semana, se llevará a cabo la formación del labio superior, esto corresponde en el primer trimestre del embarazo, por lo que al interrumpirse los procesos nasales medios, tanto el contiguo y maxilar, el feto desarrollará una fisura en el labio superior, casi nunca ocurre en la línea media, generalmente en la línea media corresponden a

laterales en uno o a los dos lados, pero cuando la ausencia de fusión se extiende al paladar primario, es decir, en la zona del reborde alveolar que contiene los incisivos centrales bilaterales se forma la fisura en el proceso alveolar. (Figura 1) ¹

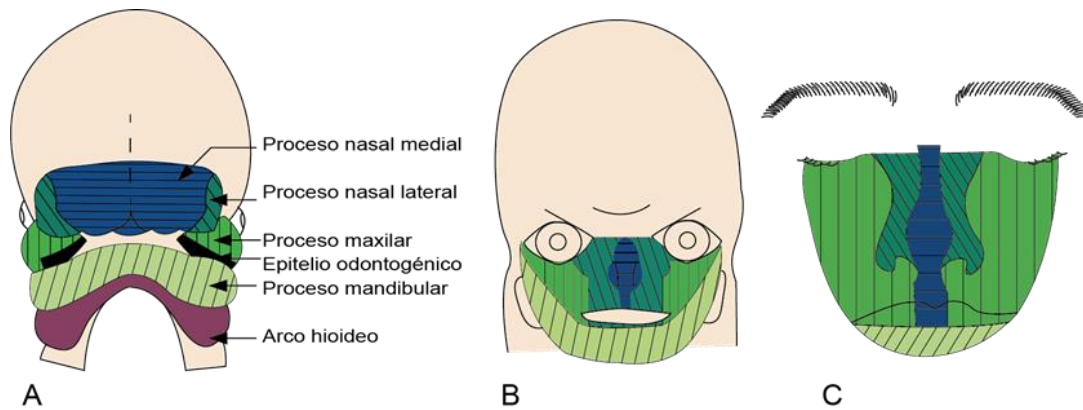


Figura 1 Función de los procesos faciales. **A.** A los 31 días inicia la fusión de las estructuras. **B.** Avance de la fusión de las estructuras a los 35 días. **C.** Ilustración esquemática de la contribución del desarrollo facial embrionario a las estructuras de la cara adulta.

En la octava semana se cierra el paladar secundario por causa del aumento de los procesos palatinos salientes, luego de cerrarse el paladar inicial. La fusión de los procesos palatinos laterales del maxilar, los salientes del hueso palatino, el paladar primario y la prominencia frontonasal medial, conformaran el paladar. ¹

Aproximadamente el 70% de los individuos con fisura labial, también presenta fisura del paladar. Una fisura alejada del paladar secundario se produce a causa de un error que surge después de estar completa la fusión labial. La fase incompleta del paladar secundario puede dar lugar a una úvula bífida. (Figura 2) ¹.

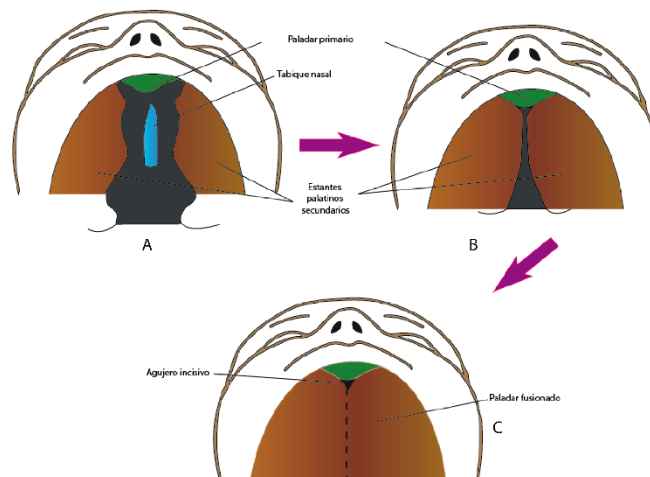


Figura 2. Palatogénesis.

- A.** Prolongaciones palatinas en posición vertical a lo largo de los lados de la lengua. **B.** Las prolongaciones palatinas se reorientan en posición horizontal, cubiertos por células mesenquimales. **C.** Contacto en la línea media y las células empiezan su migración para la finalización del proceso de fusión del paladar.

10. Otras fisuras faciales

La hendidura mediana está relacionada con la agenesia palatina primaria, las hendiduras labiales pueden relacionarse específicamente con el paladar hendido, sin embargo, su etiología hereditaria se da por separado. El déficit de unión del labio superior puede relacionarse con la unión del paladar que se llevara a cabo más tarde lo que puede explicar la combinación en la hendidura labial y palatina. La alteración de los procesos mandibulares y maxilares desencadena a otras anomalías faciales. Generalmente, la abertura estomodeal primaria ancha pierde dimensión mediante la migración de la mesénquima la cual se encarga de fusionar las prominencias maxilares y mandibulares dando origen a las comisuras bucales definitivas. Un inadecuado ectomesénquima da origen a una anomalía denominada macrostomia la cual se caracteriza por una forma de hendidura facial, esta puede ser unilateral o bilateral, por otro lado, una fusión excesiva provoca astomía o macrostomia que se relacionan generalmente con otras anomalías congénitas como sinotia y agnatia.¹

La unión de las prominencias mandibulares en la línea central da origen a la continuidad del labio inferior, este labio, muy pocas veces presenta malformaciones, pero si lo llegara a presentar, mostraría una fisura en la parte media anterior lo que haría contraste con la fisura labial superior. Las deformaciones del labio inferior se dan de uno a cien mil nacimientos, estas malformaciones se relacionan con el síndrome de Van der Woude, este síndrome va casualmente acompañado del labio y paladar fisurado ocasionado por una mutación de los genes WDR65 y IRF6¹. (Figura 3)

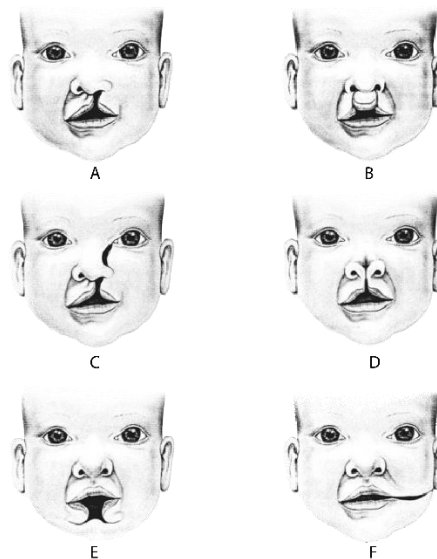


Figura 3. Tipos de hendiduras faciales.

A. *Hendidura labial unilateral:* Hendidura grande que atraviesa el labio y llega hasta la nariz.

B. *Hendidura labial bilateral:* Dos hendiduras que llegan a la nariz, no se fusiona con el labio superior y respetando la nariz, se dirige al párpado inferior.

C. *Fisura facial oblicua y hendidura labial unilateral:* Inicia en el labio superior y respetando la nariz, se dirige al párpado inferior.

D. *Hendidura mediana labial:* Inicia en el labio superior atravesando la línea media de la nariz.

E. *Hendidura mandibular medial:* Puede manifestarse como muesca en el bermellón del labio hasta

ausencia del manubrio esternal. **F. *Macrostomia unilateral***: Formación anormal de la boca unilateralmente.

NATURALEZA DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL COMPLEJO CRANEOFACIAL

Sinopsis

La comprensión del crecimiento y desarrollo de los huesos, articulaciones y músculos del complejo craneofacial es fundamental para el diagnóstico y tratamiento en Ortodoncia; además, presenta una estrecha relación con las funcionales orales tales como: respiración, succión, masticación, deglución y la fonación. Por lo tanto, alteraciones en la función puede producir cambios adaptativos en las estructuras craneofaciales.

La formación y desarrollo de las bases óseas maxilomandibulares así como la posiciones de los dientes son controlados de forma individual (genético), así como también de varios fenómenos medioambientales; por lo tanto, el tratamiento de una maloclusión morfológica en un paciente en crecimiento admite la redirección de los huesos basales.

11. Osteogénesis

La etapa de formación de los huesos inicia mediante la sustitución del tejido mesenquimatoso, lo que resulta en formación de hueso. Este es un tejido que responde a la compresión y a la tensión mediante células conocidas como los osteoclastos y osteoblastos que remodelan constantemente el hueso laminar. Esta osificación se divide en dos partes conocidas como osificación ósea endocondral e intramembranosa^{5, 6}.

Los osteoblastos son células responsables del depósito óseo. Durante el periodo embrionario estas células secretan matriz osteoide, que es no mineralizada, luego se calcifica y se convierte en hueso (Figura 4).^{6, 7}

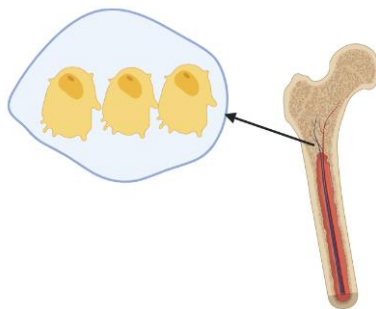


Figura 1. Osteoblasto Presente en la formación ósea.

Los osteoclastos son células multinucleadas que funcionan en la resorción ósea, provienen de los macrófagos y entran al hueso por medio de los vasos sanguíneos, la función de esta célula está bajo estricto control, la hiperactividad produce osteoporosis, mientras que la disminución de esta función ocasiona osteopetrosis (Figura 2).⁸

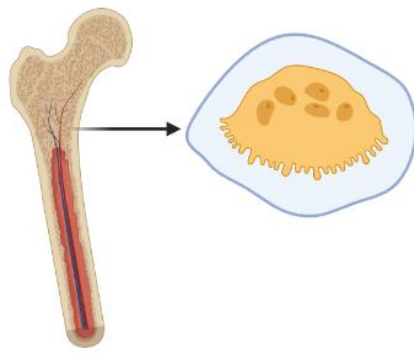


Figura 1 Osteoclasto. Responsable de la reparación ósea.

Los osteocitos son las células más numerosas presentes en el hueso. Se forman a partir de osteoblastos atrapados en una matriz mineralizada en lagunas óseas. Su función principal es la de mantener el tejido osteoide. Los osteocitos se conectan entre sí y con su entorno a través de procesos citoplasmáticos. Esta comunicación entre ellos y el entorno circundante les permite detectar el estrés y la deformación del hueso (Figura 3).⁹

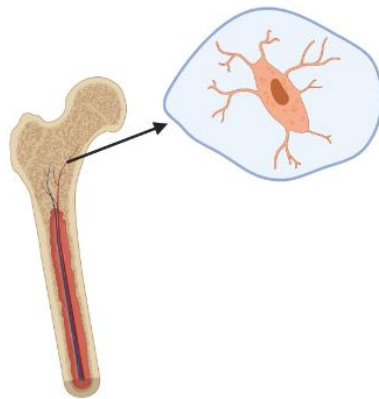


Figura 2 Osteocitos. Fomentan la remodelación ósea.

12. Osteogénesis intramembranosa

Es el procedimiento por el cual se forman los huesos planos del cráneo, durante esta osificación, el elemento celular mesenquimal de la cresta neural prolifera, condensándose en nódulos densos. Unas cuantas células se transforman en capilares, mientras que otras solo cambian la forma para transformarse en osteoblastos, que son matrices óseas.^{11,17}

Estas células conocidas como osteoblastos producen un molde de colágeno-proteoglicano en el cual se adhieren a sales de calcio en la que, mediante este enlace, el molde del pre-hueso o llamado también osteoide, se calcifica. En el mayor de los casos, los osteoblastos se encuentran alejados de la zona de calcificación por una capa de matriz osteoide.^{11,17}

Cuando los osteoblastos se encuentren sumergidos en la matriz ósea, se convierten en osteocitos; es decir, células óseas maduras. A medida que progresa la calcificación, las espículas óseas se irradian desde la región donde comenzó la osificación, y las espículas calcificadas quedan englobadas por células mesenquimales las cuales formarán el periostio, que es una membrana que rodea el hueso. (Figura 4)¹⁷

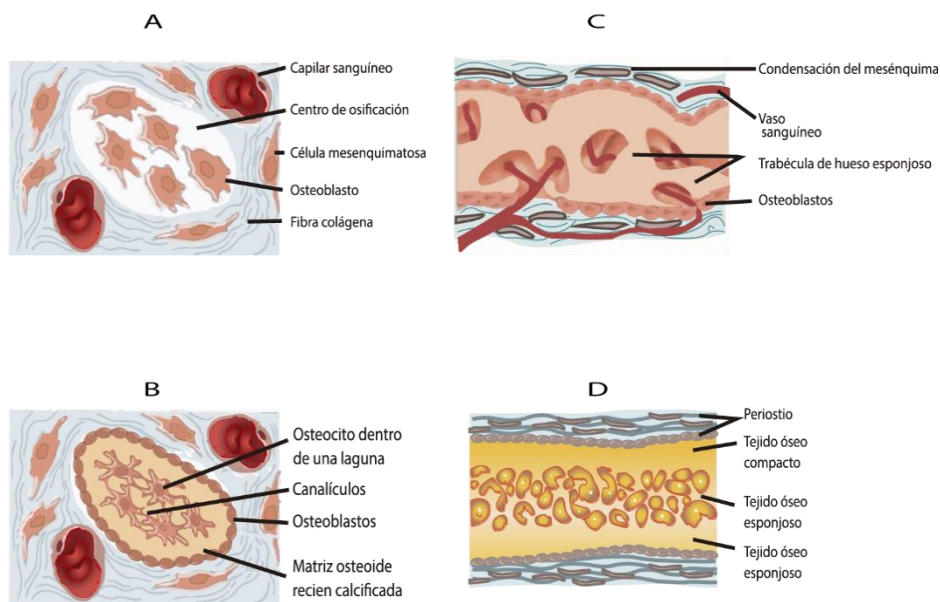


Figura 4 Osificación Intramembranosa.

A. Surgimiento del centro de osificación, los osteoblastos generan matriz osteoide. **B.** Calcificación, almacenamiento de calcio u otras sales minerales y la matriz osteoide se calcifica. **C.** Desarrollo de trabéculas, la matriz osteoide se diferencia en trabéculas que se enlazan entre sí y dan formación al hueso esponjoso. **D.** Desarrollo del periostio, el mesénquima del hueso periférico se transforma en periostio.

La calcificación osteoide, es la aparición de la matriz ósea mineralizada, esta ocasiona que los huesos sean relativamente permeables a los nutrientes y los desechos metabólicos, existiendo así, canalículos que se extienden por el canal de Havers para ser los encargados de dar acceso a los nutrientes¹⁹.

13. Osificación Endocondral

El reemplazo de cartílago por hueso se llama osificación endocondral. Por tanto, gran parte del sistema óseo del cuerpo se desarrollan de esta forma, esta origen se caracteriza por ser el más pronunciado en los huesos largos. Este acto se forma de la siguiente manera. ^{11.18}

a. Aparición del molde cartilaginoso:

En el sitio del hueso, las señales son enviadas por mensajes químicos específicos que hacen que las células mesenquimales se agrupen en forma similar al futuro hueso, luego se transforman en condrocitos, secretando la matriz de cartílago extracelular de la cual partirá el desarrollo de la plantilla de cartílago, por lo que a alrededor aparecerá una vaina llamada pericondrio.

b. Desarrollo y molde cartilaginoso:

La matriz del cartílago se va alargando por la división celular continua de los condrocitos, en conjunto con la secreción de matriz del cartílago extracelular. A este tipo de crecimiento se lo conoce como crecimiento intersticial, el cual es encargado del crecimiento de la forma cartilaginosa.

c. Aparición del centro primario de osificación:

Este ocurre medialmente en la superficie externa del hueso, mediante el orificio trófico en la zona media del cuerpo óseo, la arteria trófica atraviesa la membrana corioidea y la capa de cartílago calcificado, provocando la diferenciación de los osteoblastos en los condrocitos.

d. Inicio de la cavidad medular:

A medida que se va extendiendo la matriz de osificación primaria hasta los límites del hueso, los osteoclastos van destruyendo algunas de las recién formadas trabéculas óseas esponjosas. Esto produce una cavidad en el eje (vacío medular). Al final, una gran parte de la pared de la estructura de la diáfisis se reemplaza por hueso compacto.^{11,18} (Figura 6)

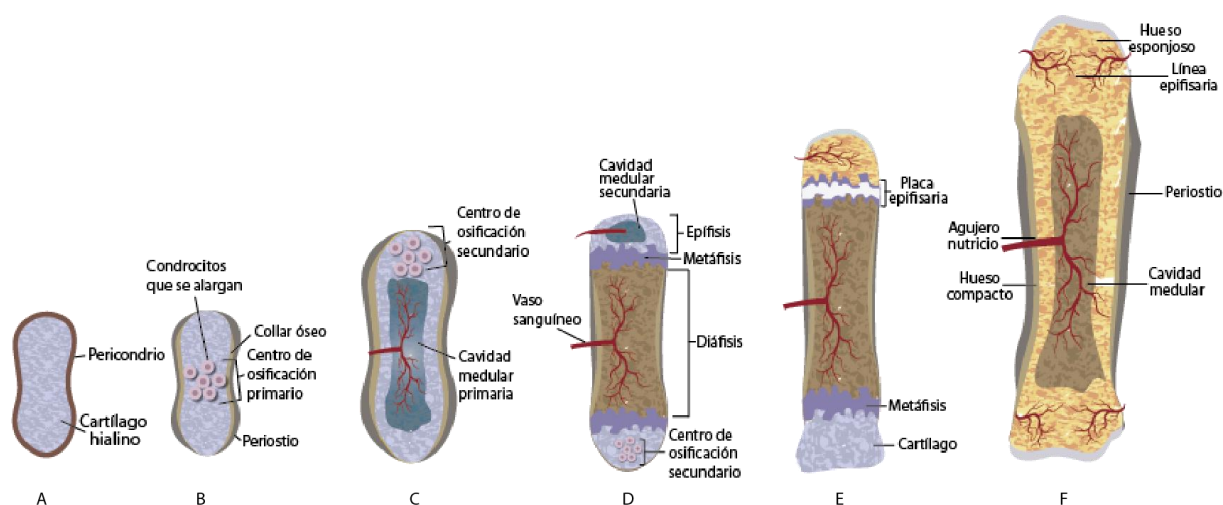


Figura 5. Osificación Endocondral.

- A.** Modelo inicial del cartilago. **B.** Formación del centro de osificación primario. **C.** Incursión vascular, desarrollo de la cavidad medular primaria y formación del centro de osificación secundario. **D.** Hueso en etapa de nacimiento con cavidad medular primaria y desarrollo de la cavidad medular secundaria. **E.** Hueso de infante con placa epifisaria en la zona distal. **F.** Hueso adulto con cavidad medular y placa epifisaria finalizada.

14. Centros y sitios de crecimientos

Los encargados de regular el crecimiento óseo, se denominan sitios de crecimientos, estos se encuentran esparcidos por el hueso en forma de mosaico en las superficies externas e internas. En los sitios de crecimiento se produce el aumento de tamaño del primer hueso formado, ocasionando el desplazamiento de los siguientes, se debe considerar que no todos los huesos experimentan la misma actividad y velocidad de crecimiento.

Los centros de crecimiento se expresan durante la osificación primaria, en la misma se desarrolla el cartilago de crecimiento encargado del aumento longitudinal de los huesos largos.^{12, 19}

Existen cuatro factores que proporcionan la existencia de variaciones anatómicas en cada individuo:

- Reabsorción y aposición
- Límites de crecimiento
- Ritmos y cantidades diferenciales de depósito y reabsorción ósea
- Regulación del tiempo de crecimiento óseo.

15. Mecanismos de crecimiento óseo

El inicio del sistema óseo se define como un proceso de acumulación, reabsorción y almacenamiento, el cual presenta remodelación. Conforme aumenta el tamaño del hueso, este se va alejando de otros huesos donde antes existía contacto con otros huesos. Este fenómeno se da a partir de la aparición de un nuevo hueso sobre el lado de la cortical y la reabsorción del lado opuesto¹⁹.

En el crecimiento del sistema óseo craneofacial se presentan dos tipos de movimientos:

- a) El corrimiento por arrastre cortical
- b) Desplazamiento

El movimiento de arrastre es aquel que ocurre en todas las zonas de crecimiento de los huesos, pero no se encuentra inscrito en los centros de crecimiento primordiales; sin embargo, existe el incremento generalizado al igual que el reasentamiento de los puntos implicados.^{14, 19}

El desplazamiento se define como el movimiento de la unidad ósea. Por tanto, el remodelado es importante para mantener, las formas y proporción de los huesos en el periodo de crecimiento. Existen dos tipos de desplazamientos: primario y secundario. El desplazamiento primario hace referencia al propio crecimiento del hueso, mientras que el desplazamiento secundario es el movimiento que se produce por el crecimiento de otros huesos.¹⁹

Referencias bibliográficas

1. Caicedo C, Villareal M. Avances en bioingeniería dental y su aplicación en ortodoncia y ortopedia dentofacial: Una revisión de literatura. Rev. Estomatol [Internet] 2017; 25(1):32-42. Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/04/883174/5-caicedo-avances-bioing-dental-orto-ortoped.pdf>
2. Mackie E, Ahmed Y, Tatarczuch A, Chen K, Mirams M. Endochondral ossification: How cartilage is converted into bone in the developing skeleton. Rev. Elsevier. [Internet]. 2007; 40: 42-62. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S135727250700204X?via%3Dihub>
3. Hongy Z, Xiaojuan S, Long W, Xiaojie, et al. Intramembranous ossification and endochondral ossification are impaired differently between glucocorticoid-induced osteoporosis and estrogen deficiency-induced osteoporosis. SCientifiC Reports [Internet]. 2018; 8(3867): 1-13. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5832871/pdf/41598_2018_Article_22095.pdf
4. Shapiro F. Bone development and its relation to fracture repair. The role of mesenchymal osteoblasts and surface osteoblasts. European Shapiro Cells and Materials [Internet]. 2008; 15(1): 53-76. Disponible en: <https://www.ecmjournal.org/papers/vol015/pdf/v015a05.pdf>
5. Kiernan C, Knuth C, Farrell, E. Endochondral Ossification. Developmental Biology and Musculoskeletal Tissue Engineering. 2018 [Internet].125–148. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5689752/pdf/SCT3-6-1644.pdf>
6. Martinez L, Labovsky V, Fernández V, Choi H, Amorós A, Phillips C, Chasseing A. Mesenchymal Stem Cells as Regulators of the Bone Marrow and Bone Components. Mesenchymal Stromal Cells as Tumor Stromal

- Modulators. 2017 [Internet]: 15(1): 369–400. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/scd.2008.0375#>
7. Sung J, KI-Bum S, Sang K. Development and Growth of the Normal Cranial Vault: An Embryologic Review. J Korean Neurosurg Soc 2016 [Internet]: 59(3): 192-196. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4877539/pdf/jkns-59-192.pdf>
 8. Percival C, Richtsmeier J. Angiogenesis and Intramembranous Osteogenesis. Dev Dyn. 2013 [Internet]; 242(8): 909–922. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3803110/pdf/nihms503586.pdf>
 9. Merico V. Factores Reguladores de la Osificación Endocondral. Rev. Med. Condes. 2007 [Internet]: 18(4): 325-329. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/end/v17n2/end05206.pdf>
 10. Camargo D, Olaya E, Torres E. Teorías del crecimiento craneofacial: una revisión de literatura. UstaSalud. 2017 [Internet]; 16: 78-88. Disponible en: <file:///C:/Users/PcParts/Downloads/2022-4740-1-PB.pdf>
 11. Inoue S, Fujikawa K, Matsuki M, Nakamura M. Repair processes of flat bones formed via intramembranous versus endochondral ossification. Journal Of Biosciences. 2020 [Internet]; 62(1): 52-57. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1349007920300074?token=EEF907062CCD871E82A2B0C153B4B032BE8680B2A667D51DB953E7CDD7B02D96C1BA6A5E8102C2C8738A2F3017840021>
 12. Ghimire S, Miramini S, Edwards G, Rotne R, Xu J. The investigation of bone fracture healing under intramembranous and endochondral ossification. Bone Reporta. 2020 [Internet]; 14(1): 1-11. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352187220305003?token=FA2E35A0531EBC6928EC1697E8EDA03040C7FCF0C0FAA886D6E4E7B7FAD47C8640467556E73B3C1027FC2D8E365D3BE1>
 13. Mastaglia S. Periostina: su expresión en los procesos de reparación ósea. Acta Bioquím Clín Latinoam. 2016 [Internet]; 50 (3): 367-73. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/535/53549173005.pdf>

14. Calixto L, Gutiérrez M, Garzón D. Una propuesta teórica y conceptual para el modelado de la aparición de centros de osificación en diferentes tipos de huesos planos y largos. Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología. 2013 [Internet]; 27(1) 2-21. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcuborttra/cot-2013/cot131b.pdf>
15. Abajo H, Ros A. Modelos numéricos de remodelación ósea. Análisis crítico. Universidad Politécnica de Madrid. 2021. Disponible en: https://oa.upm.es/66438/1/TFG_HECTOR_ABAJO_LOSADA.pdf
16. Romero C, Torres E, Pinto Y. Crecimiento del cartílago condilar. Una revisión de la literatura. Odontol. Sanmarquina 2018; 21(2): 131-140. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/os.v21i2.14779>
17. Meruane Manuel, Smok Carolina, Rojas Mariana. Face and Neck Development in Vertebrates. Int. J. Morphol. 2012; 30(4): 1373-1388.
18. Berkowitz S. Cleft lip and Palate. Diagnosis and Management. Third Edition. 2013
19. Proffit W, Fields H, Sarver D, Ackerman J. Ortodoncia Contemporánea. Quinta Edición. 2014. Barcelona, España. Disponible en: ebooks.elsevier.com

Autorización de publicación en el repositorio institucional

LUZDARY MISHHELL RIOFRIO VIVANCO portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1105569774**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“CAPITULO DE UN LIBRO – OSTEOGÉNESIS ENDOCONDRALE DEL LIBRO DE ORTODONCIA DIAGNÓSTICA”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **05 de mayo del 2023**



Firmado electrónicamente por:
**LUZDARY MISHHELL
RIOFRIO VIVANCO**

F:

LUZDARY MISHHELL RIOFRIO VIVANCO

C.I. 1105569774