

MÓDULO I,
I UNIDAD

EMBRIOLOGIA

NOMBRE: _____ CARNÉ: _____

OBJETIVOS:

- Explicar el ciclo endometrial desde el punto de vista histológico y fisiológico.
- Identificar las estructuras anatómicas e histológicas del aparato reproductor masculino y femenino.
- Describir las fases de la fecundación
- Definir el término embriología
- Describir cronológicamente y según los estadios de Carnegie el desarrollo embrionario humano.
- Esquematizar las fases de la histogénesis y organogénesis del humano.
- Relacionar los problemas de desarrollo embrionario con malformaciones generales y con énfasis en el aparato estomatognático.
- Enunciar la secuencia de acontecimiento para la formación de cara y cuello.
- Describir los procesos cronológicos que se llevan a cabo en la formación de la cavidad bucal.
- Describir los procesos de la formación de la ATM y viscerocráneo.

EMBRIOLOGIA RESUMEN DIDACTICO

GENERALIDADES:

Para poder abordar el tema de embriología, debemos conocer un poco de los procesos que ocurren en el organismo para transformar células somáticas en gametos que puedan ser capaces de efectuar la reproducción sexual.

Iniciemos aclarando algunos términos:

● **Crossing over** (del inglés entrecruzamiento): Proceso que ocurre en la **meiosis** e incluye la ruptura de un cromosoma materno y uno paterno (**homólogos**), el intercambio de las correspondientes secciones de **ADN** y su unión al otro cromosoma. Este proceso puede resultar en un intercambio de **alelos** entre cromosomas.

● **Gameto** (del griego gamos = "unión de los sexos", esposa): Célula reproductora **haploide**(n) que cuando su núcleo se fusiona con otro gameto (n) del sexo opuesto origina un cigoto (2n), que por mitosis desarrolla un individuo con células somáticas diploides (2n), en algunos hongos y protistas puede, por meiosis, producir células somáticas haploides (n).

● **Generación**: período de desarrollo en el ciclo biológico de un organismo, originado a partir de una estructura reproductiva y que termina en otra estructura reproductiva luego de una serie de mitosis sucesivas.

● **Haploide** (del griego *haploos* = simple, *ploion* = nave): Célula que contiene solo un miembro de cada **cromosoma** homólogo (número haploide = n). En la **fecundación**, dos **gametos** haploides se fusionan para formar una sola célula con un número diploide (por oposición, 2n) de cromosomas

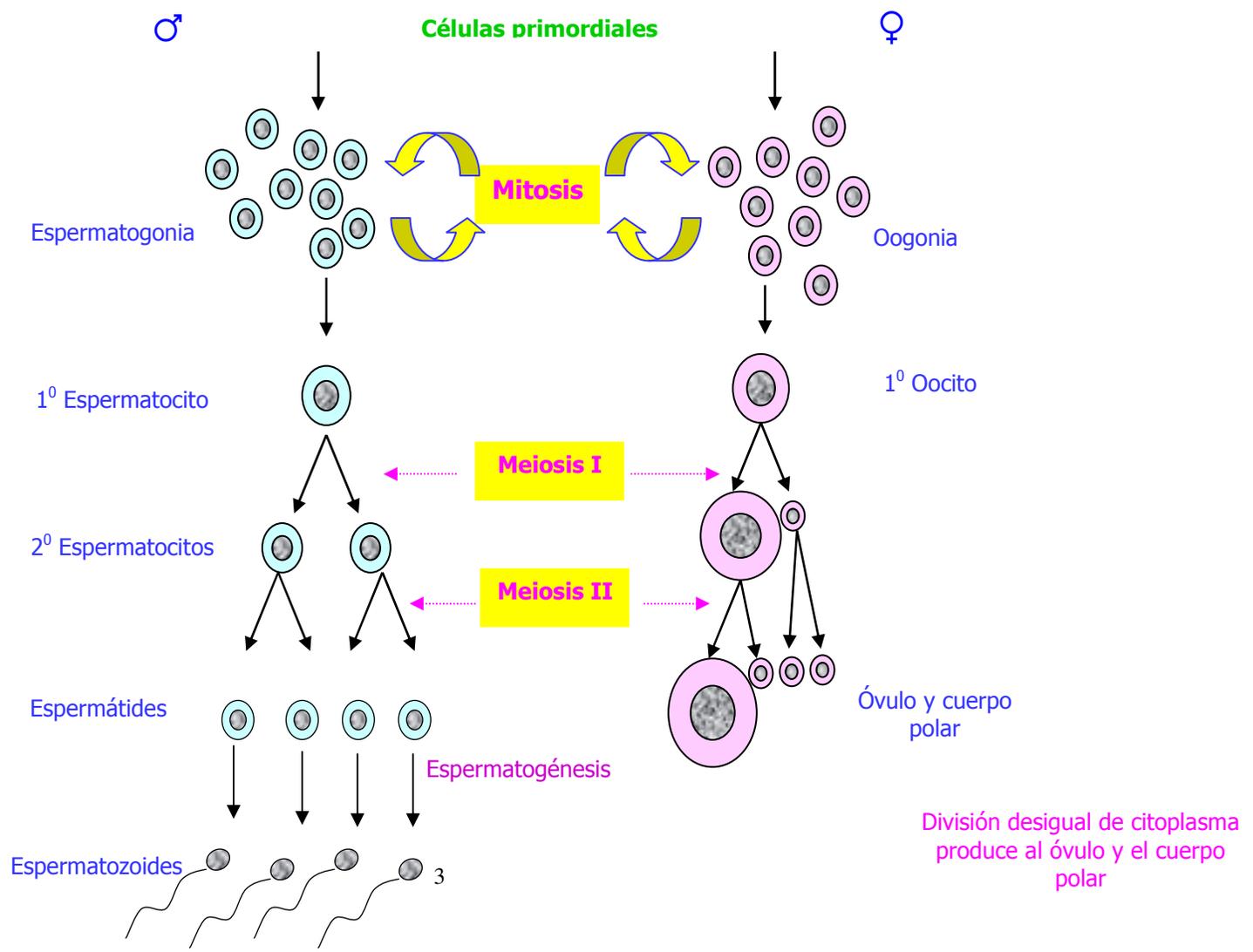
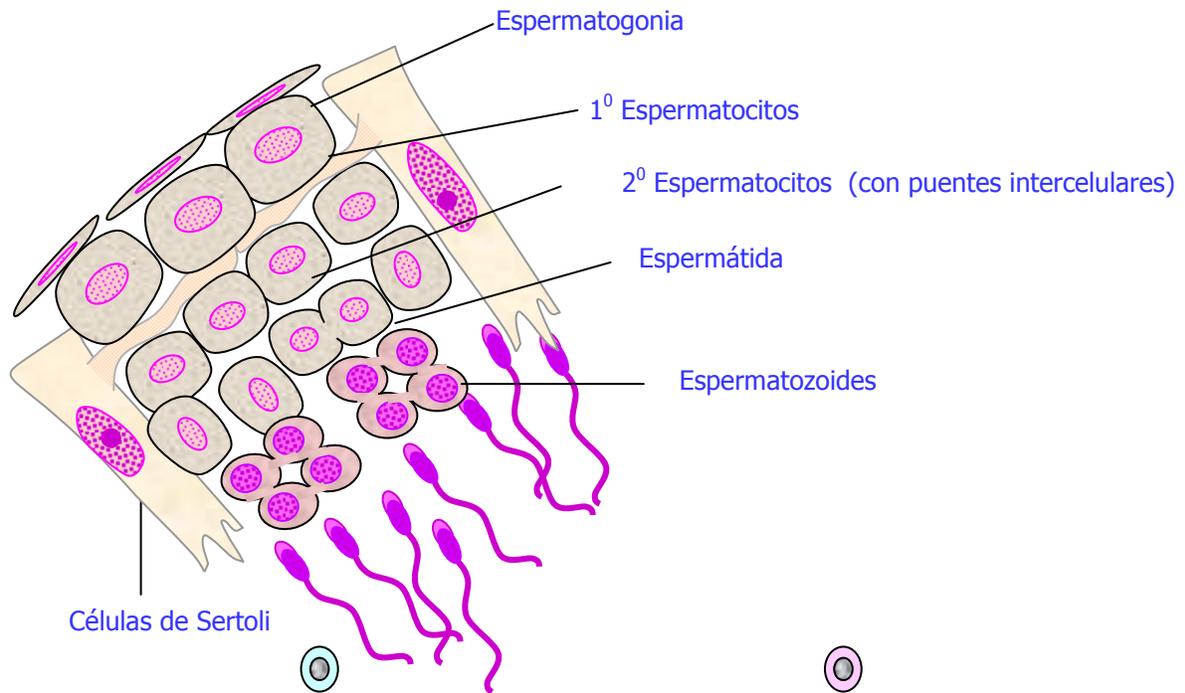
● **Meiosis** (del griego meio = menor; meiosis = reducción): División celular en la cual la copia de los cromosomas es seguida por dos divisiones nucleares. Cada uno de los cuatro **gametos** resultantes recibe la mitad del número de cromosomas (número **haploide**) de la célula original.

● **Mitosis** (del griego *mitos* = hebra): La división del núcleo y del material nuclear de una célula; se la divide usualmente en cuatro etapas: profase, metafase, anafase, y telofase. La copia de una célula. La mitosis ocurre únicamente en **eucariotas**. El **ADN** de la célula se duplica en la interfase y se distribuye durante las fases de la mitosis en las dos células resultantes de la división.

● **GAMETOS**: Células haploides, que poseen la mitad de información genética, o sea 23 cromosomas. Pueden ser masculinos (espermatozoides) o femeninos (óvulos u oocitos).

● **GAMETOGENESIS**: Son los procesos que están relacionados con la formación de las nuevas células haploides. Esta se lleva a cabo en los órganos reproductores (testículos y ovarios).

● **OVOGENESIS**: Es la producción de óvulos en el ovario. Se inicia durante la vida prenatal y se interrumpe en su transcurso, cuando las células inician la profase de la primera división meiótica, (alrededor del 3 a 8 meses del desarrollo embrionario). En la pubertad salen de su latencia y cada mes, varias células reinician su división meiótica aunque solo una célula por mes podrá completar la división en condiciones normales. Las células restantes degeneran dentro del ovario.



CICLO ENDOMETRIAL:

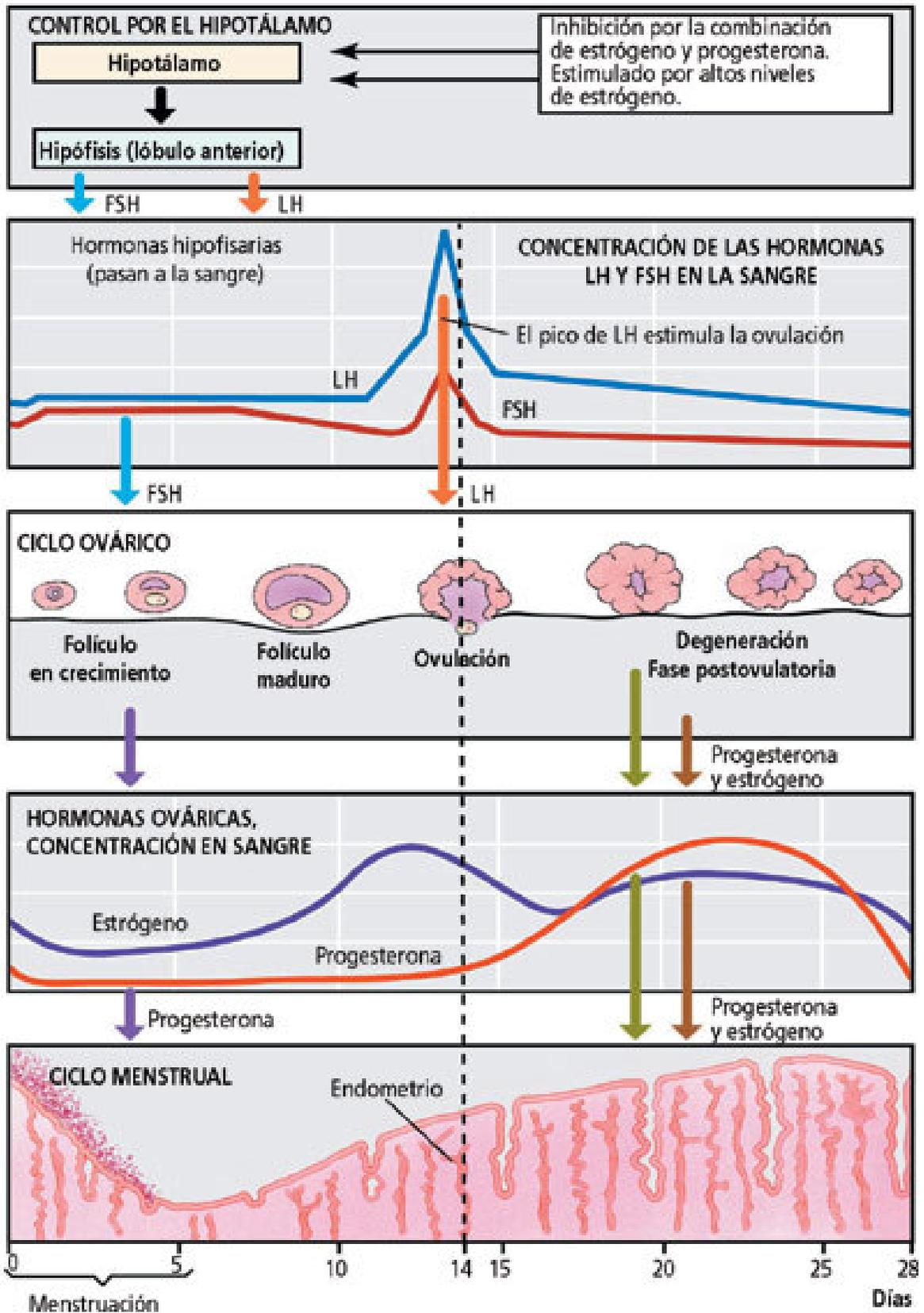
El endometrio es la capa más interna del útero. Es la que se desprende y es expulsada en el período menstrual. También es la que nutre directamente a la placenta durante el embarazo. Esta capa sufre ciertos cambios que son conocidos como ciclo endometrial. Básicamente los podemos agrupar en cuatro fases:

- **Menstruación:** Desprendimiento del endometrio. Provoca sangrado al erosionarse sus vasos sanguíneos.

- **Proliferación:** Es una reparación para la capa funcional del endometrio con aumento del número de capas en el epitelio así como la regeneración de las arterias espiraladas. Inicia al terminar la menstruación por la acción de los estrógenos producidos en el folículo ovárico. Este período puede ser variable en duración.

- **Fase secretoria:** La capa funcional se engrosa, presentando en sus glándulas una secreción abundante y gran edema en el tejido intersticial. Las arterias espiraladas se hipertrofian y esto favorece la secreción ácida y rica en glucógeno. Es inducida por la acción de la progesterona. Es en esta fase donde puede llevarse a cabo la implantación.

- **Fase isquémica:** Si no se produce la fecundación del óvulo, la capa funcional se contrae, palidece y se desprende iniciando un nuevo ciclo menstrual. Esto es producido por acción de las prostaglandinas en especial la 2α que induce una contracción e isquemia en las arterias espiraladas con la consecuente necrosis del tejido funcional. Esta fase concluye con la expulsión del tejido y sangre a través del cervix y la vagina.

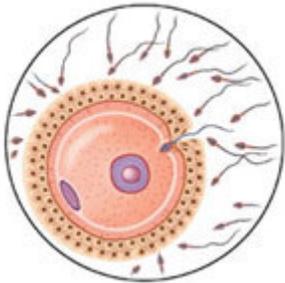


PERIODO PREEMBRIONARIO: Comprende desde la fecundación hasta la tercera semana, cuando es un disco laminar.

PERIODO EMBRIONARIO: Comprende desde la cuarta semana hasta la octava, cuando se forma el embrión propiamente dicho y surge la organogénesis, morfogénesis e histogénesis.

PERIODO FETAL: Comprende desde la novena semana a la cuadragésima. Presenta el desarrollo (no apareamiento) de los órganos y sistemas.

LA FECUNDACIÓN



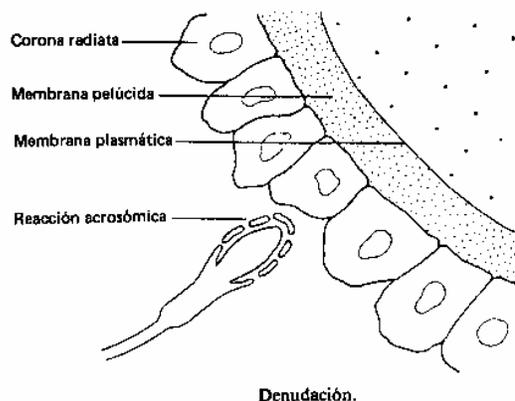
El primer acontecimiento para iniciar una vida es la fecundación. Dado que este es un resumen didáctico para el curso de Histología general, no ahondaremos en este tema. Si desea revisarlo más afondo, remítase a un libro de Embriología.

FASES DE LA FECUNDACION:

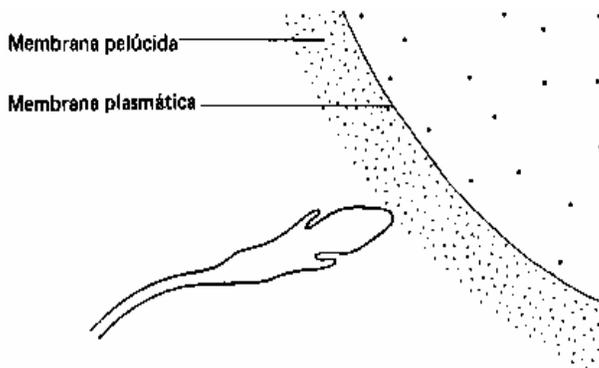
La fecundación es un proceso que se inicia con el buen desarrollo de los gametos. Además requiere pasos previos de capacitación en los espermatozoides, así como de una ovulación completa.

Para fines prácticos la fecundación se lleva a cabo en los siguientes pasos.

1. **DENUDACION:** Consiste en el desprendimiento de la corona radiata del óvulo por medio de la acción de las de las enzimas liberadas desde los acrosomas (cabezas de los espermatozoides).

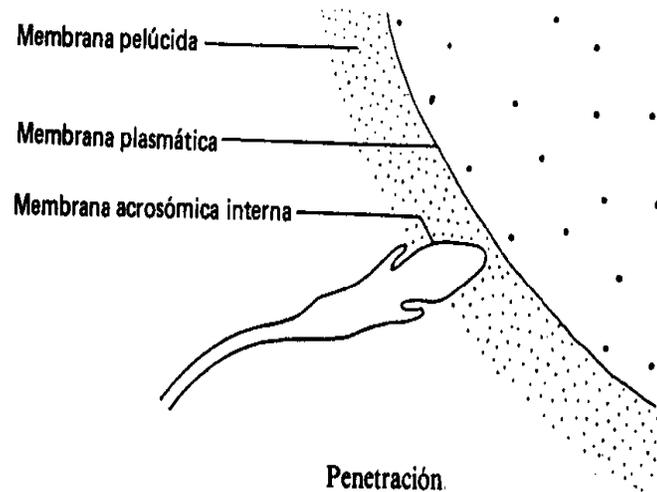


2. **RECONOCIMIENTO Y ADHESION:** Los espermatozoides que se aproximaron al óvulo después de la denudación, se adhieren firmemente entre sí. Para ello deben ser reconocidos como de la misma especie.



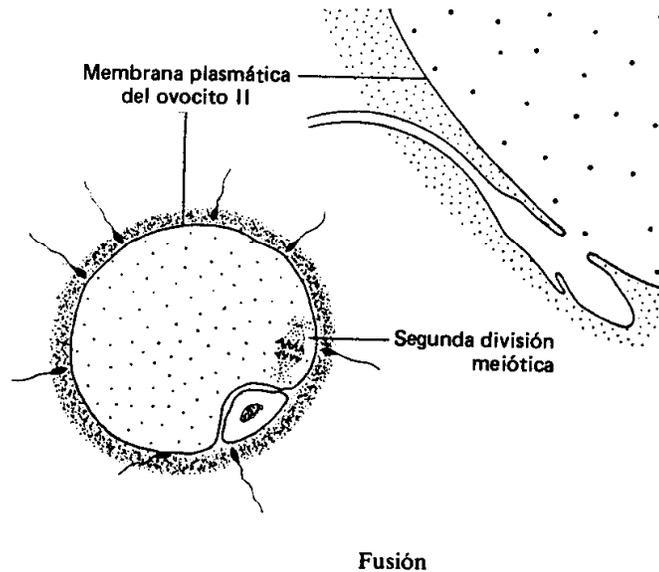
Reconocimiento y adhesión.

3. **PENETRACION:** Los espermatozoides atraviesan la membrana pelúcida por medio de otra enzima liberada desde los acrosomas y los movimientos de hiperactivación de los espermatozoides adquiridos durante la última etapa de capacitación (proceso en el cual son activados dentro del útero femenino. Incluyen la integración de glucoproteínas a la membrana plasmática, cambios de permeabilidad, redistribución de algunas partículas intramembranas y aumento en la captación de oxígeno.

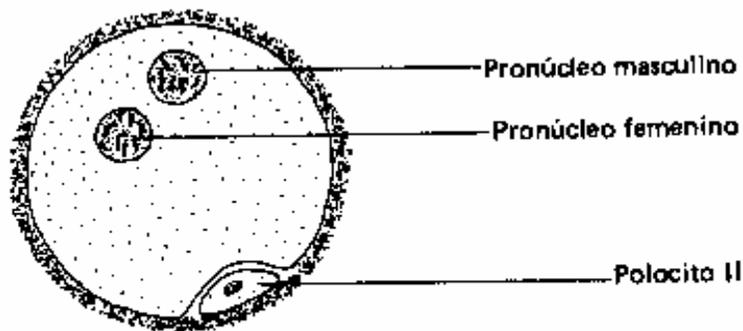


Penetración.

4. **FUSION:** A pesar de que son varios los espermatozoides que penetran en la membrana pelúcida, solo es uno el que establece contacto íntimo con la membrana plasmática del ovocito. Este último "fagocita" al espermatozoide y crea un bloqueo para que no pueda unirse otro.

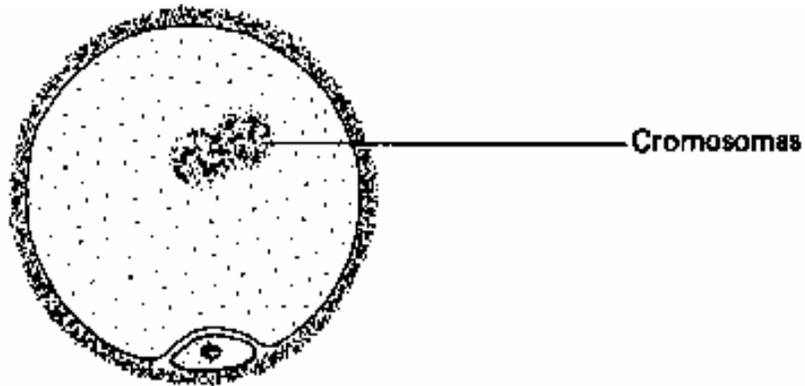


5. **BLOQUEO DE LA POLISPERMIA:** Después de crear este bloqueo, la membrana pelúcida se desprende, llevándose con síglo a los demás espermatozoides que habían penetrado.
6. **FORMACION DE LOS PRONUCLEOS FEMENINO Y MASCULINO:** Se completa la segunda división meiótica del ovocito secundario en la fusión y este nuevo núcleo se dispone a ser combinado con el masculino después que éste ha sido habilitado para el entrecruzamiento. Al iniciarse esta etapa se inician los preparativos para la primera división mitótica.



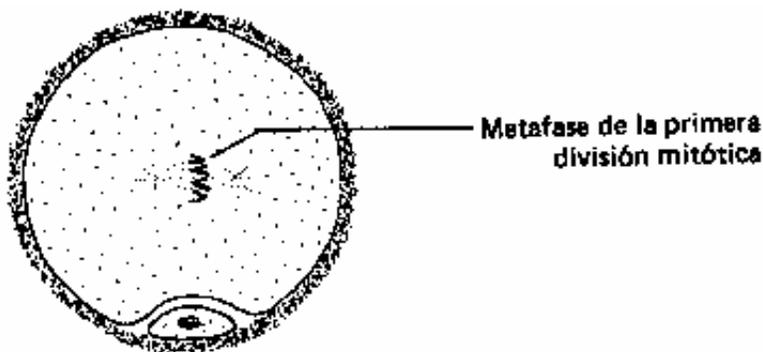
Formación de los pronúcleos femenino y masculino.

7. SINGAMIA Ó ANFIMIXIS: Los dos pronúcleos se ponen en contacto en la parte central y se entremezclan sus cromosomas, resultando una célula diploide. Es en este momento en el que el fenotipo y genotipo son determinados. Aquí termina la fecundación iniciándose la vida del nuevo ser.

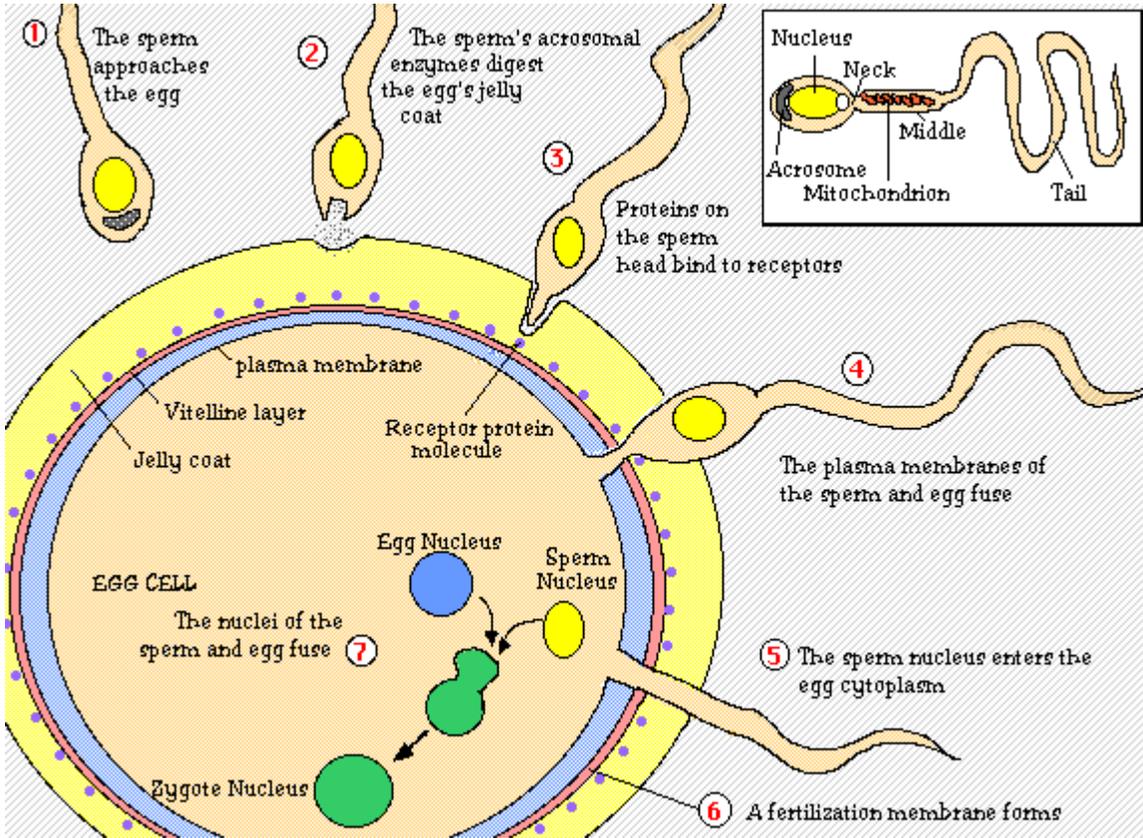


Contacto de ambos pronúcleos y pérdida de sus membranas

En resumen se pueden observar una serie de sucesos en los cuales hacen contacto los gametos masculino y femenino para unir la carga cromosomal para la formación de un nuevo ser con características propias e individuales.

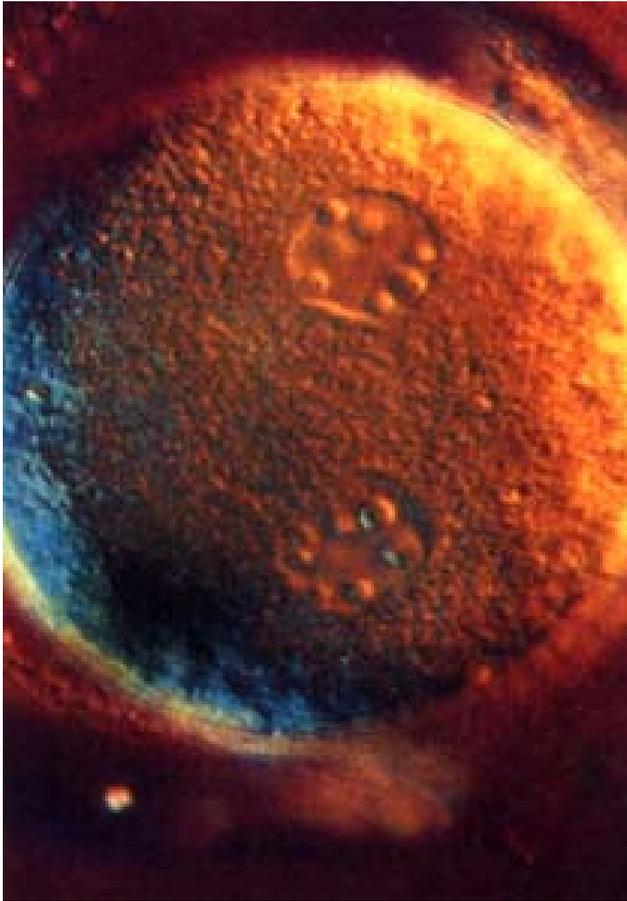


Anfimixis.

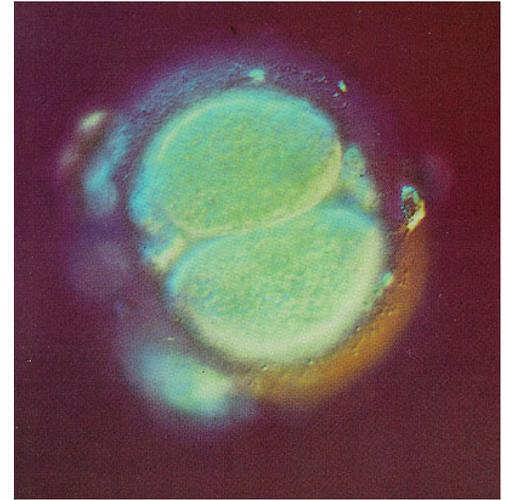
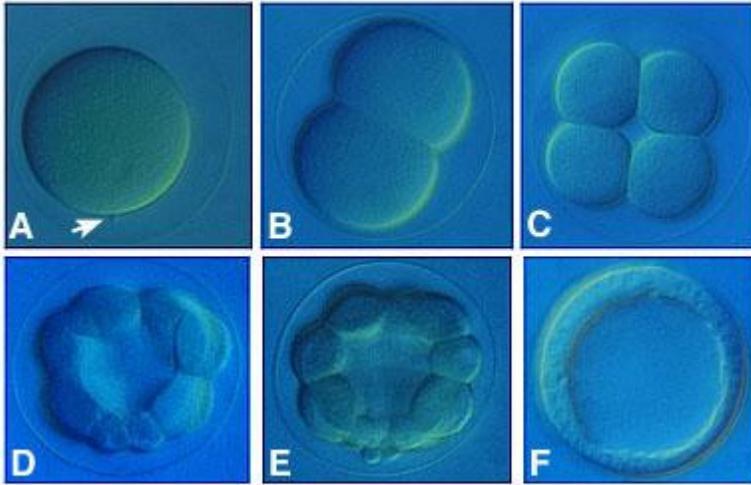


PRIMERA SEMANA DEL DESARROLLO

Después de la singamia obtenemos la primer célula diploide del nuevo ser. A esta célula le llamaremos **CIGOTO**.

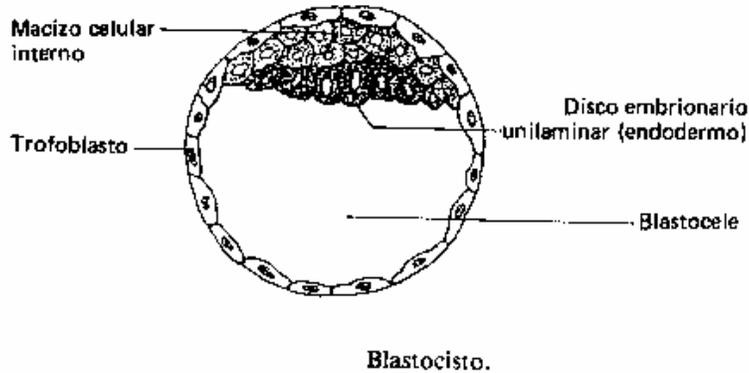


El cigoto al terminar su primera división mitótica da por resultado a dos células hijas iguales. Cada una de ellas llamada **BLASTOMERA**. Las divisiones continúan en una proporción geométrica hasta que llegan a la 4a. división teniendo como resultado 16 blastómeras. En este punto le llamaremos **MORULA** al nuevo ser, dado que tiene el aspecto de una mora.



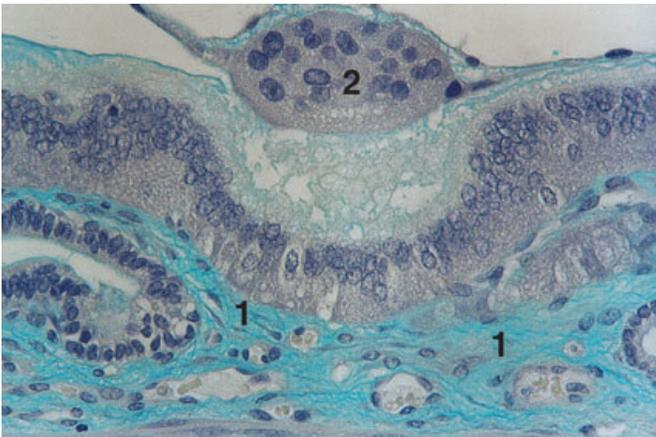
L. variegatus zygotes, viewed from the side. **A.** 1-cell zygote. The fertilization envelope is visible as a large "halo" around the embryo. The arrow points to the site of sperm penetration. **B.** 2-cell **C.** 8-cell **D.** 16-cell **E.** 32-cell **F.** Hatched blastula. (from worms.zoology.wisc.edu/urchins/SUcleavage_stages.html)

Al 5to. día, comienza a aparecer un líquido claro que desplaza hacia la periferia a las blastómeras que presentan una división más acelerada. Este grupo de células formará lo que llamaremos **TROFOBLASTO**, que dará origen a la placenta.



El grupo de células que presentaron una división más lenta forma el **MACIZO CELULAR INTERNO**, que posteriormente se convertirá en el embrión. La capa celular que queda adyacente al blastocele (espacio que separó al trofoblasto) es denominada **HIPOBLASTO** que dará origen al **ENDODERMO**. El embrión en este momento recibe el nombre de **BLASTOCISTO**.

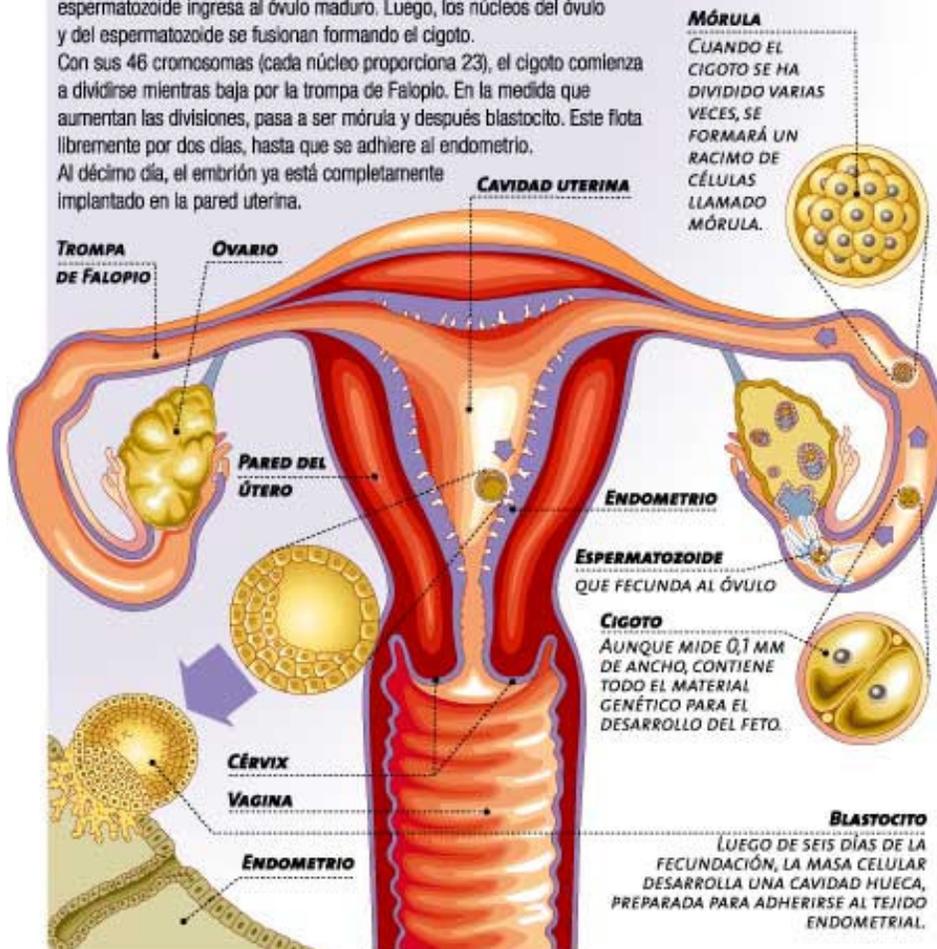
Alrededor del 7mo día, se inicia la implantación del embrión en el útero.



Sitio de implantación trofoblástica. 8 día pc. 1. Fibras colágenas; 2. Acúmulos de células de sincicio. Azul de Alcian. 400X

La fecundación

La fecundación se produce en la trompa de Falopio, cuando un espermatozoide ingresa al óvulo maduro. Luego, los núcleos del óvulo y del espermatozoide se fusionan formando el cigoto. Con sus 46 cromosomas (cada núcleo proporciona 23), el cigoto comienza a dividirse mientras baja por la trompa de Falopio. En la medida que aumentan las divisiones, pasa a ser mórula y después blastocito. Este flota libremente por dos días, hasta que se adhiere al endometrio. Al décimo día, el embrión ya está completamente implantado en la pared uterina.

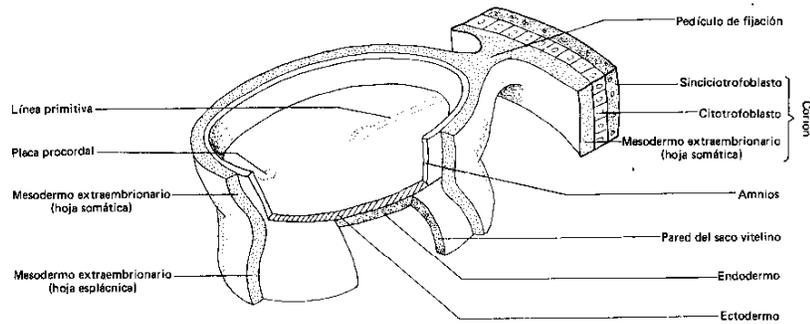


Por fines netamente docentes, la placenta no será abordada, por lo que se le sugiere complementar esta lectura con un libro de Embriología.

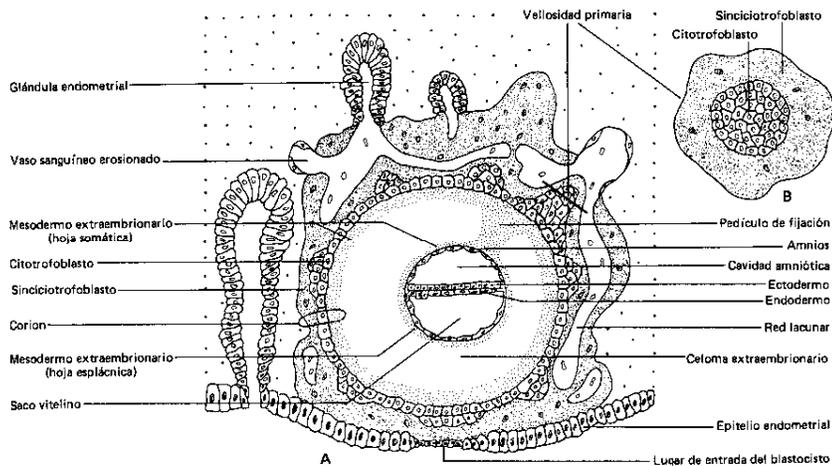
SEGUNDA SEMANA DEL DESARROLLO

En el blastocisto se produce la formación de otra cavidad, entre el macizo celular interno, el cual deja una capa de tejido (el endodermo). En esta semana surge otra capa de tejido que se adosa sobre la anterior, de manera que ésta última queda en contacto con la nueva cavidad recién formada. El nombre de la nueva capa es **EPIBLASTO**, que dará origen al **ECTODERMO** y el de la cavidad es **CAVIDAD AMNIOTICA**. El blastocele (la cavidad que se produjo en la 1er semana) será llamada ahora **SACO VITELINO**.

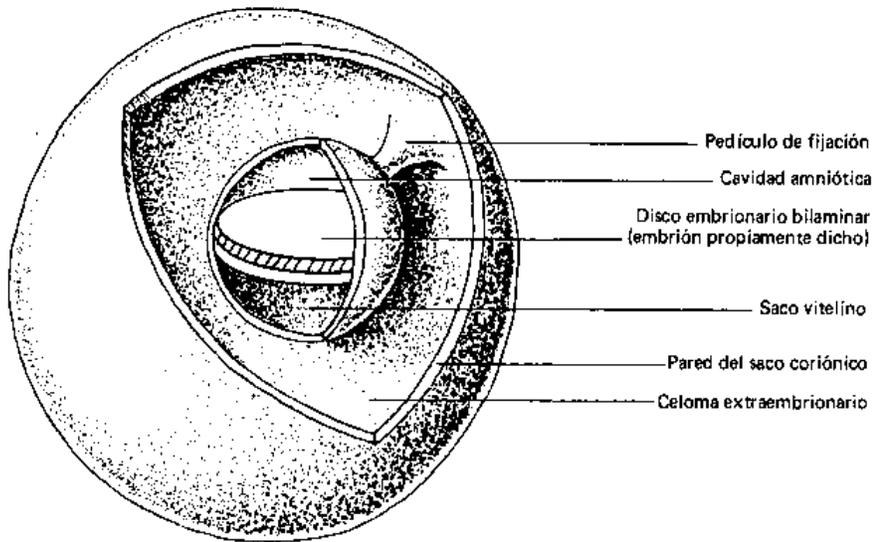
A este proceso se le llama **CAVITACION**.



Dibujo esquemático que ilustra a un embrión bilaminar interpuesto entre la cavidad amniótica y el saco vitelino.



A: Embrión de 14 días implantándose en el endometrio. B: Corte transversal de una vellosidad primaria.



Dibujo esquemático en el que se representa a un embrión de 14 días.

Actualmente el apareamiento y aumento de las 2 cavidades ha propiciado que la parte interna o blastocisto, quede conformada como una esfera interna.

La mayor parte del mesodermo extraembrionario (que está rodeando la esfera interna) es reabsorbido, con excepción de una porción que originará el PEDICULO DE FIJACION de la esfera hacia el trofoblasto (placenta).

TERCERA SEMANA DEL DESARROLLO

En esta semana ocurren muchos cambios y formaciones de estructuras precursoras. Ya que es muy difícil seguir un orden cronológico por su simultaneidad, presentaremos los cambios definitivos al llegar el final de la tercer semana.

La forma del embrión es de un óvalo inmerso en una esfera, que está contenida en una esfera mayor. Este disco embrionario presenta 3 capas de células. Estas capas, llamadas CAPAS GERMINATIVAS son:

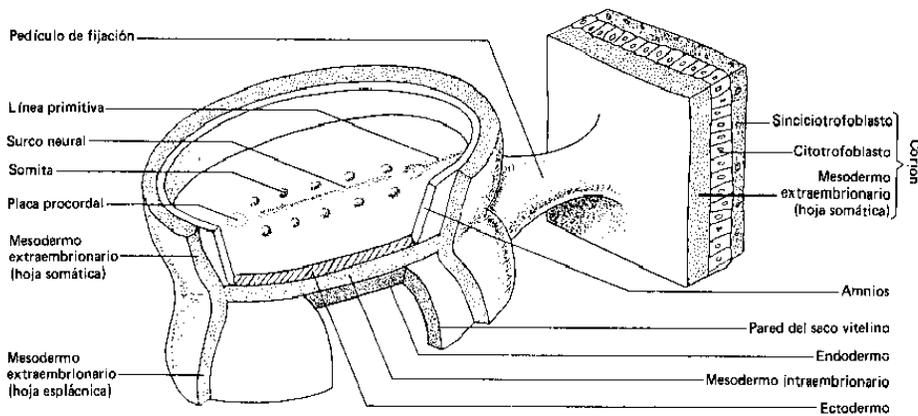
- ECTODERMO: la adyacente a la cavidad amniótica
- ENDODERMO: la adyacente al saco vitelino
- MESODERMO: la que surge en esta semana y se encuentra en medio de las otras dos. Surge como resultado de un proceso llamado GASTRULACION que consiste en la invaginación de las células precursoras del mesodermo en el nódulo de Hensen, seguido de la formación de una capa intermedia de células que crecen divergiendo en la porción caudal, luego se elongan a lo largo de la porción lateral y terminan convergiendo en la porción más cefálica. Este movimiento celular recibe el nombre de Epibolia

CARACTERISTICAS DEL ECTODERMO:

En la cara dorsal se observan dos estructuras que permiten dividir al disco embrionario en dos mitades. Estas son el SURCO NEURAL y la LINEA PRIMITIVA. No solo marcan el lado derecho e izquierdo, sino que separan la parte cefálica (donde ir la cabeza) y la caudal (donde ir la cola).

La línea primitiva tiene la apariencia de un surco con una depresión en su porción más cefálica llamada la FOSITA PRIMITIVA, donde se halla el nódulo primitivo o de Hensen, que es una elevación anular del ectodermo.

El surco neural parte desde el nódulo de Hensen o nódulo primitivo, hacia el extremo cefálico. A ambos lados del surco neural se observan las SOMITAS, que son estructuras mesodérmicas que sobresalen a este nivel.



Dibujo esquemático que ilustra a un embrión trilaminar interpuesto entre la cavidad amniótica y el saco vitelino.

CARACTERISTICAS DEL ENDODERMO

Existen 2 lugares en donde el mesodermo no separó al endodermo del ectodermo. Uno está ubicado en la MEMBRANA BUCOFARINGEA y el otro en la MEMBRANA CLOACAL, que darán origen a la boca y el ano respectivamente.

Al componente endodérmico de la membrana bucofaringea se le llama PLACA PROCORDAL (esto es de sumo interés para el desarrollo de la cavidad bucal).

CARACTERISTICAS DEL MESODERMO INTRAEMBRIONARIO

Esta capa celular de reciente apareamiento es una de las más cambiantes en esta etapa. Presenta varias estructuras que surgen después de la segmentación del mesodermo. Entre las porciones más importantes destacaremos la Placa cardiogénica, el mesodermo Braquial (ambos en la porción cefálica), el notocordio, las somitas, los gononefrótomos y los mesodermos laterales en su porción media y un sector no diferenciado en su porción caudal.

* Mesodermo indiferenciado (no diferenciado): se continúa con el pedículo de fijación.

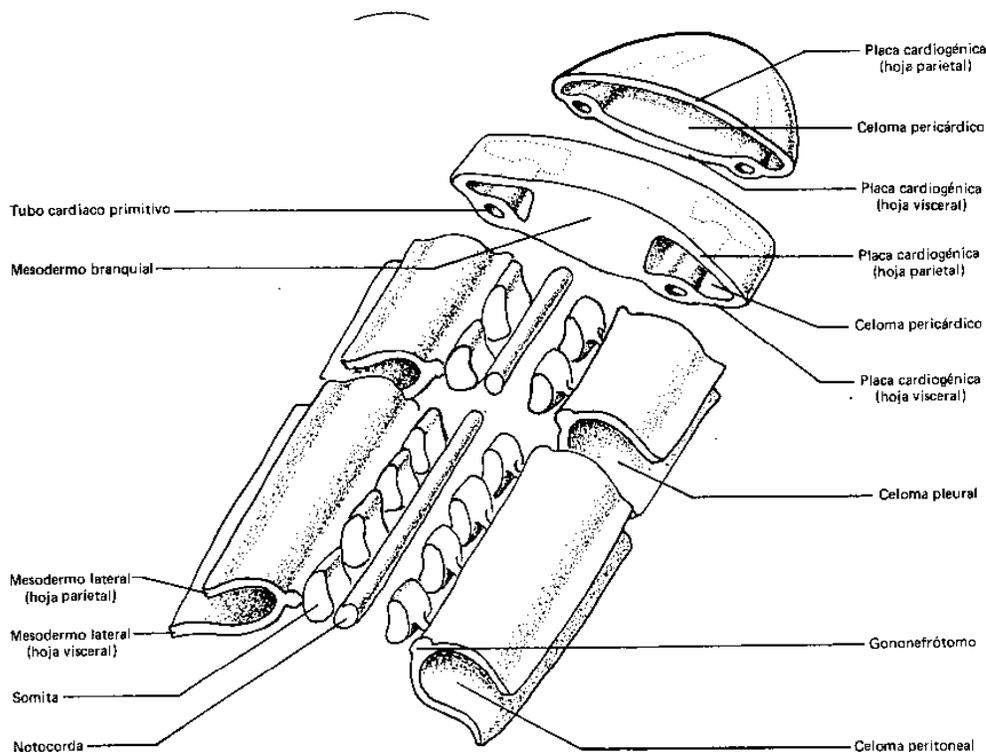
* El notocordio es un cordón impar en la línea media del mesodermo, desde la fosita primitiva hasta la placa procordal.

* Las somitas: son bloques localizados a ambos lados del notocordio. Varían en cantidad dependiendo el tiempo de gestación.

* Los gononefrótomos: son cordones macizos extendidos a lo largo de los bordes externos de las somitas, darán origen al aparato genitourinario.

* Mesodermo Branquial: es una masa indivisa ubicada en posición cefálica respecto de la membrana bucofaríngea y el primer par de somitas.

* Mesodermos laterales: son un par de láminas epiteliales localizadas a los lados de los gononefrótomos. Se encuentran divididos en dos hojas, una dorsal o somática y otra ventral o visceral.

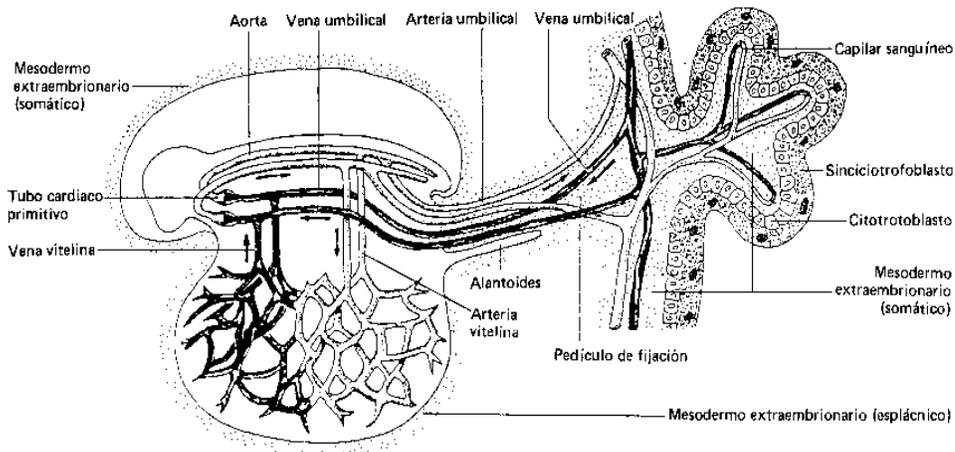


Esquema de la hoja mesodérmica del embrión de 21 días.

* Placa cardiogénica: tiene forma de herradura, está en la porción más cefálica.

SISTEMA CARDIOCIRCULATORIO PRIMITIVO

Se inicia como cordones macizos que se dirigen paralelamente por la porción ventral del mesodermo. Las venas se originan en la placenta, pasan por el pedículo de fijación y llegan hasta la porción más cefálica a la placa cardiogénica, donde se transforman en arterias que siguen una vía paralela y desembocan en la placenta. En este momento solo son unos cordones que presentan un pequeño ensanchamiento en la placa cardiogénica. La sangre del embrión es producida en este momento, dentro de los mismos vasos sanguíneos que se están formando.



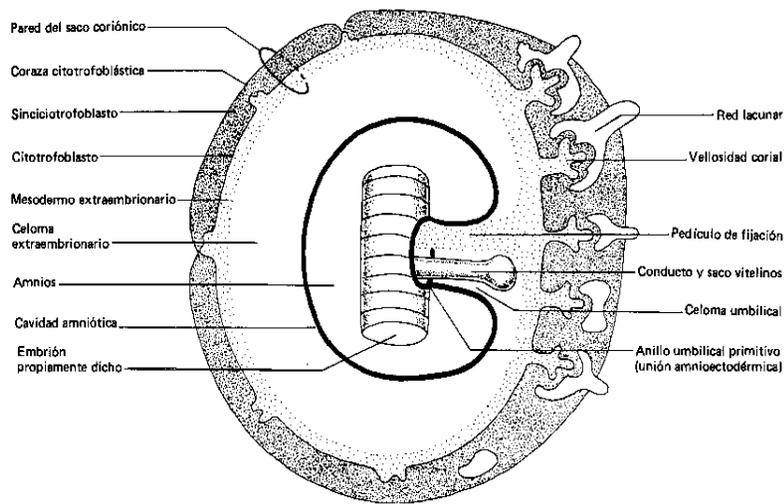
Sistema cardiorrelatorio de un embrión de 21 días.



CUARTA SEMANA DEL DESARROLLO

En esta semana la morfología general del embrión cambia radicalmente. Pasa de ser un disco trilaminar a un cuerpo cilíndrico y hueco. Esto es el resultado del plegamiento que sufre el disco. Al plegarse el endodermo permanece en la región más interna y el ectodermo en la más externa.

Al concluir el plegamiento, el endodermo se ha cerrado, quedando un cilindro hueco que posteriormente formará el tubo digestivo.



Representación del cuerpo cilíndrico del embrión de 4 semanas, enteramente rodeado por la cavidad amniótica; ésta, a su vez, se halla en el interior del saco coriónico. Compárense las cavidades amnióticas de las figuras 5-4 y 6-2.

El pedículo de fijación se encuentra proporcionando alimentación al embrión. Ahora está situado conjuntamente con la pared ventral del saco vitelino y forman el cordón umbilical primitivo.

El amnios que permanecía sobre el ectodermo, ahora cubre toda la superficie del embrión.



El embrión presenta en la región de la cara y cuello varias depresiones ectodérmicas llamadas SURCOS BRANQUIALES. Entre estos se observan ARCOS BRANQUIALES, un total de 6.

Cada uno de los arcos del primer par se subdivide en 2 partes, llamadas proceso maxilar y proceso mandibular. Cada uno de ellos se une con el opuesto en la línea media.

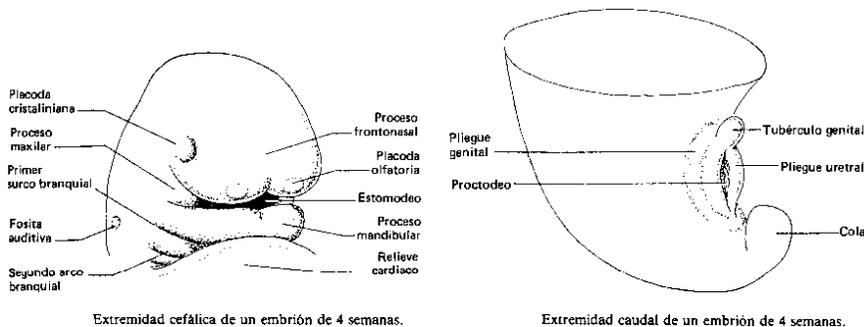
En la porción media más cefálica de la cara se encuentra el proceso frontonasal.

En el centro de la cara se observa el ESTOMODEO O BOCA PRIMITIVA, donde antes se encontraba la membrana bucofaringea

Se observan las PLACODAS que son rudimentos de órganos sensoriales. Están las placodas Cristaliniánas, las olfatorias, las fositas auditivas.

En el lado ventral aparece el corazón que comienza a funcionar en esta semana.

En su porción más caudal aparece el proctodeo todavía con la membrana cloacal, y un esbozo de los órganos urogenitales.



EN EL INTERIOR DEL EMBRION

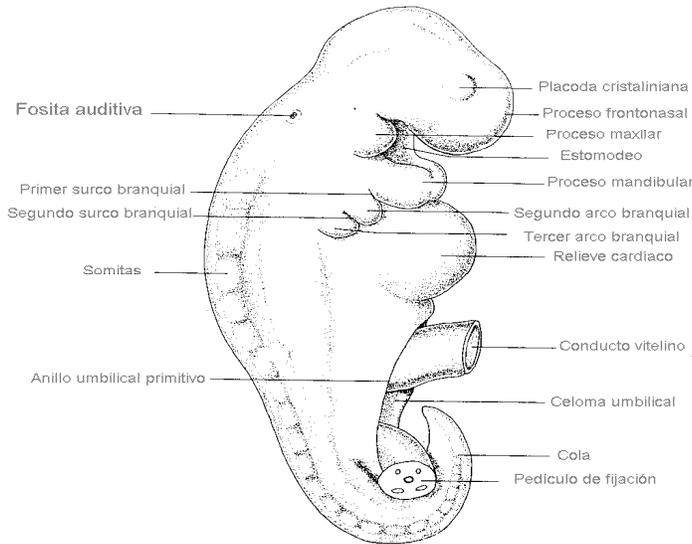
El tubo neural se halla rodeado por el mesodermo. En la porción cefálica presenta 3 dilataciones llamadas prosencéfalo, mesencéfalo y romboencéfalo. La parte restante es la médula espinal.

Paralelos a su longitud presenta unos cordones macizos o crestas neurales que formarán el sistema nervioso periférico.

Las somitas formarán las vértebras. Estas estructuras sufren una diferenciación en 3 sectores: el Esclerotoma (formar las vértebras y discos intervertebrales), los Miotomas (precursores del músculo), y los Dermatomas (originar la dermis de esos sectores).

El mesodermo branquial forma parte de las estructuras de la cabeza y cuello, así como parte del intestino primitivo, el cual podemos seccionar en 5 sectores para estudiarlo.

1. La faringe: Inicia donde la membrana bucofaríngea se rompe para formar el tubo digestivo

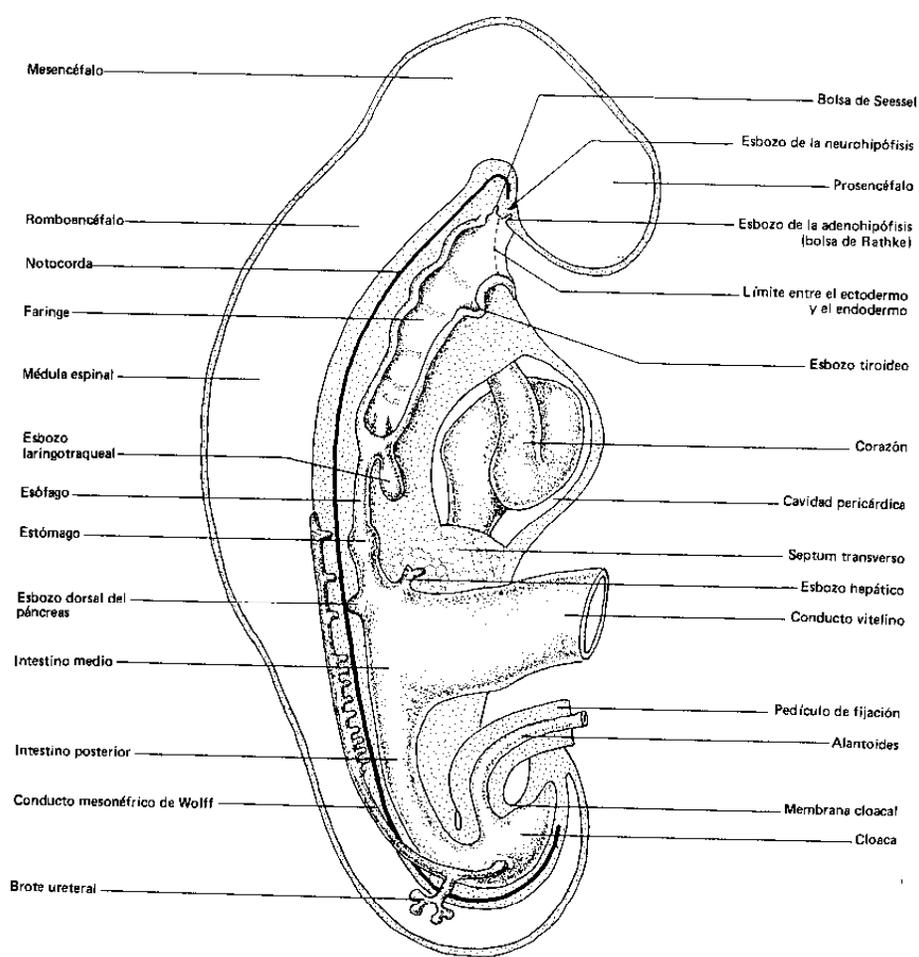


Vista externa del embrión de 4 semanas.

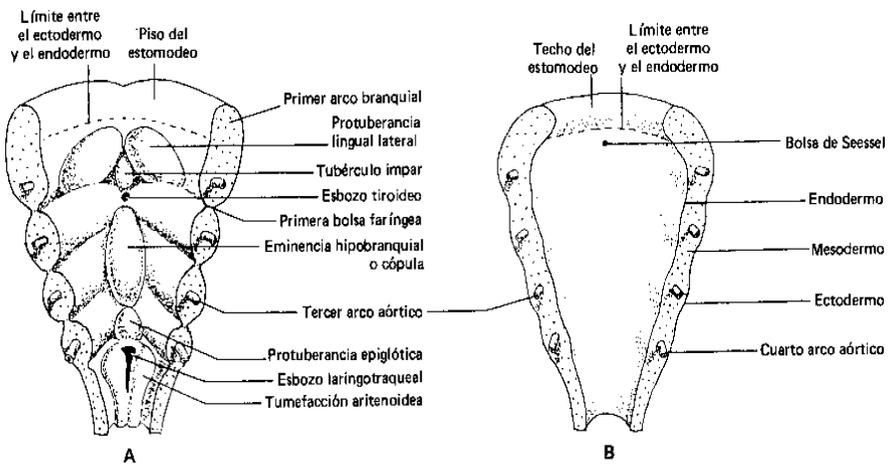
primitivo. En sus paredes laterales presenta varias dilataciones endodérmicas llamadas bolsas faríngeas, 5 en cada lado. No existen bolsas faríngeas en el techo de la boca. En el piso de la faringe se *esboza el desarrollo de la lengua a partir del mesodermo*. Se distinguen 4 proliferaciones: *2 protuberancias linguales laterales, el tubérculo impar, y la eminencia hipobranquial o cópula*. En el endodermo se desarrolla la glándula tiroides por encima de la cópula. Más abajo aparece en el mesodermo la protuberancia epiglótica, a partir del cuarto arco branquial. Más caudal aparece el esbozo laringotraqueal en el endodermo. En este esbozo nacen dos evaginaciones que son los brotes broncopulmonares que darán origen a los bronquios y los pulmones.

2. Intestino Anterior: Se inicia debajo del esbozo laringotraqueal. De aquí derivan el esófago, el estómago y parte del duodeno. Se notan además el esbozo del páncreas, y el esbozo hepático.
3. Intestino Medio: Da origen al intestino delgado y parte del intestino grueso. Posee la porción que pertenecía al saco vitelino. No presenta meso anterior. El meso posterior formará el mesenterio y mesocolon, que sirve de fijación y nutrición al intestino.
4. Intestino Posterior: Forma el intestino grueso.
5. Cloaca: Es la porción más caudal y la más dilatada. Forma el recto y una parte del conducto anal, y varias estructuras de los sistemas urinario y genital.

Los gononefrótomos dan origen a las crestas urogenitales donde se formarán los sistemas urinario y reproductor.



Vista interna del embrión de 4 semanas.



A: Piso de la faringe. En esta figura pueden observarse los arcos branquiales mesodérmicos, los surcos branquiales ectodérmicos y las bolsas faríngeas endodérmicas. B: Techo de la faringe.

QUINTA SEMANA DEL DESARROLLO

ASPECTO EXTERNO DEL EMBRIÓN



La pared corporal ya cuenta con piel primitiva y los esbozos de los músculos al finalizar la quinta semana.

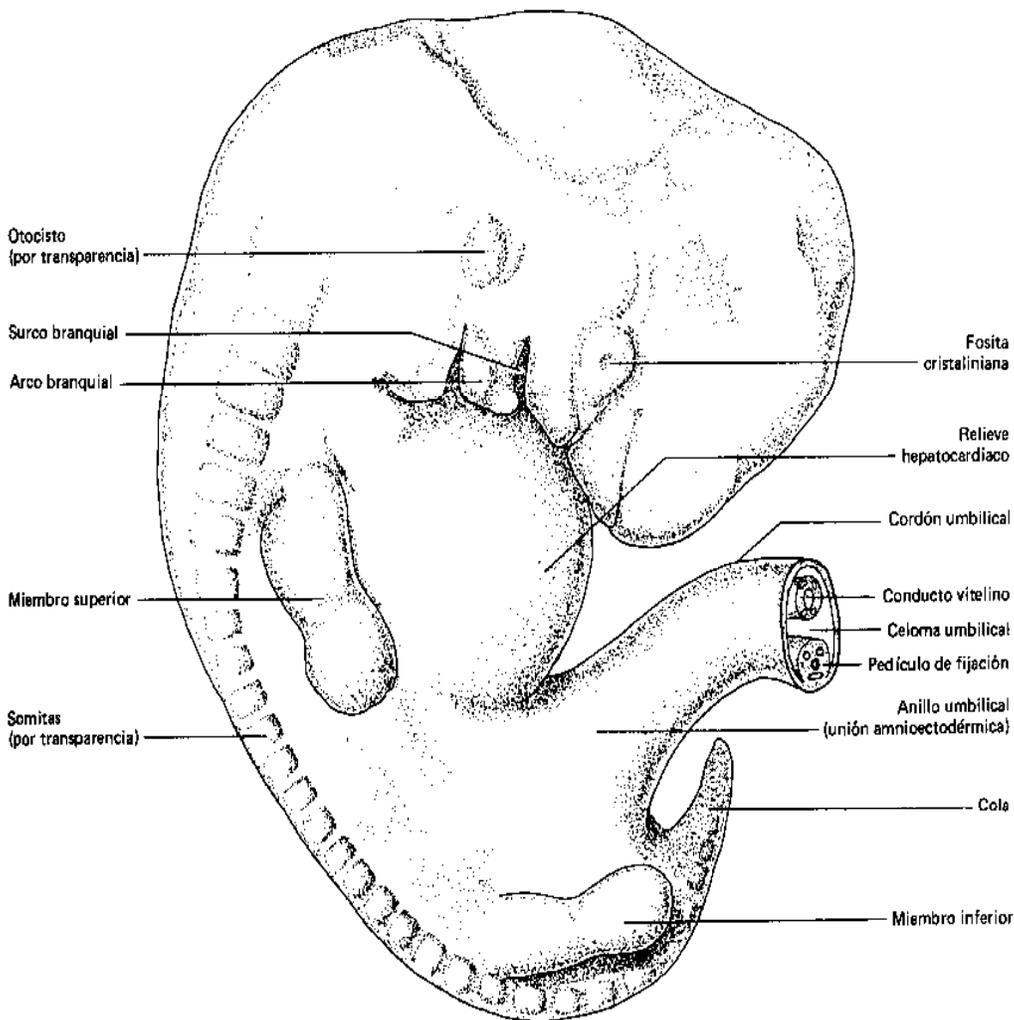
La superficie dorsal es más convexa y siguen apareciendo somitas.

El tamaño de la cabeza es mayor debido al crecimiento del tubo neural.

Aparecen los esbozos de los miembros superiores, a la par del relieve hepatocardiaco, entre C3 y T2; y los inferiores a la altura del proctodeo, entre L2 y S3.

Pueden apreciarse los esbozos de las glándulas mamarias

Las fositas auditivas han dejado de ser visibles al ser tapadas por la piel. Ahora reciben el nombre de vesículas auditivas u otocistos. De los primeros surcos branquiales han comenzado a formarse los pabellones de las orejas.



Vista externa del embrión de 5 semanas.

Las placodas cristaliniianas se han invaginado, convirtiéndose en fositas.

Las placodas olfatorias se han convertido en fositas, y han quedado encerradas entre los procesos nasomedianos y nasolaterales que son prolongaciones del proceso frontonasal.

ESTRUCTURA INTERNA DEL EMBRION

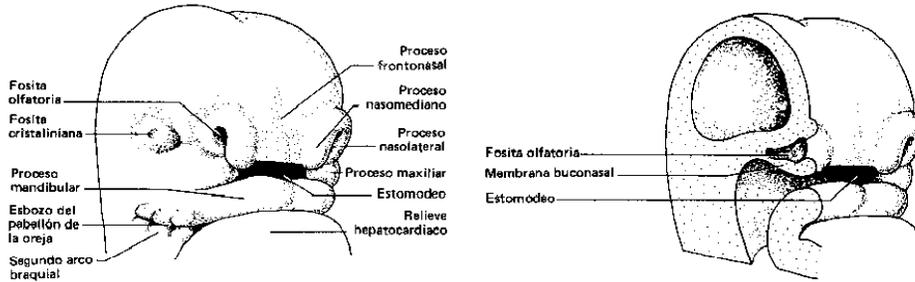
El tubo neural posee ahora 5 vesículas encefálicas llamadas: Telencéfalo, diencefalo, mesencéfalo, metencéfalo y mielencéfalo. El telencéfalo presenta dos dilataciones que serán los hemisferios cerebrales. Se distinguen las cúpulas ópticas que salen del diencefalo y se dirigen a las placodas cristaliniianas. Las crestas neurales continúan a la par del tubo neural. Estas formarán los nervios periféricos.

El tubo digestivo ha sufrido algunos cambios.

1. Faringe: las bolsas del primer par han formado las trompas de Eustaquio y las cajas timpánicas. Las del segundo par forman los esbozos de las amígdalas palatinas. El endodermo del tercer par forma el timo y las paratiroides inferiores. El cuarto par originará las paratiroides superiores y la mayor parte de los cuerpos ultimobranquiales que harán la glándula tiroides.
2. Intestino Anterior: Aparece la dilatación del estómago.
3. Intestino Medio: Comienza a desaparecer el conducto vitelino, el intestino delgado comienza a plegarse sobre sí para optimizar el espacio. Surge el abultamiento que marca el ciego.

4. Cloaca: Aparece el tabique uorrectal que divide a esta estructura en una ventral o anterior y una dorsal. Cada una formará parte de un aparato diferente.

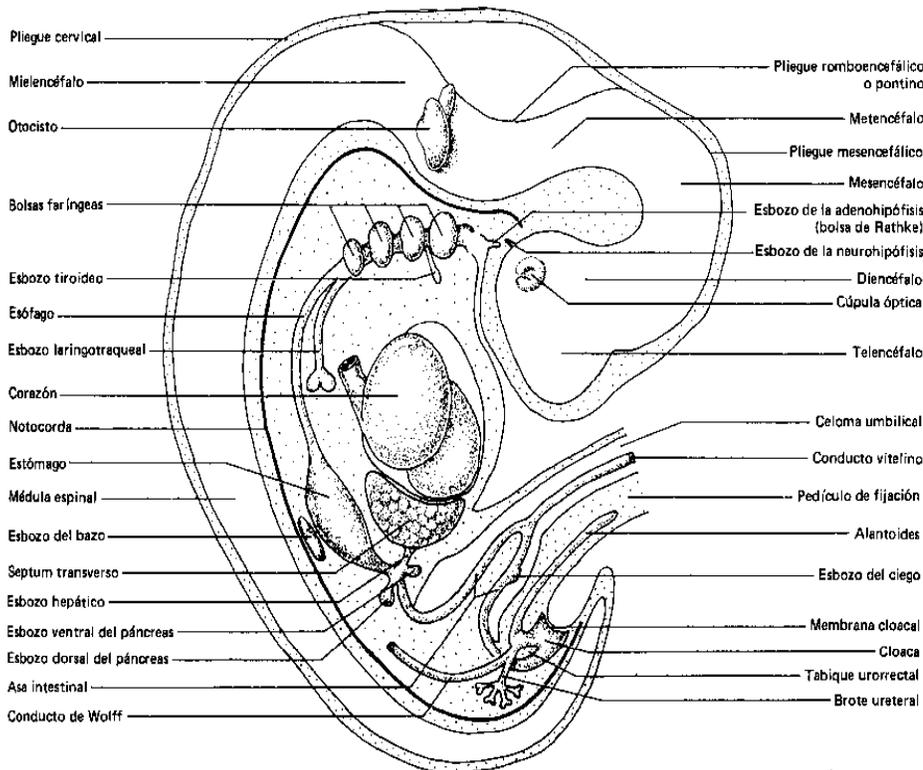
Las somitas pueden contarse en número de 42 a 44 y comienzan a diferenciarse. Se presentan 4 pares occipitales, 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y de 8 a 10 coccígeos.



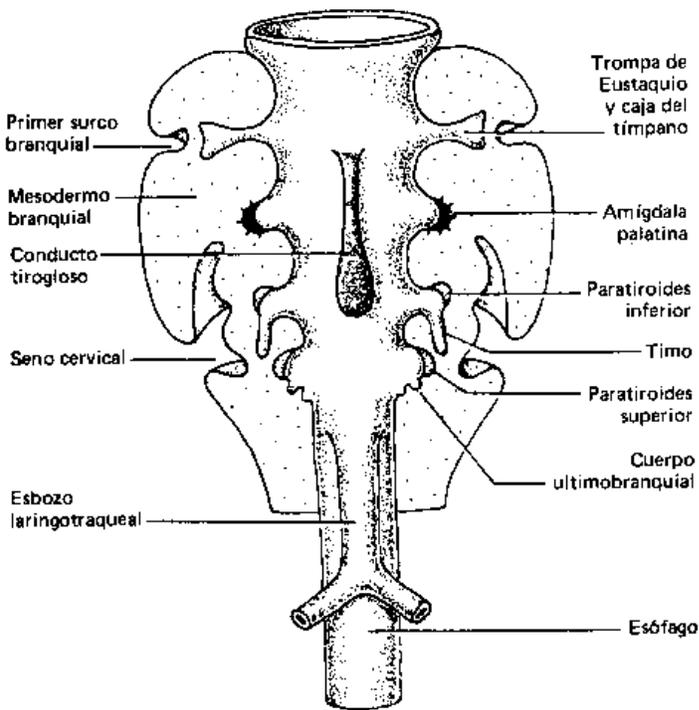
Extremidad cefálica del embrión de 5 semanas.

La misma extremidad luego de haberse efectuado un corte parasagital.

En el corazón se identifican las aurículas y ventrículos.



Vista interior del embrión de 5 semanas.



Esquema en el que se ilustran los esbozos originados a partir de las bolsas faríngeas.

SEXTA SEMANA DEL DESARROLLO

Tiende a enderezarse el dorso. Ya solo se pueden apreciar las somitas lumbosacras. La cabeza es mucho mayor pues el tubo neural crece con mayor rapidez. Se inicia la formación de los párpados. Los esbozos de las extremidades han cambiado de orientación pues sus ejes principales se han desplazado hacia el lado ventral quedando en posición de aplaudir. Pueden reconocerse los brazos, antebrazos y manos en los superiores y los muslos, piernas y pies en los inferiores.

Las células sanguíneas se han comenzado a producir en hígado y han aparecido los esbozos de los dientes.

Parte del intestino medio que se ha alargado notablemente permanece en el celoma umbilical, dejado por el conducto vitelino. Esto es conocido como Hernia Umbilical Fisiológica y persiste hasta el tercer mes de vida intrauterina.



el



SEPTIMA SEMANA DEL DESARROLLO

Ya no se distinguen las somitas. Se ha erguido más. El cuello comienza a modelarse. Aparecen los esbozos de los dedos de los pies. En las manos se han perdido las membranas interdigitales. La membrana cloacal se ha roto. El diámetro del cordón ha disminuido. En los varones las gónadas comienzan a transformarse en testículos.

OCTAVA SEMANA DEL DESARROLLO

La cabeza ocupa la mitad del cuerpo embrionario. La cara está formada casi completamente. La cola ha desaparecido. Aparecen los primeros centros de osificación.

Con estos cambios generales ha concluido el período embrionario e inicia el fetal. En general, ahora solo se especializarán los órganos y sistemas los cambios morfológicos serán menores. Después transcurridas estas 8 semanas, las malformaciones los recién nacidos solo son funcionales o malformaciones menores.

El niño en esta etapa puede formar un *puño*, tener *hipo*, chuparse el pulgar, *dormir* y *despertarse*.



y
de
en

NOVENA SEMANA

Todos sus órganos funcionan.
Músculos y nervios van sincronizados.
Mueve los brazos y las piernas.
Da volteretas y nada en el líquido amniótico.
Puede agarrarse un cabello.
Si le pinchan, siente el dolor.
Oye ruidos y los recuerda.



DECIMA SEMANA



DECIMO PRIMER SEMANA



Respira y exhala el fluido amniótico. Aparecen las *uñas*.

Se despierta cuando su madre se despierta. Duerme cuando ella duerme.

Está tranquila cuando ella está serena.

TERCER MES DEL DESARROLLO FETAL

La cabeza ha disminuido su ritmo de crecimiento. Las orejas llegan a su posición definitiva a la altura de los ojos. Comienzan a formarse las *uñas*, el pelo y las glándulas sudoríparas.

Desaparece la hernia umbilical fisiológica.

Algunos huesos comienzan a formar tejido hematopoyético.

El sistema nervioso comienza a activarse con algunos reflejos. Los riñones están empezando a funcionar.

Los órganos genitales se diferencian en su sexo.

CUARTO MES DEL DESARROLLO FETAL



Aparecen los esbozos de las glándulas sebáceas. El bazo adquiere una función hematopoyética aunque no es muy fuerte.

Los órganos genitales se aprecian con toda claridad.

Abre y cierra las manos.

Da patadas y gira sobre si mismo. (Aunque aún no lo siente la madre)

Ya funcionan las cuerdas vocales; puede llorar

QUINTO MES DEL DESARROLLO FETAL



Aparece el lanugo (vello fino en todo el cuerpo) y la vérnix caseosa (sebo de las glándulas sebáceas mezclado con las células descamativas de la epidermis) que tienden a proteger la piel.

SEXTO MES DEL DESARROLLO FETAL

Presenta piel arrugada por su rápido crecimiento. El sistema nervioso y el respiratorio no han llegado a su madurez ideal.

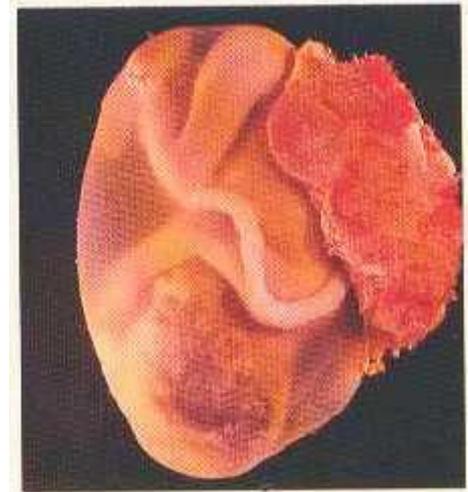
SEPTIMO MES DEL DESARROLLO FETAL

Las arrugas han desaparecido pues en el tejido subcutáneo aparece grasa. Los fetos a este nivel ya son viables en condiciones muy especiales o sea que si nacieran podrían sobrevivir.

OCTAVO MES DEL DESARROLLO FETAL



El feto está completo. Básicamente solo se perfeccionan algunas funciones del sistema respiratorio en esta etapa. Si naciera en este momento los cuidados no son tan estrictos para que pueda sobrevivir.



NOVENO MES DEL DESARROLLO FETAL

Se encuentra en una madurez aceptable para sobrevivir con los cuidados mínimos (calor, alimentación, protección).



DESARROLLO EMBRIOLOGICO DE LA CARA NARIZ Y BOCA

El desarrollo de la cara está directamente asociada al mesodermo del proceso frontonasal y los arcos branquiales, así como el ectodermo y endodermo que los reviste.

Entre las estructuras primarias que podemos observar en el embrión de 4 a 5 semanas están: el estomodeo que es el orificio de la boca; el proceso frontonasal y los procesos maxilares y mandibulares del primer arco branquial, que delimitan al estomodeo; las dos fositas olfatorias, que quedan separadas del estomodeo por la membrana buconasal y las bolsas faríngeas.

Los músculos que derivan de cada arco branquial son inervados por nervios propios, por lo que se puede explicar la diferencia de inervación que presenta cada región. A grosso modo la inervación está relacionada de la siguiente manera:

Primer arco branquial inervado por V par (trigémico)
Segundo arco branquial inervado por VII par (facial)
Tercer arco branquial inervado por IX par (glosofaríngeo)
Cuarto, quinto y sexto inervado por X par (vago)

LA CARA

La cara queda conformada por el proceso frontonasal y los procesos mandibulares y maxilares que se originan del primer par de arcos branquiales. Los procesos nasomedianos y nasolaterales son porciones del proceso frontonasal que crecen alrededor de las placodas olfatorias y que delimitan la nariz. Estos procesos se aproximan a la parte media de la cara donde se unen y forman el dorso de la nariz, el filtrum (en la parte media del labio superior) y el paladar primario. Estas estructuras reciben el nombre de segmento intermaxilar.

Las mejillas se forman por las partes superiores de los procesos maxilares. El labio superior se forma del proceso maxilar que emite una prolongación en la región interna del filtrum. Los procesos mandibulares generan el labio inferior, el mentón y las partes inferiores de las mejillas.

El mesodermo que forma parte de la estructura de la cara solo da origen a la dermis y tejido subcutáneo, no da origen a los músculos faciales, ya que ellos derivan de los segundos arcos branquiales.

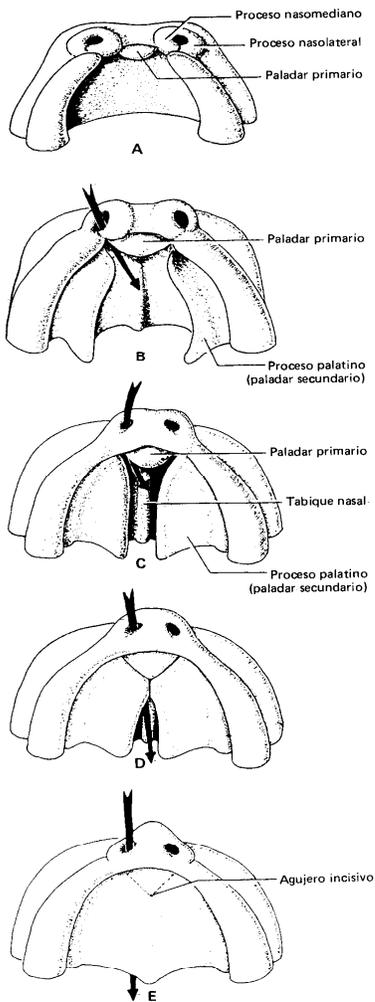
EL CUELLO

Se forma por la desaparición de los surcos branquiales que son absorbidos por una fosa ectodérmica común llamada seno cervical. El arco segundo se fusiona con el sexto al experimentar un crecimiento mayor que los intermedios. Al fusionarse se origina un quiste cervical transitorio que desaparece después de la novena semana del desarrollo. El modelado definitivo es determinado por el crecimiento diferencial de los órganos internos que presentan las demás cavidades (torácica y craneana).

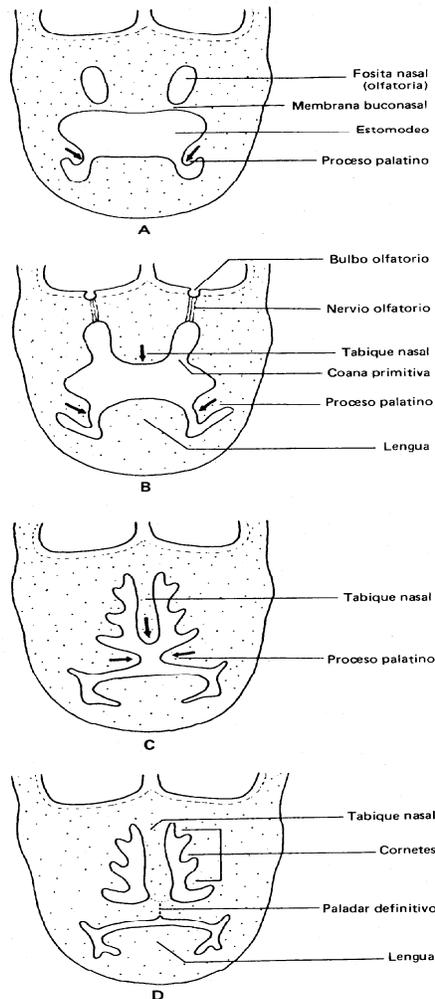
EL PALADAR

Está constituido por el paladar primario y el secundario. El paladar primario es una pequeña lámina triangular que crece en la porción medial de los procesos nasomedianos, cuya base es anterior. El paladar secundario es el que se desarrolla de los procesos palatinos. Son dos placas laterales que poco a poco se unen en el centro. Primero en la porción anterior, uniéndose al paladar primario, y luego en la porción posterior. Esta unión se ve bloqueada al inicio de la formación de la lengua pues esta queda interpuesta en el camino. Luego la lengua baja en el piso de la boca y cede paso para la unión de los paladares secundarios.

En la porción anterior se osifican los paladares primario y secundarios y en la porción posterior no se osifican, dando lugar al paladar blando.



Desarrollo del paladar. A: Quinta semana. B: Sexta semana. C: Séptima semana. D: Novena semana. E: Undécima semana.



Desarrollo de las fosas nasales y del paladar. Cortes frontales de la cabeza en embriones de 5 semanas (A), 6 semanas (B), 7 semanas (C), y 11 semanas (D).

LA NARIZ

Surge por la diferenciación de los procesos nasomedianos y nasolaterales que rodean las placodas olfatorias. Cuando estas placodas migran al interior del mesodermo superior de la región, forman una cavidad que queda separada de la boca por una membrana llamada membrana buconasal. Conforme avanza el desarrollo del embrión, las membranas buconasales desaparecen en su porción posterior y las cavidades se comunican por una abertura llamada coana primitiva. La coana definitiva se forma al fusionarse los paladares secundarios.

Las fosas nasales poco a poco se aproximan a la región media y comprimen el mesodermo que las separa formando así el tabique nasal.

Los cornetes superior, medio e inferior surgen como láminas a partir de las paredes externas de ambas fosas nasales. Los senos paranasales surgen como invaginaciones del epitelio nasal en el espesor de los huesos frontales, maxilares, etmoides y esfenoides.

LA BOCA

Queda formada por el estomodeo y la parte anterior de la faringe. En la cavidad bucal se encuentran las siguientes estructuras que poseen revestimiento del ectodermo

- * Paladar duro
- * Las mejillas
- * Las glándulas parótidas
- * Los labios y encías
- * El esmalte de los dientes

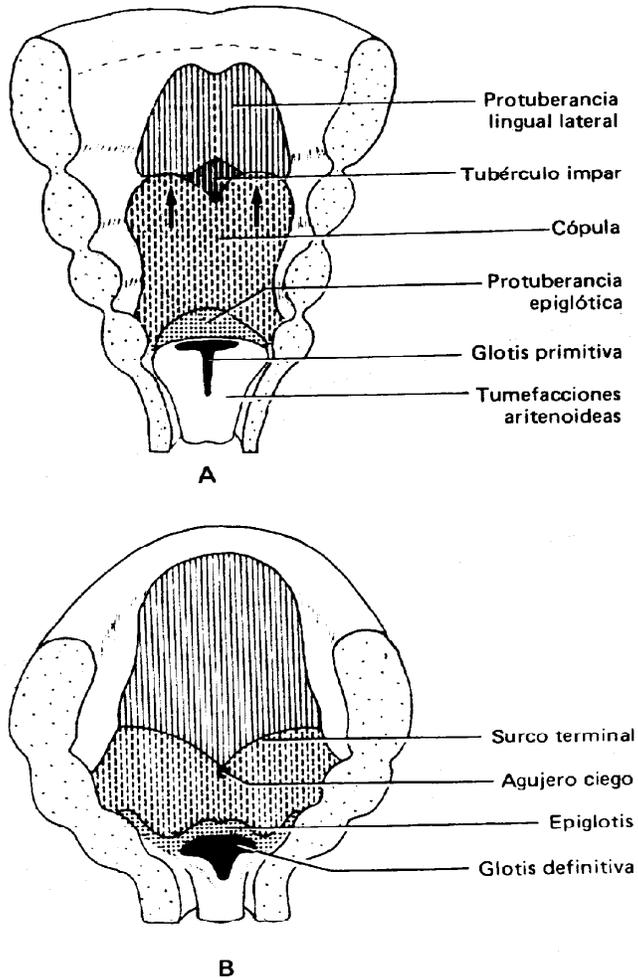
Las estructuras que poseen revestimiento del endodermo podemos encontrar:

- * El paladar blando
- * La lengua
- * El piso de la boca
- * El parénquima de las glándulas submaxilares y sublinguales

Los labios aparecen por el engrosamiento del mesodermo en el borde más externo de los procesos nasomedianos y maxilares. De la misma manera aparece la cresta gingival en el lado interno de los labios. Esta cresta queda ubicada justo en el límite entre el ectodermo del estomodeo y el endodermo de la faringe primitiva.

LA LENGUA

Durante la cuarta semana los esbozos linguales están formados por las dos protuberancias linguales laterales, el tubérculo impar y la eminencia hipobranquial o cópula (que se desarrolla a partir de los arcos 2do, 3ro y 4to). Las dos primeras estructuras se unen entre sí para dar origen a los 2/3 anteriores de la lengua, quedando el tercio posterior formado por la cópula. El límite de estas



Formación de la lengua. **A:** Quinta semana. **B:** Undécima semana.

regiones se ve marcado por la "V" lingual, en cuyo vértice se encuentra el agujero ciego (orificio que deja la glándula tiroides al formarse de este sector y luego migrar hacia abajo).

Dado que los orígenes de la lengua son varios, así es la inervación que reciben. La parte anterior est inervada por el trigémino y la posterior por el glosofaríngeo y el vago. Los botones gustativos reciben además inervación del facial en la porción anterior y del glosofaríngeo y vago en la posterior, aunque el glosofaríngeo cruza parte del límite de la "V" lingual que diferencia la porción anterior de la posterior.

La lengua está separada en sus dos tercios anteriores del piso de la boca por una proliferación endodérmica que genera una membrana entre el piso y la lengua, que luego se reabsorbe quedando únicamente el frenillo como vestigio.

LAS GLANDULAS SALIVARES

Poseen diferente origen, a pesar de esto se originan de manera similar por invaginación del epitelio. Esta invaginación al mesodermo se ramifica y forma los acinos secretorios que quedan rodeados de mesodermo y se capsulan.

LOS DIENTES

Los dientes se hallan incluidos en receptáculos óseos llamados alvéolos, en cuyas paredes se fijan por medio de un tejido conectivo denso que reciben el nombre de ligamento periodontal. La porción localizada en el interior del alvéolo se llama raíz; la porción visible se llama corona.

El eje de cada pieza dentaria está formado por la pulpa, que es un conducto ocupado por tejido conectivo laxo por el cual transitan los vasos y nervios del diente. Alrededor de la pulpa existe un tejido conectivo calcificado conocido como dentina. La dentina de la corona está cubierta por una sustancia muy dura llamada esmalte, mientras que la raíz se rodea de un tejido óseo especial llamado cemento. El ligamento periodóntico se extiende desde el cemento hasta el hueso del alvéolo. El límite entre el esmalte y el cemento es el cuello del diente.

Existen dos tipos de denticiones: la primera por los dientes deciduos o de leche (20 en total) y la segunda formada por los dientes definitivos o permanentes (32 en total).

Los dientes se desarrollan a partir del ectodermo (el esmalte) y mesodermo (la dentina, pulpa y cemento).

Los primeros esbozos se desarrollan en las láminas dentales (del ectodermo) que se engrosan e invaden el mesodermo subyacente, en las crestas gingivales. Esta invasión forma unos pequeños brotes esféricos o yemas dentales, que se siguen adentrando en el mesodermo. Estas yemas se invaginan adquiriendo forma de copa en la que el centro está formado de mesodermo que forma la papila. Las paredes externa e interna de la copa se denominan epitelio dental externo y epitelio dental interno. Entre ambas pronto se desarrolla un tejido laxo llamado retículo estelar o retículo del esmalte.

Antes de que la lámina dental involucre entre las yemas dentarias, surgen en su cara interna los brotes de las yemas dentarias definitivas.

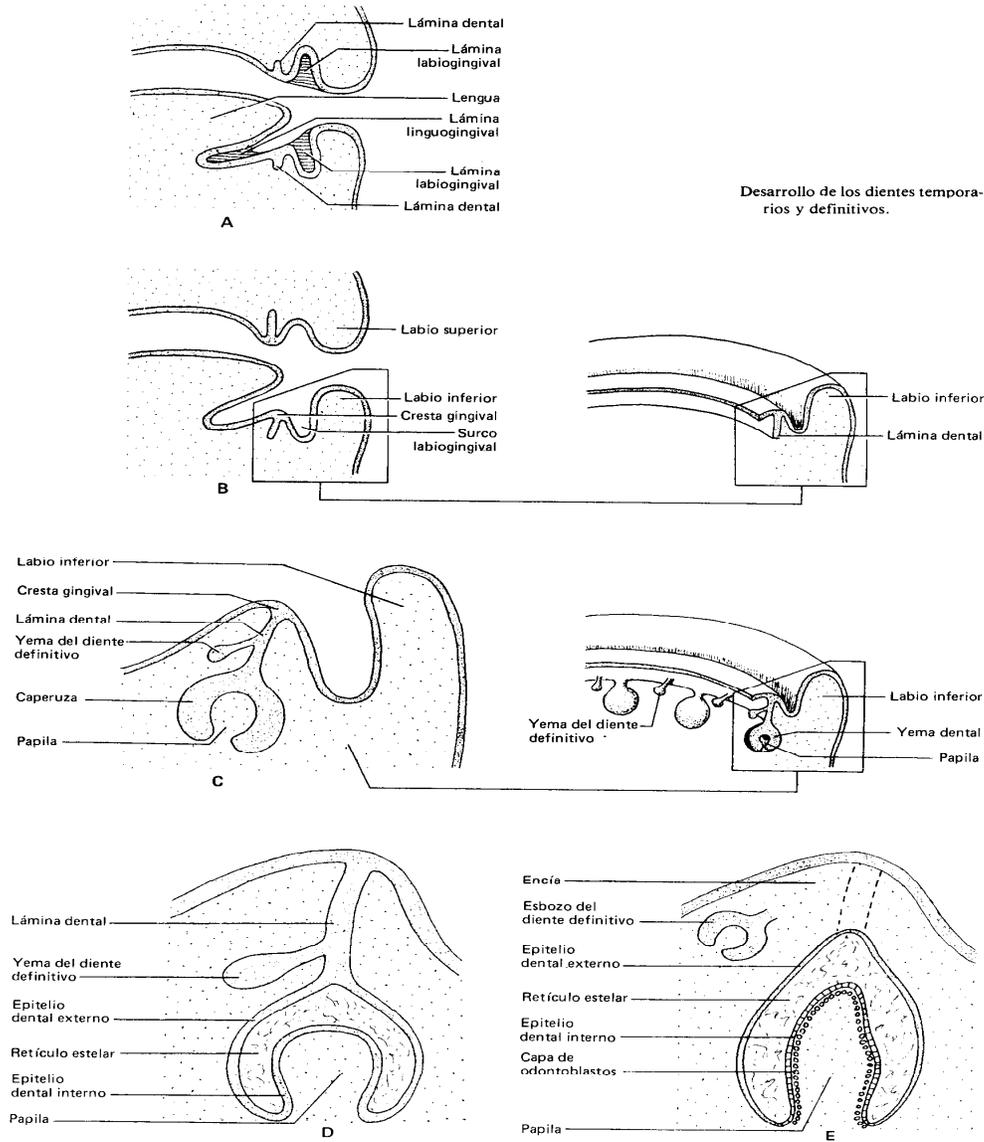
En el diente, las células de la papila, adyacentes al epitelio dental interno se convierten en odontoblastos (origen del ectodermo). Estos desarrollan la dentina de la corona, que al ocupar más espacio reduce el tamaño de la papila convirtiéndola en pulpa.

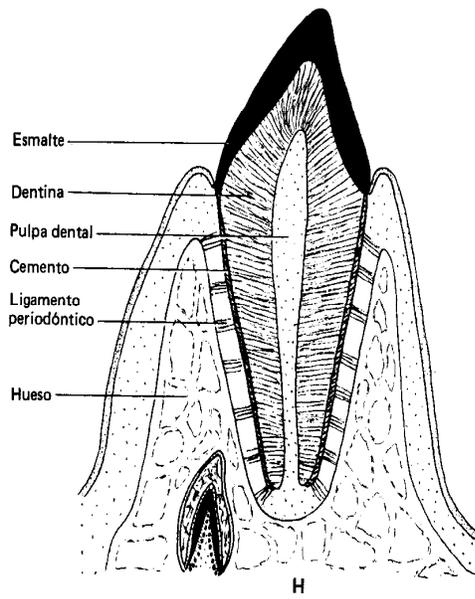
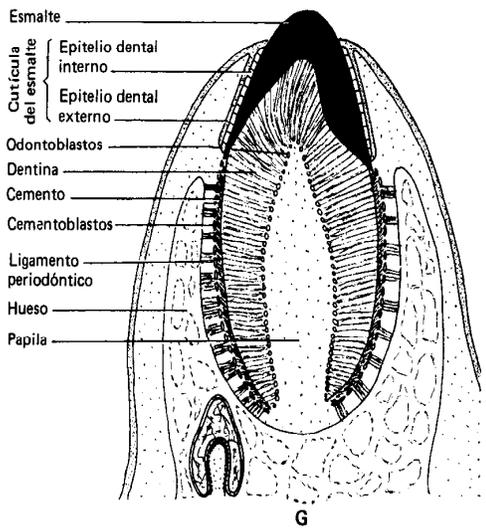
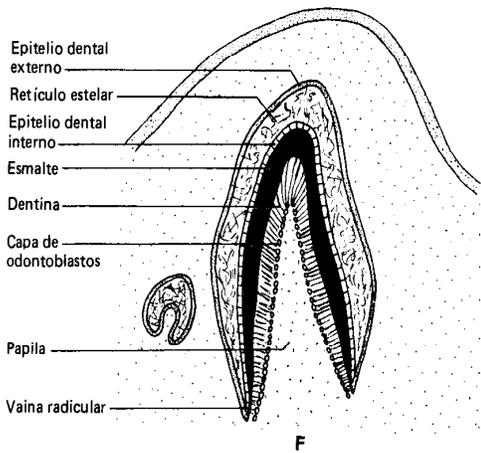
Las células del epitelio dental interno se diferencian en ameloblastos que producen el esmalte en la parte externa del diente. Al aumentar el esmalte por los ameloblastos, son desplazados hacia el epitelio dental externo. Los ameloblastos y el epitelio externo forman la cutícula del esmalte.

La raíz del diente se forma de último, con la prolongación de la región donde se unen los epitelios dentales externo e interno. Este crecimiento forma la vaina radicular (de la raíz) en cuya capa interna aparecen nuevos odontoblastos que elaboran dentina.

Sobre la superficie externa de la vaina radicular aparecen los cementoblastos (del mesodermo) que forman un cemento especial (tejido óseo especializado) en toda la vaina radicular. Entre éstos y el alvéolo se desarrolla el ligamento periodontal. A medida que la raíz crece, empuja a

la corona hasta hacerla aparecer en la superficie de la encía. Los dientes deciduales aparecen entre los 6 meses y los 2 años, y los permanentes o definitivos entre los 5 y 7 años.





Correlación entre los sistemas cronológicos utilizados en embriología humana (semana 1 a 8)

| Sem. | Día | Long. | Somitas | Estadio Carnegie | Acontecimientos relevantes |
|------|-------|----------|---------|------------------|---|
| 1 | 1 | 0.1–0.15 | | 1 | Fecundación |
| | 1.5–3 | 0.1–0.2 | | 2 | Primeras segmentaciones hasta mórula |
| | 4 | 0.1–0.2 | | 3 | Blastocisto libre en cavidad uterina |
| | 5–6 | 0.1–0.2 | | 4 | Anidación del blastocisto y comienzo de la implantación |
| 2 | 7–12 | 0.1–0.2 | | 5 | Implantación completa del blastocisto |
| | 13 | 0.2 | | 6 | Aparición de las primeras vellosidades Desarrollo de la línea primitiva |
| 3 | 16 | 0.4 | | 7 | Comienza la gastrulación; formación del proceso notocordal |
| | 18 | 1–1.5 | | 8 | Formación de la fosita primitiva; aparición de la placa neural y del surco neural |
| | 20 | 1.5–2.5 | 1–3 | 9 | Formación de la eminencia caudal y los primeros somitas; aparición de los neurómeros en las futuras vesículas encefálicas; formación del tubo cardíaco primitivo; empieza el desarrollo de la vascularización en el disco embrionario |
| 4 | 22 | 2–3.5 | 4–12 | 10 | Comienza la fusión de los pliegues neurales; rápida flexión del extremo cefálico del embrión; aparece el primordio pulmonar; formación del miocardio, el corazón comienza a bombear; aparece la placa hepática; comienzan a formarse los dos primeros arcos faríngeos y los surcos ópticos. |
| | 24 | 2.5–4.5 | 13–20 | 11 | Las células germinales primordiales comienzan a emigrar desde la pared del saco vitelino; cierre del neuroporo cefálico; rotura de la membrana bucofaríngea; desarrollo de las vesículas ópticas; comienza la formación de la fosa óptica. |
| | 26 | 3–5 | 21–29 | 12 | Cierre del neuroporo caudal; aparición del divertículo cístico y de la yema pancreática dorsal; comienza la formación del tabique urorrectal; aparecen los esbozos de las extremidades superiores; formación de los arcos faríngeos |
| | 28 | 4–6 | 30 + | 13 | Comienza la diferenciación de las columnas dorsal y ventral en la capa del manto de la médula espinal y el tronco del encéfalo; comienza la formación del septum primum del corazón; aparece el bazo; aparición de las yemas ureterales; aparición de los esbozos de las extremidades inferiores; aparición de la vesícula ótica y de la placoda del cristalino; aparición de los núcleos motores de los pares craneales. |
| 5 | 32 | 5–7 | | 14 | Empiezan a brotar los nervios raquídeos; comienzan a formarse las válvulas semilunares cardíacas; aparecen los vasos linfáticos y coronarios; formación de las curvaturas mayor y menor del estómago y del asa intestinal primitiva; comienza a desarrollarse el metanefros; la fosita del cristalino se invagina hacia la cúpula óptica; aparece el apéndice endolinfático; comienzan a formarse las vesículas encefálicas secundarias; los hemisferios cerebrales se hacen visibles |
| | 33 | 7–9 | | 15 | Comienzan a formarse las válvulas aurículoventriculares y la cavidad pericárdica definitiva; aparecen los pliegues cloacales y el tubérculo genital; desarrollo de la placa de la mano; formación de |

| | | | | | |
|---|----|-------|--|----|--|
| | | | | | la vesícula del cristalino y la invaginación de la fosa crea los procesos nasales medial y laterales; comienzan a formarse los ganglios de los pares craneales sensitivos y parasimpáticos; las neuronas olfatorias primitivas emiten axones hacia el telencéfalo |
| 6 | 37 | 8-11 | | 16 | Comienza a formarse el tabique muscular ventricular; se ocluye la luz del tubo intestinal; empiezan a formarse los cálices mayores renales y el riñón comienza a ascender; aparecen las crestas genitales; formación de la placa del pie en el esbozo de la extremidad inferior; pigmentación de la retina; desarrollo de las prominencias auriculares |
| | 41 | 11-14 | | 17 | Aparecen los primordios de los segmentos broncopulmonares; tabique intermedio cardíaco completo; formación del sistema venoso subcardinal; formación de cálices menores renales; se distinguen los rayos digitales; formación del surco nasolacrimal; comienza la formación del cerebelo; los melanocitos colonizan la epidermis; se forman las láminas dentales |
| 7 | 44 | 13-17 | | 18 | Comienza la osificación del esqueleto; se inicia la diferenciación de las células de Sertoli en la gónada masculina; aparecen los codos y rayos digitales de los pies; formación del proceso intermaxilar y de los párpados en la cara; expansión del tálamo en el diencéfalo; aparecen los pezones y los primeros folículos pilosos. |
| | 47 | 16-18 | | 19 | En el corazón, se fusiona el septum primum con el septum intermedium; rotura de la membrana urogenital; el tronco se alarga y endereza |
| 8 | 50 | 18-22 | | 20 | El asa intestinal primitiva completa su rotación inicial en sentido contrario al de las agujas del reloj; en el varón, comienza la regresión de los conductos paramesonefríticos y la formación de los conductos deferentes; los miembros superiores se flexionan por los codos. |
| | 52 | 22-24 | | 21 | Cierre de los canales pericardioperitoneales; las manos y los pies se aproximan en la línea media |
| | 54 | 23-28 | | 22 | Continúa el desarrollo de los párpados y los pabellones auriculares |
| | 56 | 27-31 | | 23 | Obliteración de la cavidad coriónica por crecimiento del saco amniótico; se establecen la vena cava superior definitiva y las ramas principales del arco aórtico; recanalización casi total de la luz del tubo intestinal; dientes primitivos en estadio de corona |

BIBLIOGRAFÍA

HIB, José. EMBRIOLOGIA MEDICA, 6ª edición, Interamericana-McGraw-Hill, México, 1994, 318 pp.

MOORE, K.L. EMBRIOLOGIA BASICA, 3ª edición, Interamericana-McGraw-Hill, México, 1990, 325 pp.

MJÖR, Ivar A., FEJERSKOV, Ole. EMBRIOLOGIA E HISTOLOGIA ORAL HUMANA, Salvat, México, 1990, 325 pp.

Larsen, William J. EMBRIOLOGÍA HUMANA. Elsevier Science – Churchill Livingstone; tercera edición, 2003 ISBN edición española 84-8174-655-X

<http://www.visembryo.com/baby/>

<http://members.tripod.com/~hispanidad/vida/dia1.htm>

http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/appendix_a.html

http://www.med.unc.edu/embryo_images/unit-bdyfm/bdyfm_htms/bdyfmtoc.htm

http://www.med.unc.edu/embryo_images/unit-hednk/hednk_htms/hednktoc.htm

[http://virtualhumanembryo.lsuhs.edu/DREM site/DREM_home.htm](http://virtualhumanembryo.lsuhs.edu/DREM%20site/DREM_home.htm)

http://virtualhumanembryo.lsuhs.edu/HEIRLOOM/Stages/HEP_StagesFS.htm

http://www.biogest.es/img/esp_galeria_jordi/catalogo.html