

TEMA 2.4: LA REPRODUCCIÓN EN LOS ANIMALES

- 1- LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN ANIMALES
- 2- LOS APARATOS REPRODUCTORES
- 3- LA GAMETOGÉNESIS
- 4- LA FECUNDACIÓN
- 5- EL DESARROLLO EMBRIONARIO
- 6- EL DESARROLLO POSTEMBRIONARIO



Hembra de babuino (*Papio anubis*) protegiendo a su cría en la sabana africana.

1- LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN ANIMALES

Esta modalidad de reproducción sólo se encuentra presente en animales de organización sencilla, dado que aún conservan la totipotencia embrionaria. Es el caso de los invertebrados no artrópodos y las larvas. Se definen las siguientes modalidades:

1. **Gemación**, consistente en la formación de nuevos individuos a partir de unas protuberancias o yemas. Pueden separarse del progenitor y establecerse como un individuo independiente, o permanecer unidos a él para formar una **colonia**. Se da en poríferos y cnidarios.



2. **Escisión**: desarrollo de nuevos individuos a partir de fragmentos (longitudinales o transversales) del progenitor. Primero se forman **zooides**, que permanecen unidos hasta completar su formación y después se separan. Es propio de platelmintos y poliquetos.

La **poliembrionía** es una variación que consiste en la división del embrión en las primeras etapas del desarrollo. Se da en insectos y algún vertebrado como el armadillo.

3. **Regeneración**: es la reconstrucción ante una fragmentación accidental de partes de un organismo por multiplicación de células somáticas. De esta manera organismos como lagartijas, salamandras o cangrejos pueden recuperar algún órgano perdido por un accidente. En ocasiones, esta reparación se hace reproductiva cuando se puede generar un individuo completo a partir de un pequeño fragmento, como ocurre en la estrella de mar, la planaria y la lombriz de tierra.

2- LOS APARATOS REPRODUCTORES

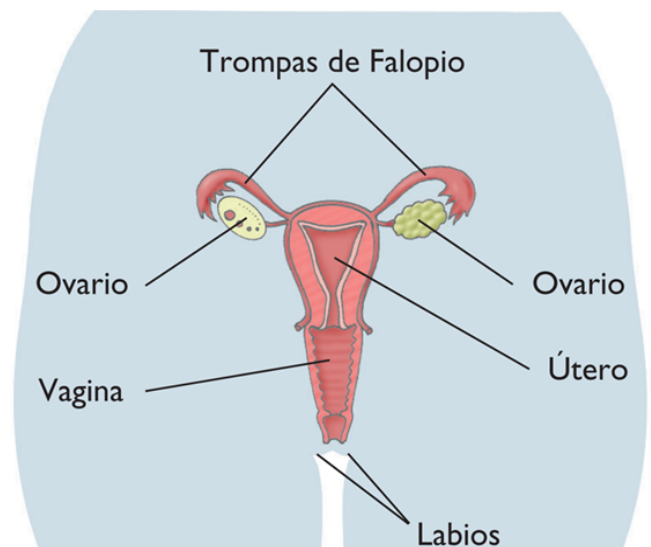
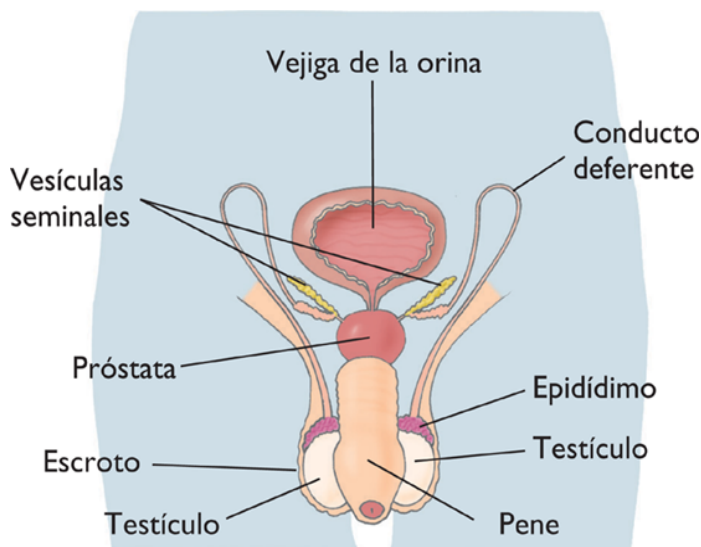
Los órganos sexuales son las estructuras en donde se producen los gametos. El nombre genérico que reciben en el reino animal es de **gónadas**. La gónada masculina pasa a denominarse **testículo** (productora de espermatozoides) y la femenina **ovario** (productora de óvulos).

En los animales, la **anfigonia** es la modalidad más frecuente de reproducción sexual y consiste en la fusión de los dos gametos en la fecundación para dar lugar a un cigoto diploide que generará un nuevo individuo. Bastante más minoritaria es la **partenogénesis**, en la que se desarrolla un individuo haploide a partir de un solo óvulo sin fecundar. Puede ser obligada, facultativa (las hembras pueden poner huevos que se van a fecundar y huevos que no se fecundan y originan individuos por partenogénesis) o cíclica (alternancia de generaciones anfigónicas y partenogénicas).

En los animales más sencillos (poríferos y celentéreos) las gónadas se encuentran aisladas, por lo que evacúan los gametos directamente al exterior. El resto de los organismos animales presenta un **aparato reproductor** que incluye las **gónadas**, los **gomoductos** (una serie de conductos que pueden presentar diferenciaciones a lo largo de su longitud y originar distintos órganos) y **glándulas** accesorias.

Los animales **hermafroditas** (muchas veces de vida sésil) presentan los dos aparatos reproductores, mientras que los **unisexuales** (artrópodos y casi todos los vertebrados) sólo tienen uno. En este último caso pueden aparecer diferencias morfológicas y fisiológicas entre machos y hembras, cuyo conjunto se conoce como **dimorfismo sexual**. Las características que diferencian los aparatos reproductores se resumen en la siguiente tabla:

| | Macho | Hembra |
|--|---|--|
| Gónadas | Testículos , formados por gran cantidad de túbulos seminíferos que desembocan en un tubo retorcido: el epidídimo . En mamíferos, se encuentran recogidos en el escroto . | Ovarios , con uno o varios folículos ováricos. |
| Conductos sexuales (gonoductos) | Espermiducto o conducto deferente . Presenta una dilatación al final que almacena el esperma (vesícula seminal). En mamíferos desemboca en la uretra, mientras que en anfibios, reptiles y aves lo hacen en la cloaca. | Oviducto o trompa de Falopio. A veces ensanchado al final en el receptáculo seminal , lugar donde se almacena el esperma. Desemboca en la cloaca o en el útero (en mamíferos). En insectos se desarrolla un ovopositor para depositar los huevos. |
| Glándulas accesorias | Vesícula seminal (fluidos nutritivos que con el esperma forman el semen) Próstata (líquido alcalino) Glándulas de Cowper (líquido lubricante) | Glándulas que segregan las envueltas del huevo (gelatinosa en anfibios, dura en reptiles y aves). Glándulas que humedecen el oviducto y la vagina. |
| Órgano copulador (fecundación interna) | Pene (deposita el esperma en el aparato reproductor de la hembra) | Vagina (receptor del pene en la cópula) |

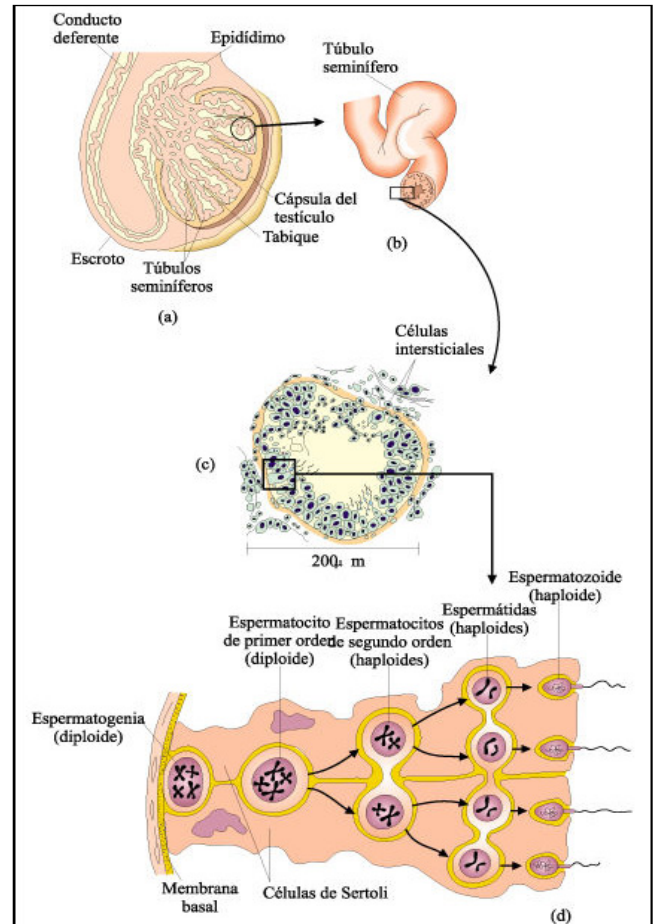
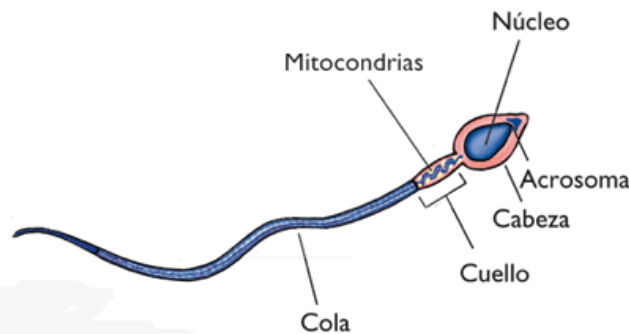


3- LA GAMETOGENÉISIS

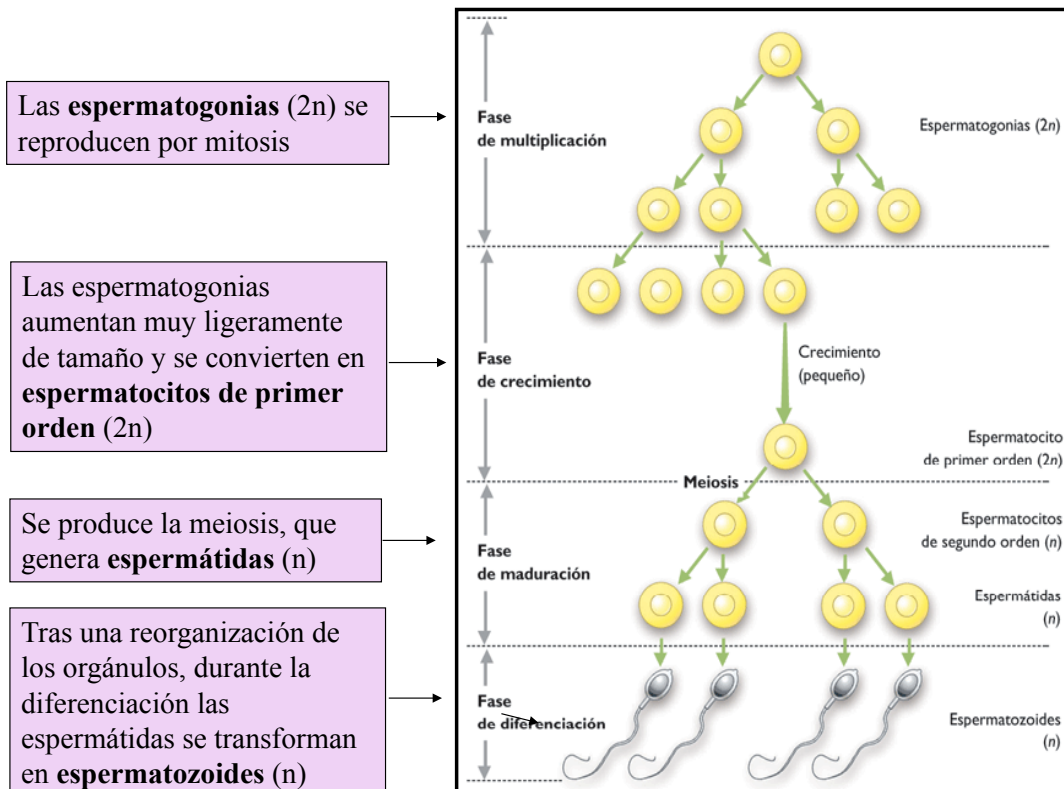
El proceso de formación de los gametos recibe el nombre de **gametogénesis** y se desarrolla en cuatro fases: proliferación, crecimiento, maduración (se produce la meiosis) y diferenciación.

Partes de un espermatozoide:

1. **Cabeza:** contiene el núcleo, gran parte del citoplasma y el **acrosoma** (orgánulo que contiene enzimas hidrolíticas)
2. **Cuello:** filamento axial con un alto número de **mitocondrias** dispuestas en espiral.
3. **Cola:** es un **flagelo** que surge del filamento axial.

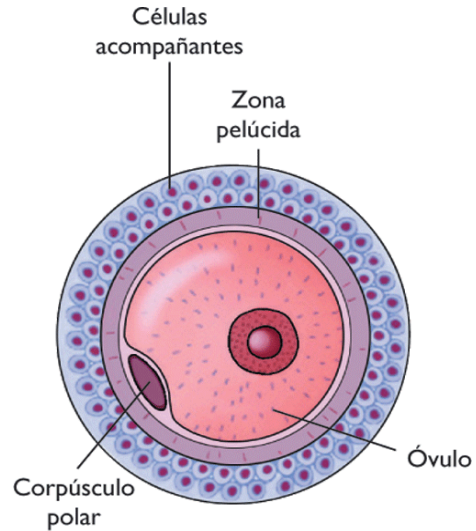


Los espermatozoides se originan y maduran en los tubos seminíferos del testículo mediante un proceso denominado **espermatogénesis**, que consta de las siguientes etapas:

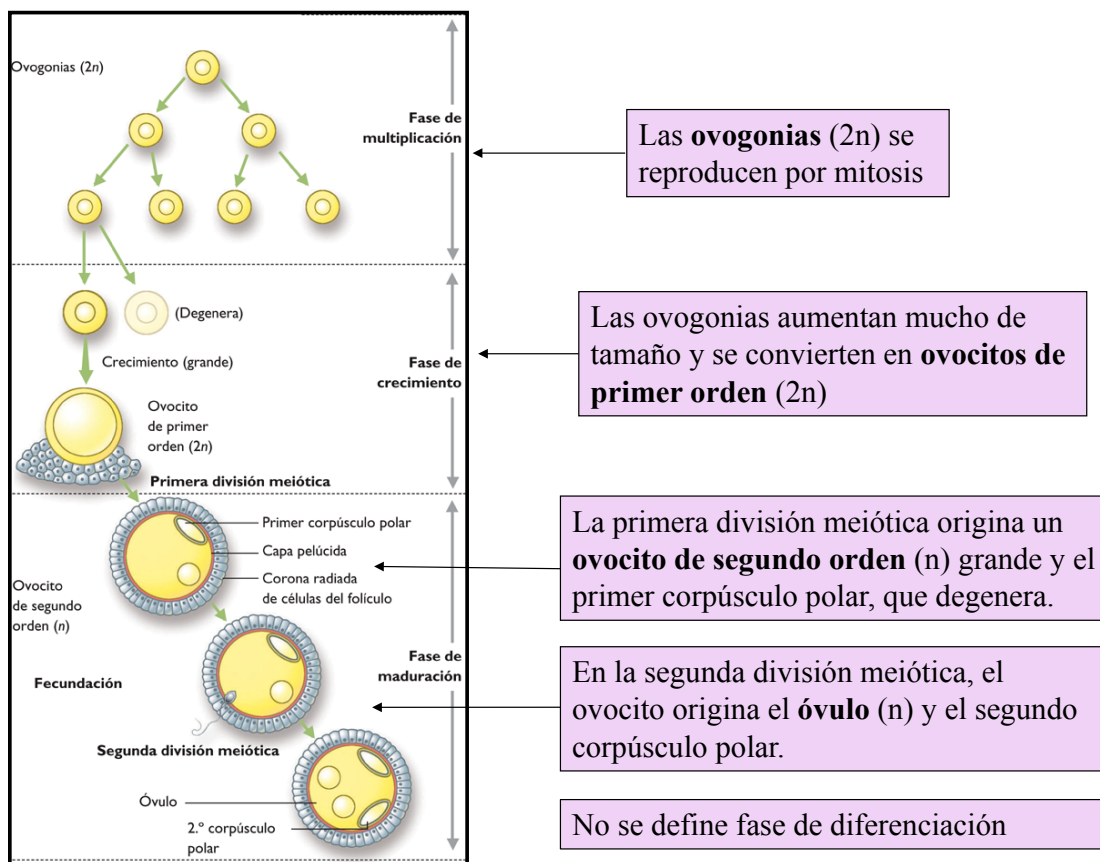


El **óvulo** es el gameto femenino, inmóvil, de gran tamaño y forma esférica. Tiene tres partes:

1. **Núcleo** excéntrico.
2. **Citoplasma**, con gran cantidad de **vitelo** (sustancia de reserva) y gránulos corticales en la periferia.
3. **Membranas** de función protectora, que son las siguientes:
 - La **membrana plasmática** (envoltura primaria)
 - La **membrana vitelina** (envoltura secundaria), que da protección mecánica y garantiza la especificidad de la fecundación. En los mamíferos forma la **zona pelúcida** y la **corona radiada** (con células acompañantes)
 - Las **membranas externas** (envoltura terciaria) son gelatinas y cáscaras que se añaden en el oviducto.



La **ovogénesis** es el proceso de formación y maduración de óvulos en el ovario. Su descripción es la siguiente:

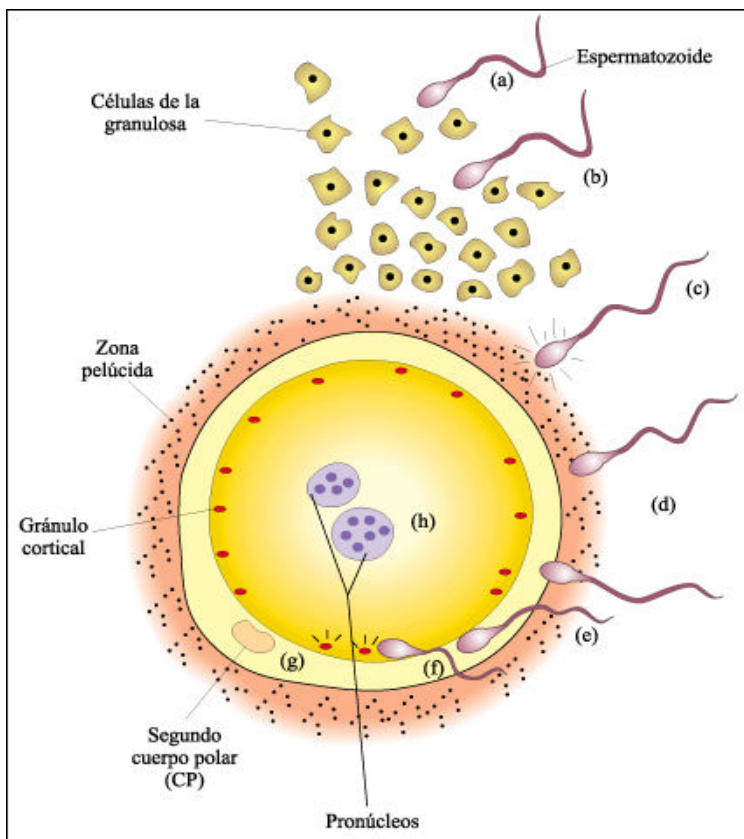


El ciclo menstrual y su regulación

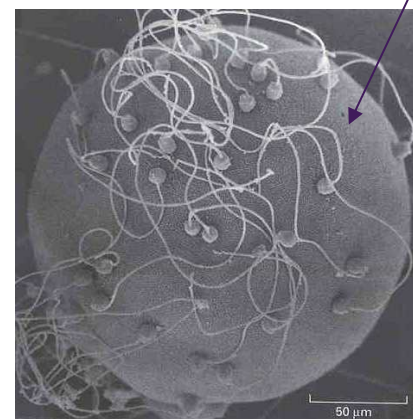
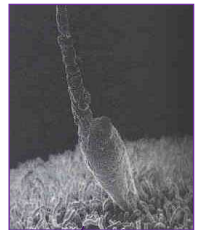
4- LA FECUNDACIÓN

Se denomina **fecundación** al proceso de fusión de los gametos haploides para formar el cigoto diploide. Aunque existe la **autofecundación** en algunos animales hermafroditas (como es el caso de la tenia), lo habitual es que la fecundación sea **cruzada**, puesto que incrementa la variabilidad en la descendencia que favorece la evolución biológica. La fecundación consta de las siguientes etapas:

- Activación de los espermatozoides (**capacitación**) mediante sustancias que libera el óvulo, por lo que se dirigen a él.
- Unión del espermatozoide a la membrana vitelina mediante receptores específicos. Importante para evitar que se unan gametos de distinta especie (especialmente en los de fecundación externa)
- Penetración del espermatozoide en la capa pelúcida, gracias a las enzimas hidrolíticas del acrosoma.
- Adherencia o unión de membranas de ambos gametos.
- Activación del óvulo, proceso bioquímico consistente en la secreción de los gránulos corticales que desemboca en la formación de una **membrana de fecundación** para impedir la entrada de otros espermatozoides.
- Fusión de los pronúcleos para originar el núcleo diploide del cigoto.



- a) Capacitación
- b) Paso por la granulosa
- c) Unión a membrana vitelina
- d) Penetración en capa pelúcida
- e) Fusión de membranas
- f) Activación del óvulo
- g) Liberación del C.P.
- h) Fusión de los pronúcleos



La fecundación necesita un medio acuático para que los espermatozoides móviles puedan nadar con su flagelo. En virtud del lugar donde se produzca, existen dos tipos de fecundación:

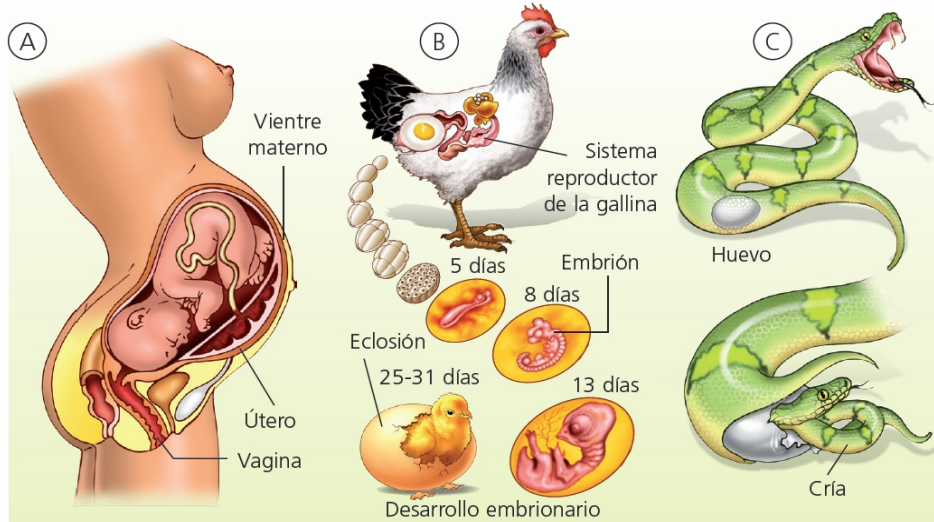
1. **Fecundación externa:** es aquella que se produce en el medio externo. Es propio de organismos acuáticos (a excepción de pulpos, algunos peces y mamíferos acuáticos) y se liberan gran cantidad de gametos: primero los óvulos y a continuación el esperma.

2. **Fecundación interna:** se produce en el interior del aparato reproductor de la hembra, por lo que es necesario el **apareamiento** o copulación, lo que implica la existencia de un aparato copulador o pene (a excepción de las aves). En esta modalidad hay una menor producción de gametos y en algunos animales (cefalópodos y artrópodos) los espermatozoides suelen liberarse en forma de paquetes denominados **espermatóforos**. Se da en organismos terrestres y en algunos peces.

5- EL DESARROLLO EMBRIONARIO

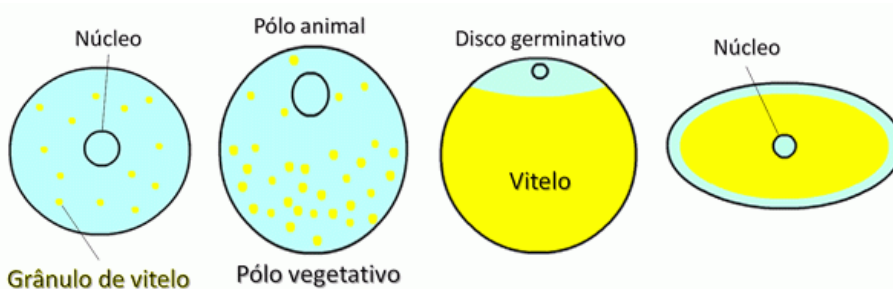
La ontogénesis consiste en el desarrollo del animal desde que se forma el cigoto hasta que alcanza el estado adulto. El periodo que abarca desde la fecundación hasta el nacimiento por eclosión (en los ovíparos) o parto (en los vivíparos) se denomina **desarrollo embrionario**. En virtud de dónde se produzca, se definen tres tipos de organismos:

1. **Ovíparos:** el desarrollo embrionario se produce en el interior de las estructuras que forman el **huevo**. Éste presenta envolturas gelatinosas (en los organismos acuáticos) o endurecidas e impermeabilizadas con una cáscara (en los organismos terrestres). Se produce en los seres vivos de fecundación externa y en algunos de fecundación interna (aves, reptiles, anfibios, artrópodos).
2. **Ovovivíparos:** el desarrollo embrionario se realiza también dentro del huevo, pero es retenido dentro del organismo de la hembra hasta la eclosión, momento en que las crías salen al exterior. El embrión sigue obteniendo el alimento del vitelo del huevo. Se da en algunos peces y en algunos reptiles.
3. **Vivíparos:** en este caso, el desarrollo embrionario tiene lugar en el interior del aparato reproductor de la hembra (en los oviductos o en el útero). Además de proteger al embrión, la hembra lo nutre durante la **gestación**. Se encuentra en los mamíferos, algunos anfibios y los condrictios.



A: vivíparos
B: ovíparos
C: ovovivíparos

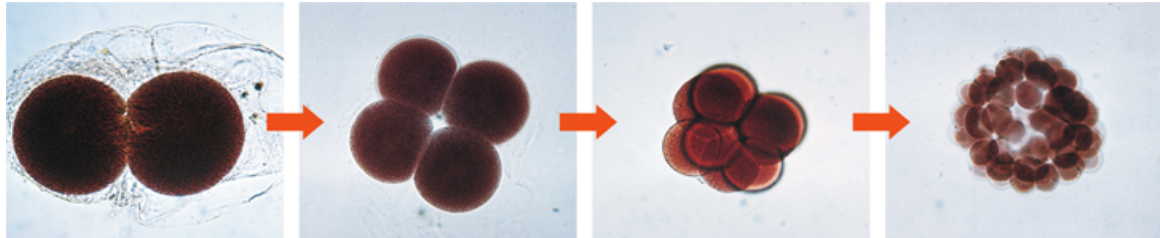
Tipos de huevos por la cantidad de vitelo:



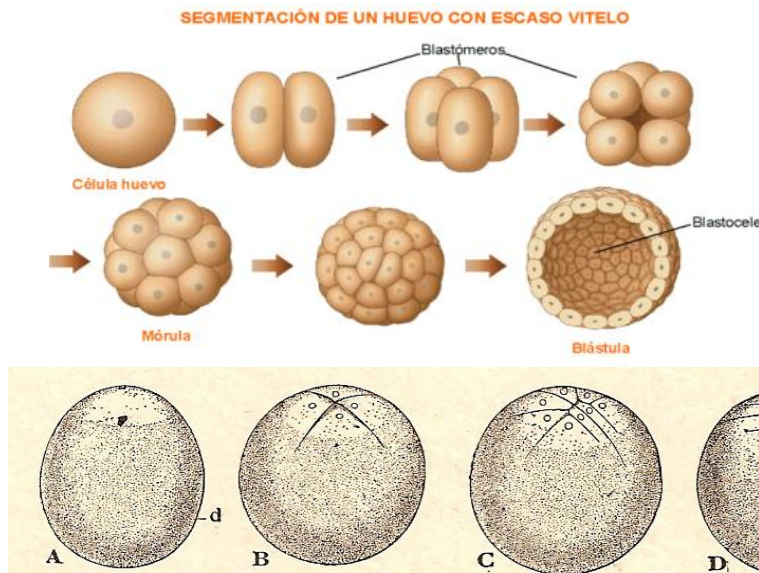
1. **Isolecito:** poca cantidad.
2. **Heterolecito:** cantidad intermedia.
3. **Telolecito:** gran cantidad en el polo vegetativo.
4. **Centrolecito:** gran cantidad en la zona central.

5.1 LA SEGMENTACIÓN

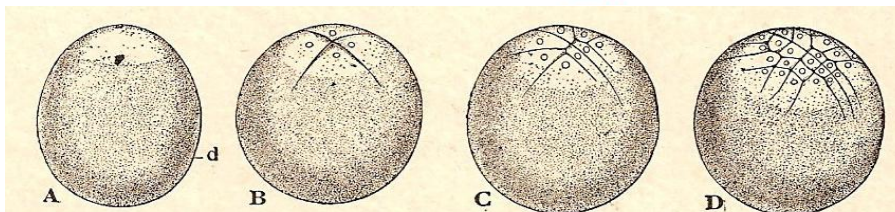
Una vez que se ha formado el cigoto, inmediatamente experimenta divisiones mitóticas sucesivas, en un proceso que es la **segmentación**. De este modo se divide en células indiferenciadas cada vez más pequeñas denominadas **blastómeros**, para generar un apilamiento de estas células que recibe el nombre de **mórula**.



Posteriormente, la **mórula** se transforma en la **blástula**, dado que los blastómeros migran hacia la periferia para formar una capa externa que es el **blastodermo** y dejando una cavidad central o **blastocelo**.



Los huevos con poco vitelo (equinodermos o mamíferos) tienen una **segmentación completa**, mientras que en los huevos con mucho vitelo (aves), la **segmentación es parcial** y el blastocelo tiene un tamaño reducido.

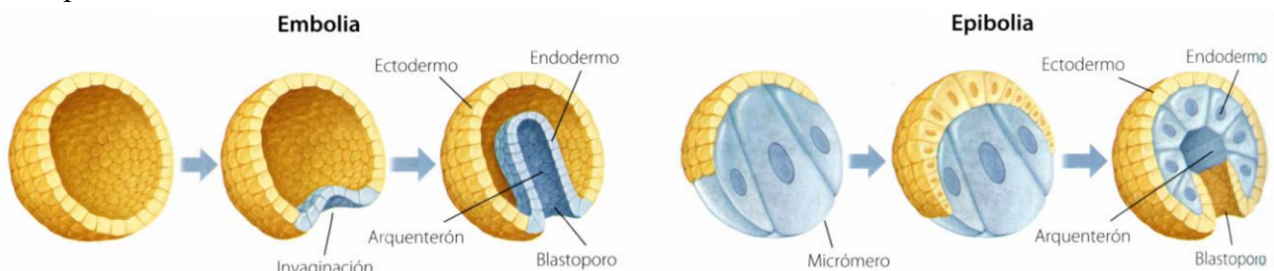


Segmentación de un telolecito

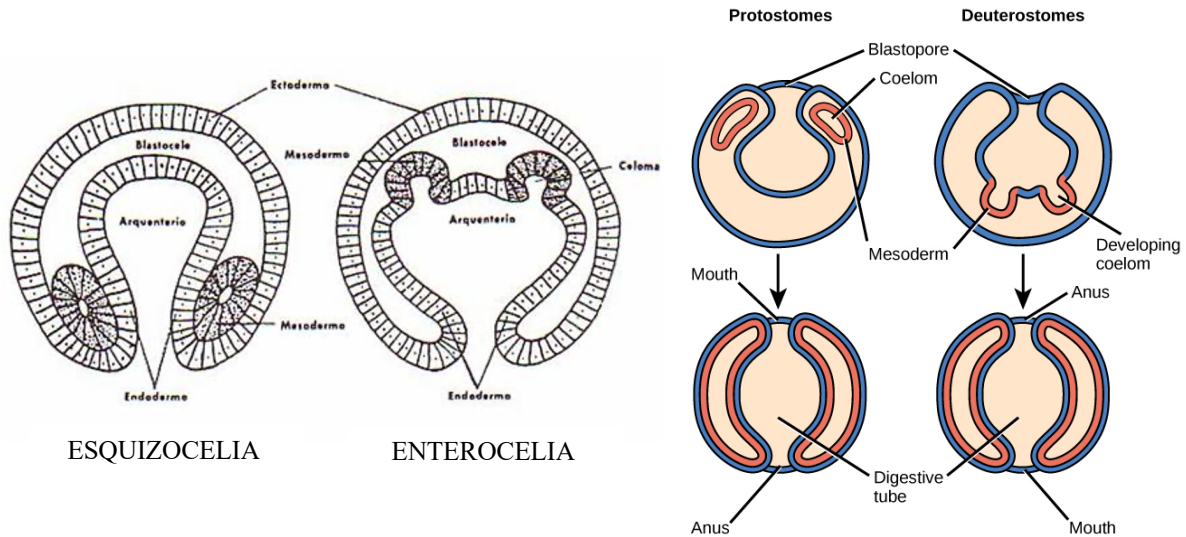
5.2 LA GASTRULACIÓN

En la fase de la **gastrulación**, las células de la blástula sufren una serie de desplazamientos o plegamientos para así formar las tres hojas o capas embrionarias (**ectodermo, endodermo y mesodermo**), a partir de los cuales se formarán los distintos tejidos y órganos.

Cuando la segmentación es completa, la gastrulación se produce por invaginación del blastodermo en el blastocelo para formar el ectodermo y el endodermo. En el caso de la segmentación parcial, el proceso se produce por recubrimiento de las células endodérmicas por las ectodérmicas o por la formación de dos capas de células (una externa y otra interna) por mitosis.



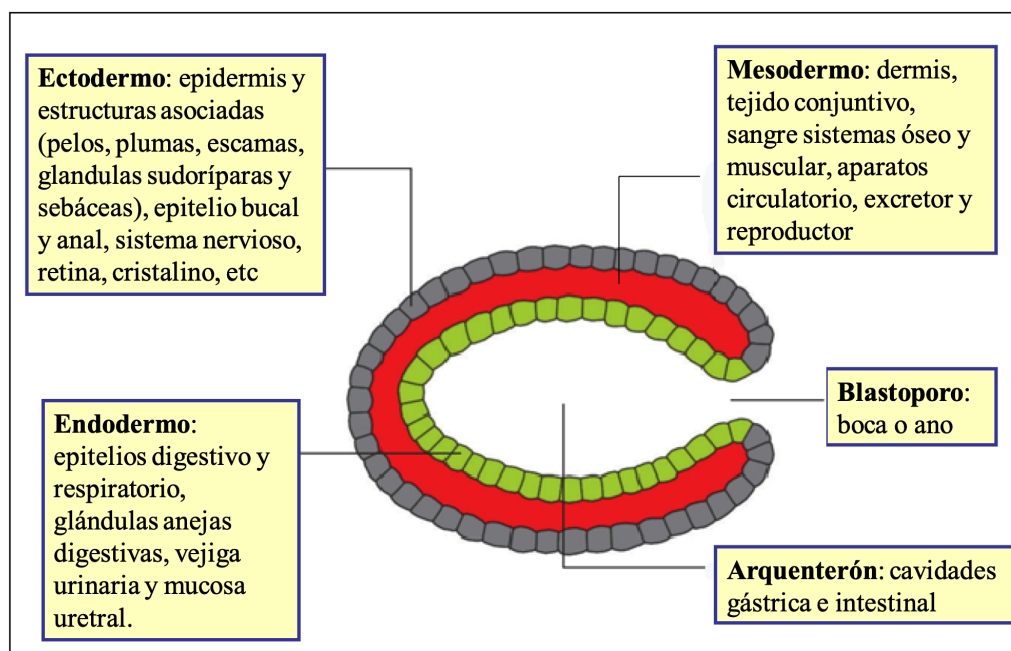
En todos estos casos, la **gástrula** diblástica resultante contiene una cavidad, el **arquenterón**, que se abre al exterior por el **blastoporo**. En los animales diblásticos (poríferos y celentéreos) no se forman más capas embrionarias, mientras que en los animales tribásticos aparece posteriormente una tercera capa, que es el mesodermo. Ésta se puede formar por evaginación de células del endodermo (enterocelia) o migración de células endodérmicas (esquizocelia).



En los animales tribásticos celomados, el mesodermo se ahueca para formar una cavidad interna que es el **celoma**. En los animales **protóstomos** (anélidos, moluscos y artrópodos, entre otros) el blastoporo se convertirá en la boca, mientras que en los **deuteróstomos** (equinodermos y cordados), el blastoporo será el futuro ano.

5.3 LA ORGANOGÉNESIS

Como **organogénesis** se conoce al conjunto de procesos que llevan a la formación de los distintos órganos del animal a partir de la diferenciación de células de las tres hojas embrionarias. Esta diferenciación se produce por la activación y desactivación de genes inducida por los genes homéoticos. Las estructuras que genera cada una de las capas embrionarias y estructuras de la gástrula son las que se reflejan en el siguiente dibujo:

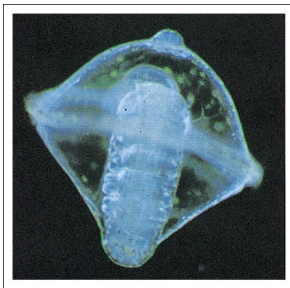


6- ELDESARROLLO POSTEMBRIONARIO

El periodo de la ontogénesis que abarca desde el nacimiento del animal hasta el estado adulto (aquel en que los individuos alcanzan la madurez sexual) se denomina **desarrollo postembrionario**. Según la complejidad del proceso, se establecen dos tipos:

1. **Directo:** el animal recién nacido es parecido al adulto. Consiste en el crecimiento del individuo y el posterior desarrollo de la madurez sexual. Presente en vivíparos y ovíparos de huevos con mucho vitelo (como aves y reptiles).
2. **Indirecto:** el individuo joven (la **larva**) es bastante distinto al adulto, por lo que sufren un conjunto de cambios profundos que se conoce como **metamorfosis**. Es característico de ovíparos de huevos con poco vitelo, por lo que tienen que generar una larva bastante inmadura. Existen dos tipos de metamorfosis:
 - En la **sencilla** o incompleta, los cambios que sufre la larva son progresivos y no pasa por una fase de inactividad. Se da en grupos como anélidos, moluscos, equinodermos, anfibios y algunos crustáceos e insectos (en éstos hay tres etapas: huevo, ninfa y adulto).

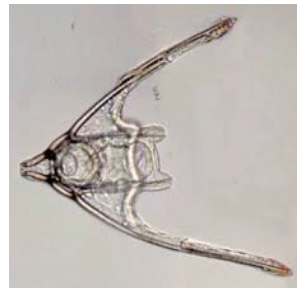
Larvas de algunos grupos de animales



Trocófora (anélidos)



Velígera (moluscos)



Plúteus (equinodermos)



Nauplio (crustáceos)

- En la **compleja** o completa, la larva experimenta cambios por etapas, alguna de ellas sin movimiento ni alimentación (la pupa o crisálida). Esta modalidad está presente en algunos crustáceos y muchos insectos (en este caso hay cuatro etapas: huevo, larva, crisálida y adulto o imago).



Huevo



Larva



Crisálida



Adulto (imago)