

**TEMA 11:  
LA REPRODUCCIÓN EN  
ANIMALES**

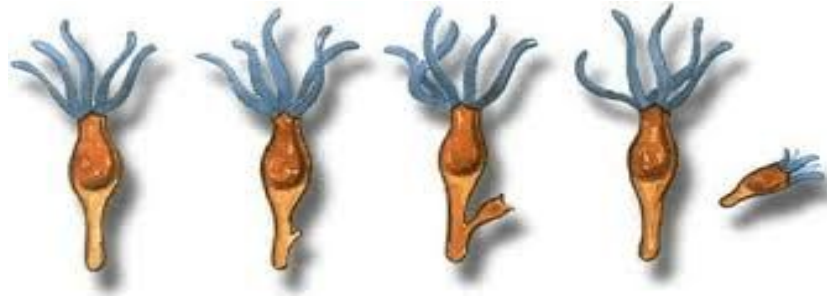
# 1.- LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL Y SEXUAL

La reproducción es uno de las funciones vitales que diferencia a los seres vivos. Para ello pueden emplear dos métodos de mecanismos y características distintas: la reproducción sexual y la asexual.

# 1.1.-¿Cómo se realiza la reproducción asexual?

En muchos animales los individuos pueden clonarse, es decir, hacer una copia exacta de sí mismos. Puede realizarse de diferentes modos:

1.-**Gemación:** ocurre en algunos animales como esponjas o pólipos, un grupo de células del cuerpo del progenitor se divide por mitosis, forma una yema, o brote que forma una cría. En unos casos se desprende del progenitor dando lugar a un ser independiente, y en otros se queda adherido convirtiéndose en un nuevo miembro con cierta independencia, formando una colonia.



**Escisión o fragmentación:** Consiste en la rotura espontánea del organismo progenitor en dos o más fragmentos, cada uno de los cuales dará lugar a un individuo completo. Así ocurre en algunos animales de organización sencilla como los gusanos marinos.



Además, algunos animales son capaces de volver a formar las partes perdidas como consecuencia de una lesión. Lagartijas, cangrejos, por ejemplo, pueden adquirir una nueva cola, pata u otros órganos cuando han perdido el original. En estos casos se habla de regeneración y no se considera un mecanismo de reproducción. Si es así cuando se origina un nuevo individuo completo, como puede ocurrir en la estrella de mar.



## 1.2.- Mecanismo de reproducción sexual

Intervienen los siguientes procesos:

- . **Formación de gametos**, es decir, de células especializadas portadoras de la información genética de los progenitores. Éstas (óvulos y espermatozoides son células haploides ( $n$ ) que se originan por meiosis.
- . **Formación del cigoto** mediante la unión de los gametos y la fusión de sus núcleos
- . **Desarrollo del cigoto.** El cigoto se divide por mitosis se acuerdo con las instrucciones genéticas y origina un individuo con caracteres de ambos progenitores.

## 1.3.- La partenogénesis

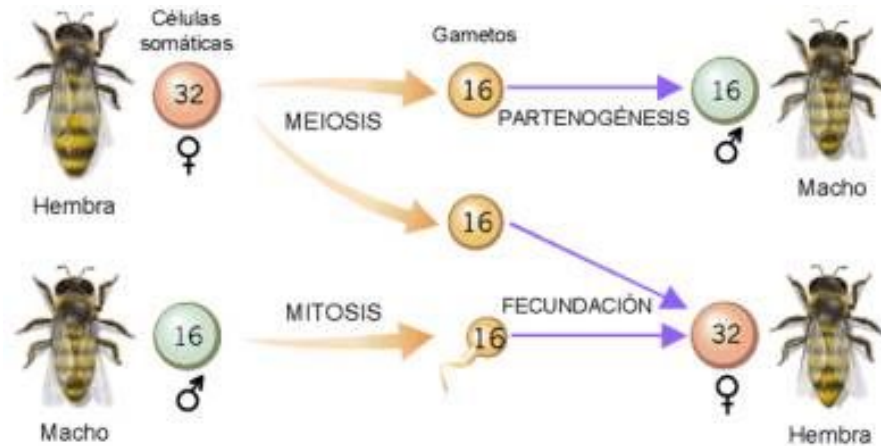
En algunas especies animales, las hembras producen huevos que se desarrollan sin haber sido fecundados. Esta forma de reproducción se denomina partenogénesis, y sucede en algunas especies de insectos, crustáceos, peces, reptiles e incluso aves.

Por su frecuencia en el ciclo biológico de la especie puede ser:

. **Partenogénesis obligatoria.** Los óvulos se desarrollan normalmente por partenogénesis, aunque, en condiciones adversas, puede intercalarse una generación con reproducción sexual. Ejemplo: los pulgones.

**Partenogénesis accidental.** La reproducción sexual es la normal y presentan partenogénesis en un momento dado. Sucede en el tiburón martillo, en ausencia de machos.

**. Partenogénesis facultativa.** Los óvulos pueden desarrollarse con fecundación (nacen hembras) o sin ellas (nacen machos), como sucede en las abejas.





## 2.- LA FORMACIÓN DE LOS GAMETOS

La gametogénesis, o formación de los gametos, tiene lugar en los órganos reproductores o gónadas de los individuos adultos. En las gónadas femeninas u **ovarios** se forman **los óvulos** y en las masculinas o **testículos**, los **espermatozoides**.

## 2.1.- Ovogénesis y espermatogénesis

En el caso de los seres humanos podemos resumir el proceso en las siguientes fases:

**Fase de multiplicación.** En las gónadas femeninas y masculinas, las células diploides conocidas como ovogonias y espermatogonias se multiplican por mitosis. Solo algunas de las células hijas inician el proceso de formación de los gametos.

**Fase de crecimiento.** Algunas ovogonias y espermatogonias crecen y se transforman en ovocitos primarios y espermatocitos primarios, todavía diploides.

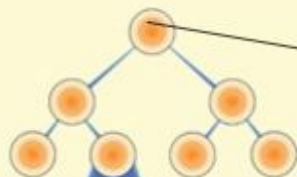
**Fase meiótica.** Los ovocitos y espermatoцитos primarios entran en meiosis. El proceso es diferente en mujeres y en hombres.

**Mujeres:** solo uno de los productos haploides de la meiosis se convierte en un ovocito secundario que madurará y dará lugar a un óvulo. Las otras células llamadas corpúsculos polares, poseen una cantidad muy pequeña de citoplasma y no originan óvulos.

En la mayoría de las especies, la producción de ovocitos primarios cesa muy pronto (en los seres humanos, antes del nacimiento). Los ovocitos primarios entran en la profases de la meiosis durante el desarrollo embrionario y quedan detenidos durante meses o años. En las mujeres a partir de la pubertad y de forma periódica, un ovocito primario completa su transformación en óvulo.

## Ovogénesis

Fase de multiplicación



Las **ovogonias** (células diploides) se multiplican por mitosis

Fase de crecimiento



Algunas ovogonias se transforman en **ovocitos primarios**

El ovocito primario se convierte en **secundario**

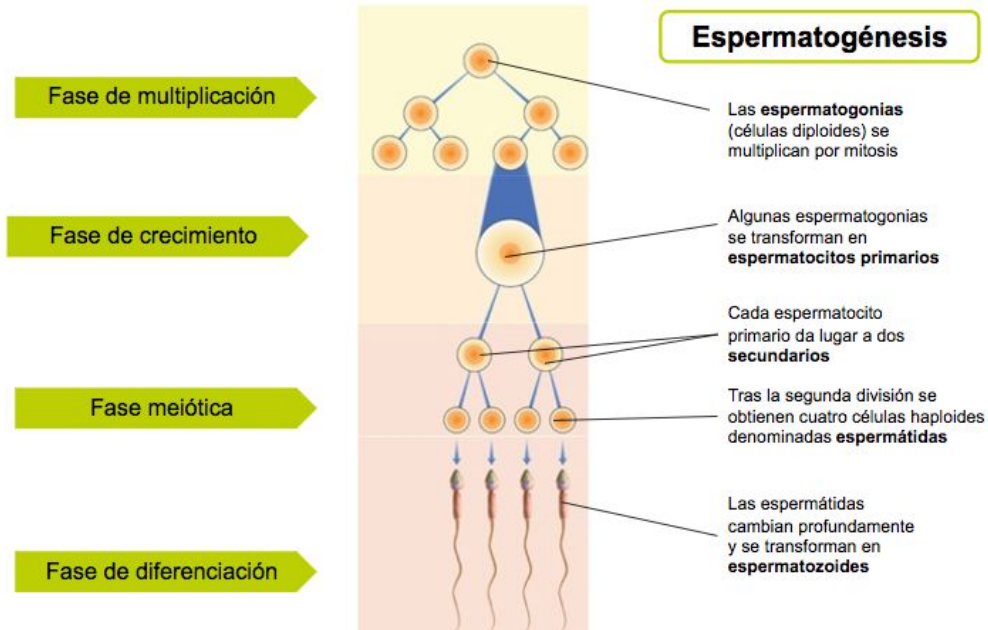
Fase meiótica



Este madura y da lugar al **óvulo**

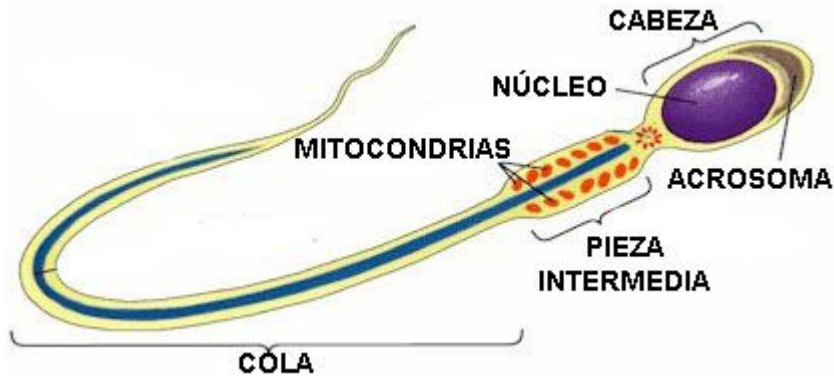
Las otras células, los **corpúsculos polares**, poseen una cantidad muy pequeña de citoplasma y no originan óvulos

**Hombres.** Los espermatozoides primarios completan la primera división de la meiosis y producen, cada uno de ellos, dos espermocitos secundarios. Tras la segunda división se obtienen cuatro células haploides denominadas espermátidas. Las espermatogonias y los espermocitos se producen continuamente durante la vida adulta.

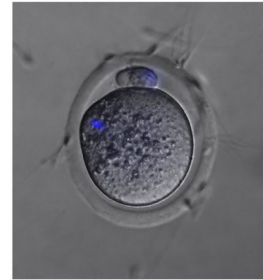
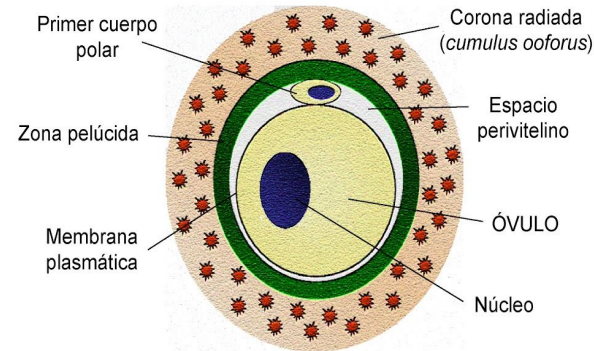


. **Fase de diferenciación. El óvulo** apenas sufre modificaciones, en cambio , las espermátidas cambian profundamente y se transforman en **espermatozoides**.

## Espermatozoide



## Óvulo



Autor: F. Chanut en PLoS Biol.

## 3.- LA FECUNDACIÓN

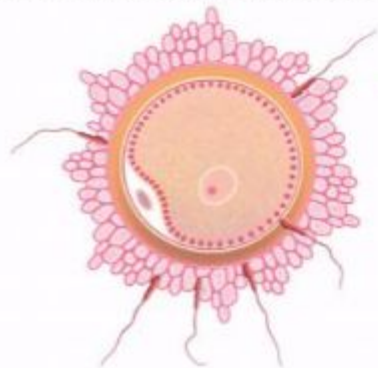
Es el proceso de fusión del espermatozoide y un óvulo para formar una célula diploide conocida como cigoto.

### 3.1.- El mecanismo de la fecundación

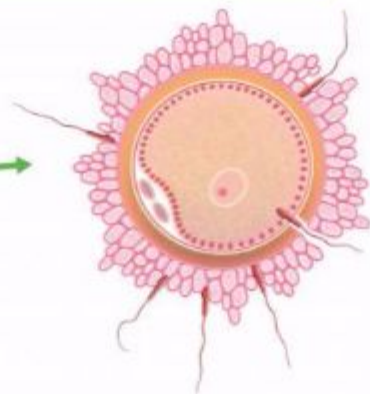
Para que se produzca la fecundación, un espermatozoide y un óvulo tienen que coincidir, reconocerse que pertenecen a la misma especie y unirse. Esta unión desencadena el principio del desarrollo.

## ETAPAS DE LA FECUNDACIÓN

1. El espermatozoide atraviesa la corona radiada y perfora la zona pelúcida gracias a las enzimas contenidas en el acrosoma (**reacción acrosómica**). De este modo, entra en contacto con la membrana plasmática del óvulo.



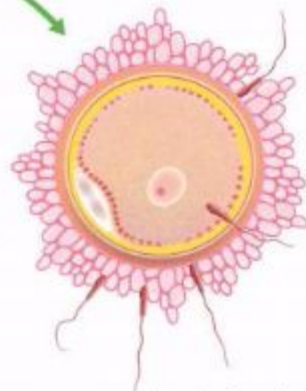
2. Las membranas de ambos gametos se fusionan. La cabeza del espermatozoide, con el núcleo y el centríolo, penetra en el óvulo.



4. Dentro del óvulo, el núcleo espermático (**pronúcleo masculino**) y el núcleo del óvulo (**pronúcleo femenino**) se fusionan (**cariogamia**) y forman el núcleo  $2n$  del cigoto.



3. El óvulo se activa y segrega al exterior el contenido enzimático de los granos corticales; se forma así la **membrana de fecundación** (en amarillo), que evita la fecundación por otros espermatozoides.





## 3.2.- Tipos de fecundación

Según el lugar donde ocurra, se distinguen dos tipos.

. **Fecundación externa.** Es frecuente en animales acuáticos. Los óvulos sin fecundar son expulsados por la hembra y, posteriormente, el macho libera los espermatozoides que fecundarán dichos óvulos en el medio exterior.

. **Fecundación interna.** Es característica de los animales terrestres. Para ello es necesario el apareamiento entre macho y hembra. Los machos de muchos reptiles, aves y todos los mamíferos tienen un órgano copulador para introducir los espermatozoides en las vías genitales femeninas. Otras especies liberan paquetes de espermatozoides, denominados espermatóforos, que son transferidos a las hembras.

# 4.- LOS SISTEMAS REPRODUCTORES

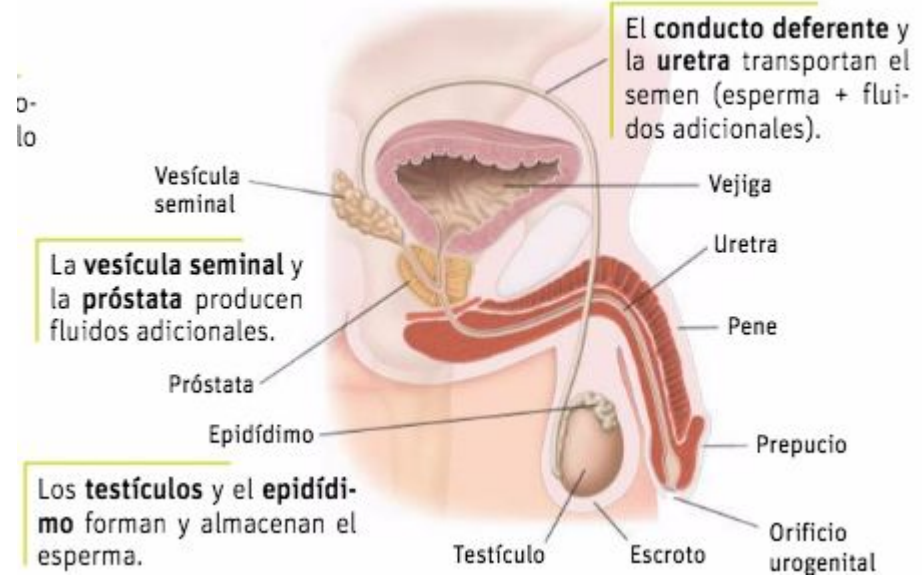
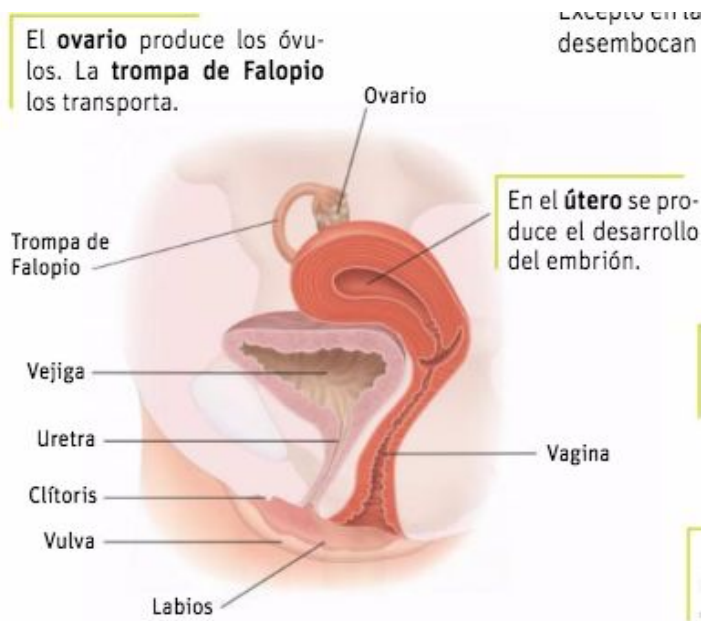
Los sistemas reproductores tienen por misión la formación de células reproductoras o gametos. En los animales de fecundación interna deben garantizar, además, la unión entre los gametos procedentes de organismos diferentes. En la mayoría de animales , los sistemas reproductores están constituidos por:

**.Primarios o gónadas.** Donde se forman los gametos y se producen las hormonas

**.Accesorios.** Ayudan a las gónadas en el proceso de formación de gametos y dan acogida y protección al embrión. Son muy variados y entre ellos se encuentran las vías genitales, órganos copuladores, órganos que almacenan espermatozoides...

# 4.1.- El sistema reproductor de los vertebrados

En los vertebrados-en particular en los machos- el sistema genital está estrechamente relacionado con el excretos.

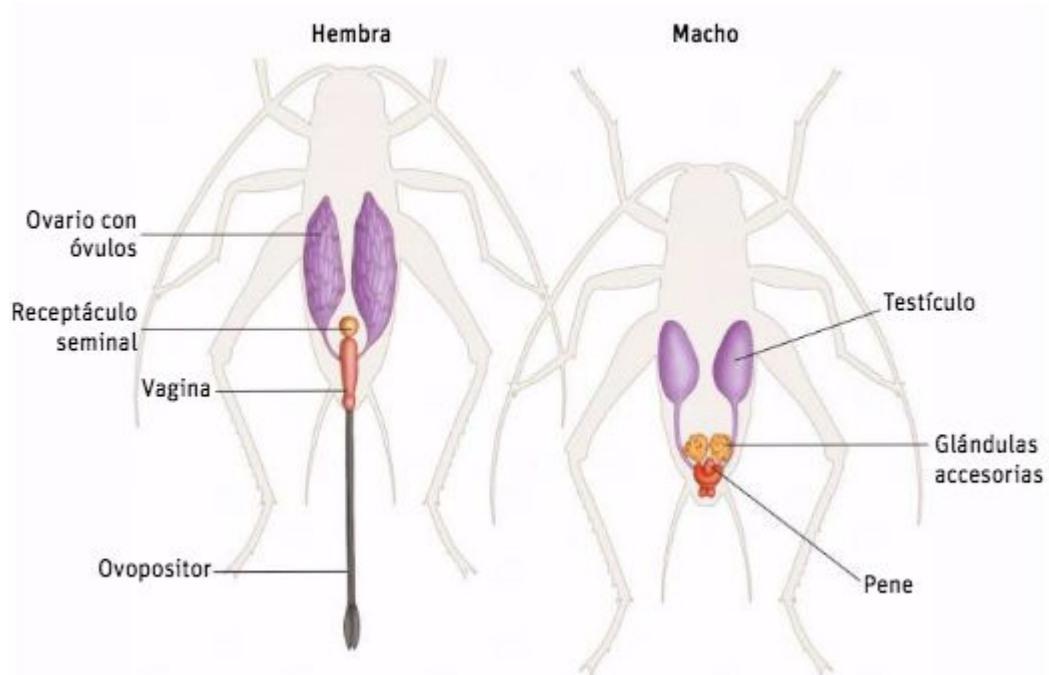


## 4.2.- El sistema reproductor de los invertebrados

En algunos invertebrados de vida acuática, como medusas, las gónadas son los únicos órganos sexuales. Los gametos son liberados al medio externo.

Sin embargo, en la mayoría de invertebrados el sistema reproductor es más complejo y disponen de estructuras similares a los vertebrados. En algunos casos, como en artrópodos terrestres, las hembras disponen, además, de un **receptáculo seminal o espermateca** al que emigran los espermatozoides tras la cópula. Allí quedan almacenados y se liberan a medida que la hembra expulsa sus óvulos.

## Sistema reproductor de un insecto.



## 4.3.- Unisexualidad y hermafroditismo

La mayoría de especies animales son **unisexuales o dioicas**, así, existen dos tipos de individuos según tengan gónadas masculinas o femeninas. En estos casos, es frecuente **el dimorfismo sexual**, es decir, la diferencia morfológica entre individuos de uno y otro sexo.

En las especies **hermafroditas o monoicas**, los individuos son portadores de ambos tipos de gónadas y producen los dos tipos de gametos. Así ocurre en especies de anélidos y moluscos. En estos animales, los gametos se forman en órganos sexuales llamados **ovotestis**.

El hermafroditismo es común en organismos que viven fijos o de movimientos lentos. No obstante, la autofecundación se evita siempre que es posible mediante la fecundación cruzada en la que dos individuos hermafroditas se aparean.

# 5.- EL DESARROLLO EMBRIONARIO

El desarrollo embrionario es el proceso de formación del nuevo individuo a partir de la célula huevo. El organismo desarrollado se llama **embrión**.

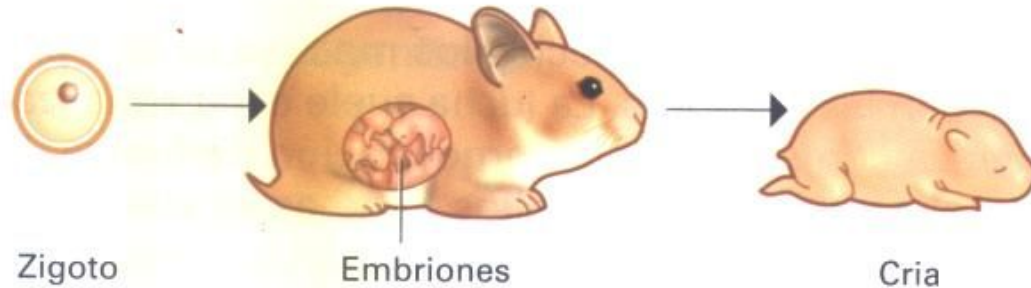
## 5.1.- ¿Dónde sucede el desarrollo embrionario?

Según el lugar, se distinguen tres tipos de fecundación:

- . **Ovípara.** Los óvulos o huevos fecundados son expulsados al medio externo. Es propia de los animales de fecundación externa y algunos de fecundación interna, como las aves.

. **Ovovivípara.** Los huevos fecundados se desarrollan dentro del aparato reproductor femenino, donde reciben protección y se alimenta del vitelo del huevo. Algunas especies de fecundación interna, como ciertos peces y reptiles, son ovovivíparos.

. **Vivípara.** Los óvulos fecundados se desarrollan en el aparato reproductor materno, que le alimenta durante el desarrollo. Todos los vivíparos son de fecundación interna, como ciertos peces, reptiles y la mayoría de los mamíferos





## 5.2.- PROCESOS BÁSICOS DEL DESARROLLO EMBRIONARIO

El proceso está a cargo de la información genética presente en el núcleo del huevo. Dicho proceso puede variar según la especie, pero en todas las secuencias del desarrollo se repiten estos procesos:

**.Multiplicación celular y muerte celular programada (apoptosis).** Para que el embrión se desarrolle, sus células tienen que dividirse y fabricar nuevas células. Al mismo tiempo, cuando los tejidos toman forma, hay células que debe morir y sufren apoptosis.

. **Movimientos celulares.** Las células del embrión pueden moverse unas entre otras causando importantes cambios de forma. Incluso grupos de células pueden migrar de un lugar al otro del embrión, donde originan tipos celulares diferentes.

. **Diferenciación celular.** Las células indiferenciadas se especializan en lugares y momentos concretos, de forma escalonada. Las que no se diferencian reciben el nombre de células madre.

. **Interacciones intercelulares.** Las células embrionarias se multiplican, se mueven o se diferencian en respuestas a señales que proceden de otras células.

El desarrollo embrionario se divide en tres etapas: segmentación, gastrulación y organogénesis.

## 5.3.- La segmentación: multiplicación sin crecimiento

El desarrollo embrionario se inicia con una serie de rápidas divisiones celulares por mitosis, entre las cuales no hay crecimiento celular. El proceso se conoce como **segmentación o clivaje** y está muy influido por la cantidad de vitelo y su distribución en el huevo.

La segmentación da origen una masa esférica de células, cada vez más pequeñas, denominada **mórula**. Conforme progresa, las células, denominadas **blastómeros**, forman una capa en la **superficie** del embrión que deja una cavidad en el interior, o **blastocelo**. Este estado embrionario recibe el nombre de **blástula**.

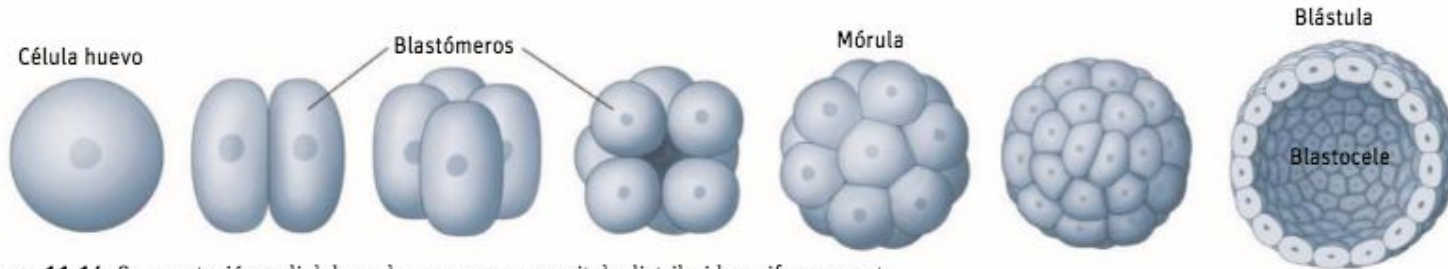
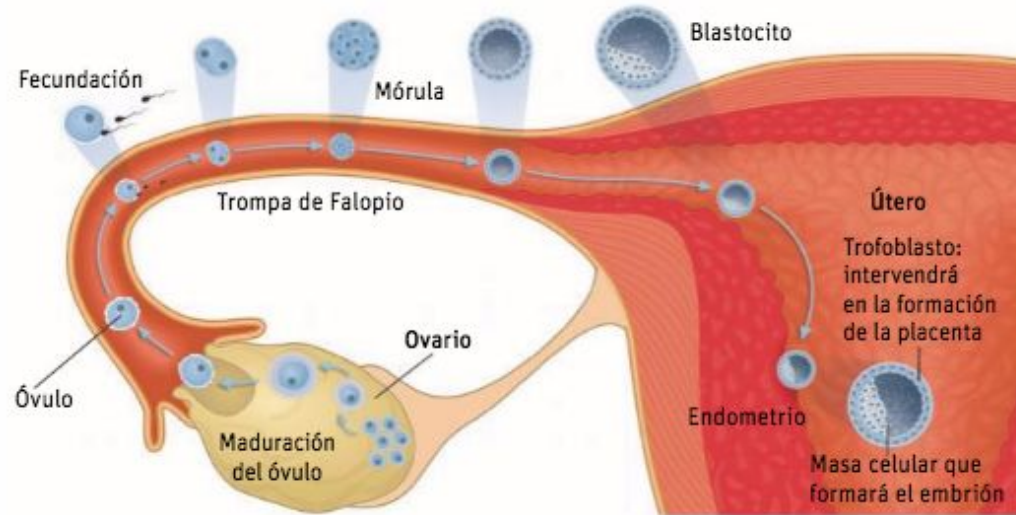


Figura 11.14. Segmentación radial de un huevo con escaso vitelo distribuido uniformemente.

En los mamíferos placentarios, como los seres humanos, se forma una blástula especializada, **el blastocito**, con dos grupos diferenciados de células. **De ellos se formarán, por un lado el embrión y, por otro, las complejas estructuras extraembrionarias que se disponen entre el embrión y el útero materno.**



**Figura 11.15.** La segmentación en los humanos sucede antes de la implantación en el útero.

## 5.4.- La gastrulación: producción de un plan corporal

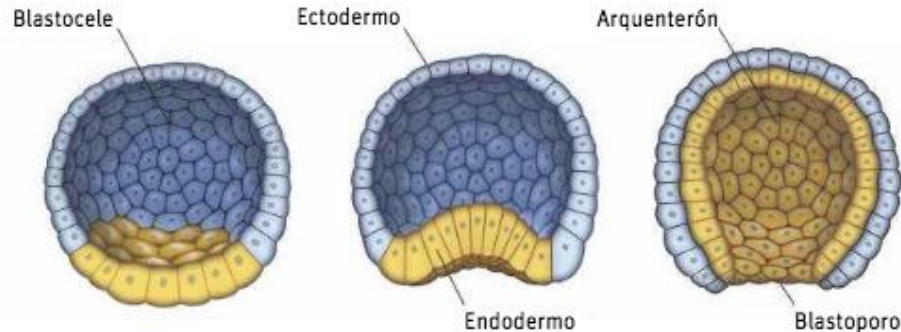
Durante la gastrulación, la multiplicación celular se hace más lenta y deja paso a un nuevo proceso: el movimiento celular. Una serie de movimientos bien organizados reordenan las células embrionarias en una estructura denominada **gástrula**.

En esta etapa se forman las capas de tejido embrionario, o capas germinativas, de las que resultaran los tejidos y los órganos del adulto.

Según el número de capas germinativas de la gástrula, los animales pueden diferenciarse en:

**DIBLÁSTICOS.** Son los animales cuya gástrula posee solo dos capas embrionarias, como las esponjas. La capa externa se llama **ectodermo** y la interna, **endodermo**.

Al inicio de la gastrulación las células se mueven hacia el hueco (blastocelo), la nueva capa, el endodermo, delimita a una cavidad, **el arquerterón o intestino primitivo**, que comunica con el exterior por un único orificio llamado **blastoporo**, que hará en el adulto de boca y de ano.

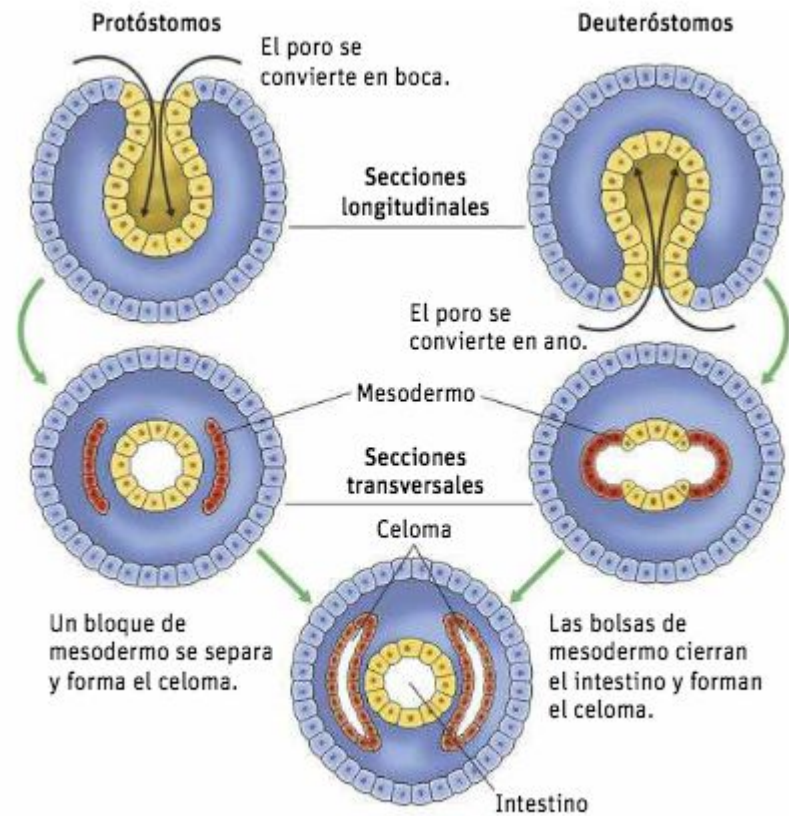


**TRIBLÁSTICOS.** En la mayoría de los animales se forma una tercera capa embrionaria, **el mesodermo, entre el ectodermo y el endodermo.**

En muchos triblásticos, en el interior del mesodermo se forma una cavidad llena de fluidos llamada **celoma** que crea un contenedor de circulación de nutrientes y deja espacio para que los órganos internos del adulto se muevan.

Entre los animales triblásticos existen dos modelos de desarrollo:

- **Los próstamos.** En ellos la boca del nuevo individuo se forma a partir del poro, la primera abertura del embrión
- **Los deuterostómicos.** Son los de boca secundaria, el blastoporo se convierte en ano y la boca se abre posteriormente en un lugar diferente.



**Figura 11.17.** La formación del mesodermo y el celoma.



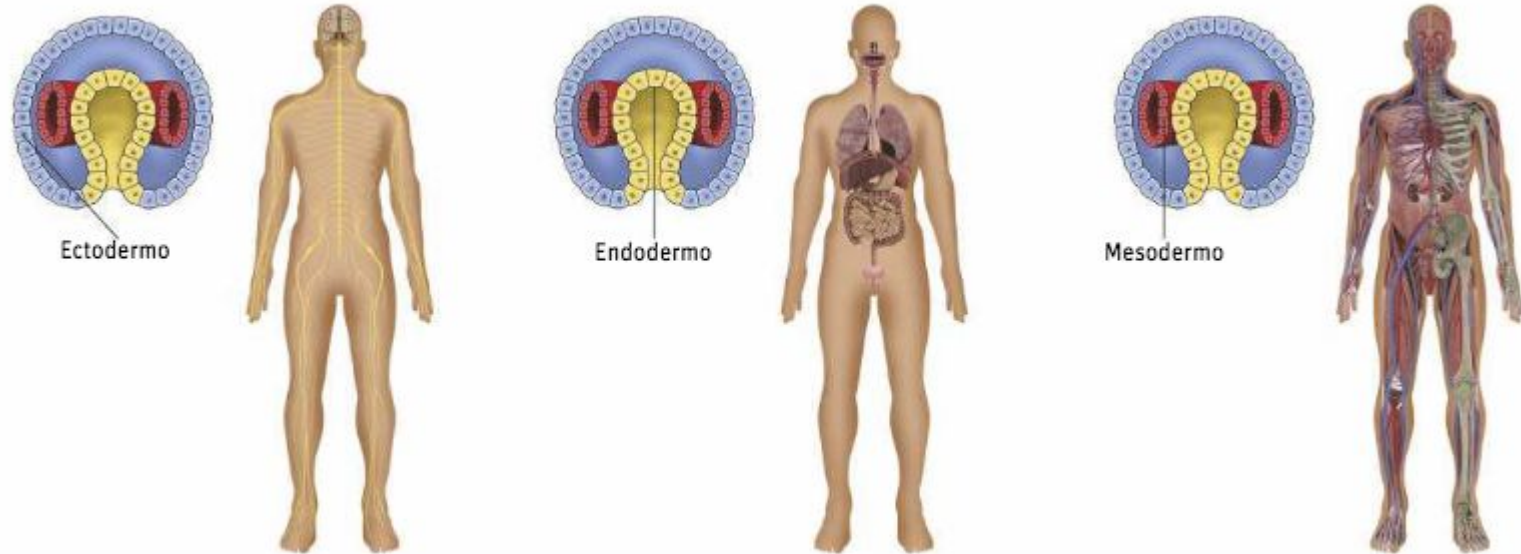
## 5.5.- La organogénesis: formación de tejidos y órganos.

El desarrollo embrionario se completa con la formación de los órganos a partir de las capas embrionarias. En este proceso, las células embrionarias más o menos uniformes se diferencian y adquieren formas y estructuras adecuadas a las funciones que van a desempeñar. De esta manera se forman los tejidos.

El destino de las hojas embrionarias es el siguiente:

- A partir del **ectodermo** se forma la epidermis de la piel y sus órganos anejos (pelos, plumas..) el tejido nervioso y las células receptoras de los sentidos.
- A partir del **endodermo** se origina el revestimiento epitelial del tubo digestivo y respiratorio, las glándulas digestivas y la vejiga urinaria.

- A partir del mesodermo se forman la capa dérmica de la piel, el revestimiento de las cavidades internas, el corazón y los demás órganos del aparato circulatorio, los riñones, las gónadas y el sistema esquelético y muscular.



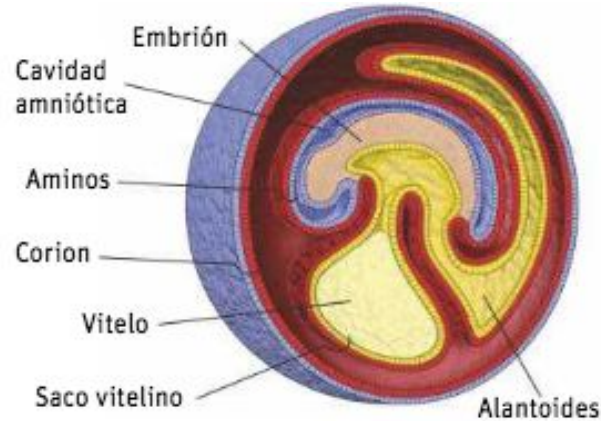
**Figura 11.18.** Los tres tejidos embrionarios dan lugar a los distintos tejidos y órganos adultos.

## 5.6.- Las membranas extraembrionarias

El embrión de reptiles, aves y mamíferos está rodeado de varias membranas extraembrionarias que se originan a partir del embrión pero no son parte de él. Son muy importantes en el desarrollo y se dividen en.

- **El saco vitelino:** es la primera membrana embrionaria y se forma a partir del **endodermo**.
- **El amnios y el corion:** se forma a partir del **mesodermo**, el amnios rodea al embrión y genera el líquido amniótico que proporciona un ambiente acuoso al embrión. El corion es una membrana que rodea al amnios y al saco vitelino, limita la cantidad de agua y regula el intercambio de gases.
- **El alantoides:** se forma a partir del endodermo y crea una bolsa para almacenar desechos metabólicos

En la mayoría de mamíferos estas capas tienen un papel fundamental, ya que junto con los tejidos de la pared del útero forman **la placenta**, órgano responsable de la nutrición del embrión y **el cordón umbilical** que une el embrión con la placenta



**Figura 11.19.** Embrión humano de nueve días con las membranas extraembrionarias.

# 7.- INTERVENCIÓN HUMANA EN LA REPRODUCCIÓN ANIMAL

Desde el inicio de la domesticación, el objetivo de la especie humana ha sido sacar el máximo provecho de los seres vivos, principalmente de animales. Así, ha obtenido nuevas razas seleccionando los mejores caracteres.

En la actualidad estas técnicas son muy sofisticadas, siendo muy común la fecundación in vitro, la transferencia de embriones, la transgénesis o la clonación.

Las más usadas se han extendido también a la especie humana para salvar problemas de infertilidad, éstas son:

**1.- Inseminación artificial:** es el método más antiguo, consiste en introducir de forma artificial el semen del macho en las vías genitales de la hembra. El semen puede ser seleccionado y congelado largo tiempo para usarse en el momento de ovulación de la hembra.

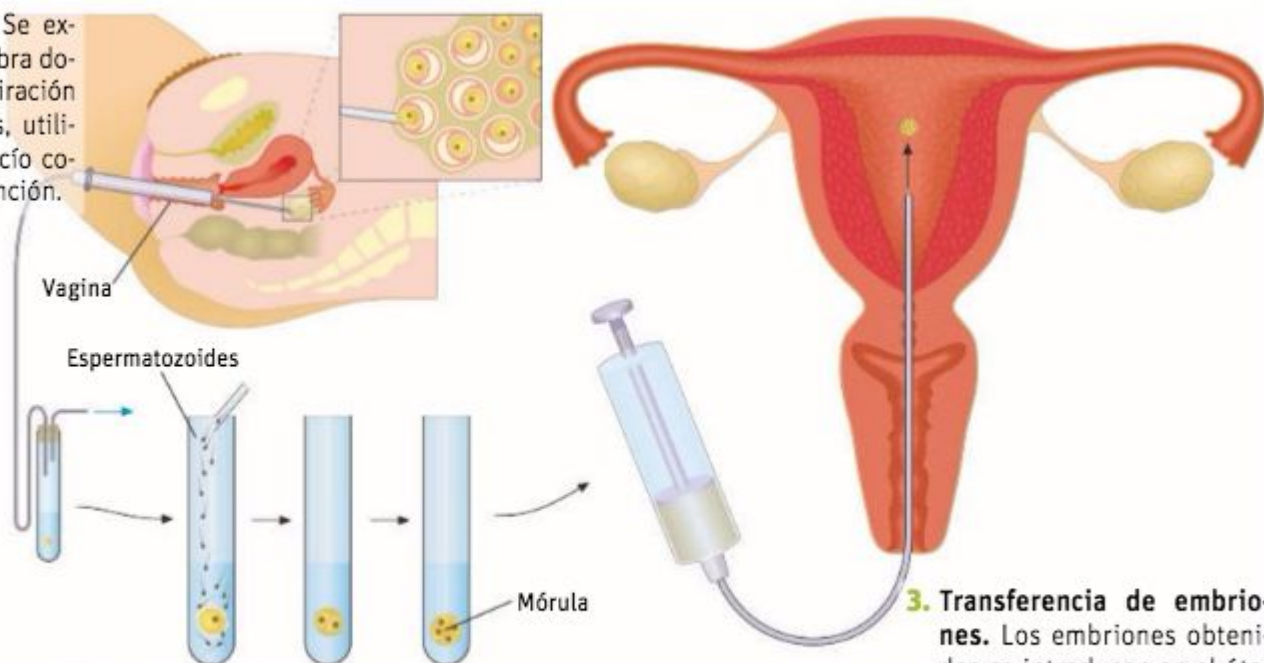
**2.- Fecundación in vitro:** se usa en los casos que no funciona la inseminación artificial. Consiste en la fecundación de un óvulo en el laboratorio y la posterior transferencia del embrión a la hembra.

El término in vitro hace referencia al uso de materiales de vidrio en el laboratorio.

Los pasos son los siguientes:

## FECUNDACIÓN *IN VITRO* Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

- 1. Obtención de óvulos.** Se extraen ovocitos de la hembra donante mediante la aspiración de los folículos ováricos, utilizando una bomba de vacío conectada a la aguja de punción.



- 2. Fecundación.** Los óvulos extraídos son inseminados con espermatozoides obtenidos del macho. Los cigotos se desarrollan *in vitro* durante unos tres días, hasta que alcanzan el estado de mórula.

- 3. Transferencia de embriones.** Los embriones obtenidos se introducen en el útero de la hembra receptora, que puede ser diferente a la donadora de los óvulos.

## 7.2.- LA MANIPULACIÓN DE EMBRIONES:

Antes de ser transferidos a la hembra los embriones pueden ser manipulados con fines diversos:

**Transgénesis:** La tecnología del ADN recombinante ha llegado a las plantas mucho antes que animales. Por ahora no se ha comercializado ningún animal transgénico, pero probablemente el salmón transgénico que crece mucho más rápido puede convertirse en el primero

**Clonación:** En la actualidad este término se emplea para referirse, en particular, al método que consigue clonar a un individuo a partir de células somáticas.