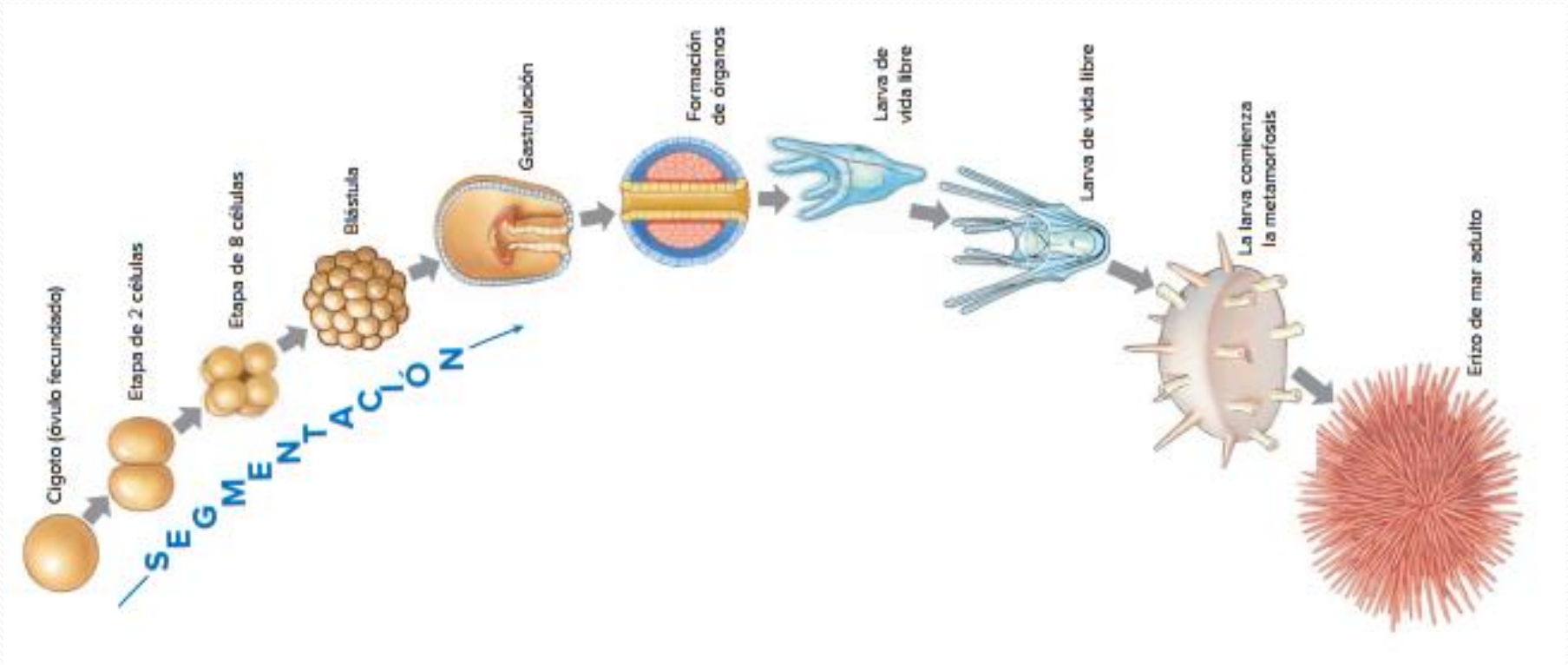


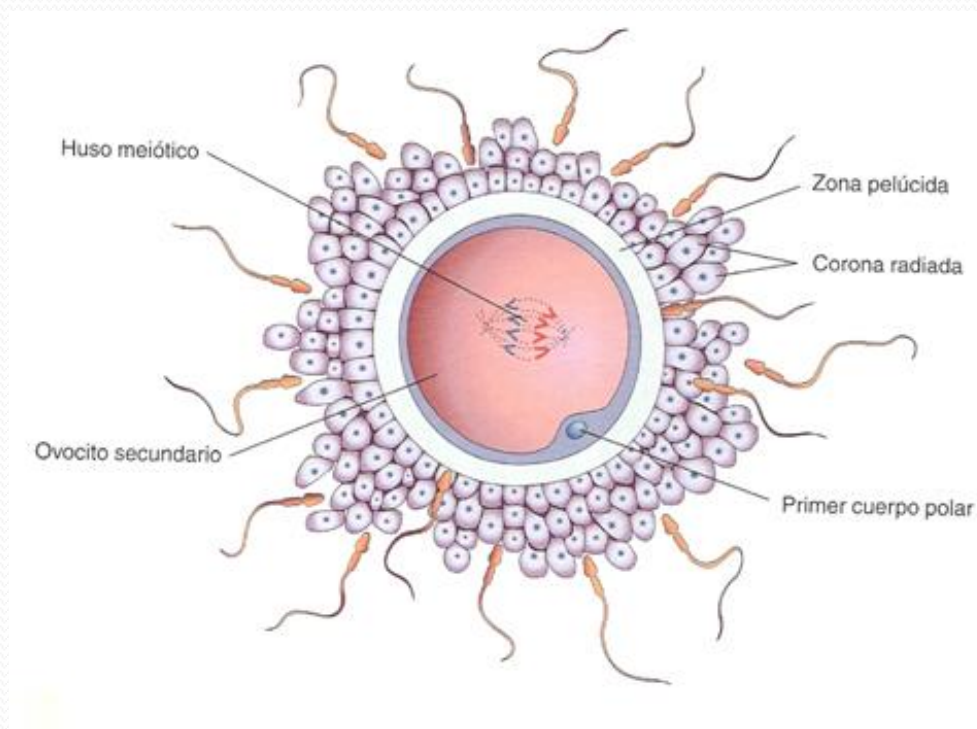
Desarrollo animal



¿Podrá una célula formar todo un organismo completo?

Desarrollo embrionario

El desarrollo embrionario es el proceso por el cual se forma un nuevo individuo a partir de la célula huevo.



La vida de un nuevo individuo se inicia por la fusión del material genético a partir de dos gametos: el espermatozoide y el óvulo.

Eventos claves del desarrollo animal

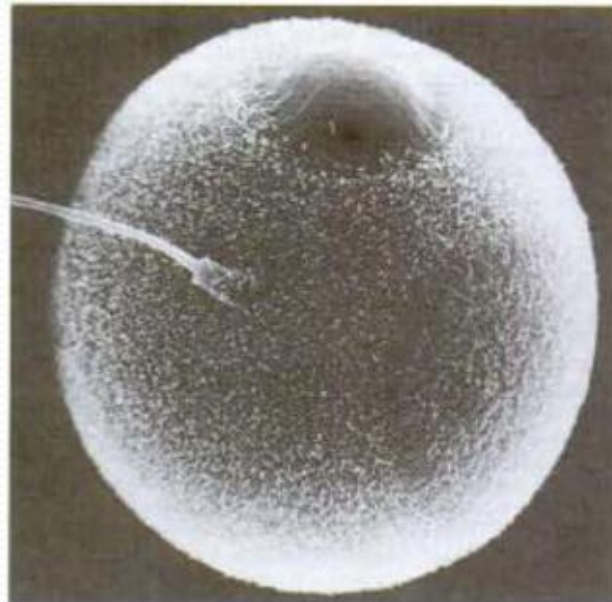


El periodo **embrionario** se inicia con la fecundación, continúa con la segmentación, blastulación, gastrulación, histogénesis y concluye con la organogénesis completa del futuro organismo.

FECUNDACIÓN

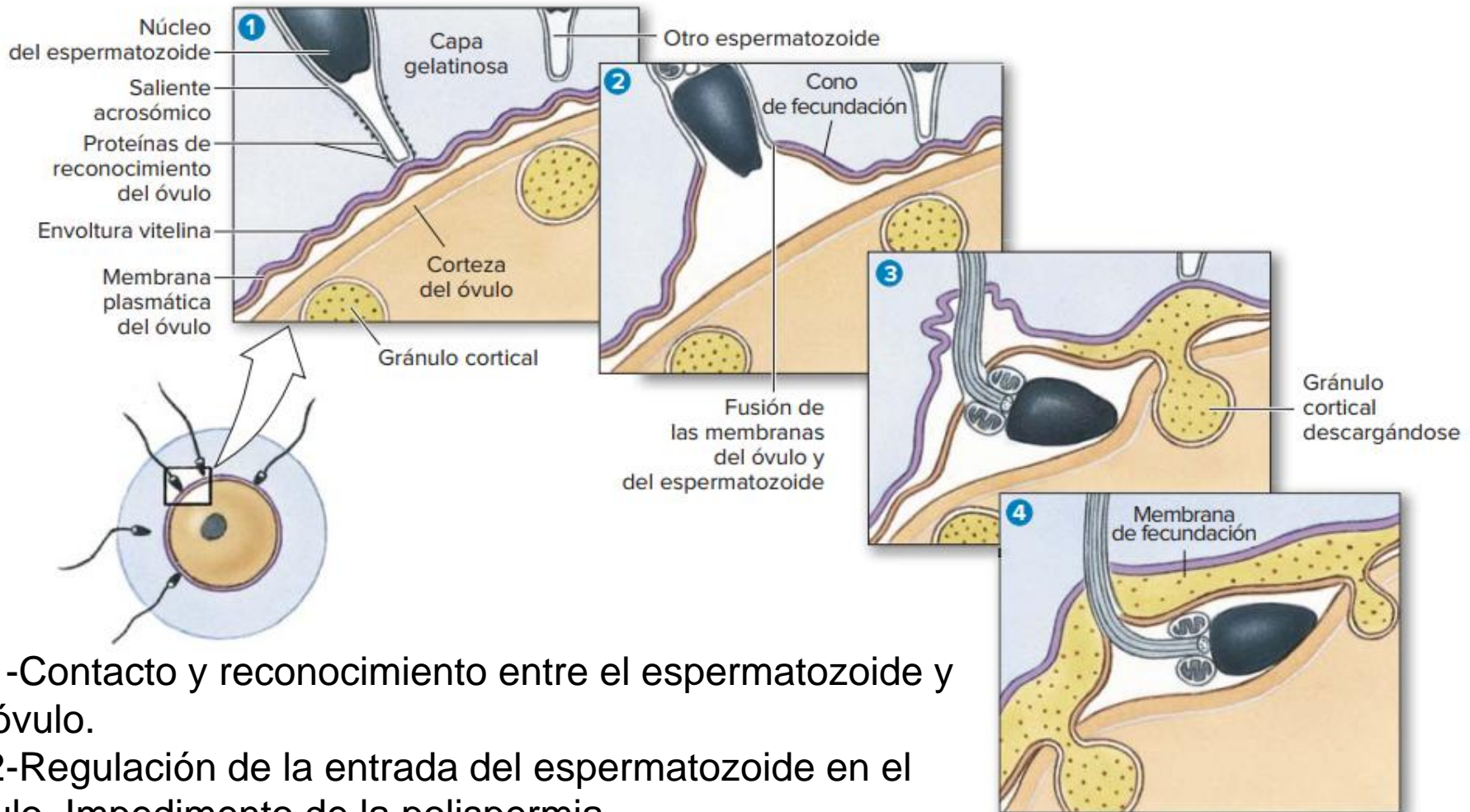


Es el proceso por el cual se fusiona el pronúcleo del gameto masculino (espermatozoide) con el pronúcleo del gameto femenino (óvulo), para formar un nuevo individuo (cigoto) con un genoma derivado de ambos padres.



Espermatozoide de Hámster fusionándose con el óvulo.

Eventos principales de la fecundación. Ej. Erizo de mar



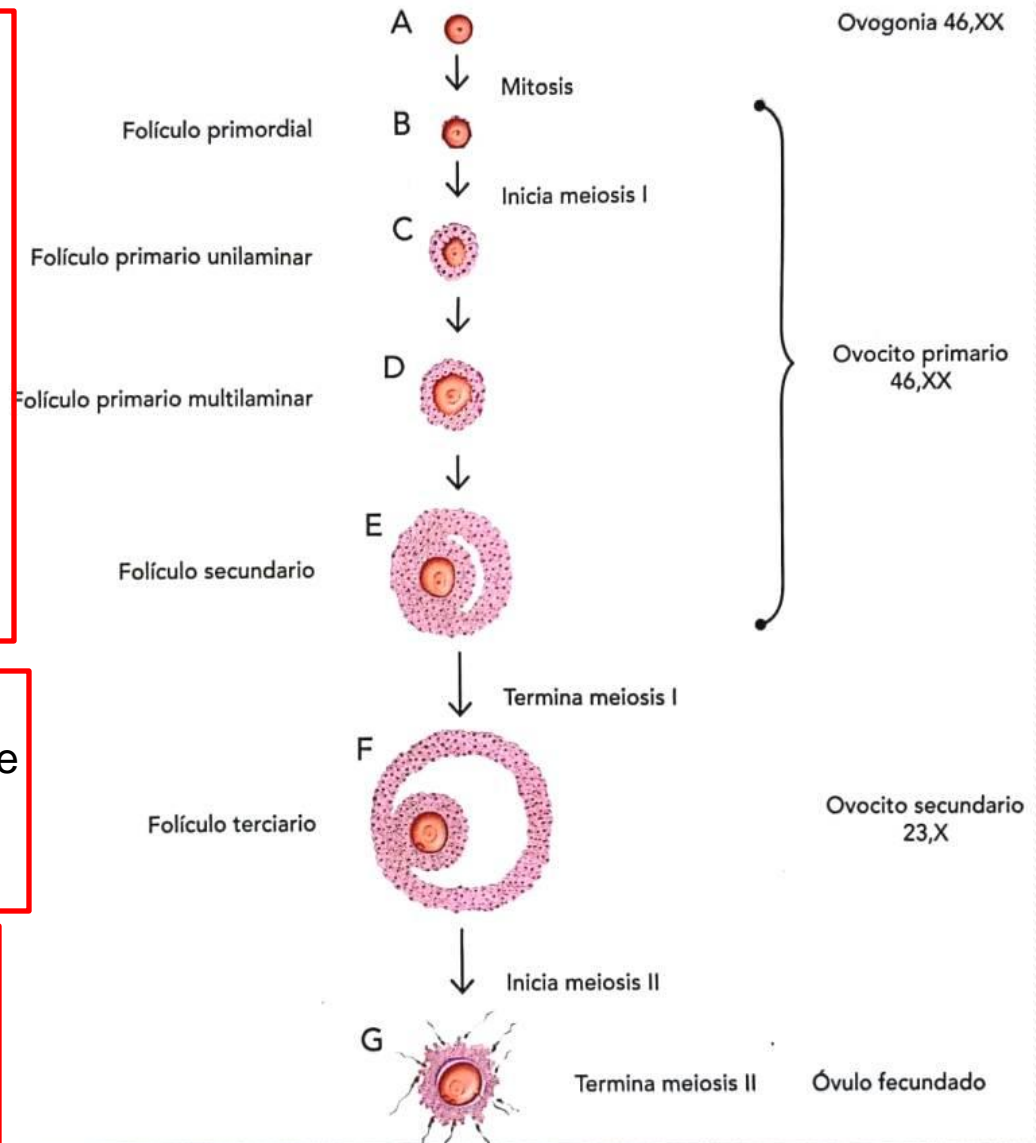
- ❖ 1-Contacto y reconocimiento entre el espermatozoide y el óvulo.
- ❖ 2-Regulación de la entrada del espermatozoide en el óvulo. Impedimento de la polispermia.
- ❖ 3-Fusión del material genético del espermatozoide y del óvulo
- ❖ 4-Activación del metabolismo de la célula huevo o cigoto para dar comienzo al desarrollo

Activación del ovocito

- En algunos animales el ovocito secundario necesita ser activado por el espermatozoide para que se reanude la segunda división meiótica (el ovocito inicia la segunda división meiótica, la cual genera dos células haploides: el **ovocito maduro u óvulo** y el segundo corpúsculo polar).

Pero hay algunos animales que no siempre es necesario el espermatozoide para iniciar el desarrollo. Por. Ej. En los animales partenogenéticos.

Entonces ni el contacto con el espermatozoide ni el genoma paterno son siempre esenciales para la activación del óvulo.

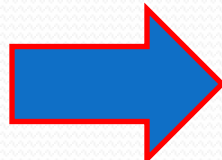
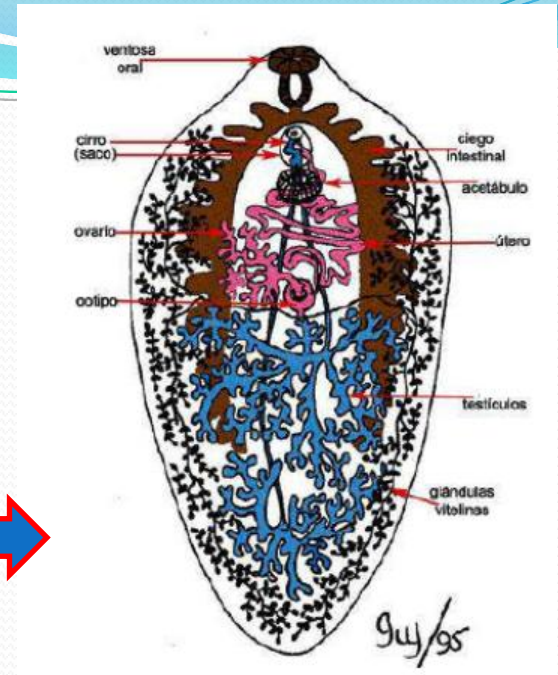


Tipos de huevos

❖ Según el origen del vitelo:

-Ectolecitos: el vitelo proviene de otras células nutritivas. Ej. Platelmintos

-Endolecitos: el vitelo se elabora en el propio protoplasma celular



Ovocitos de gallina



Tipos de huevos

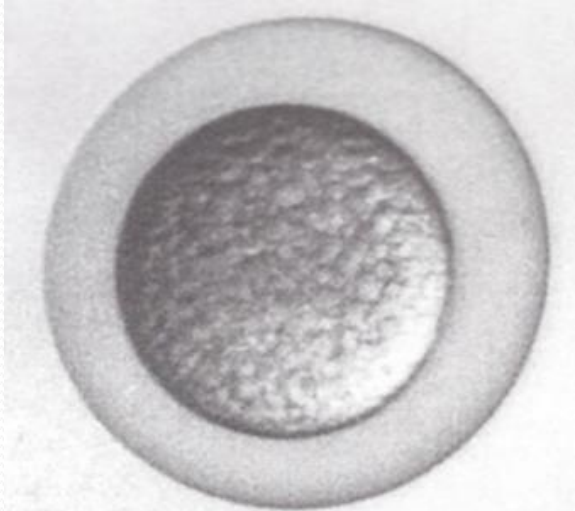
❖ Según la cantidad

- Oligolecitos o microlecitos
- Mesolecitos
- Macrolecitos

❖ Según la distribución

- Isolecitos.
- Centrolecitos
- Telolecitos moderados
- Telolecitos fuertes

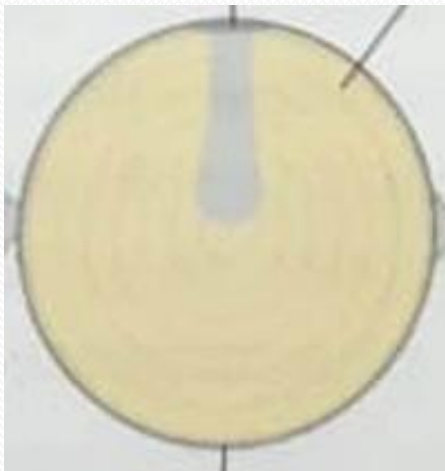
Ejemplos de tipos de huevos



Peces: huevo endolecito, mesolecito, telolecito fuerte



Anfibios: huevo endolecito, mesolecito, telolecito moderado



Aves: huevo endolecito, macrolecito, telolecito fuerte



Insectos (*Aedes aegypti*): huevo endolecito, mesolecito y centrolecito

Según donde ocurra la fecundación puede ser:

Fecundación externa



Fecundación interna



OVÍPAROS

Se forman dentro de un huevo, estos son liberados, el desarrollo embrionario ocurre fuera del cuerpo de la madre. Nutrición lecitotrófica
Ej. Reptiles y aves



Ovíparos con fecundación externa

Tipos de reproducción

OVOVIVÍPAROS

Se forman dentro del huevo. Los huevos permanecen dentro del cuerpo de la hembra hasta que el embrión está completamente desarrollado. La eclosión puede producirse inmediatamente antes del nacimiento o después de la puesta.
Ejemplos: rayas, tiburones, algunas serpientes, anfibios(rana).



VIVÍPAROS

La cría se desarrolla dentro del cuerpo de la madre hasta el nacimiento. Placentotrófica.



Ovíparos con fecundación interna. Ej. serpientes



POLARIDAD DEL HUEVO O CIGOTO

- ❖ La concentración del vitelo establece la polaridad del embrión, es decir se observa un eje animal-vegetativo.
- ❖ Cuando un polo del cigoto está relativamente libre de vitelo, la división celular se produce allí más rápidamente que en el polo opuesto.

Polo animal
(la concentración de vitelo es muy baja)



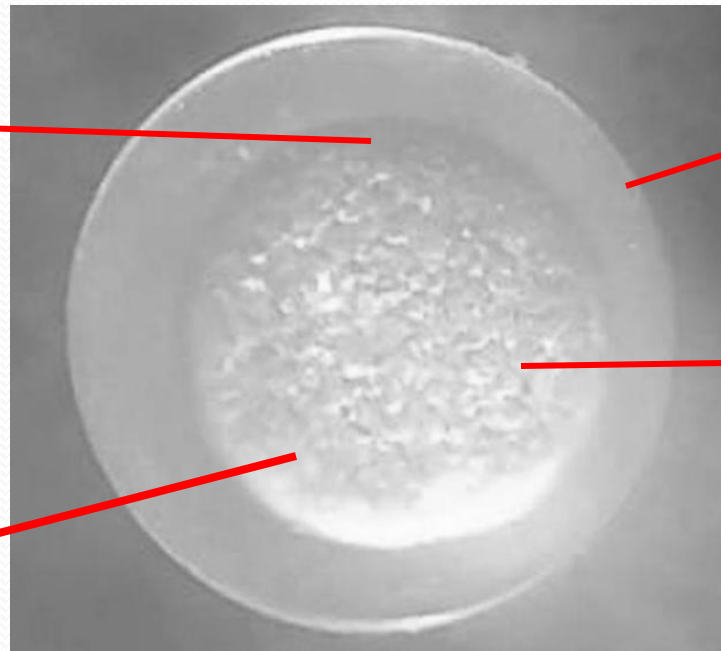
Corion



Vitelo



Polo vegetativo
(La concentración del vitelo es muy alta)



Huevo fecundado de pez cebra (*Danio rerio*)

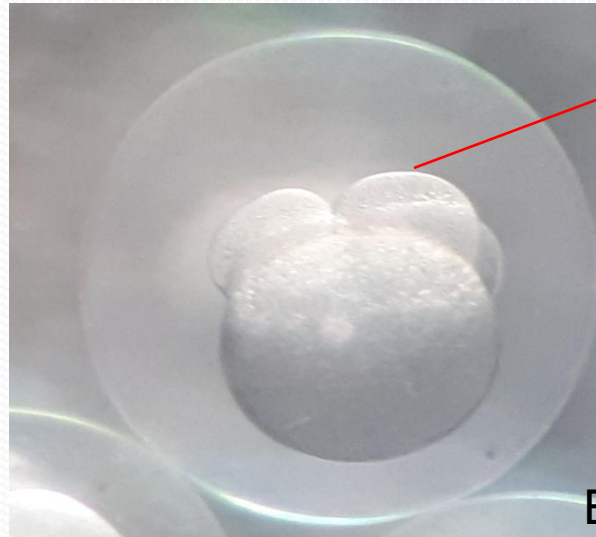
SEGMENTACIÓN:



Es un proceso por el cual el huevo o cigoto se divide en un cierto número de células denominadas **blastómeras**.



Embrión de rana en periodo de división

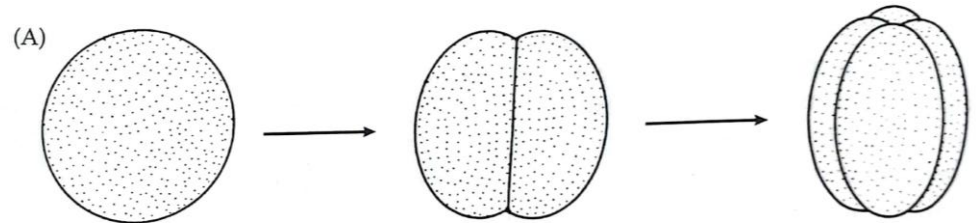


Se observan 4 blastómeras

Embrión de pez cebra en periodo de división

TIPOS DE SEGMENTACIÓN

A-HOLOBLASTICA O COMPLETA



❖ Surco o plano de la segmentación se extiende a través de la totalidad del cigoto.

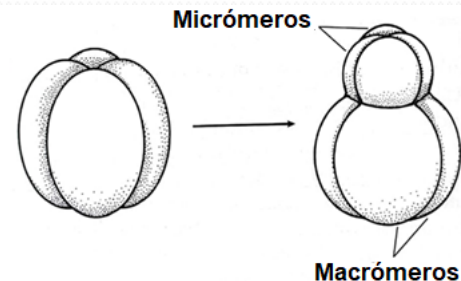
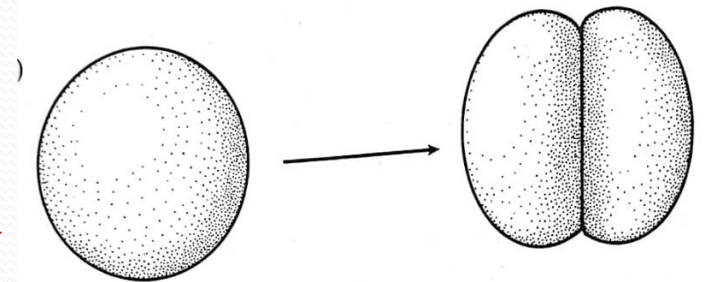
❖ Los blastómeros se forman en todo el huevo

❖ Ej. Huevos con poco vitelo: isolecitos, mesolecitos

❖ La segmentación puede ser: igual: blastómeros del mismo tamaño

-desigual: blastómeros más grandes en el polo vegetativo denominados macrómeros y los del polo animal micrómeros.

Las crías tienen un desarrollo indirecto



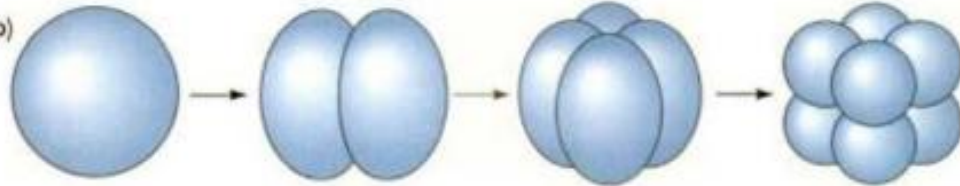
Segmentación holoblástica

I. SEGMENTACIÓN HOLOBLÁSTICA (COMPLETA)

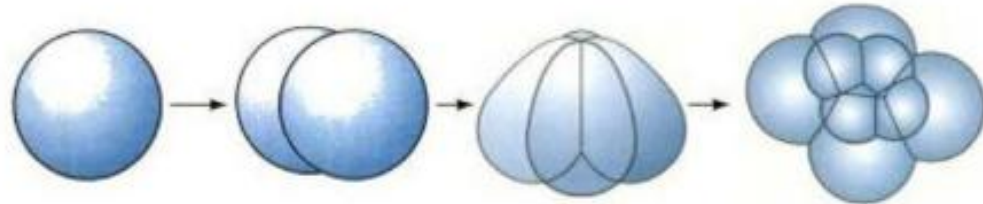
A. Isolecítica

(Escaso vitelo equitativamente distribuido)

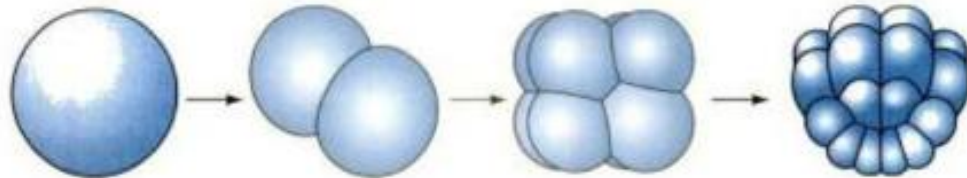
1. Segmentación radial
Equinodermos, anfibioxo



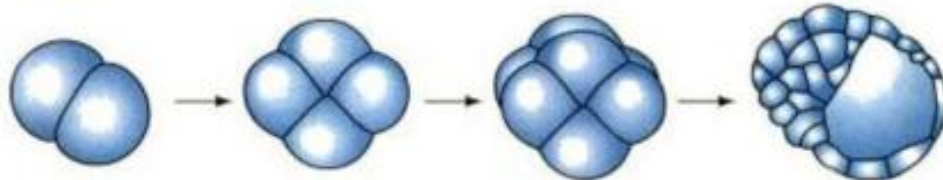
2. Segmentación espiral
Anélidos, moluscos,
gusanos planos



3. Segmentación bilateral
Tunicados



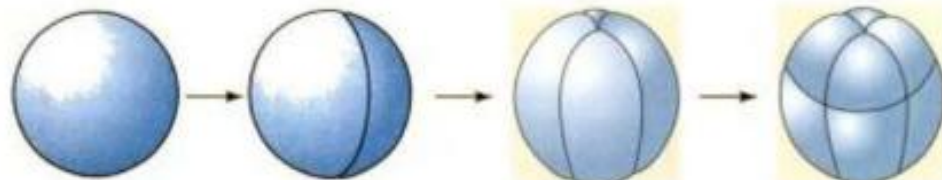
4. Segmentación rotacional
Mamíferos, nematodos



B. Mesolecítica

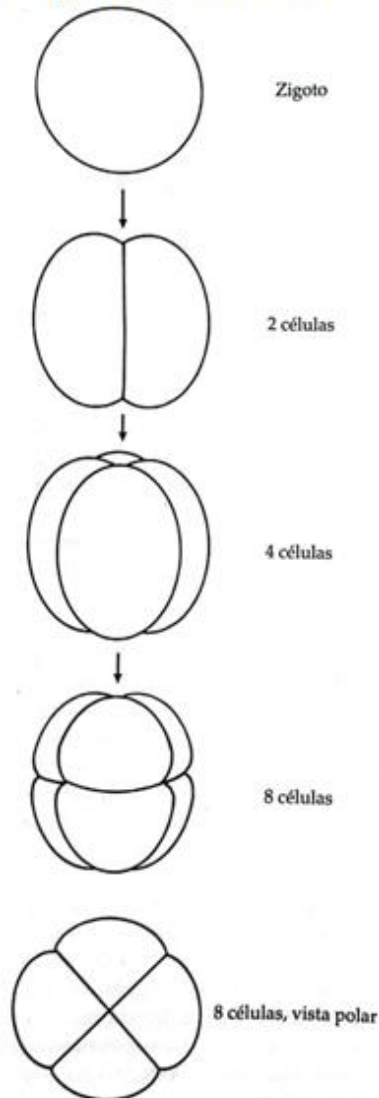
(Disposición vegetal del vitelo moderada)

Segmentación radial desplazada
Anfibios



Modalidad de Segmentación según la orientación de los blastómeros: Radial

Segmentación radial



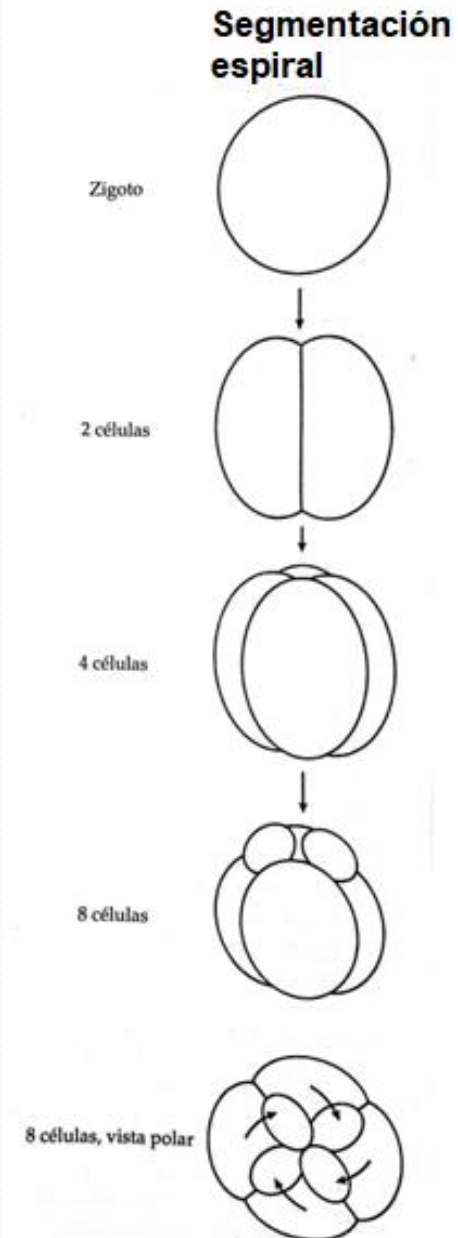
SEGMENTACIÓN RADIAL

- ❖ Implica divisiones longitudinales y transversales
- ❖ **Las capas de células se disponen una arriba de la otra, de manera tal que los surcos coinciden.**
- ❖ Se da en el cigoto de deuterostomados ej. Equinodermos, cordados

Modalidad de Segmentación según la orientación de los blastómeros: Espiral

SEGMENTACIÓN ESPIRAL

- Las primeras dos divisiones son longitudinales, iguales o subiguales.
- Las divisiones siguientes producen el desplazamiento de los blastómeros
- Cada blastómera se aloja en el surco de separación de otras dos.
- Pasar de 4 a 8 células implica un desplazamiento de los blastómeros del polo animal en dirección horaria (dextrotrópica)
- La siguiente división produce un giro antihorario (levotrópica) y así sucesivamente hasta el estado de 64 células.
- Este tipo de segmentación es característico en el huevo o cigota de protostomados.



TIPOS DE SEGMENTACIÓN

B-MEROBLASTICA

❖ Los surcos de segmentación no pueden progresar a través de la densa masa de vitelo y se detienen en el límite entre el citoplasma y el vitelo subyacente.

❖ La segmentación solo ocurre en el polo animal

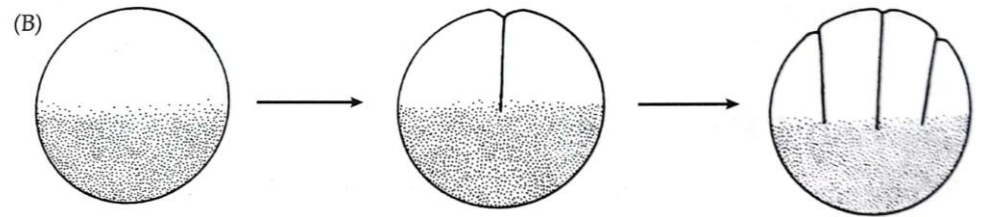
❖ Ej. Huevos con mucho vitelo

❖ La segmentación meroblástica puede ser:

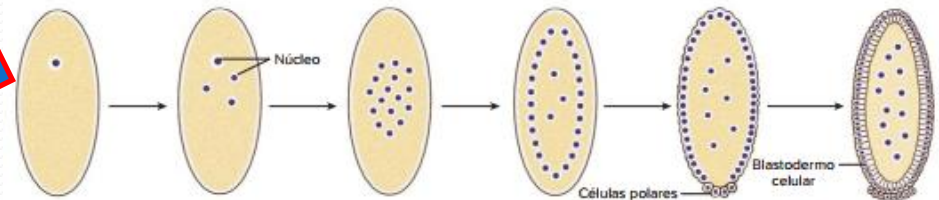
-Discoidal ej. Huevos telolecitos

-Superficial ej. Huevos centrolecitos

❖ Las crías muestran desarrollo indirecto 



Segmentación discoidal en embrión de pez cebra



Segmentación superficial en un embrión de *Drosophila*

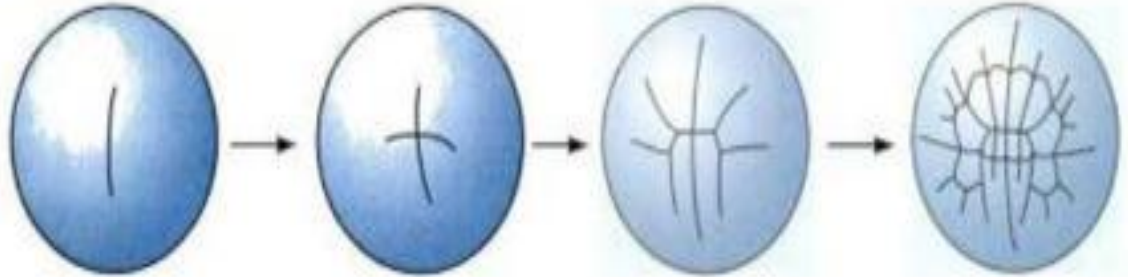
SEGMENTACION MEROBLASTICA

II. SEGMENTACIÓN MEROBLÁSTICA (INCOMPLETA)

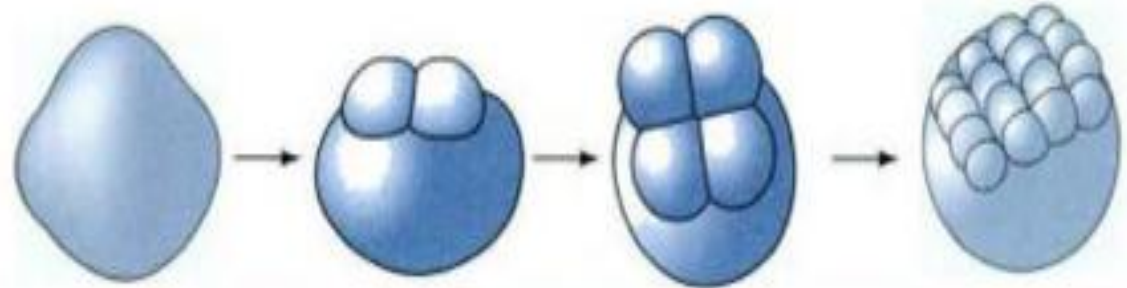
A. Telolecítica

(Vitelo denso a lo largo de la mayor parte de la célula)

1. Segmentación bilateral
Moluscos cefalópodos



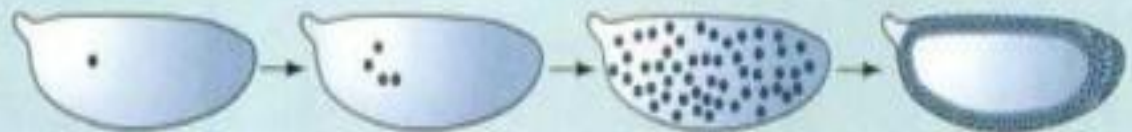
2. Segmentación discoidal
Peces, reptiles, aves



B. Centrolecítica

(Vitelo en el centro del cigoto)

Segmentación superficial
La mayoría de los insectos



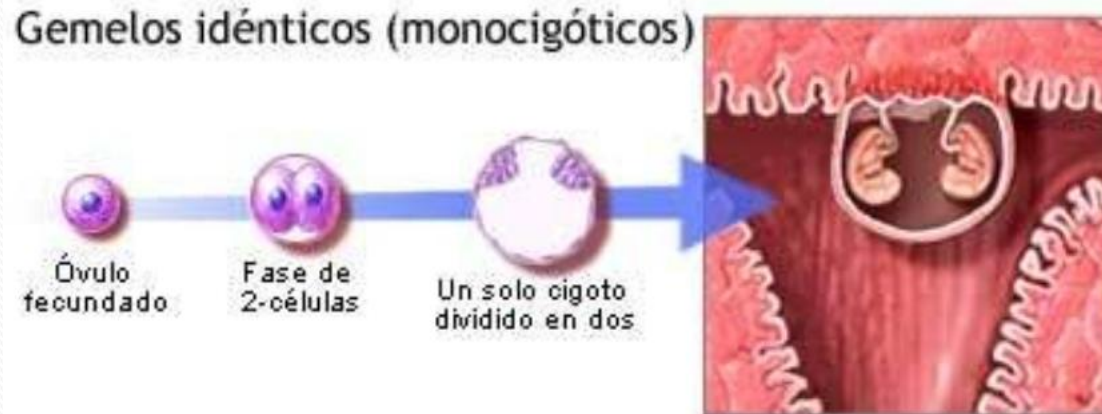
DESTINOS CELULARES DURANTE EL DESARROLLO

SEGMENTACION DETERMINADA:

- ❖ Los destinos celulares se establecen muy temprano durante el desarrollo.
- ❖ Los destinos de las células ya están fijados y la célula perdida no puede reemplazarse.
- ❖ Si se elimina un blastómero del embrión, este no se desarrollará normalmente (deforme e inviable).

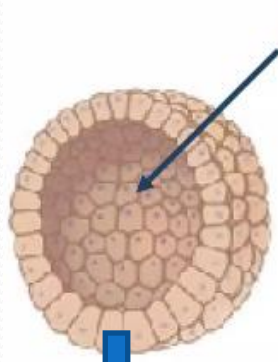
SEGMENTACION INDETERMINADA

- ❖ Los destinos celulares se fijan relativamente más tarde en el desarrollo
- ❖ Los blastómeros pueden separarse en los estados de dos , cuatro o más células y cada una de ellas se desarrollará con normalidad.
- ❖ Se dice que los blastómeros son totipotentes, cada uno puede actuar como un huevo independiente. Ej. Los gemelos.



BLASTULA

Blástula(Gr. *blastos*, germen, + *ula*, pequeño): es una estructura embrionaria compuesta de blastómeras. La cavidad dentro de la blástula es el **blastocoele**(Gr. *Blastos*, germen, *koilos*: cavidad)



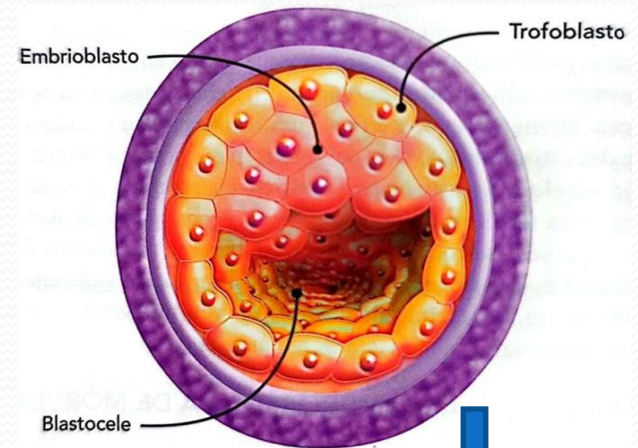
Blastocoele

Embrión de erizo de mar en estado de blástula



Blastocoele

Embrión de anfibio en estado de blástula



Embrioblasto

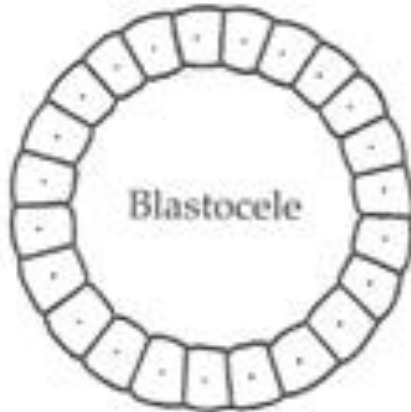
Trofoblasto

Blastocoele

Embrión de mamífero en estado de blástula: **blastocisto**

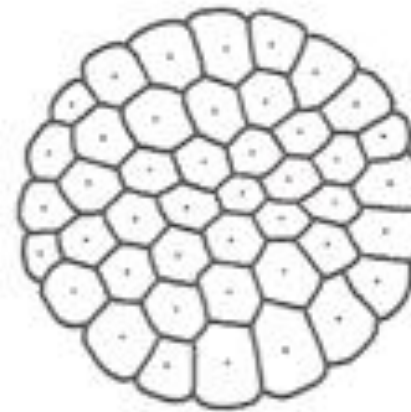
TIPOS DE BLASTULA

Ej. Erizo
de mar



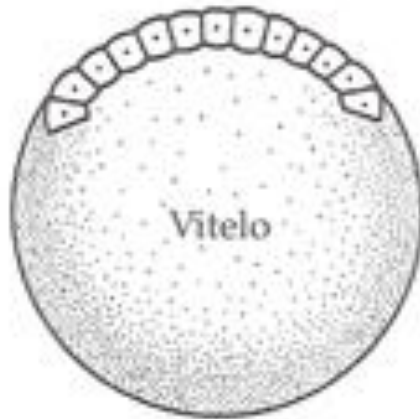
Celoblástula

Ej. Anélidos,
algunos peces



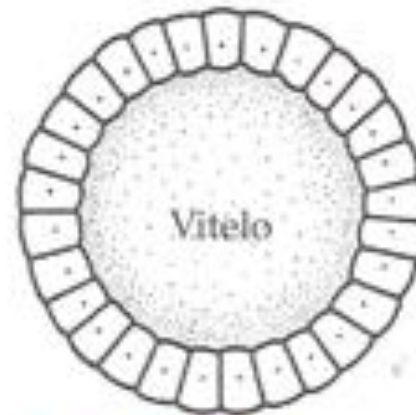
Esteroblástula

Ej-
Anfibios



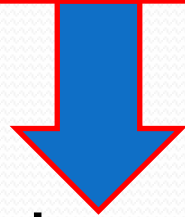
Discoblástula

Ej. insectos

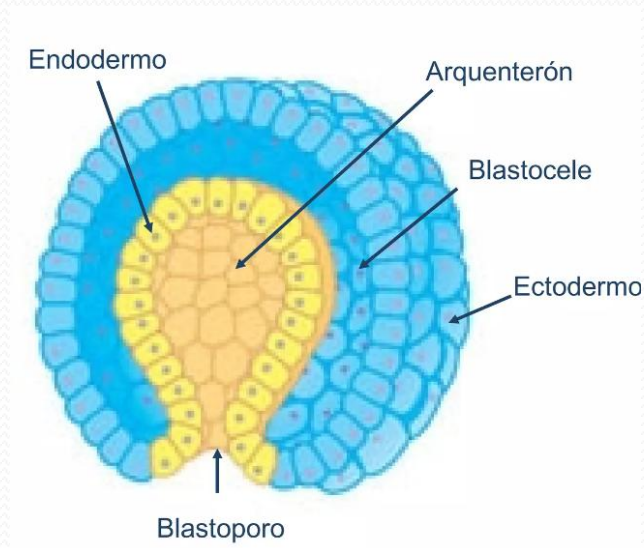


Periblástula

GASTRULACIÓN



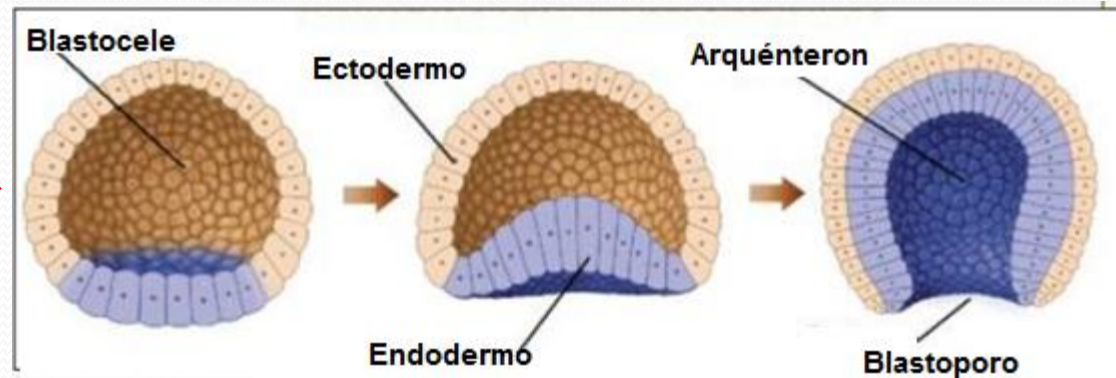
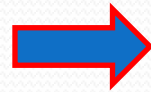
Es el proceso de migraciones celulares altamente coordinado por medio del cual las células de la blástula se reorganizan.



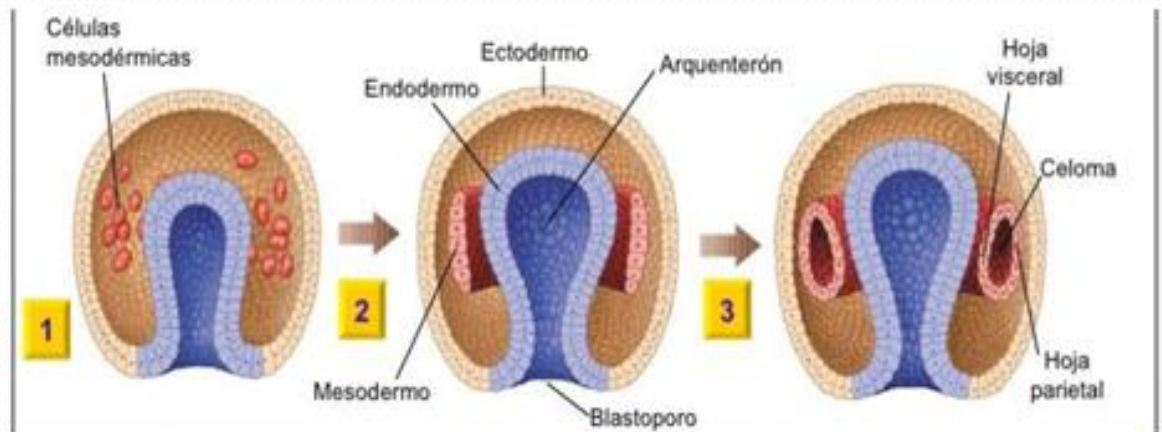
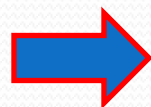
Gastrulación

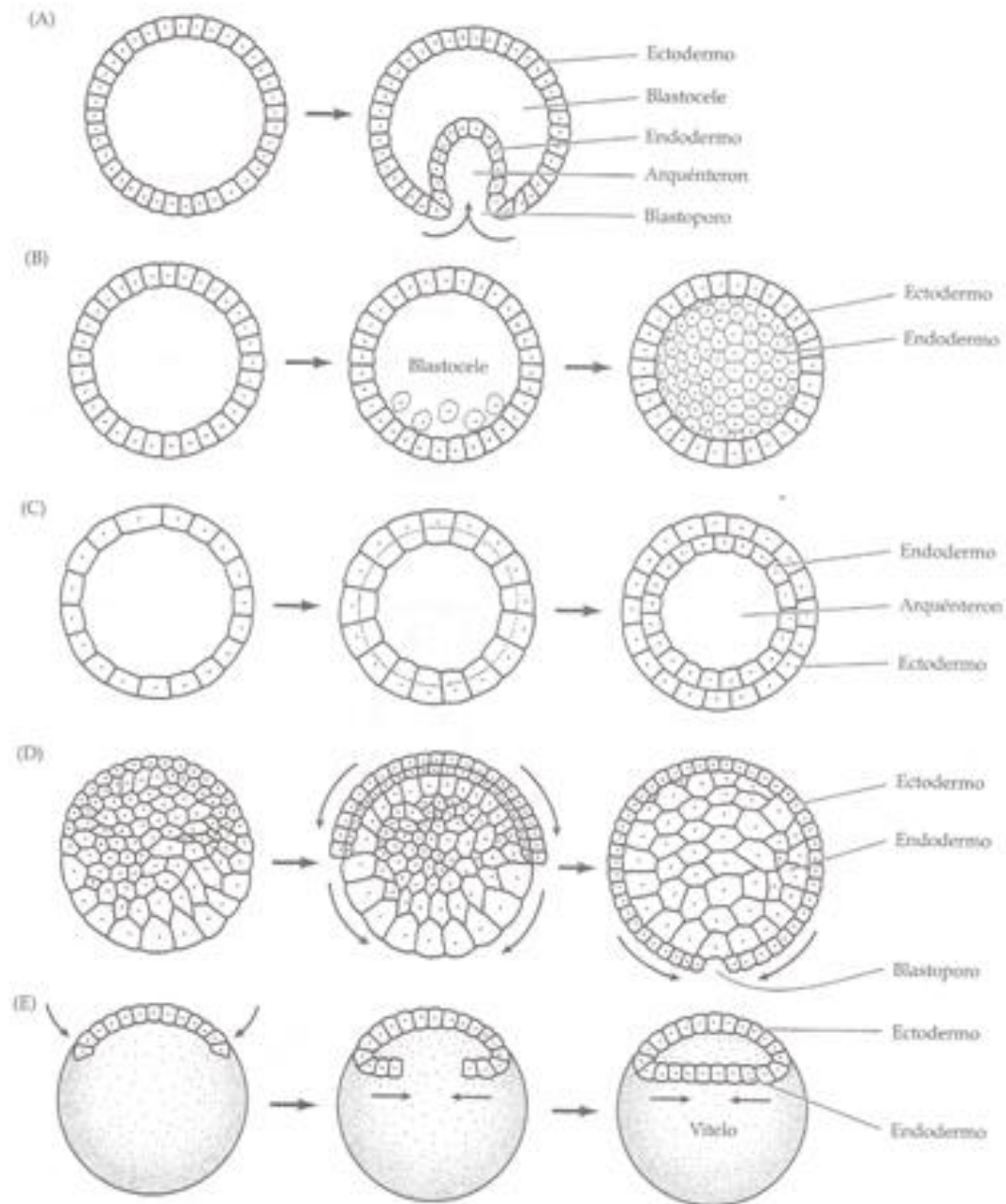
- ❖ Es la formación de las hojas embrionarias, los tejidos de los que depende todo el desarrollo posterior.
- ❖ Las capas germinales son: Ectodermo, Mesodermo y Endodermo

Diblásticos: se desarrolla dos capas embrionarias: ectodermo y endodermo.



Triblásticos: Aparece una tercer capa embrionaria, el mesodermo entre el ectodermo y endodermo.





Formas de gastrulación

A-Invaginación o embolia

B-Ingresión unipolar

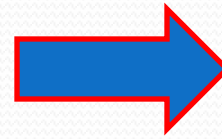
C-Delaminación

D-Epibolia

E-Involución

Tipos de Gastrulación

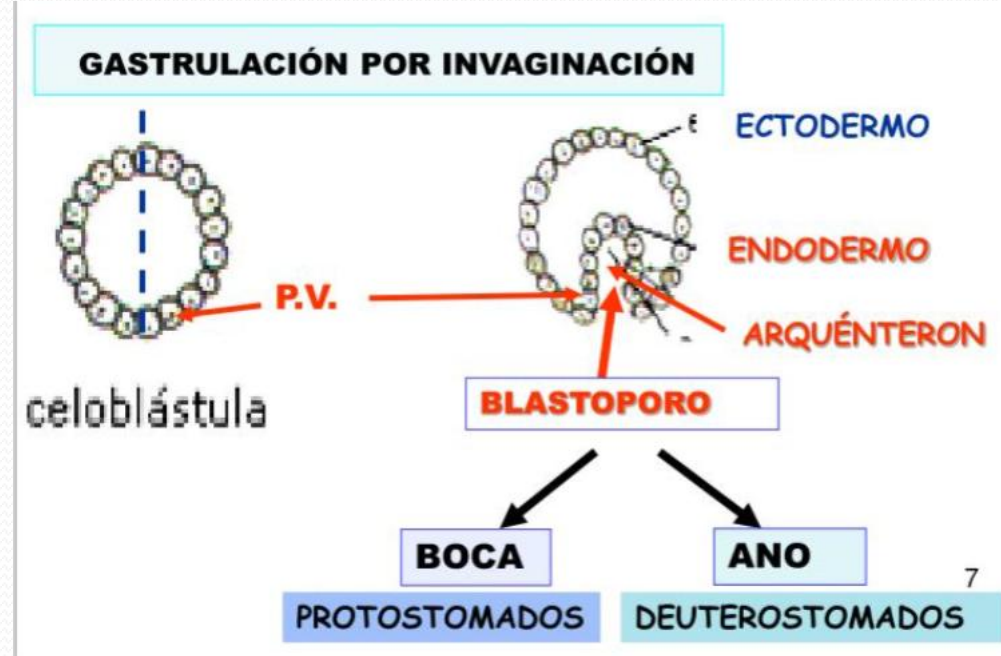
Involución: movimiento de girar hacia adentro de una capa celular sobre la superficie basal de una capa externa. Ej. Mesodermo de anfibio.



Gastrulación por invaginación o embolia

Invaginación: Plegamiento de una lámina de células hacia el interior del embrión.

Ej. Endodermo del erizo de mar.



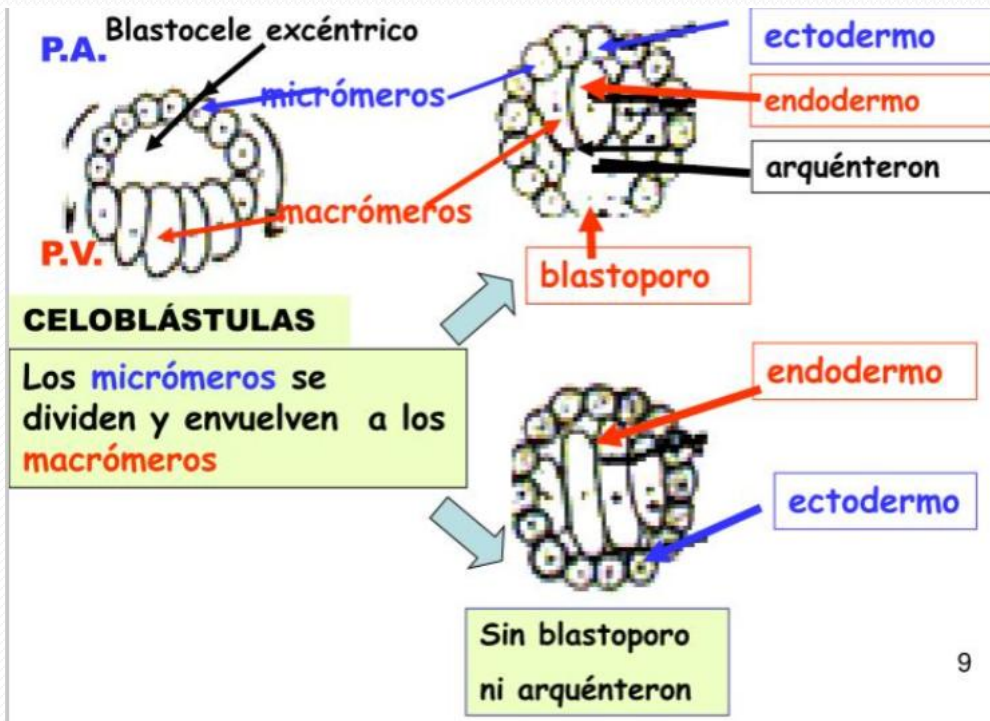
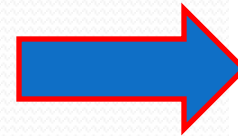
Gastrulación por ingresión

- ❖ Huevos con poco vitelo
- ❖ Migración de células individuales de la capa superficial hacia el interior del embrión.
- ❖ Las células se convierten en mesenquimáticas y migran en forma independiente.
- ❖ No se forma el blastoporo
- ❖ Ej. mesodermo de erizo de mar, neuroblastos de *Drosophila*.



Gastrulación por epibolia

Epibolia: movimiento de una lámina de células epiteliales para envolver las capas profundas del embrión. Ej. Formación del ectodermo en anfibios, erizos de mar y tunicados.

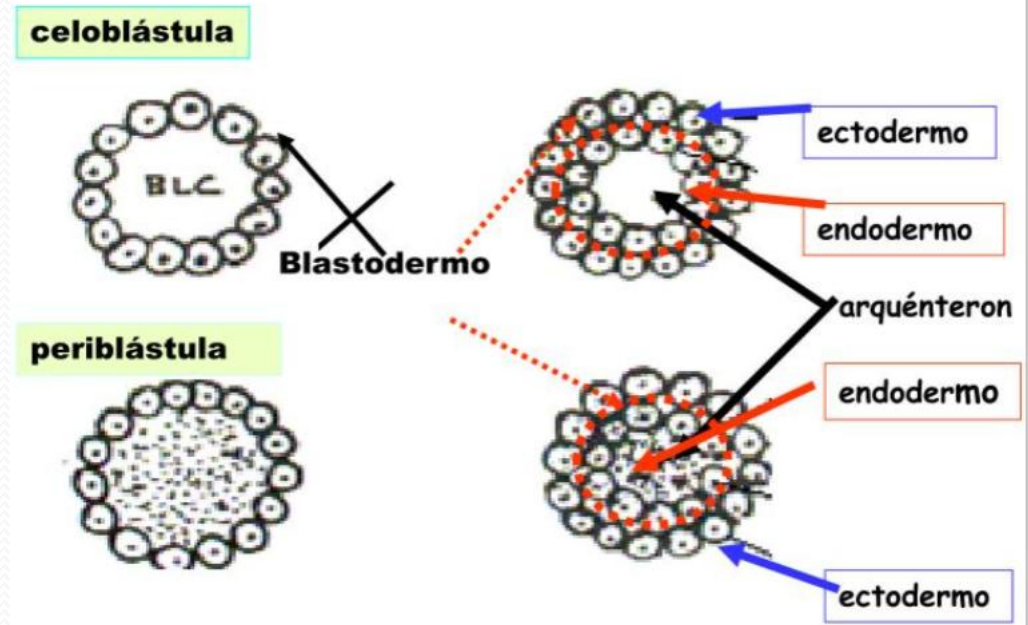


Embrión del pez cebra (gástrula por epibolia)

Gastrulación por delaminación

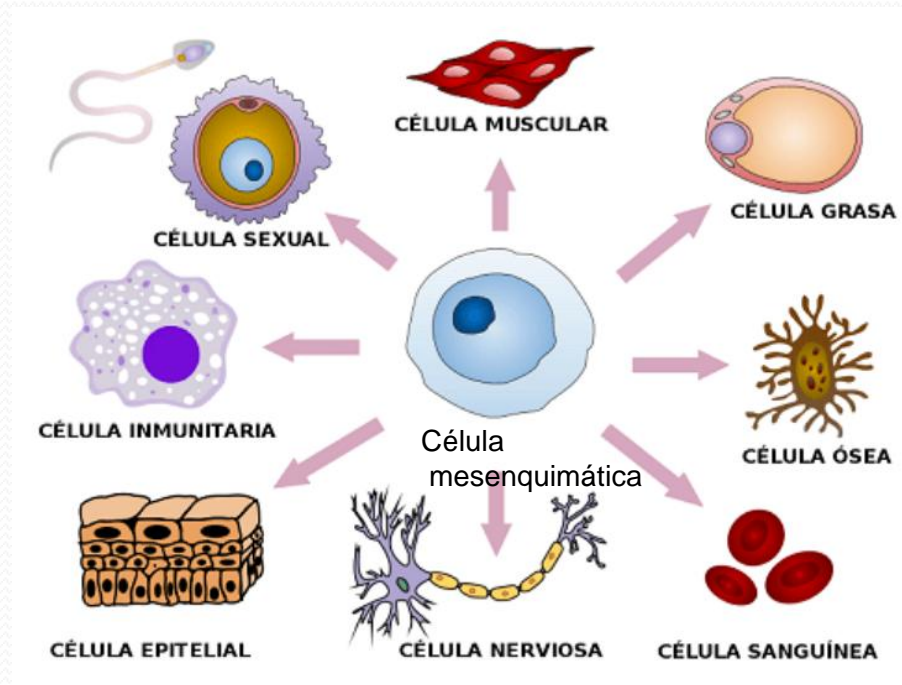
Delaminación: separación o migración de una lámina celular en dos láminas.

El resultado es la formación de una nueva lámina de células.
Ej. Formación del hipoblasto en mamíferos y aves.



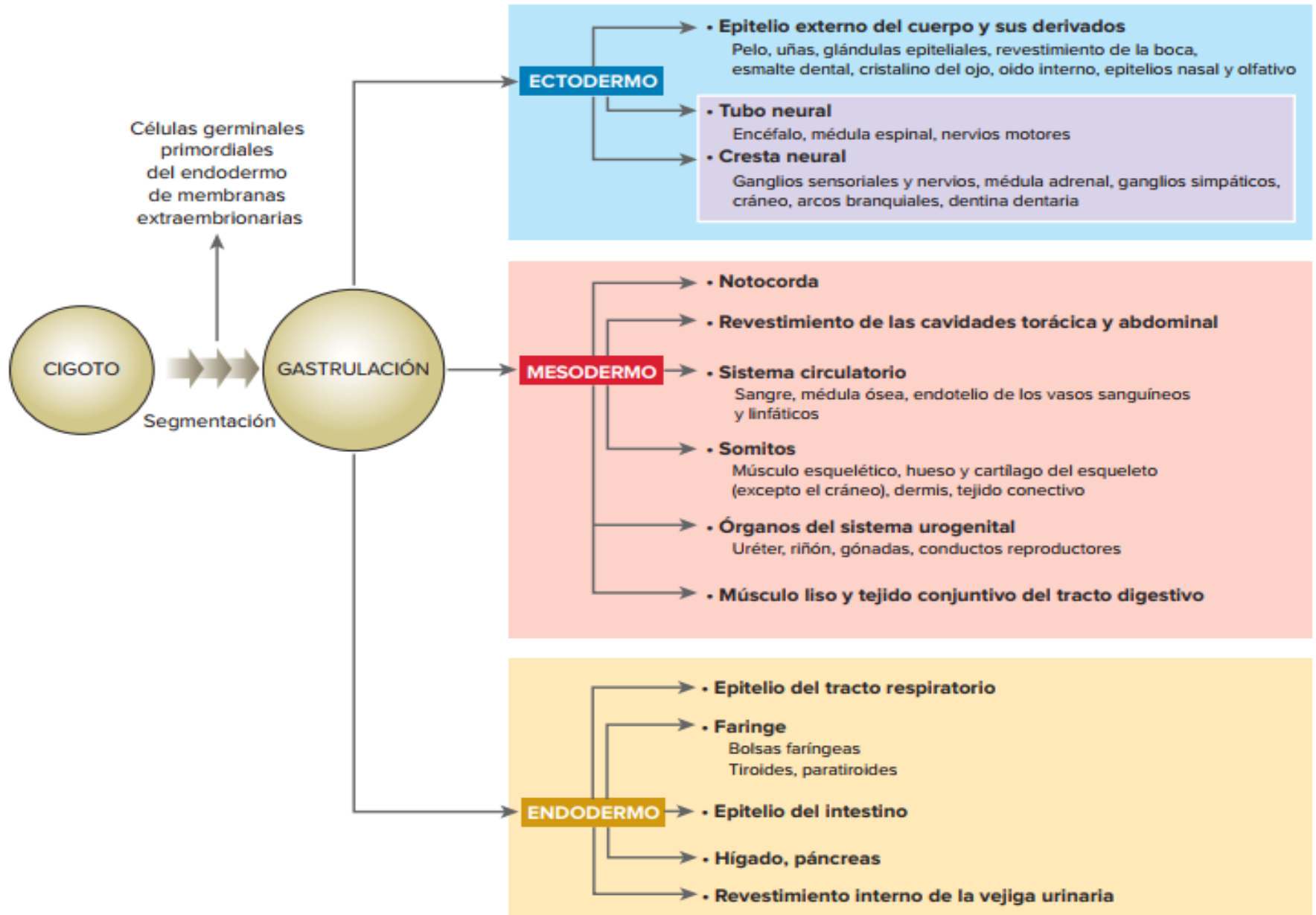
ORGANOGENESIS

- Después del establecimiento de los tejidos embrionarios, las células comienzan a especializarse y a distribuirse para formar los tejidos específicos y órganos, proceso denominado **organogénesis**
- Las células quedan progresivamente comprometidas hacia su diferenciación específica
- Los movimientos celulares son importantes para formar órganos y sistemas.
- Las células deben saber cuando parar de crecer o cuando morir.
- Los órganos y sistema que se forman en un organismo derivan de las hojas embrionarias



Diferenciación celular

Capas embrionarias: tejidos y órganos



El desarrollo embrionario depende de una :

➤ RED DE SEÑALIZACIÓN

Hay un grupo **de ligandos y receptores** que regulan eventos muy importantes en el desarrollo:

-Wingless (Wnt),

-Hedgehog (SHH),

-Factor de crecimiento transformante beta(TGF β) y proteína morfogenéticos del hueso(BMP),

-Factores de crecimiento y receptores con actividad tirosina-cinasa

-Receptor NOTCH.

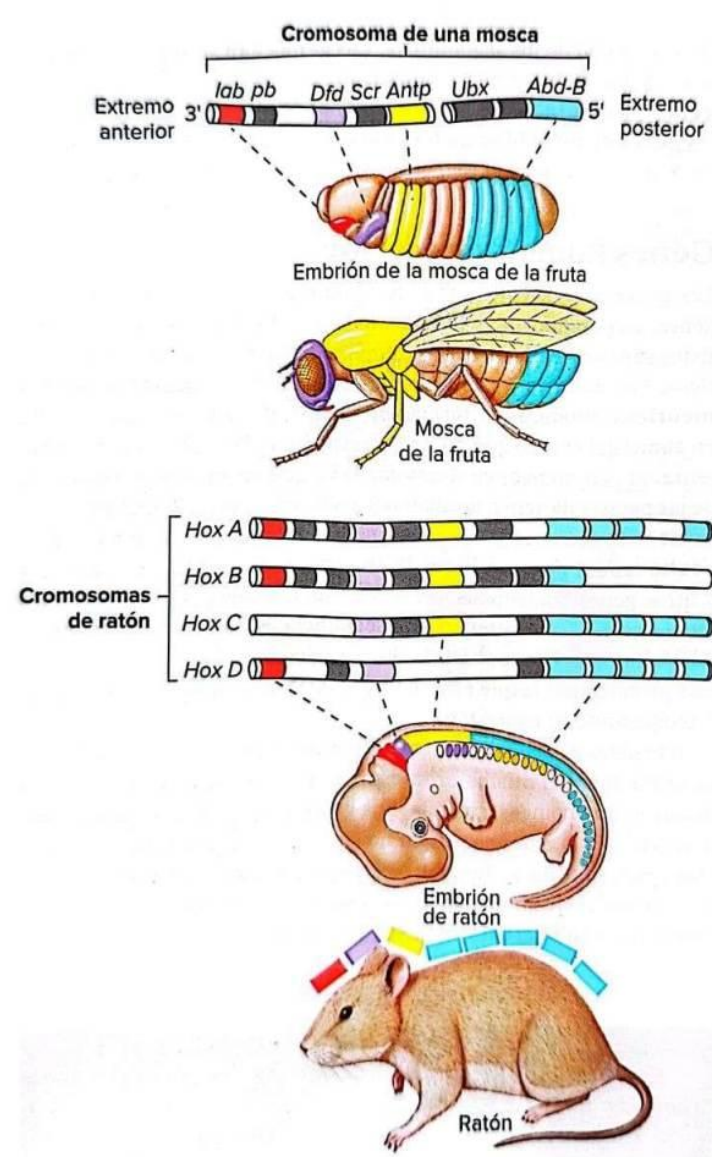
➤ GENES HOMEOTICOS

GENES HOMEOTICOS

❖ Son genes que participan en el desarrollo de los organismos y que determinan la identidad de los segmentos o partes individuales del embrión en sus etapas iniciales a lo largo del eje anteroposterior.

❖ La mayoría de los genes homeóticos animales codifican factores de transcripción que contienen una región llamada **homeodominio** y se llaman **genes *Hox***.

Homología de los genes *Hox* en insectos y mamíferos.



CICLO DE VIDA



Nacen



Crecen



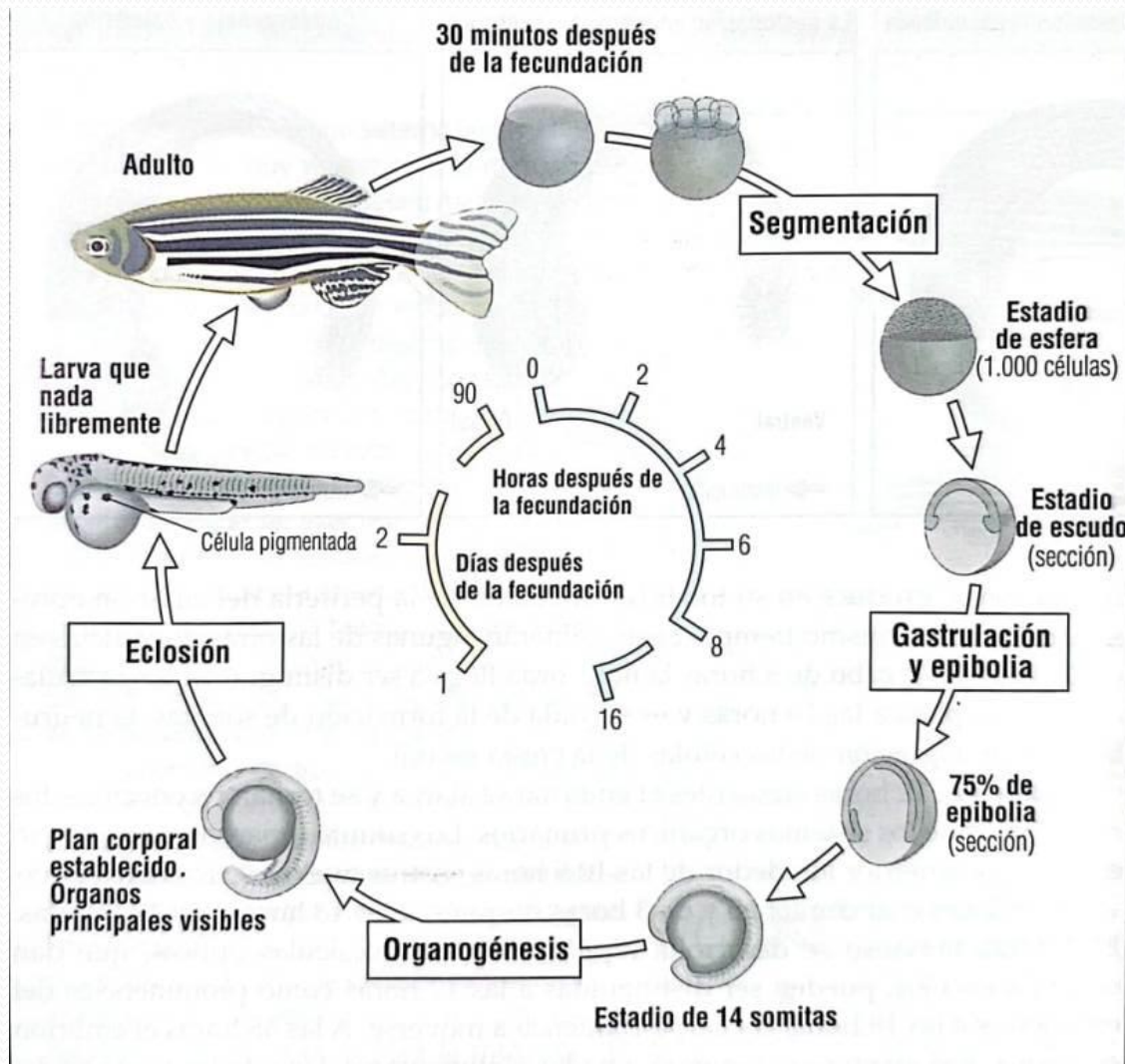
Se reproducen



Mueren



CICLO DE VIDA EN ANIMALES



Ciclo de vida del pez cebra (*Danio rerio*)



La mayoría de los animales tienen uno de los tres modelos básicos de desarrollo:

1-Desarrollo indirecto

2-Desarrollo directo

3-Desarrollo mixto

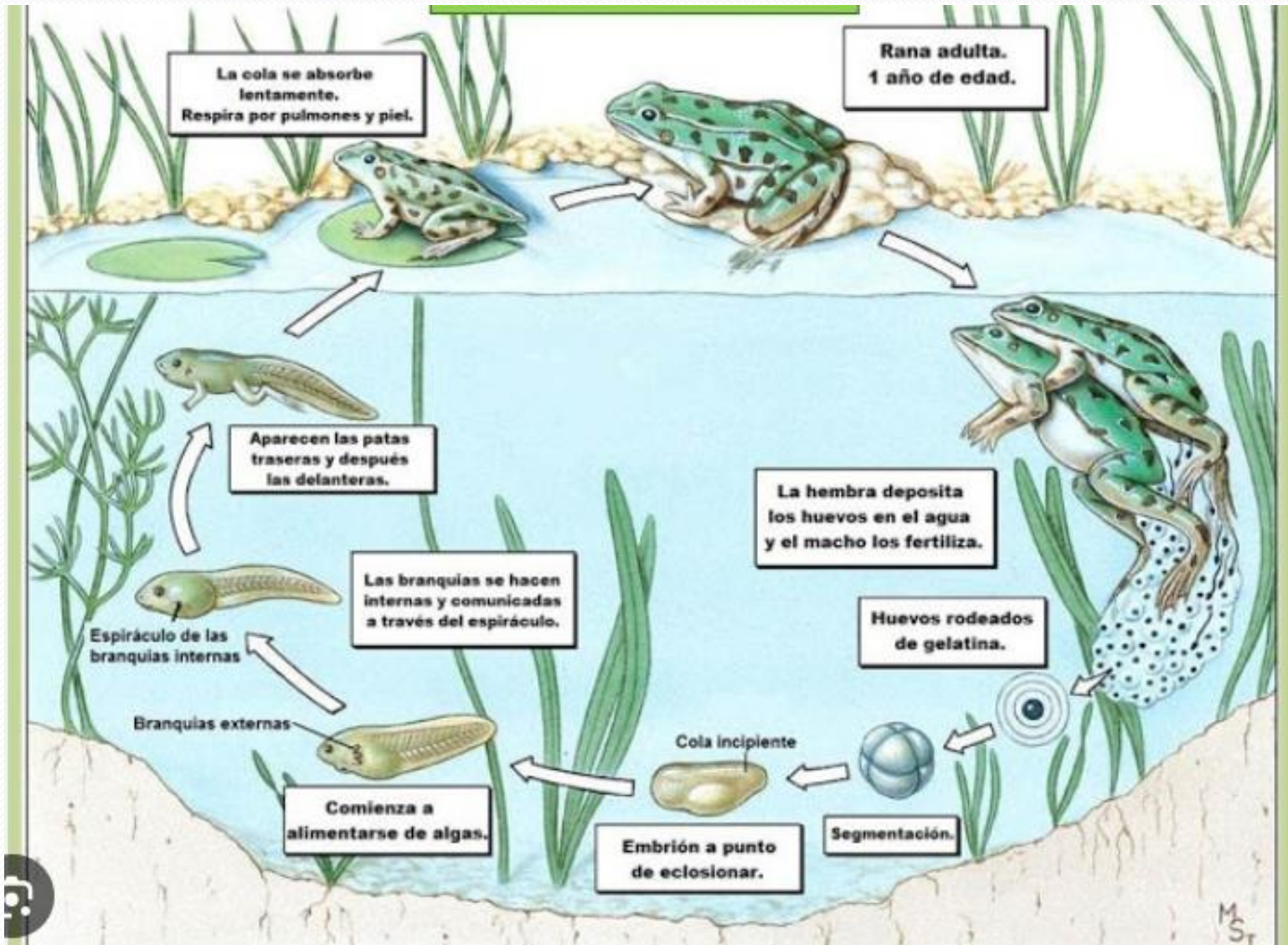
Desarrollo indirecto

- ❖ El ciclo de vida incluye la liberación indiscriminada de gametos al medio seguida de un estado larvario libre.
- ❖ Las larvas son muy diferentes al adulto
- ❖ Las larvas sufren una metamorfosis drástica para alcanzar un estado juvenil o de preadulto.
- ❖ No existe cuidado de las crías por parte de los padres.
- ❖ Es característico de organismos con huevos con poco vitelo (mesolecito e isolecito)

Desarrollo indirecto

- ❖ Los embriones deben desarrollarse rápidamente como larvas para sobrevivir.
- ❖ Comprende cuatro estados: Huevo-larvas-pupas-adulto.
- ❖ También proporciona un medio de dispersión, lo que constituye una ventaja para las especies sésiles.
- ❖ Este modelo de desarrollo es común de las especies marinas oportunistas capaces de producir rápidamente grandes cantidades de gametos.

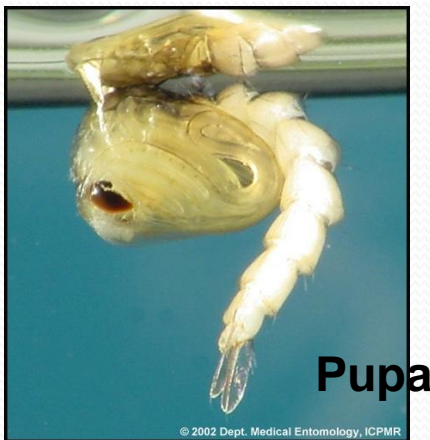
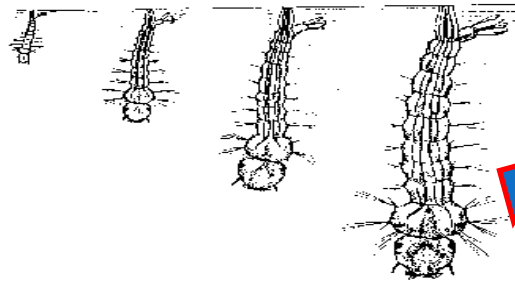
Ciclo de vida de la rana leopardo



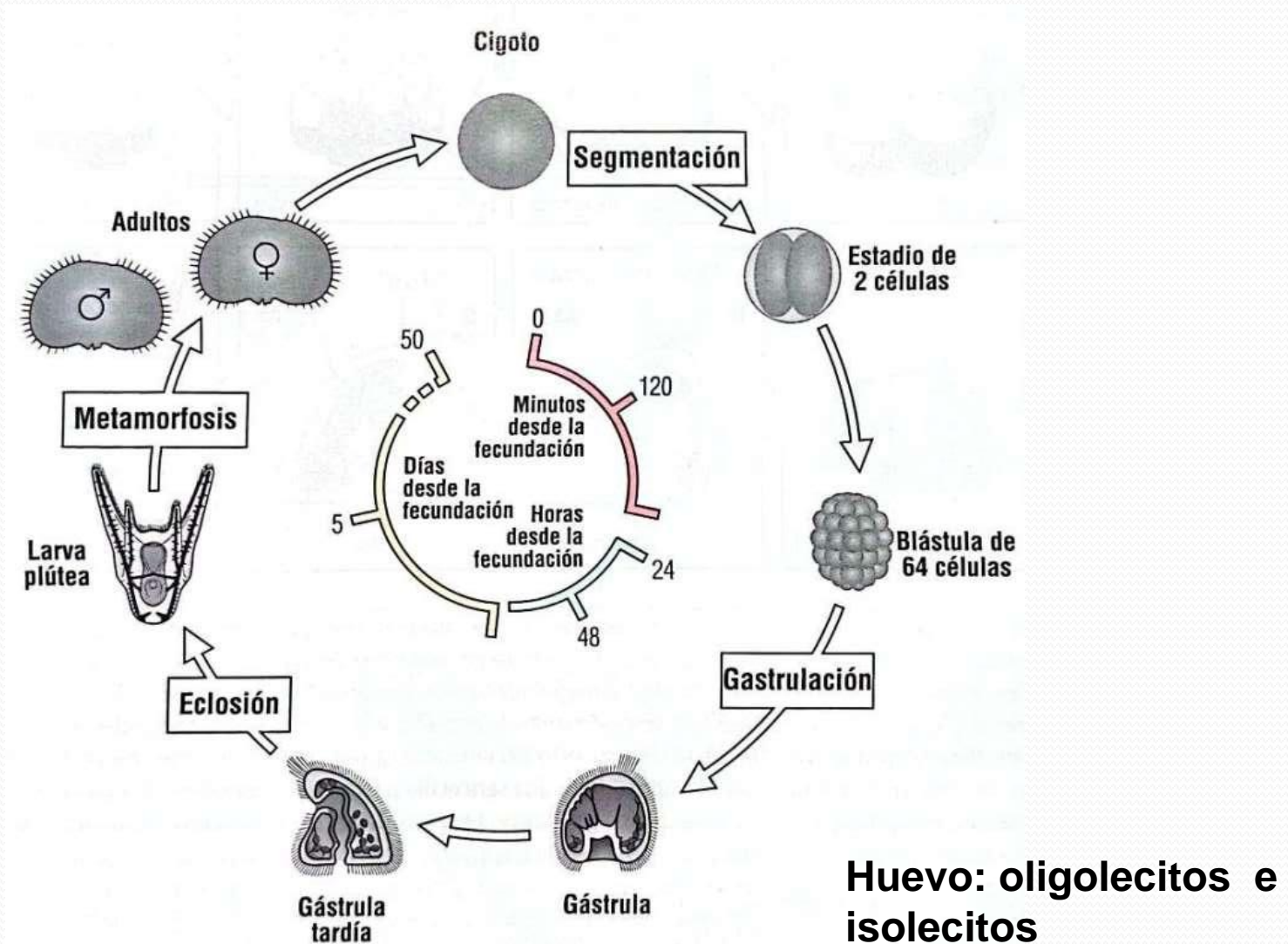
Huevos: mesolecito y telolecitos moderados

•Ciclo de Vida del *Aedes aegypti*

Huevo: mesolecitos y centrolecitos



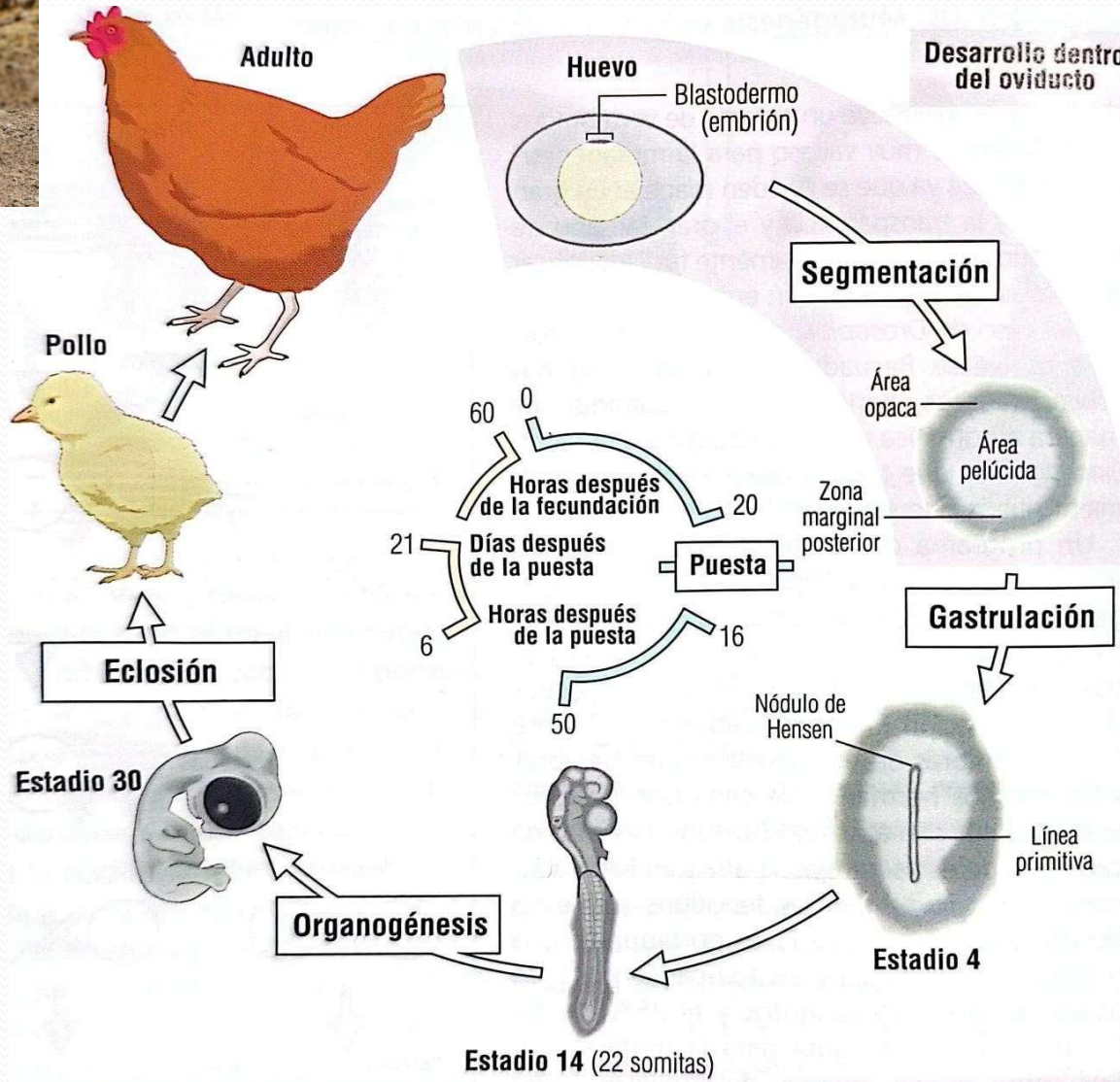
Ciclo de vida de un erizo de mar



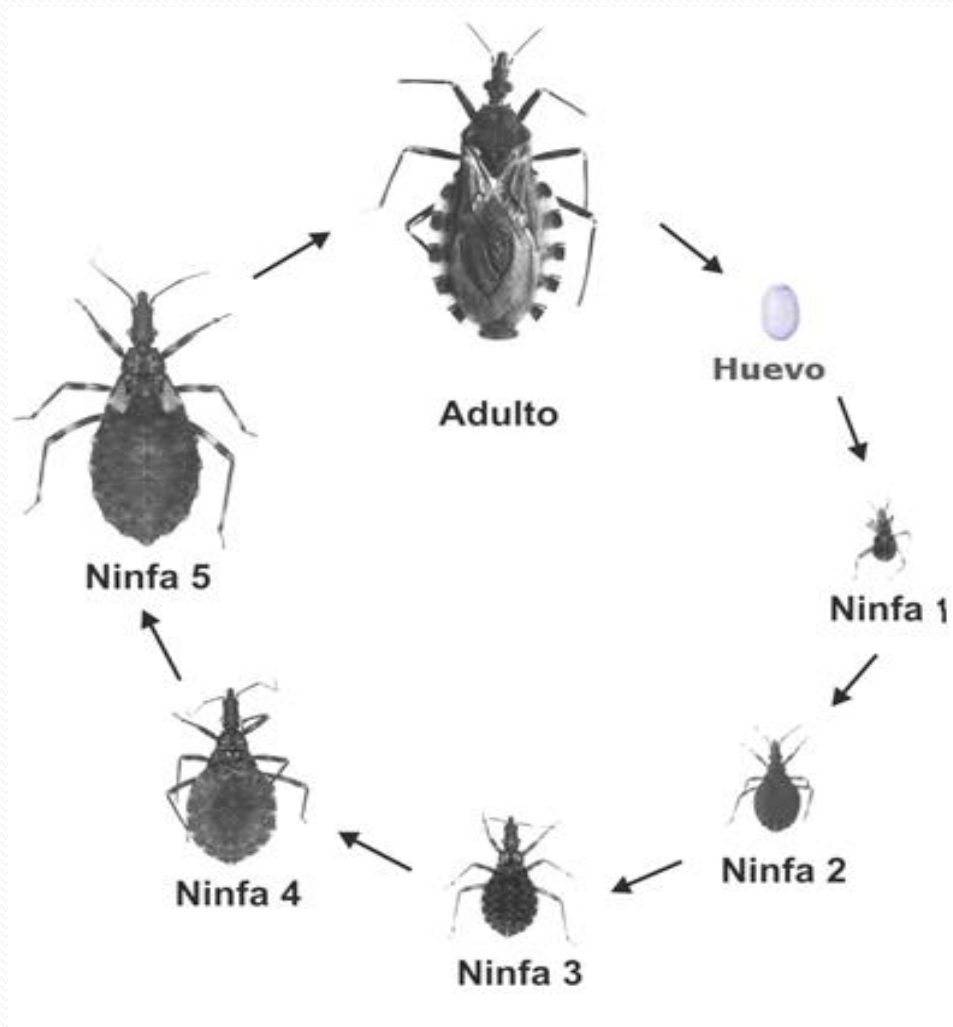
Desarrollo directo

- El ciclo de vida no presenta una fase larvaria de vida libre
- Los padres cuidan los embriones de una u otra forma hasta que emergen como individuos jóvenes.
- Es característico de organismos con huevos con mucho vitelo o mediana cantidad de vitelo.
- Comprende tres estados: Huevo-Juvenil-Adulto

Ciclo de vida de pollo (*Gallus gallus domesticus*)



Ciclo de vida de *Triatoma infestans*



Metamorfosis incompleta: HUEVO-JUVENIL-ADULTO

Desarrollo mixto

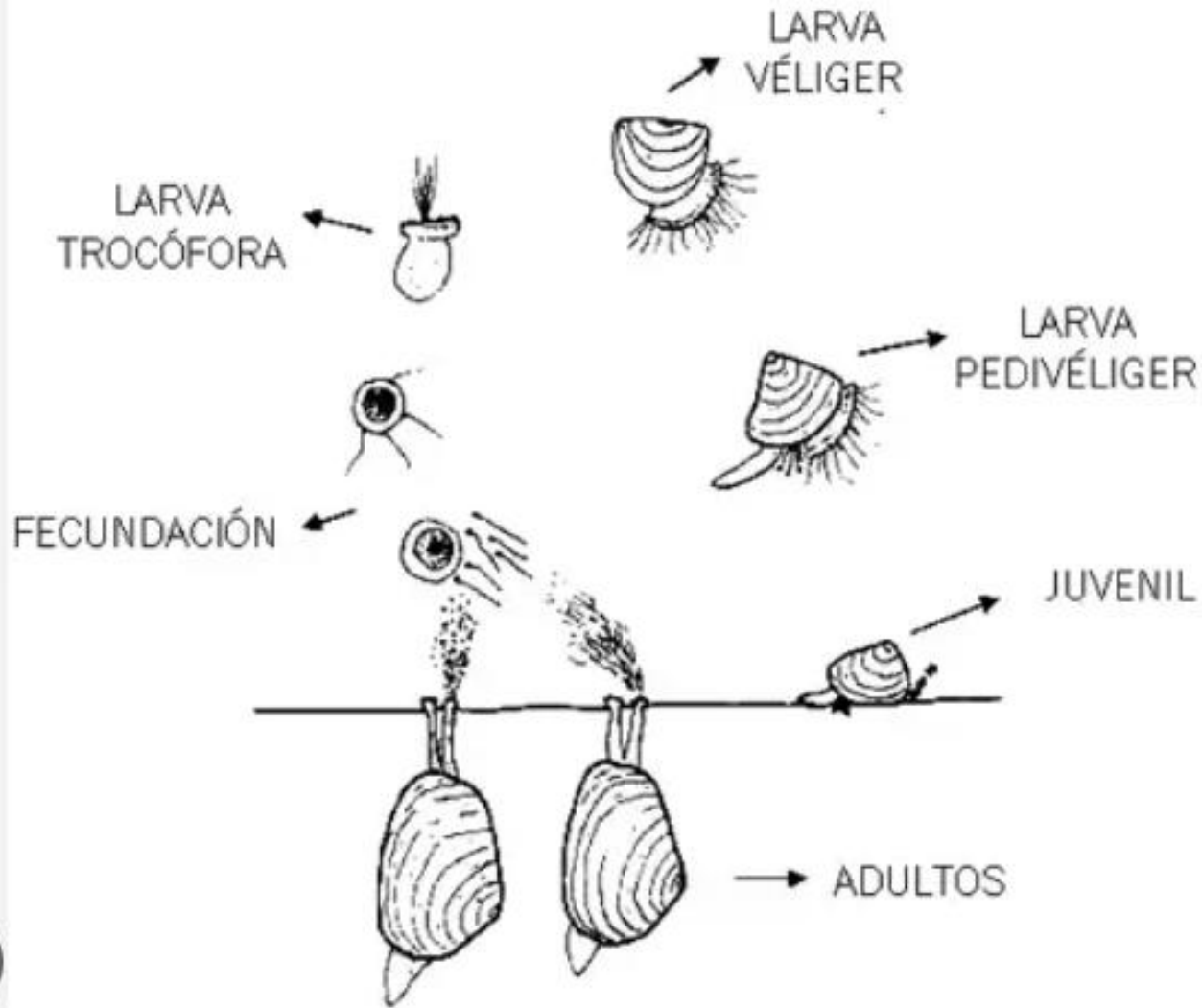
❖ El ciclo vital incluye:

-la incubación o encapsulación de los embriones en los primeros estados del desarrollo

-la liberación subsiguiente de larvas lecitotróficas o planctotróficas

❖ La fuente de nutrición y protección es el adulto.

Ciclo de vida de una almeja



EVENTOS EN EL DESARROLLO ANIMAL

Ovíparos
Ovovivíparos
Vivíparos

FORMACION GAMETAS

Espermatozoides
Óvulos

F. Interna

FECUNDACION

F. Externa

HUEVO O CIGOTA

Cantidad de vitelo

Distribución de vitelo.

Origen de vitelo

SEGMENTACION

BLASTULACION

GASTRULACION

ORGANOGENESIS

CRECIMIENTO



HOLOBLASTICA
O MEROBLASTICA
MODALIDAD
RADIAL O ESPIRAL

Tipos:

Celoblástula
Esteroblástula
Discoblástula
Periblástula

FORMACION HOJAS
EMBRIONARIAS:
ECTODERMO
MESODERMO
ENDODERMO

DERIVADOS DE CADA
HOJA EMBRIONARIA:
ORGANOS Y
ESTRUCTURAS

EMBRION

DETERMINADA O
INDETERMINADA SEGÚN
DESTINO CELULAS

TIPOS GASTRULA

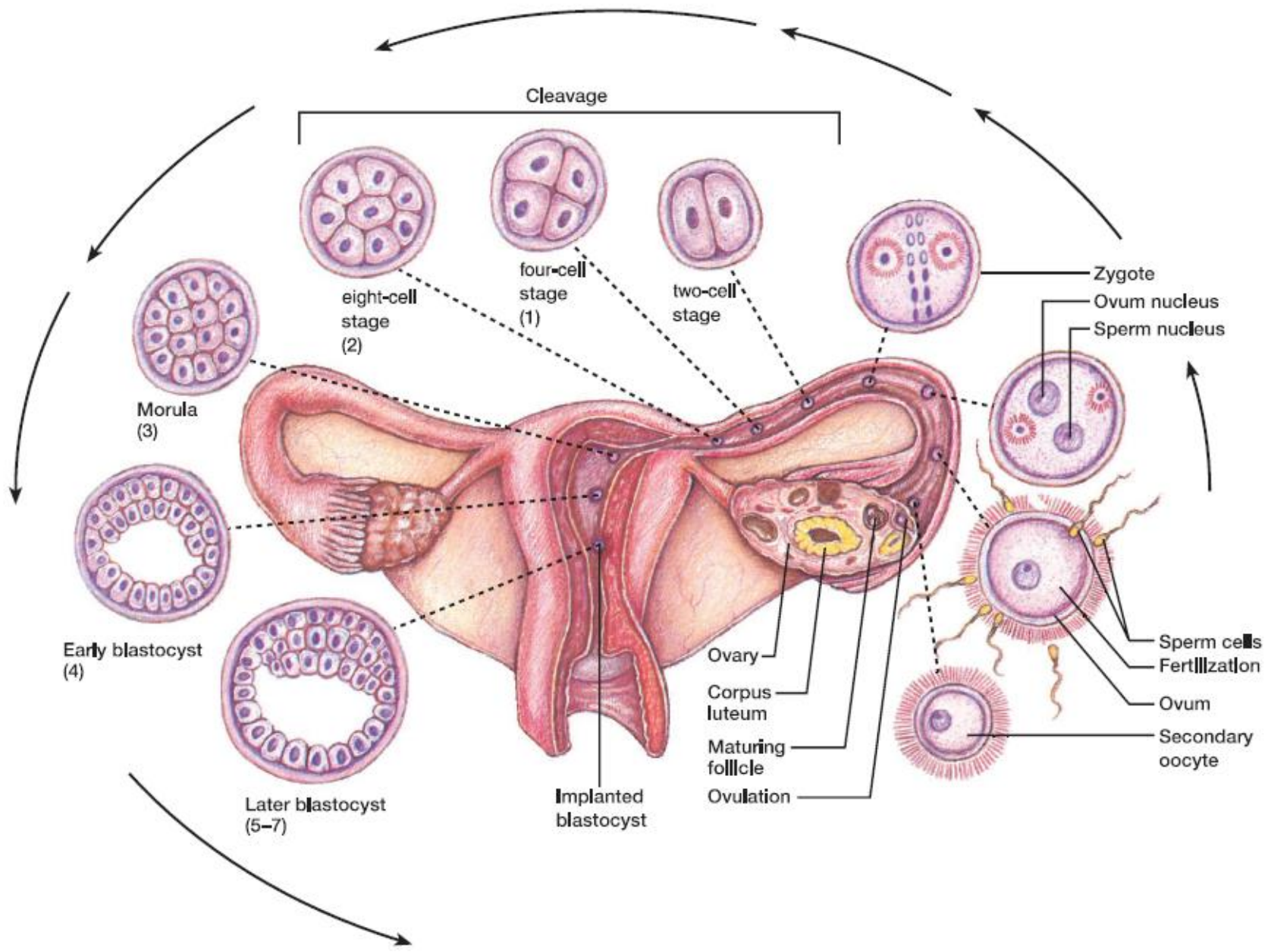
Invaginación
Involución
Ingresión
Delaminación
Epibolia

Desarrollo
directo

Desarrollo
indirecto

Desarrollo
mixto

Desarrollo embrionario de mamífero: humano



ONTOGENIA DEL SER HUMANO

Global Institute of Medical Sciences

Carnegie Stages of Human Development



Stage 1 Zygote
(1 day, not to scale)



Bibliografía

- ❖ Arteaga Martinez M eIP Garcia. 2014 Ed. Panamericana. Embriología Humana y Biología del Desarrollo.
- ❖ Brusca RC, W Moore, SM Shuster. 2016. Invertebrates 3° edición. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA.
- ❖ Gilbert SF. 2005. Biología del Desarrollo. 7ª ed. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- ❖ Hickman CP, SL Keen, DJ Eisenhour, A Larson, HI Anson. 2021. Principios integrales de Zoología. 18° edición. McGraw-Hill Interamericana.
- ❖ Moore K y Persaud TVN. 1995. Embriología Básica. 4ed. Editorial Interamericana Mc Graw-Hill.
- ❖ Rhen JW y Lutjen-Drecoll E. 2008. Embriología funcional. Una perspectiva desde la biología del desarrollo. 3ª Edición. Ed. Médica Panamericana.
- ❖ Wolpert L, Jessell T, Lawrence P, Meyerowitz E, Robertson E, Smith J. 2010. Principios del Desarrollo. 3° Edición. Ed. Panamericana.
- ❖ Webster S, Rhiannon de Wreede. 2013. Embriología. Lo esencial de un vistazo. Ed. Panamericana.