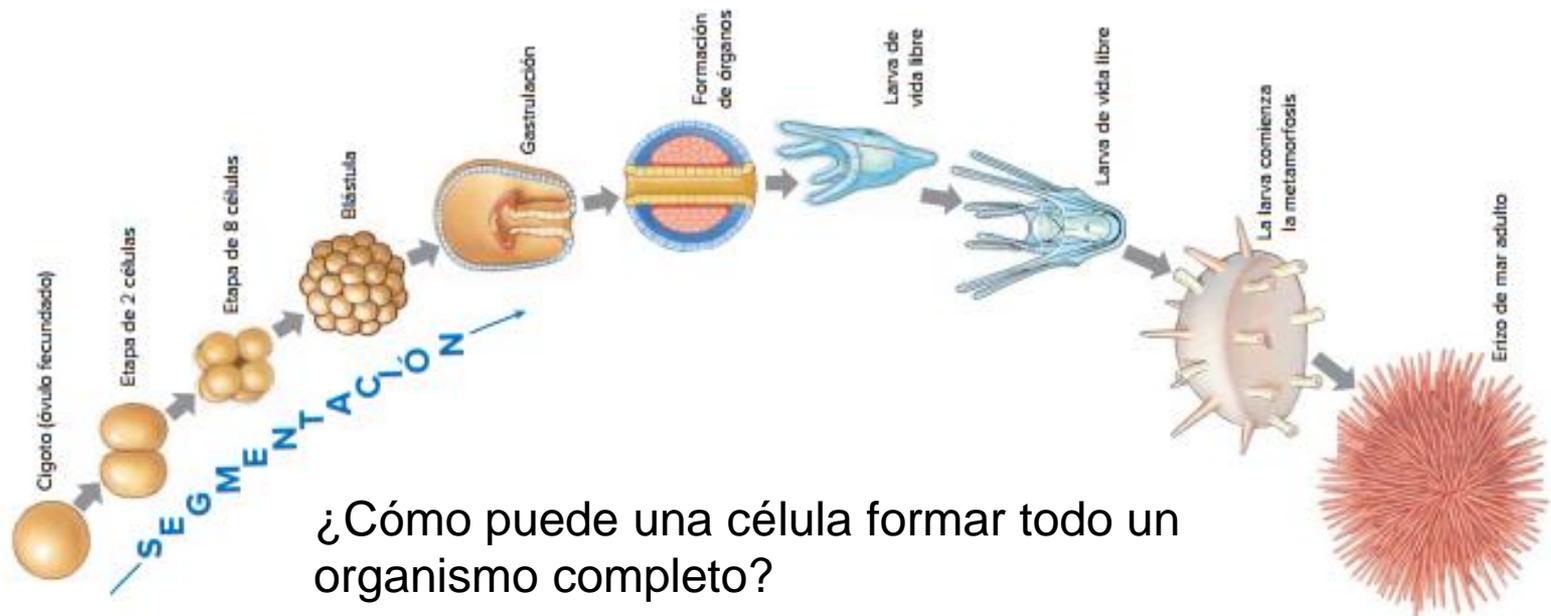


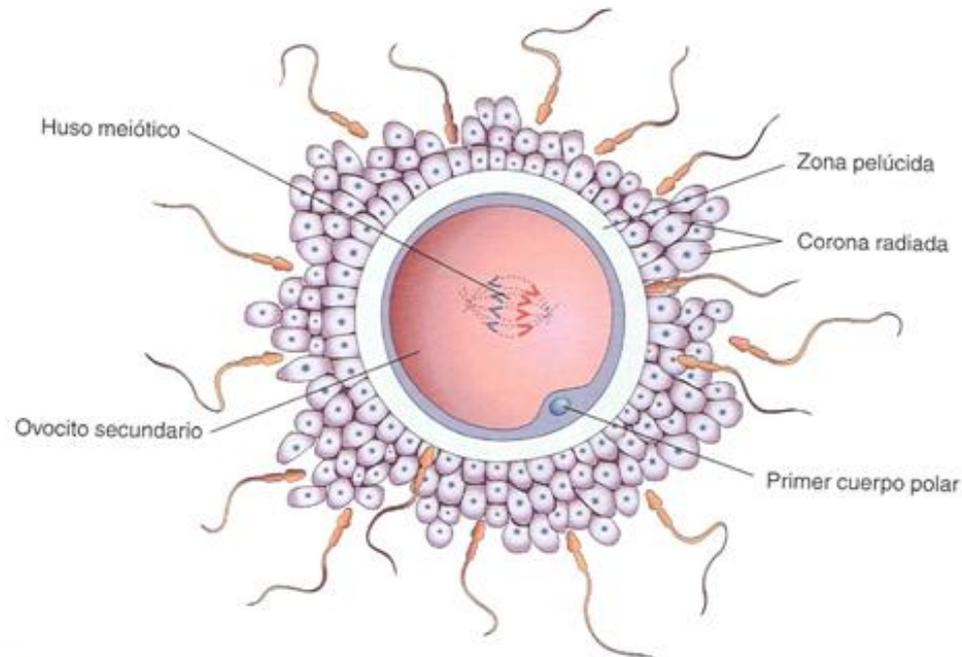
# Unidad Nº 6: Principios del Desarrollo animal

Concepto de desarrollo embrionario. Fecundación. Activación del ovocito. Fecundación externa e interna. Huevos: tipos. Modelos de reproducción: ovíparos. ovovivíparos. vivíparos. Etapas del desarrollo embrionario. Segmentación: concepto y patrones. Blastulación. Gastrulación. Formación de las capas embrionarias. Formación del celoma. Organogénesis. Desarrollo de órganos y sistemas. Mecanismo y regulación génica del desarrollo. Ciclos vitales: concepto y tipos.



# Desarrollo embrionario

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



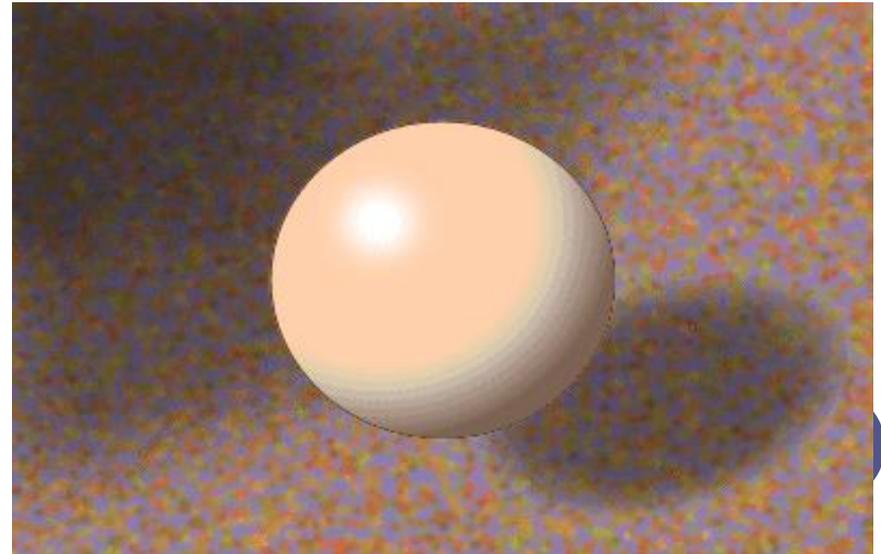
La vida de un nuevo individuo se inicia por la fusión del material genético a partir de dos gametos: el espermatozoide y el óvulo.



# Eventos claves del desarrollo animal



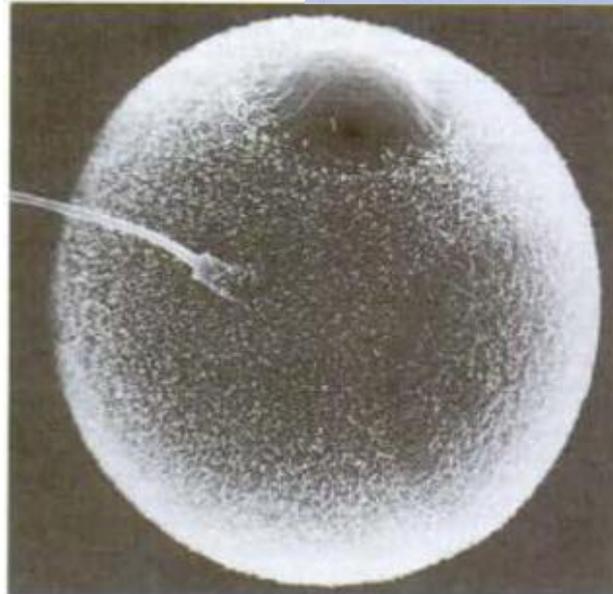
El **periodo embrionario** se inicia con la fecundación, continúa con la segmentación, blastulación, gastrulación, histogénesis y concluye con la organogénesis completa del futuro organismo.



# 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.

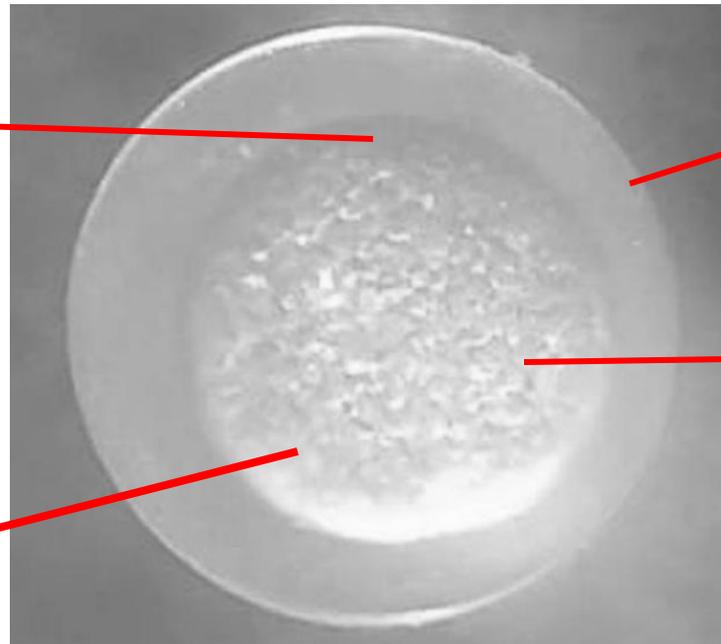


# POLARIDAD DEL HUEVO O CIGOTO

- ❖ 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)

**Polo vegetativo**  
(La concentración del vitelo es muy alta)



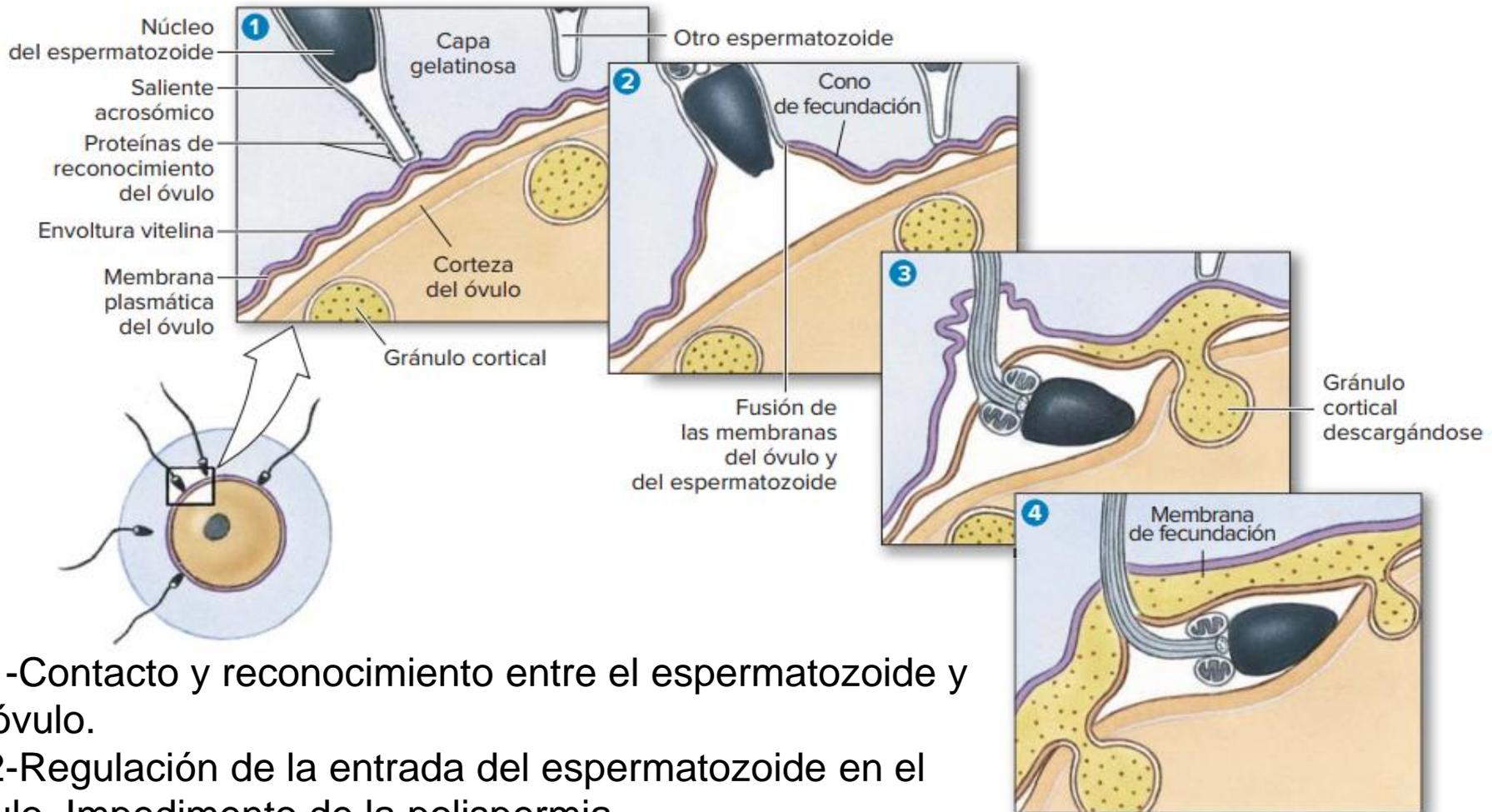
**Corion**

**Vitelo**

**Huevo fecundado de pez cebra (*Danio rerio*)**



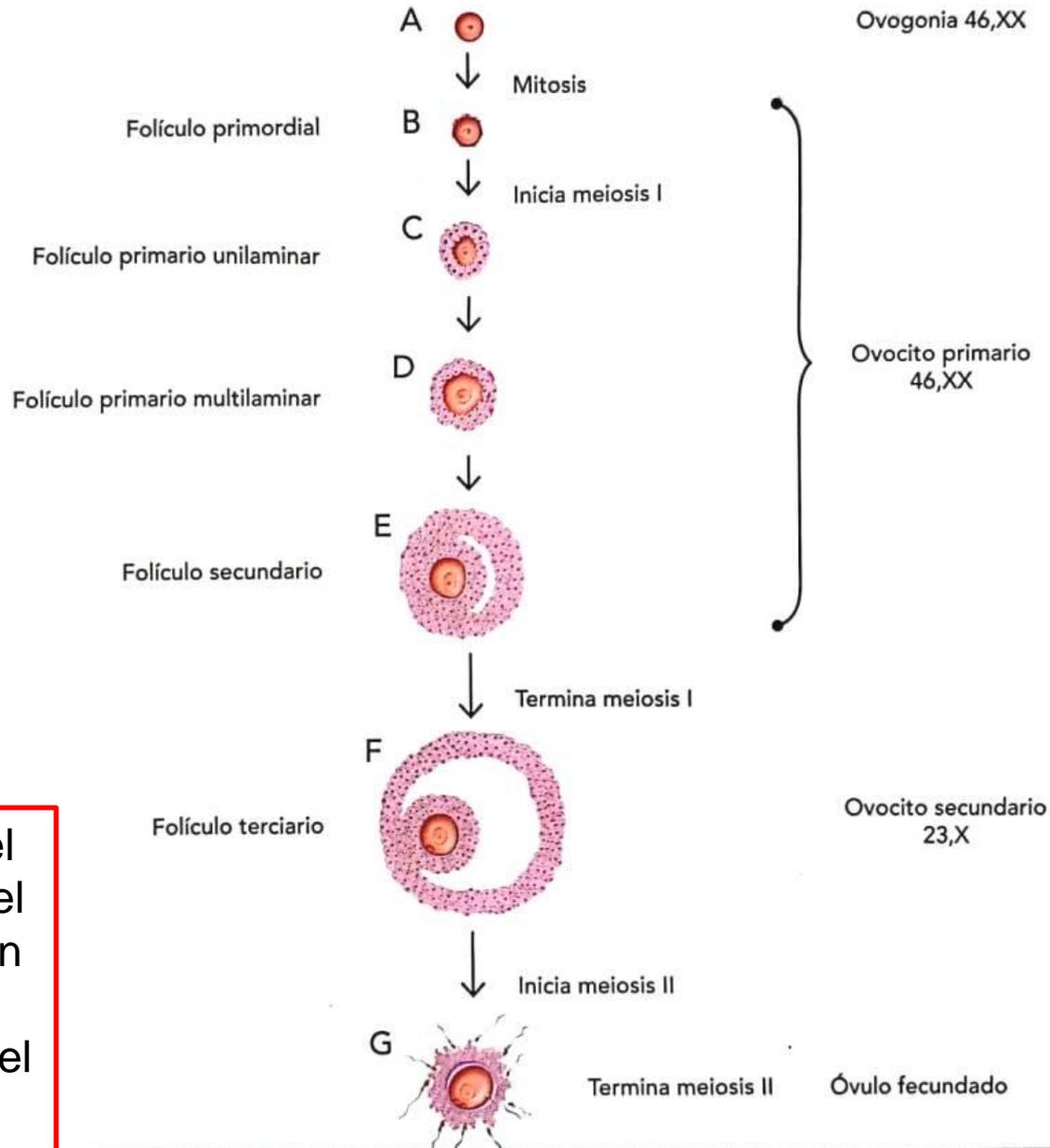
# Eventos principales de la fecundación. Ej. Erizo de mar



- ❖ 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



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

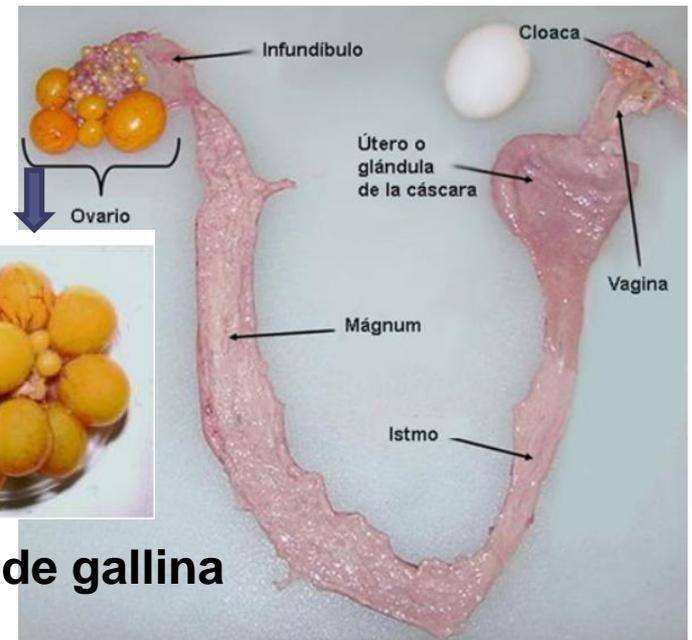
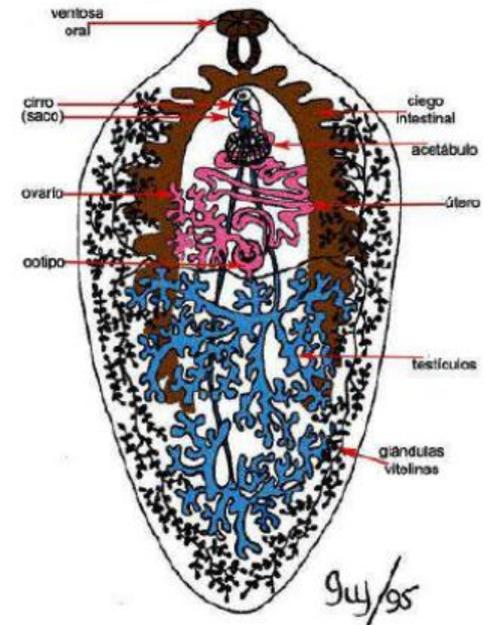


# TIPOS DE HUEVOS

❖ 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 de materia vitelina incluida en el citoplasma

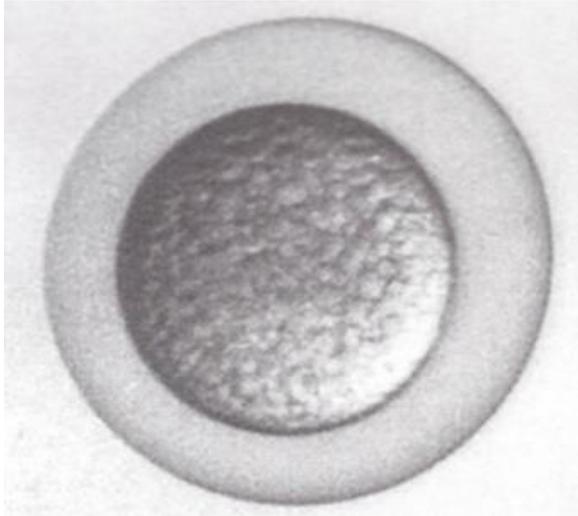
- Oligolecitos o microlecitos
- Mesolecitos
- Macrolecitos o polilecitos

## ❖ Según la distribución del vitelo

- Isolecitos (homolecitos).
- Centrolecitos
- Telolecitos moderados
- Telolecitos fuertes



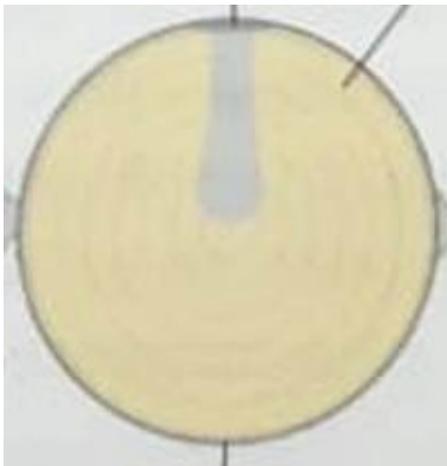
# EJEMPLOS DE TIPOS DE HUEVOS



**Peces:** huevo endolecito, mesolecito, telolecito fuerte



**Anfibios:** huevo endolecito, mesolecito, telolecito moderado



**Aves:** huevo endolecito, macrolecito, telolecito fuerte

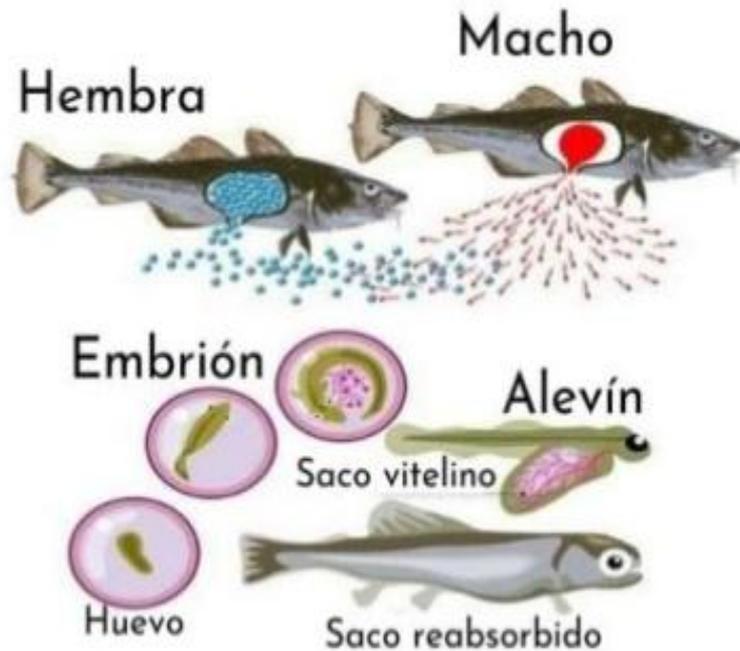


**Insectos (*Aedes aegypti*):** huevo endolecito, mesolecito y centrolecito



# SEGÚN DONDE OCURRA LA FECUNDACIÓN PUEDE SER:

Fecundación externa



Fecundación interna





**OVÍPAROS**



**OVÍPAROS**



**Aves**

Ovíparos con  
fecundación externa  
Ej. Anuros

# Modelos de reproducción



**OVOVIVÍPAROS**

**VIVÍPAROS**

Ovíparos con  
fecundación  
interna.

Ej. serpientes



Ej.  
Víboras

Ej. Peces, Mamíferos  
placentarios



Ej. peces



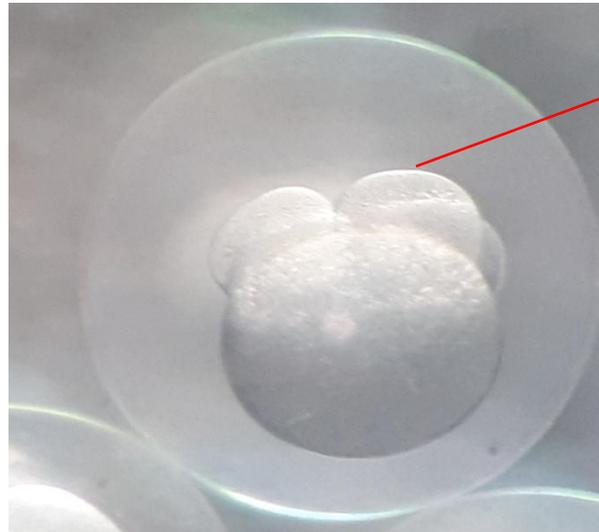
# SEGMENTACIÓN:



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



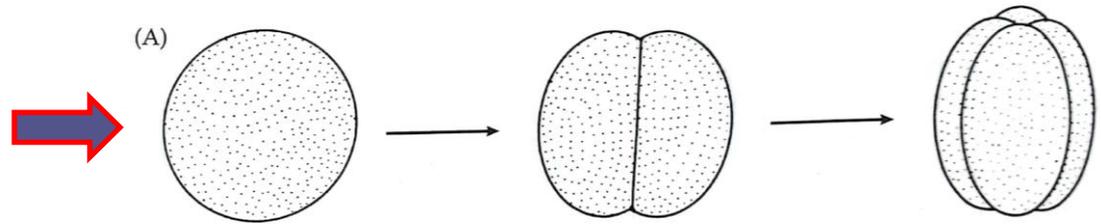
Se observan 4 blastómeras

Embrión de pez cebra en periodo de división



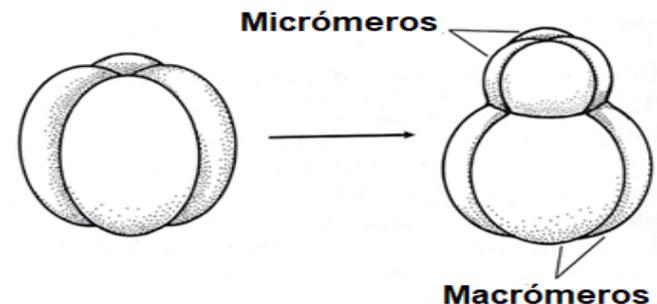
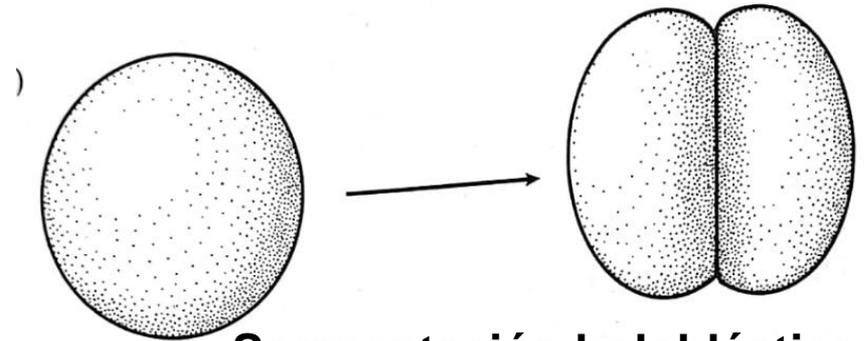
# TIPOS DE SEGMENTACIÓN

## A-HOLOBLASTICA O COMPLETA



❖ Ej. Huevos con poco o mediana cantidad de 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 desigual

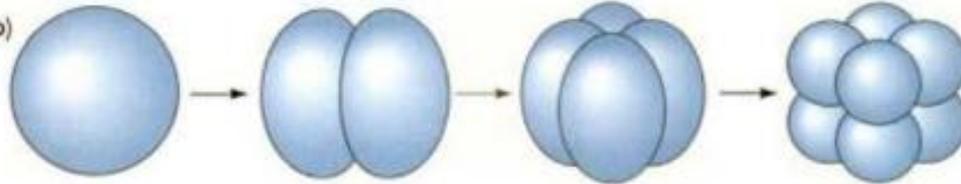
# SEGMENTACIÓN HOLOBLÁSTICA

## I. SEGMENTACIÓN HOLOBLÁSTICA (COMPLETA)

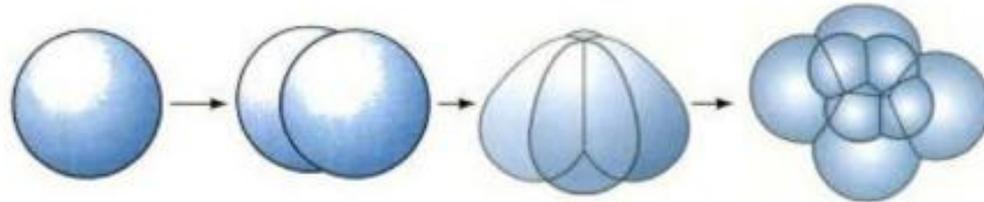
### A. Isolecítica

(Escaso vitelo equitativamente distribuido)

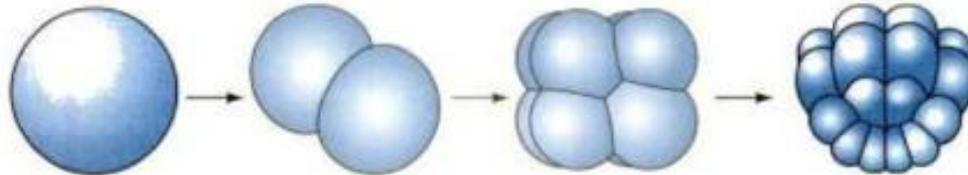
1. Segmentación radial  
Equinodermos, anfiexo



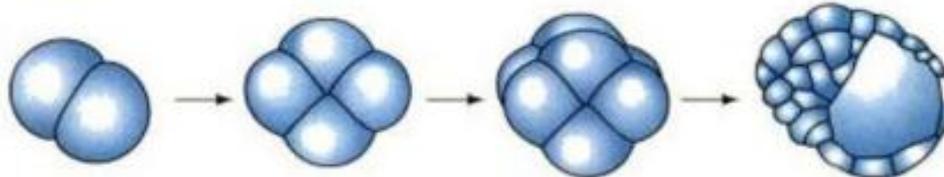
2. Segmentación espiral  
Anélidos, moluscos,  
gusanos planos



3. Segmentación bilateral  
Tunicados



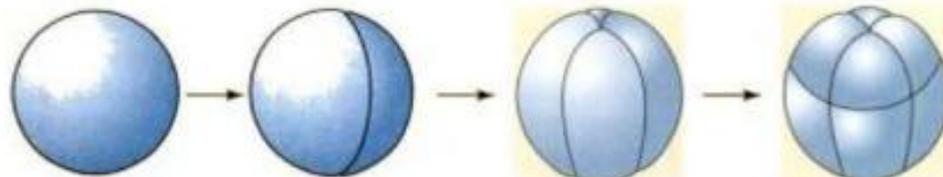
4. Segmentación rotacional  
Mamíferos, nematodos



### B. Mesolecítica

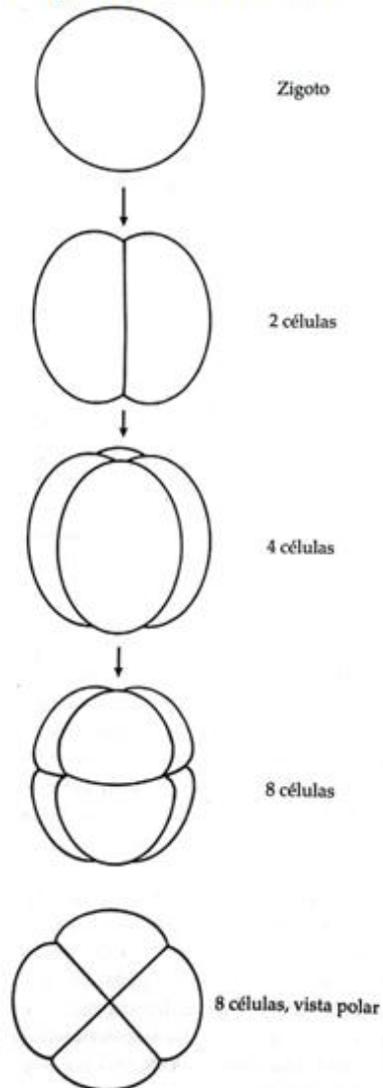
(Disposición vegetal del vitelo moderada)

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.**

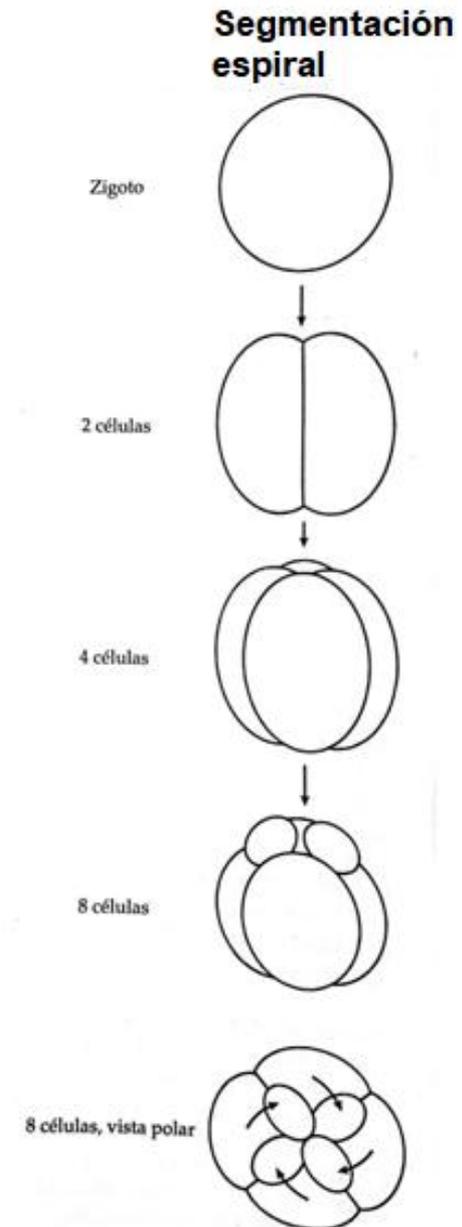
❖ Se da en el cigoto de deuterostomados ej. Equinodermos, cordados



# MODALIDAD DE SEGMENTACIÓN SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LOS BLASTÓMEROS: ESPIRAL

## SEGMENTACIÓN ESPIRAL

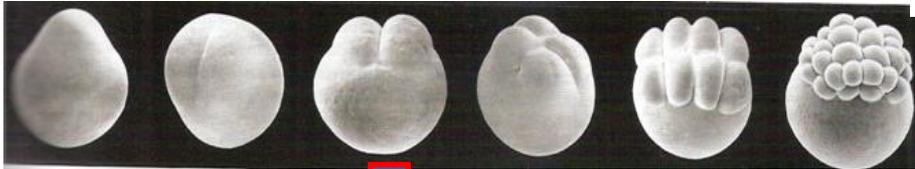
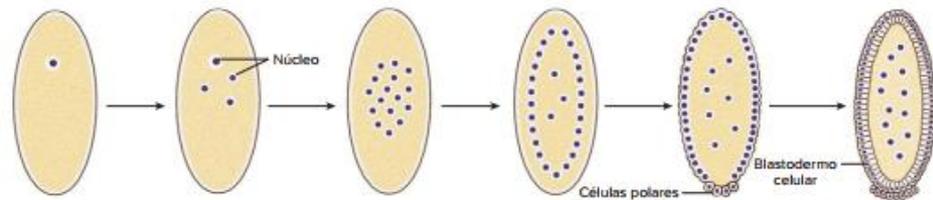
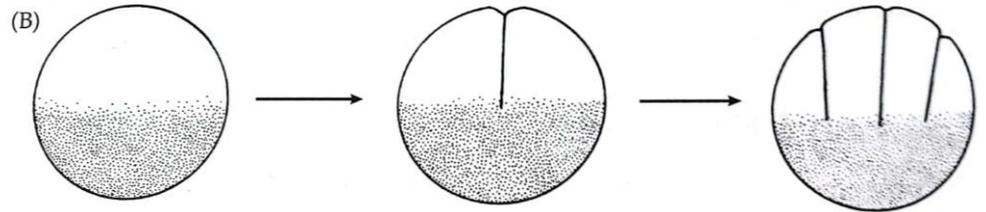
- Las primeras dos divisiones son longitudinales, iguales o subiguales.
- Las divisiones siguientes producen el desplazamiento de los blastómeros
- Cada blastómera se aloja en el surco de separación de otras dos.
- Pasar de 4 a 8 células implica un desplazamiento de los blastómeros del polo animal en 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 (platelmintos, anélidos, moluscos).



# TIPOS DE SEGMENTACIÓN

## B-MEROBLASTICA

- ❖ 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*



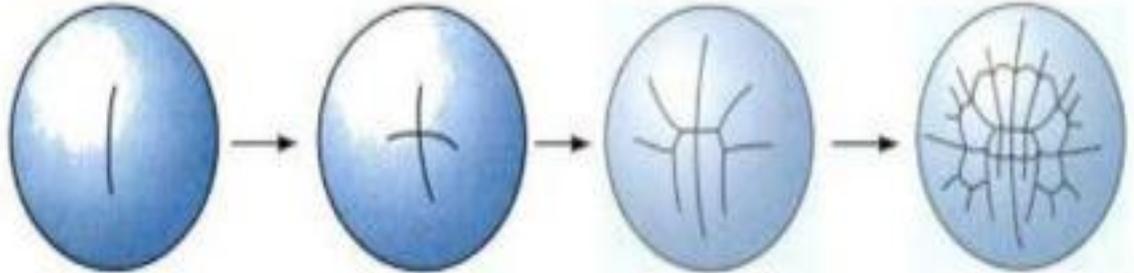
# SEGMENTACION MEROBLASTICA

## II. SEGMENTACIÓN MEROBLÁSTICA (INCOMPLETA)

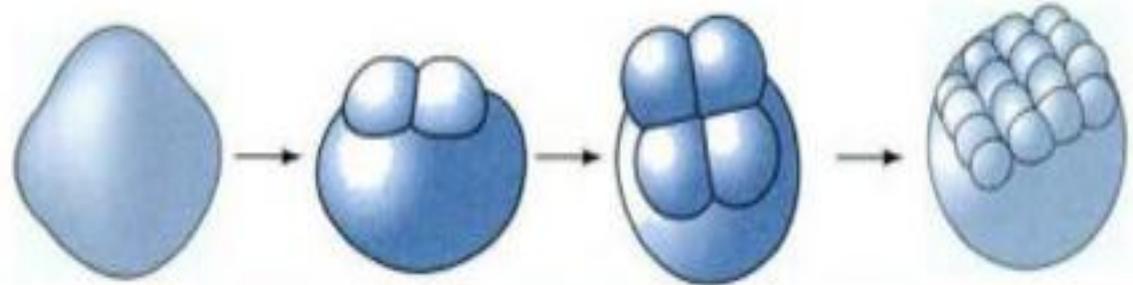
### A. Telolecítica

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

1. Segmentación bilateral  
Moluscos cefalópodos



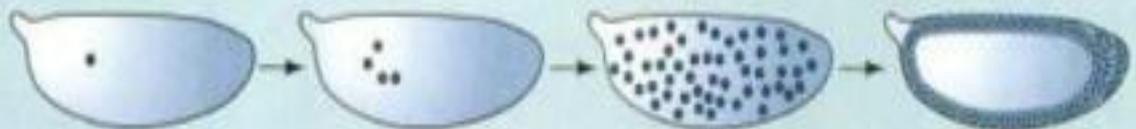
2. Segmentación discoidal  
Peces, reptiles, aves



### B. Centrolecítica

(Vitelo en el centro del cigoto)

Segmentación superficial  
La mayoría de los insectos



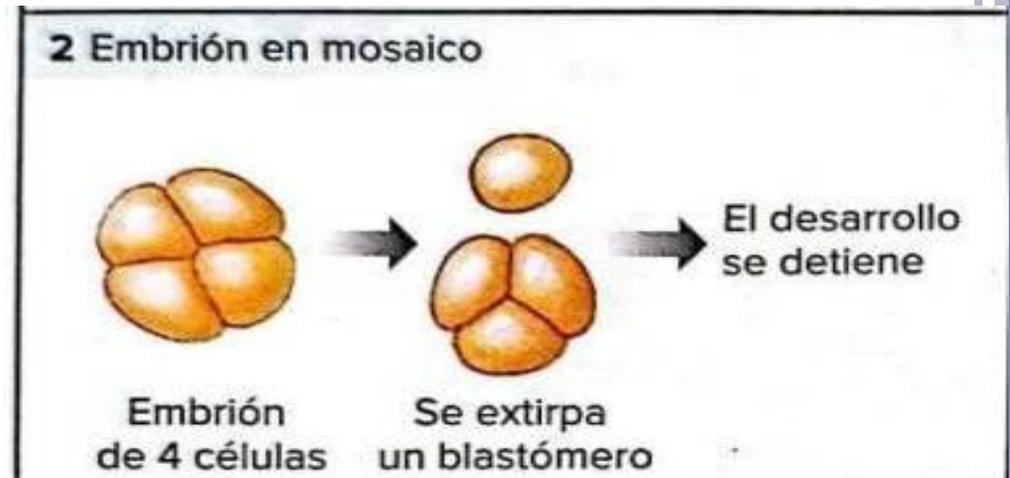
# DESTINOS CELULARES DURANTE EL DESARROLLO

## 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).

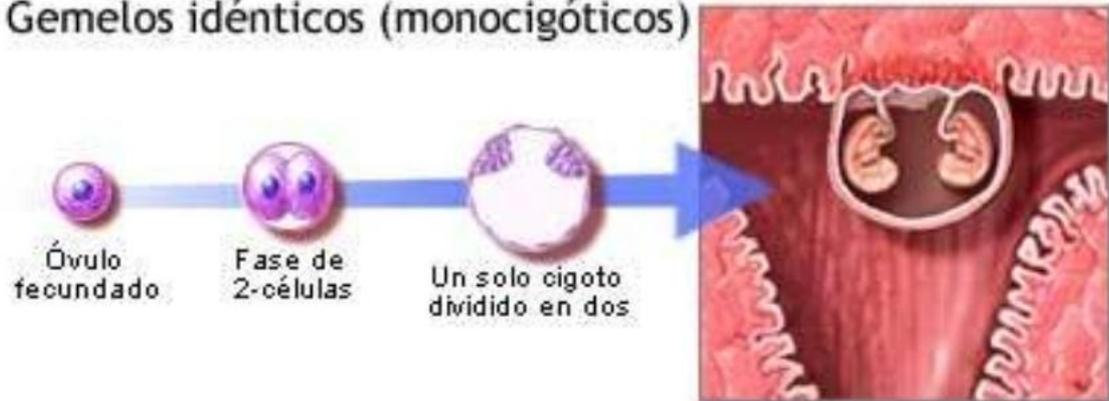


# SEGMENTACION INDETERMINADA

- ❖ 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 humanos idénticos.



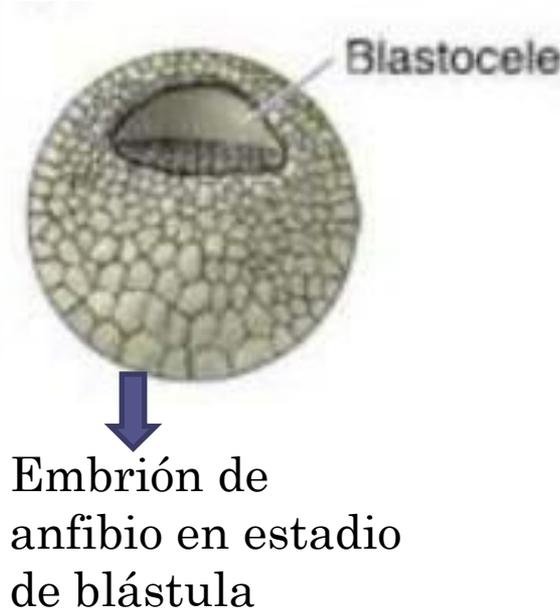
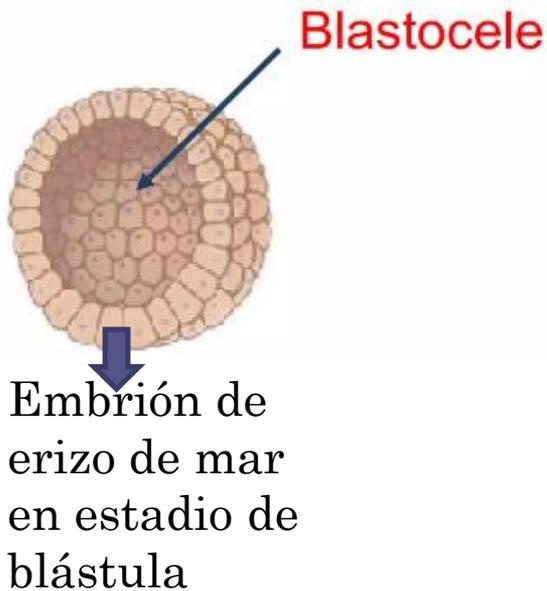
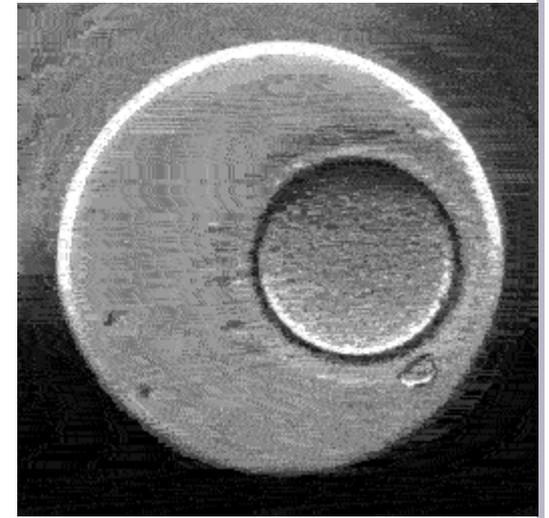
Gemelos idénticos (monocigóticos)



# BLASTULA

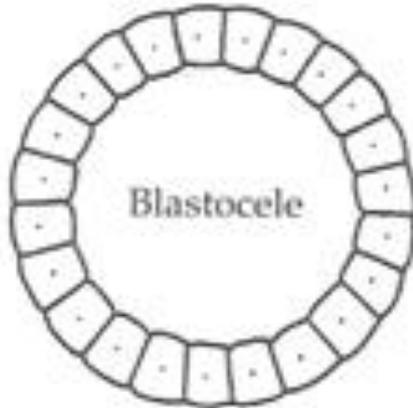
**Blástula**(Gr. *blastos*, germen, + *ula*, pequeño): es una estructura embrionaria compuesta de blastómeras.

La cavidad dentro de la blástula es el **blastocole**(Gr. *Blastos*, germen, *koilos*: cavidad)



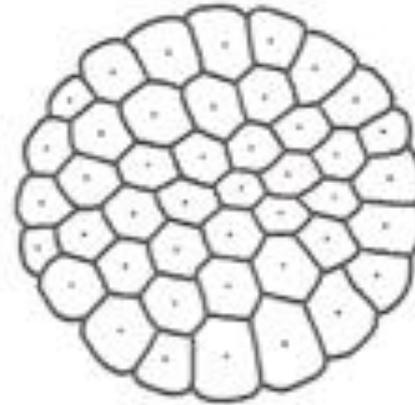
# TIPOS DE BLASTULA

Ej. Erizo  
de mar



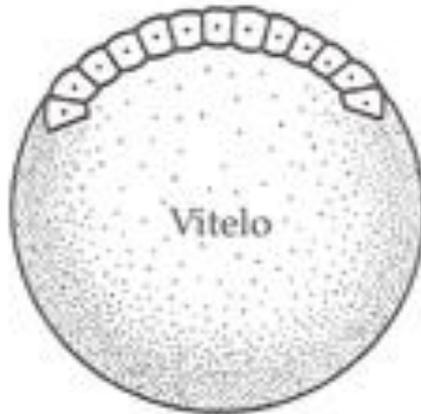
**Celoblástula**

Ej. Anélidos,  
algunos peces



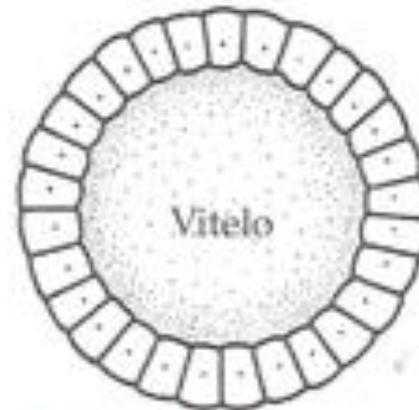
**Esteroblástula**

Ej-  
Anfibios



**Discoblástula**

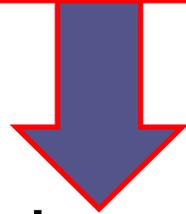
Ej. insectos



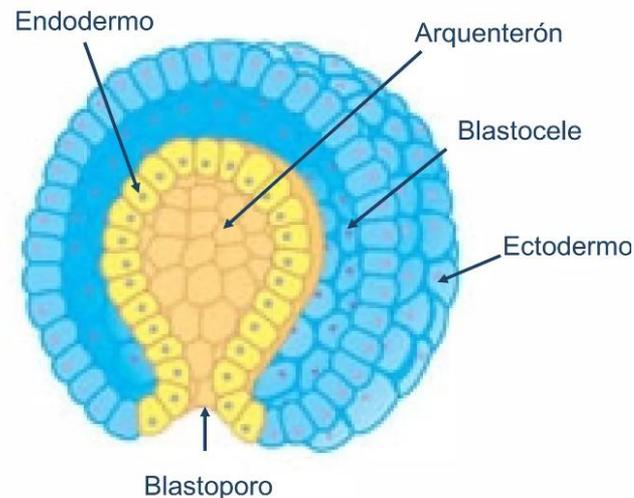
**Periblástula**



# GASTRULACIÓN



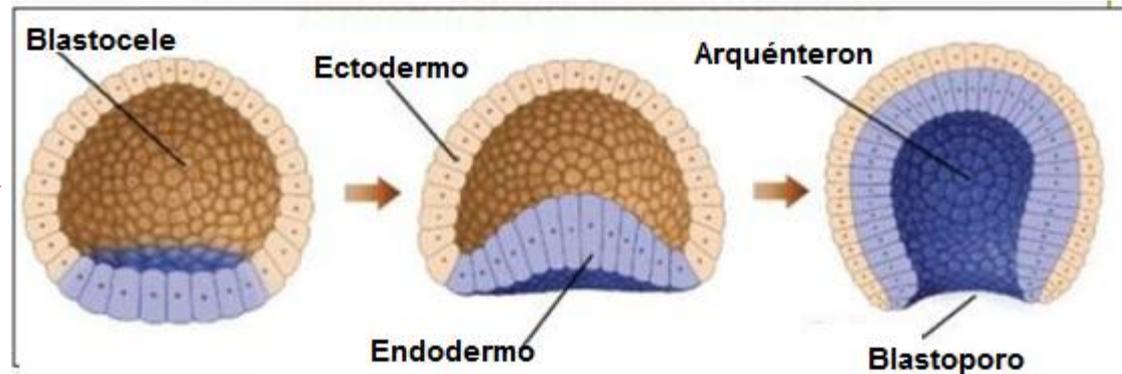
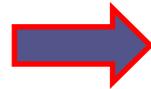
Es el proceso de migraciones celulares altamente coordinado por medio del cual las células de la blástula se reorganizan.



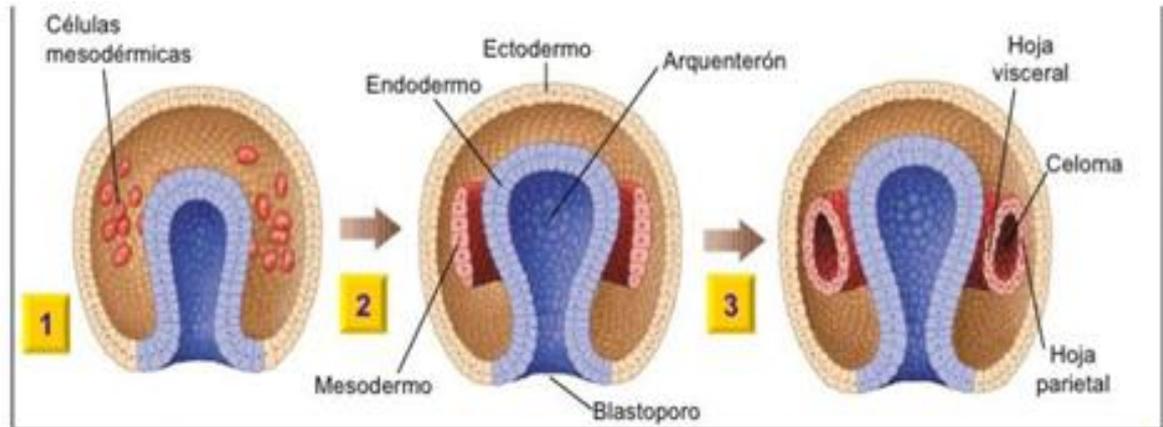
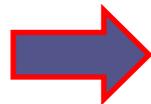
# GASTRULACIÓN

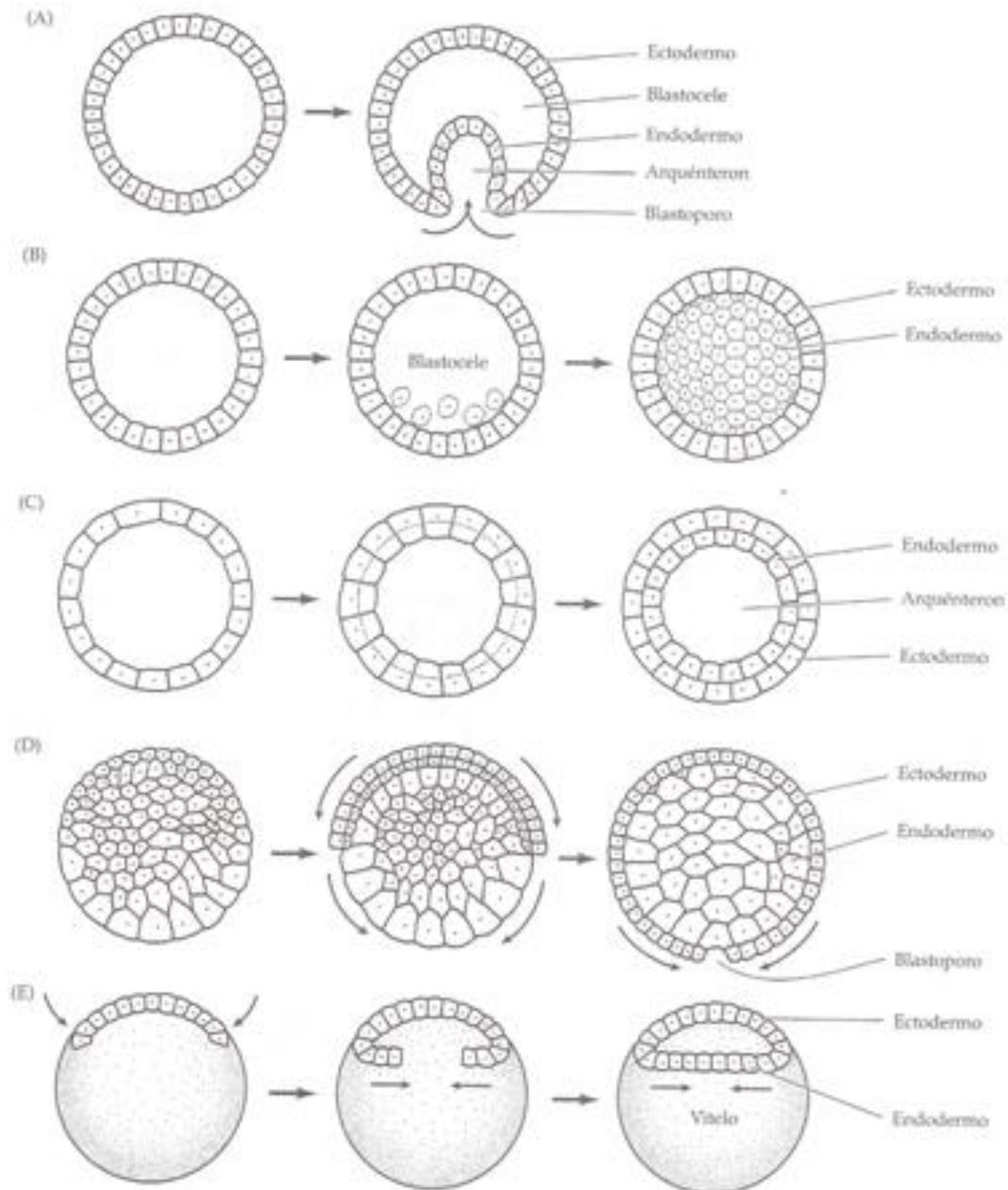
- ❖ Es la formación de las hojas embrionarias, los tejidos de los que depende todo el desarrollo posterior.
- ❖ Las capas germinales son: Ectodermo, Mesodermo y Endodermo

**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

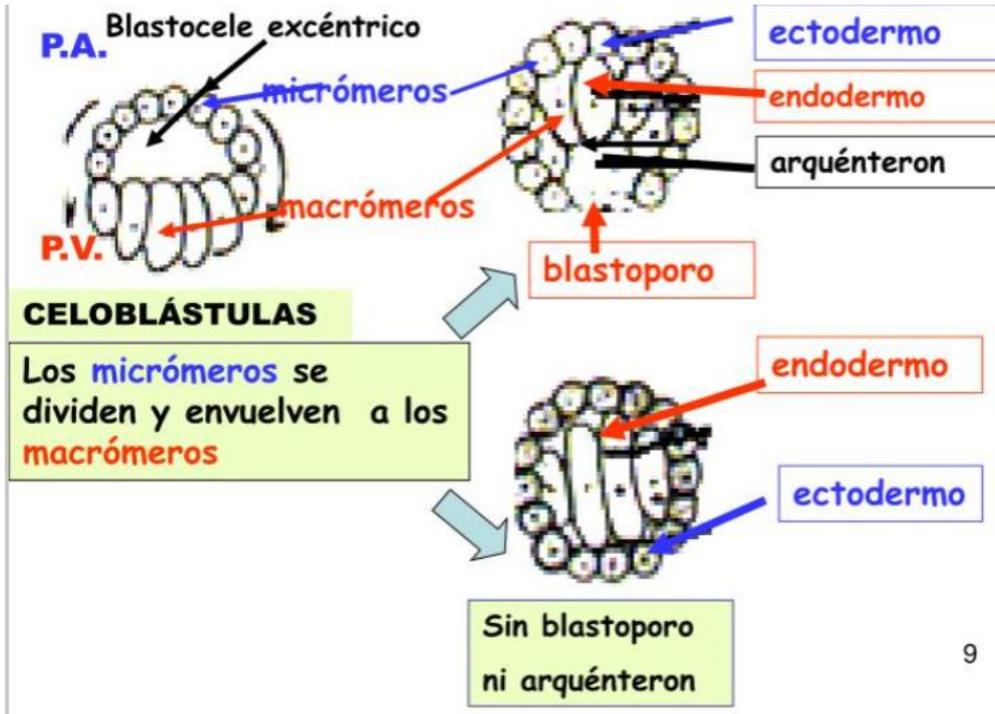
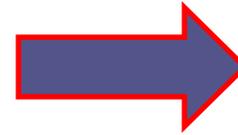
D-Epibolia

E-Involución



# 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. peces



Embrión del pez cebra (gástrula por epibolia)

# ORGANOGENESIS

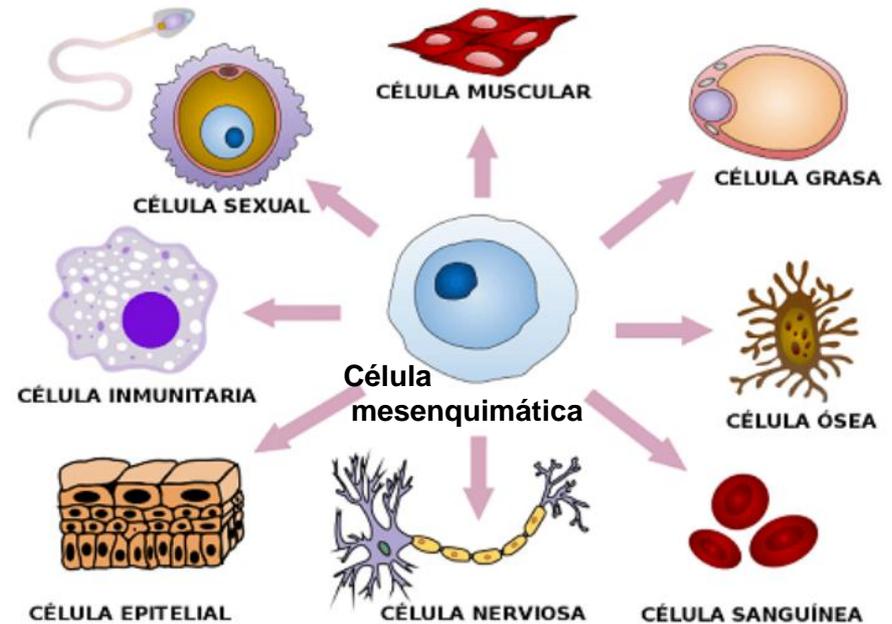
Después del establecimiento de los tejidos embrionarios, las células comienzan a especializarse y a distribuirse para formar los tejidos específicos y órganos, proceso denominado **organogénesis**

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.

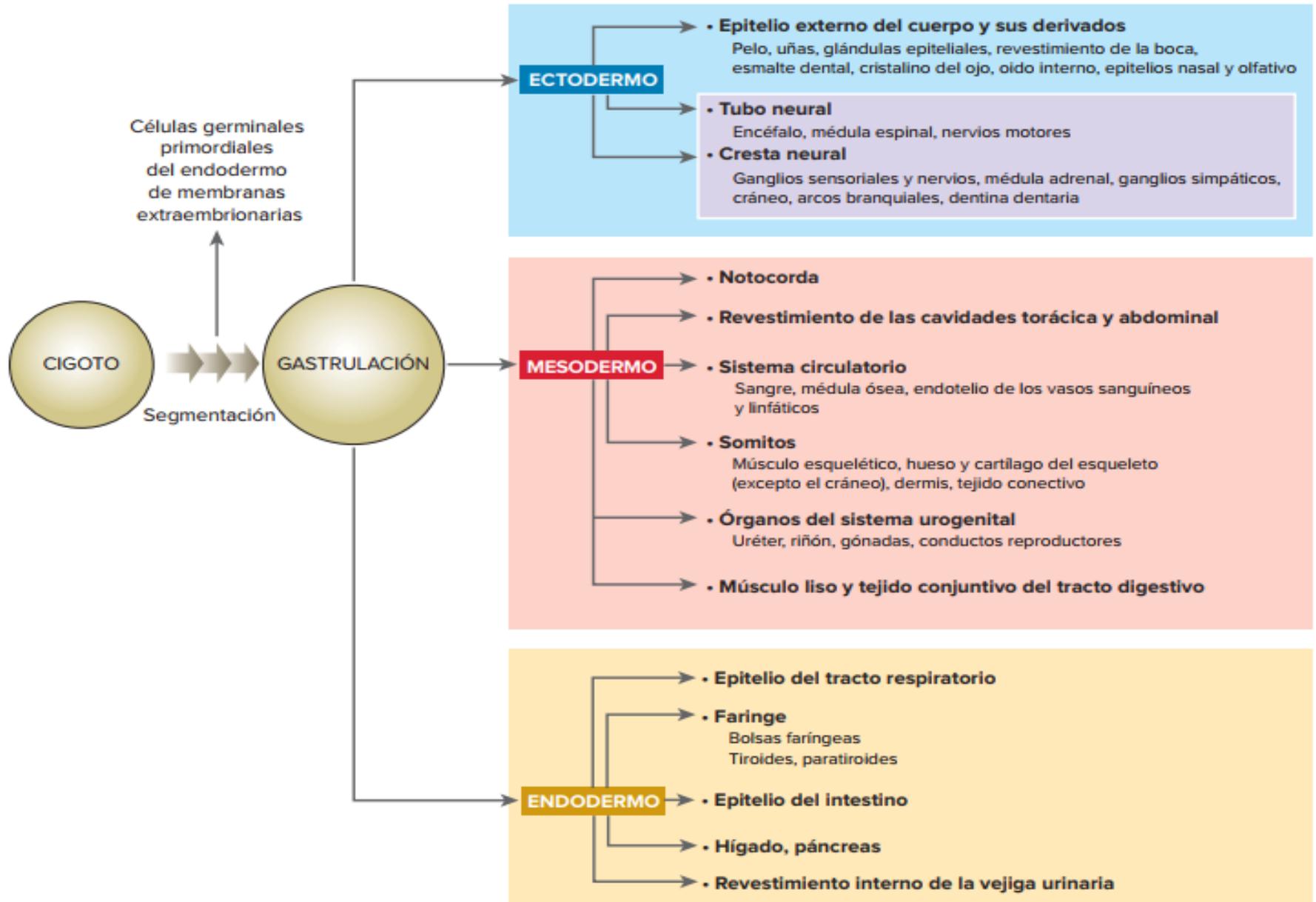
Los órganos y sistema que se forman en un organismo derivan de las hojas embrionarias



Diferenciación celular



# CAPAS EMBRIONARIAS: TEJIDOS Y ÓRGANOS



# ETAPAS DEL DESARROLLO EMBRIONARIO: EJEMPLOS

Segmentación

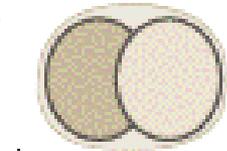
Mórula

Blástula

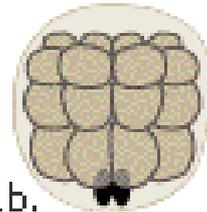
Gástrula

Larva/Embrión

Erizo de mar



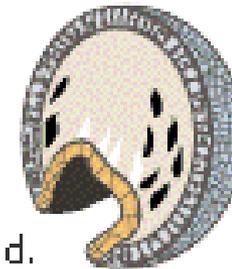
1a.



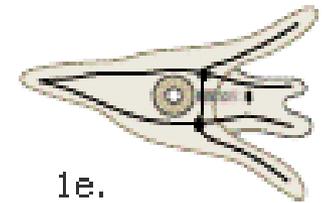
1b.



1c.

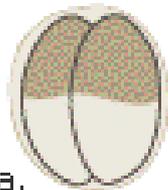


1d.



1e.

Rana



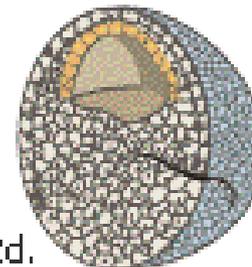
2a.



2b.



2c.

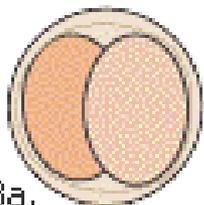


2d.

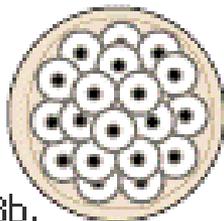


2e.

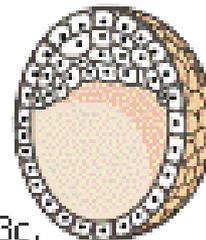
Ser humano



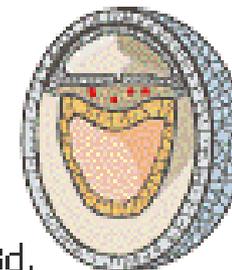
3a.



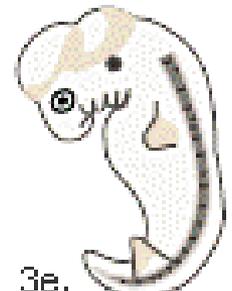
3b.



3c.



3d.



3e.

# EL DESARROLLO EMBRIONARIO DEPENDE DE UNA : VIAS DE SEÑALIZACIÓN

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

-Wingless (Wnt),

-Hedgehog (SHH),

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

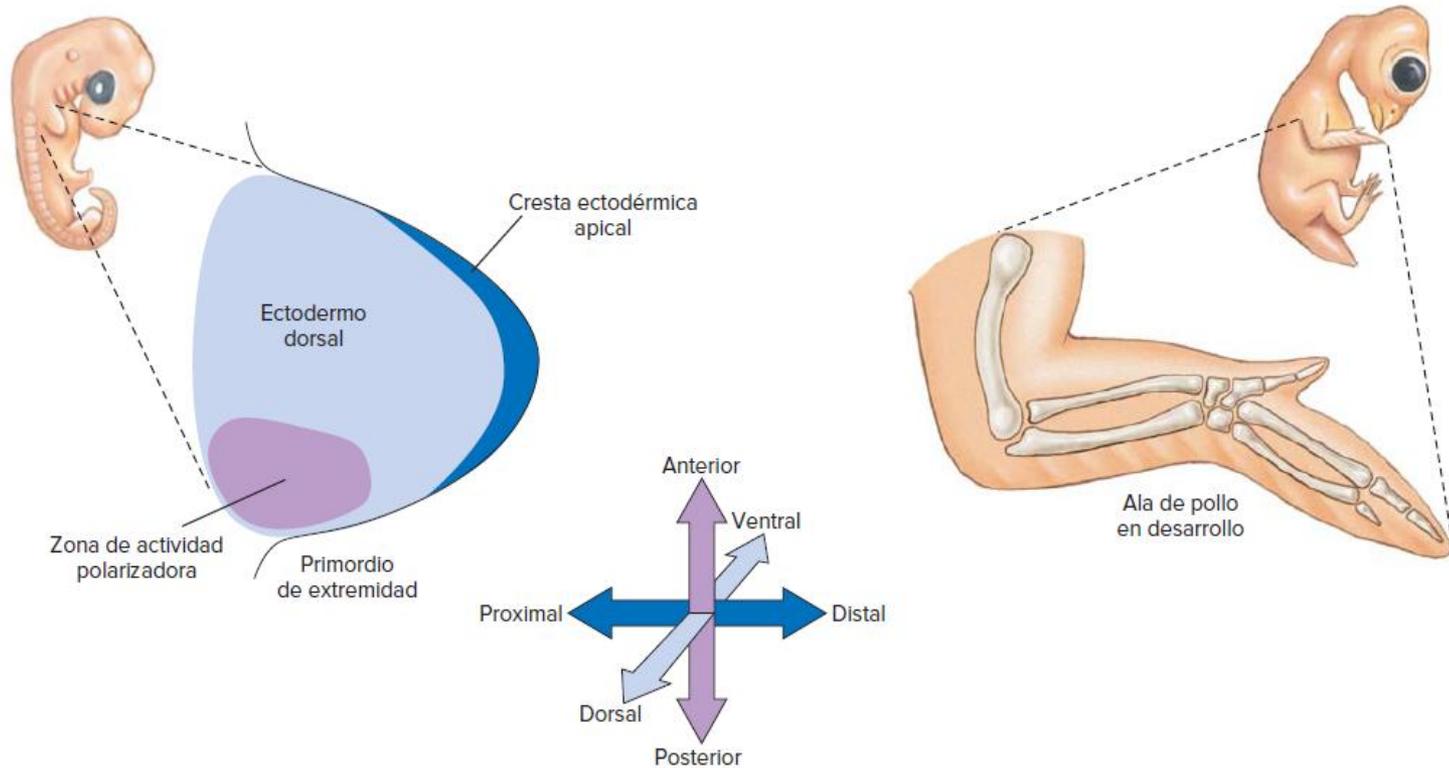
-Factores de crecimiento y receptores con actividad tirosina-cinasa

-Receptor NOTCH.

➤ GENES HOMEOTICOS



## Morfogénesis de un esbozo de extremidad en un vertebrado (embrión de pollo): expresión génica durante el desarrollo



En el primordio de la extremidad del embrión del pollo se establecen tres ejes:

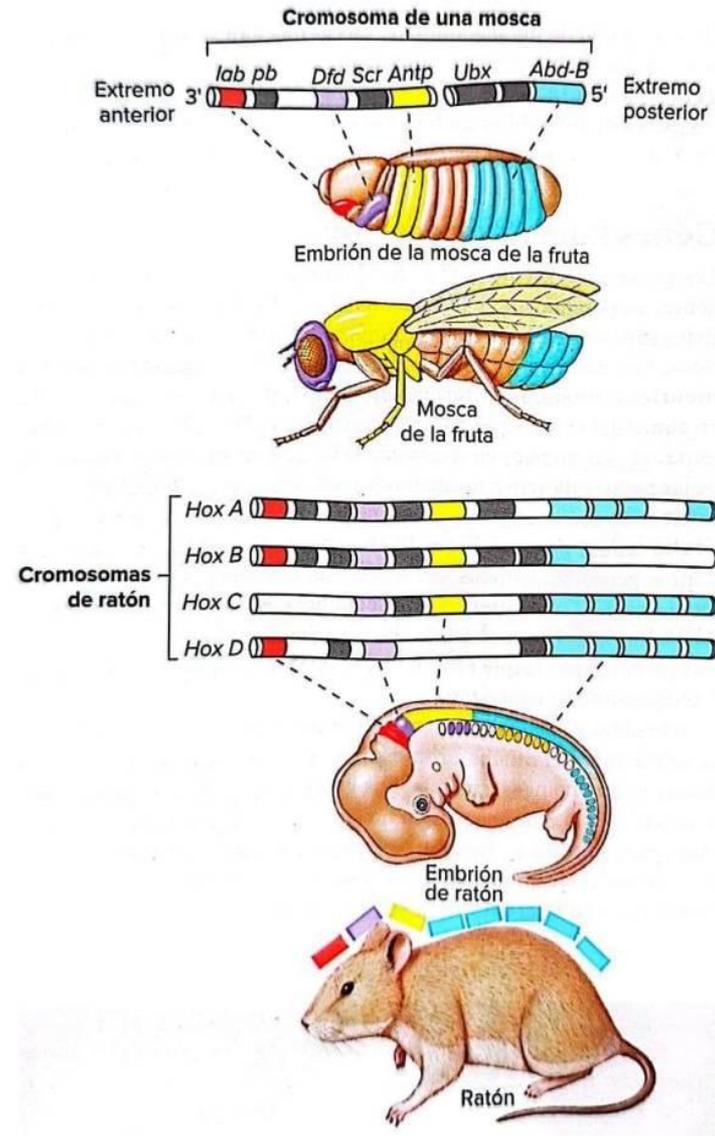
- eje proximal-distal regulado por el factor de crecimiento de fibroblastos(**FGF**) segregado por células de la cresta ectodérmica apical,
- eje anteroposterior por la proteína **sonic hedgehog** procedente de la zona polarizada
- eje dorsoventral por la proteína **Wnt** procedente del ectodermo dorsal

# 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.

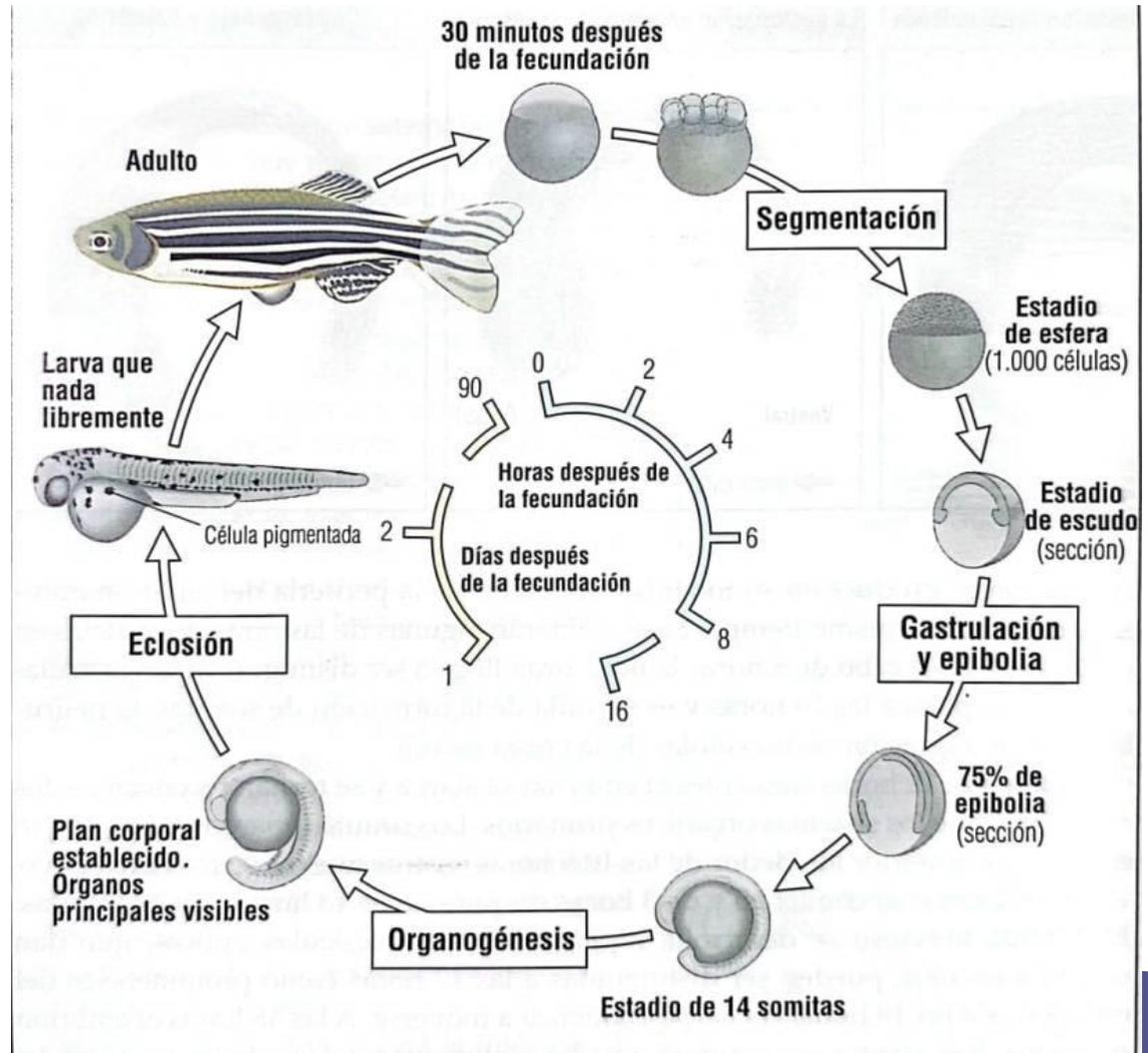
❖ La mayoría de los genes homeóticos animales codifican factores de transcripción que contienen una región llamada **homeodominio** y se llaman **genes *Hox***.

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



# CICLO DE VIDA EN ANIMALES

Se considera desde el momento en que el huevo es fertilizado hasta que el individuo que de él se origina, es maduro sexualmente o sea que está listo para dar lugar a nueva descendencia



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

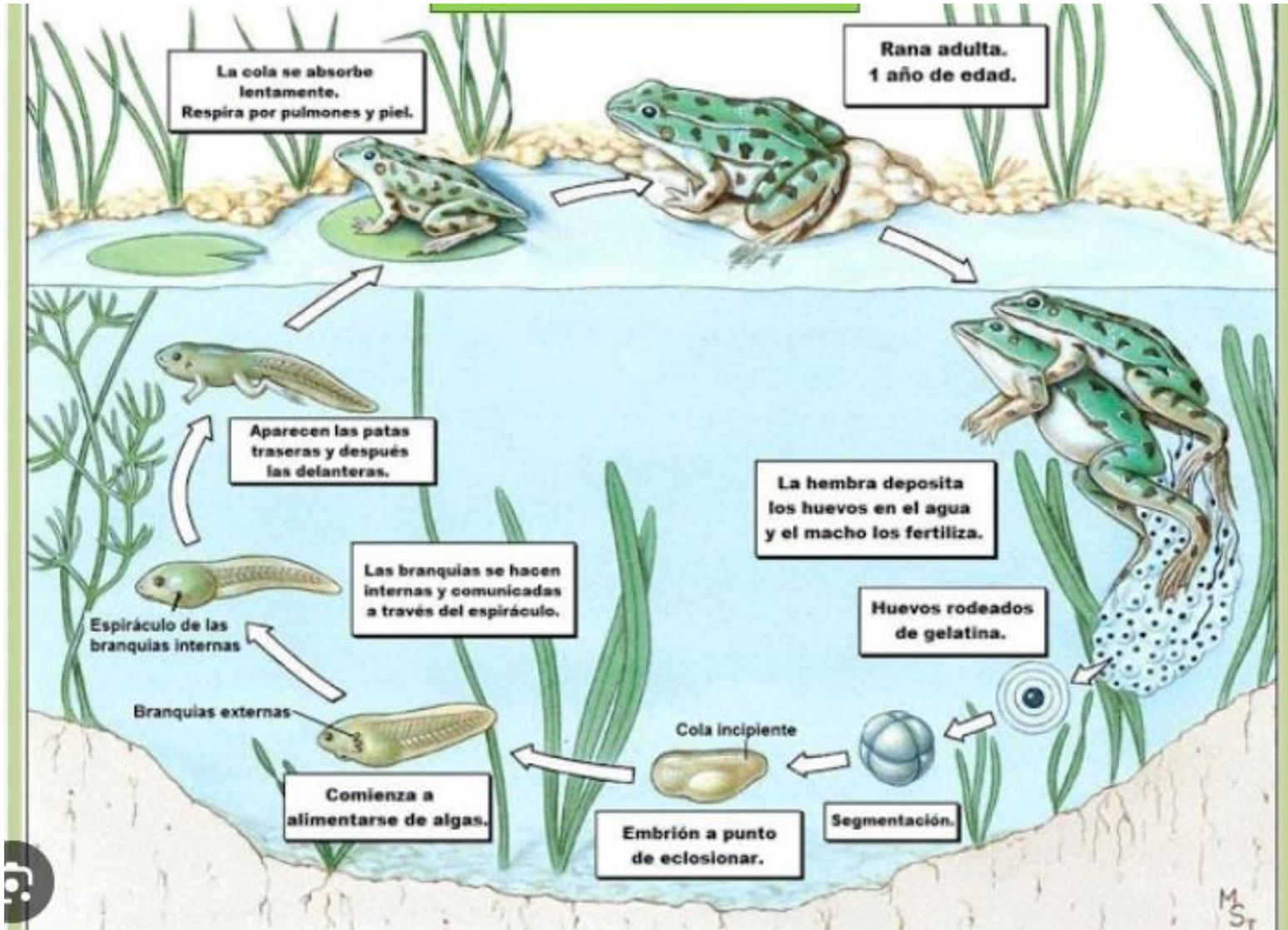
- ❖ El ciclo de vida incluye la liberación indiscriminada de gametos al medio seguida de un estado larvario libre.
- ❖ Las larvas son muy diferentes al adulto
- ❖ Las larvas sufren una metamorfosis drástica para alcanzar un estado juvenil o de preadulto.
- ❖ No existe cuidado de las crías por parte de 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.

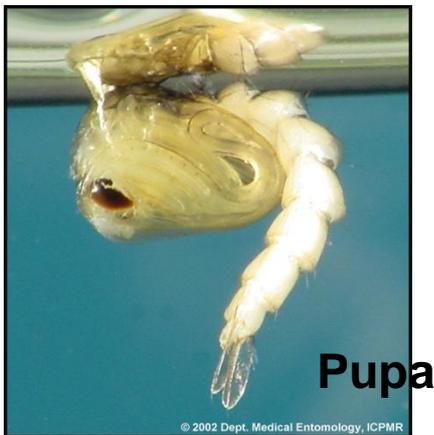
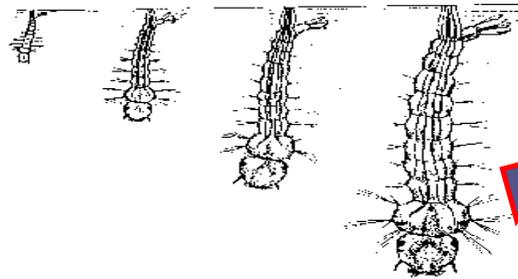
# Ciclo de vida de la rana leopardo: desarrollo indirecto



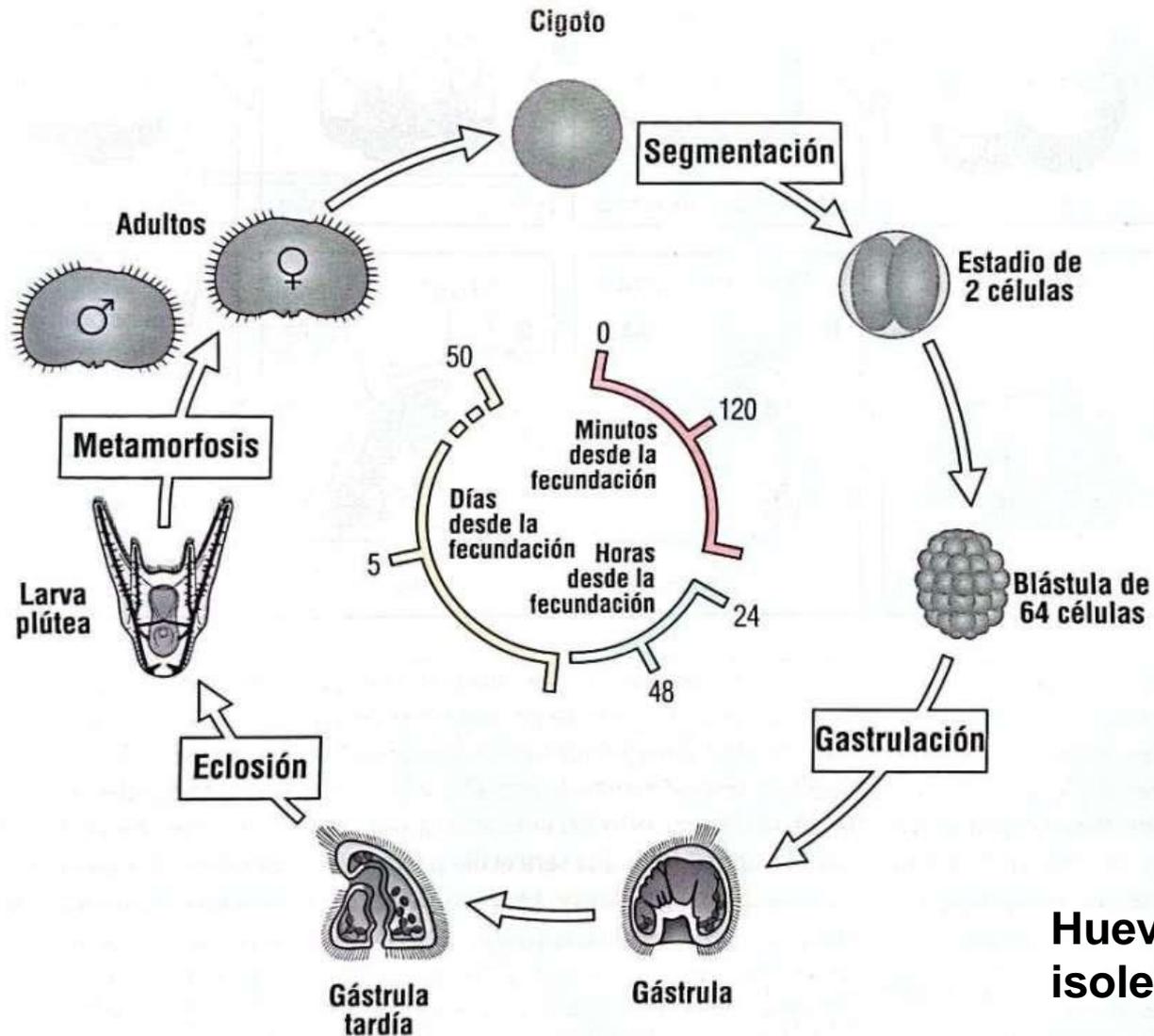
Huevos: mesolecito y telolecitos moderados

• **CICLO DE VIDA DEL *Aedes Aegypti***

Huevo: mesolecitos y centrolecitos.  
Desarrollo indirecto



# CICLO DE VIDA DE UN ERIZO DE MAR: DESARROLLO INDIRECTO



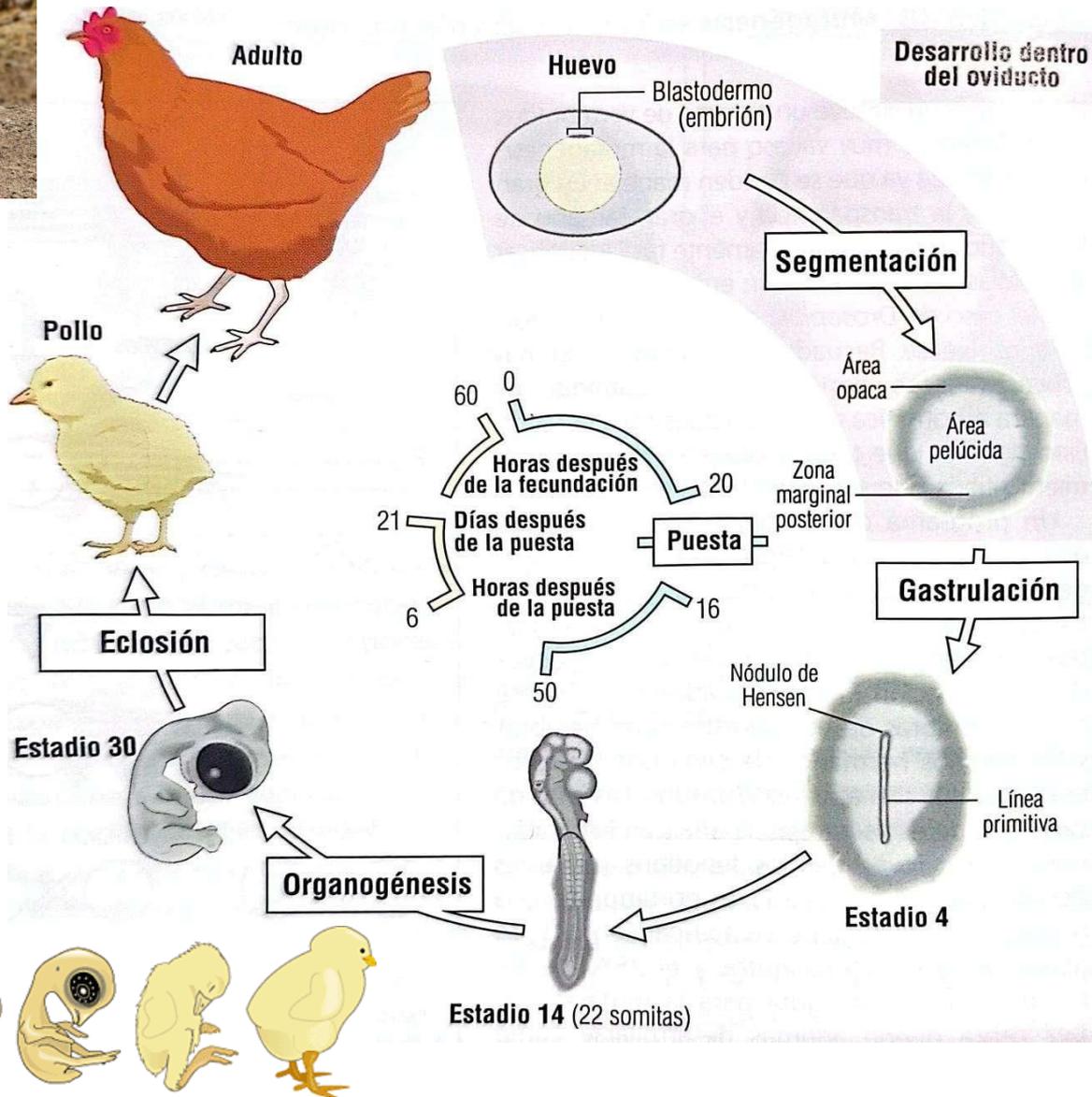
Huevo: oligolecitos e isolecitos

# Desarrollo directo

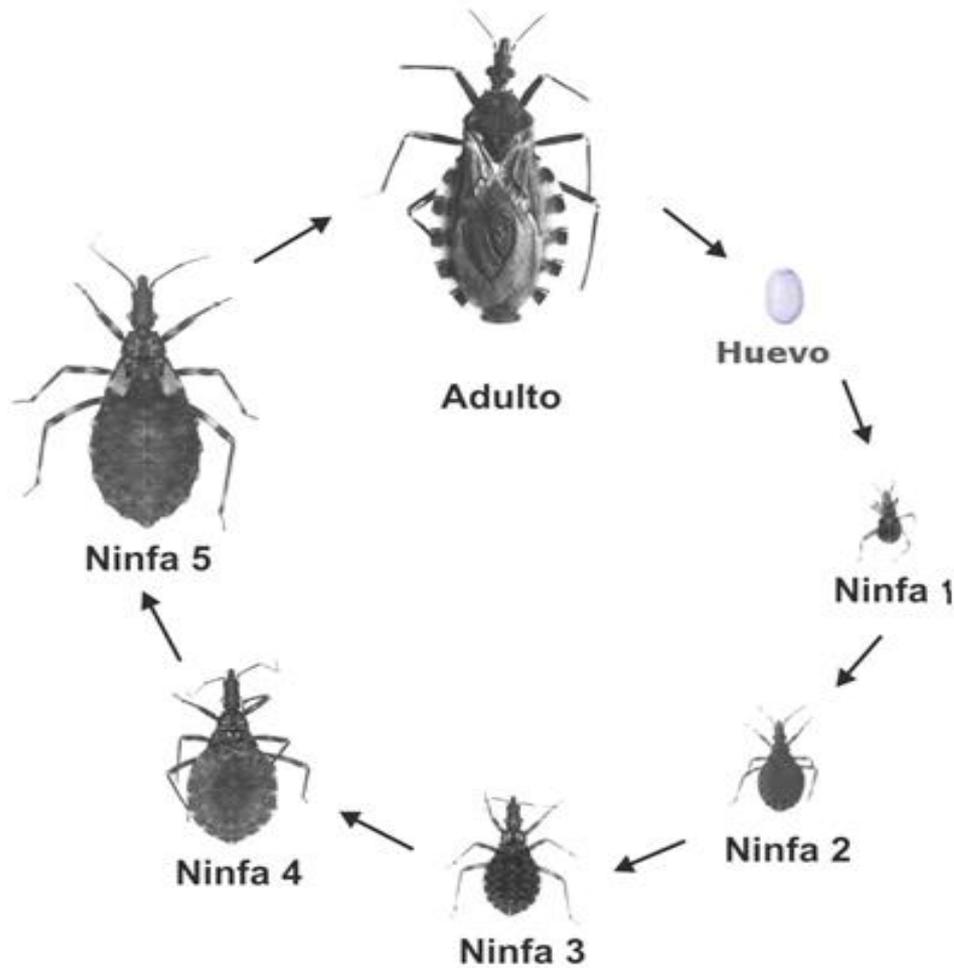
- El ciclo de vida no presenta una fase larvaria de vida libre
- Los padres cuidan los embriones de una u otra forma hasta que emergen como individuos jóvenes.
- Es característico de organismos con huevos con mucho vitelo o mediana cantidad de vitelo.
- Comprende tres estados: Huevo-Juvenil-Adulto



# 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:

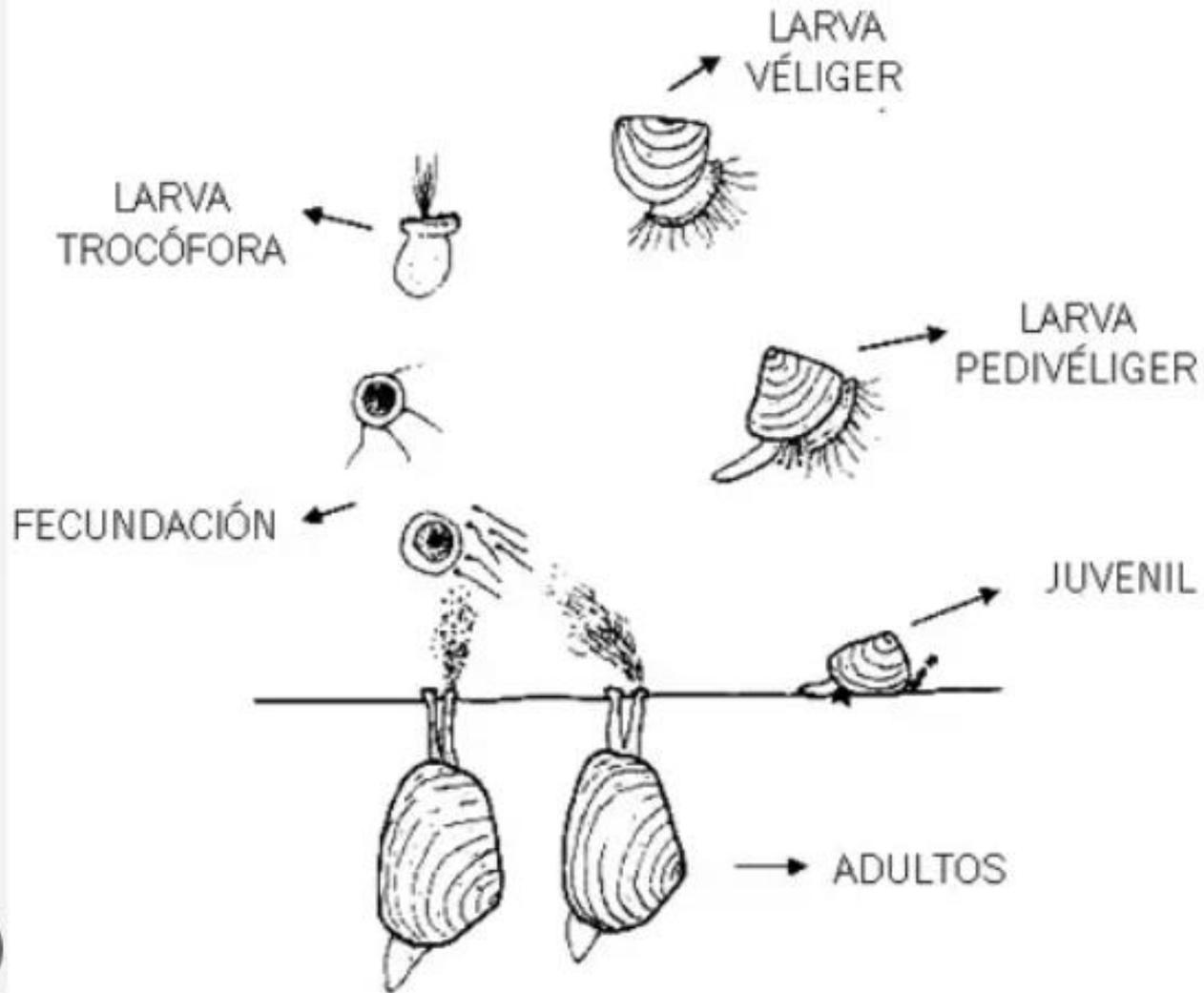
-la incubación o encapsulación de los embriones en los primeros estados del desarrollo

-la liberación subsiguiente de larvas lecitotróficas o planctotróficas

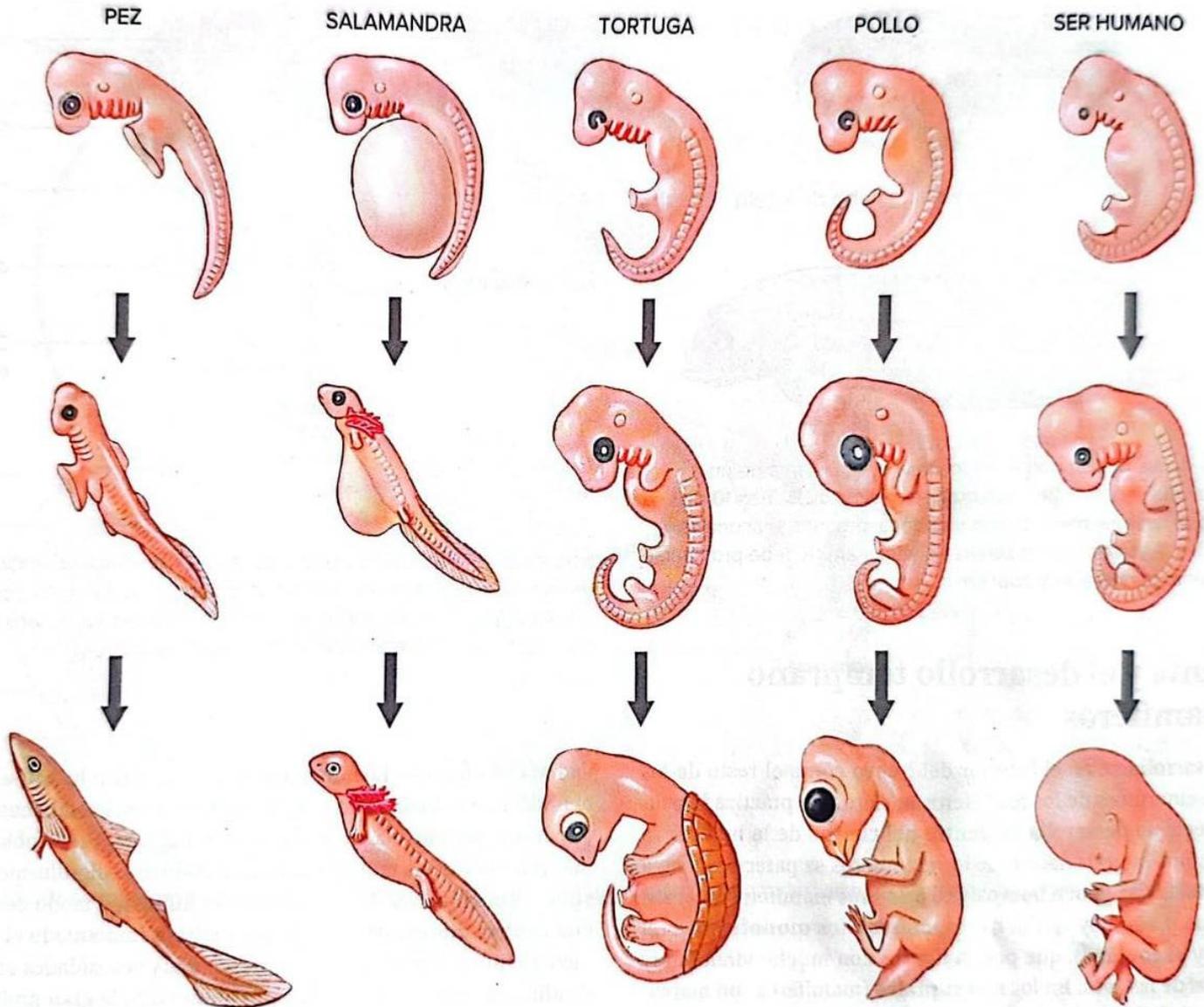
❖ La fuente de nutrición y protección es el adulto.



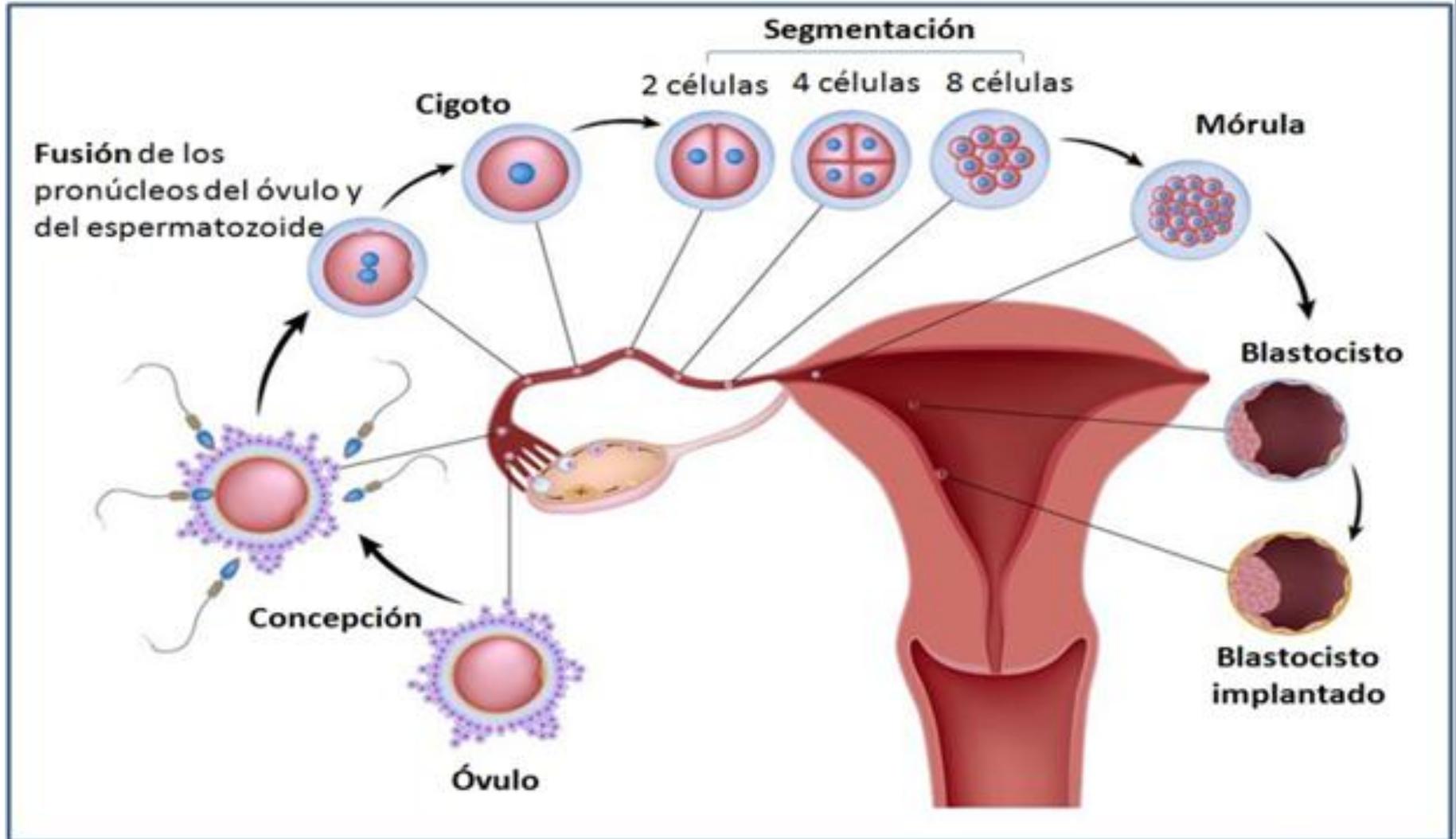
# CICLO DE VIDA DE UNA ALMEJA

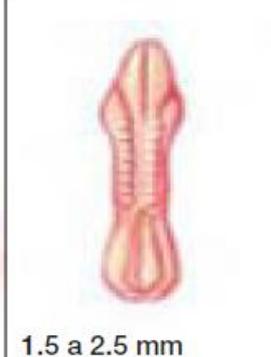


# DESARROLLO DE LOS VERTEBRADOS



# DESARROLLO EMBRIONARIO DE VERTEBRADOS: EJ. MAMÍFEROS (HUMANO)



semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 5	semana 6
cigoto a blástula tardía		embrión			
 <p>cigoto</p> <p>mórula</p> <p>blastocisto</p> <p>blastocisto tardío</p>		 <p>1.5 a 2.5 mm</p>	 <p>3 a 5 mm</p>	 <p>7 a 9 mm</p>	 <p>8 a 11 mm</p>
La segmentación del cigoto forma la mórula y luego la blástula, que se implanta en el útero.	La blástula se introduce en el endometrio; forma el saco vitelino, amnios y disco embrionario.	Ocurre la gastrulación; se forman el notocordio y el principio del tubo neural; el corazón late.	El tubo neural se cierra; se forman yemas de brazos, cola y hendiduras branquiales.	Se comienzan a formar los ojos; se forman yemas de piernas; el encéfalo crece.	Se forman los pabellones auriculares y dedos con membranas; desaparecen la cola y las hendiduras branquiales.

semana 7	semana 8	semana 10	semana 12	semana 16
embrión		feto		
 <p>1.7 a 2.0 cm</p>	 <p>2.3 a 2.8 cm</p>	 <p>3.2 a 4.4 cm</p>	 <p>5 a 7.6 cm</p>	 <p>10.2 a 12.7 cm</p>
Se forman dedos del pie con membranas; los huesos comienzan a endurecerse; la espalda se endereza; se forman los párpados.	Se empiezan a formar todos los órganos principales y los genitales masculinos; los brazos se pueden doblar; se distinguen los dedos; toman forma los rasgos faciales y las orejas.	Después de 8 semanas el embrión se llama feto. Se forman los glóbulos rojos; se separan los dedos de los pies; se acaban de desarrollar los párpados; están presentes las partes principales del cerebro; las manos pueden formar puños.	El cuello está bien delineado; están presentes todos los órganos, al igual que los genitales masculinos o femeninos; se mueven los brazos y las piernas; empiezan a formarse los dientes; se detectan los latidos cardiacos por medios electrónicos.	Ocurren movimientos para chupar y deglutir; el hígado y el páncreas comienzan a funcionar. El cuerpo crece en relación con la cabeza; los órganos principales continúan su desarrollo. La madre siente los movimientos; el feto pesa unos 140 gramos.

semana 20	semana 24	semana 30	semana 36
feto			
 <p>15.2 a 17.8 cm</p>	 <p>20.3 a 22.9 cm</p>	 <p>38.1 a 40.6 cm</p>	 <p>40.6 a 48.3 cm</p>
<p>El feto se chupa el dedo; los brazos y piernas golpean; el cuerpo puede cambiar de posición. Se forman las uñas, se deposita grasa bajo la piel; aparecen cejas y pestañas.</p>	<p>El cerebro continúa su desarrollo, se desarrolla el sentido del oído; los ojos se pueden mover. El feto presenta hipo, puede entornar los ojos, sonreír y fruncir el ceño. El feto tiene pelo en la cabeza. Aparecen las huellas dactilares y del pie. Pesa entre 500 y 700 gramos.</p>	<p>Continúa el desarrollo del cerebro; los ojos se abren y se cierran y pueden ver la luz; el feto da patadas y se estira; ocurren los movimientos respiratorios, pero los pulmones no han madurado. Los huesos están presentes, sólo que son flexibles. El bebé podría sobrevivir si nace en este momento.</p>	<p>Los ojos se abren y se cierran según los ciclos de sueño y vigilia; aumenta la grasa corporal; los pulmones y otros órganos funcionan. El infante puede asir y orientarse hacia la luz. Pesa entre 2.3 y 2.7 kg, y ya no se le considera prematuro si nace en este momento. El término completo es de 38 semanas.</p>



# EVENTOS EN EL DESARROLLO ANIMAL

Modelos de reproducción

- Ovíparos
- Ovovivíparos
- Vivíparos

**FORMACION GAMETAS** → Espermatozoides  
 → Óvulos

F. Interna → **FECUNDACION**  
 F. Externa → **FECUNDACION**

**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**

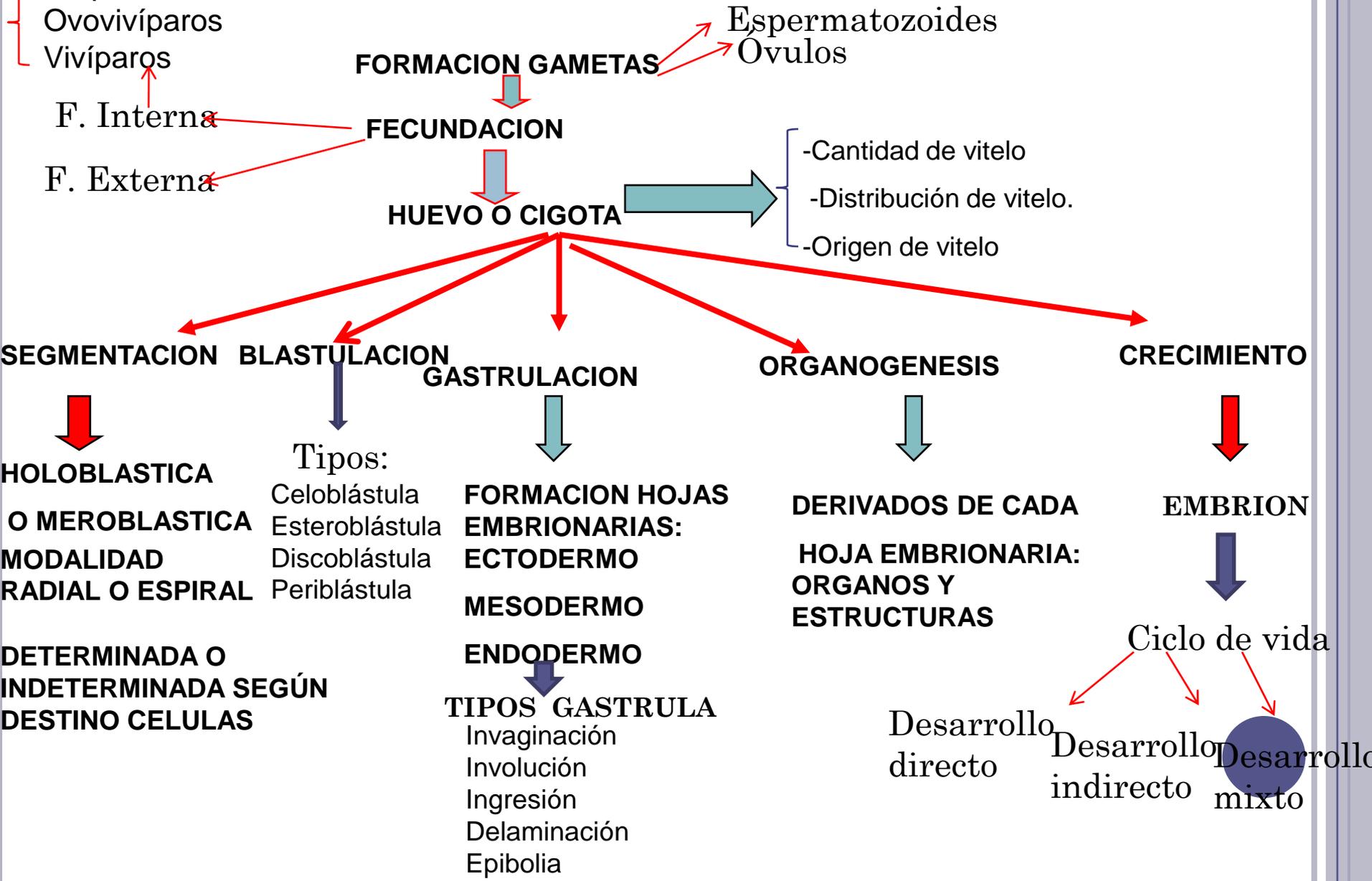
**TIPOS GASTRULA**  
 Invaginación  
 Involución  
 Ingresión  
 Delaminación  
 Epibolia

Desarrollo  
 directo

Desarrollo  
 indirecto

Desarrollo  
 mixto

Ciclo de vida



# 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.

