

➤ Embriología. Principios del desarrollo



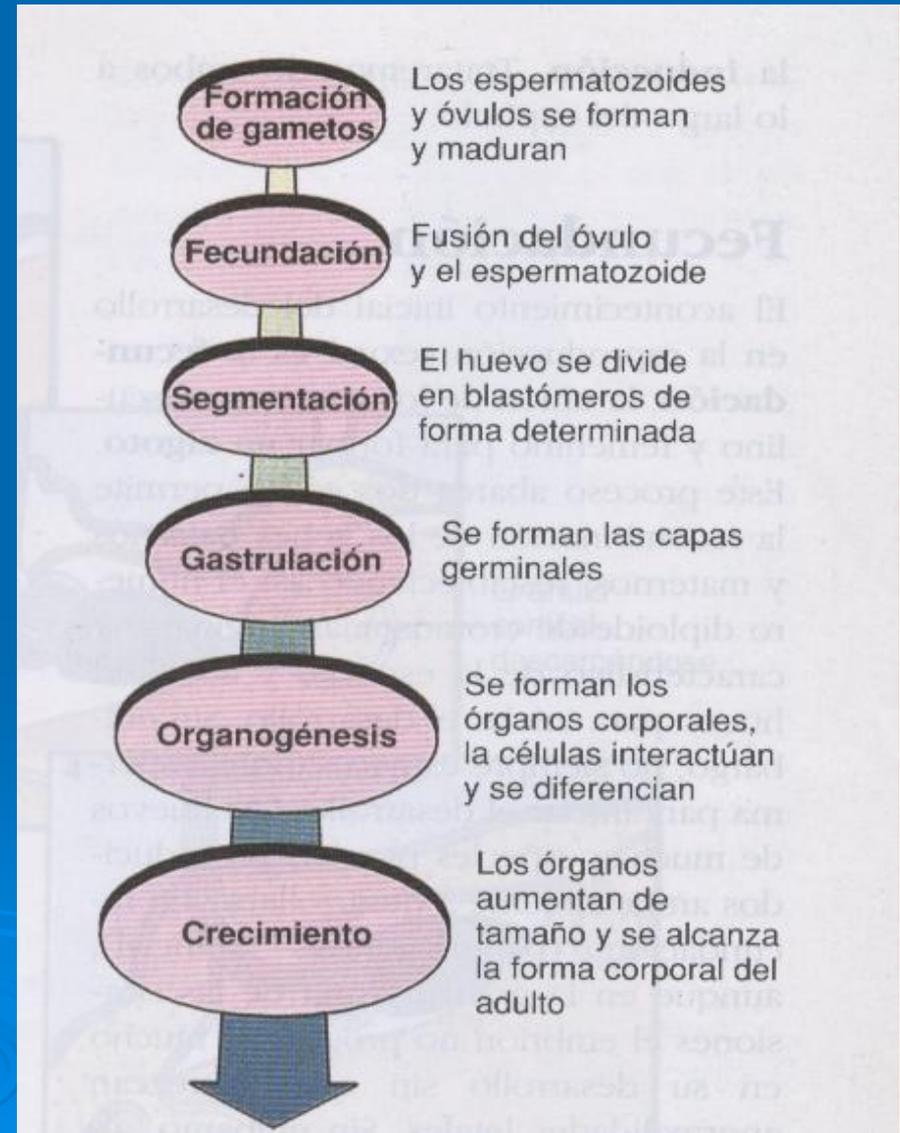
La perpetuación comprende dos etapas:



Nota: **Unidad reproductora = gametas: reproducción gamética**

Eventos claves del desarrollo animal

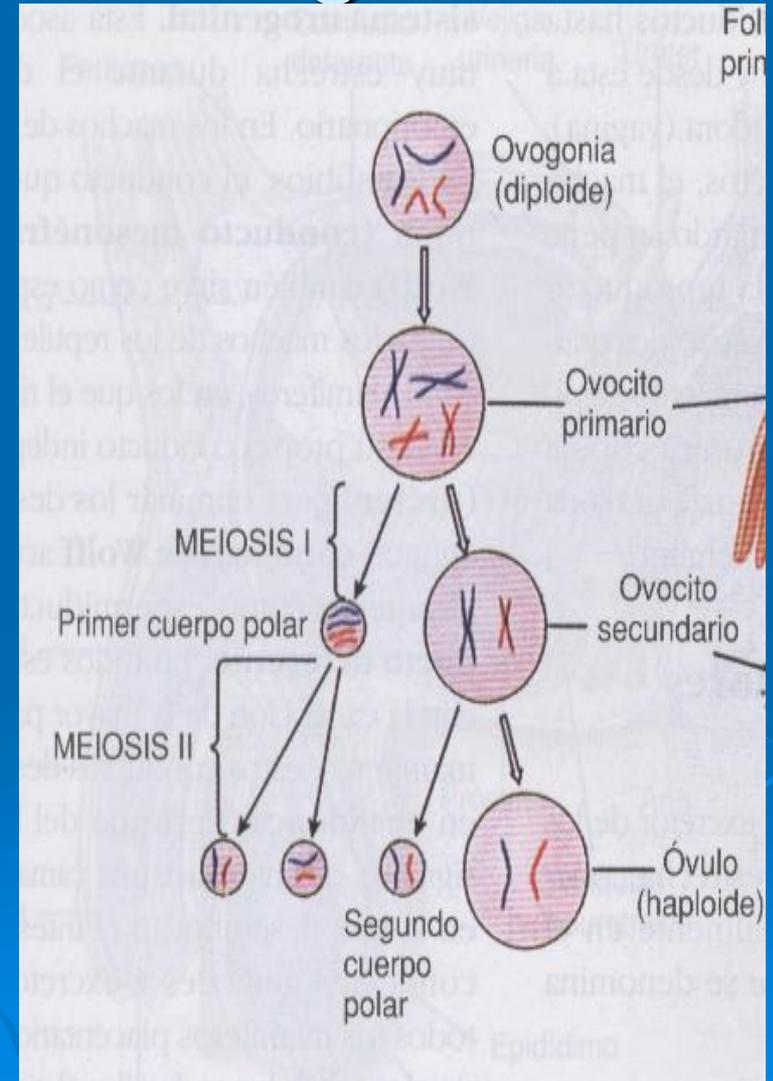
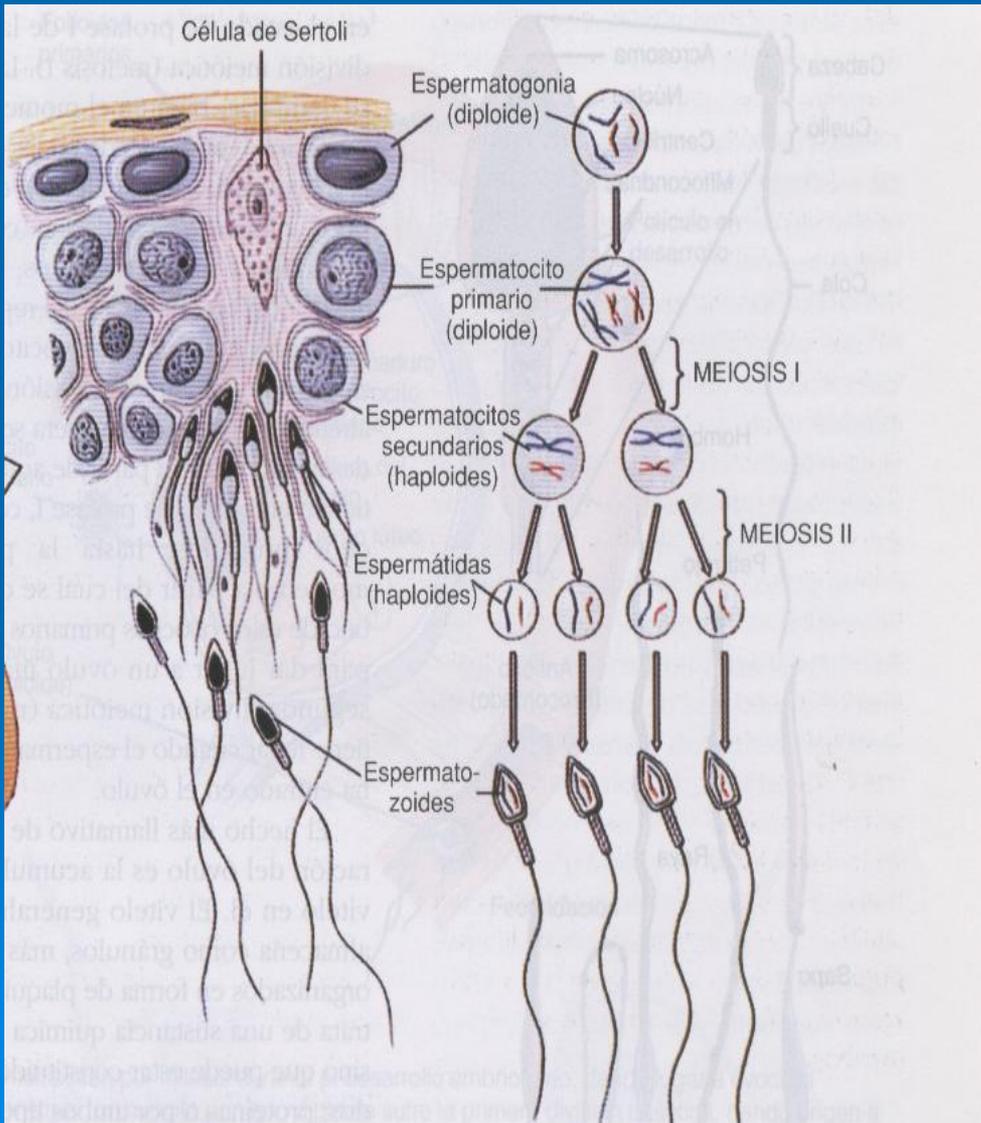
- Formación gametos
- Fecundación
- Segmentación
- Gastrulación
- Organogénesis
- Crecimiento



Repasando la formación de gametas:

Espermatogénesis

Ovogénesis



FECUNDACIÓN

- Maduración del óvulo
- Contacto/reconocimiento Ovulo/Espzoide (F Externa e interna)
- Impedimento polispermia (Bloqueo rápido y B. definitivo: Membrana de Fec.)
- Fusión de pronúcleos y activación huevo

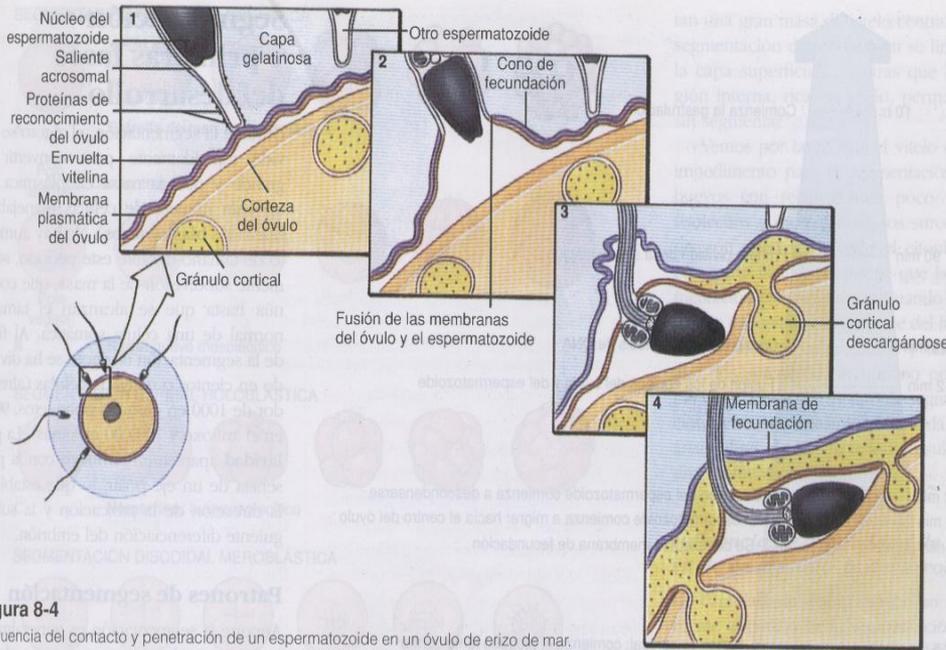
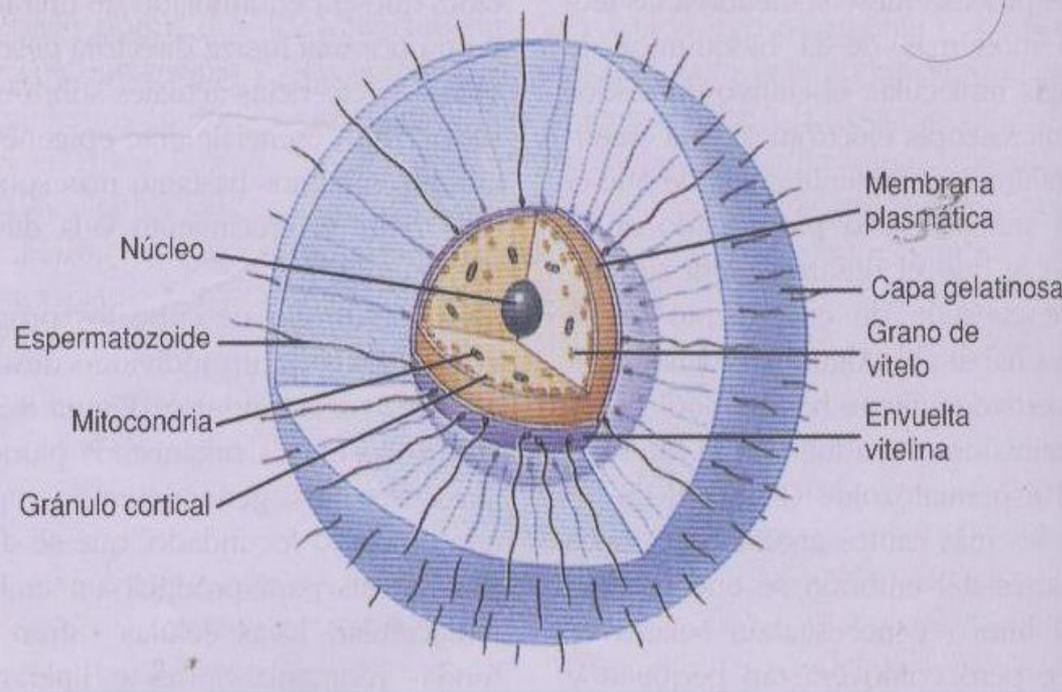


Figura 8-4
Secuencia del contacto y penetración de un espermatozoide en un óvulo de erizo de mar.

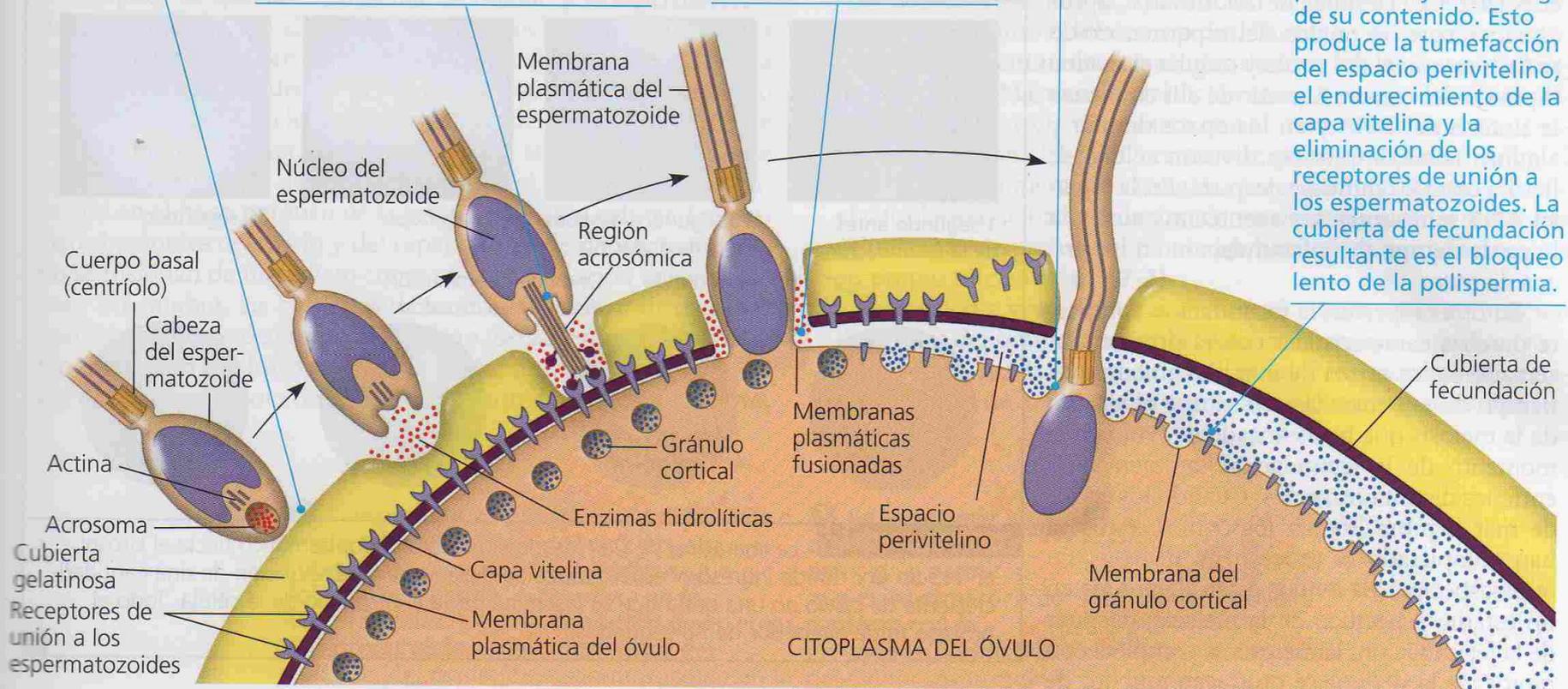
1 Contacto. El espermatozoide entra en contacto con la cubierta gelatinosa del óvulo y desencadena la exocitosis del contenido del acrosoma del espermatozoide.

2 Reacción acrosómica. Las enzimas hidrolíticas liberadas desde el acrosoma crean un orificio en la cubierta gelatinosa a la vez que se desarrollan filamentos de actina para formar el proceso acrosómico. Esta estructura sobresale de la cabeza del espermatozoide y penetra en la cubierta gelatinosa para unirse con receptores en la membrana del óvulo que se extienden a través de la capa vitelina.

3 Contacto y fusión de las membranas del espermatozoide y del óvulo. Se forma un orificio en la capa vitelina que permite el contacto y la fusión de las membranas plasmáticas de los gametos. La membrana se despolariza y determina un bloqueo rápido de la polispermia.

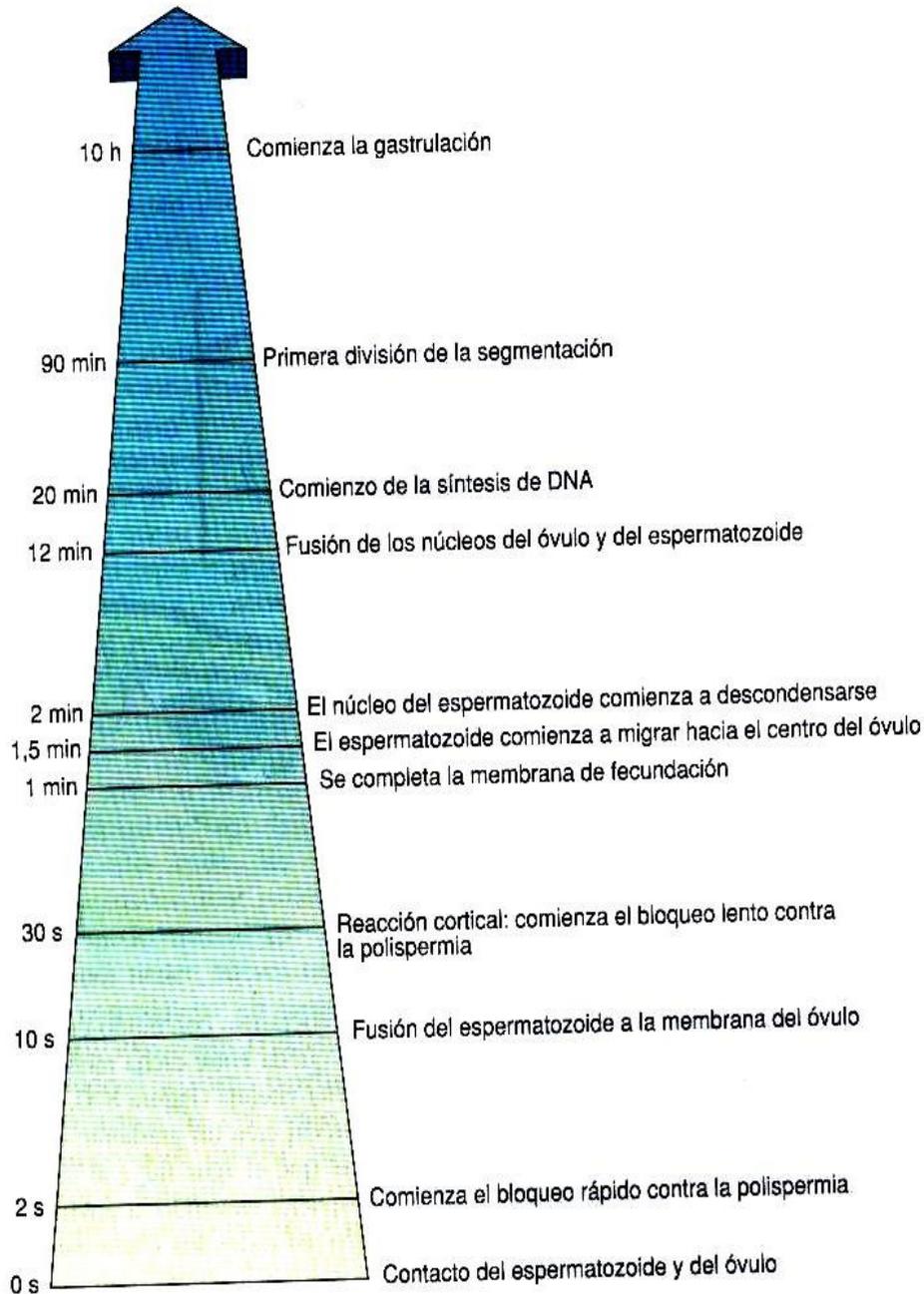
4 Entrada del núcleo del espermatozoide.

5 Reacción cortical. La fusión de las membranas de los gametos desencadena un aumento de la concentración de Ca^{2+} en el citosol del óvulo, lo que determina la fusión de los gránulos corticales del óvulo con la membrana plasmática y la descarga de su contenido. Esto produce la tumefacción del espacio perivitelino, el endurecimiento de la capa vitelina y la eliminación de los receptores de unión a los espermatozoides. La cubierta de fecundación resultante es el bloqueo lento de la polispermia.



▲ Fig. 47-3. Reacciones acrosómica y cortical durante la fecundación del erizo de mar. Los acontecimientos que se producen después del contacto de un solo espermatozoide con un óvulo garantizan que el núcleo de un solo espermatozoide ingrese en el citoplasma del óvulo.

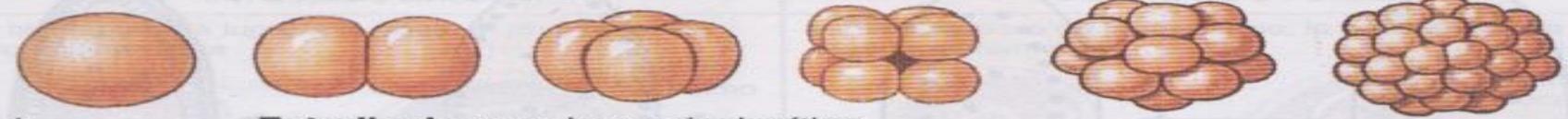
Secuencia temporal (fecundación y des. inicial Erizo de mar)



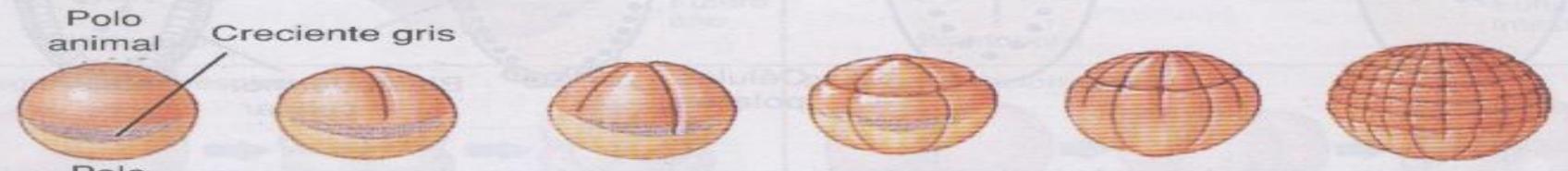
- Inicio gastrulación (10h)
- 1a div.segmentación (90')
- Inicio síntesis ADN (20')
- Fusión de núcleos (12')
- Nucleo Espmz inicia descondensación (2')
- Espmz inicia migración (1,5')
- Se termina memb..Fecund(1')
- Inicio bloqueo final de la poliespermia (30")
- Fusión Espmz/memb.ovulo(10")
- Inicio bloqueo rápido de la poliespermia(2")
- Contacto Espmz/ovulo (0)

Segmentación y primeras fases del desarrollo

SEGMENTACIÓN RADIAL HOLOBLÁSTICA



A Estrella de mar: huevo isolecítico



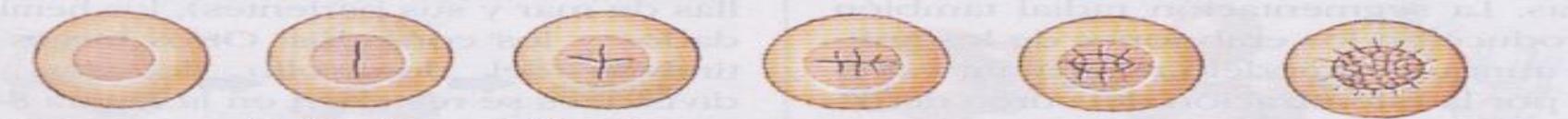
B Rana: huevo mesolecítico

SEGMENTACIÓN ESPIRAL HOLOBLÁSTICA



C Nemertino: huevo isolecítico

SEGMENTACIÓN DISCOIDAL MEROBLÁSTICA



D Pollo: huevo telolecítico

SEGMENTACIÓN ROTACIONAL HOLOBLÁSTICA



E Ratón: huevo isolecítico

Figura 8-7

Desarrollo inicial de una estrella de mar, una rana, un nemertino, un pollo y un ratón.

Ver también huevo centrolecítico y segmentación meroblastica superficial

Holoblastica= completa
Meroblastica= incompleta

Segmentación superficial: insectos (huevo centrolecítico)

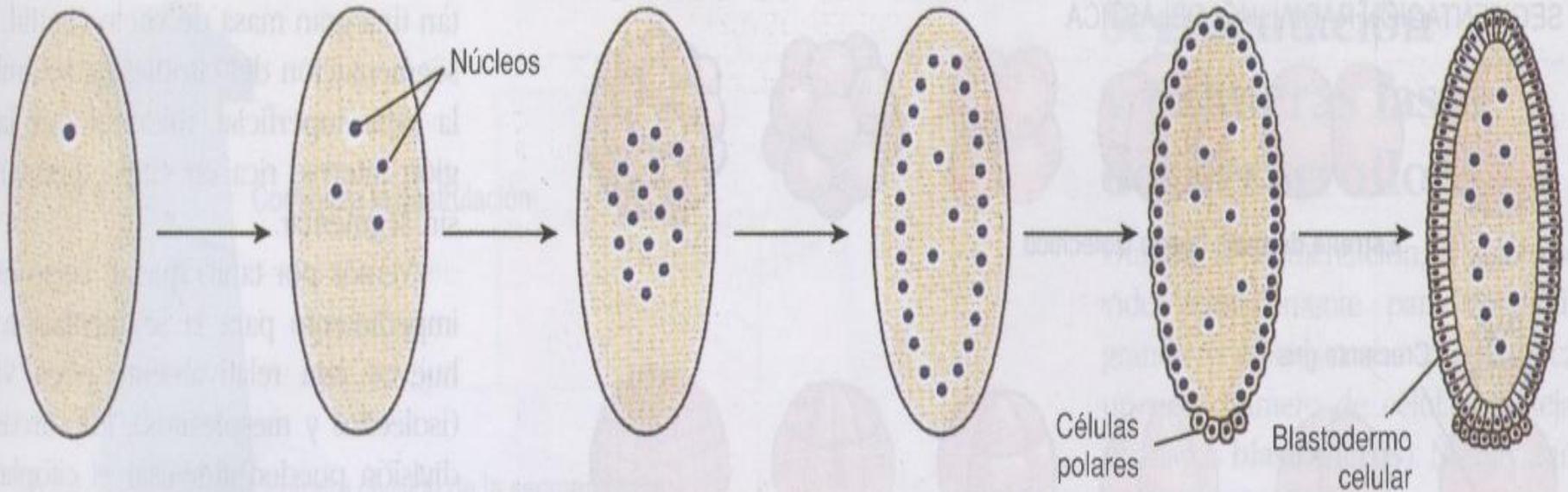
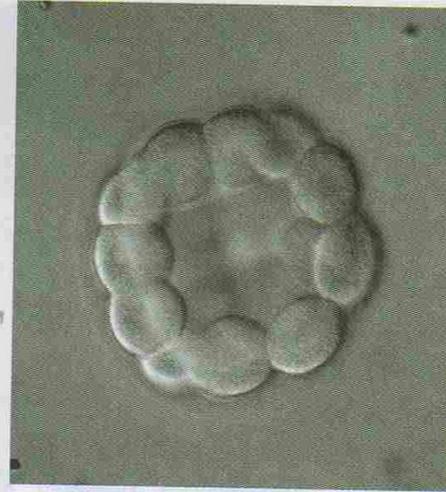
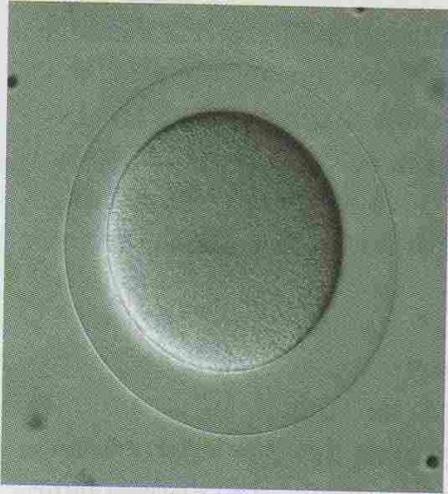


Figura 8-8

Segmentación superficial en un embrión de *Drosophila*. Primeramente, el núcleo del cigoto se divide repetidamente en el endoplasma rico en vitelo, mediante mitosis pero sin citocinesis. Tras varias mitosis, la mayoría de los núcleos migran a la superficie, donde se separan mediante citocinesis dando lugar a células individuales. Algunos núcleos migran al polo posterior para formar las células germinales primordiales, llamadas células polares. Varios núcleos permanecen en el endoplasma donde regularán la degradación del vitelo. La etapa de blastodermo celular corresponde al estado de blástula de otros embriones.

Equinodermo: segmentación temprana



(a) Óvulo fecundado. Se muestra el cigoto poco antes de la primera división de segmentación, rodeado por la cubierta de fecundación. El núcleo es visible en el centro.

(b) Estadio de cuatro células. Se pueden observar los restos del huso mitótico entre las dos células que han completado recientemente la segunda división de la segmentación.

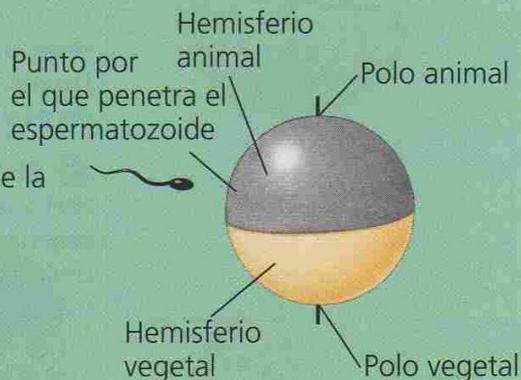
(c) Mórula. Después de divisiones de segmentación adicionales, el embrión es una esfera multicelular que todavía está rodeada por la cubierta de fecundación. La cavidad del blastocoel ha comenzado a formarse.

(d) Blástula. Una sola capa de células rodea a una gran cavidad del blastocoel. Aunque no es visible en la figura, la cubierta de fecundación todavía está presente; el embrión pronto se desprenderá de esta cubierta y comenzará a nadar.

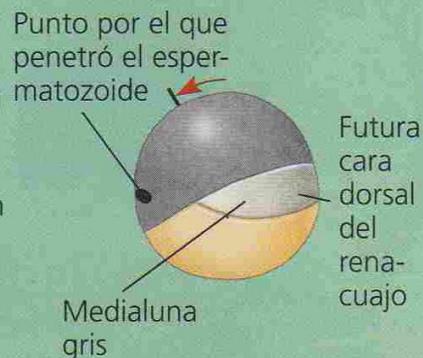
▲ **Fig. 47-7. Segmentación de un embrión de equinodermo.** La segmentación consiste en una serie de divisiones celulares mitóticas que transforman el cigoto en una esfera de células denominadas blastómeros. Estas microfotografías ópticas muestran los estadios embrionarios de una especie de erizo de mar más pequeña, que son casi iguales a los del erizo de mar.

Anfibios: segmentación temprana

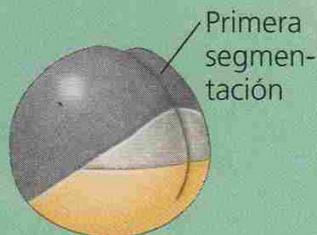
- 1 La polaridad del óvulo determina el eje anteroposterior antes de la fecundación.



- 2 En la fecundación la corteza pigmentada se desliza sobre el citoplasma subyacente hacia el sitio por el que ingresó el espermatozoide. Esta rotación (flecha roja) expone una región de citoplasma de color más claro, la medialuna gris, que señala la cara dorsal.

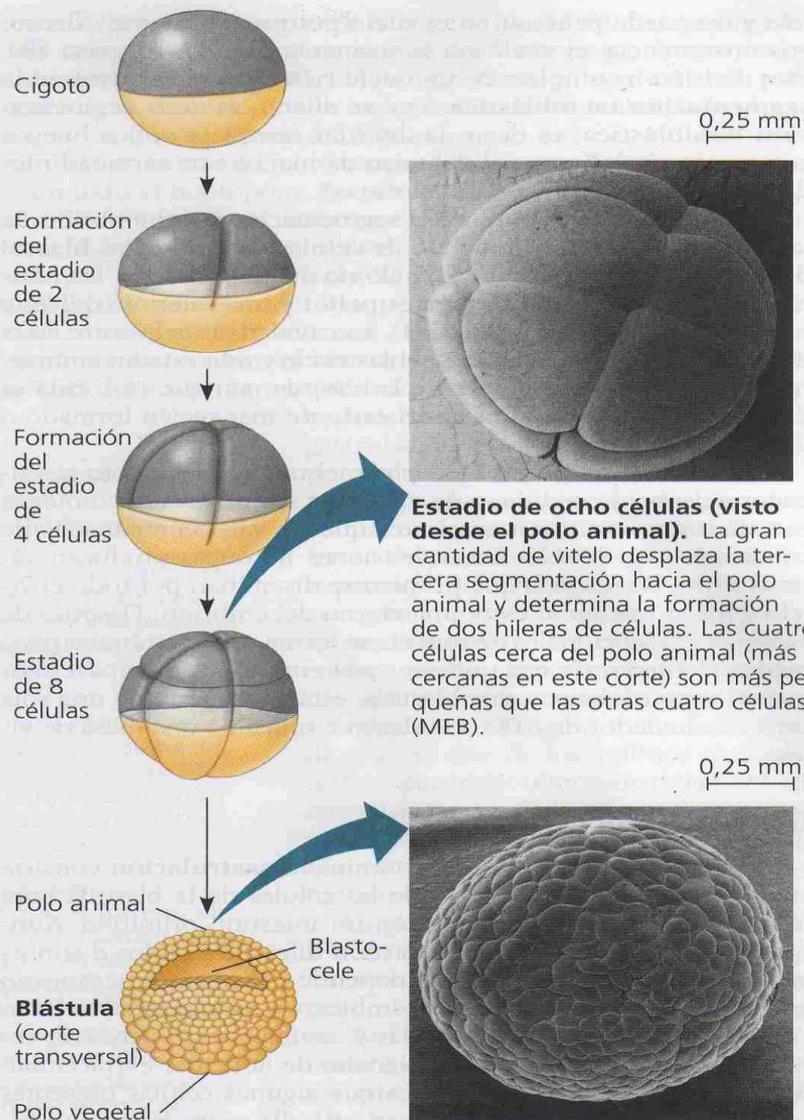


- 3 La primera división de segmentación divide la medialuna gris en dos partes iguales. Una vez definidos los ejes anteroposterior y dorsoventral también se establece



(b) **Establecimiento de los ejes.** La polaridad del óvulo y la rotación cortical son cruciales para establecer los ejes

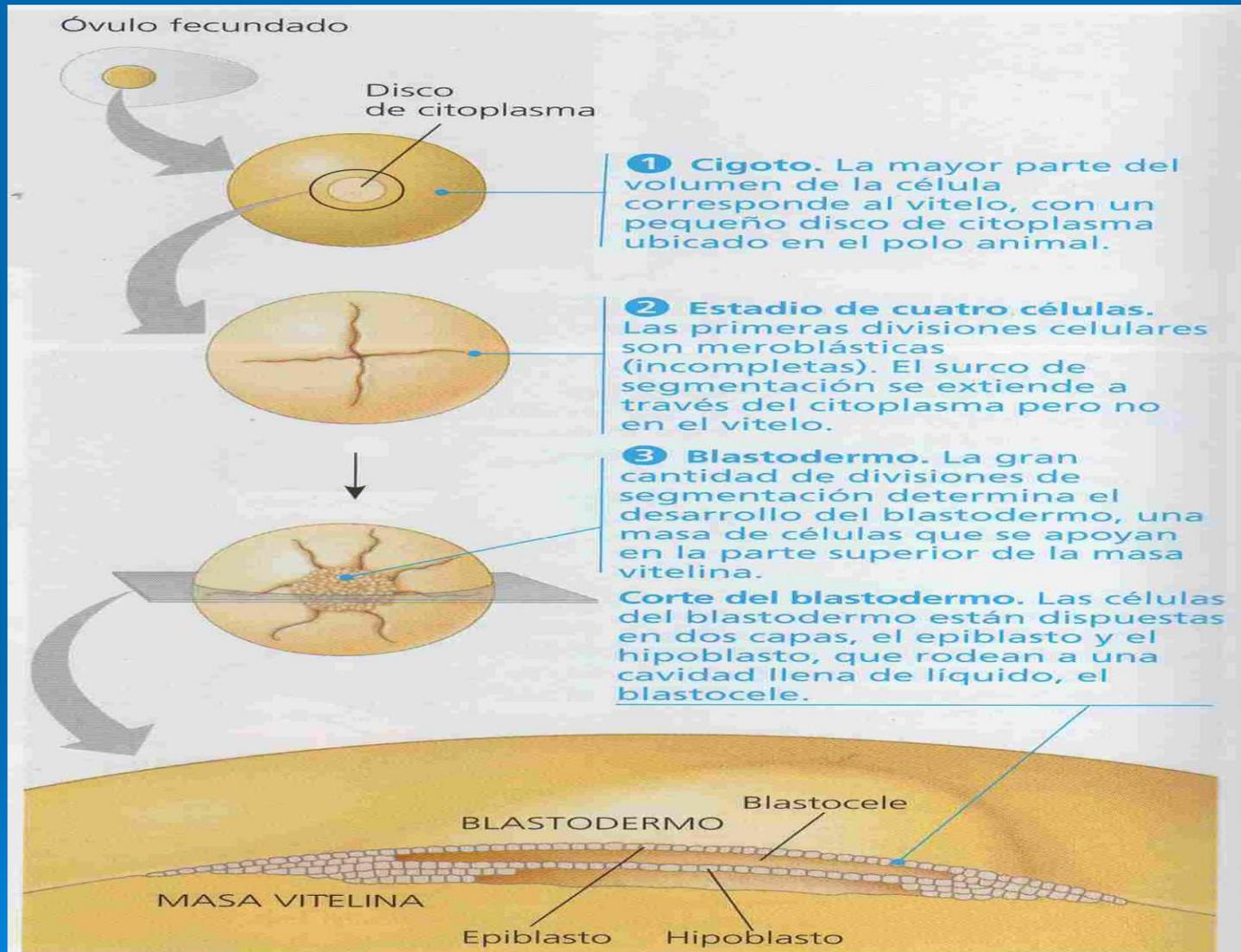
▲ **Fig. 47-8. Ejes corporales y su establecimiento en un anfibio.** Los tres ejes corporales se establecen antes de que comience la segmentación del cigoto.



Estadio de ocho células (visto desde el polo animal). La gran cantidad de vitelo desplaza la tercera segmentación hacia el polo animal y determina la formación de dos hileras de células. Las cuatro células cerca del polo animal (más cercanas en este corte) son más pequeñas que las otras cuatro células (MEB).

Blástula (por lo menos 128 células). A medida que continúa la segmentación, se forma una cavidad llena de líquido, el blastocele, dentro del embrión. Debido a la división celular desigual secundaria a la gran cantidad de vitelo presente en el hemisferio vegetal, el blastocele se ubica en el hemisferio animal, como se muestra en el corte transversal. La MEB muestra la superficie exterior de una blástula con alrededor de 4 000 células a nivel del polo animal.

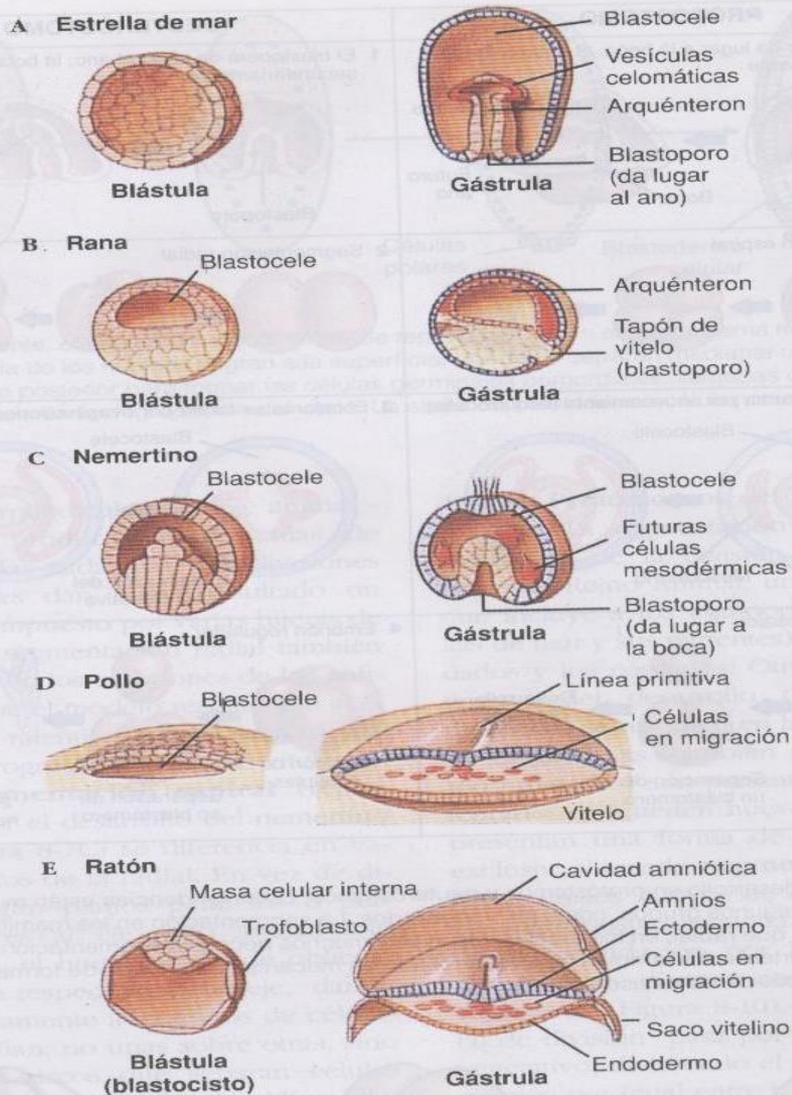
Segmentación temprana en pollo



▲ **Fig. 47-10. Segmentación de un embrión de pollo.** Las tres primeras ilustraciones se observan desde arriba del polo animal. La ilustración inferior es un corte del embrión que solo muestra una porción de la masa vitelina. El blastodermo que se forma durante la segmentación es el equivalente en aves de la blástula en las ranas (fig. 47-9).

Gastrulación

blástulas y gástrulas



Aves y Reptiles:

- Epiblasto (engrosado alr. línea primitiva)
- Hipoblasto

Epiblasto migra y forma 1) meso; 2) endodermo (reemplazando hipoblasto)

Mamíferos:

Epiblasto origina: Ect. Mes. y Endodermo embrionarios

Además hay (ver huevo amniota):

-Ecto, meso y endo extraembrionarios.

Saco vitelino: Endodermo Emb+Extraembrionario

Amnios: Ectodermo Emb+ExtraExtraembrionario

Alantoides: Endodermo Extraembrionario

Corion: Mesodermo Extraembrionario

Figura 8-11
Estados de blástula y de gástrula en los embriones de una estrella de mar, una rana, un nemertino, un pollo y un ratón.

Gastrulación en anfibios

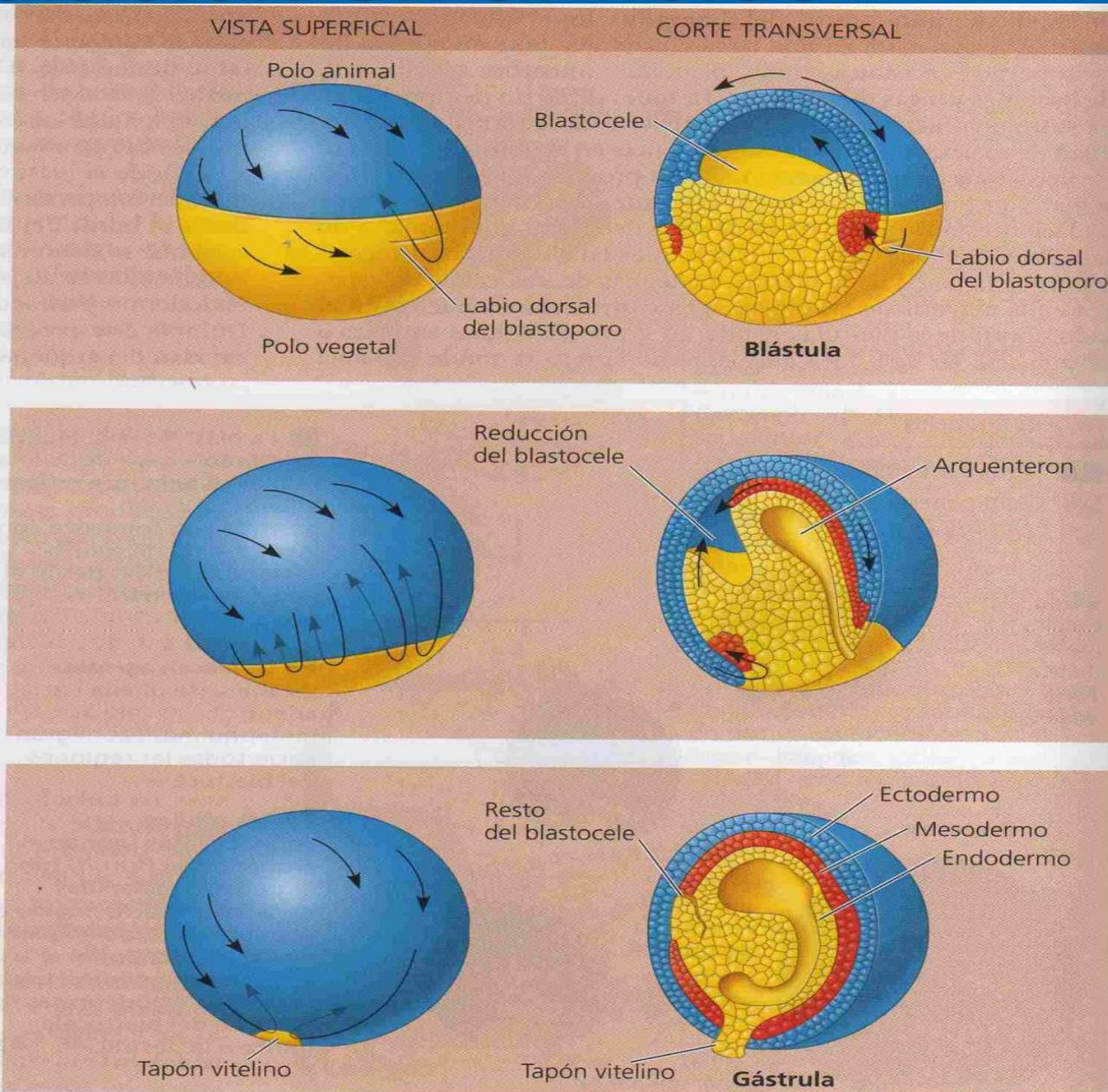
1 La gastrulación comienza con un pequeño pliegue irregular, el labio dorsal del blastoporo, que aparece en una de las caras de la blástula. El pliegue está formado por células que cambian de forma y ejercen tracción hacia dentro desde la superficie (invaginación). Luego, otras células movilizan el labio dorsal hacia dentro (involución) y se mueven hacia el interior, donde forman el endodermo y el mesodermo. Mientras tanto, las células del polo animal, que representa el futuro ectodermo, cambian de forma y empiezan a diseminarse sobre la superficie externa.

2 El labio del blastoporo crece sobre ambas caras del embrión debido a la invaginación de células adicionales. Cuando los dos lados del labio se encuentran, el blastoporo forma un círculo que disminuye de tamaño a medida que el ectodermo desciende sobre la superficie. En la región interna, la involución continua expande el endodermo y el mesodermo y empieza a constituirse el arquenteron; como consecuencia, el blastocele se reduce.

3 En un momento tardío de la gastrulación, el arquenteron cubierto de endodermo reemplaza todo el blastocele y las tres capas germinales están en su sitio. El blastoporo circular rodea a un tapón de células llenas de vitelo.

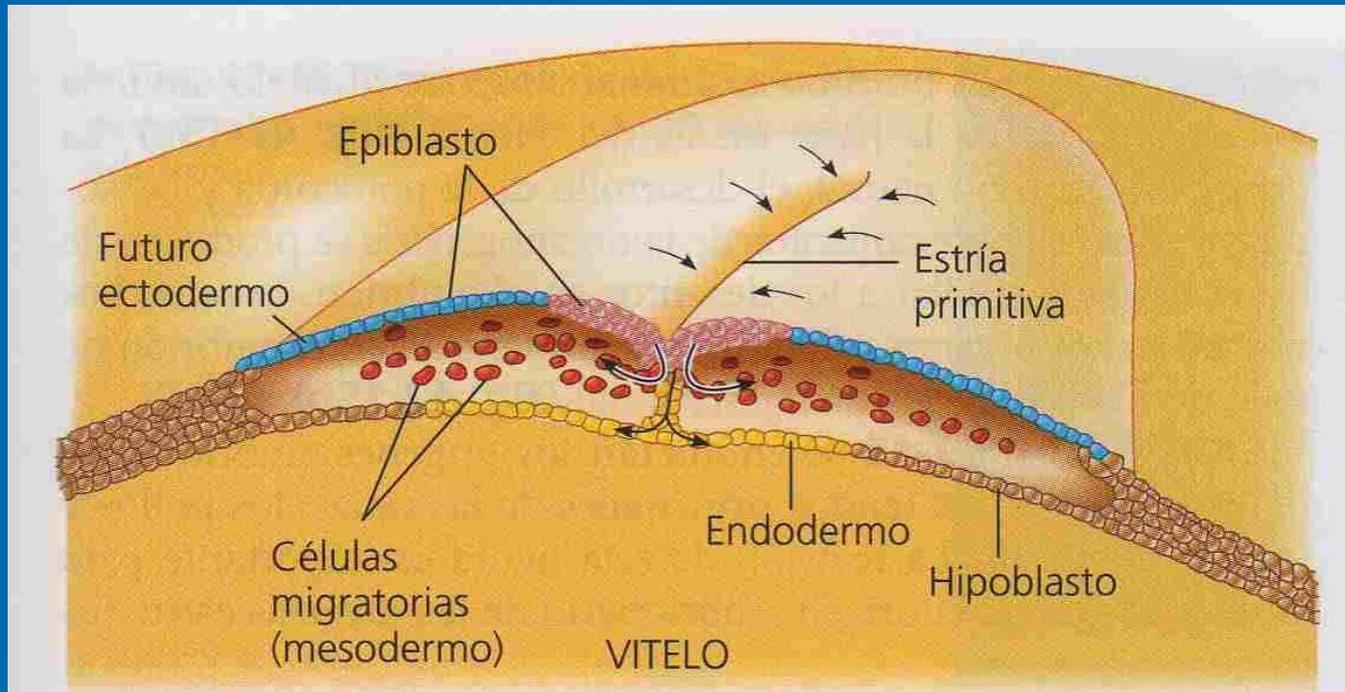
Referencias

-  Futuro ectodermo
-  Futuro mesodermo
-  Futuro endodermo



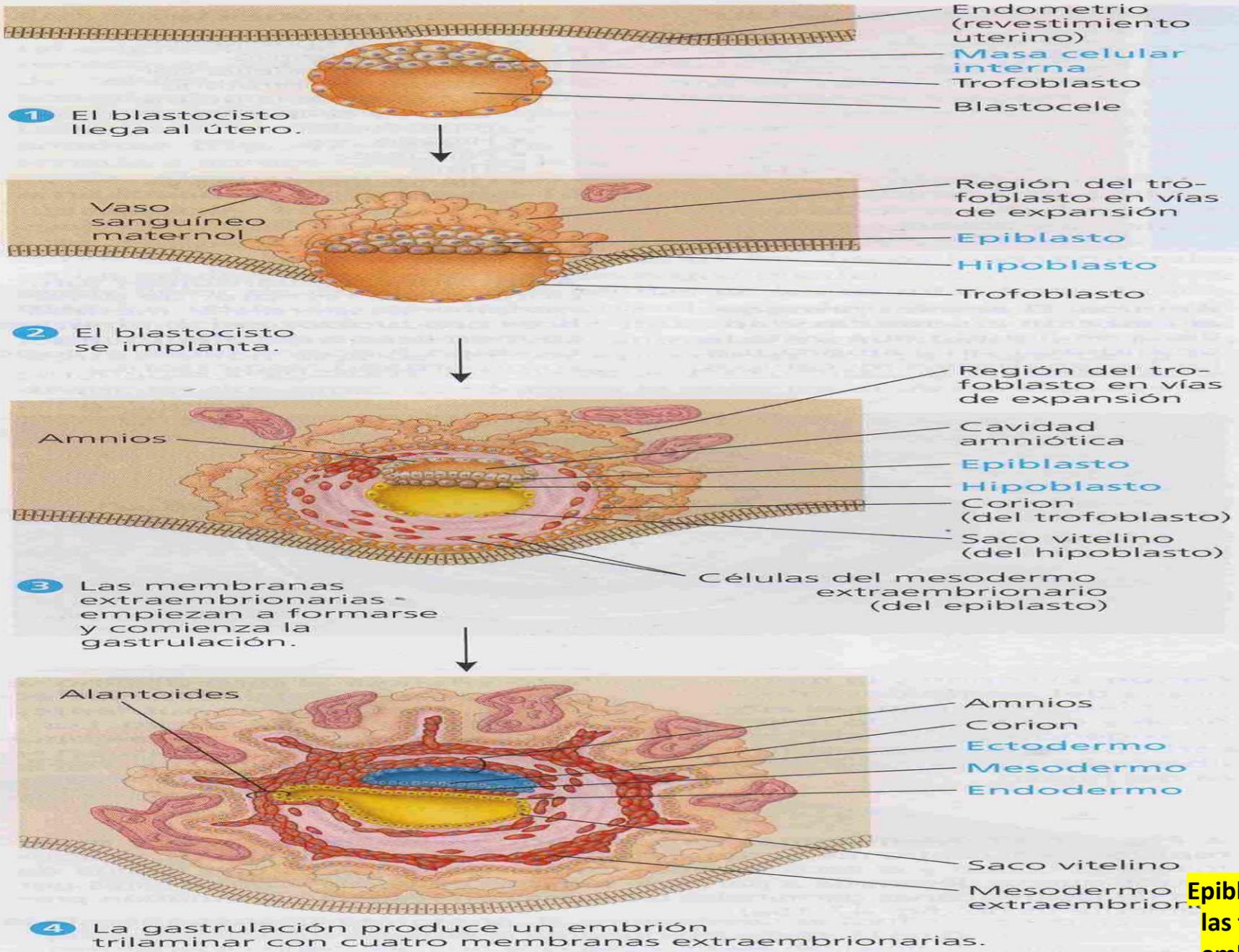
▲ Fig. 47-12. Gastrulación de un embrión de rana. En la blástula de la rana el blastocele se desplaza hacia el polo

Gastrulación en embrión de pollo



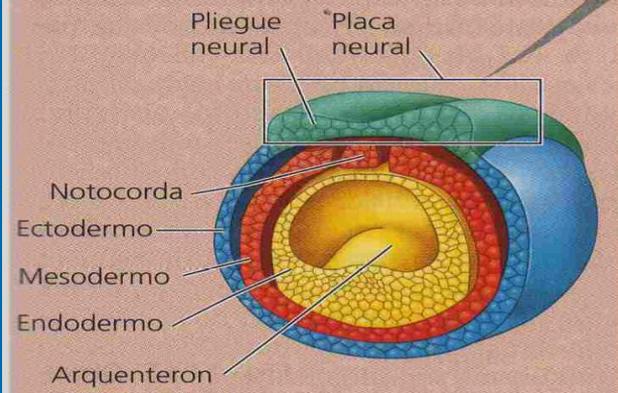
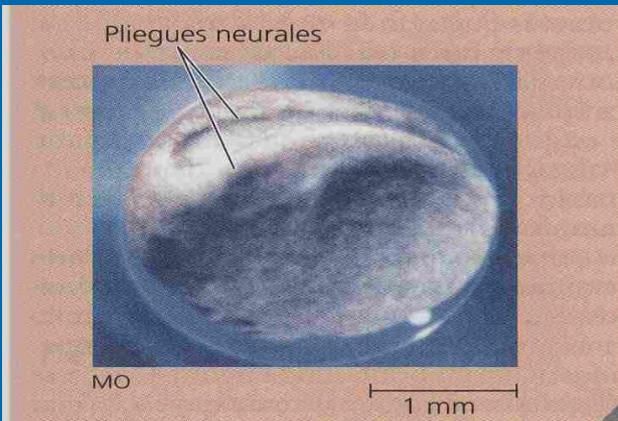
▲ **Fig. 47-13. Gastrulación de un embrión de pollo.** Durante la gastrulación, algunas células del epiblasto migran (flechas) hacia el interior del embrión a través de la estría primitiva, que se ilustra en la figura en el corte transversal. Algunas de estas células descienden para formar el endodermo, mientras que otras migran hacia los lados para constituir el mesodermo. Las células restantes que quedan en la superficie del embrión al final de la gastrulación se convierten en ectodermo.

Desarrollo embrionario temprano en mamífero (ej: ser humano)

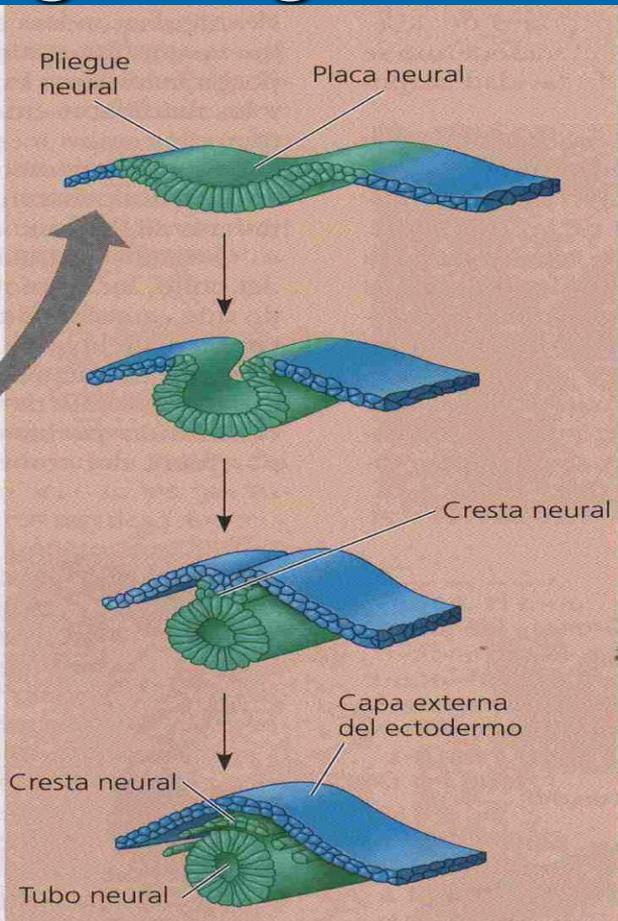


Epiblasto forma las tres capas embrionarias

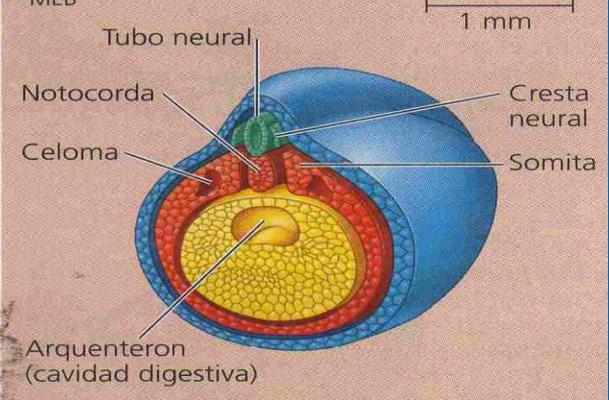
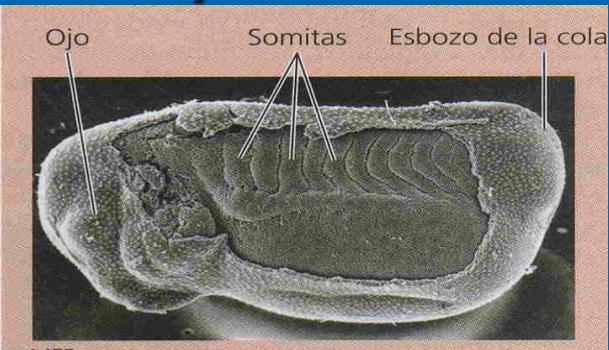
Anfibios: organogénesis temprana



(a) Formación de la placa neural. En el período que se muestra en la figura ya se ha desarrollado la notocorda a partir del mesodermo dorsal y el ectodermo dorsal se ha engrosado para formar la placa neural en respuesta a señales procedentes de la notocorda. Los pliegues neurales son dos crestas que forman los bordes laterales de la placa neural. Éstas son visibles en la MO de un embrión entero.



(b) Formación del tubo neural. La invaginación y el desprendimiento de la placa neural permite la formación del tubo neural. Se debe destacar que las células de la cresta neural migrarán y originarán numerosas estructuras.

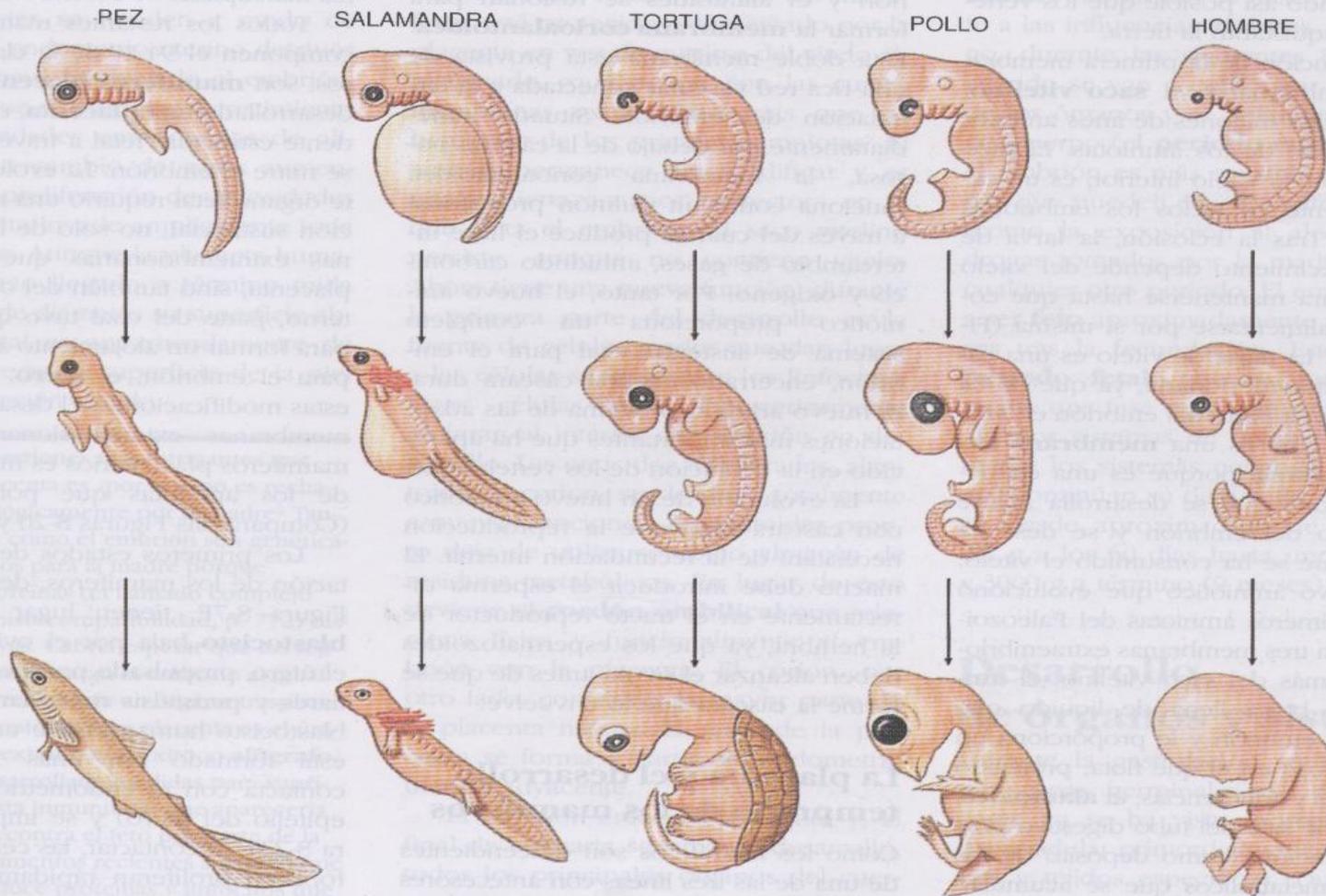


(c) Somitas. La ilustración muestra un embrión después de que terminó la formación del tubo neural. En este momento, el mesodermo lateral ha comenzado a separarse en las dos capas tisulares que tapizan el celoma; los somitas, que provienen del mesodermo, se ubican a los lados de la notocorda. En la MEB se observa una vista lateral de un embrión entero en el estadio de esbozo de la cola con parte del ectodermo extraído para revelar los somitas que originarán estructuras segmentarias como las vértebras y los músculos esqueléticos.

▲ Fig. 47-14. Organogénesis temprana en un embrión de rana.

Células de Cresta neural originan muchas estructuras y son exclusivas de vertebrados

Embriones de diversos vertebrados



Arcos
branquiales
1º:
mandíbulas
y oído
interno

2º(*), 3º y
4º:
contribuyen
a amígdalas,
paratiroide,
etc.

Figura 8-19

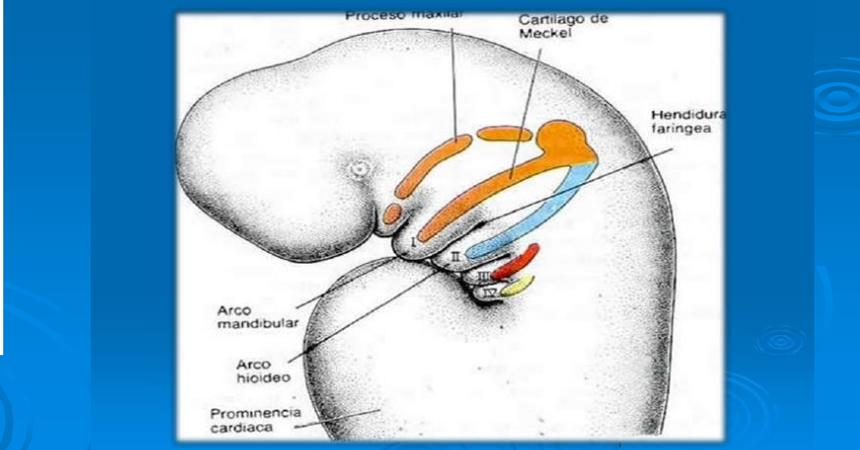
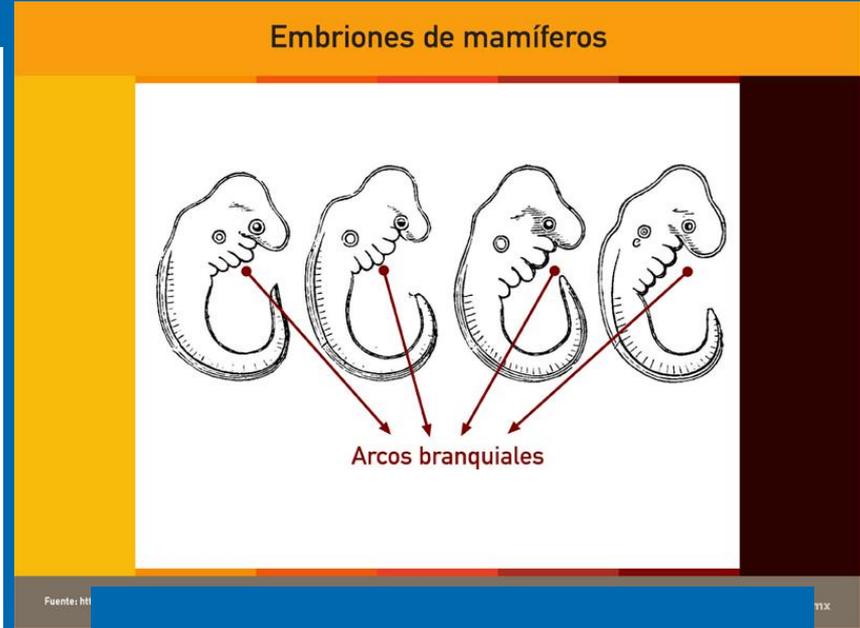
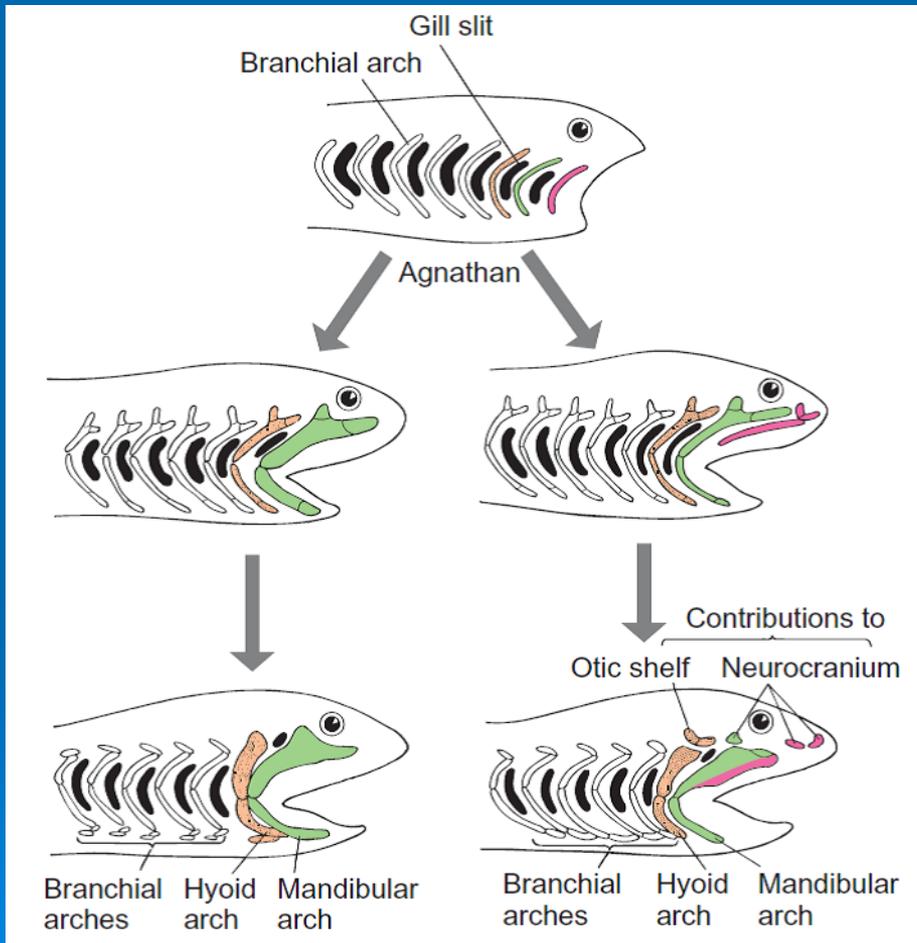
Embriones de vertebrados. Embriones tan distintos como los de un pez, un tritón, una tortuga, un ave y un ser humano muestran una gran semejanza tras la gastrulación. En este estado (fila de arriba) presentan rasgos comunes a todo el subfilo Vertebrados. Conforme avanza el desarrollo divergen, y cada uno se va haciendo más reconocible como miembro de su clase, orden, familia y especie respectivos.

* 2º arco tb aporta a oído interno

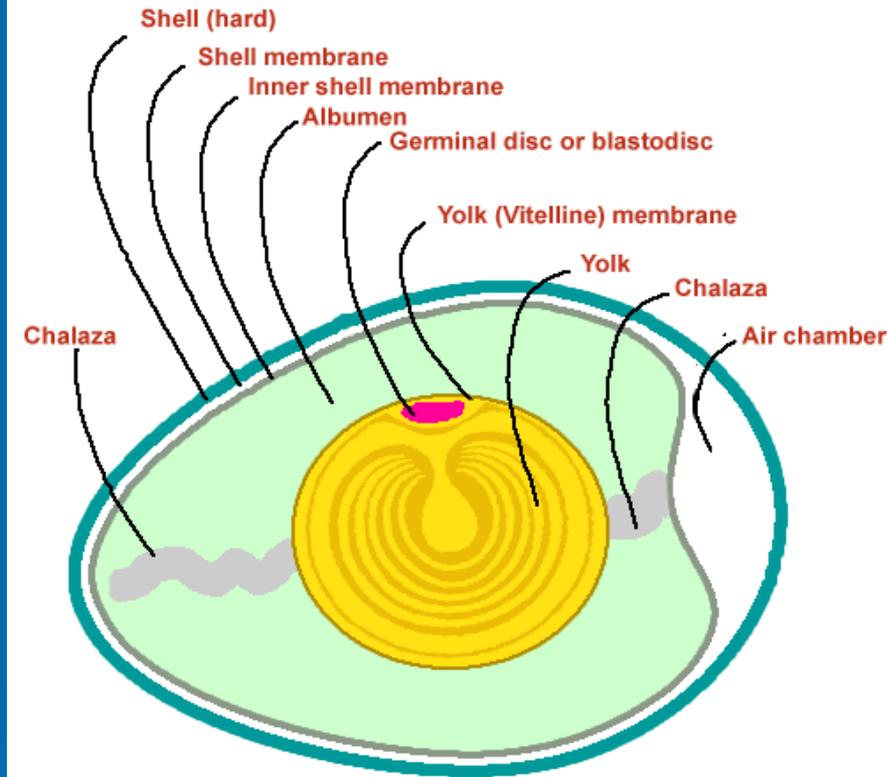
Anamniotas (Peces & Anfibios)

Amniotas (Reptiles, Aves & Mamíferos)

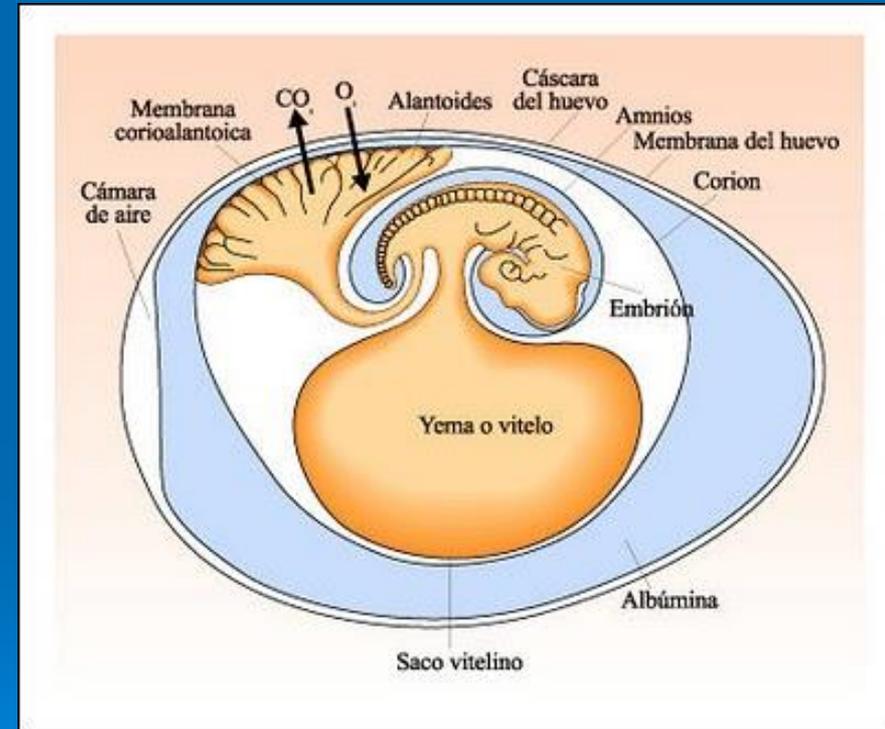
EVOLUCIÓN DE LOS ARCOS BRANQUIALES DE VERTEBRADOS



Membranas Extraembrionarias Del huevo amniota



Huevo
amniota



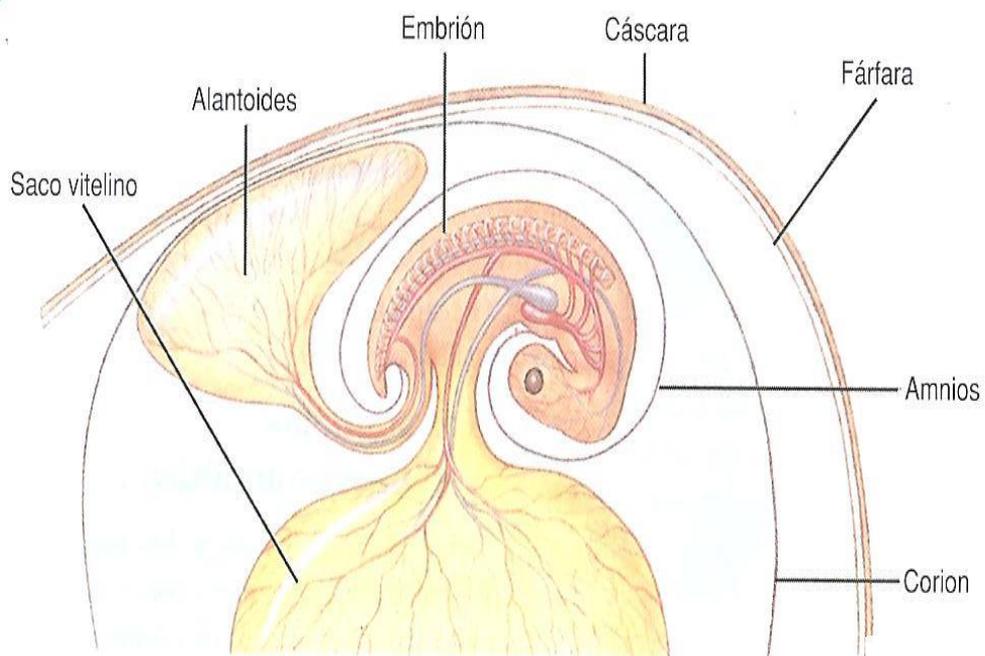


Figura 8-20

Huevo amniótico en una etapa inicial del desarrollo, en el que se muestra un embrión sus membranas extraembrionarias.

Comparación membranas extraembrionarias huevo amniota y mamífero

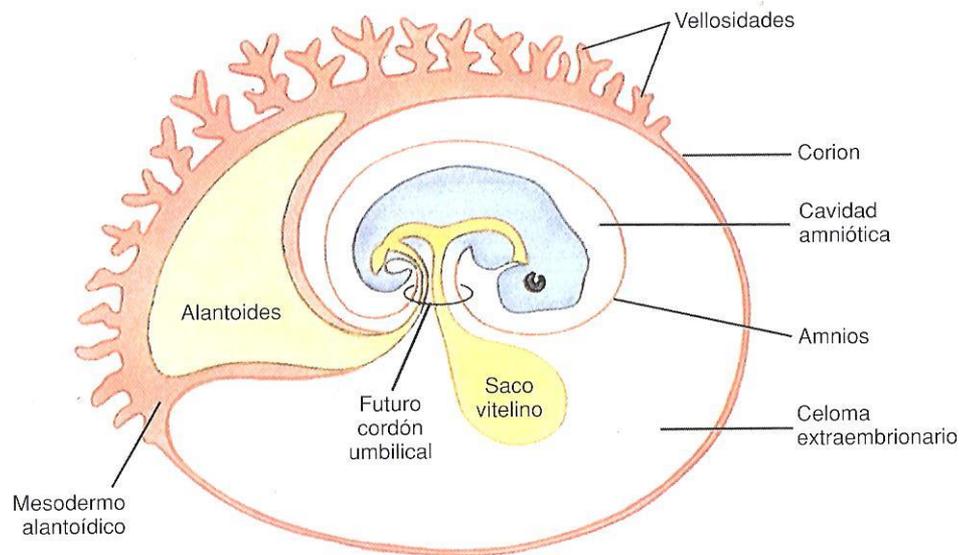


Figura 8-22

Esquema general de las membranas extraembrionarias de un mamífero, que muestra su desarrollo paralelo al del pollo (compárese con la Figura 8-20). La mayor parte de las membranas extraembrionarias de los mamíferos han sido redirigidas hacia nuevas funciones.

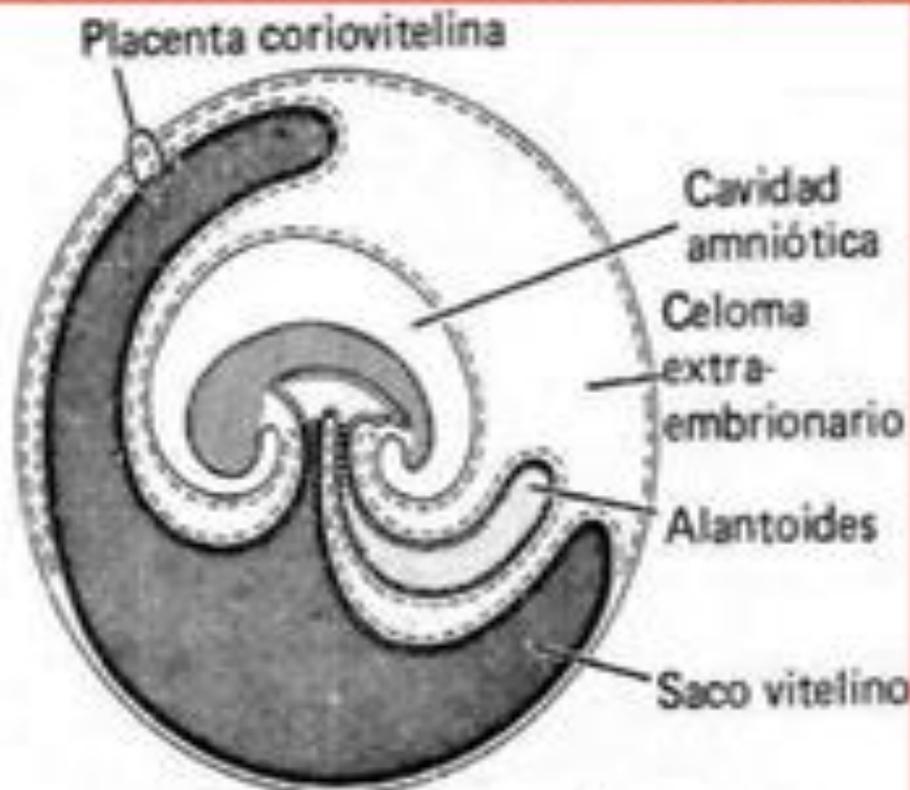
Algunos Tipos de placentas (mamíferos)

En las especies domésticas, la placenta puede ser :

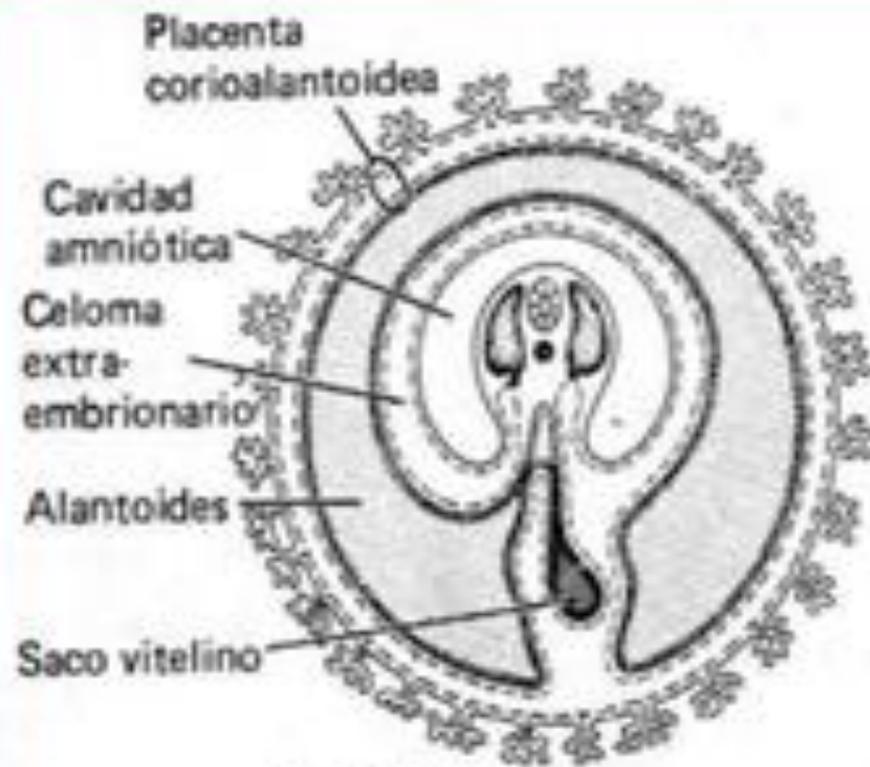
Coriovitelina

Corioalantoidea

Según cual sea el anexo embrionario que se relacione con la pared uterina.

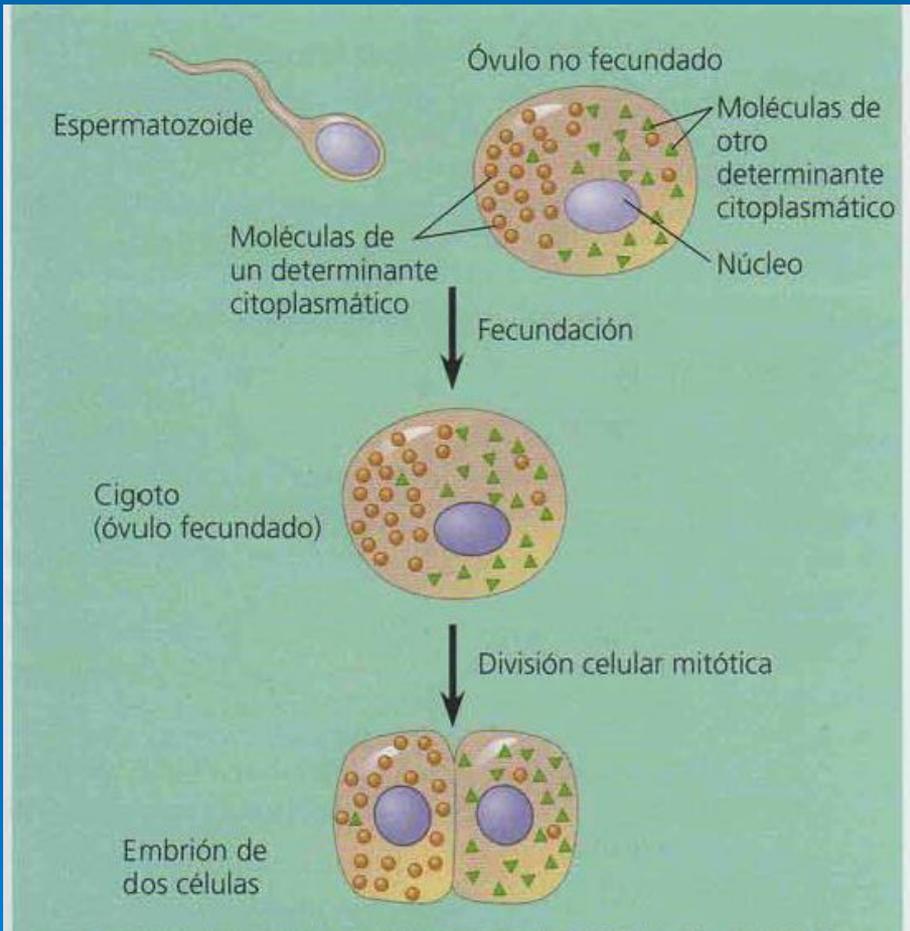


PLACENTA CORIOVITELINA

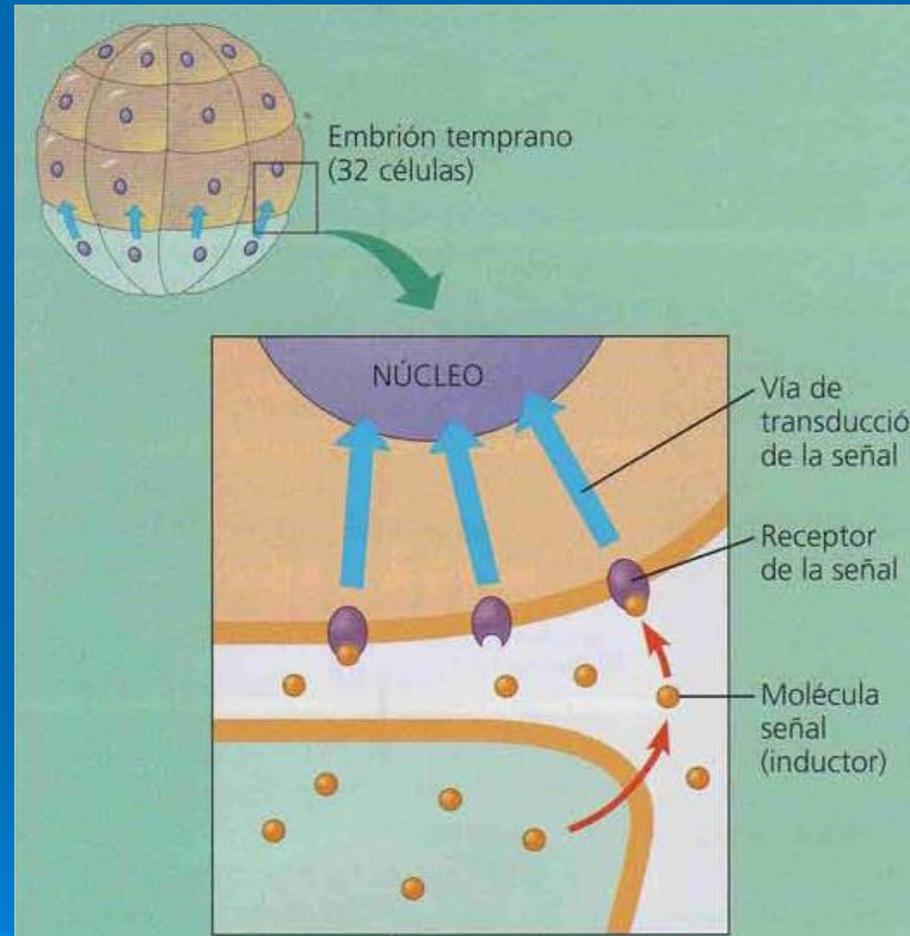


PLACENTA CORIOALANTOIDEA

¿Qué produce las primeras diferencias en un embrión temprano? Qué controla la morfogénesis?



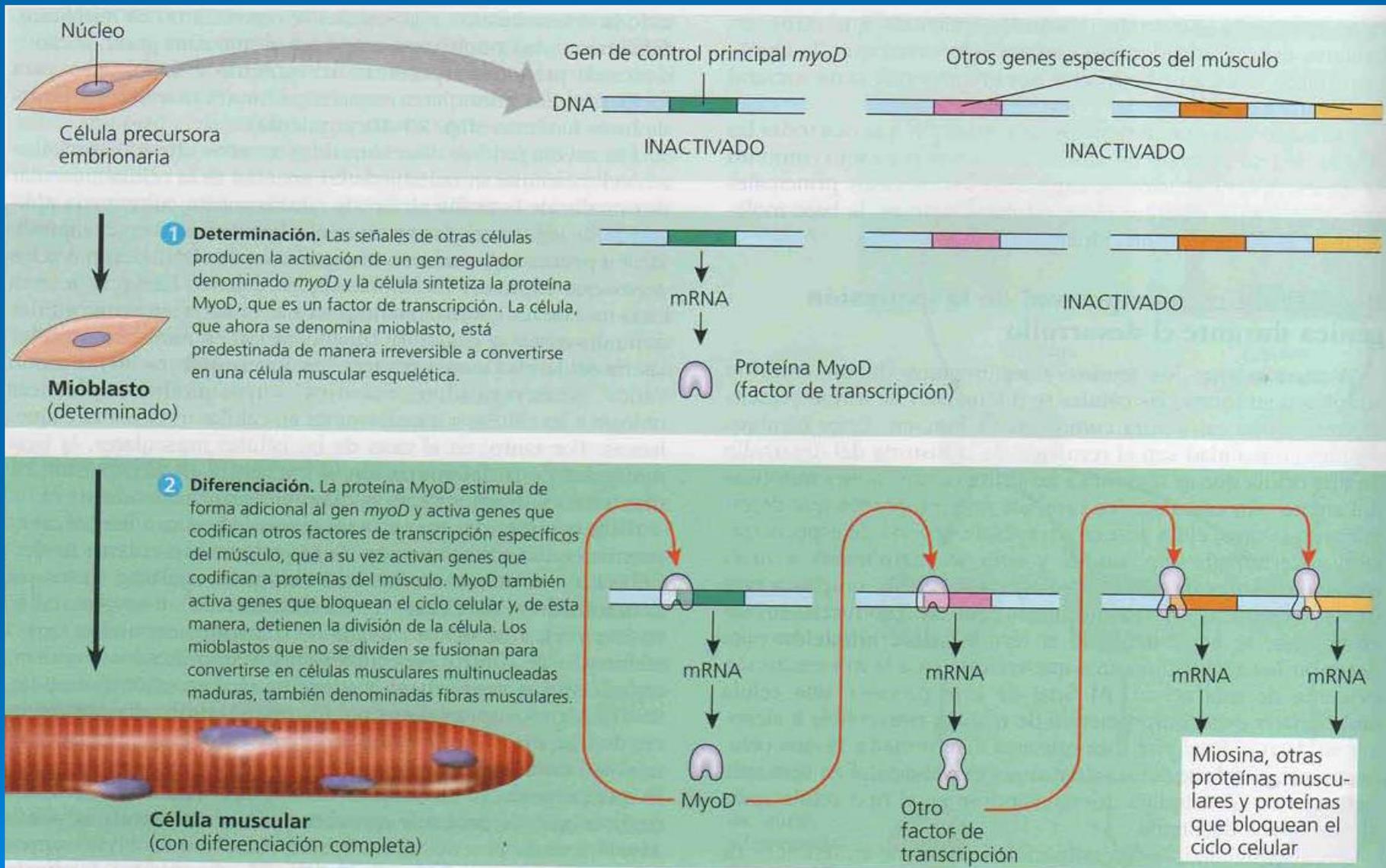
Determinantes citoplasmáticos



Inducción activada por células vecinas

Bases genéticas del desarrollo

Determinación y diferenciación celular



El resultado de la determinación (diferenciación celular observable) depende de la expresión de genes para proteínas específicas de cada tejido

Mecanismos de desarrollo

Desarrollo regulador y desarrollo en mosaico

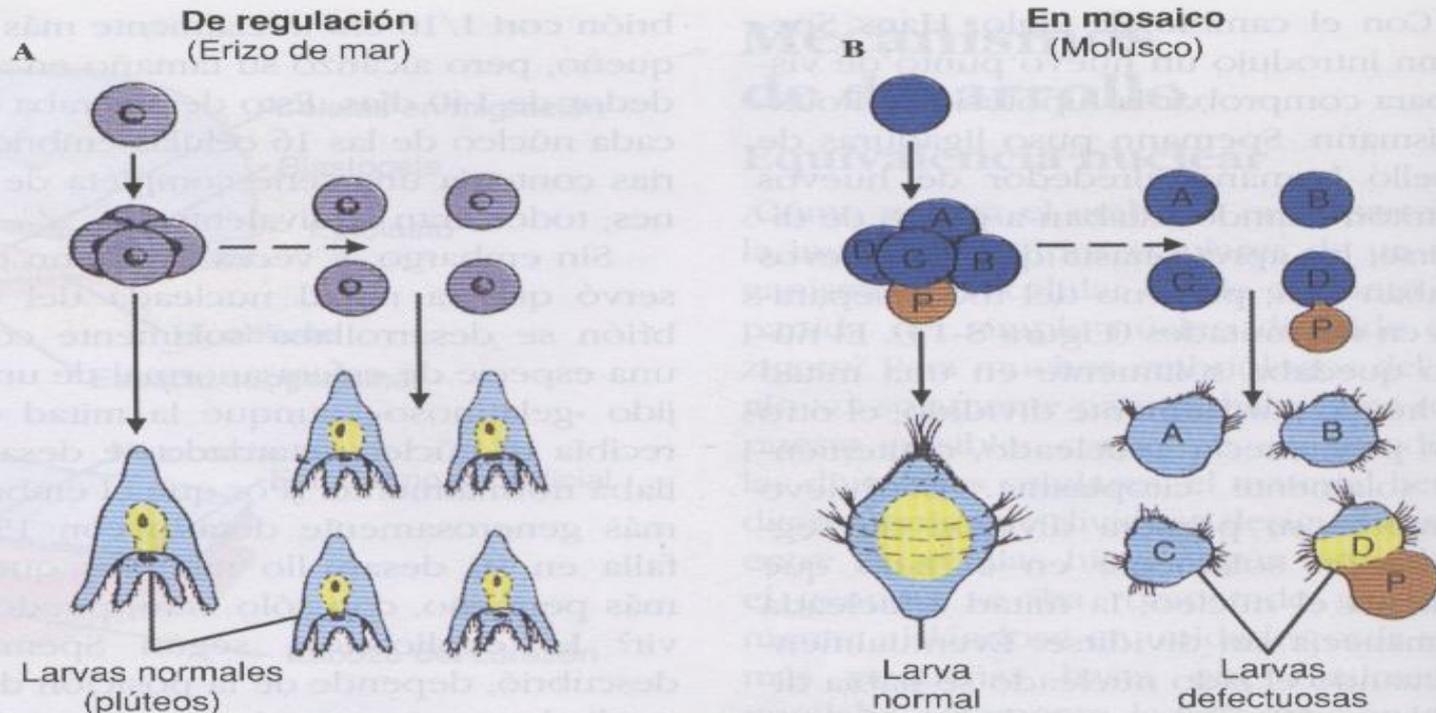


Figura 8-14

Desarrollos regulados y en mosaico. **A**, Desarrollo regulador. Cada uno de los blastómeros iniciales (como los del erizo de mar), cuando se separa de los demás, forma una pequeña larva plúteo. **B**, Desarrollo en mosaico. En un molusco, cuando los blastómeros se separan, cada uno da lugar a una parte del embrión. El mayor tamaño de algunas de las larvas defectuosas es debido a la formación de un lóbulo polar (P) compuesto de citoplasma del polo vegetativo, que recibe únicamente este blastómero.

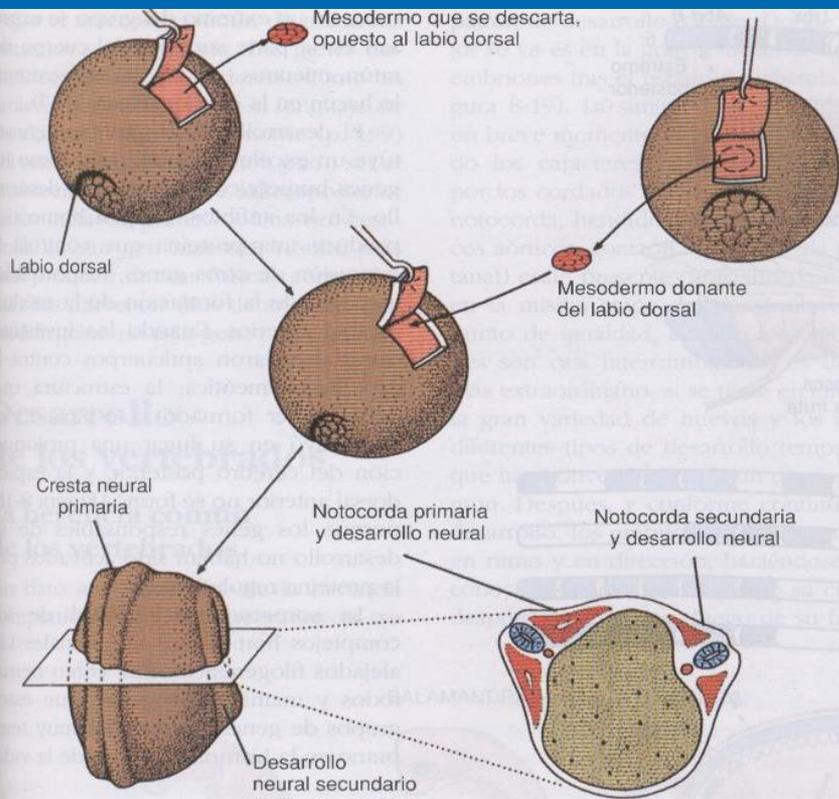


Figura 8-15
Experimento del organizador primario de Spemann y Mangold.

➤ **Organizador primario**

Mecanismos de desarrollo

Inducción (señales intercelulares)

Figura 47-25

Investigación: ¿El labio dorsal del blastoporo puede inducir células en otra parte del embrión del anfibio a que modifiquen su destino en el desarrollo?

EXPERIMENTO

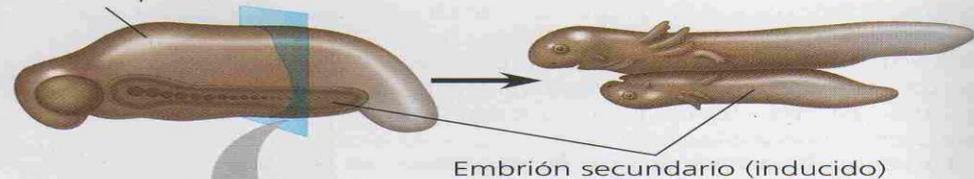
Spemann y Mangold trasplantaron un fragmento del labio dorsal de una gástrula pigmentada de tritón a la cara ventral de la gástrula temprana de un tritón no pigmentado.



RESULTADOS

Durante el desarrollo, el embrión receptor formó una segunda notocorda y un segundo tubo neural en la región trasplantada y, por último, la mayor parte de un segundo embrión. El examen del interior del embrión doble reveló que las estructuras secundarias se formaron en parte a partir de tejido del huésped.

Embrión primario



Estructuras primarias:

- Tubo neural
- Notocorda

Estructuras secundarias:

- Notocorda (células pigmentadas)
- Tubo neural (casi todas células no pigmentadas)

CONCLUSIÓN

El labio dorsal trasplantado fue capaz de inducir a las células en una región diferente del receptor para que formara estructuras distintas a las que correspondían de acuerdo con su destino normal. De hecho, el labio dorsal "organizó" el desarrollo de un embrión completo.

Mecanismos de desarrollo Expresión génica

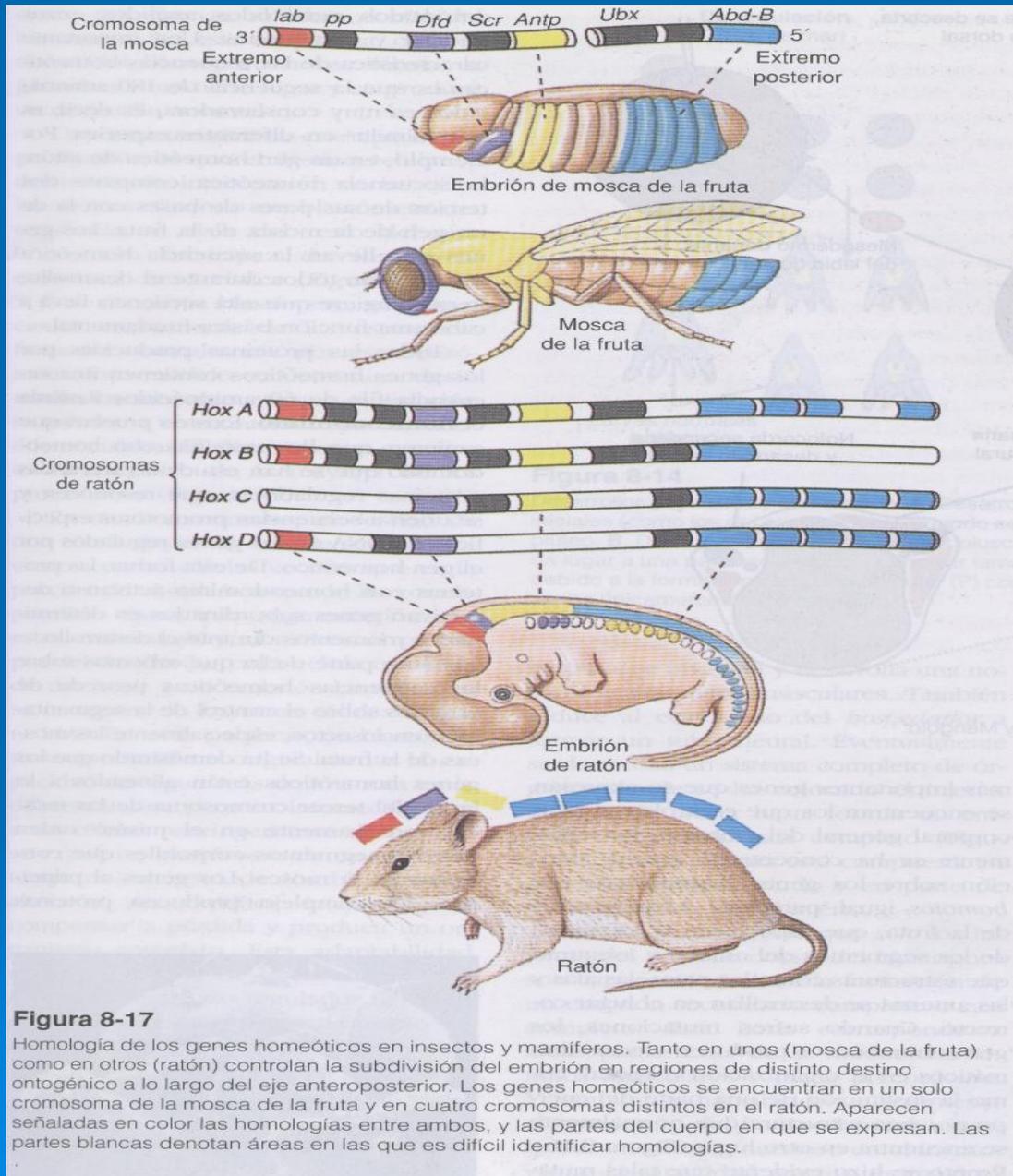


Figura 8-17

Homología de los genes homeóticos en insectos y mamíferos. Tanto en unos (mosca de la fruta) como en otros (ratón) controlan la subdivisión del embrión en regiones de distinto destino ontogénico a lo largo del eje anteroposterior. Los genes homeóticos se encuentran en un solo cromosoma de la mosca de la fruta y en cuatro cromosomas distintos en el ratón. Aparecen señaladas en color las homólogas entre ambos, y las partes del cuerpo en que se expresan. Las partes blancas denotan áreas en las que es difícil identificar homólogas.

Genes homeóticos
(Secuencia Homeótica: 180 nucleótidos ADN;
Homeodominio: secuencia fija de 60 aminoácidos)

Genes homeóticos
Sinapomorfía de metazoos

Segmentación y primeras fases del desarrollo

Protostomados Deuterostomados

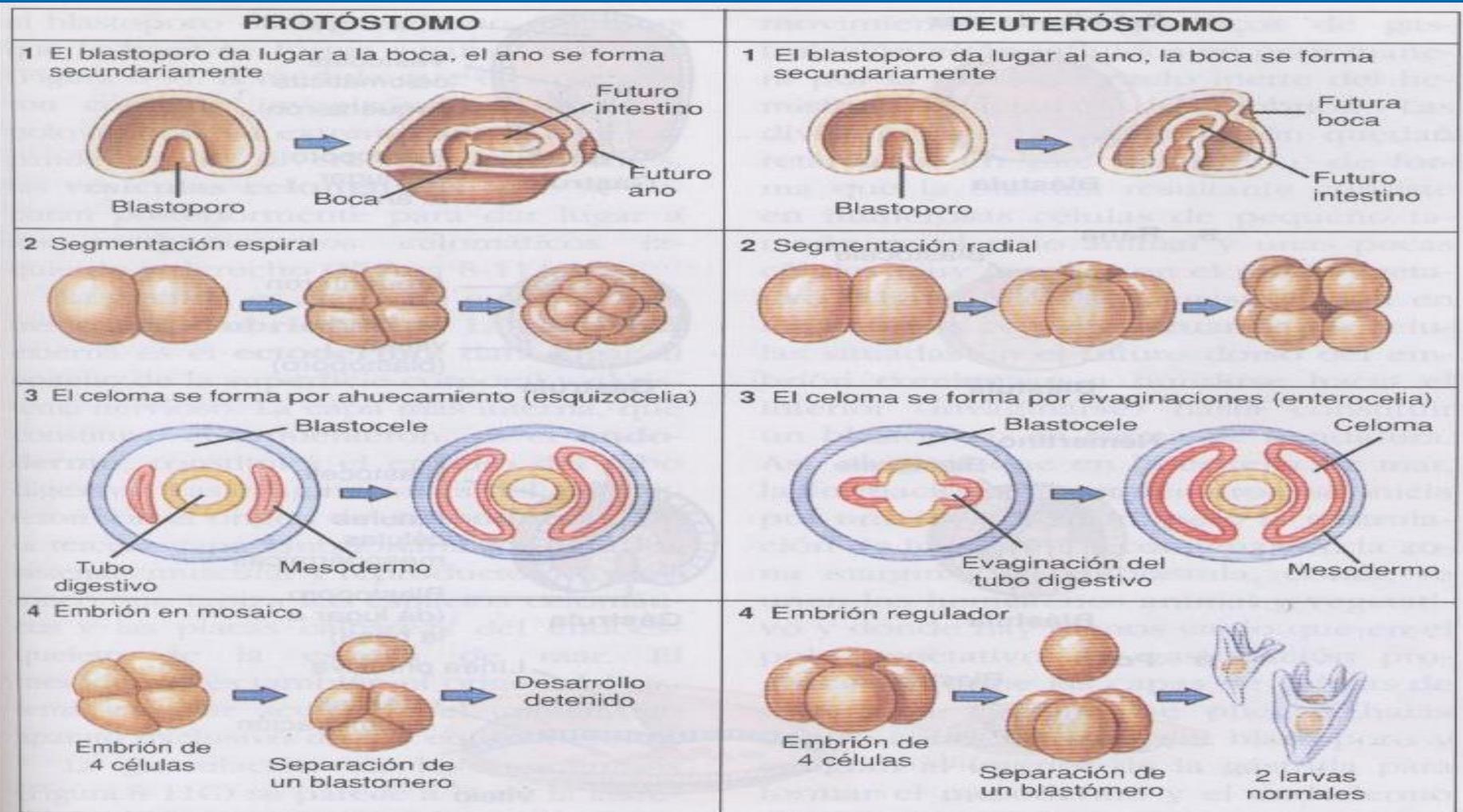


Figura 8-9

Tendencias del desarrollo en protóstomos y deuteróstomos. Estas tendencias están muy modificadas en algunos grupos, como los vertebrados. La segmentación en los mamíferos es rotacional, antes que radial; en los reptiles, las aves y muchos peces, la segmentación es discoidal. Los vertebrados también han desarrollado un mecanismo derivado de formación del celoma, que es básicamente esquizocélico.

Organogénesis. Derivados de las capas embrionarias

ECTODERMO

Epidermis de la piel

Recubrimiento de ano, boca y fosa nasal.

Glándulas sudoríparas y sebáceas.

Pelo, uñas, plumas, cuernos, algunas escamas, esmalte dentario.

Sistema nervioso (neuronas), incluyendo partes sensoriales de ojos, nariz y oído.

ENDODERMO

Recubrimiento del TD

Recubrimiento de las vías respiratorias y pulmones.

Partes secretoras del hígado y páncreas.

Tiroides, timo y paratiroides.

Vejiga urinaria.

Recubrimiento de la uretra.

MESODERMO

Esqueleto y músculos.

Dermis de la piel.

Escamas dérmicas.

Sistemas excretor y reproductor.

Tejido conjuntivo.

Sangre y vasos sanguíneos.

Mesenterios.

Recubrimiento del celoma.