

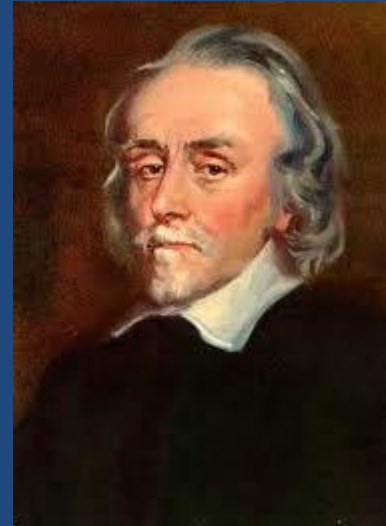
LA CONTINUIDAD DE LA VIDA ANIMAL

NATURALEZA DEL PROCESO REPRODUCTOR y MODELOS DE
DESARROLLO

“omne vivum ex ovo”

William Harvey (1651):

1. todo ser vivo procede del desarrollo de un **huevo**
2. Huevos inician su desarrollo por algún tipo de **influencia debida al semen**
3. Reproducción sexual: **unión física** de los dos progenitores



La realidad de los procesos reproductores es más compleja !

REPRODUCCIÓN ANIMAL

Reproducción asexual



Reproducción sexual



REPRODUCCIÓN ANIMAL

ASEXUAL O VEGETATIVA

- **Un progenitor:** sin células reproductoras especiales
- Copias genéticamente idénticas
- Reproducción simple, directa y rápida
- Las mutaciones se manifiestan inmediatamente, evolución actúa con rapidez

SEXUAL

- **Dos progenitores** (en gral): células especiales haploides (**gametos**)
- Unión de dos gametos para formar cigoto con material genético de ambos padres. Individuo genéticamente único. Diferente a sus padres.
- Mutaciones a menudo no se expresan inmediatamente
- Multiplica variaciones y posibilita proceso evolutivo más rico y diversificado

REPRODUCCIÓN **ASEXUAL**

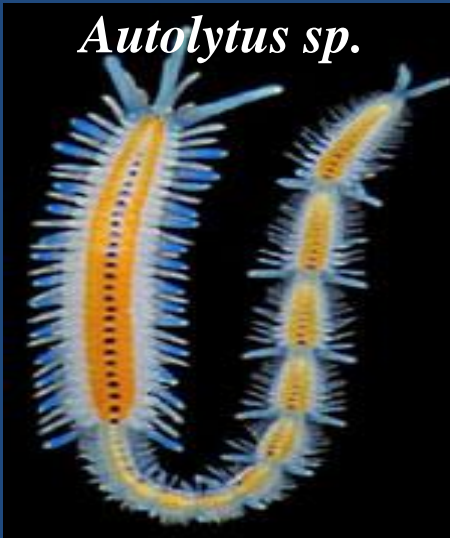
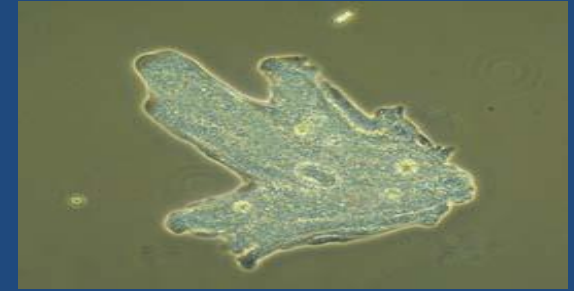
- Forma muy antigua y exitosa de reproducción: 3500 m.a.
- Producción de individuos **sin gametos**
- No interviene el sexo, ni es necesaria una pareja
- Descendientes tienen todos el mismo genotipo: **clones**
- **Inexistente en vertebrados**

REPRODUCCIÓN ASEXUAL

Algunos ejemplos:

- “Protozoos”
- Poríferos
- Cnidarios
- Equinodermos
- Anélidos
- Nemertinos

Autolytus sp.

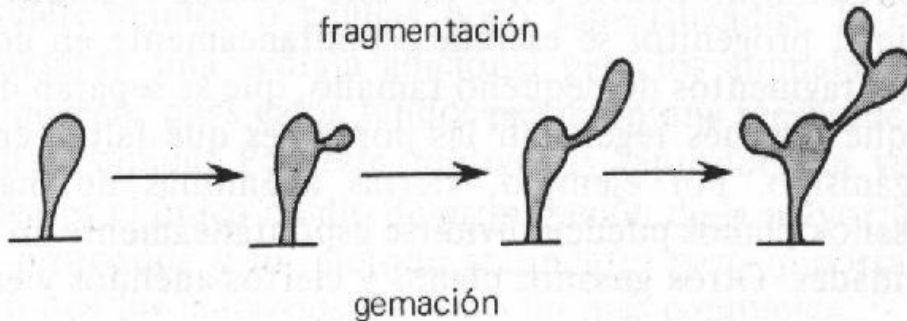
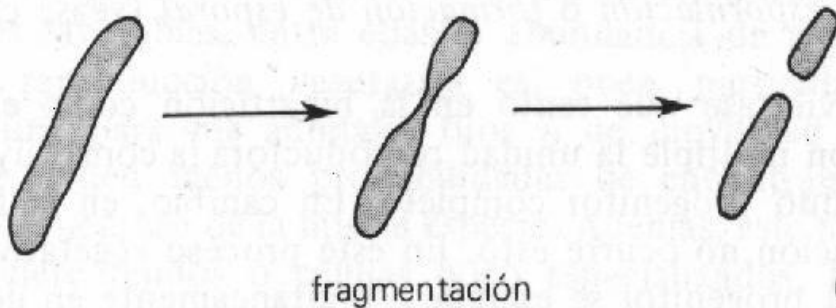
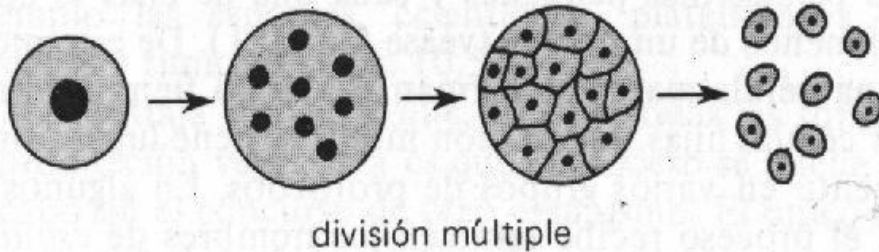
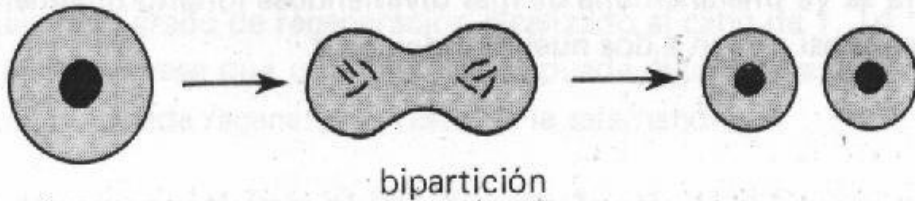


REPRODUCCIÓN ASEXUAL: tipos

- División binaria o bipartición
- División múltiple
- Gemación
- Gemulación
- Fragmentación

Reproducción animal

Reproducción vegetativa



Bipartición: mitosis. Ej:
“Protozoos”

División múltiple:
Ej: Protozoos parásitos

Fragmentación:
Anémonas de mar (Cnidaria),
gusanos planos, Anélidos;
nemertinos

Gemación: Porifera,
Cnidaria, Gusanos Planos, etc.

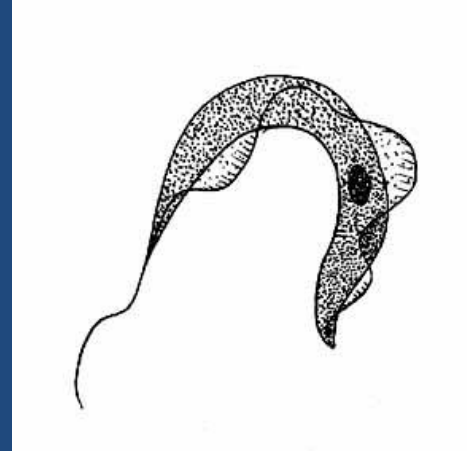
Longitudinal (“protozoo”
Flagelado)

División binaria

El cuerpo del progenitor se divide por mitosis en dos partes iguales.

Longitudinal: “protozoos”
flagelados

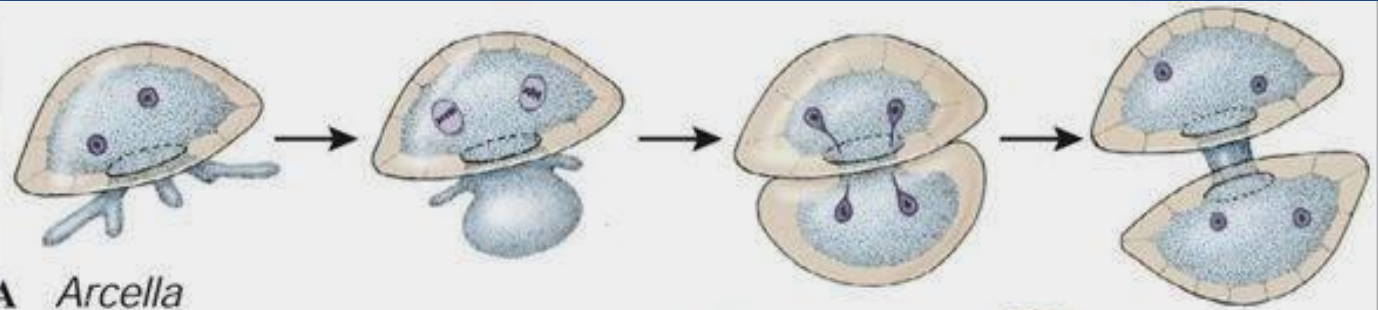
Transversal: ciliados



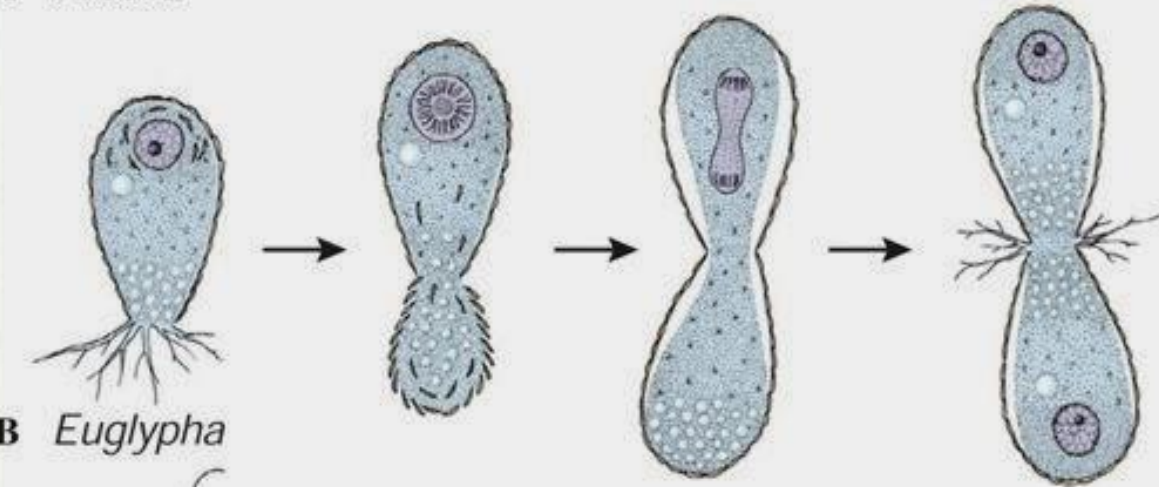
Transversal (protozoo ciliado)

- Fisión o división Binaria (otros ejemplos en “Protozoos” y fitoflagelados)

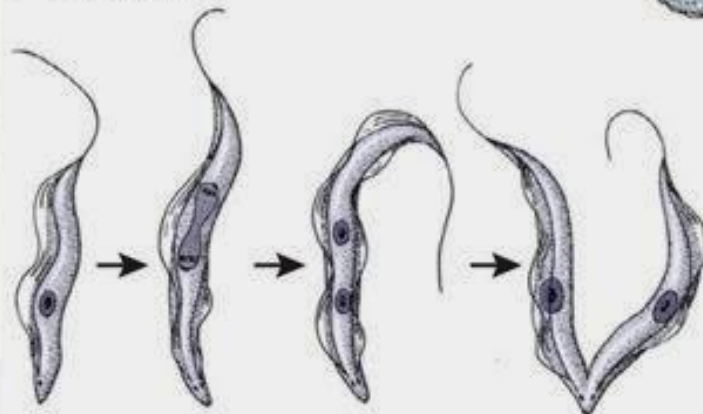
Binary fission in various taxa



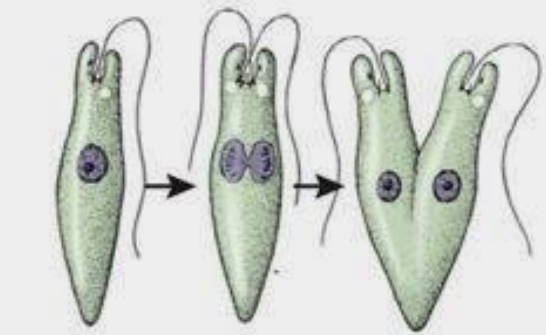
A *Arcella*



B *Euglypha*



C *Trypanosoma*

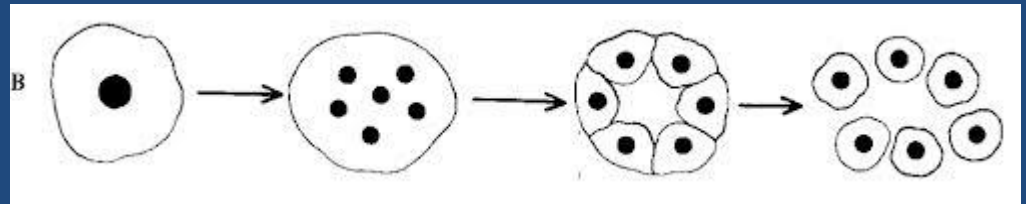


D *Euglena*

División múltiple

División repetida del núcleo antes de la división del citoplasma: numerosas células hijas.

Esporogonia: protozoos parásitos, e.g. *Plasmodium vivax* : malaria



Gemación

División desigual del organismo. Nuevo individuo surge como yema desde el progenitor, desarrolla órganos semejantes a los del organismo parental y se separa de él.

Diversos filos de animales.
Importante en los cnidarios:

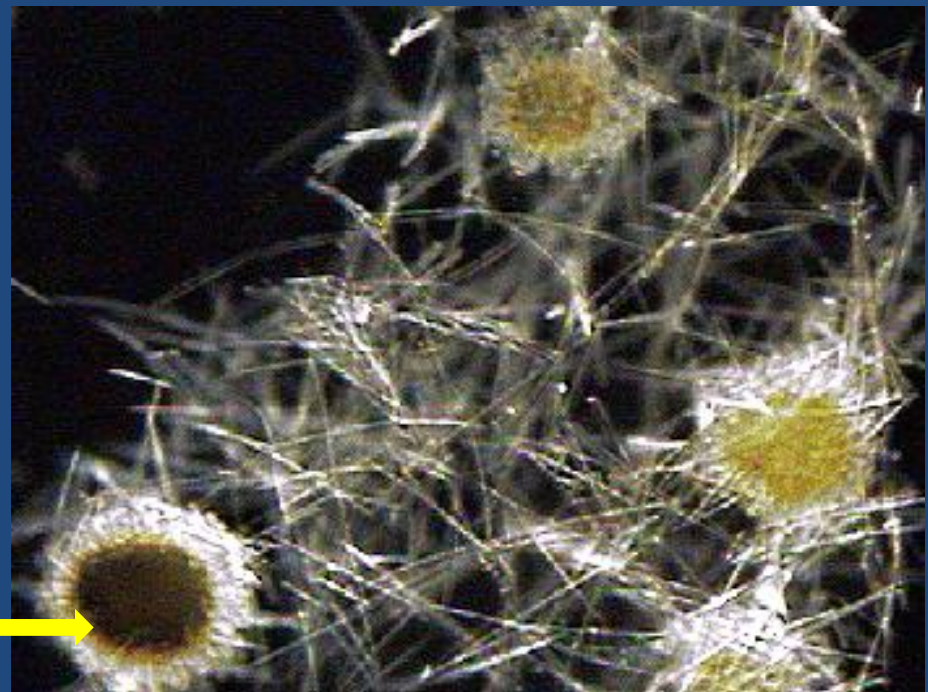
Ejemplo. *Hydra* sp



Gemulación

Nuevo individuo a partir de una **gémula**: agregado de células rodeadas por una cápsula resistente.

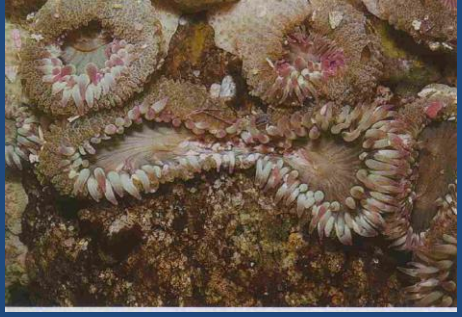
En esponjas de agua dulce las gémulas se forman durante el otoño y soportan el invierno en el interior del cuerpo. En primavera las células internas se activan, salen de la cápsula y forman una nueva esponja



Gémula



Fragmentación



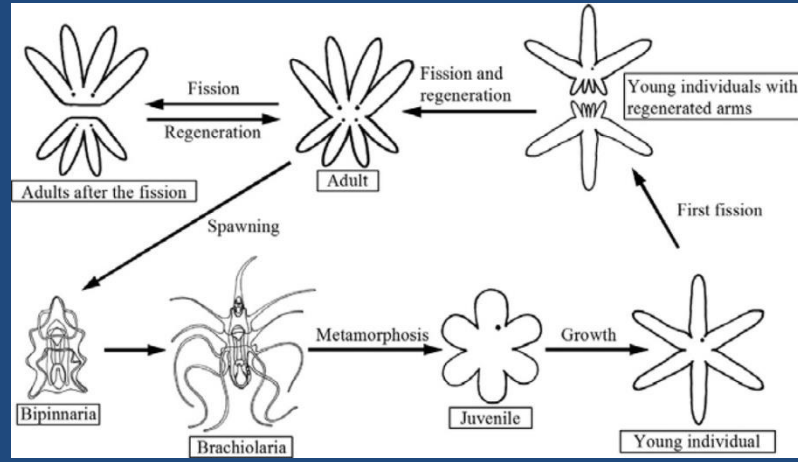
Cnidarios (anémonas por ejemplo)

Animal pluricelular se rompe en dos o más fragmentos, cada uno de los cuáles es capaz de convertirse en un individuo completo.



Algunos Anélidos

Nota: implica la regeneración de la porción restante



Algunos estrellas de mar

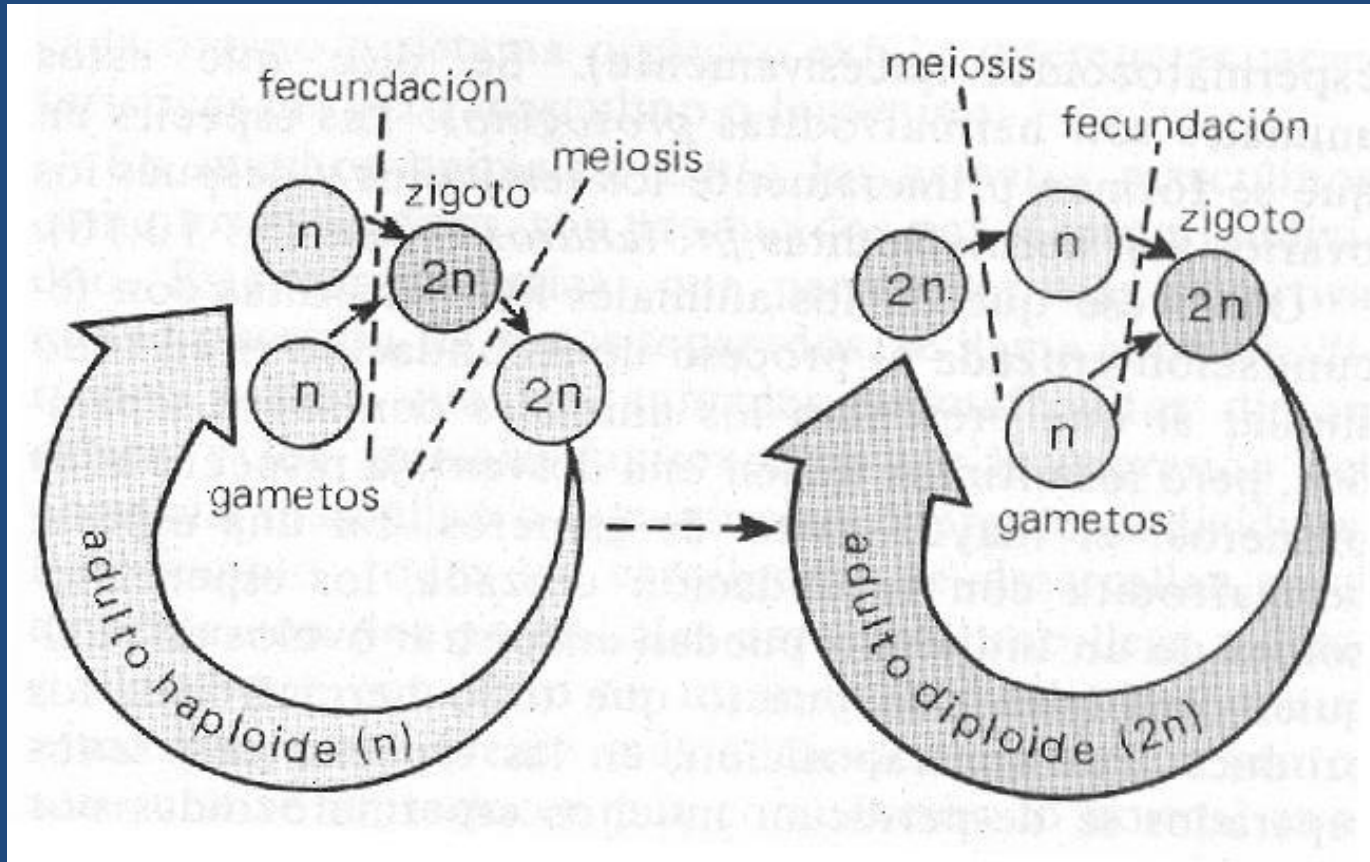
Equinodermos

REPRODUCCIÓN SEXUAL: reproducción a partir de gametos

- Nuevos individuos a partir de *gametos*
- Formación de gametos a partir de *meiosis* (HAY EXCEPCIONES !)
- Unión de pronúcleos haploides (Fecundación= singamia); hay excepciones !

Reproducción animal

Meiosis y ciclo biológico



Ciclo haploide

Ciclo diploide (el más común)

Notas: Hay ciclos haplodiplobiontes; Ej: protozoos, insectos, etc.

REPRODUCCIÓN SEXUAL: tipos

HERMAFRODITISMO

- BIPARENTAL



PARTENOGENÉNESIS

Sexual o asexual??



Conceptos a explorar:

Anfimixis (RSBP; fecundación por espmz);

automixis (P: = cigota (Z) = meiosis (R!); sin fecundación por espmz);

autogamia (H c/autofecundación; =Z; ≠ R!; con fecundación por espmz) .

BIPARENTAL

- *Descendientes por unión de gametos (fusión de ambos núcleos) de progenitores genéticamente distintos*

- **La más común Metazoa (EN INVERTEBRADOS Y VERTEBRADOS)**

- **Descendientes con genotipo diferente del de sus padres**

- Progenitores de diferente sexo, macho y hembra: **dioicos o gonocóricos**

- Cada progenitor con su propio sistema reproductor, forma sólo un tipo de células sexuales: **espermatozoides u óvulos**

- **Óvulos:** grandes, inmóviles, escasos

- **Espermatozoides:** pequeños, móviles, abundantes

- **Meiosis**

- **Fecundación:** fusión de núcleos de dos gametos haploides para restaurar diploidía



Característica más importante: **la recombinación genética**

Largamente los **ciclos diplodes** típicos son los más frecuentes.

Zigoto (célula resultante de la fecundación) se divide por mitosis (ciclo diploide) y tiene el mismo número de cromosomas que cada progenitor. Es portador de una recombinación de las características de los parentales

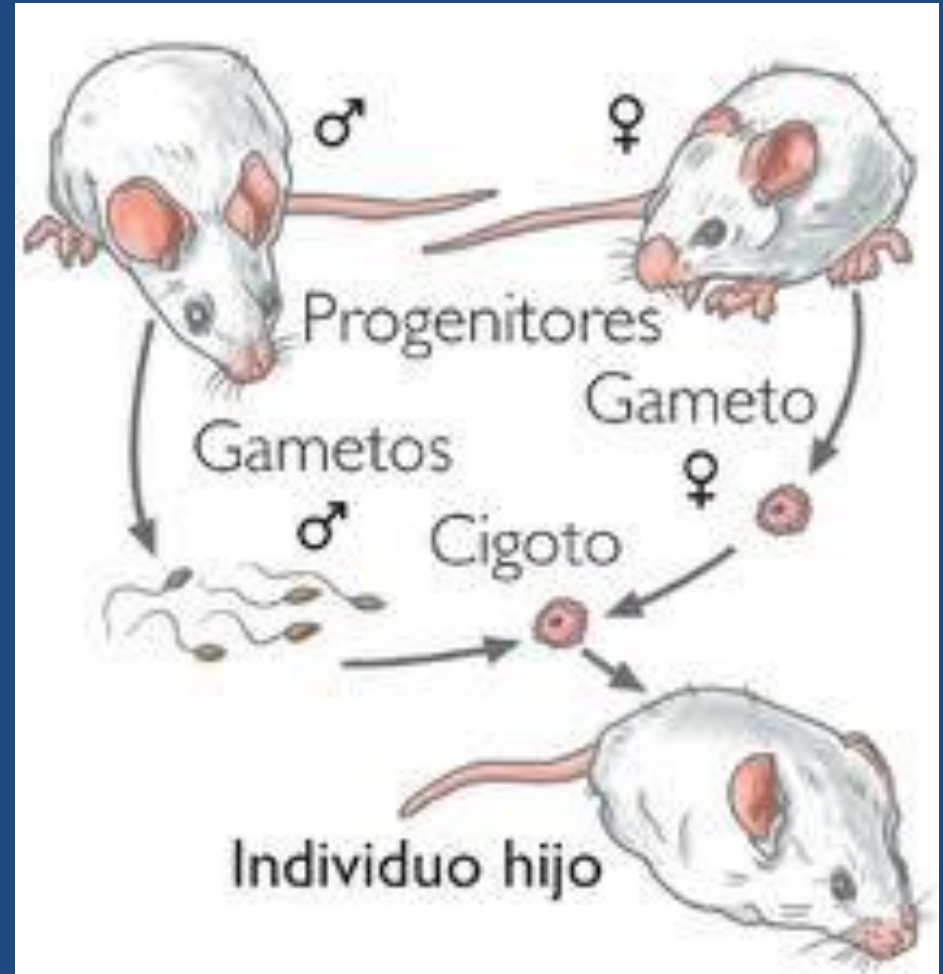
Órganos sexuales primarios: Gónadas: producen células germinales.

Testículo.

Ovario.

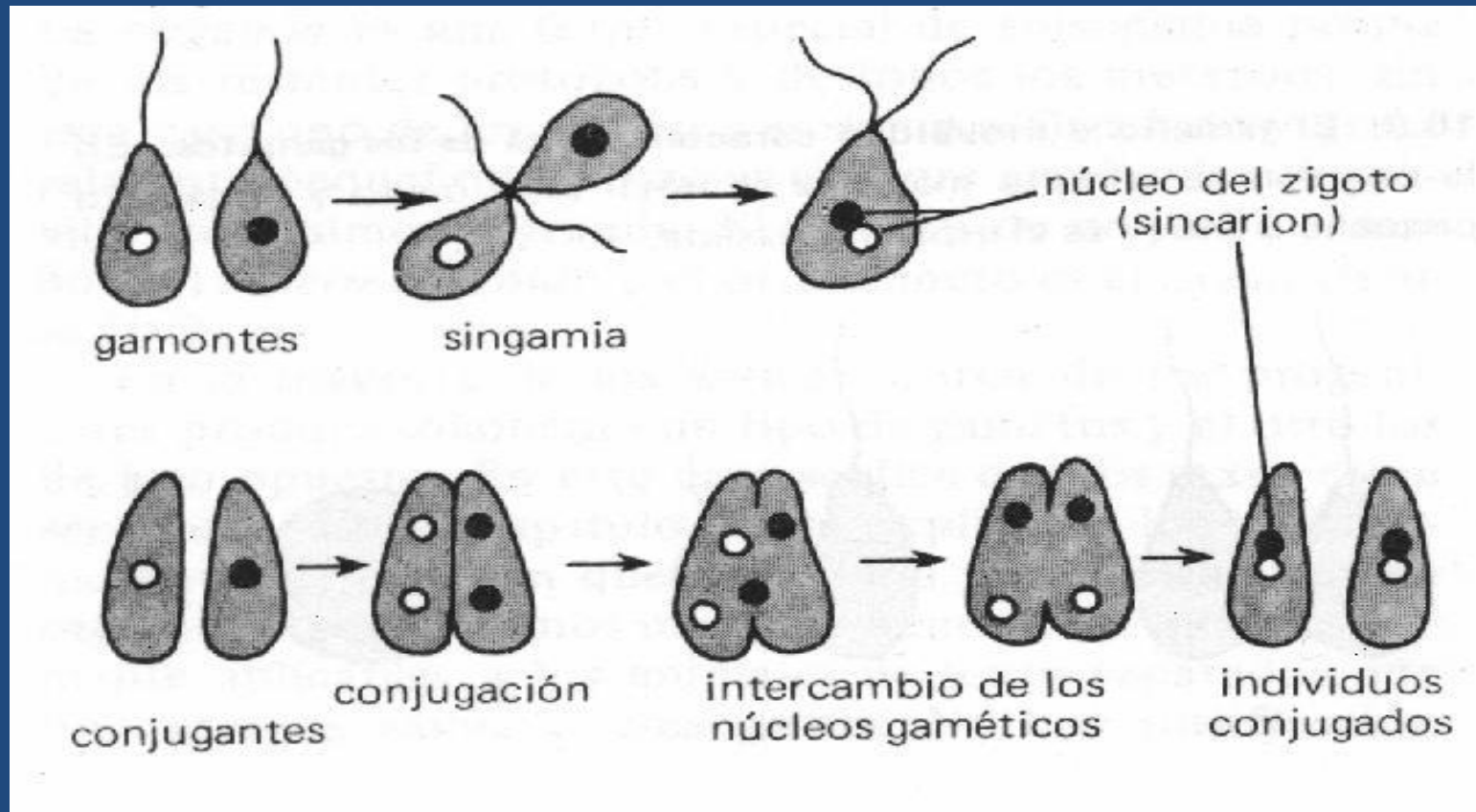
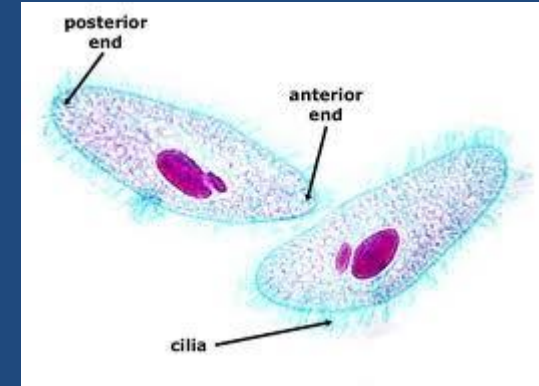
Órganos sexuales accesorios: pene, vagina, oviductos, útero

BIPARENTAL



BIPARENTAL Ej: en “protozoos” (singamia y conjugación)

Conjugación: dos individuos pueden unirse para intercambiar material nuclear o mezclar sus citoplasmas. En estos casos no se pueden diferenciar ambos sexos. Ej: *Paramecium*



Órganos femeninos y masculinos en un mismo individuo

Monoicos

Invertebrados sésiles, excavadores, endoparásitos: mayoría platelmintos, algunos hidroideos, anélidos, cirripedios y gasterópodos pulmonados. Algunos vertebrados (peces)

Ventaja: todos los individuos producen huevos

Mayoría fecundación cruzada
MECANISMOS PARA EVITAR LA autofecundación

TIPOS DE HERMAFRODITISMO:
HERMAFRODITISMO SIMULTÁNEO
HERMAFRODITISMO SECUENCIAL

Hermafroditismo



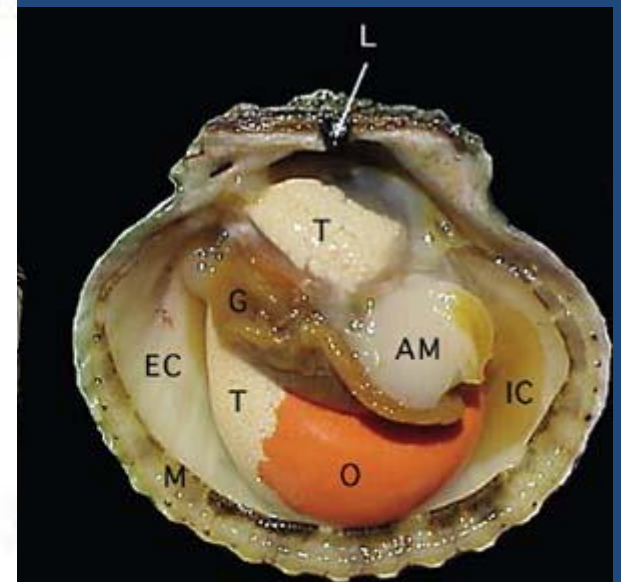
Hermafroditismo
simultáneo
Ejemplos

- Lombrices y sanguijuelas
- Caracoles y babosas de jardín



Conceptos a explorar: autofertilización o autogamia (=cigota; \neq R!); fecundación cruzada

No siempre los hermafroditas simultáneos tienen fecundación cruzada



Hermafroditismo secuencial

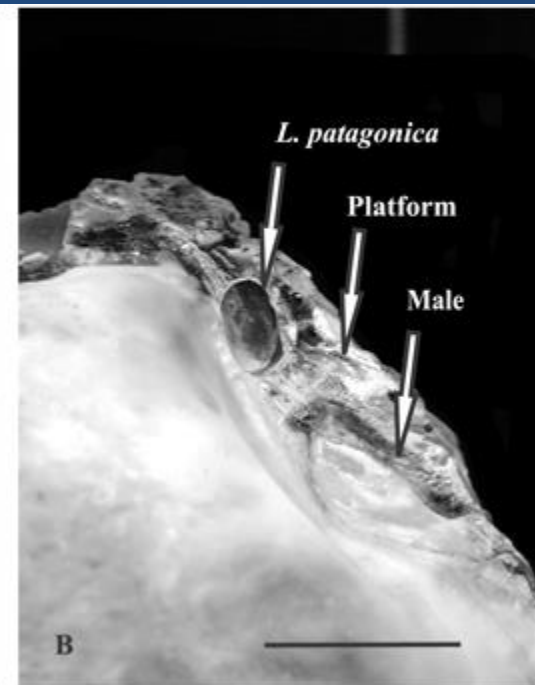
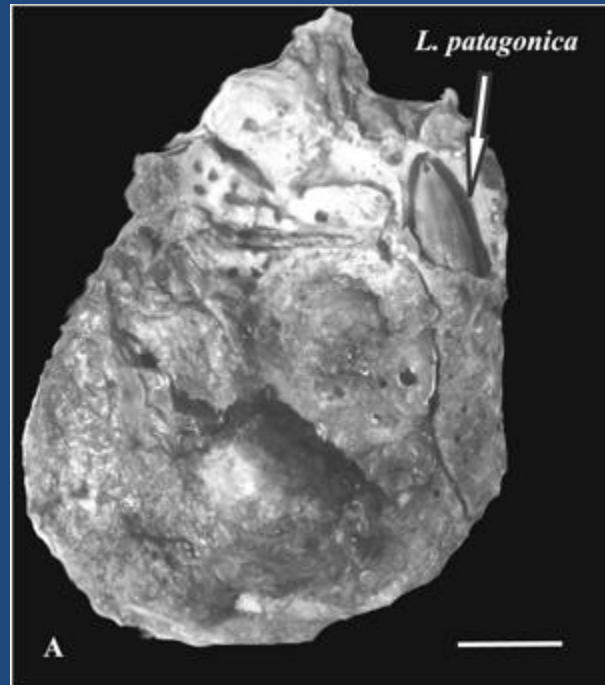
- Proteroginia (primero hembras, luego macho)



▲ **Fig. 46-4. Inversión sexual en un hermafrodita secuencial.** Un lábrido de cabeza azul del Pacífico macho y dos hembras más pequeñas se alimentan de un erizo de mar. Todos los individuos de esta especie nacen con el sexo femenino, pero el pez más antiguo y más grande finaliza su vida como macho.

Hermafroditismo secuencial

- Protandria
- (primero macho, luego hembra); macho enano; neotenia
- Ostras



Hermafroditismo secuencial

Alterna sexo en la pila
según el sexo
del individuo sobre el que
se apoya

- *Crepidula fornicata*
Molusco gasterópodo
(caracol marino)



PARTENOGENÉISIS

“ORIGEN VIRGEN”: desarrollo de un embrión a partir de un **óvulo sin fecundar**

Tipos:

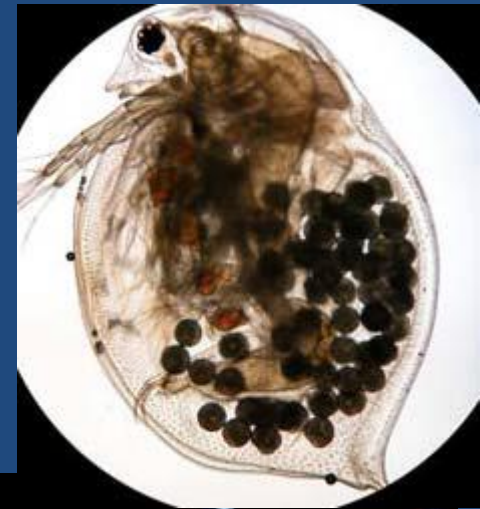
ameiótica: **sin meiosis**, el óvulo se forma por “mitosis”.

Forma “asexual”:

platelmintos, rotíferos, crustáceos, insectos.

Amíctica o Apomíctica

Descendientes son clones del progenitor: los cromosomas complementarios de los progenitores pasan intactos a la descendencia



¿Es asexual entonces la partenogénesis ameiótica o una forma incompleta de reproducción sexual? Es la partenogénesis en general sexual o asexual?

PARTENOGENÉISIS

Meiótica: se forman por meiosis óvulos haploides activados o no por influencia masculina. **Míctica (mayormente Automíctica)**



Algunos peces: hembra inseminada por un macho, el esperma sólo sirve para activar los óvulos. Material genético masculino rechazado antes de entrar al óvulo.



Algunos platelmintos, rotíferos, anélidos, ácaros, insectos: los óvulos haploides empiezan su desarrollo espontáneamente sin que sea necesaria la intervención de los machos para activar los óvulos.



La condición diploide se puede restablecer por duplicación de los cromosomas o por automixis (unión de núcleos haploides de un mismo Individuo y una misma meiosis).



También hay algunos ejemplos en pavos (PERO NO ES LA REGLA EN AVES !!)

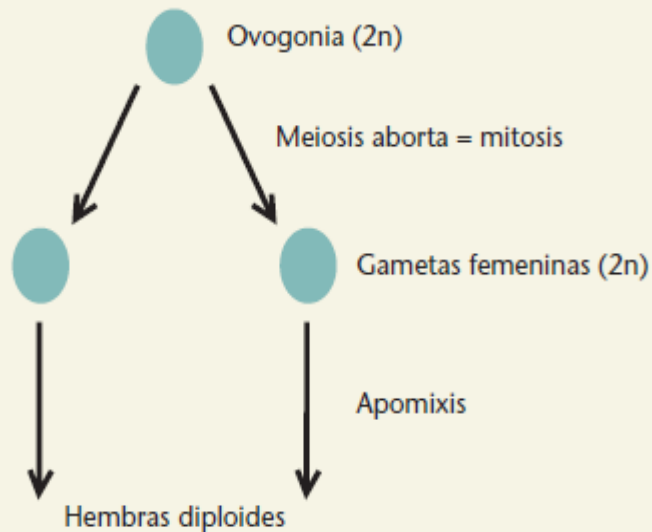


PARTENOGENÉNESIS APOMÍCTICA Y AUTOMÍCTICA

PARTENOGENÉNESIS APOMÍCTICA (APOMIXIS)

Se suprime la división reduccional de la meiosis y solo tiene lugar una división de maduración similar a una mitosis, que da por resultado una gameta femenina con un número cromosómico igual al de las células somáticas ($2n$). Como no existe recombinación por *crossing-over* (intercambio de segmentos entre cromátidas hermanas), los descendientes de hembras apomícticas son clones de sus madres. Los gorgojos exhiben este tipo de partenogénesis.

PARTENOGENÉNESIS APOMÍCTICA



PARTENOGENÉNESIS AUTOMÍCTICA (AUTOMIXIS)

Ocurre una meiosis normal, de modo que la gametogénesis da por resultado cuatro núcleos haploides, y uno de ellos (normalmente el ovocito) se fusiona con un cuerpo polar, restituyéndose así el número diploide en la descendencia. La principal diferencia entre reproducción sexual y automixis es que en la primera hay fertilización por un espermatozoide (anfimixis) y en la segunda se produce una autofecundación (automixis). Este tipo de partenogénesis se ha observado en bichos palos, moscas blancas y polillas.

PARTENOGENÉNESIS AUTOMÍCTICA

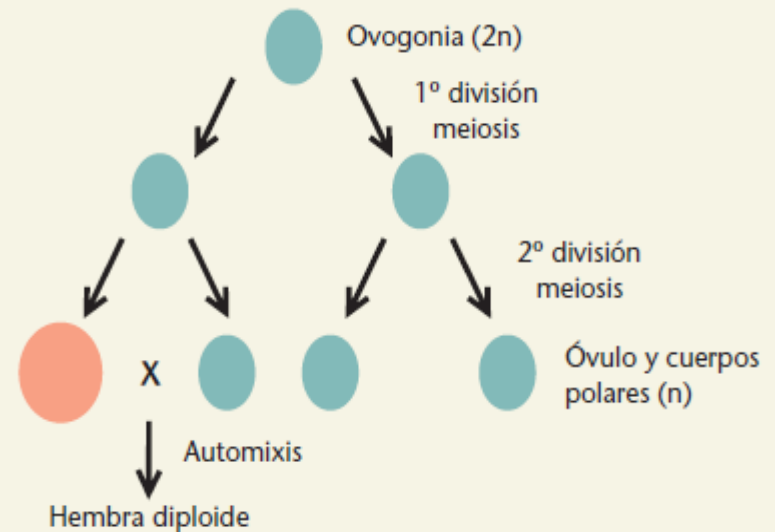


Figura 2. Esquema que ilustra la gametogénesis en organismos con partenogénesis automíctica (con meiosis y autofecundación entre óvulo y un cuerpo polar) y apomíctica (sin meiosis, con gametas femeninas diploides, capaces de producir hembras que son clones de sus madres).

AMEIOTICA

MEIOTICA

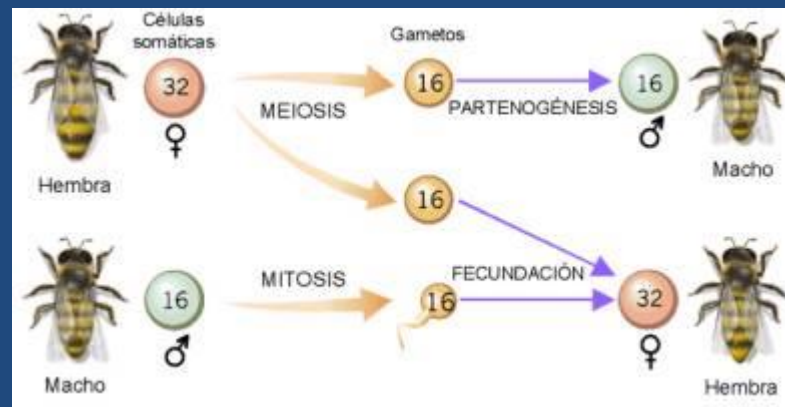
PARTENOGENÉISIS (el caso de las abejas; insectos himenópteros)

Huevos fecundados: hembras diploides (reinas u obreras).

Huevos no fecundados: machos haploides (zánganos).



Nota: Haplodiploidía



PARTENOGENÉISIS

En algunos animales la meiosis está tan modificada que los descendientes de la madre son prácticamente clones. Esto sucede en ciertas poblaciones de lagarto con cola de látigo.

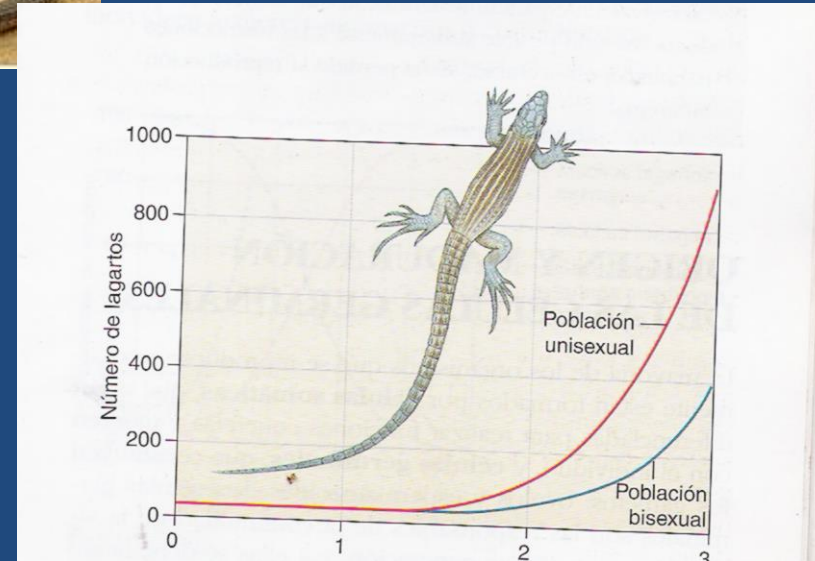


¿Por qué a partir de óvulos y no de espermatozoides?

VENTAJAS: atajo que reduce los pasos necesarios en la reproducción biparental. Evolucionado para solucionar el problema del encuentro entre machos y hembras

DESVENTAJAS: capacidad limitada de recombinación genética si el ambiente cambia bruscamente.

Nota: en reptiles la regla es la reproducción biparental como en el resto de los vertebrados



a) Las dos iguanas de esta fotografía son hembras de *C. uniparens*. La que se encuentra en la parte superior desempeña el papel de macho. Cada dos o tres semanas durante la temporada de reproducción los individuos cambian su papel en la actividad sexual.

Cambio de roles en hembras
Partenogenéticas de algunos lagartos

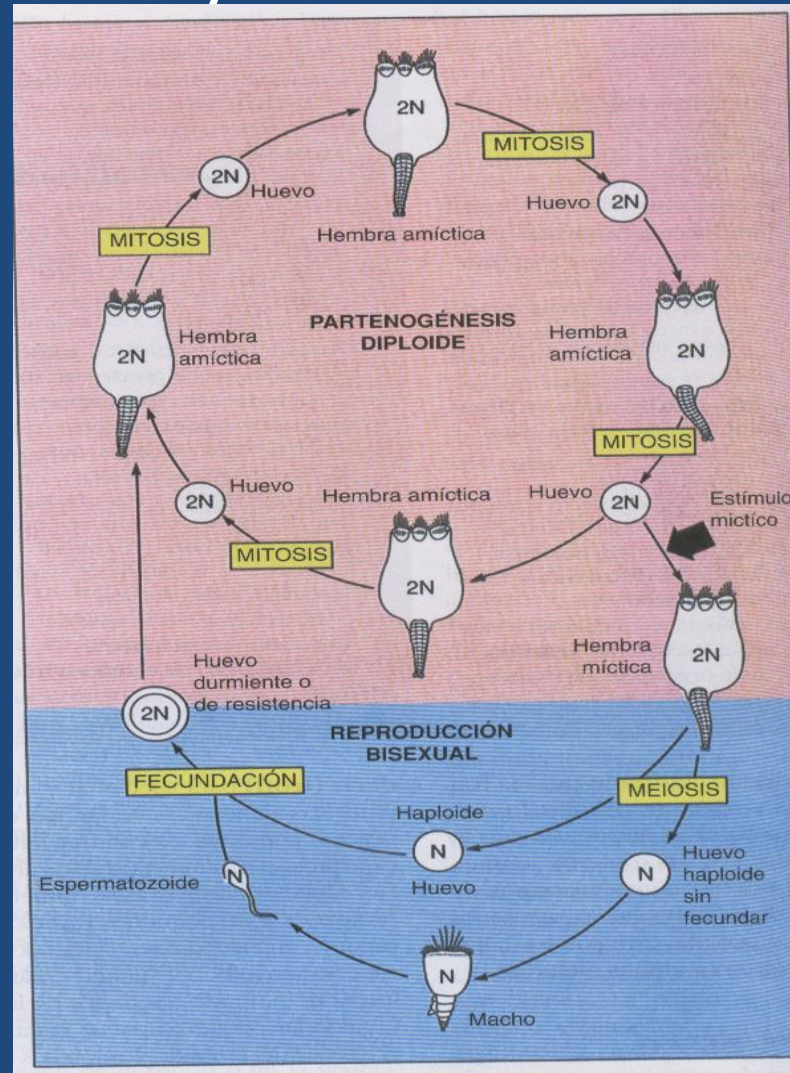
La estacionalidad de los procesos reproductivos

Influencia del ambiente y de la regulación hormonal

Alternancia de ciclos Sexuales y asexuales*

Asexual o partenogénesis ameiotica: buenas condiciones Ambientales

Sexual: condiciones críticas

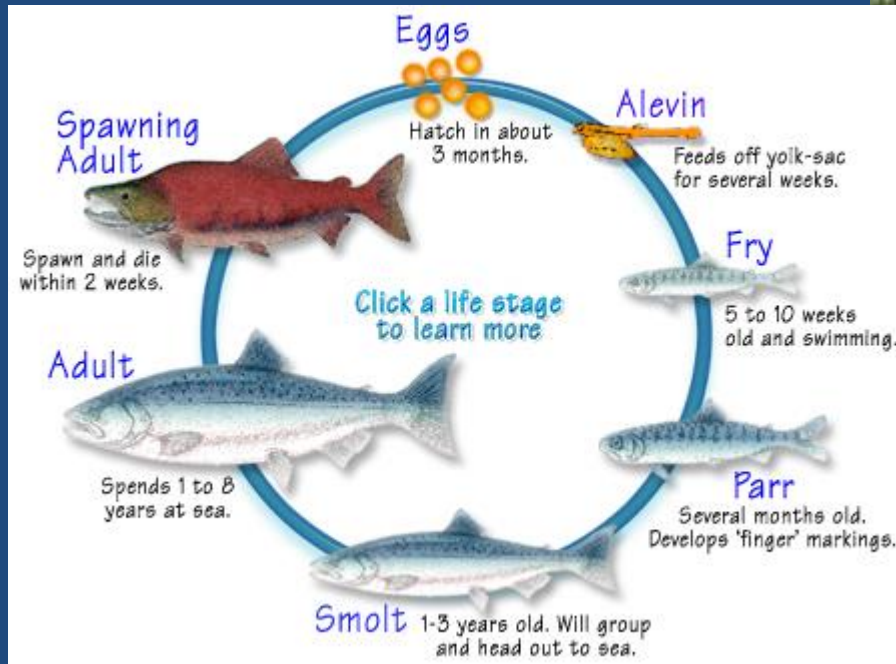


* o biparentales y partenogenéticos; explorar

En general las estaciones reproductivas están coordinadas con condiciones ambientales favorables. Generalmente hay vinculación entre percepción de variables ambientales (receptores) – neurosecreciones y niveles hormonales.

Animales semélparos

(se reproduce 1 sola vez en la vida y luego muere ; Ejemplo
Salmon del Pacífico
Pulpos, calamares, etc.)



Animales iteróparos

- La gran mayoría. Se reproducen en varias o numerosas ocasiones o estaciones reproductivas durante su ciclo biológico

REPRODUCCIÓN SEXUAL

- **VENTAJAS:**

- Separación y recombinación del material genético **asegura la producción de genotipos nuevos** que en tiempos de cambio de las condiciones ambientales **pueden sobrevivir** y reproducirse mientras que otros perecen.
- **Más eficaz que la reproducción asexual en la colonización de nuevos ambientes**
- **(nichos ecológicos distintos)**

- **DESVENTAJAS:**

1. Requiere **más tiempo y energía** que la reproducción asexual
2. Reunión y coordinación de la **pareja reproductora** para sus actividades
3. **“Coste de la meiosis”**: genoma se divide durante la meiosis y sólo pasará a la siguiente generación la mitad de sus genes
4. **Despilfarro en la producción de machos**: muchos no llegan a reproducirse

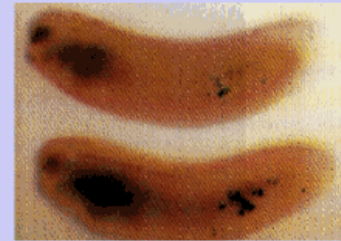
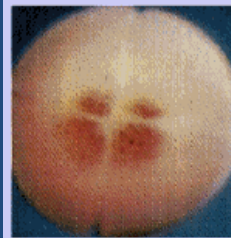
- **CONCEPTO A EXPLORAR: PARADOJA DEL SEXO**

ORIGEN Y MADURACIÓN DE LAS CÉLULAS GERMINALES

- Organismos sexuales:
 - Células somáticas
 - Células germinales:
 - Células germinales primarias: origen en el comienzo del desarrollo embrionario (endodermo o membranas extraembrionarias) y luego emigran a las gónadas.
 - Línea germinal: aseguran la continuidad de las células germinales desde una generación a la siguiente

Origen extragonadal de las Células Germinales Primordiales (CGPs)

- Se originan de anexos extraembrionarios (*región posterior del epiblasto*, en mamíferos), *creciente germinal* (aves y reptiles), *plasma polar* (insectos) y *polo vegetativo* (anfibios).
- Existen técnicas específicas de detección de CGPs (fosfatasa alcalina, Xpat {Xenopus primordial germ cell associated transcript}).



Espermatogénesis

Túbulos seminíferos: células sexuales en diferenciación, cls de Sertoli. Capa externa:

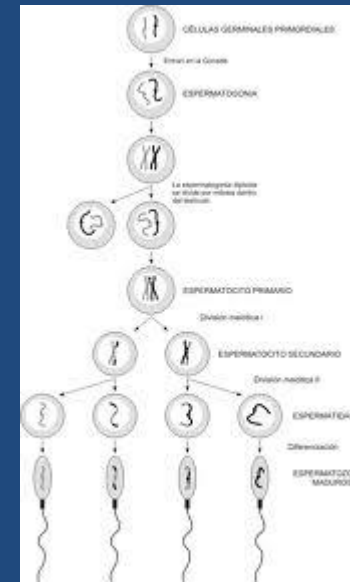
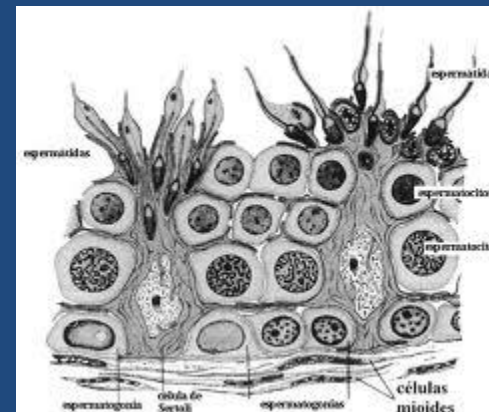
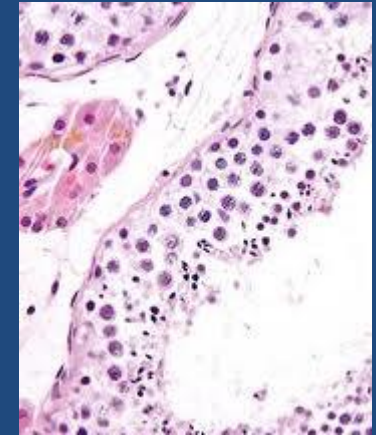
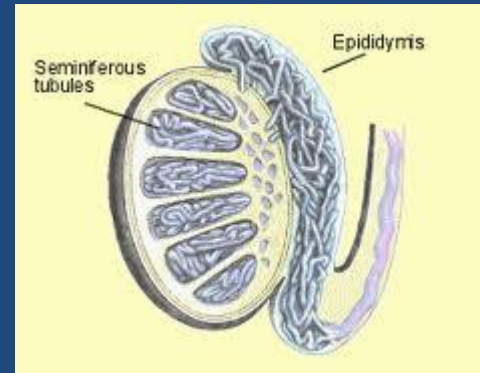
Espermatogonias (2n)

Espermatocito primario (2n)

Espermatocitos secundarios (n)

Espermátidas (n)

Espermatozoides (n)



Espermatogénesis

Espermatozoides:

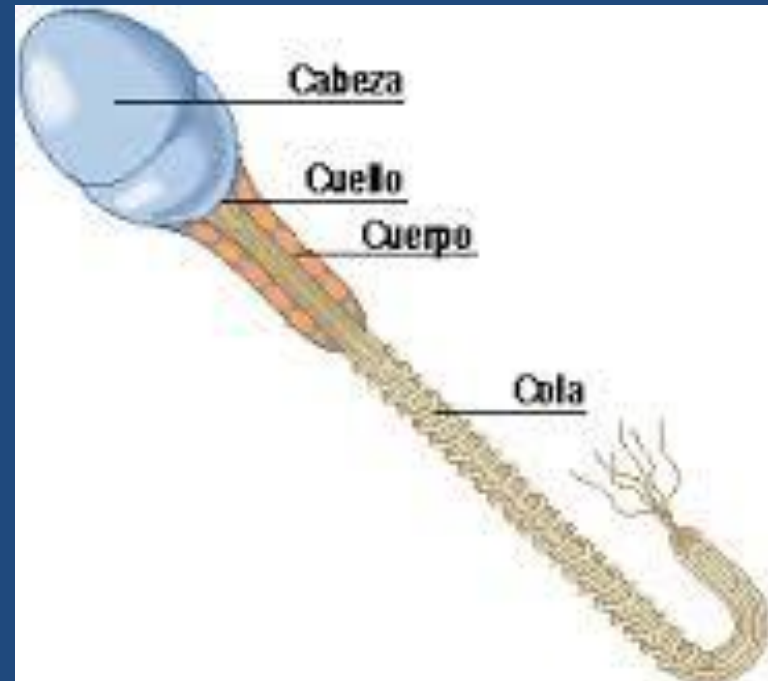
Citoplasma reducido

Condensación del núcleo:
cabeza con acrosoma

Porción intermedia:
mitocondrias

Cola flagelar

En todos los animales de
reproducción sexual el nº de
espermatozoides es
muchísimo mayor que el de
óvulos.



Ovogénesis

Ovogonias (2n)

Ovocitos primarios (2n)

Ovocito secundario (n)- primer cuerpo polar (n)

Ovótida (n)-cuerpo polar (n)

Ovótida (n)- 3 cuerpos polares (n)

Óvulo maduro (n)

Vertebrados y muchos invertebrados:

La meiosis se completa, en el momento de la ovulación (aves y mayoría de mamíferos) o poco antes de la fecundación (invertebrados, peces teleósteos, anfibios y reptiles)

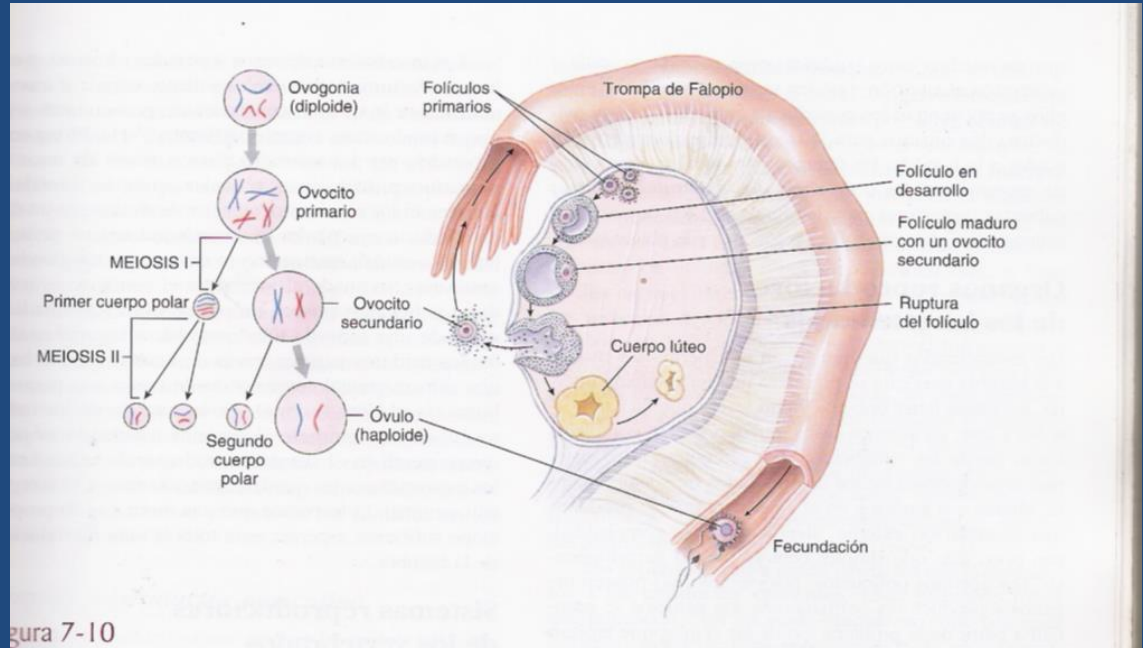
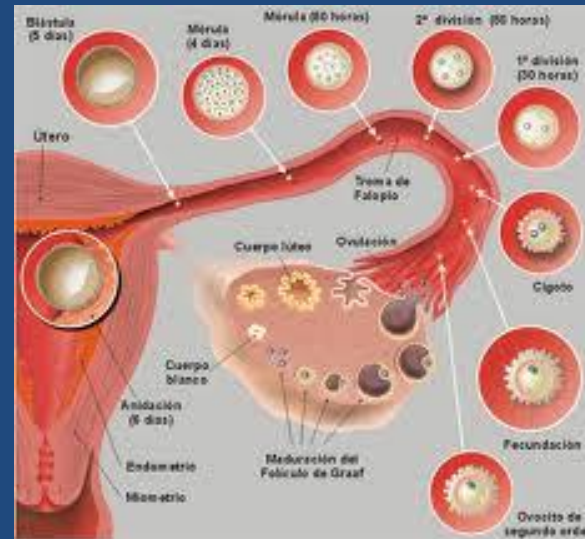
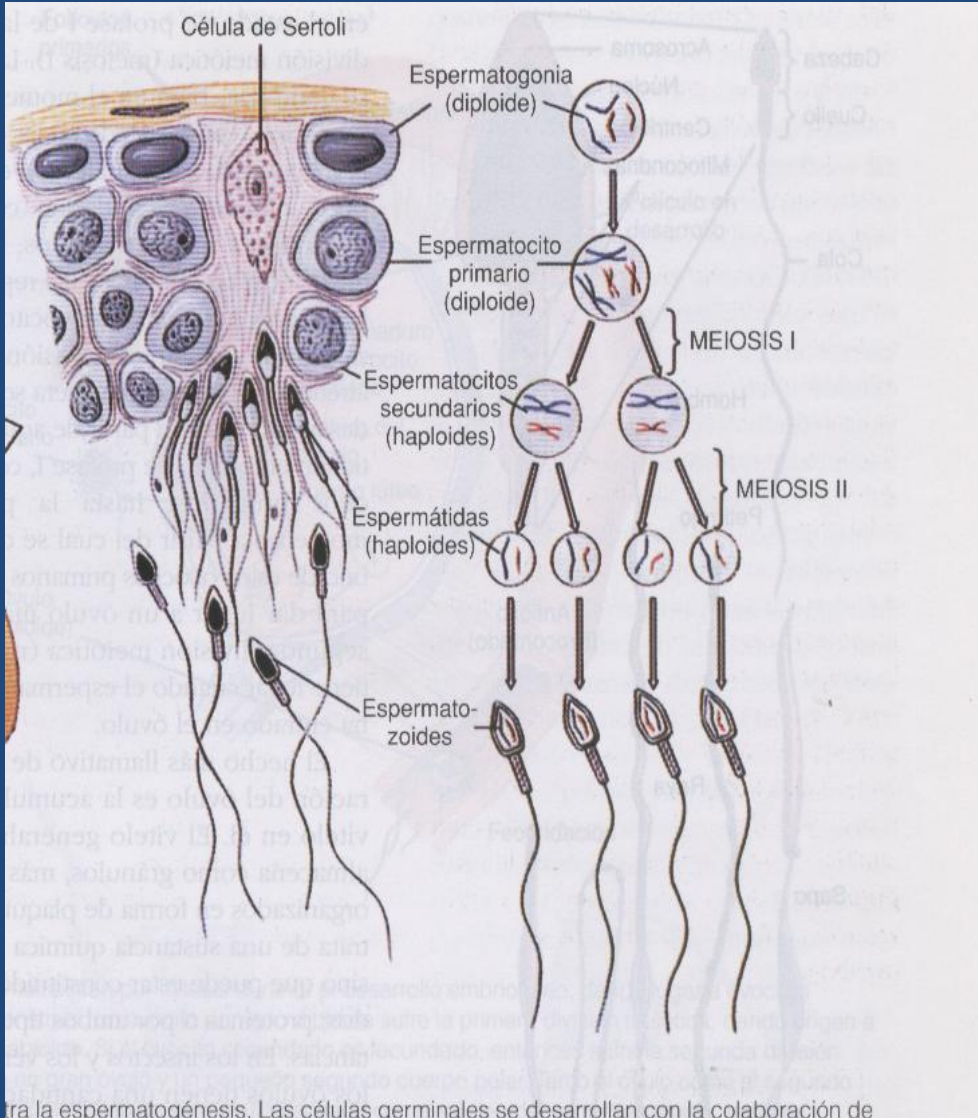


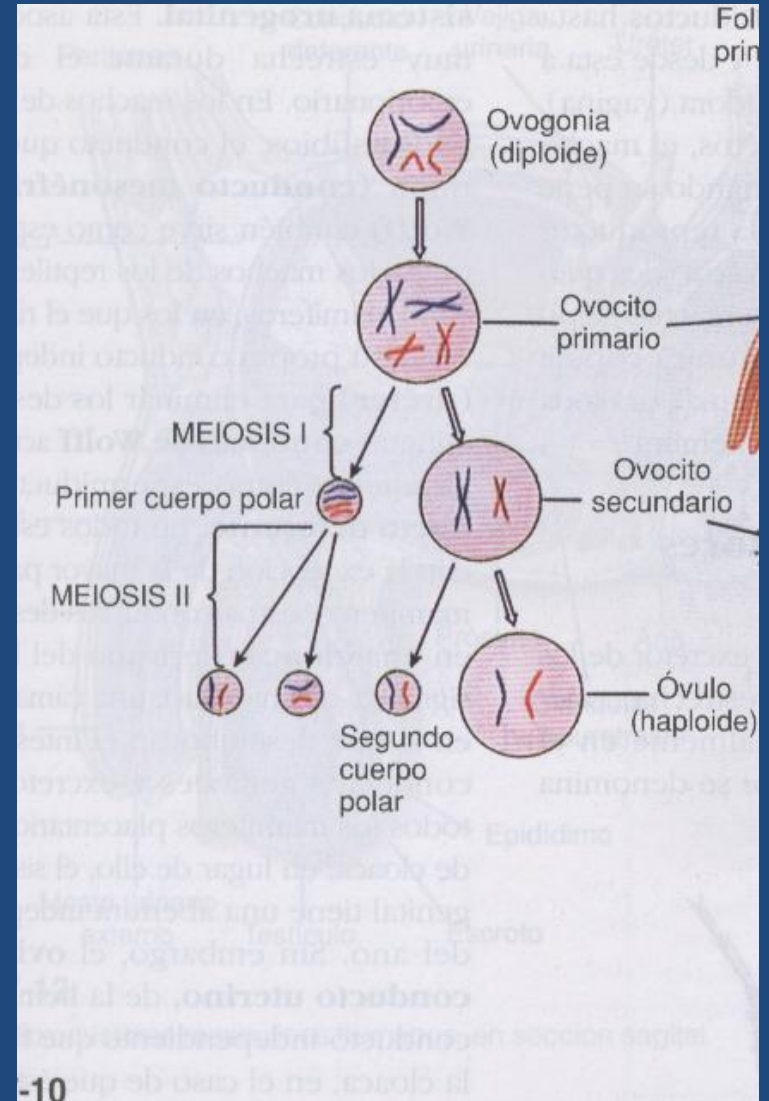
Figura 7-10



Espermatogénesis y ovogénesis



En la espermatogénesis. Las células germinales se desarrollan con la colaboración de



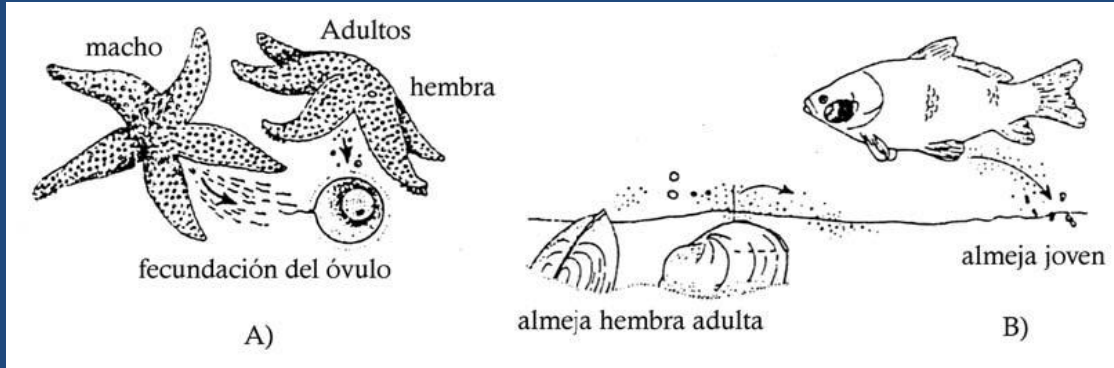
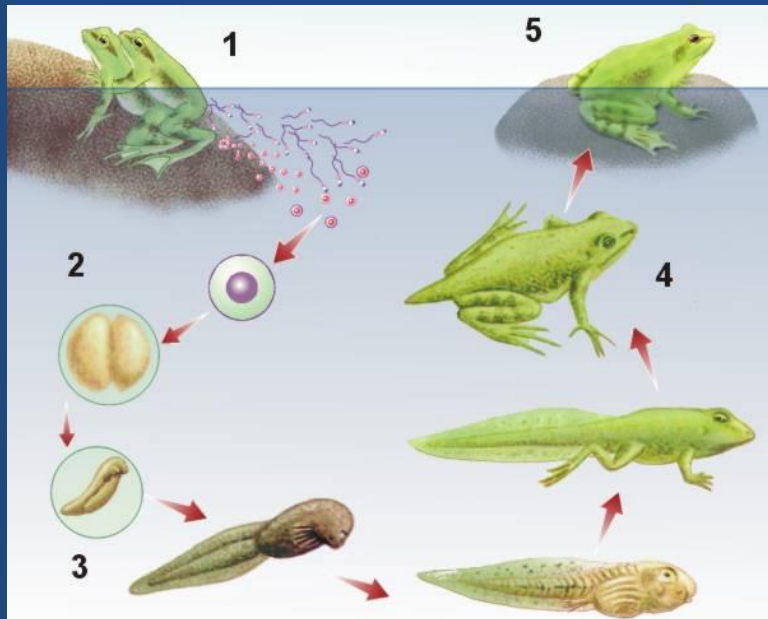
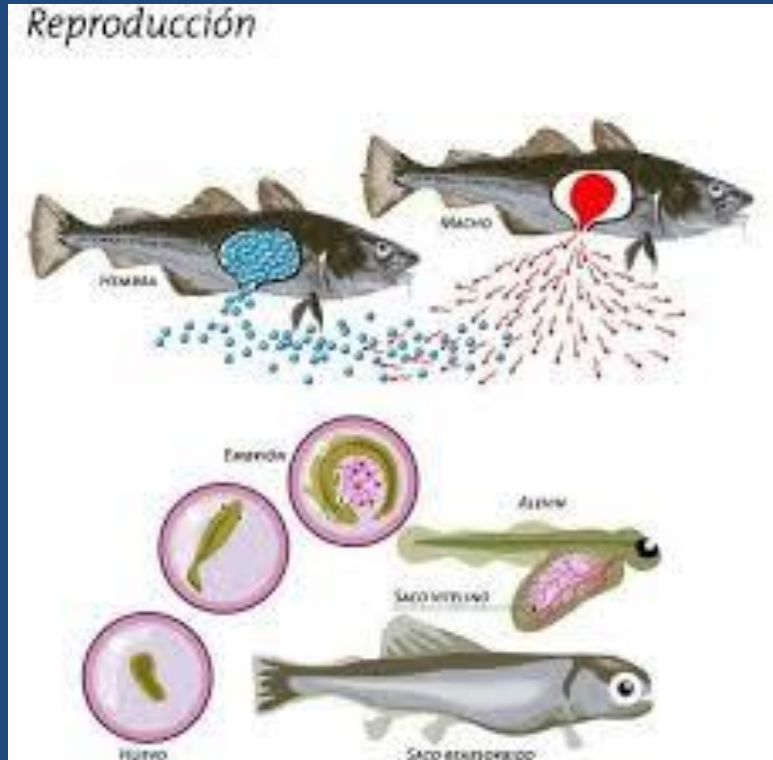
DETERMINACIÓN DEL SEXO

- **Cromosómica :**
 - gran > ría mamíferos (XX-XY; macho heterogamético),
 - aves y mayoría de reptiles (ZW, ZZ; hembra heterogamética),
 - peces: XO, XY, ZW y otros
 - Anfibios: no hay cromosomas sexuales; control genético
 - Insectos: varios tipos; cucarachas , langostas , moscas: similar a mamíferos
 - Himenópteros sociales (abejas , avispas); haplodiploidía
 - Cromosomas supernumerarios: algunos insectos, etc.
- **No cromosómica o no genética estrictamente**
 - Muchos peces y reptiles carecen de cromosomas sexuales; género determinado por otros factores: temperatura o comportamiento
 - Temperatura de incubación en nido: porcenta muchas tortugas, algunos lagartos
 - Estímulos sociales: peces hermafroditas
 - Polución
 - Equiúridos (*Bonellia sp*)
 - *Crepidula fornicata*.
 - Otros ejemplos



Bonellia viridis

Fecundación Externa



FECUNDACIÓN INTERNA

Fecundación dentro de la hembra;
generalmente en alguna
porción especializada o no del oviducto

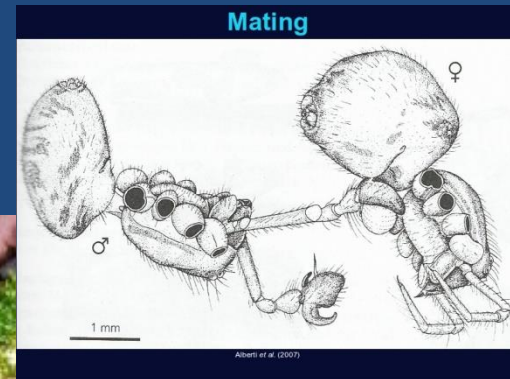
Órganos copuladores (penes, hemipenes)
(trans f.directa)

Espermatóforos (transferencia indirecta)

Impregnación (transferencia indirecta)

Yuxtaposición de cloacas
(Mayoría de aves; transf. directa)

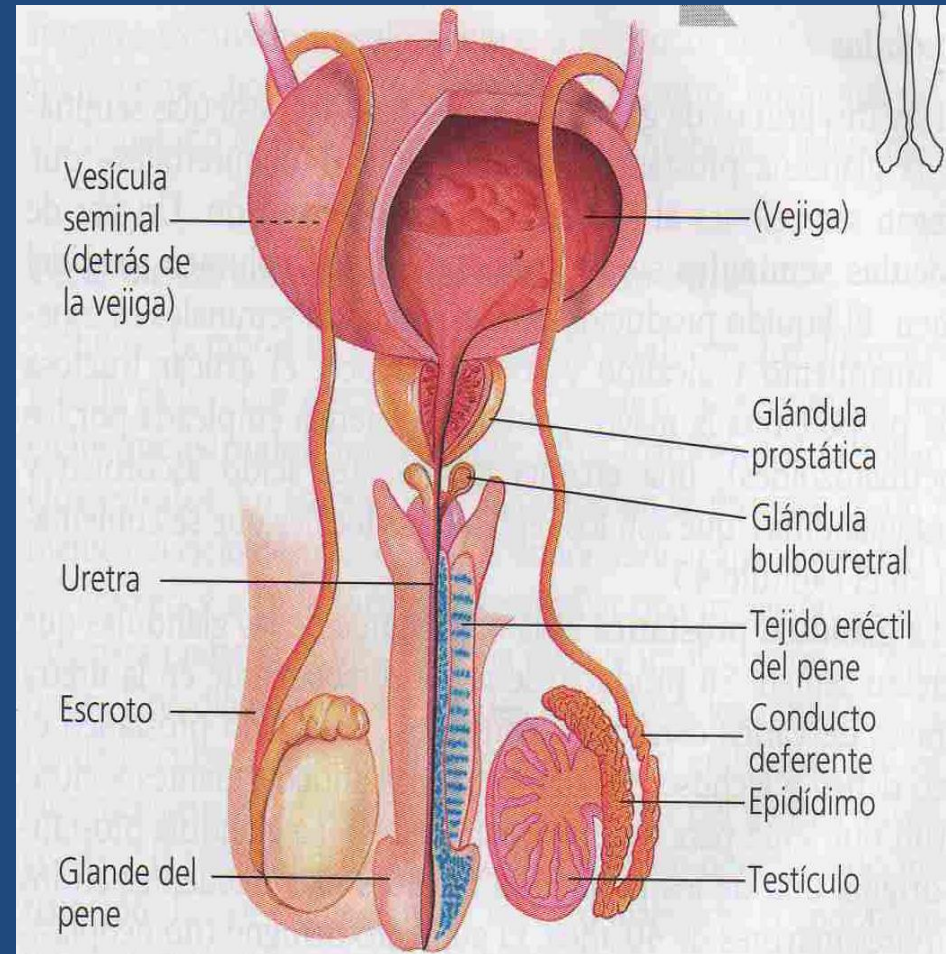
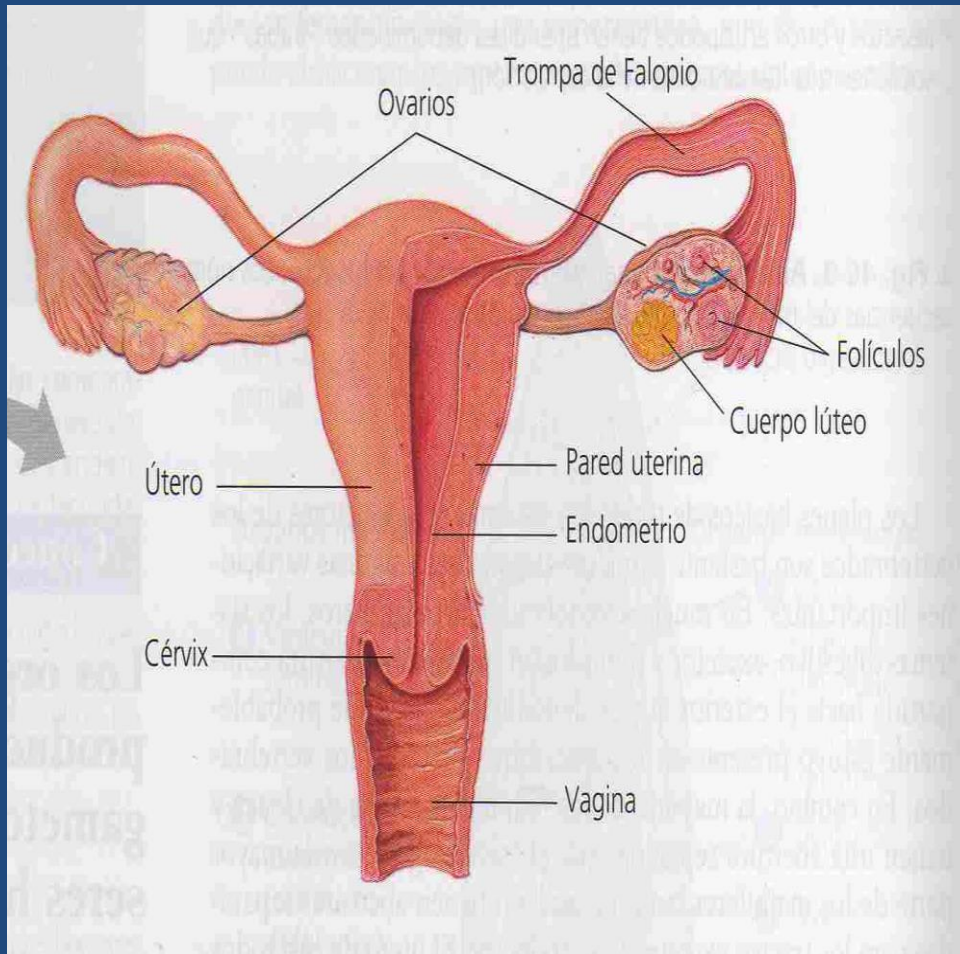
ETC.



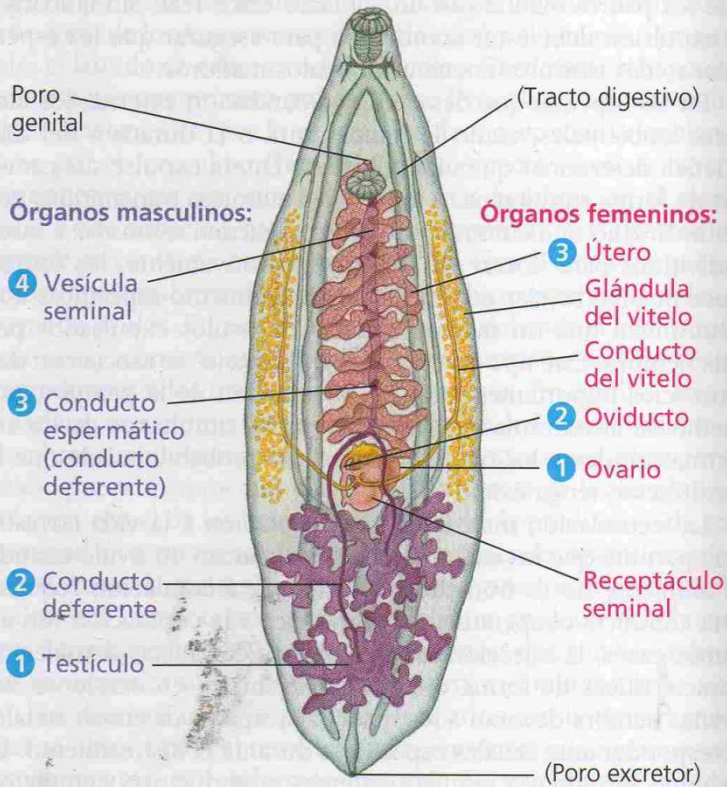
ESTRUCTURA DE LOS ORGANOS REPRODUCTORES

- Estructura semejante en todos los animales sexuales
- Órganos reproductores animales sexuales:
 - Órganos primarios: gónadas: óvulos, espermatozoides, hormonas sexuales
 - Órganos accesorios: ayudan a las gónadas en los procesos de formación y liberación de gametos. Protección al embrión
 - Gonoductos (espermiductos, oviductos)
 - Órganos para almacenamiento de espermatozoides o vitelo
 - Órganos para formar cubiertas protectoras de los huevos
 - Órganos nutritivos: glándulas vitelógenas, placenta

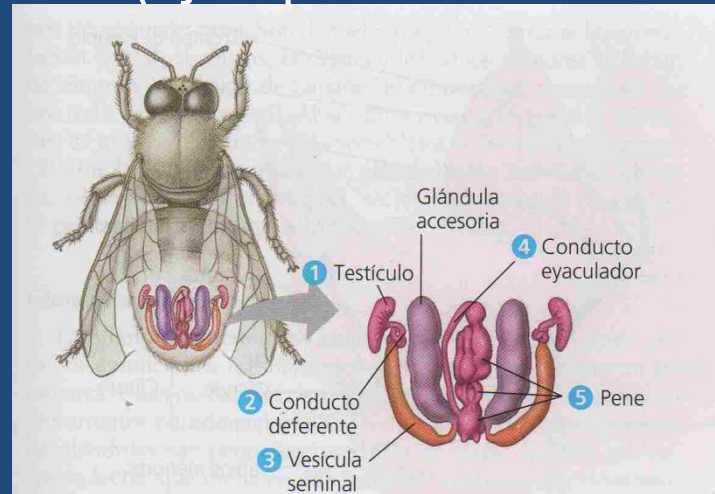
Anatomía del aparato reproductor (ejemplo en mamíferos)



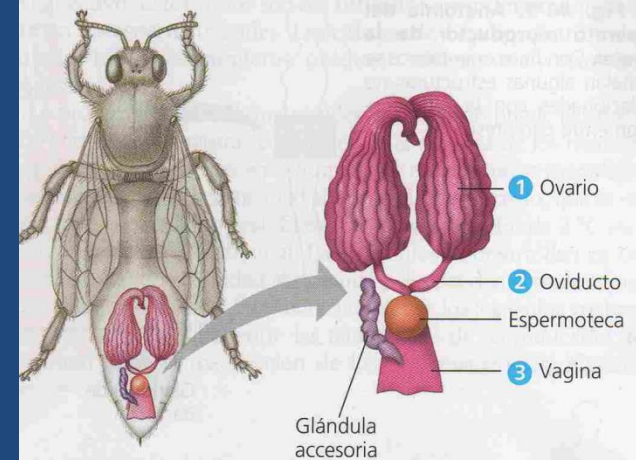
Anatomía del aparato reproductor (ejemplos en invertebrados)



▲ Fig. 46-7. Anatomía del aparato reproductor de un gusano plano parásito. La mayoría de los gusanos planos (filo Platyhelminthes) son hermafroditas. Tanto el sistema reproductor masculino como el femenino se exteriorizan a través del poro genital. Los espermatozoides se producen en los testículos y transcurren por los conductos ilustrados con la secuencia numerada hacia la vesícula seminal, que los almacena. Durante la copulación, los espermatozoides son eyaculados dentro del sistema femenino (por lo general, de otro individuo) y luego atraviesan el útero para ingresar en el receptáculo seminal. Los óvulos del ovario ingresan en el oviducto, donde son fertilizados por los espermatozoides provenientes del receptáculo seminal y cubiertos por el vitelo y el material secretado por las glándulas del vitelo. Desde el oviducto, los óvulos fecundados entran en el útero y luego salen del cuerpo.



(a) Abeja obrera macho. Los espermatozoides se forman en los testículos, atraviesan el conducto espermático (conducto deferente) y se almacenan en la vesícula seminal. El macho eyacula los espermatozoides con el líquido de las glándulas accesorias (los machos de algunas especies de insectos y otros artrópodos tienen apéndices denominados "trabas" que sostienen a la hembra durante la copulación).



(b) Abeja obrera hembra. Los óvulos se desarrollan en los ovarios y luego se dirigen a los oviductos y la vagina. Un par de glándulas accesorias (solo se ilustra una de ellas) agregan secreciones que protegen a los óvulos en la vagina. Después del apareamiento, los espermatozoides se almacenan en la espermatoteca, que es una cavidad conectada con la vagina a través de un conducto corto.

MODELOS DE DESARROLLO

- OVÍPAROS
- OVOVIVÍPAROS
- VIVÍPAROS

OVÍPAROS

Depositán sus huevos en el medio en que viven.

Fecundación interna

Fecundación externa

Algunos abandonan sus huevos al azar

Otros proporcionan cuidados especiales

Invertebrados (la gran mayoría)

Vertebrados (mayoría menos mamíferos)

Ejemplos

Animales ovíparos



El periquito

Rosa F.



OVOVIVÍPAROS

Retención de huevos en el cuerpo.
Embrión recibe todo el alimento a partir del vitelo almacenado en el interior del huevo.

Invertebrados

- Algunos Anélidos
- Algunos Escorpiones
- Algunos Insectos
- Algunos Moluscos , etc.
- Algunos Equinodermos

Vertebrados

- Algunos Anfibios
- Algunos Peces óseos
- Algunos Tiburones
- Algunos Reptiles



VIVÍPAROS

Nacidos vivos

Huevo se desarrolla en oviducto o en útero. El embrión obtiene los alimentos directamente de la madre.

Conexión anatómica entre el embrión y la madre

Fecundación interna

Mamíferos

Peces Elasmobranquios: algunos

Anfibios: algunos

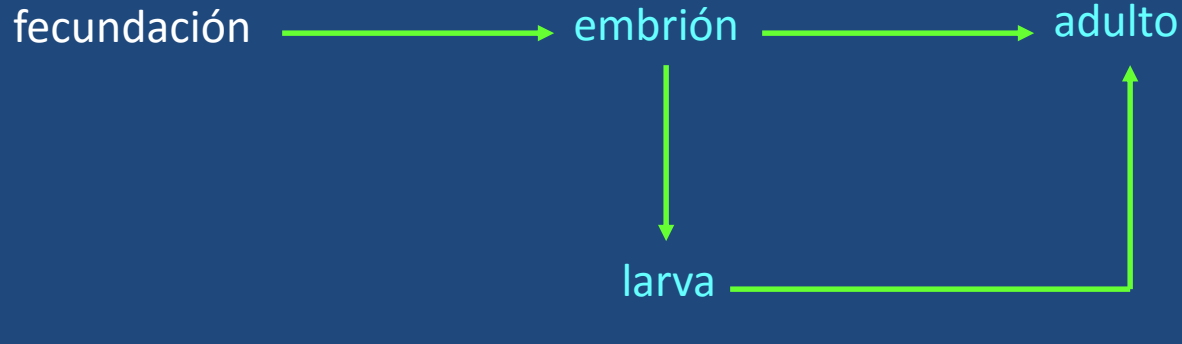
Reptiles: algunos



Embriología animal

Modelos de desarrollo

Reproducción gamética

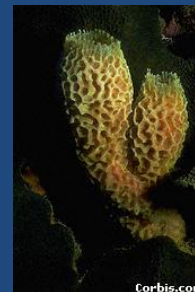


Desarrollo Directo

Desarrollo Indirecto
(metamorfosis)

Reproducción vegetativa

adulto → adulto



Nota: explorar relación
con Ovíparos,
Ovovivíparos y
vivíparos

Concepto:

Los procesos reproductivos son controlados hormonalmente con diferentes niveles de complejidad en la gran mayoría de los animales (se verán ejemplos en sistema endocrino)

- Algunos términos para ir cerrando :
- Gemelos monozigóticos
- Gemelos dizigóticos
- Poliembrionía
- Cuidados parentales
- Crías Precociales y altriciales
- Monogamia, poligamia, poliginia, poliandria.