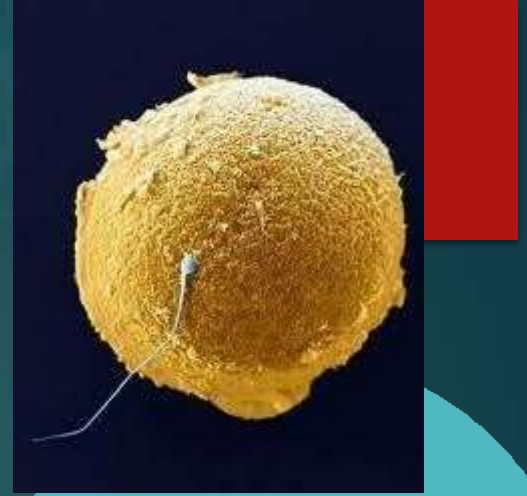
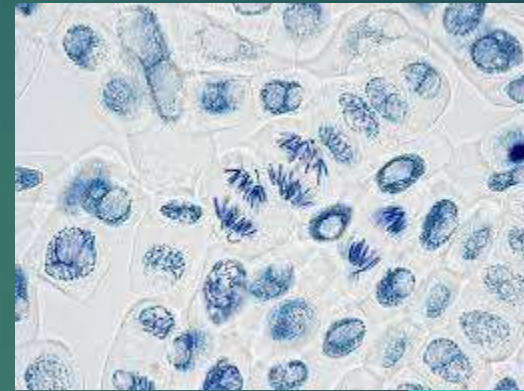
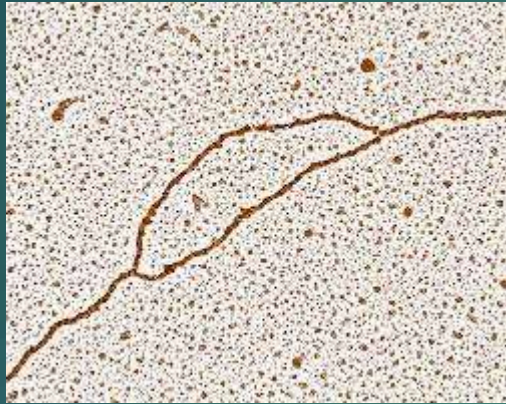




LA CONTINUIDAD DE LA VIDA ANIMAL

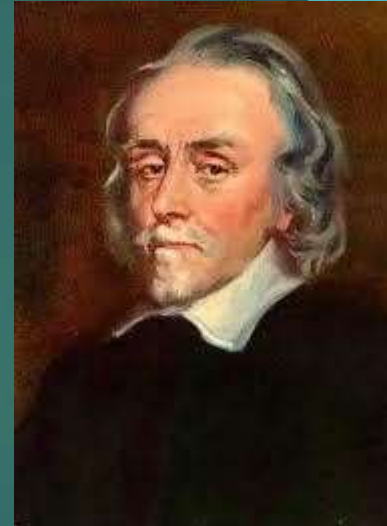
LA NATURALEZA DEL PROCESO REPRODUCTOR

Los sistemas vivos pueden autoreproducirse



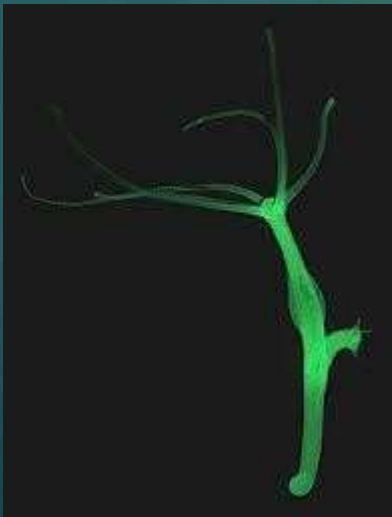
“Omne vivum ex ovo” (Harvey 1651)
“Todo ser vivo procede del desarrollo de un huevo”

- ▶ Dos afirmaciones intuitivas:
 1. Todo ser vivo procede del desarrollo de un huevo
 2. Huevos inician su desarrollo por algún tipo de influencia debida al semen



TIPOS FUNDAMENTALES DE REPRODUCCIÓN ANIMAL

Reproducción asexual



Reproducción sexual



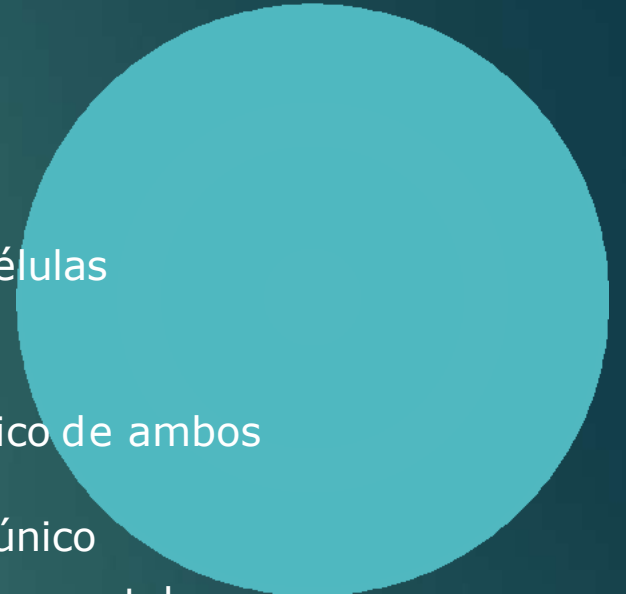
TIPOS FUNDAMENTALES DE REPRODUCCIÓN

Reproducción Asexual

- ▶ Un progenitor, sin órganos ni células reproductoras especiales
- ▶ Copias genéticamente idénticas
- ▶ Producción simple, directa y rápida
- ▶ En individuos haploides, las mutaciones se manifiestan inmediatamente

Reproducción Sexual

- ▶ Dos progenitores
- ▶ Cada progenitor aporta células germinales o gametos
- ▶ Fecundación
- ▶ Zigoto con material genético de ambos progenitores
- ▶ Individuo genéticamente único
- ▶ Recombinación de rasgos parentales: multiplica variaciones y permite la existencia de procesos evolutivos ricos y diversificados
- ▶ A menudo la mutación de un gen no se expresa inmediatamente ya que puede quedar enmascarada por su pareja normal en el cromosoma homólogo



REPRODUCCIÓN ASEXUAL

REPRODUCCIÓN SIN GAMETOS

3500 millones de años

- ▶ Producción de individuos sin gametos
- ▶ Incluye distintos procesos donde no interviene el sexo ni es necesaria una pareja
- ▶ Todos los descendientes tienen el mismo genotipo y se denominan **clones**

REPRODUCCIÓN ASEXUAL

- ▶ Bacterias y Eucariontes unicelulares*
- ▶ Cnidarios
- ▶ Briozoos
- ▶ Anélidos
- ▶ Equinodermos
- ▶ Hemicordados
- ▶ Inexistente en vertebrados

*no son animales



REPRODUCCIÓN ASEXUAL

PRINCIPALES TIPOS

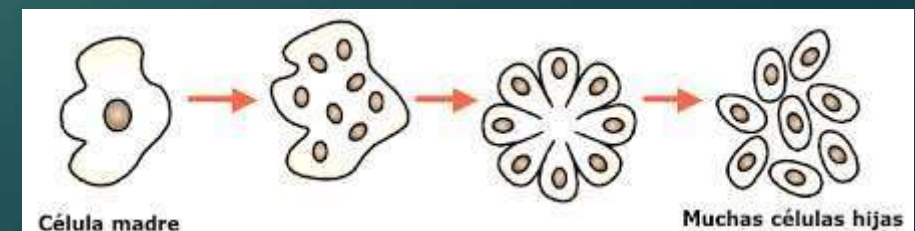
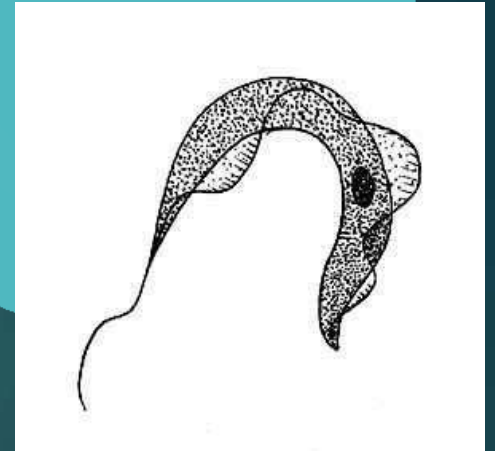
- ▶ División: binaria o múltiple
- ▶ Gemación
- ▶ Gemulación
- ▶ Fragmentación



REPRODUCCIÓN ASEXUAL

DIVISIÓN

- ▶ **DIVISIÓN BINARIA**
- ▶ Común en bacterias y protozoos
- ▶ El cuerpo del progenitor se divide por mitosis en dos partes iguales
- ▶ Longitudinal: protozoos flagelados, *Tripanosoma*
- ▶ Transversal: ciliados
- ▶ **DIVISIÓN MÚLTIPLE**
- ▶ El núcleo se divide repetidamente antes de la división del citoplasma originando numerosas células hijas
- ▶ Esporogonia: formación de esporas. Común entre algunos protozoos parásitos. *Plasmodium vivax*: malaria



REPRODUCCIÓN ASEXUAL GEMACIÓN



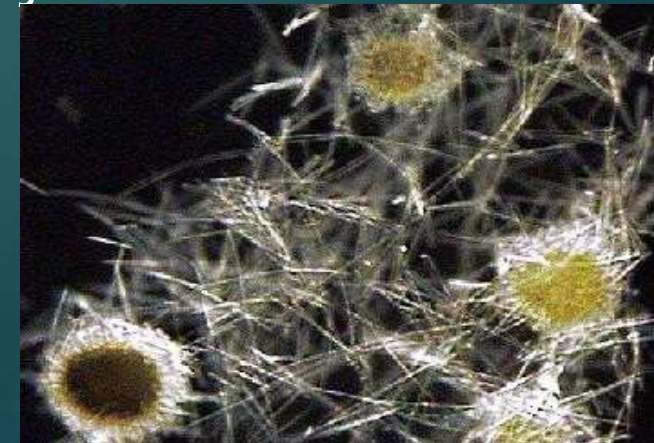
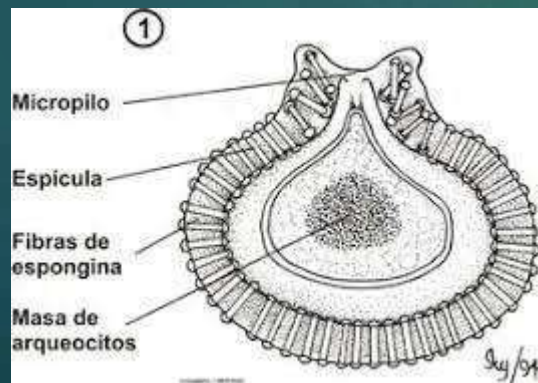
- ▶ División desigual del organismo
- ▶ Nuevo individuo surge como una saliente desde el progenitor, desarrolla órganos semejantes al progenitor y luego se separa de él.
- ▶ Especialmente importante en Cnidarios. Ej: *Hydra sp*

REPRODUCCIÓN ASEXUAL

GEMULACIÓN



- ▶ Formación de un nuevo individuo a partir de una gémula
- ▶ Gémula: agregado de células rodeadas por una cápsula resistente
- ▶ En muchas esponjas de agua dulce, las gémulas se producen durante el otoño y soportan el invierno en el interior del cuerpo, seco o congelado de su progenitor
- ▶ Al llegar la primavera, las células internas de la gémula se activan, salen de la cápsula y crecen hasta formar una nueva esponja



REPRODUCCIÓN ASEXUAL

FRAGMENTACIÓN

- ▶ Un animal pluricelular puede romperse en uno o varios fragmentos, cada uno de los cuáles es capaz de convertirse en un individuo completo.
- ▶ Muchos invertebrados se rompen en dos y cada fragmento regenera las partes perdidas.
- ▶ Anémonas y muchos hidozoos
- ▶ En algunas especies de estrellas de mar



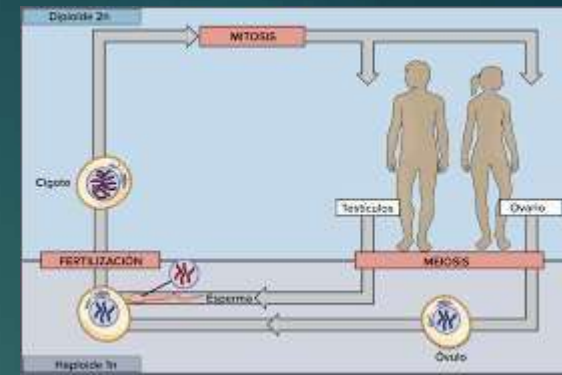
REPRODUCCIÓN SEXUAL:

reproducción a partir de gametos

- ▶ Producción de nuevos individuos a partir de gametos.
- ▶ Tipos:
 - ▶ Biparental: la más común, implica participación de dos individuos distintos
 - ▶ Hermafroditismo
 - ▶ Partenogénesis



REPRODUCCIÓN SEXUAL Biparental



- ▶ *Producción de descendientes formados a partir de la unión de gametos procedentes de dos progenitores genéticamente distintos*
- ▶ Los descendientes poseerán un genotipo diferente del de sus padres
- ▶ Progenitores de diferente sexo: macho y hembra
- ▶ Cada progenitor tiene su propio sistema reproductor y forma solamente un tipo de células sexuales: espermatozoides u óvulos, pero nunca ambos
- ▶ Casi todos los vertebrados y mayoría de invertebrados tienen sexos separados: **dioicos**
- ▶ Óvulos: son grandes (almacenan sustancias alimenticias), inmóviles y relativamente escasos
- ▶ Espermatozoides: pequeños (paquete de material genético), móviles y muy abundantes

REPRODUCCIÓN SEXUAL

Biparental

▶ **Meiosis:**

- ▶ Dos divisiones nucleares especiales seguidas de dos divisiones celulares consecutivas
- ▶ Los Resultado: cuatro células hijas, cada una de las cuáles sólo tiene un miembro de cada pareja de cromosomas homólogos (número haploide de cromosomas)

▶ **Fecundación**

- ▶ Los dos gametos haploides se unen para restaurar la cantidad normal de cromosomas (diploide) propia de la especie

▶ **Zigoto**

- ▶ La nueva célula (zigoto) se divide por mitosis y tiene el mismo número de cromosomas que cada progenitor y porta una recombinación de las características de los parentales

▶ **Recombinación génica: característica más importante de la reproducción sexual**

REPRODUCCIÓN SEXUAL

Hermafroditismo

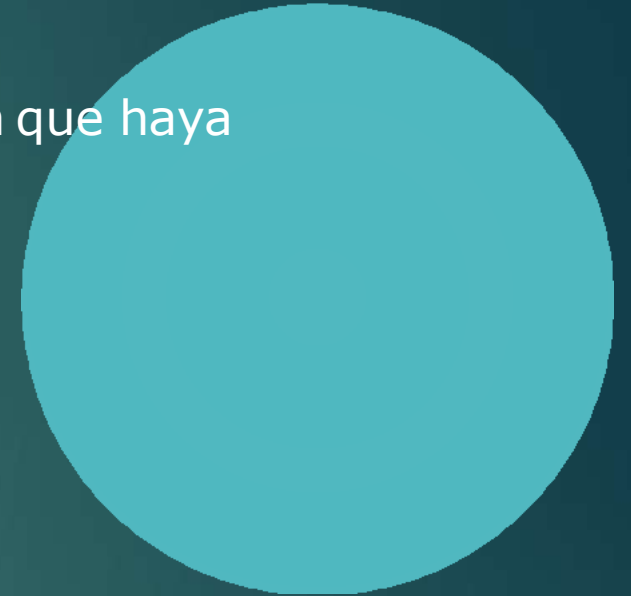
- ▶ Hermafrodita: animales con órganos masculinos y femeninos en un mismo individuo (monoico)
- ▶ La gran mayoría evita la autofecundación
- ▶ Ventaja: todos los individuos producen huevos
- ▶ En Invertebrados sésiles, excavadores o endoparásitos. Mayoría de los platelmintos, algunos hidroideos y anélidos. Todos los cirrípedos y gasterópodos pulmonados
- ▶ Hermafrodita secuencial: sufre durante su vida un cambio de sexo programado genéticamente. Ejemplo: en peces lábridos



REPRODUCCIÓN SEXUAL

Partenogénesis ("origen virgen")

- ▶ Desarrollo de un embrión a partir de un óvulo sin fecundar o sin que haya unión de los pronúcleos masculino y femenino
- ▶ Tipos:
 - ▶ Partenogénesis Ameiótica
 - ▶ Partenogénesis Meiótica



REPRODUCCIÓN SEXUAL

Partenogénesis Ameiótica

- ▶ Sin meiosis, el óvulo se forma por mitosis
 - ▶ Descendientes son clones del progenitor, ya que al no haber meiosis, los cromosomas complementarios de los progenitores pasan intactos a la descendencia
 - ▶ Algunos platelmintos, rotíferos, crustáceos, insectos: áfidos, cochinillas

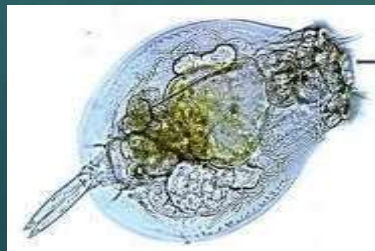


REPRODUCCIÓN SEXUAL

Partenogénesis meiótica



- ▶ Se forman por meiosis óvulos haploides que pueden, o no, ser activados por influencia masculina
 - ▶ En algunos peces la hembra puede ser inseminada por un macho, pero el esperma sólo sirve para activar los óvulos y el material genético masculino es rechazado antes de haber entrado en el óvulo
 - ▶ En varias especies de platelmintos, rotíferos, anélidos, ácaros e insectos, los óvulos haploides empiezan su desarrollo espontáneamente
 - ▶ La condición diploide se puede reestablecer por duplicación de los cromosomas o por unión de núcleos haploides



REPRODUCCIÓN SEXUAL

Partenogénesis meiótica

- ▶ Una variante de este tipo de partenogénesis se da en muchas abejas, avispa y hormigas.
- ▶ En las abejas, la reina produce unos óvulos que necesitan ser fecundados y otros que no. Los huevos fecundados darán lugar a hembras diploides (reinas u obreras) y los no fecundados se desarrollarán partenogenéticamente dando machos haploides (zánganos)
- ▶ Este tipo de determinación del sexo se conoce como **Haplodiploidia**
- ▶ En algunos animales la meiosis está tan modificada que los descendientes son clones de la madre. Lagartos con cola de látigo (gn *Aspidoscelis* y gn *Cnemidophorus*)



PARTENOTES EN MAMÍFEROS

- Estudios del desarrollo ovárico en mamíferos sugieren que la partenogénesis ocurre, pero que las células resultantes (partenotes) no se desarrollan en la descendencia
- En ratones, ratas y conejos, los partenotes forman un pequeño grupo de células madre pluripotentes, células capaces de desarrollarse en cualquier tipo celular. Hallazgos similares en humanos podrían, proporcionar células madre para uso terapéutico, reemplazando células defectuosas o moribundas en enfermedades como la insuficiencia cardíaca, la diabetes, la enfermedad de Parkinson y las lesiones de la médula espinal.

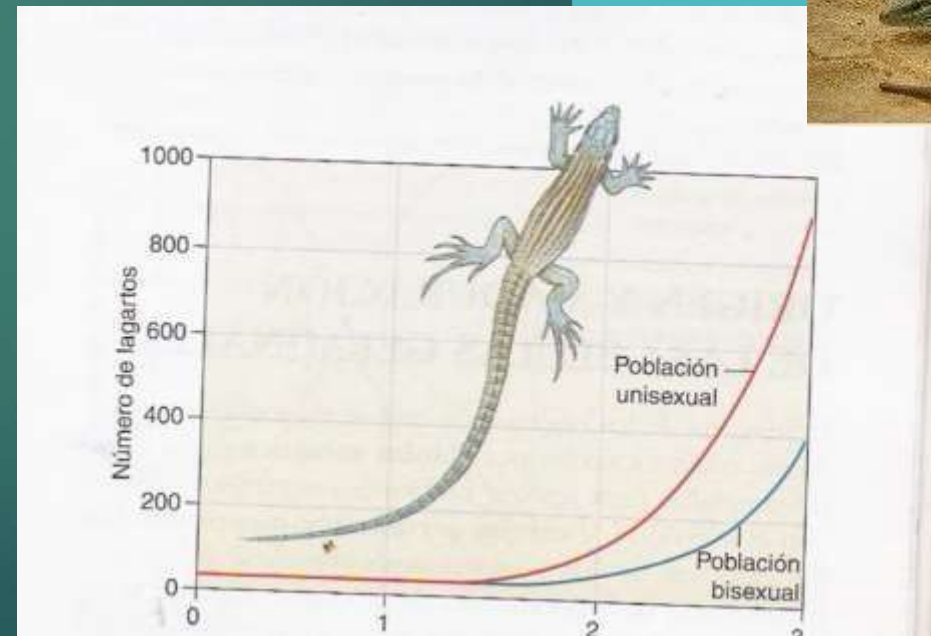
¿Por qué los animales que se reproducen sexualmente son más que los que lo hacen asexualmente?

- ▶ La reproducción sexual es complicada: requiere más tiempo y gasta mucha más energía que la reproducción asexual
- ▶ La pareja reproductora tiene que reunirse y coordinar sus actividades para tener descendencia
- ▶ Costo de la meiosis: una hembra que se reproduzca asexualmente transmite la totalidad de sus genes a sus descendientes, pero si se reproduce sexualmente, su genoma tiene que dividirse durante la meiosis y solo pasará a la siguiente generación la mitad de sus genes
- ▶ Costo de la producción de machos: muchos machos no llegan a reproducirse y consumen recursos que podrían utilizar las hembras.

¿Por qué los animales que se reproducen sexualmente son más que los que lo hacen asexualmente?

Lagarto cola de látigo: ventaja de la partenogénesis

En condiciones similares de laboratorio, la población unisexual crece más rápidamente, ya que todos los individuos unisexuales (hembras) ponen huevos, mientras que el 50% de los lagartos bisexuales lo hace



Si el coste de la reproducción sexual es importante,
entonces....¿por qué tal despilfarro?

► Ventajas

- Separación y recombinación del material genético asegura la producción de genotipos nuevos: potencialmente útil en *tiempos de cambio de las condiciones ambientales*
- Numerosas pruebas que la reproducción sexual es más eficaz cuando en la colonización de nuevos ambientes éstos se van saturando y aumenta la competencia de las especies por los recursos
- A una escala geológica de tiempo, las estirpes asexuales, debido a que carecen de variabilidad genética son más propensas a la extinción que las estirpes sexuales

Claramente el coste de la reproducción sexual es importante, entonces....¿por qué tal despilfarro?

► Ventajas

- Separación y recombinación del material genético.
- La variabilidad asegura la producción de genotipos nuevos que en tiempos de cambio de las condiciones ambientales, pueden sobrevivir y reproducirse
- Hay numerosas pruebas de que la reproducción sexual es más eficaz en la colonización de nuevos ambientes cuando éstos están llegando al punto de saturación y la competencia interespecífica es más fuerte

Para reflexionar...

La variabilidad puede hacer de la reproducción sexual una estrategia ventajosa en ambientes inestables.

Pero, algunos biólogos opinan, que en muchos vertebrados, la reproducción sexual no es necesaria e incluso es inadecuada.

En los animales en los que la mayor parte de los jóvenes sobreviven hasta alcanzar la edad reproductora no son necesarias nuevas recombinaciones que puedan ser necesarias si ocurren cambios ambientales. Cada generación es tan afortunada en su ambiente como la siguiente

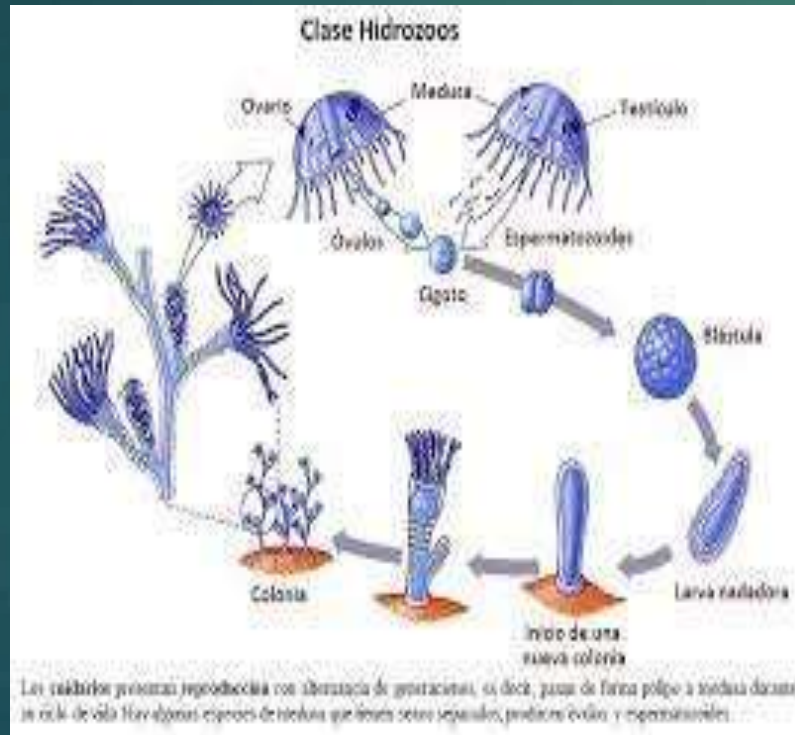
Resulta llamativo, entonces, que la partenogénesis en vertebrados se haya desarrollado sólo en algunas especies

Estacionalidad en los procesos reproductivos y alternancia de ciclos sexuales y asexuales

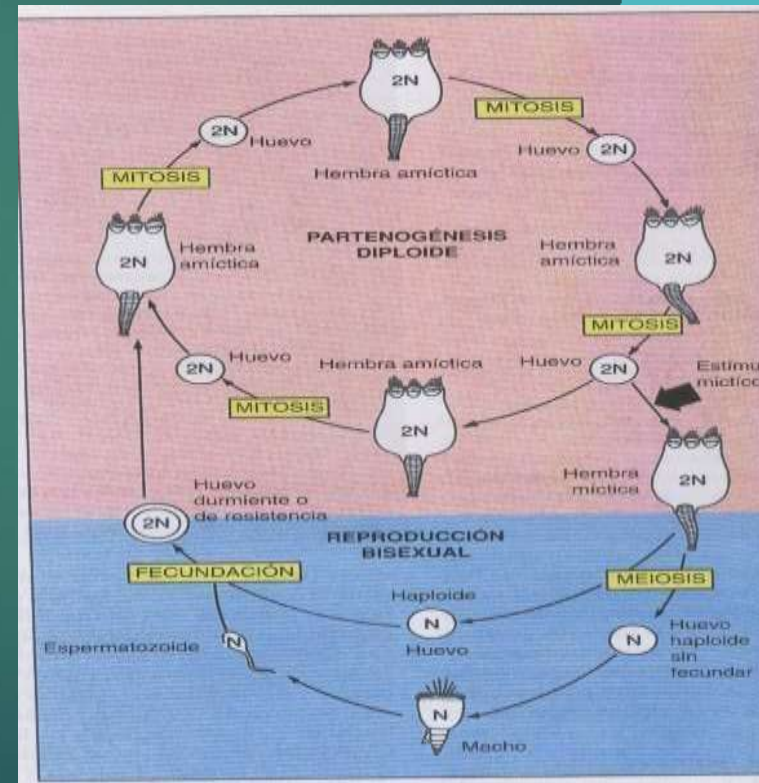
- ▶ En muchos mamíferos, aves y peces, la reproducción está influenciada por factores como la temperatura, disponibilidad de alimento y la luz solar.
- ▶ Estas condiciones aseguran que las crías nazcan en un momento favorable, como la primavera

Alternancia de ciclos: sexuales y asexuales bisexual y partenogénesis

Algunos cnidarios



Rotíferos



Estrategias reproductivas

Animales Semélparos

- ▶ Se reproducen una sola vez en su vida, generalmente invirtiendo gran parte de su energía en este evento reproductivo y luego muriendo poco después
- ▶ Ventajas:
 - ▶ Reproducción masiva en corto período, útil si las condiciones ambientales son impredecibles o si hay muchos depredadores
- ▶ Desventajas:
 - ▶ Si las condiciones durante el evento reproductivo no son ideales, la población puede verse comprometida ya que no habrá futuras oportunidades reproductivas

Salmón del pacífico, pulpo común



Estrategias reproductivas

Animales Iteroparos

- ▶ se reproducen múltiples veces a lo largo de su vida. No invierten toda su energía en un solo evento reproductivo, sino que la distribuyen para asegurar múltiples oportunidades de reproducción
- ▶ Común en ambientes estables donde las probabilidades de supervivencia a largo plazo son mayores
- ▶ Ventajas:
 - ▶ Flexibilidad reproductiva y menor riesgo
- ▶ Desventajas:
 - ▶ Mayor inversión a largo plazo
 - ▶ Mayor exposición a depredadores

Mamíferos, muchas aves, algunos reptiles, peces

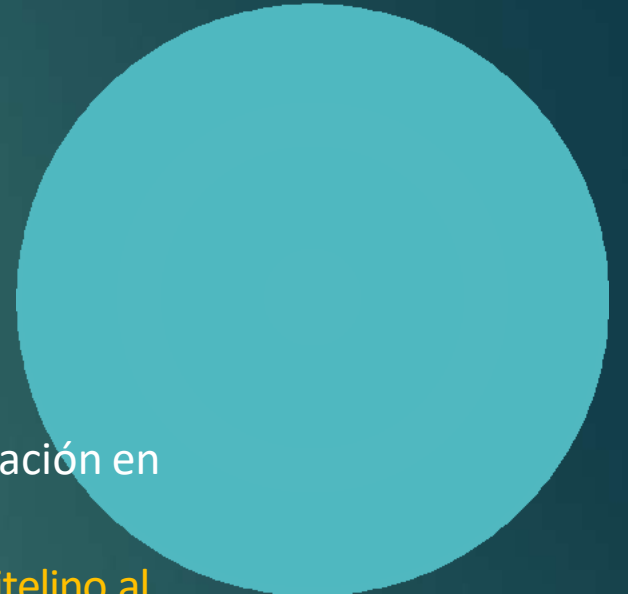


ORIGEN Y MADURACIÓN DE LAS CÉLULAS GERMINALES

- Organismos sexuales:

- Células somáticas: diferenciadas para realizar funciones concretas
- Células germinales: responsables de la continuidad de la vida, de generación en generación

Células germinales primarias: se originan en el endodermo del saco vitelino al comienzo del desarrollo embrionario y luego emigran a las crestas genitales (futuras gónadas). Son la futura reserva de gametos del animal



DETERMINACIÓN DEL SEXO

- Proceso mediante el cual se define si un organismo será genéticamente masculino o femenino. Este mecanismo varía entre especies y puede ser influenciado por factores genéticos, ambientales o una combinación de ambos

SISTEMAS DE DETERMINACIÓN DEL SEXO

- ▶ Determinación cromosómica
- ▶ Determinación ambiental
- ▶ Determinación genética no cromosómica
- ▶ Especies con flexibilidad sexual



DETERMINACIÓN CROMOSÓMICA

▶ Sistema XY

- ▶ - Común en mamíferos
- ▶ - Los machos tienen cromosomas XY y las hembras XX.
- ▶ - El cromosoma Y lleva genes como el *SRY*, que controla el desarrollo de testículos
- El cromosoma X posee la región DDS que favorece la formación de los ovarios

▶ Sistema ZW

- ▶ - Presente en aves, algunos reptiles y peces.
- ▶ - Las hembras son ZW y los machos son ZZ.

▶ Sistema XO

- ▶ - Común en algunos insectos, como los saltamontes.
- ▶ - Las hembras tienen dos cromosomas sexuales (XX) y los machos solo uno (XO).

▶ Sistema haplodiploide

- ▶ - En abejas, avispas y hormigas.
- ▶ - Los machos nacen de huevos no fertilizados (haploides) y las hembras de huevos fertilizados

DETERMINACIÓN AMBIENTAL

- ▶ Temperatura:
 - ▶ En tortugas y cocodrilos, la temperatura durante la incubación del huevo determina el sexo del individuo. Tortugas: bajas T° producen machos. Cocodrilos: bajas T° producen hembras
- ▶ Factores sociales
 - ▶ En ciertas especies de peces, e.g., peces payaso, el sexo puede cambiar dependiendo de la dinámica social del grupo.

DETERMINACIÓN GENÉTICA NO CROMOSÓMICA

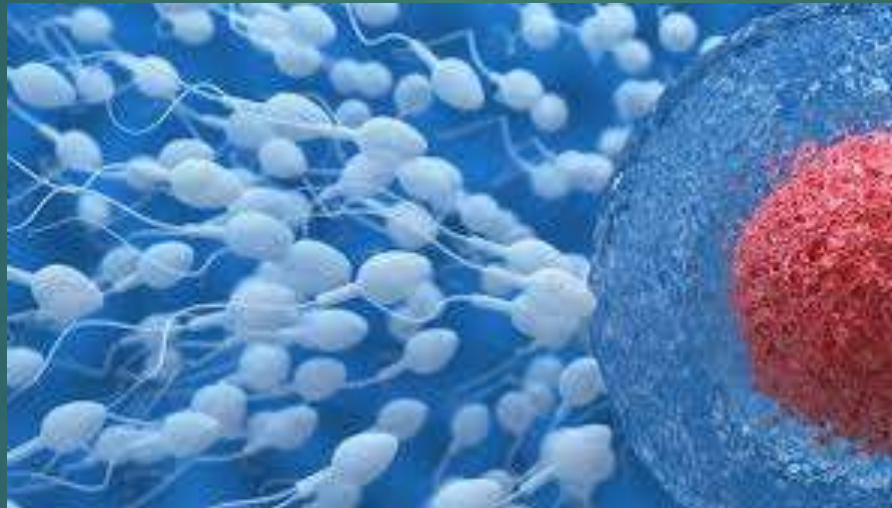
- ▶ En ciertos peces, el sexo está determinado por genes específicos en lugar de cromosomas sexuales



GAMETOGENÉISIS: producción de gametos maduros

ESPERMATOGÉNESIS

OVOGÉNESIS



ESPERMATOGÉNESIS:

Ocurre en los testículos

Espermatogénesis

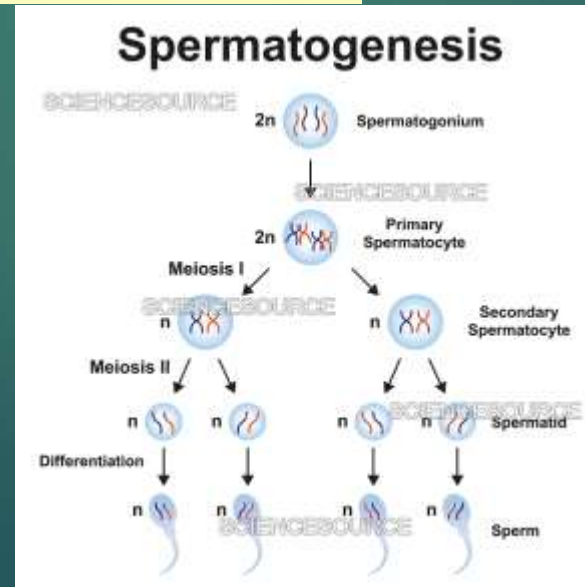
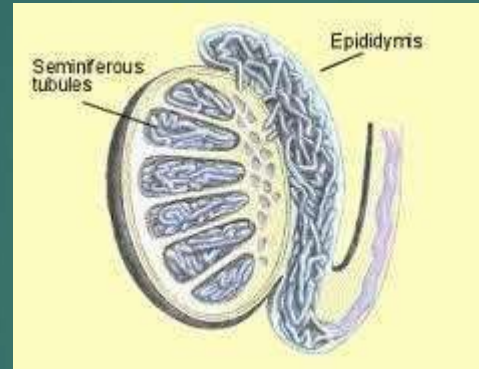
- ▶
- ▶ Espermatogonias ($2n$)
- ▶ Espermatocito primario ($2n$)

MEIOSIS I

- ▶ Espermatocitos secundarios (n)

MEIOSIS II

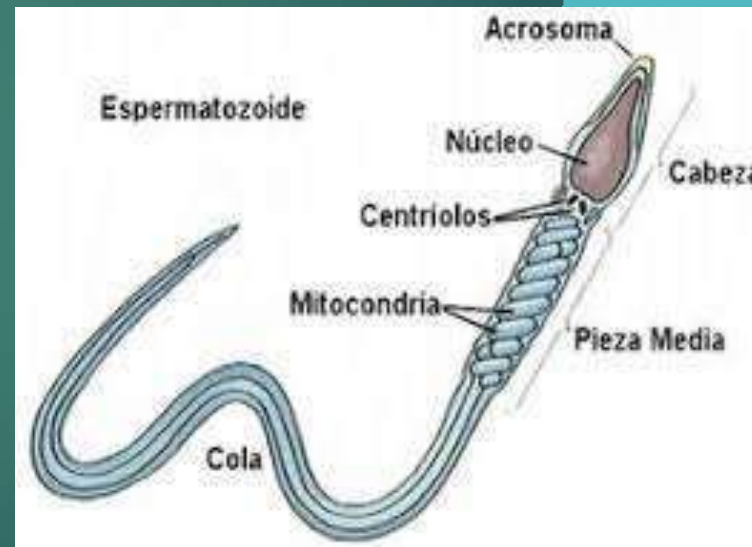
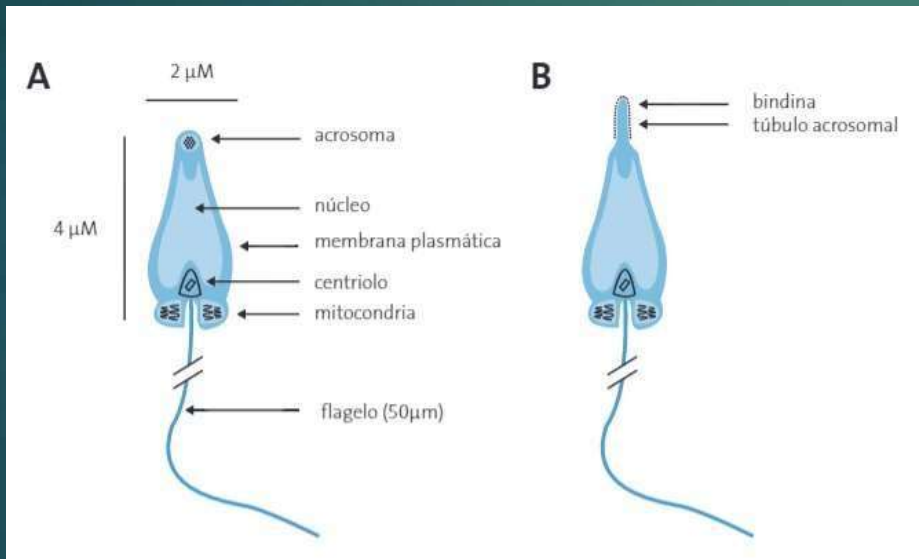
- ▶ Espermátidas (n)
- ▶ Espermatozoides (n)



GAMETOGENÉISIS

Espermatozoide: cabeza, cuello,
cola

Número mucho mayor que los óvulos



OVOGÉNESIS: ocurre en los ovarios

Ovogonias ($2n$): células germinales del ovario

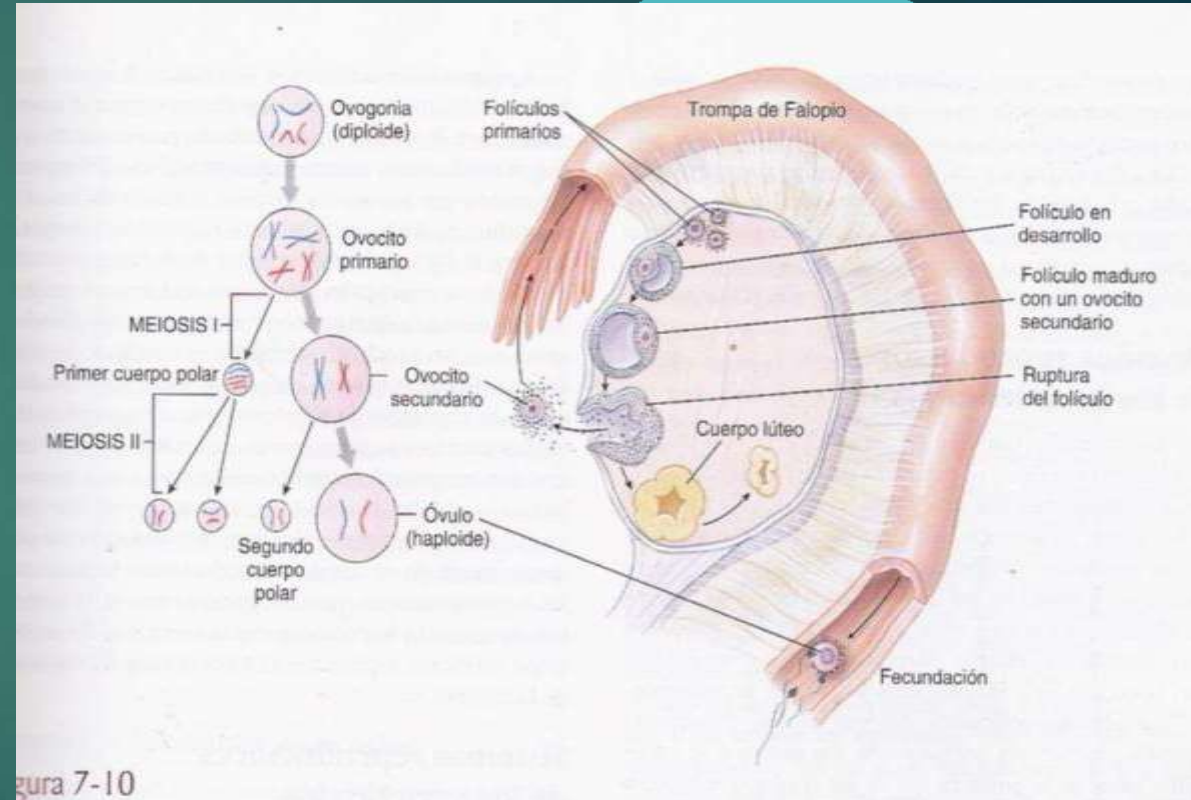
- ▶ Ovocitos primarios ($2n$) MEIOSIS I
- ▶ Ovocito secundario (n) y primer cuerpo polar (n)

MEIOSIS II

- ▶ Óvulo (n) y segundo cuerpo polar

La meiosis se completa

- ▶ En el momento de la ovulación: aves y mayoría mamíferos
- ▶ Poco antes de la fecundación: invertebrados, peces teleósteos, anfibios, reptiles
- ▶ *Homo sapiens*: cuando el espermatozoide ya ha entrado en el ovocito secundario



FECUNDACIÓN

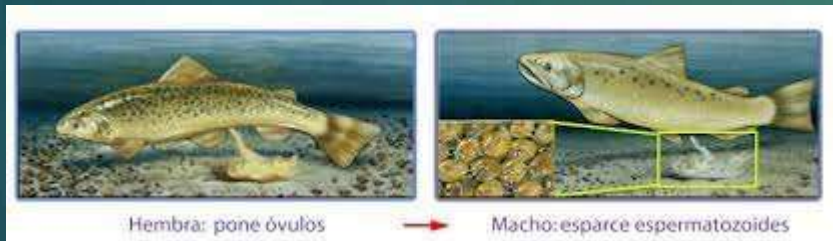
- ▶ La fecundación es el proceso mediante el cual un espermatozoide y un óvulo se fusionan para formar un cigoto. Dependiendo de cómo y dónde ocurra, se clasifica en:
 - ▶ FECUNDACIÓN EXTERNA
 - ▶ FECUNDACIÓN INTERNA

FECUNDACIÓN EXTERNA

- ▶ Ocurre fuera del cuerpo de los organismos. Los gametos se liberan en el medio externo, generalmente en el agua.
- ▶ - Ejemplos: Peces, anfibios y algunos invertebrados acuáticos.

Ventajas: permite la fertilización de un gran número de gametos.

Desventajas: existe menor control y mayor riesgo de que los gametos no se encuentren o sean depredados.



FECUNDACIÓN INTERNA

- ▶ Ocurre dentro del cuerpo de la hembra. Mamíferos, aves, reptiles e insectos.
- ▶ Tipos:
 - ▶ transferencia directa (cópula, yuxtaposición de cloacas)
 - ▶ Transferencia indirecta (espermátóforos, impregnación)

Ventajas: mayor probabilidad de éxito, ya que los gametos están protegidos dentro del cuerpo.

Desventajas: Requiere mecanismos de apareamiento y generalmente implica mayor gasto energético.



MODELOS DE REPRODUCCIÓN

Ovíparos

Fecundación interna o externa

Cuidados parentales o no

Ovovivíparos

Retienen sus huevos en el oviducto mientras se desarrollan y el embrión recibe todo el alimento a partir del vitelo almacenado en el interior del propio huevo.

Fecundación interna

En varios grupos de invertebrados: anélidos, braquiópodos, insectos y moluscos gasterópodos

Vertebrados: peces y reptiles

Vivíparos

El huevo se desarrolla en el oviducto o en el útero y el embrión obtiene los alimentos directamente de la madre

Por lo general hay alguna forma de conexión anatómica entre el embrión y la madre

Fecundación interna

Exclusivo de mamíferos, algunos elasmobranquios, algunos anfibios y reptiles

Escorpiones

MODELOS DE REPRODUCCIÓN

Ovíparos



Ovovivíparos



Vivíparos



ÓRGANOS REPRODUCTORES

- ▶ Órganos primarios: gónadas que producen los óvulos, espermatozoides y hormonas sexuales

- ▶ Órganos accesorios
- ▶ Ayudan a las gónadas en los procesos de formación y liberación de los gametos y también sirven en muchos casos para proteger al embrión
- ▶ Gonoductos: espermiductos y oviductos
- ▶ Órganos copuladores
- ▶ Órganos para almacenar espermatozoides o vitelo
- ▶ Órganos para formar cubiertas protectoras de los huevos
- ▶ Órganos nutritivos: gl. Vitelógena, placenta

ÓRGANOS REPRODUCTORES

Inexistentes o muy simples

Anélidos Poliquetos



Complejos
Insectos y Vertebrados

