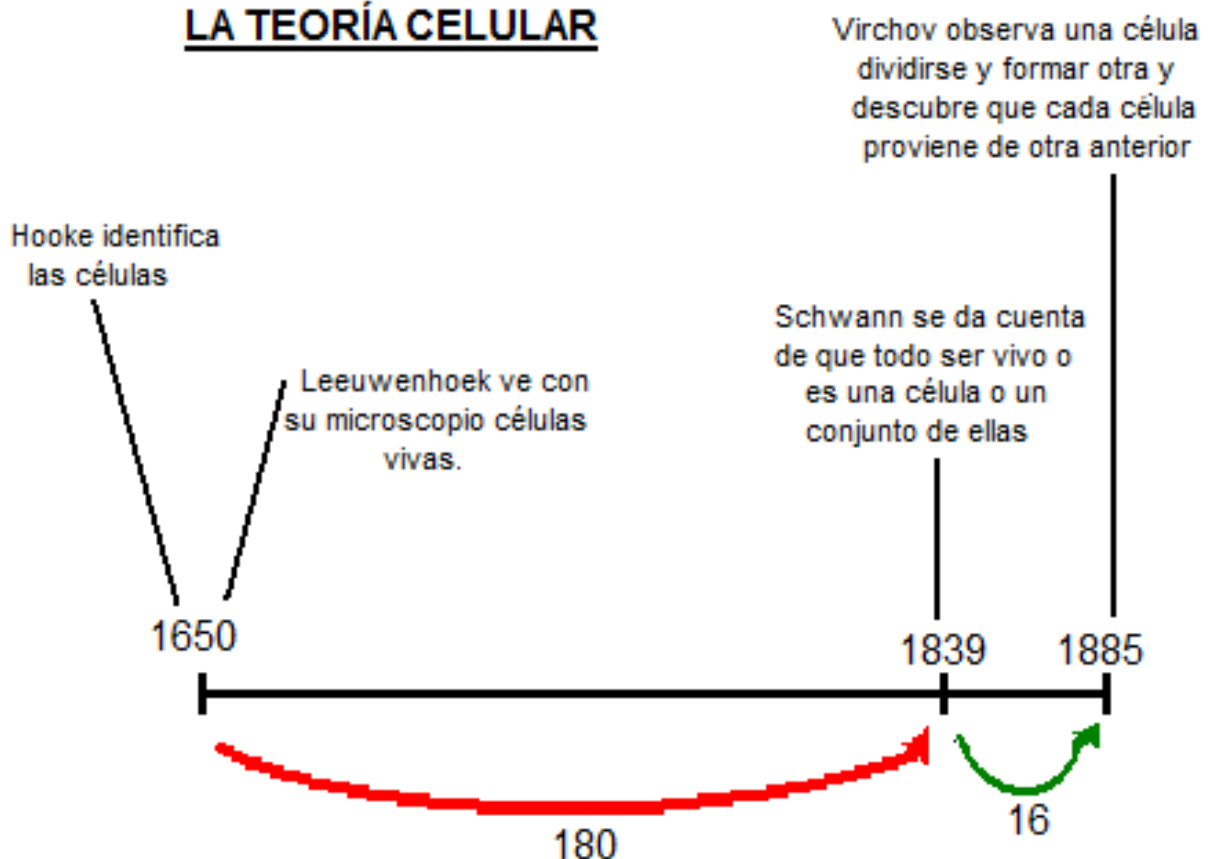


TEMA 6.
LA REPRODUCCIÓN:
DE LA CÉLULA
AL ORGANISMO.

0. HISTORIA

- En 1650 **Robert Hooke** fue el primero en usar el microscopio para describir los componentes de las células.
- Pocos años después, **Leeuwenhoek**, un holandés que vendía telas fabricó uno más sofisticado para ver las imperfecciones de las telas. Y trabajando con su invención pudo ver y describir incluso células vivas.
- 180 años después de esto, en 1839 supimos por **Schwann** que nosotros también estábamos compuestos de células, y no sólo nosotros, sino todos los seres vivos.
- 16 años después, en 1855 observando detenidamente las células, **Virchow** se dio cuenta de que las células se replicaban, y de que, por tanto, las células provenían de otras células.

LA TEORÍA CELULAR



1. LOS SERES VIVOS Y SU ORGANIZACIÓN.

- Según la teoría celular:
 - Todos los organismos vivos son células o un grupo de ellas.
 - La célula es la unidad estructural y funcional de la que están formados todos los seres vivos.
 - Toda célula procede, por división celular, de otras preexistentes.
- Las células pueden constituir organismos unicelulares o pluricelulares.
- En los organismos pluricelulares las células se agrupan y forman estructuras más complejas: tejidos y órganos.
- Por tanto, hay varios niveles de organización:
- Nivel celular:
 - **Célula:** unidad fundamental de la vida. Ejemplos: células musculares, epiteliales, óseas, un hepatocito es una célula del hígado.
- Nivel pluricelular:
 - **Tejidos:** conjuntos de células que tienen la misma función y un mismo origen. Ejemplo: tejido hepático, tejido muscular, tejido epitelial...
 - **Órganos:** formados por diferentes tejidos que realizan una función concreta. Ejemplo: Hígado, estómago, corazón, ...
 - **Sistema:** grupo de órganos que realizan una función. Ejemplo: sistema digestivo, sistema circulatorio, sistema respiratorio...
 - **Organismo pluricelular:** ser vivo formado por múltiples células organizadas en tejidos, órganos y sistemas. Ejemplo: atún.
- Nivel poblacional:
 - **Población:** conjunto de individuos de la misma especie que conviven al mismo tiempo en un espacio determinado. Ejemplos: población de atunes en el Mediterráneo en el 2008; población de bacterias del intestino humano.
 - **Comunidad:** Conjunto de poblaciones de diferentes especies que establecen relaciones entre sí. Ejemplos: comunidad pelágica del Mediterráneo; Comunidad de microorganismos que pueblan el intestino humano.
- Nivel de ecosistema:
 - **Ecosistema:** Comunidad de poblaciones que viven en un mismo entorno físico y establecen entre ellos diferentes tipos de relaciones.
Ejemplos: ecosistema de aguas marinas templadas; ecosistema lacustre de alta montaña.

Actividad 1

Di a qué nivel de organización de los seres vivos pertenece cada uno de los siguientes conceptos: una marisma, el riñón, el conjunto de los huesos de una persona, el conjunto de las células musculares, las golondrinas que llegaron a España el año pasado.

Una marisma: ecosistema.

El riñón: nivel pluricelular (órgano).

El conjunto de los huesos de una persona: pluricelular (aparato).

El conjunto de células musculares: pluricelular (tejido).

Las golondrinas: población.

1.1. El estudio de la célula: el microscopio.

- Las unidades de medida más utilizadas en microscopia son el micrómetro (μm) y el angstrom (A):
 - $1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm} = 10^{-6}\text{m}$
 - $1\text{A} = 10^{-7}\text{mm} = 10^{-10}\text{m}$
 - $1\text{A} = 10^{-4}\mu\text{m}$

¿De qué tamaño son las células?

- Realmente depende de qué tipo de células estamos hablando.
- Mayoritariamente el tamaño de las células está en un rango entre $1\mu\text{m}$ y un poco más de $100\mu\text{m}$.
- El microscopio óptico permite aumentar la imagen hasta 2000 aumentos ($2000\times$) y el electrónico hasta un millón de aumentos ($10^6\times$).

- El **microscopio óptico** consta de:

- **Sistema mecánico**

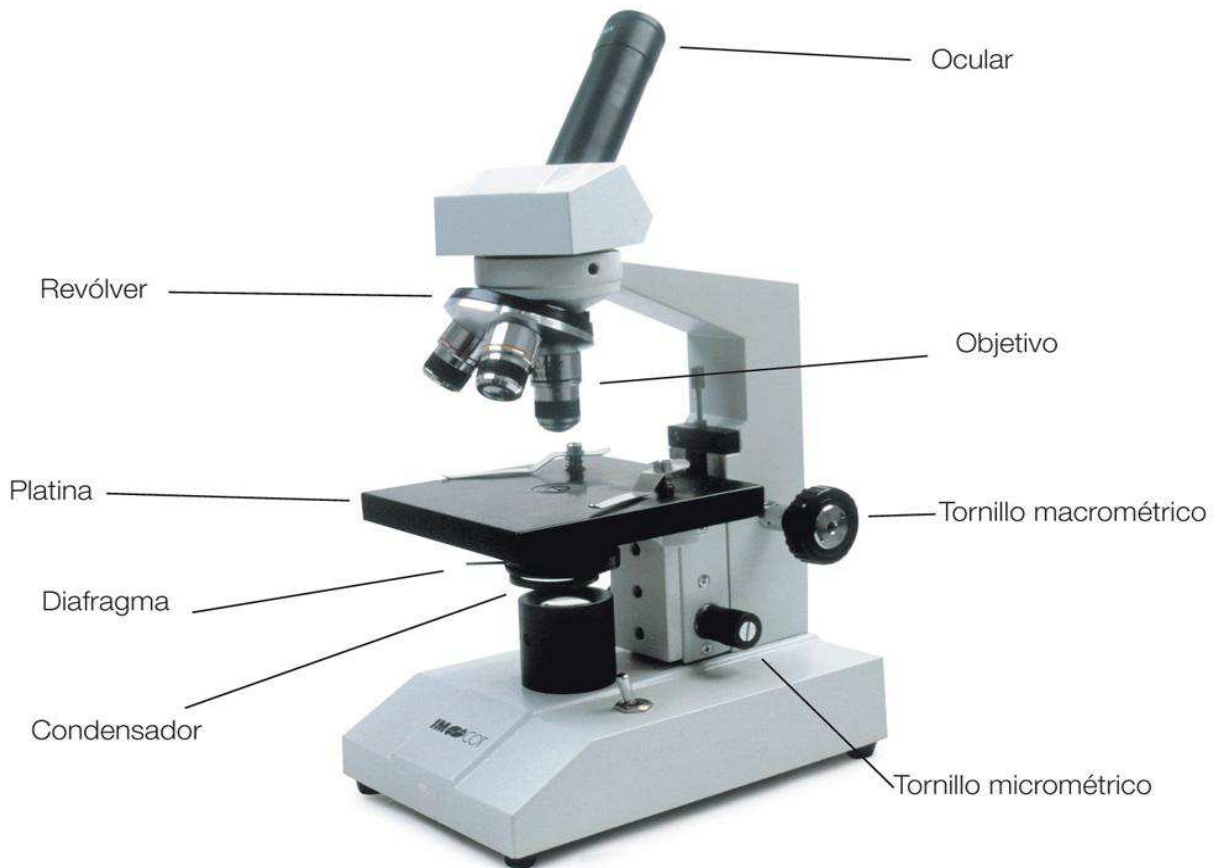
- **SOPORTE:** Mantiene la parte óptica. Tiene dos partes: el pie o base y el brazo.
- **PLATINA:** Lugar donde se deposita la preparación. Tiene un agujero que permite el paso de la luz. Esta platina puede moverse verticalmente para enfocar la preparación mediante dos juegos de tornillos de enfoque.
- **TORNILLOS DE ENFOQUE:** Macrométrico que mueve la platina rápidamente y aproxima el enfoque y micrométrico que mueve la platina lentamente y consigue el enfoque correcto.
- **REVÓLVER:** Contiene los sistemas de lentes objetivos. Permite, al girar, cambiar los objetivos. (Al cambiar los objetivos se ve lo mismo con distinto aumento).
- **CABEZAL:** Contiene los sistemas de lentes oculares. Puede ser monocular, binocular, ...

- **Sistema óptico**

- **OCULAR:** Lente situada cerca del ojo del observador. Amplía la imagen del objetivo.
 - **OBJETIVO:** Lente situada cerca de la preparación. Amplía la imagen de ésta.
 - **CONDENSADOR:** Combinación de lentes que concentran los rayos luminosos sobre la preparación.
 - **DIAFRAGMA:** Regula la cantidad de luz que entra en el condensador.
 - **FOCO:** Dirige los rayos luminosos hacia el condensador.
- Para calcular el número de aumentos totales que estamos utilizando hay que multiplicar los aumentos del objetivo por los aumentos del ocular.

$n^{\circ} \text{ objetivo} \times n^{\circ} \text{ ocular} = n^{\circ} \text{ total de aumentos.}$

Microscopio óptico



Actividad 2

Si sabemos que la imagen del hepatocito de la página 118 del libro ha sido tomada de un microscopio a 500 aumentos, ¿cuánto mide en realidad la célula? Expresa el resultado en micrómetros.

El diámetro medio del dibujo de la célula de la página 118 es de aproximadamente 4.5cm. Si está dibujada a 500 aumentos:

$$\frac{4.5cm}{500} \times \frac{1\mu m}{10^{-4}cm} = 90\mu m$$

1.2. La morfología de la célula

- Distinguimos: células procariotas y células eucariotas.
 - (Las primeras células que surgieron eran procariotas y después surgieron las eucariotas)
- Células procariotas: organización sencilla.
 - No tienen orgánulos con membrana, ni citoesqueleto ni núcleo diferenciado (porque no tiene membrana nuclear).
 - El ADN está en una región del citoplasma llamada nucleoide.
 - Las células procariotas representantes actuales son las bacterias.
- Células eucariotas:
 - Hay dos tipos: células animales y células vegetales.
 - Tienen una organización más compleja que las procariotas.
 - El ADN está contenido dentro de un núcleo diferenciado.
 - Fuera de núcleo, en el citoplasma, hay una red llamada citoesqueleto formada por filamentos y túbulos que mantienen la estructura y forma de las células.
 - En el citoplasma hay orgánulos rodeados de membrana tales como mitocondrias, cloroplastos, etc.

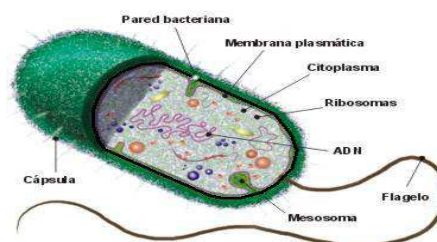
Cuadro comparativo

	PROCARIOTAS	EUCARIOTAS
	Bacterias	Células vegetales y animales (animales, plantas, hongos y protozoos)
Organización	Unicelulares	Unicelulares o pluricelulares
Recubrimiento de la célula	Posee pared celular que rodea la membrana plasmática que la protege y le da rigidez. Pueden tener cápsula, microvilli o flagelos	Las células vegetales tienen pared celular que rodea la membrana plasmática. Las células animales no tienen pared celular (no hay nada exterior a la membrana plasmática).
Cromosoma	Una sola molécula de ADN por célula en el citoplasma en una región llamada nucleoide.	El ADN se organiza en varios cromosomas dependiendo de la especie y está protegido por el núcleo, distinguiendo el nucléolo con mayor densidad.
Núcleo	No tiene núcleo diferenciado	Tiene núcleo diferenciado con membrana nuclear.
Citoesqueleto (red de filamentos y túbulos)	No tiene citoesqueleto	Tiene citoesqueleto que mantiene la estructura y forma de la célula
Órgánulos	Sólo tiene ribosomas (de menor tamaño que las células eucariotas). No tiene orgánulos membranosos.	Hay ribosomas (de mayor tamaño que las células procariotas) y hay orgánulos membranosos: Mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, vesículas. En células vegetales puede además haber cloroplastos.
Centrosoma	No tienen centrosoma	Sólo se encuentra en la célula animal.

Las células procariotas: las bacterias.

• Estructuras:

- Pared celular:
 - Estructura rígida que le confiere rigidez y la protege del medio.
 - Formada por un compuesto llamado mureína.
- Membrana plasmática:
 - Regula el intercambio de sustancias con el medio externo.
 - Sirve de anclaje al cromosoma durante la división bacteriana.
- Citoplasma:
 - Contenido viscoso delimitado por la membrana plasmática.
 - Contiene numerosos ribosomas (estructuras formadas por ARN y proteínas).
- Cromosoma: material genético de la bacteria.
 - El ADN es circular
 - Normalmente sólo hay uno por célula.



- Algunas bacterias pueden tener estructuras externas como una cápsula que le protege de agresiones o flagelos que facilitan el desplazamiento o microvilli que aumentan la adherencia al medio.

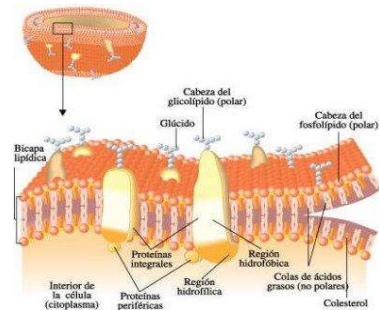
La célula eucariota: célula animal y célula vegetal.

- Vídeo:
<http://www.youtube.com/watch?v=hBTImxRZrDM>
- El DNA está protegido dentro de un núcleo diferenciado.
- La célula animal y la célula vegetal tienen muchas estructuras en común y tres estructuras diferentes (el centrosoma, los cloroplastos y la pared vegetal).

• Estructuras comunes

• Membrana plasmática.

- Bicapa lipídica que envuelve la célula.
- Regula el intercambio de sustancias con el exterior (la entrada de nutrientes y salida de desechos).



• Citoplasma: Contenido líquido-viscoso donde están los orgánulos y el citoesqueleto.

• Orgánulos:

• Mitocondrias:

- Poseen una doble membrana.
- Tienen ADN propio.
- Su función es la respiración celular.

• Retículo endoplasmático (RE):

- Conjunto de sacos aplanados interconectados formados por membrana.
- Puede ser rugoso (RER) si tiene ribosomas asociados o liso (REL) si no tiene ribosomas.
- Su función es la síntesis y transporte de proteínas (el rugoso) y de lípidos (el liso).

• Ribosomas:

- Son estructuras no membranosas muy pequeñas formadas por ARN y proteínas.
- Están constituidos por dos subunidades.
- Están asociados al RER o dispersos por el citoplasma.
- Intervienen en la síntesis de proteínas.

• Aparato de Golgi:

- Sacos de membrana aplanados llamados cisternas no conectados entre sí (a diferencia del retículo endoplasmático).
- Situado cerca del retículo endoplasmático.
- Le llegan proteínas del retículo endoplasmático. Participa en la maduración de las proteínas y las dirige dentro o fuera de la célula.

• Vesículas:

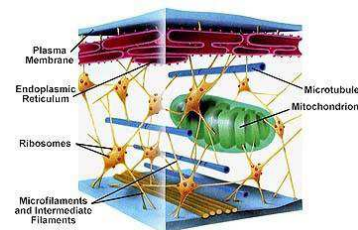
- Orgánulos formados por el material de la membrana plasmática.
- En la célula vegetal se denominan vacuolas y ocupan gran parte del volumen celular.
- Su función es almacenar sustancias de reserva o de desecho.

• Lisosomas:

- Órganulos con forma de vesículas.
- Contienen enzimas para degradar moléculas. (Combaten tóxicos y agresiones víricas y bacterianas).

• Citoesqueleto:

- Conjunto de fibras proteicas.
- Mantiene la estructura y forma de las células.
- Permite el movimiento dentro de la célula de los orgánulos y otras estructuras.



• Núcleo:

- Compartimento de membrana.
- Contiene el ADN de la célula y lo protege.

- **Estructuras no comunes**

- **Centrosoma:**

- Sólo se encuentra en la célula animal.
- Constituido por dos estructuras proteicas con forma cilíndrica perpendiculares entre sí llamados centriolos.
- Sirve para facilitar la división celular. Regula el reparto de cromosomas a las células hijas.

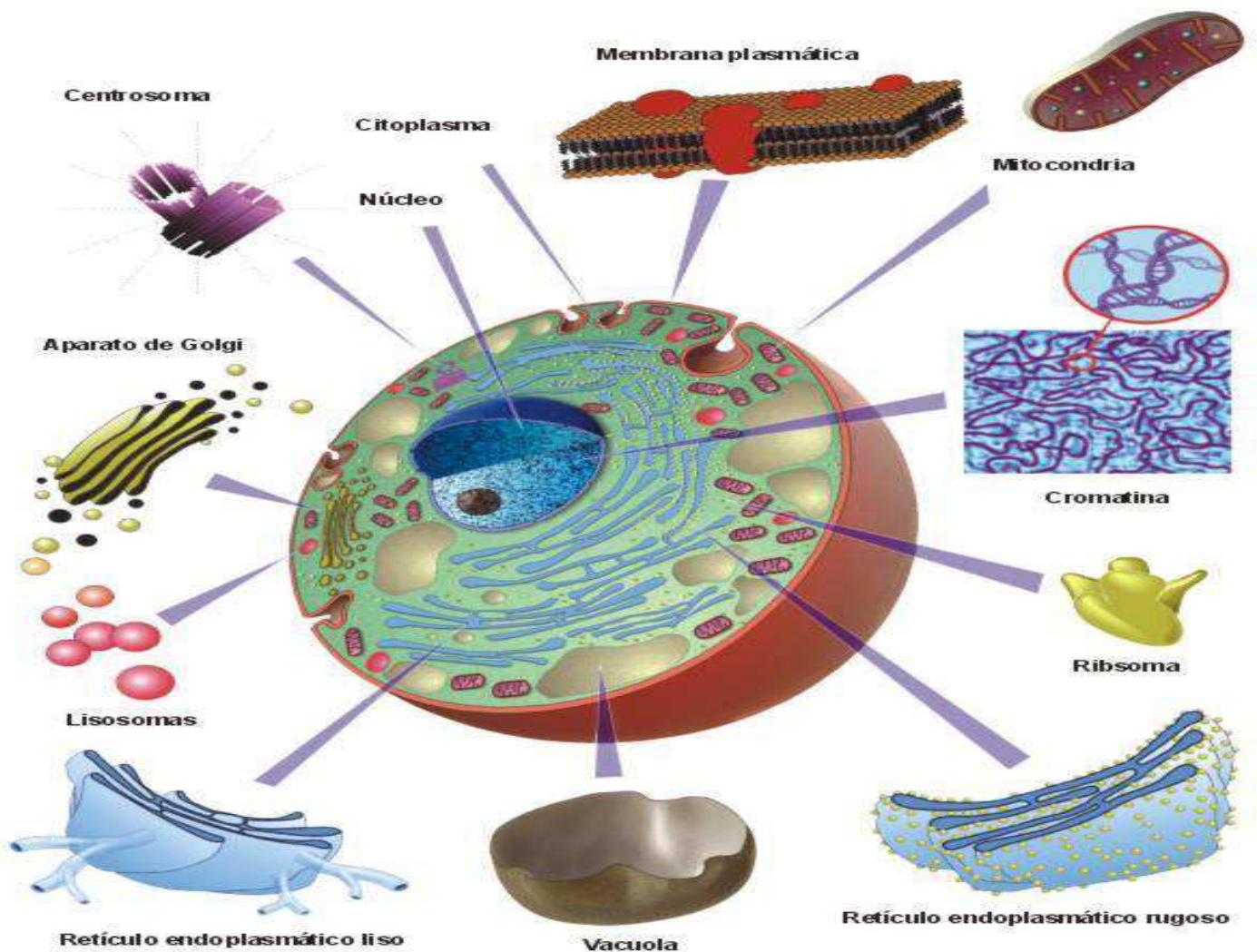
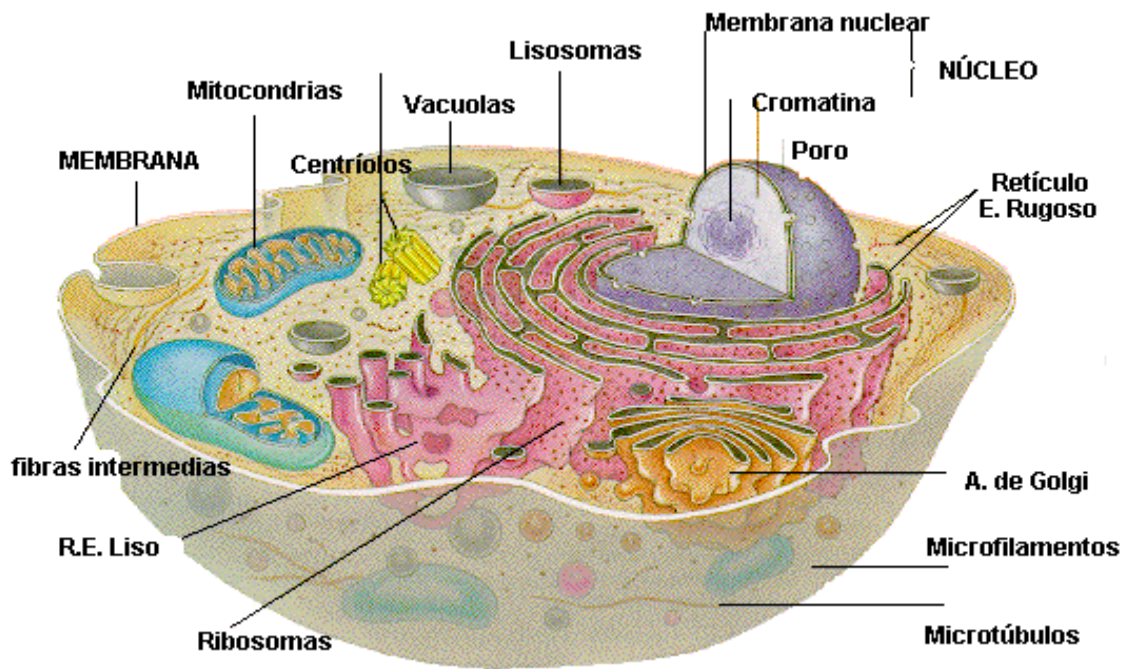
- **Cloroplastos:**

- Sólo se encuentran en la célula vegetal.
- Sirve para realizar la fotosíntesis.
(Recordemos que los vegetales son autótrofos y no necesitan ingerir materia orgánica, ellos mismos pueden sintetizarla).

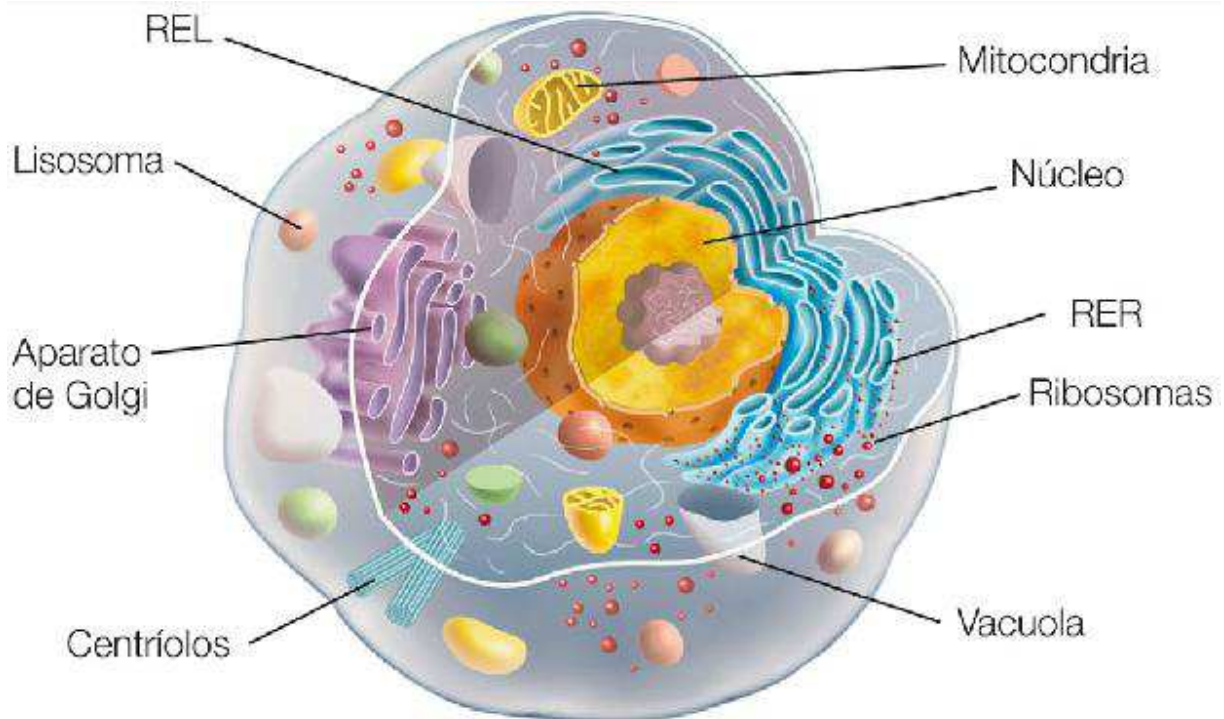
- **Pared vegetal:**

- Estructura rígida de celulosa que envuelve la membrana plasmática.

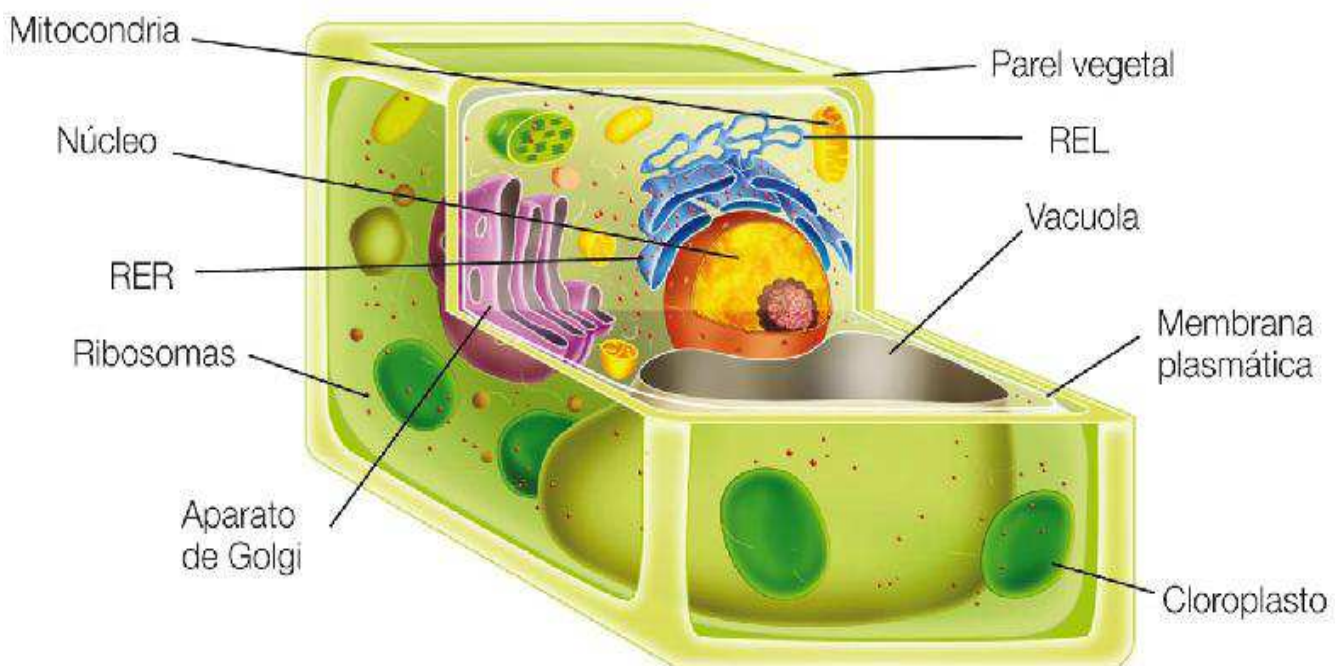
Célula eucariota



Célula eucariota animal



Célula eucariota vegetal



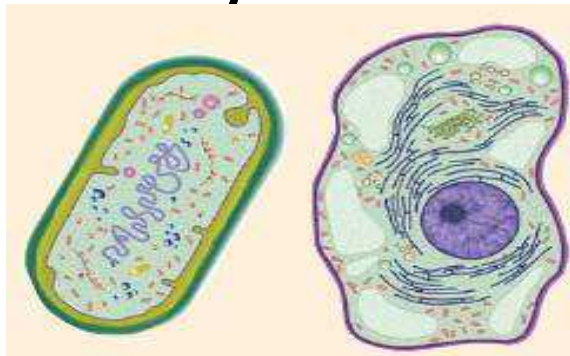
Actividad 3

Explica en una tabla las principales diferencias estructurales entre una célula procariota y una célula eucariota.

	EUCARIOTA	PROCARIOTA
Núcleo diferenciado	Sí	No
Número de cromosomas	> 1	1 y circular
Nucléolo	Sí	No
Presencia de orgánulos	Sí	No
Pared celular	Sí (cél. vegetal)	Sí
Reticulo endoplasmático	Sí	No
Aparato de Golgi	Sí	No
Lisosomas	Sí	No
Mitocondrias	Sí	No
Cloroplastos	Sí (cél. vegetal)	No
Ribosomas	Sí	Sí
Citoesqueleto	Sí	No
Centríolos	Sí (cél. animal)	No

Actividad 4

De las siguientes ilustraciones, di cuál representa una célula procariota y cuál una célula eucariota.



La célula eucariota corresponde a la ilustración de la derecha, cuya diferencia más visible es la presencia de núcleo separado del citoplasma. Pero también nos podemos fijar en que la célula de la izquierda (la procariota) no tiene orgánulos.

Actividad 5

En el texto sobre la morfología celular que encontrarás a continuación hay diversos errores. Señálalos y modifica el texto para que sea correcto.

“Existen tres tipos de células eucariotas: las bacterias, las células vegetales y las células animales. Las células vegetales presentan pared celular y centriolos, y las células animales, cloroplastos.”

Las bacterias no son células eucariotas.

Las células vegetales no presentan centriolos ni las células animales cloroplastos.

El texto correcto es: “Existen dos tipos de células eucariotas: las células animales y las células vegetales. Las células vegetales presentan pared celular y cloroplastos y las células animales, centriolos”.

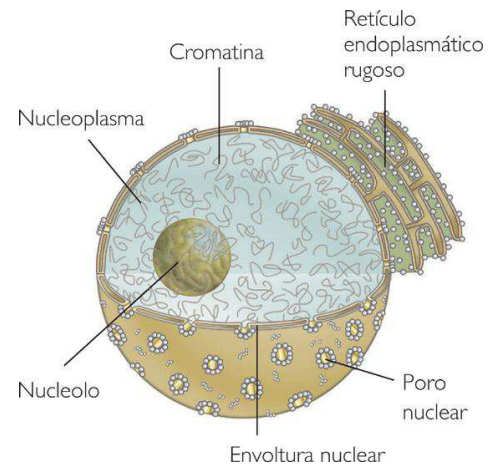
1.3. El núcleo de la célula.

Lugar que protege la información genética de la célula y de donde parten las instrucciones que rigen el funcionamiento de la célula.
(Unido a su membrana está el retículo endoplasmático.)

Componentes del núcleo:

Envoltura nuclear :

- Formado por una doble membrana.
- Protege y separa el contenido del citoplasma.
- Tiene *poros nucleares* (entran proteínas, sale ARN, ...)



Nucleolo: Zona más densamente poblada de ADN.

- Acumulación de proteínas unidas al ADN donde se produce el ARN.

ADN: Molécula que contiene la información genética.

- Cuando la célula no se está dividiendo:
→ el ADN está en forma de largos filamentos laxos; es la **cromatina**.
- Cuando la célula se tiene que dividir:
→ el ADN se duplica y se condensa hasta formar los **cromosomas**.

Los cromosomas:

Cuando se va a dividir la célula, el ADN se estructura en cromosomas.

Tienen diferentes estructuras:

Cromátidas:

Cada una de las **copias** resultado de la duplicación del ADN.

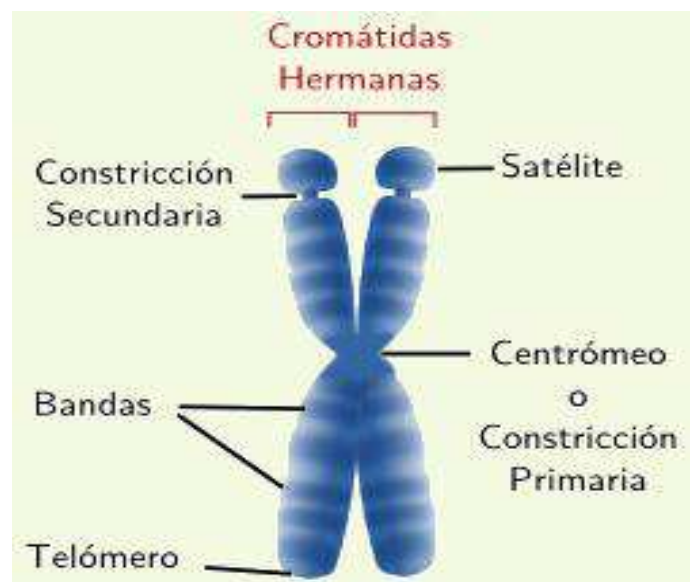
En la división celular un cromosoma tiene dos cromátidas hermanas.

Centrómero:

Unión de las dos cromátidas hermanas.

Telómeros:

Los cuatro **brazos** del cromosoma.



Actividad 6

Define los siguientes conceptos relacionados con el cromosoma: telómero, cromátida, centrómero.

Telómero: cada uno de los extremos de los brazos de los cromosomas.

Cromátida: filamentos de ADN idénticos que se observan en los cromosomas después de la duplicación del ADN.

Centrómero: región del cromosoma donde se unen las dos cromátidas.

Actividad 7

¿Cuándo se observa el ADN en forma de cromatina? ¿Y en forma de cromosoma?

El ADN se observa en forma de cromatina cuando la célula está en reposo.

Cuando la célula se divide, la cromatina se condensa y se visualizan los cromosomas.

La dotación cromosómica:

Número total de cromosomas que hay en el núcleo.

-La dotación puede ser:

- **Célula diploide** (Se representa: $2n$) (n : nº de cromosomas diferentes).
El núcleo celular tiene pares de cromosomas homólogos.
De este par, un cromosoma procede del padre y el otro de la madre.
- **Célula haploide**: Se representa por n .
- Todos los cromosomas son diferentes (no tiene cromosomas homólogos).



- En organismos pluricelulares:
 - La mayoría de células son diploides.
 - Excepto las células reproductoras que son haploides.

El cariotipo es la representación gráfica de todos los cromosomas de una célula. En un cariotipo, los cromosomas se representan ordenados, numerados y emparejados con su homólogo si la célula es diploide.

Actividad 8

Dibuja el cariotipo de una célula imaginaria $2n=6$ y el de una célula $n=6$. Di que tipo de dotación tiene cada una de ellas. Señala en el primer dibujo un par de cromosomas homólogos, una cromátida, un telómero y un centrómero.

La célula $2n=6$ tendrá que presentar un total de 6 cromosomas iguales dos a dos; la célula $n=6$ tendrá que presentar un total de 6 cromosomas diferentes entre sí todos ellos.

Los cromosomas homólogos serán una pareja de cromosomas iguales. La cromátida será una de las mitades longitudinales de cualquiera de los cromosomas. El centrómero será la parte central de cualquiera de los cromosomas. El telómero será cada uno de los extremos o brazos de los cromosomas.

2. EL CICLO CELULAR.

Es el período de tiempo, variable en las distintas especies y entre los distintos tipos de células, que pasa desde que una célula nace por división de una célula preexistente hasta que se divide o muere.

- Podemos distinguir dos grandes fases:

· La interfase:

Periodo más largo (90% de la duración del ciclo celular).

Se dan las funciones de nutrición y relación.

· La división celular:

Periodo más corto (Ocupa el 10% del tiempo total del ciclo celular).

Se da la función de reproducción.

2.1. La interfase celular

- Tiempo desde que la célula se origina por división hasta que se divide.
- La célula crece en tamaño y tiene lugar la diferenciación celular (la célula se especializa en el desarrollo de las funciones propias del tejido del que forma parte).

- Comprende 3 etapas: G1, S, G2.-

Algunas células quedan sumidas en una fase llamada G₀ y pierden la capacidad de replicarse.

Etapas G1:

-La célula crece.

-Forma todas sus estructuras durante un periodo de tiempo muy variable según el tipo de célula.

Durante la etapa G1 la célula pasa un **punto de control** antes de comenzar la síntesis. Para dividirse ha de estar bien nutrida y desarrollada y no tener muy dañado su ADN. Si no tiene recursos para completar correctamente la división, podría peligrar tanto la célula originaria como el intento de réplica.

Por ello, si la célula no tiene suficiente nutrientes, o está dañada, el ciclo se para.

Etapas S o de síntesis:

-Se **duplica el ADN**.

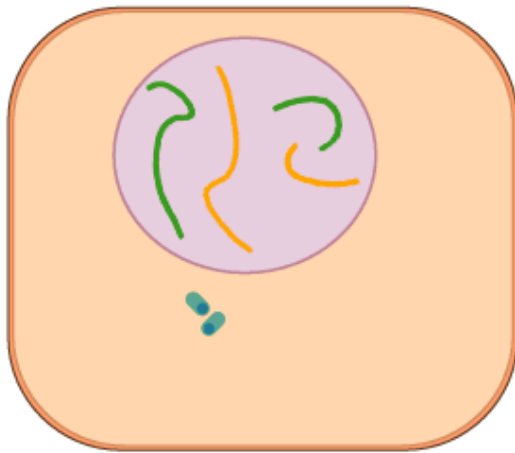
(La molécula de ADN se abre como una cremallera por ruptura de los puentes de hidrógeno entre las bases complementarias liberándose dos hebras y la ADN polimerasa sintetiza la mitad complementaria añadiendo nucleótidos que se encuentran dispersos en el núcleo. De esta forma, cada nueva molécula es idéntica a la molécula de ADN inicial).

-Sólo en las células animales, además se **duplican los centriolos** para ayudar a su correcta división.

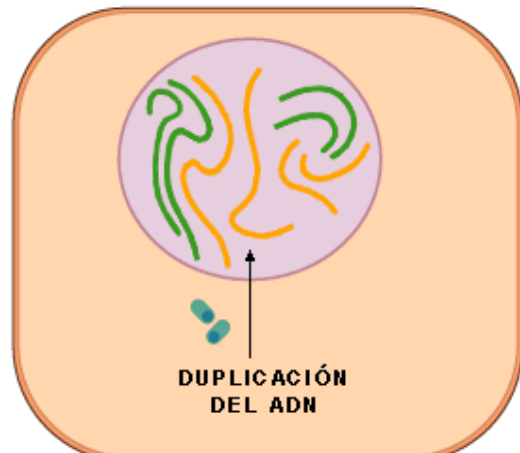
Etapas G2:

- La célula **acumula energía** en forma de **ATP** para poder llevar a cabo la división.
- Al final de esta etapa empiezan a hacerse visibles los cromosomas.

Hay otro **punto de control** que comprueba si el ADN se ha duplicado correctamente antes de que se inicie la división celular.

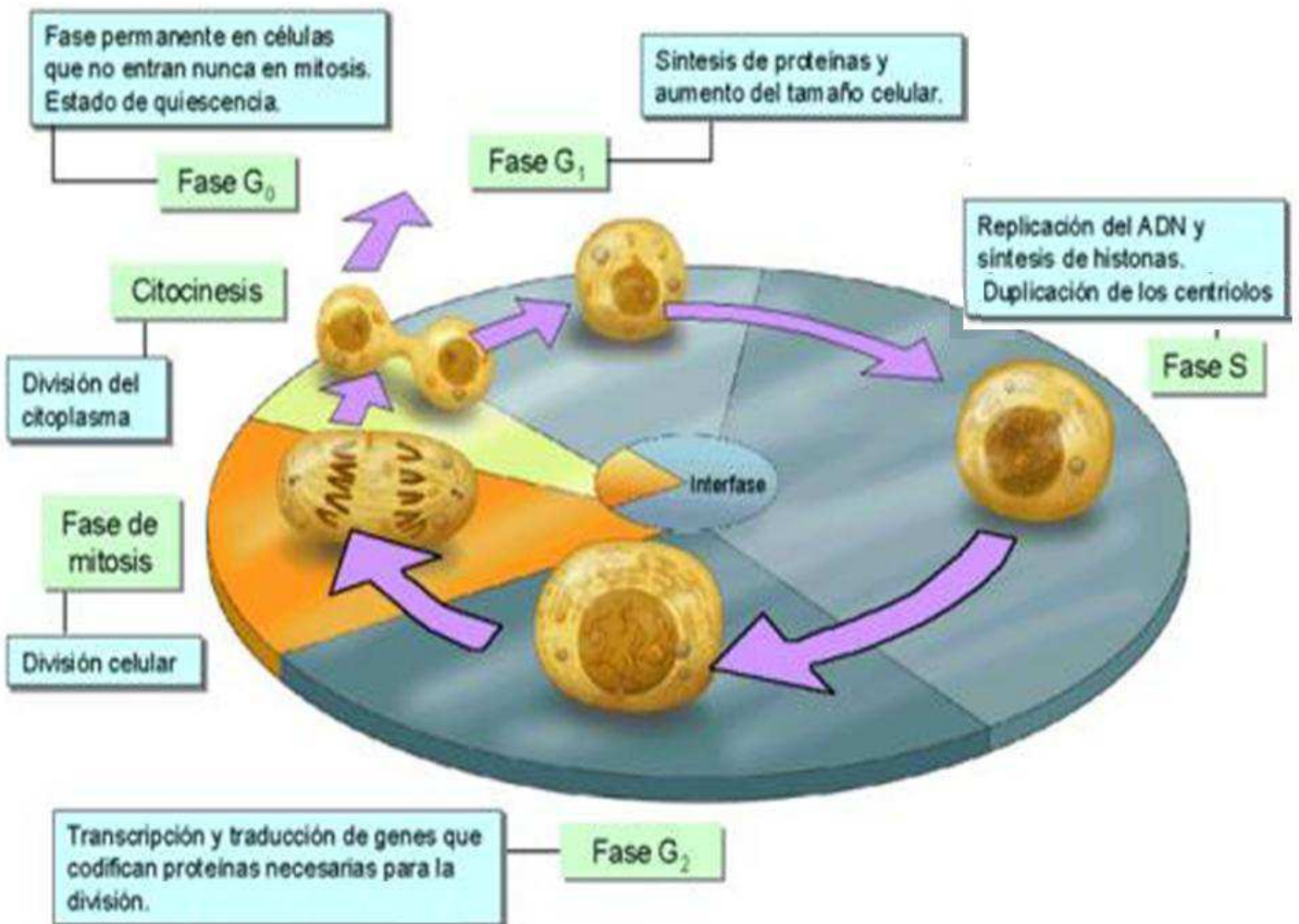


INTERFASE



DUPLICACIÓN
DEL ADN

INTERFASE



Actividad 9

Di en qué etapa del ciclo celular tienen lugar los siguientes fenómenos:

- **Condensación del ADN en forma de cromosomas.**
 - Etapa G2
- **Duplicación del ADN.**
 - Etapa S o de síntesis
- **Producción de proteínas.**
 - Etapa G1
- **Acumulación de energía.**
 - Etapa G2
- **Duplicación de los centriolos en las células animales.**
 - Etapa S o de síntesis

2.2. División Celular.

Una vez el núcleo tiene formados los cromosomas y ya tenemos en células animales duplicado los centriolos para ayudar a la división, se produce ésta.

Concepto: una célula progenitora genera dos células hijas idénticas a la célula madre.

- Está dividida en 2 etapas: mitosis y citocinesis -

Mitosis:

El material del núcleo de la célula madre se reparte entre las dos células hijas. Reciben el mismo número de cromosomas.

Aunque es un proceso continuo, para su estudio se divide en 4 etapas:

- Profase
- Metafase
- Anafase
- Telofase

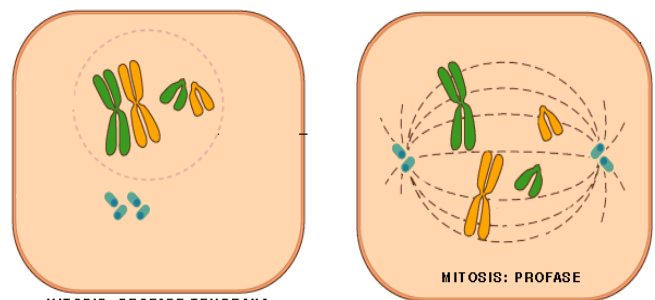
Profase: (etapa más larga de la mitosis).

- Condensación de los cromosomas.

(Los filamentos de cromatina que durante la interfase eran finísimos y completamente imperceptibles al microscopio óptico, se van poco a poco enrollando y condensando hasta formar cromosomas con 2 cromátidas hermanas que se pueden ver con el microscopio óptico).

- Se va desintegrando la envoltura nuclear.

- Deja de ser visible el nucléolo.



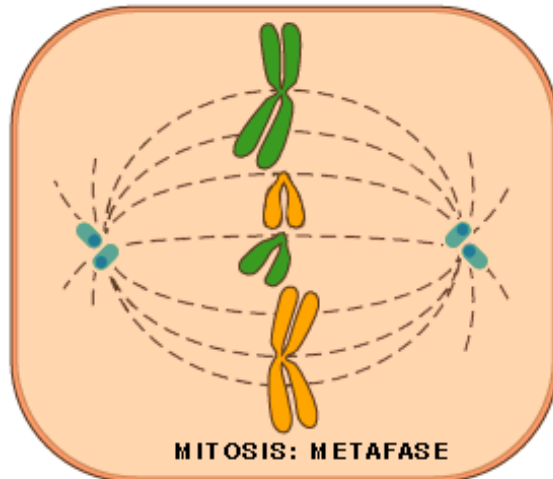
- En el citoplasma de la célula animal, cada juego de centriolos se desplaza hacia cada uno de los polos de la célula.

- Se forman unos microtúbulos entre los centriolos a medida que se separan. Es el huso mitótico que servirá de guía para el movimiento de los cromosomas.

- En célula vegetal también se forma el huso mitótico aunque no tenga centriolos. (Se forma en medio de la célula).

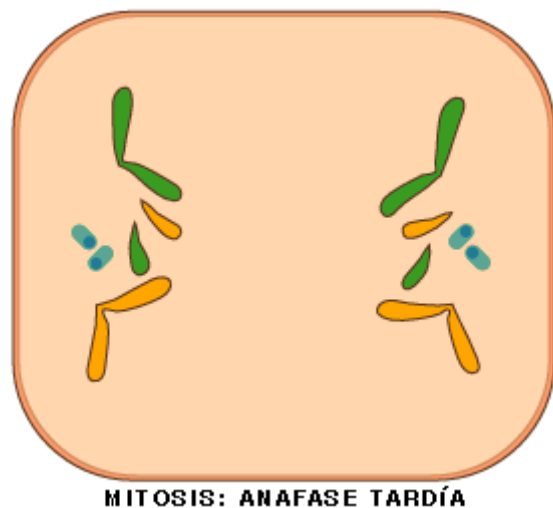
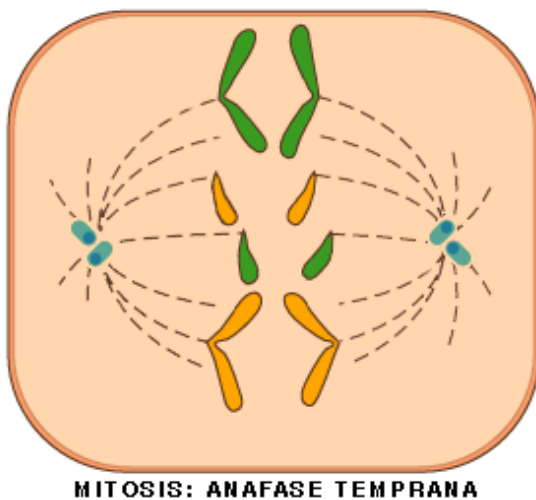
Metafase:

- El huso mitótico se une a un complejo proteico (cinetocoro) del centrómero de cada cromosoma.
- El huso mitótico dirige los cromosomas hacia el centro o plano ecuatorial de la célula.
- Los cromosomas se alinean en el centro de la célula formando la placa ecuatorial.



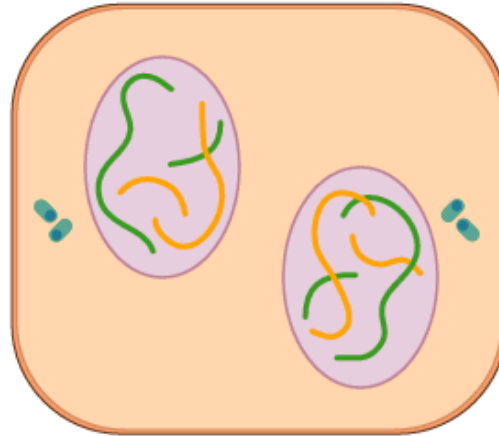
Anafase: (etapa más rápida de la mitosis)

- Las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan.
- El huso mitótico comienza a acortarse y tira de las cromátidas hermanas hacia los polos opuestos de la célula a la misma velocidad.



Telofase: (etapa final de la mitosis).

- Los grupos de cromátidas llegan a los polos de la célula.
- La envoltura nuclear empieza a regenerarse.
- Los microtúbulos del huso van desapareciendo.
- Los cromosomas se van descondensando y pasan a cromatina.
- Se reorganizan los nucléolos dentro de cada núcleo.



MITOSIS: TELOFASE TARDIA

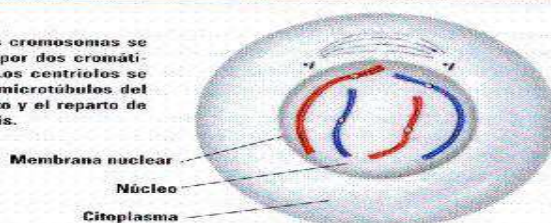
Al final habrá dos núcleos, cada uno con una dotación completa de cromosomas formados por una sola cromátida que poco a poco se van descondensando.

RESUMEN MITOSIS



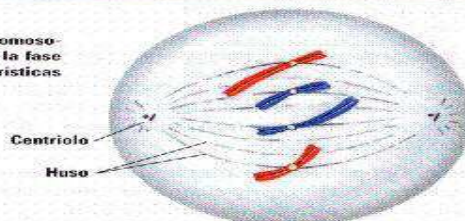
PROFASE

La cromatina se condensa y los cromosomas se hacen visibles; están formados por dos cromátidas unidas por el centrómero. Los centriolos se van separando y se forman los microtúbulos del huso, que permiten el movimiento y el reparto de los cromosomas durante la mitosis.



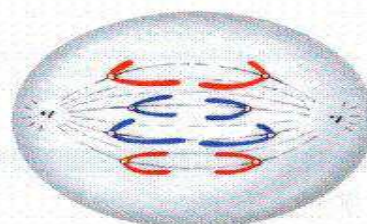
METAFASE

La membrana nuclear desaparece y los cromosomas se disponen en el centro del huso. Es la fase en la que mejor se distinguen las características de los cromosomas.



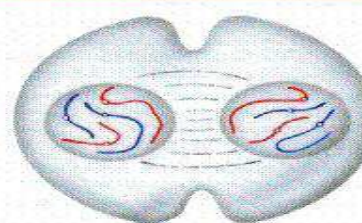
ANAFASE

El centrómero de cada cromosoma se divide, los microtúbulos se contraen y arrastran a las cromátidas hacia los dos polos de la célula.

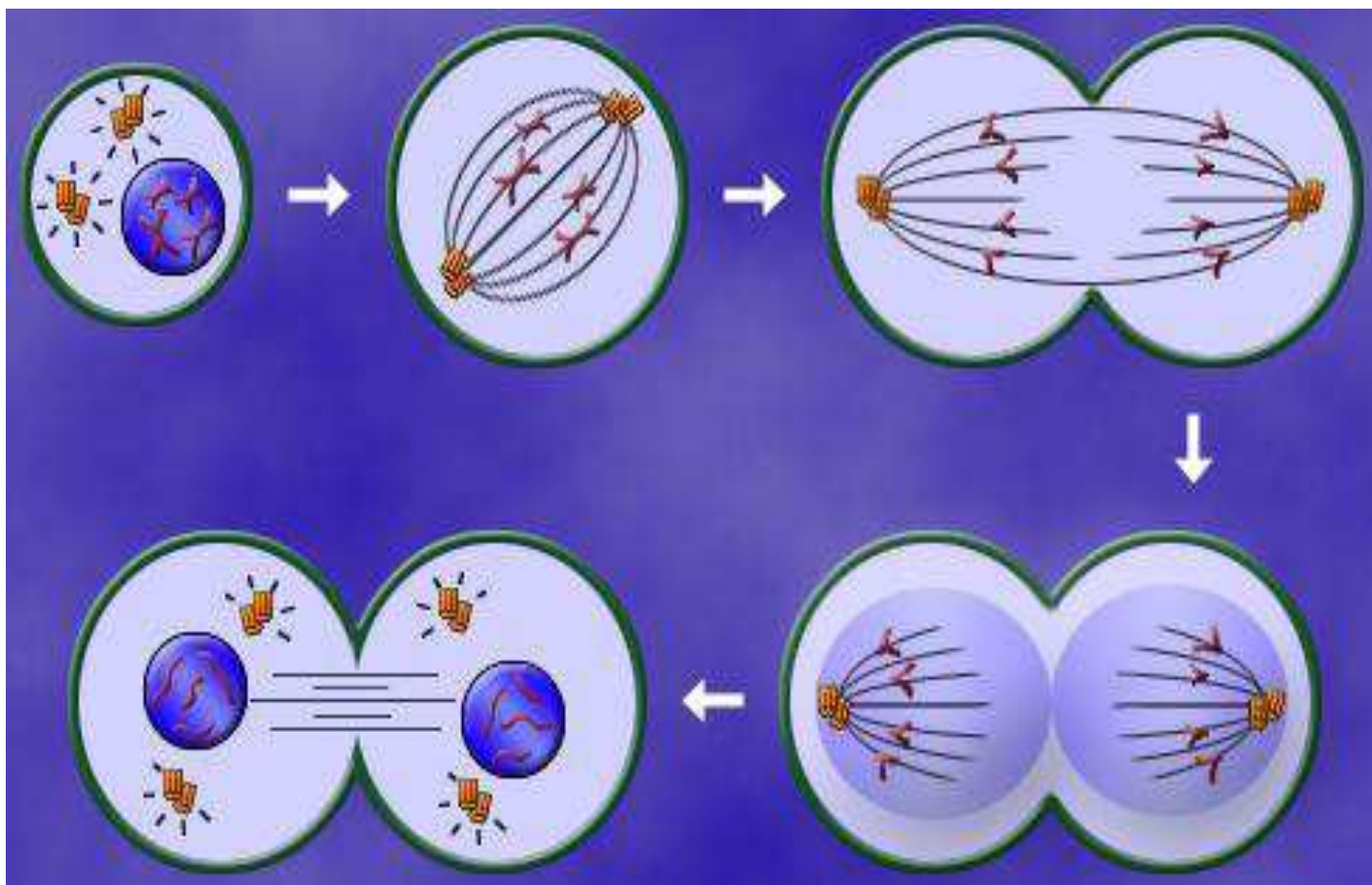


TELOFASE

Las cromátidas se separan completamente, poco a poco dejan de ser visibles, se forma la membrana nuclear y desaparece el huso. Al final de esta etapa, el ADN se descondensa y las cromátidas dejan de ser visibles.



MITOSIS



La Citocinesis.

(división del citoplasma)

Comienza al final de la anafase o a lo largo de la telofase.

- Se reparten los orgánulos de la célula madre entre las células hijas.

(En este proceso los orgánulos citoplasmáticos se reparten de forma un tanto aleatoria. En cualquier caso, cada célula hija ha de recibir al menos alguna mitocondria, algún cloroplasto (en células vegetales) y algunas vesículas del complejo de Golgi y del retículo endoplasmático, ya que todos estos orgánulos membranosos sólo se podrán regenerar y multiplicar luego a partir de otros preexistentes).

- La citocinesis es diferente en células animales y vegetales.

Citocinesis en células animales

- Un anillo de filamentos contráctiles va estrangulando la célula por su plano ecuatorial.
- Finalmente se separa en dos células hijas cada una con su núcleo.

Citocinesis en células vegetales

- Debido a la pared vegetal rígida no se produce estrangulamiento de la célula.
- La división del citoplasma se produce por la formación de un tabique (**fragmoplasto**) en la zona ecuatorial a partir de vesículas de membrana (del aparato de Golgi) que van fusionándose del centro hacia la periferia.



RESUMEN DE REPASO:

Interfase

El nucleólo y la membrana celular se distinguen y los cromosomas están en forma de cromatina

Profase

Los cromosomas se condensan y la membrana nuclear ya no es visible

Metafase

Los cromosomas gruesos y enrollados, cada uno con dos cromátidas, se alinean en la placa de la metafase

Anafase

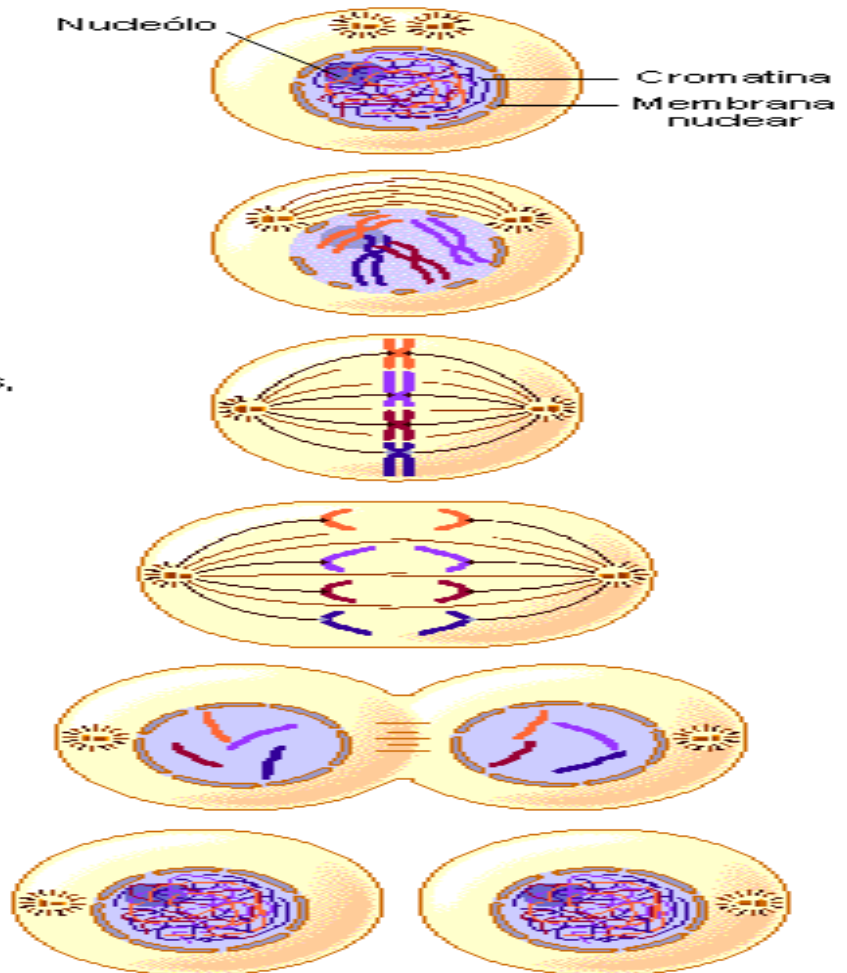
Las cromátidas de cada cromosoma se separan y se mueven hacia los polos

Telofase

Los cromosomas están en los polos y son cada vez más difusos. La membrana nuclear se vuelve a formar. El citoplasma se divide

Citoquinésis

La división en dos células hijas se completa



Actividad 10

Define los siguientes conceptos: mitosis, huso mitótico, citocinesis, fragmoplasto e interfase celular.

Mitosis: proceso de división celular por el que se obtienen dos células genéticamente idénticas.

Huso mitótico: conjunto de microtúbulos que organizan y dirigen a los cromosomas de la célula durante el proceso de división.

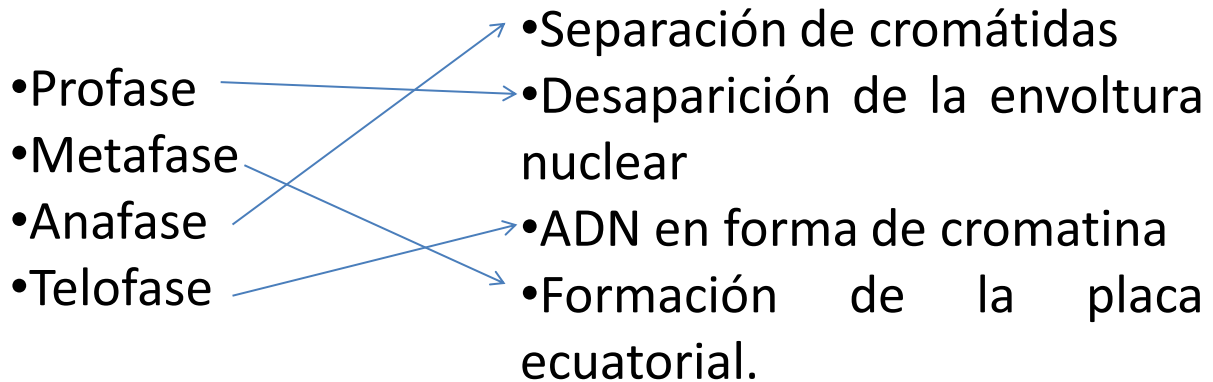
Citocinesis: proceso de separación del citoplasma y repartición de sus orgánulos entre las dos células hijas durante la división celular.

Fragmoplasto: estructura aplanada que se forma por la fusión de vesículas de membrana en el citoplasma de la célula vegetal para dividir el citoplasma durante la división celular.

Interfase celular: periodo más largo del ciclo celular en el que la célula no se divide y realiza las funciones de relación y nutrición.

Actividad 11

Relaciona cada una de las fases de la división celular con el fenómeno que le corresponda.



Actividad 12

Di si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- **Las células vegetales no tienen centriolos y por tanto no forman huso mitótico.**
 - Falsa. Pese a no tener centriolos, las células vegetales forman el huso mitótico, imprescindible para la organización de los cromosomas, a partir de unas estructuras proteicas presentes en los polos celulares.
- **La división celular es una etapa de la interfase.**
 - Falsa. Tanto la división celular como la interfase son las fases en las que se divide el ciclo celular.
- **Para que se lleve a cabo la división celular antes se tiene que haber duplicado el ADN.**
 - Verdadera
- **La división celular permite la proliferación celular.**
 - Verdadera

3. REPRODUCCIÓN DE LOS SERES VIVOS

- Función básica para el desarrollo de la vida.
- Incrementa el número de especies de una especie.
- Puede ser de dos tipos: asexual y sexual.

3.1. La reproducción asexual

-Ocurre en algunos animales muy sencillos como bacterias, estrellas de mar y también en muchas plantas.

- Solo hace falta un organismo.

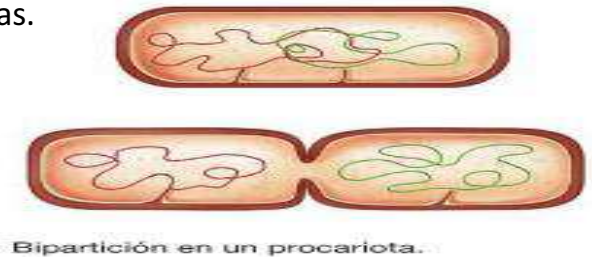
- El nuevo individuo es idéntico a su progenitor (esto a nivel evolutivo implica muy poca variedad genética. No existiría evolución de no ser por las mutaciones).

-Puede ser de tres formas:

- Bipartición
- Esporulación
- Gemación

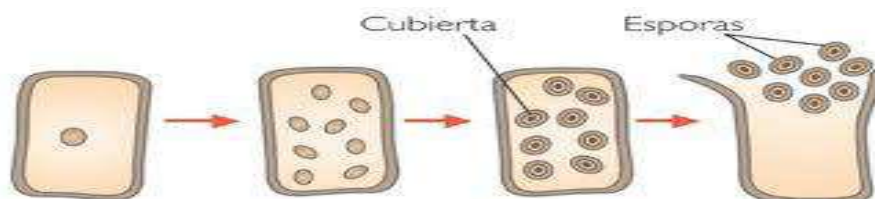
Bipartición:

- Es la reproducción asexual de organismos unicelulares (procariotas y eucariotas) como protozoos, levaduras y algas unicelulares.
- En eucariotas es una división celular típica (mitosis y citocinesis)
- En procariotas es más sencilla porque:
 - No tienen núcleo diferenciado.
 - Sólo tienen un cromosoma.
 - No tiene microtúbulos.
- En procariotas:
 - El cromosoma se duplica
 - Los dos cromosomas se unen a la membrana plasmática.
(Cada copia se une a un **mesosoma** que son invaginaciones de la membrana plasmática).
 - La célula crece, se alarga y los cromosomas se alejan uno del otro.
 - Cuando la célula es el doble de su tamaño y se han duplicado los componentes celulares:
 - se forma una nueva pared celular de mureina entre los dos cromosomas que separa las dos células hijas.



Esporulación:

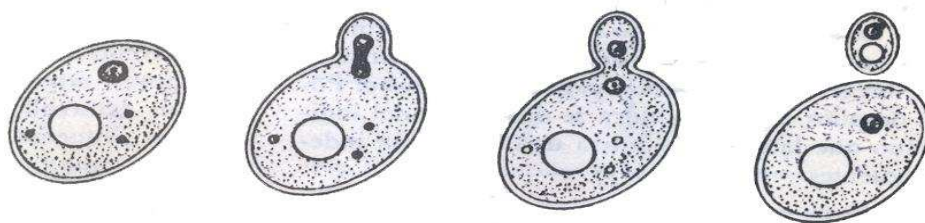
- Se presenta en unicelulares y en pluricelulares.
- Se puede dar en hongos, musgos y helechos.
- El núcleo sufre sucesivas divisiones (mitosis sin citocinesis).
- Los núcleos originados se rodean de citoplasma y se forman las esporas.
- Las esporas son liberadas al aire o al agua y al germinar originan un nuevo individuo.

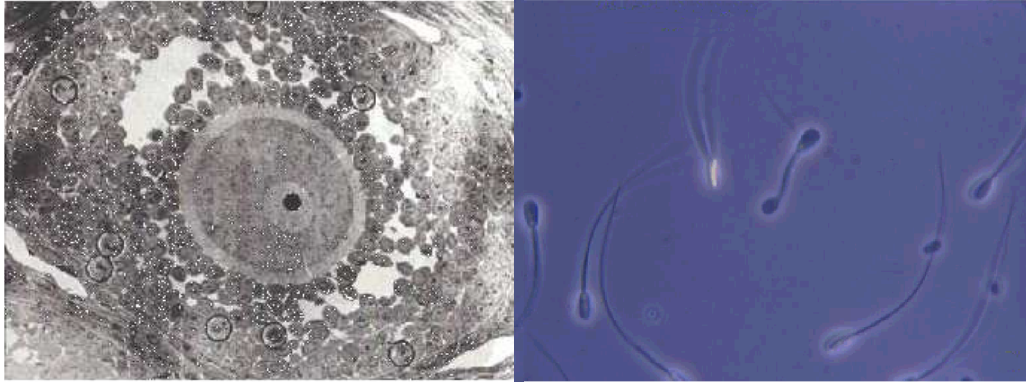


Gemación:

- Se puede dar en unicelulares y en pluricelulares. En algunas levaduras y las hidras.
- La progenitora produce una prolongación (o gema) en la membrana citoplasmática.
- El núcleo de la célula progenitora se divide y uno de los núcleos hijos pasa a la gema.
- Da lugar a una célula hija más pequeña llamada gema

(Pueden separarse del organismo parental o quedar unidos a él, iniciando así una colonia).





3.2. La reproducción sexual:

- Se requieren:

- Células especializadas (gametos)
- Dos progenitores diferentes

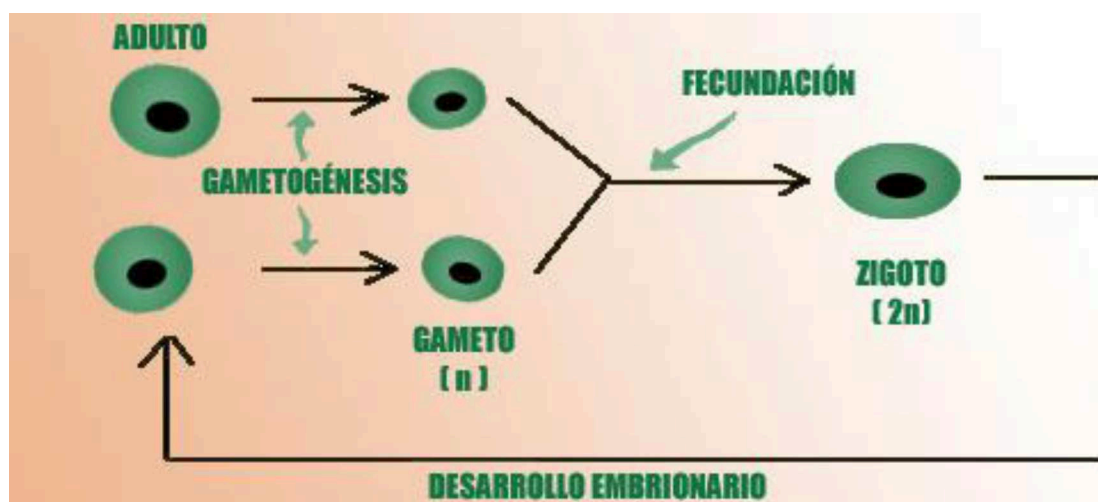
- El individuo resultante no es idéntico a sus progenitores.

(Ventaja evolutiva porque da variabilidad genética).

(Ante un cambio, es más probable que algunos individuos estén adaptados y puedan sobrevivir).

-En la reproducción sexual se llevan a cabo 3 procesos diferentes:

- **Gametogénesis:** proceso de formación de gametos.
- **Fecundación:** Dos gametos de distintos individuos se fusionan originando una nueva célula (**zigoto**).
- **Desarrollo embrionario:** proceso por el cual un cigoto se transforma para dar un adulto.



	REPRODUCCIÓN ASEXUAL	REPRODUCCIÓN SEXUAL
Células iniciales	Células no especializadas	Células especializadas: gametos.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> · Mecanismo sencillo. · Aumento rápido del nº de individuos nuevos. 	Fuente de variabilidad.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> · Descendientes iguales: no variabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> · Mecanismo complejo. · Aumento lento del nº de individuos nuevos.

Existen especies que tienen reproducción alternativa, ya que durante parte de su ciclo biológico tienen reproducción asexual y parte de su ciclo tienen reproducción sexual, es decir, que realizan los dos tipos de reproducción.

Actividad 13

Explica las diferencias entre la reproducción sexual y la asexual y entre la esporulación y la gemación.

Diferencias entre la reproducción sexual y asexual:

REPRODUCCIÓN ASEXUAL	REPRODUCCIÓN SEXUAL
Se lleva a cabo a partir de células somáticas.	Se caracteriza por la producción de células especializadas, los gametos.
Es un mecanismo sencillo.	Es un mecanismo complejo.
No produce variabilidad genética.	Produce variabilidad genética.
El número de individuos aumenta rápidamente.	El número de individuos aumenta lentamente.

Diferencias entre la esporulación y la gemación:

ESPORULACIÓN	GEMACIÓN
La célula realiza varias mitosis sucesivas sin realizar citocinesis, que se lleva a cabo más tarde.	La célula origina una célula hija más pequeña después de una división celular completa. Si es un organismo pluricelular se forma un descendiente idéntico al individuo original a partir de un conjunto de células idénticas.
El resultado son las esporas.	Los descendientes se denominan gemas.

Actividad 14

¿En qué consiste la fecundación?

La fecundación es el proceso mediante el cual se unen dos células reproductoras.

¿De qué tipo de reproducción es característica?

La fecundación es característica de la reproducción sexual.

¿Cómo se llaman las células que participan en el proceso de fecundación?

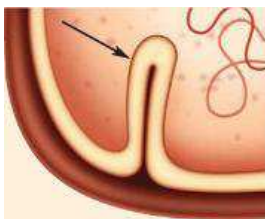
Las células que participan en los procesos de fecundación son los gametos o células reproductoras.

¿Y la célula resultante?

La célula resultante se denomina cigoto

Actividad 15

Observa el siguiente dibujo:



¿Cuál es la estructura señalada?

La estructura señalada es un **mesosoma**.

¿Qué función desempeña esta estructura durante la división bacteriana?

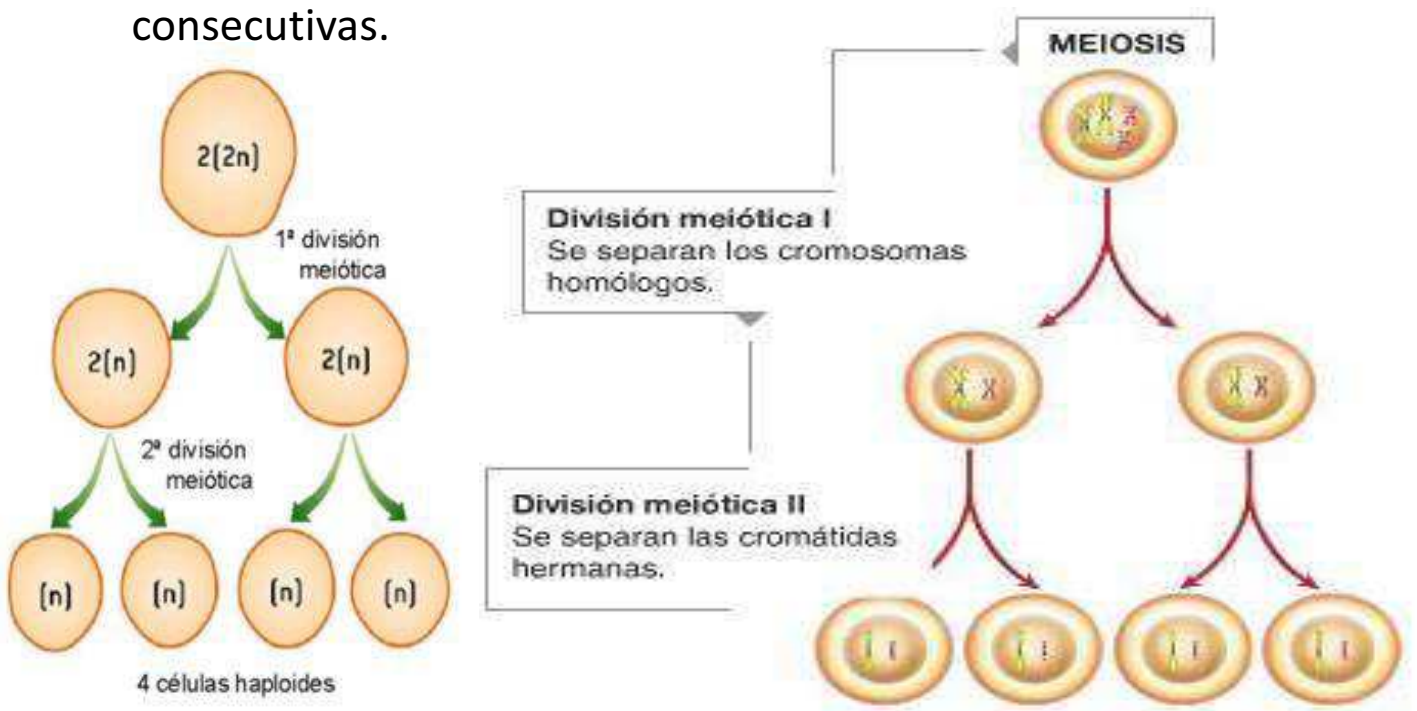
Su función durante la división en procariontes es la de anclar el cromosoma bacteriano y su copia a la membrana plasmática para permitir la separación de ambos, uno en cada célula hija.

4. LA PRODUCCIÓN DE GAMETOS

- El mecanismo clave de la reproducción sexual es la **fecundación** (fusión de gametos).
(Al unirse se suma la dotación cromosómica).
- Para evitar que la dotación cromosómica se duplique, se necesita la **meiosis**, proceso que reduce el número de cromosomas a la mitad.

4.1. La meiosis

- Proceso por el cual una célula diploide se divide en cuatro células haploides.
- Se lleva a cabo mediante dos divisiones celulares consecutivas.



Actividad 16

¿Por qué la meiosis es un proceso fundamental en la reproducción sexual?

Porque permite obtener células haploides a partir de diploides. La reducción cromosómica es imprescindible para que se pueda dar la fecundación o fusión de gametos posterior. De no ser así se doblarían el número de cromosomas en cada fecundación.

Por otro lado, la meiosis es además una fuente de variabilidad en sí misma debido a los mecanismos de intercambio de fragmentos de ADN entre cromosomas homólogos que se da en la profase I.

Actividad 17

Imaginemos una célula de dotación cromosómica $2n=10$. Contesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál será su dotación después de una mitosis?

Después de una mitosis, la célula $2n=10$ tendrá una dotación cromosómica $2n=10$.

-¿Cuál será su dotación después de una meiosis?

Después de una meiosis, la célula $2n=10$ tendrá una dotación cromosómica $n=5$.

Actividad 18

**¿Pueden existir gametos con un número de cromosomas par?
Razona la respuesta.**

Sí, por ejemplo un individuo con dotación cromosómica $2n=44$, después de la meiosis dará lugar a gametos con dotación cromosómica $n=22$.

**¿Y células somáticas con un número impar de cromosomas?
Razona la respuesta.**

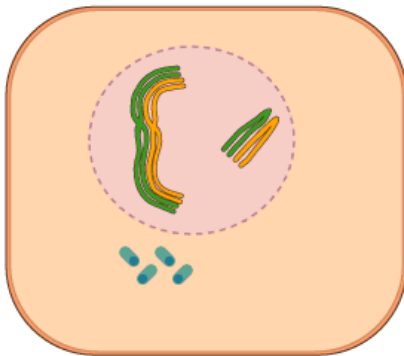
No, porque las células somáticas son diploides; en una célula diploide encontramos dos copias de cada cromosoma (cromosomas homólogos) y por tanto siempre los encontramos en número par, excepto si padecen algún tipo de anomalía en la dotación cromosómica, por ejemplo las personas con Síndrome de Dawn tienen 47 cromosomas en sus células somáticas.

Primera división meiótica:

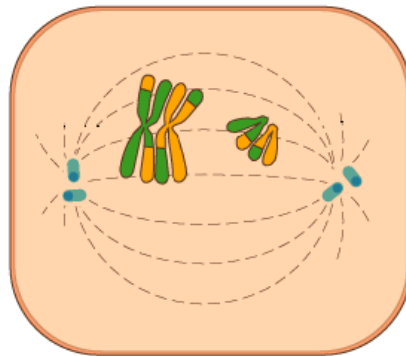
- Se inicia tras la duplicación de los centriolos y del ADN en la fase de síntesis del ciclo celular (igual que la mitosis).
- Después se suceden una serie de procesos que dividimos en fases para facilitar su estudio.

Profase I

- **Similar a una profase de una mitosis normal:**
 - Los cromosomas aumentan su condensación y se hacen visibles.
 - Desaparece la envoltura nuclear
 - Cada par de centriolos se mueven hacia los polos.
 - Se forma el huso mitótico.
- **En la meiosis, los cromosomas homólogos se emparejan y hay entrecruzamiento (intercambio de fragmentos de ADN entre ellos).** Este proceso se llama recombinación genética.

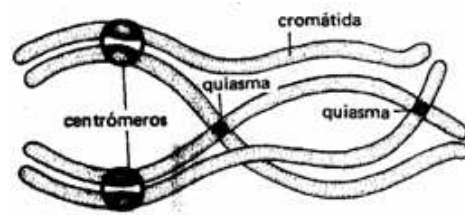
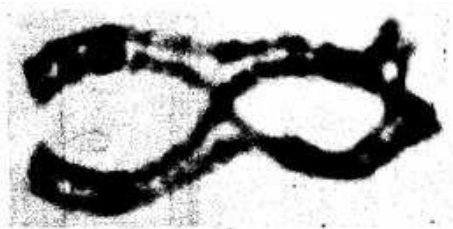


DIVISIÓN 1: PROFASE TEMPRANA



DIVISIÓN 1: PROFASE TARDÍA

Al microscopio, estos entrecruzamientos se observan como imágenes en forma de X que se denominan **quiasmas**.

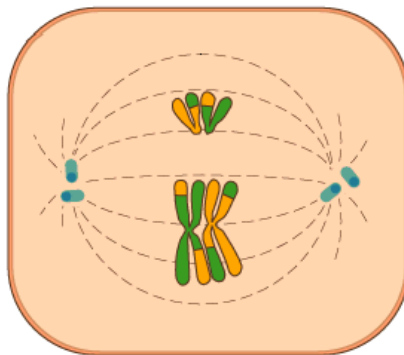


Provoca variabilidad genética porque hay nuevas combinaciones de ADN.

(Puede quedar la información genética mezclada, la del padre y la de la madre).

Metafase I

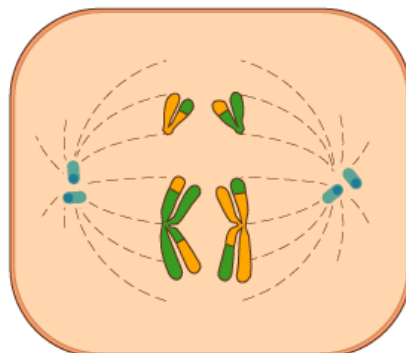
- Similar a una metafase de mitosis normal pero los cromosomas homólogos continúan apareados formando la placa ecuatorial.
 - Los centriolos se encuentran en los polos de la célula.
 - El huso mitótico está completamente formado.
 - Los cromosomas se alinean en el centro de la célula formando la placa ecuatorial.
- Mediante el huso mitótico, cada cromosoma de la pareja de homólogos está unido a un polo diferente de la célula.



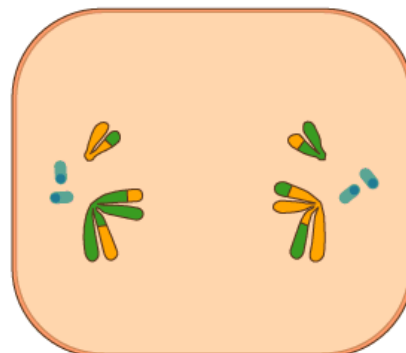
DIVISIÓN 1: METAFASE

Anafase I

- Las fibras del huso mitótico se acortan y separan los cromosomas homólogos a los distintos polos de la célula.
- (En la mitosis se separaban las cromátidas hermanas a cada polo).



DIVISIÓN 1: ANAFASE TEMPRANA

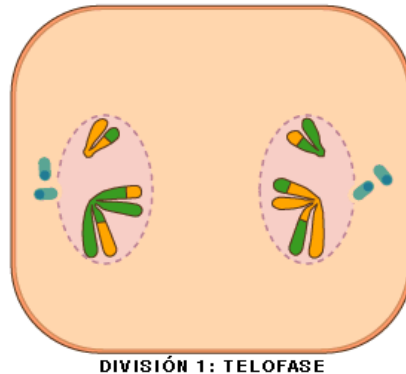


DIVISIÓN 1: ANAFASE TARDÍA

- Al final de la anafase I tenemos dos juegos de cromosomas separados en los polos opuestos de la célula, uno de cada par, por lo que es en esta fase cuando se reduce a la mitad el número de cromosomas.

Telofase I

- Similar a la telofase de una mitosis normal:
 - Los cromosomas (con sus dos cromátidas) han llegado a los polos opuestos.
 - Se forman las envolturas nucleares alrededor de cada grupo de cromosomas.
 - Al final el ADN adopta estructura de cromatina.



Citocinesis

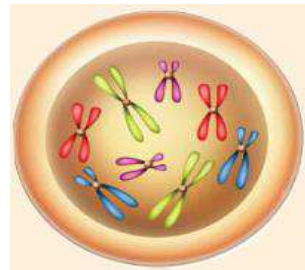
Análoga a la mitosis donde se forman dos células hijas y cada una comienza la división meiótica II.

Actividad 19

Dibuja cada una de las fases de la división meiótica I partiendo de una célula $2n=18$.

En el dibujo es importante que:

- En la profase I se debe ver el núcleo disgregándose y los cromosomas emparejados con su homólogo. También sería interesante que se apreciaran de alguna manera los fragmentos de cromosoma intercambiados.
- En la metafase I se deben ver cuatro parejas de cromosomas alineados en el centro de la célula. También se deben apreciar las fibras del huso mitótico unidas en sus extremos a los centrómeros de los cromosomas. Los centriolos deben estar situados en los extremos de la célula.
- En la anafase I se deben ver los cromosomas homólogos separándose, dirigiéndose cada juego a un extremo de la célula.
- En la telofase I veremos el núcleo formándose o ya formado del todo. Dentro de cada núcleo veremos cuatro cromosomas diferentes entre sí con dos cromátidas cada uno.



A partir de la célula $2n=8$ Cuántos pares de cromosomas veremos alineados en la placa ecuatorial de la metafase I?

En la metafase I veremos alineados cuatro pares de cromosomas.

¿Cuántos cromosomas tendrá cada una de las dos células al final de la primera división meiótica?

Al final de la primera división meiótica se obtendrán dos células con cuatro cromosomas cada una.

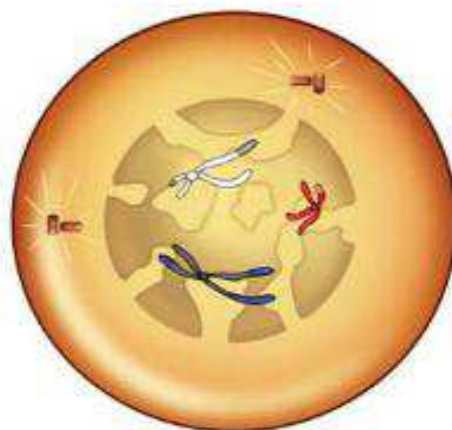
Segunda división celular

- Similar a la mitosis salvo:
 - La célula parte con sólo un cromosoma de los homólogos.
 - Las cromátidas de cada cromosoma ya no son idénticas debido a la recombinación genética.

- El proceso dividido en fases es el siguiente:

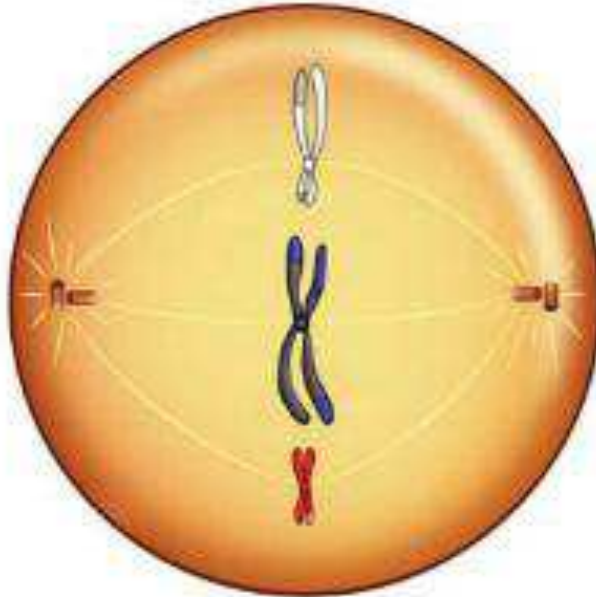
Profase II

- Los cromosomas son visibles.
- Se rompe la envoltura nuclear.
- Se duplican los centrosomas.
- Se inicia la formación del huso mitótico.



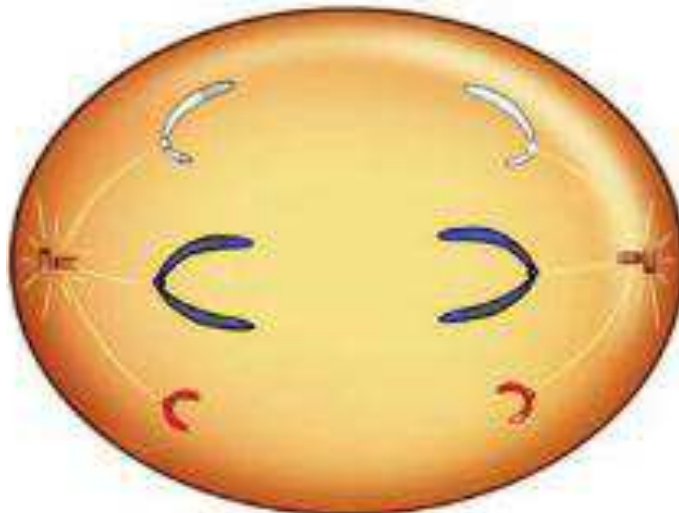
Metafase II

- Los cromosomas están unidos por los centrómeros a las fibras del huso mitótico.
- y se disponen en la región ecuatorial de la célula.



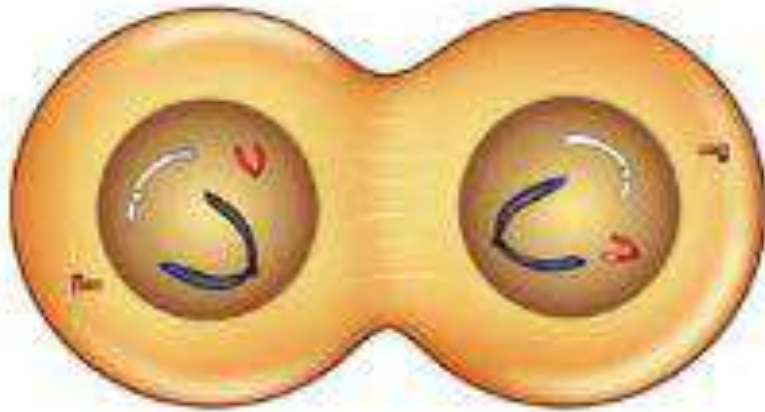
Anafase II

- Las fibras del huso mitótico se acortan
- Se separan las cromátidas hermanas de cada cromosoma y se dirigen a los diferentes polos.



Telofase II

- Las cromátidas llegan a los polos de la célula.
- Se desespiraliza.
- Se forma la envoltura nuclear alrededor de cada grupo de cromátidas y surgen dos núcleos.

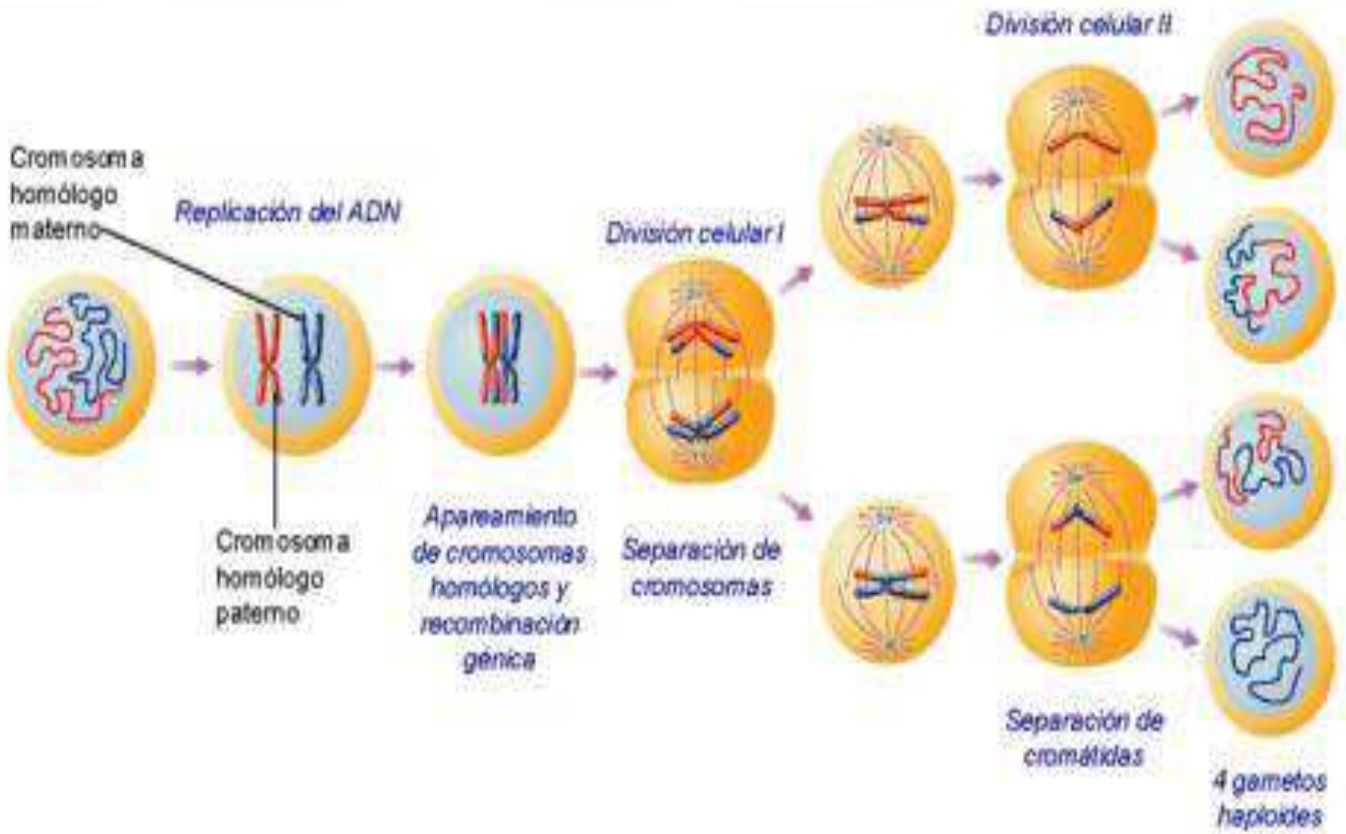


Citocinesis

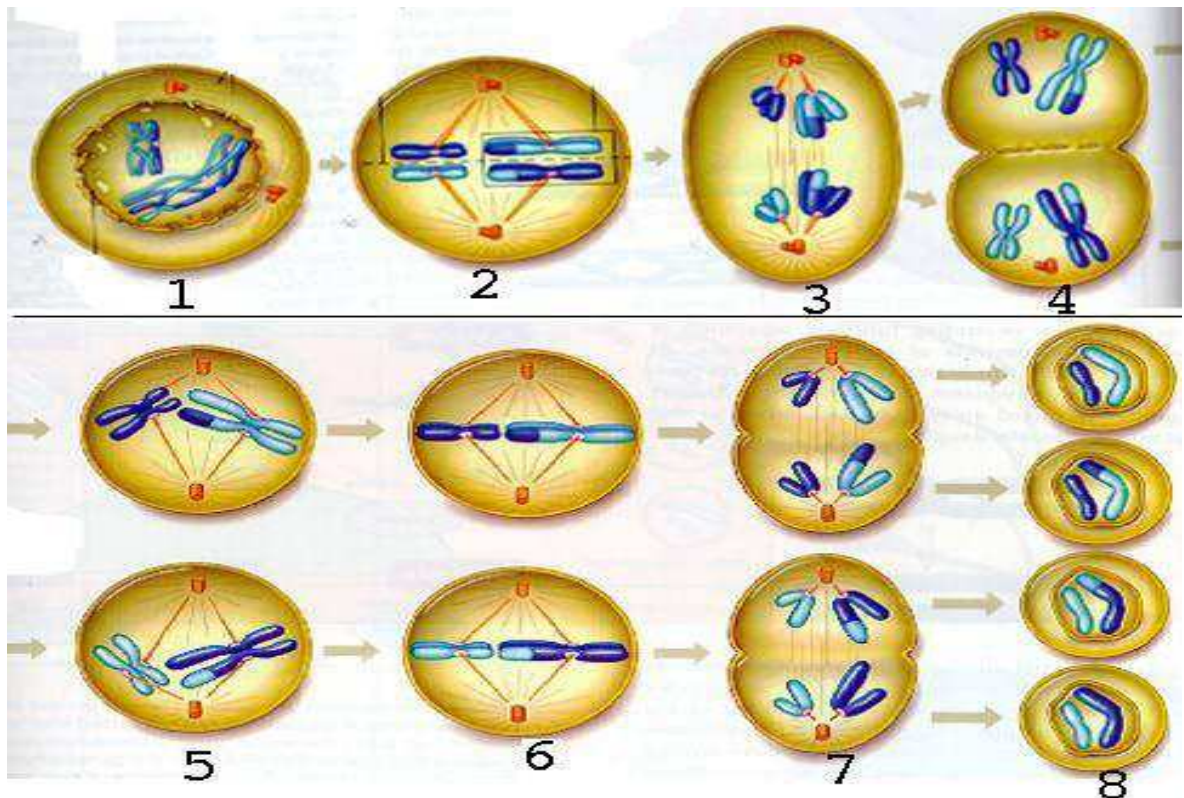
- Se produce una segunda citocinesis.
- Resultado final de la meiosis:
 - cuatro células con la mitad del número de cromosomas que la célula inicial.

DIVISIÓN MEIÓTICA I

DIVISIÓN MEIÓTICA II



MEIOSIS



Consecuencias de la meiosis:

⇒ Se obtienen células especializadas para intervenir en la reproducción sexual, los gametos.

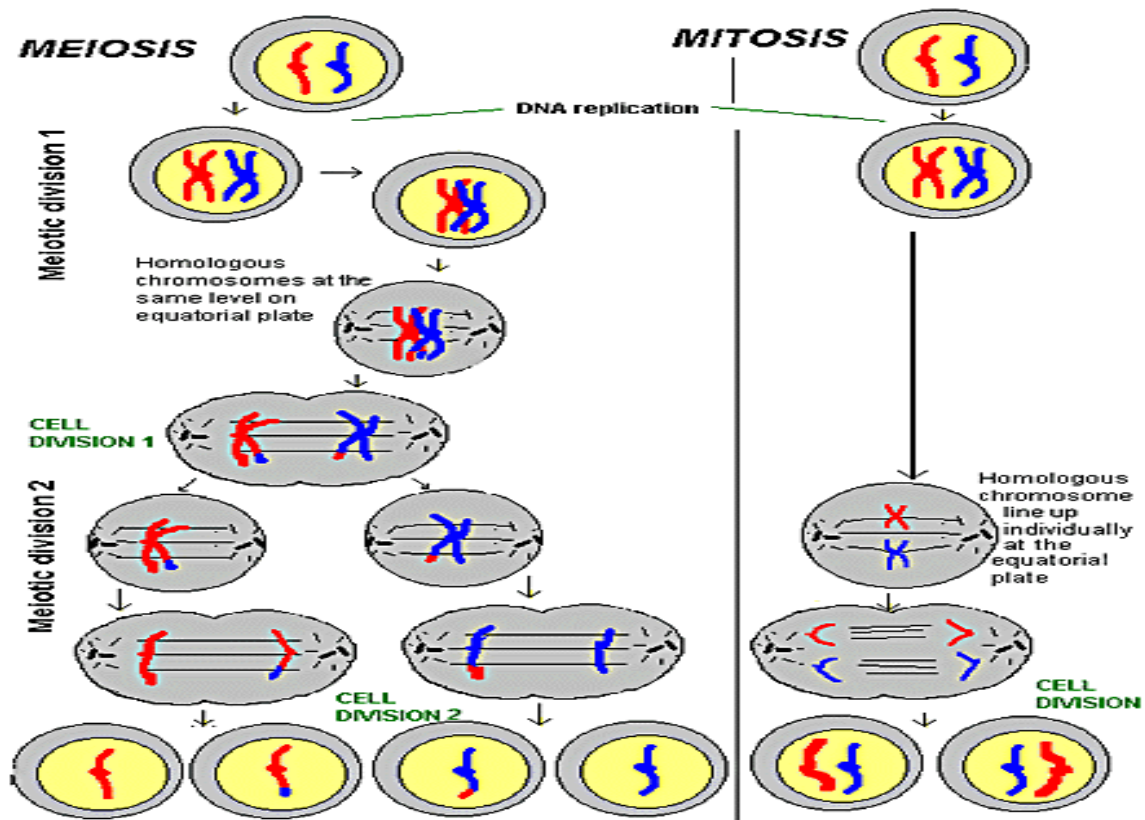
⇒ Reduce a la mitad el número de cromosomas, y así al unirse las dos células sexuales, vuelve a restablecerse el número cromosómico de la especie.

⇒ Se produce una recombinación de la información genética debido al entrecruzamiento de segmentos de los cromosomas homólogos, que origina una **gran variedad de gametos**.

Las diferencias entre la mitosis y la meiosis podemos resumirlas en el siguiente cuadro:

MITOSIS	MEIOSIS
<ul style="list-style-type: none">• Ocurre en cualquier tipo de célula.• Ocurre tanto en células haploides como diploides.• Consta de una sola división.• El resultado de la división es de dos células hijas.• Las células hijas mantienen el mismo número de cromosomas que las células madre.• Durante la profase no hay entrecruzamientos y, por tanto, los cromosomas de las células hijas son idénticos (si no se producen mutaciones).• El número de individuos aumenta rápidamente.• El objetivo es la proliferación celular.	<ul style="list-style-type: none">• Ocurre sólo en células de la línea germinal.• Ocurre sólo en células diploides.• Consta de dos divisiones celulares consecutivas.• El resultado de la división es de cuatro células hijas.• Las células hijas tienen la mitad de cromosomas que las células madre.• Durante la profase se producen entrecruzamientos y, por tanto, los cromosomas de las células hijas son el producto de la recombinación genética.• El número de individuos aumenta lentamente.• El objetivo es la producción de gametos (óvulos y espermatozoides).

Comparación meiosis y mitosis



Actividad 20

Dibuja cada una de las fases de la división meiótica II de una célula $2n=8$.

En el dibujo es importante que:

- En la profase II se debe ver el núcleo disgregándose y cuatro cromosomas diferentes dentro de él.
- En la metafase II se deben ver cuatro cromosomas alineados en el centro de la célula. También se deben apreciar las fibras del huso mitótico unidas en sus extremos a los centrómeros de los cromosomas. Los centriolos deben estar situados en los extremos de la célula.
- En la anafase II se deben ver las cromátidas hermanas separándose, dirigiéndose cada juego a un extremo de la célula.
- En la telofase II veremos el núcleo formándose o ya formado del todo. Dentro de cada núcleo veremos cuatro cromosomas diferentes entre sí con una cromátida cada uno.

Actividad 21

Cita dos diferencias entre la mitosis y la meiosis.

Las diferencias más importantes entre la mitosis y la meiosis son:

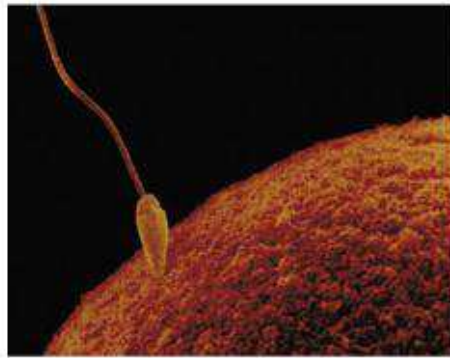
MITOSIS	MEIOSIS
1. La mitosis da lugar a células con la misma dotación que la célula madre.	1. La meiosis da lugar a células con la mitad de cromosomas que la madre.
2. Los cromosomas homólogos no se emparejan.	2. Se produce emparejamiento y entrecruzamiento de cromosomas homólogos.
3. El resultado son dos células idénticas.	3. El resultado son cuatro células diferentes.
4. El número de individuos aumenta rápidamente.	4. El número de individuos aumenta lentamente.

¿Por qué los organismos con reproducción asexual no llevan a cabo la meiosis?

Los organismos con reproducción asexual no llevan a cabo la meiosis porque el objetivo de esta división es la reducción de la dotación cromosómica para permitir la fecundación posterior que caracteriza la reproducción sexual. Como no necesitan fusionar gametos, presentar división por meiosis sería un gasto de energía inútil.

4.2. La gametogénesis humana

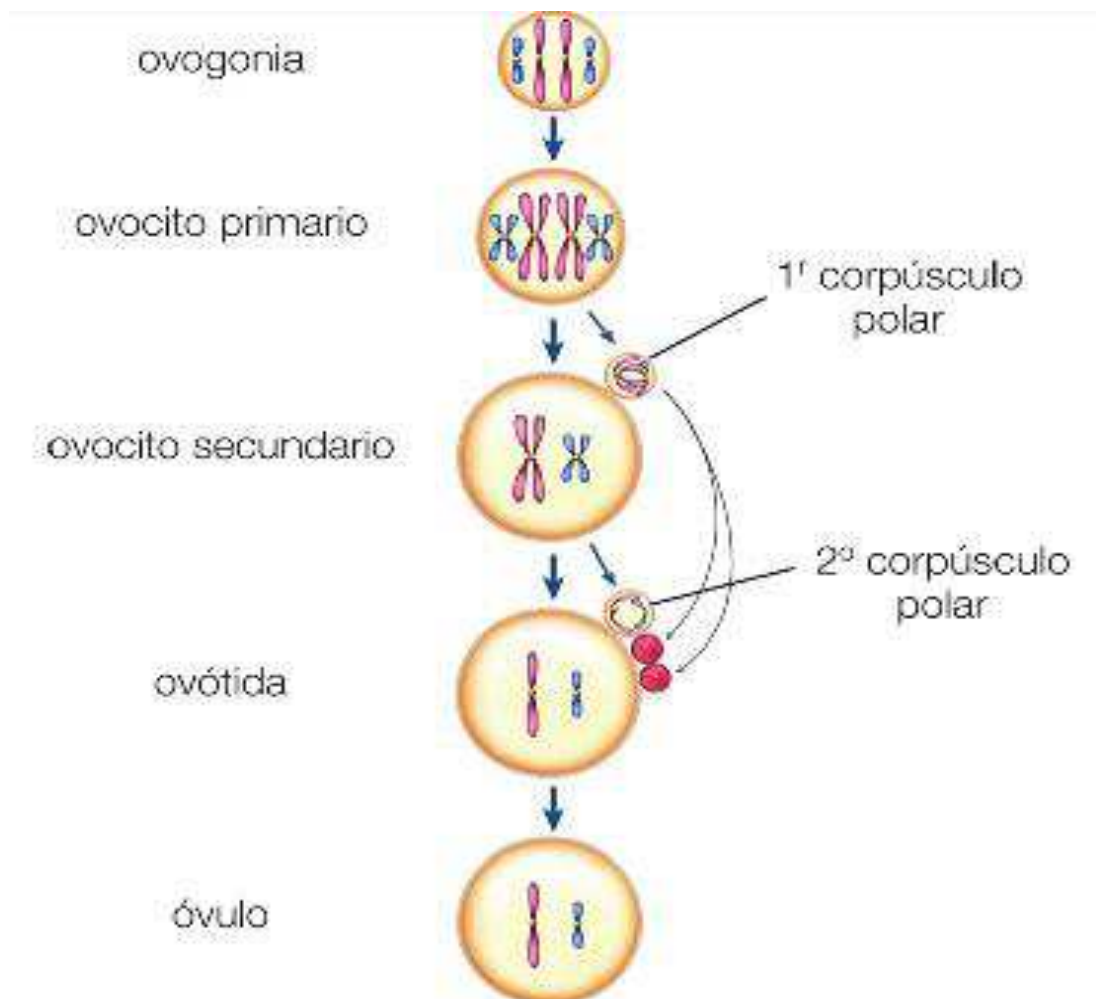
- Proceso de formación de gametos.
- Distinguimos entre:
 - **Ovogénesis:** proceso de formación de los gametos femeninos (óvulos).
 - **Espermatogénesis:** proceso de formación de los gametos masculinos (espermatozoides).



Óvulo y espermatozoide vistos al microscopio electrónico.

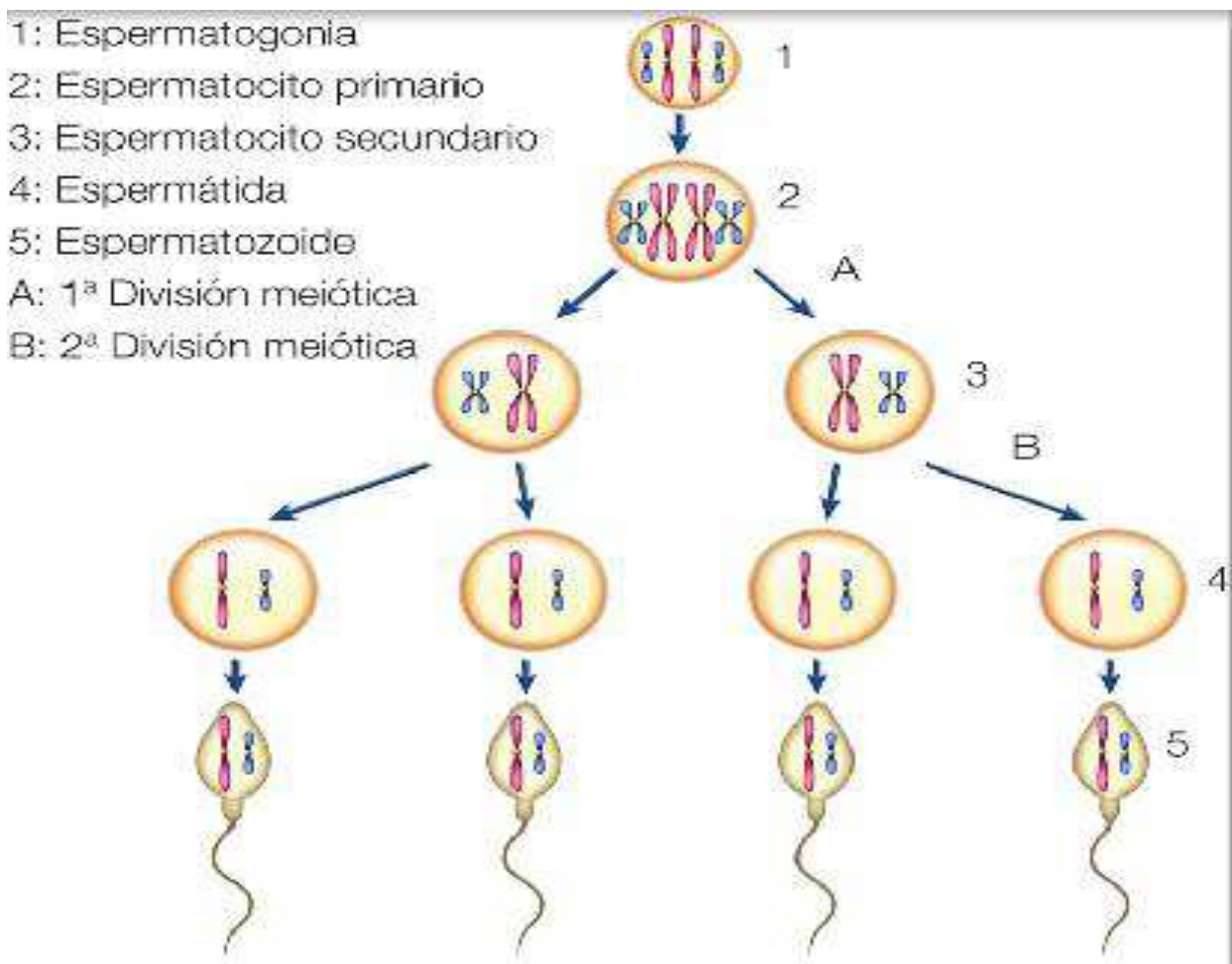
Ovogénesis humana

- Se parte de unas células que hay en el ovario llamadas **ovogonias**.
- Por mitosis consecutivas generan **ovocitos primarios**.
- El ovocito primario entra a la 1ª división meiótica originando dos células:
 - una grande llamada **ovocito secundario**
 - y una pequeña llamada primer corpúsculo polar (que degenerará).
- El ovocito secundario se mantiene en interfase hasta la pubertad.
- Después entra en la 2ª división meiotica y se transforma en otras dos células:
 - una grande: la **ovótida**
 - y otra pequeña, el segundo corpúsculo polar que también degenerará.
- La ovótida madura y se convierte en **óvulo**.
- Cada maduración determina el inicio del ciclo ovárico.
- De cada ovogonia se obtiene un óvulo ya que los corpúsculos polares degeneran.



Espermatogénesis humana

- Se inicia en la pubertad.
- En los tubos seminíferos de los testículos se encuentra la célula precursora (la **espermatogonia**).
- Por mitosis sucesivas produce **espermaticitos primarios**.
- Los espermaticitos primarios entran en la división meiótica I y dan dos **espermaticitos secundarios**.
- Cada espermaticito secundario entra en la división meiotica II y se forman dos **espermátidas**.
- Las espermátidas maduran (se reduce el citoplasma y se forma un flagelo) y dan lugar a los **espermatozoides**.
- De cada espermatogonia se obtienen cuatro espermatozoides.

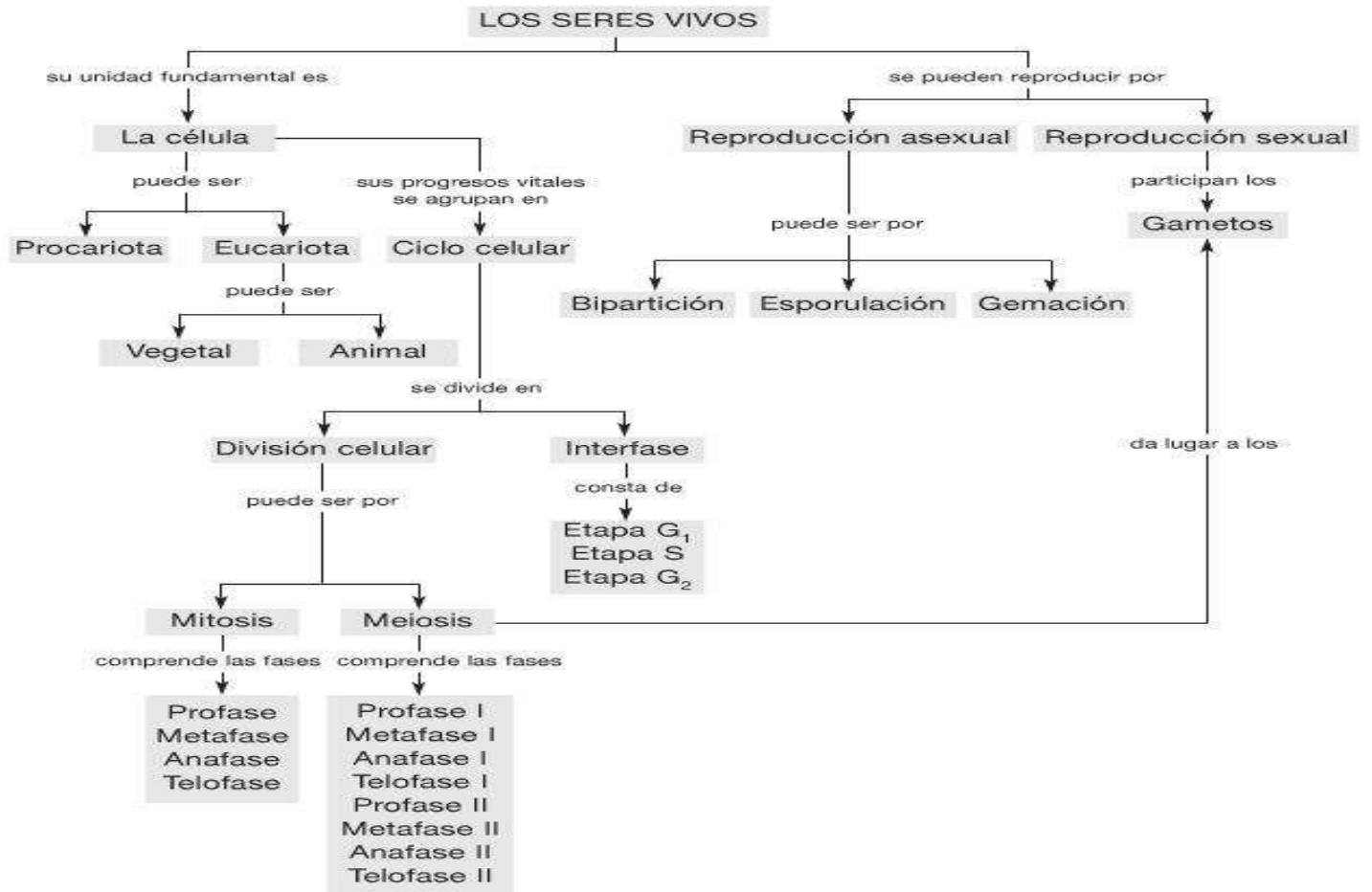


Actividad 22

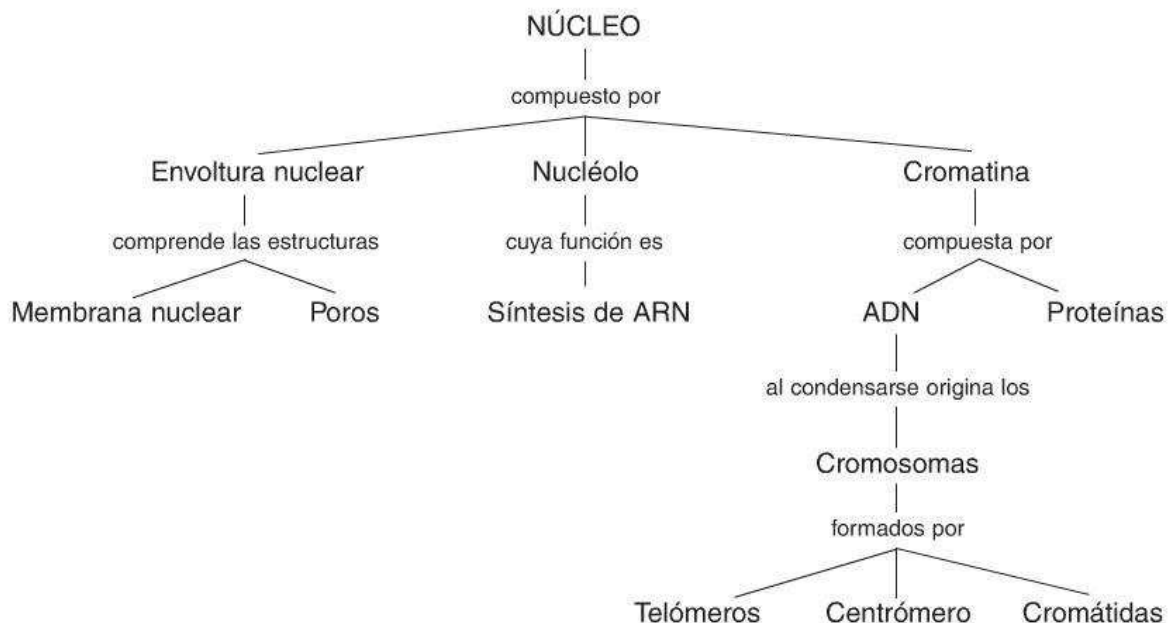
Las células no reproductoras humanas tienen una dotación cromosómica $2n=46$. ¿Cuál es la dotación cromosómica del espermatozoide? ¿Y la del óvulo?

Los espermatozoides y los óvulos se originan después de un proceso de meiosis; por tanto, ambos poseen una dotación cromosómica de $n=23$.

- Mapa conceptual completado con los procesos de la división celular: mitosis y meiosis.



- Mapa conceptual del núcleo de la célula eucariota



Vídeos y animaciones en Internet:

La célula eucariota: <http://www.youtube.com/watch?v=hBTImxRZrDM>

Control del ciclo celular.

http://www.mhhe.com/sem/Spanish_Animations/sp_control_cell_cycle.swf

Mitosis y citocinesis.

<http://www.youtube.com/watch?v=5uPC-HMFNMo&feature=fvsvr>

http://www.mhhe.com/sem/Spanish_Animations/sp_mitosis_cytokinesis.swf

Animación muy sencilla que ilustra los principales procesos que ocurren durante la mitosis.

<http://www.bioygeo.info/Animaciones/Mitosis1.swf>

Esta animación ilustra y describe esquemáticamente los principales acontecimientos que ocurren en el núcleo durante la interfase y en la mitosis. Pasando el cursor sobre los nombres de las etapas aparece una breve descripción de las mismas en la parte superior.

<http://www.johnkyrk.com/mitosis.html>

Vídeos meiosis:

http://www.youtube.com/watch?v=D1_-mQS_FZ0

<http://www.youtube.com/watch?v=EsHfBINTWuE>

Esta animación ilustra las características exclusivas de la meiosis: la sinapsis y la recombinación entre los cromosomas homólogos y el carácter reduccional de la primera división meiótica.

http://www.mhhe.com/sem/Spanish_Animations/sp_features_meiosis.swf

Fases de la meiosis. Descripción completa de las dos divisiones meióticas.

http://www.mhhe.com/sem/Spanish_Animations/sp_stages_meiosis.swf

Animación muy sencilla que ilustra los principales procesos que ocurren durante la meiosis.

<http://www.bioygeo.info/Animaciones/Meiosis0.swf>

Esta animación ilustra y describe esquemáticamente los principales acontecimientos que ocurren durante la meiosis. Pasando el cursor sobre los nombres de las etapas aparece una breve descripción de las mismas en la parte superior.

<http://www.johnkyrk.com/meiosis.html>

Comparación mitosis y meiosis.

http://www.mhhe.com/sem/Spanish_Animations/sp_cmpre_meiosis_mitosis.swf

Recursos en Internet:

La división celular y sus consecuencias genéticas:

<http://www.ucm.es/info/genetica/AVG/practicas/MYM/MymP.htm>

La célula:

<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/4ESO/seruni-pluricelulares/contenidos.htm>

Reproducción y herencia:

<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/4ESO/genetica1/contenidos.htm>

JUEGOS:

The Cell and its Organelles:

<http://www.nobelprize.org/educational/medicine/cell/>

Control the cell cycle:

<http://www.nobelprize.org/educational/medicine/2001/>

Kokori:

www.kokori.cl