

TEMA 8 Núcleo

CRITERIOS de EVALUACIÓN

- B.2.3. Analizar el ciclo celular y diferenciar sus fases.
- B.2.4. Distinguir los tipos de división celular y desarrollar los acontecimientos que ocurren en cada fase de los mismos.
- B.2.5. Argumentar la relación de la meiosis con la variabilidad genética de las especies.



José Manuel Huertas Suárez

ÍNDICE de CONTENIDOS

1. El núcleo
2. El ciclo celular
3. La mitosis
4. La meiosis
5. Comparación entre mitosis y meiosis
6. Ciclo biológico.

Ciclo celular

"Proceso biológico"

Interfásico

"Es uno de los estadios del ciclo celular"

Mitosis

"De una célula salen dos células genéticamente iguales"

Meiosis

"De una célula salen 4 células diferentes genéticamente"

Nos centraremos en la biosfera, la parte viva de nuestro planeta Tierra y, a continuación, en la geosfera, la parte sólida de la Tierra.

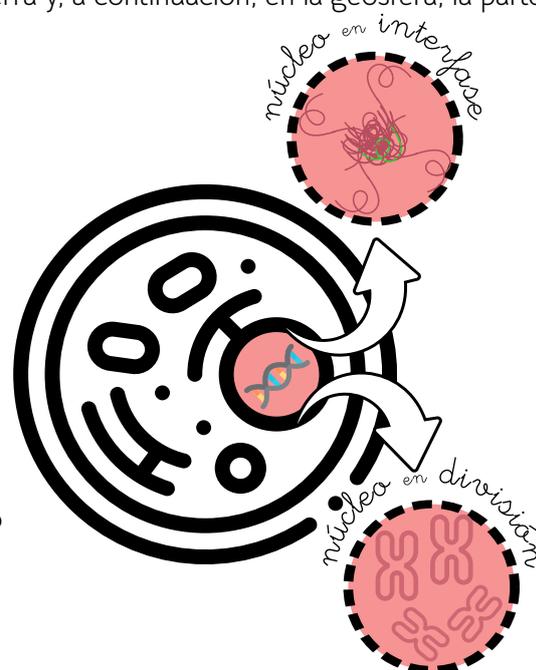
1 Núcleo

El núcleo es un orgánulo formado por una envoltura celular (una membrana externa y una interna), el nucleoplasma (líquido viscoso que hay en el medio interno del núcleo formado por agua, iones, nucleótidos, ARN y proteínas) y material genético.

Se encuentra en todas las células eucariotas, excepto en los eritrocitos y algunas células vegetales maduras

Las funciones del núcleo son: (1) repartir del material genético en los procesos de división celular y (2) regular procesos bioquímicos, morfológicos y fisiológicos.

Diferenciamos dos tipos de núcleos, según cómo se encuentre compactado el material genético, sería el núcleo interfásico y núcleo en división

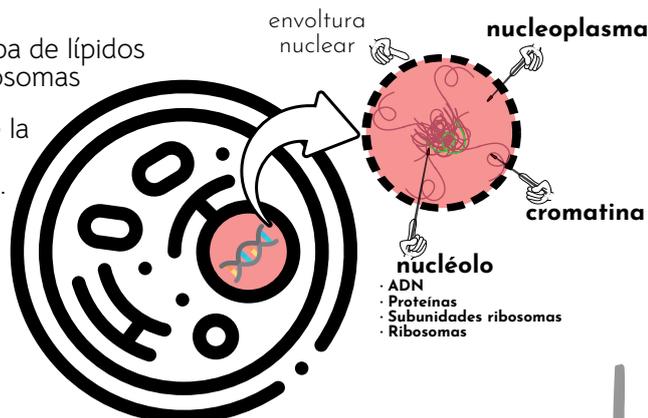


1.1 Núcleo interfásico

El núcleo interfásico es el aspecto del núcleo cuando no se está dividiendo. Se distinguen cuatro componentes: la envoltura nuclear, el nucleoplasma, el nucleólo y la cromatina.

Envoltura nuclear, delimita el contenido del núcleo y el citoplasma y está formado por:.

- **Dos membranas nucleares**, separadas por un espacio perinuclear (equivale al lumen del retículo endoplasmático rugoso)
- **Membrana nuclear externa**, es la prolongación del retículo endoplasmático y lleva asociada ribosomas en la cara citoplasmática
- **Membrana nuclear interna**, es la segunda bicapa de lípidos que contiene proteínas exclusivas del núcleo y sin ribosomas
- **Una lámina nuclear**, adherida a la cara interna de la membrana nuclear interna formada por una red de filamentos de proteínas. Sirve para anclar a la cromatina.
- **Cientos de poros nucleares**. Cada poro nuclear está formado por ocho proteínas (nucleoproteínas) que comunica y regula el paso de iones, macromoléculas y ribosomas entre el citoplasma y el interior del núcleo.

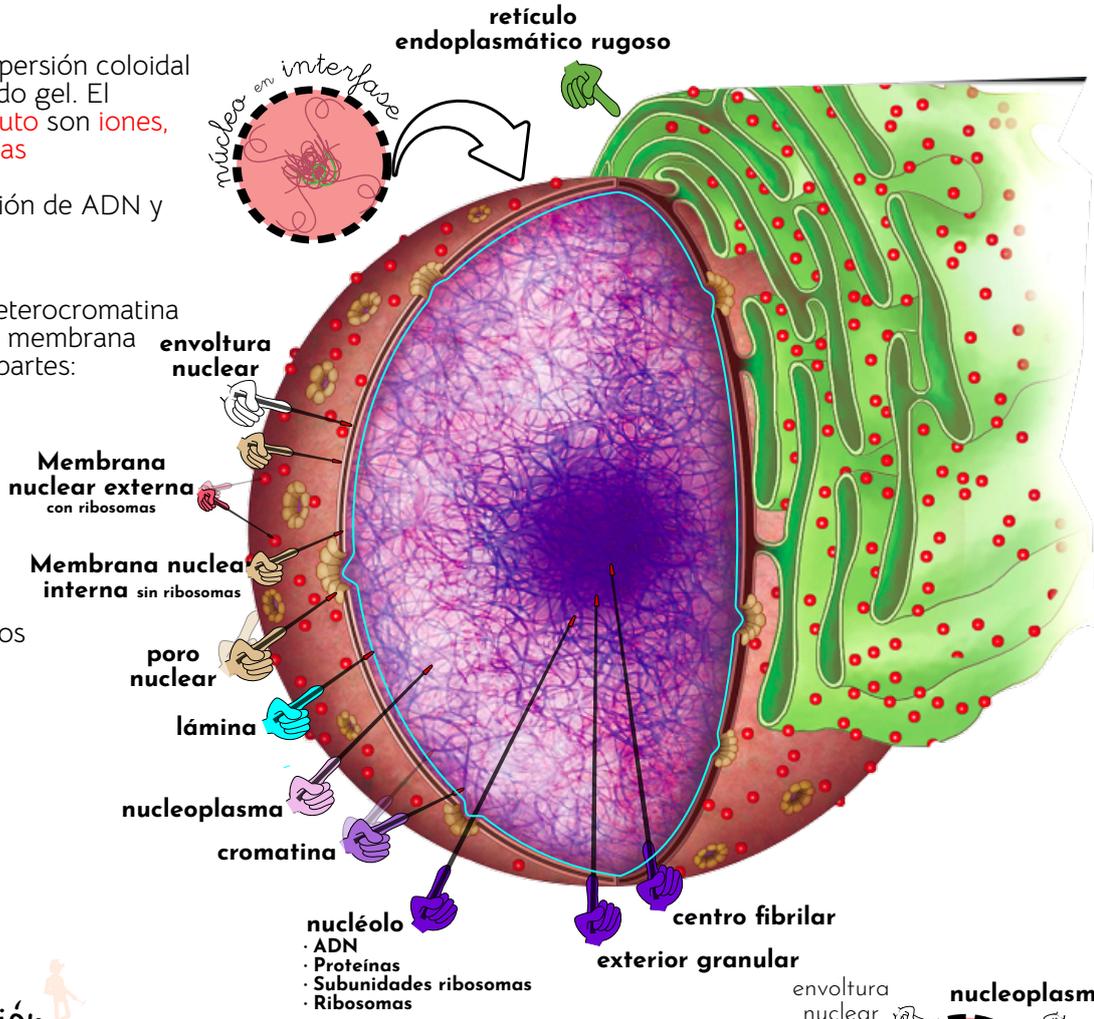


Nucleoplasma es una dispersión coloidal (=disolvente + soluto) en estado gel. El disolvente es **agua** y el **soluto** son **iones, nucleótidos, ARN y proteínas**

Cromatina es una asociación de ADN y proteínas

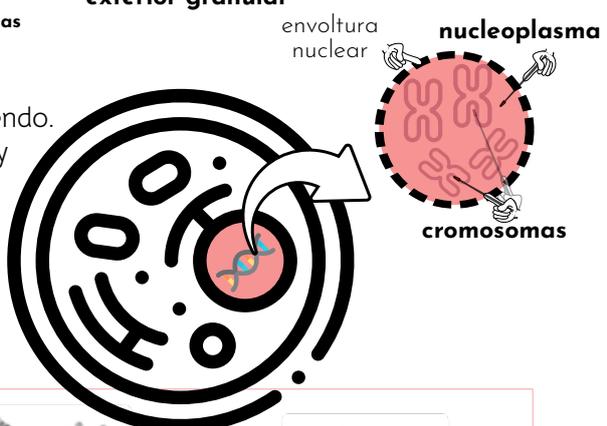
Nucléolo es una región heterocromatina y esférica no delimitada por membrana en la que distinguimos dos partes:

- **Centro fibrilar** está constituido por ADN, ARNr en distintos niveles de transcripción
- **Exterior granular** lo constituye subunidades de ribosomas en diferentes grados de embalaje y maduración.

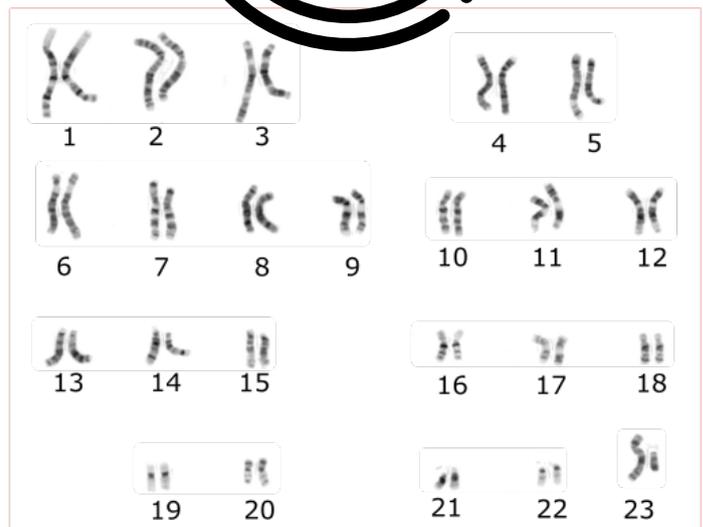
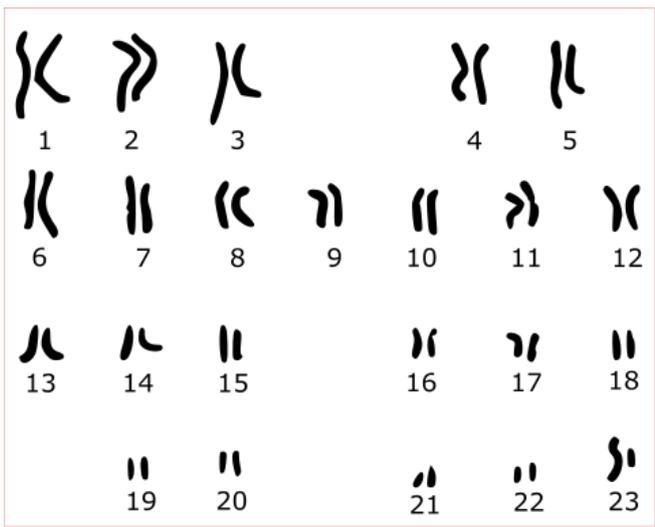


1.2 Núcleo en división

El núcleo en división es el aspecto del núcleo cuando se está dividiendo. Se distinguen tres componentes: la envoltura nuclear, el nucleoplasma y los cromosomas. Solo vamos a explicar los cromosomas, pues los otros componentes son los mismos que en el núcleo interfásico.



Cromosoma es el nivel de compactación máxima de la cromatina. Su función es asegurar la conservación y transmisión de la información genética de células madres a células hijas



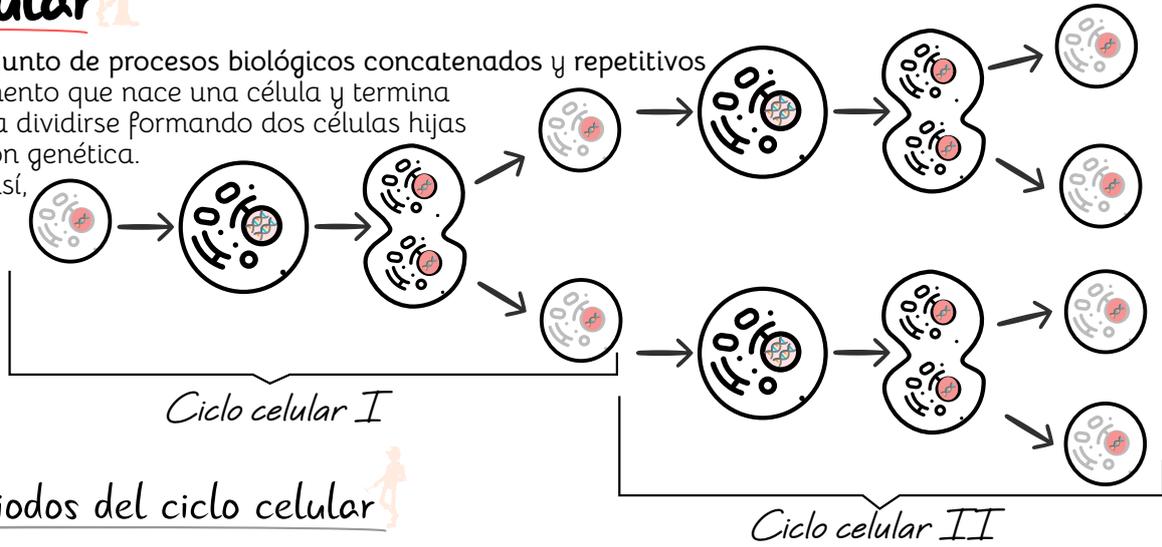
Cariotipo, es el conjunto de todos los cromosomas en su estadio metafase, ordenados según su morfología (posición del centrómero) y la longitud relativa.

Ideograma o cariograma, es el dibujo a escala de un cariotipo donde se incluyen el patrón de bandas. Se suele dibujar una cromátida hermana de cada cromosoma. Si la célula es diploide, se representa un solo cromosoma de cada pareja



2 Ciclo celular

El ciclo celular es el conjunto de procesos biológicos concatenados y repetitivos que comienza en el momento que nace una célula y termina cuando la célula vuelve a dividirse formando dos células hijas con la misma información genética. Gráficamente quedaría así,



2.1 Fases y periodos del ciclo celular

Los procesos biológicos del ciclo celular se agrupan en dos periodos y cada periodo se divide en fases que explican en detalle lo que ocurre en un momento en concreto de ese periodo:

➤ Periodo de interfase explica los procesos biológicos previos a la **NO división** de la célula y presenta tres fases:

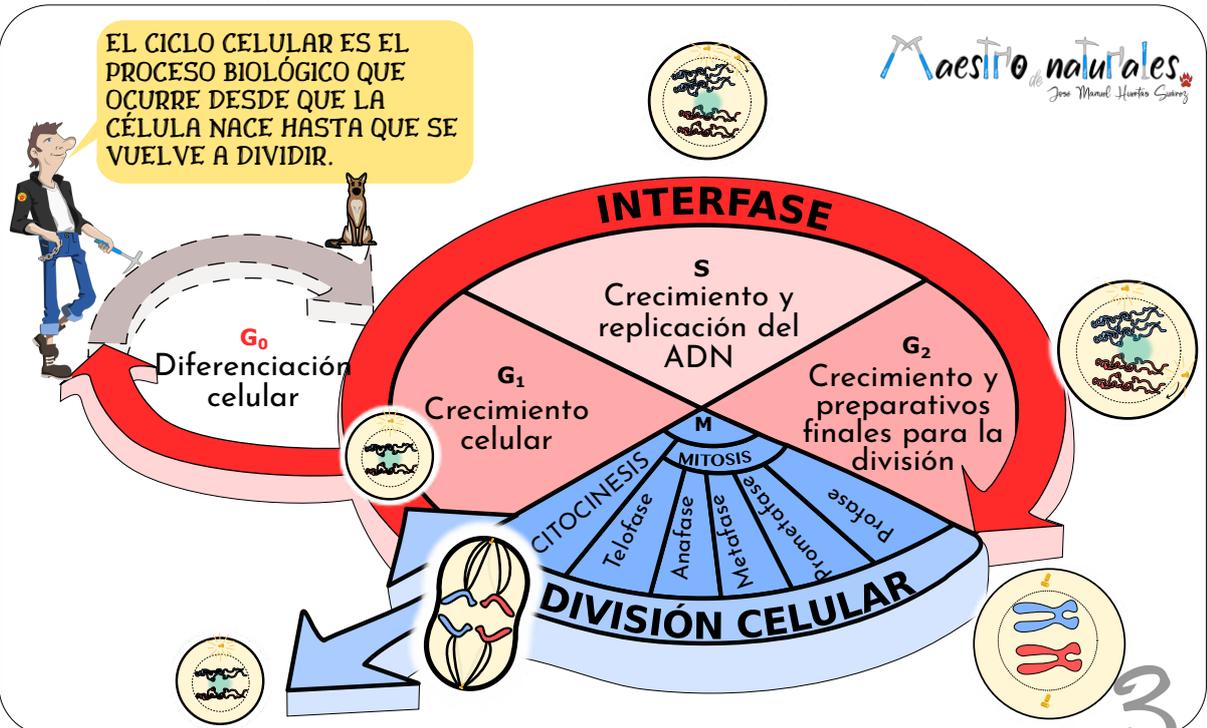
- Fase de crecimiento 1 (gap 1 o fase G1),
- Fase de replicación (síntesis o S),
- Fase de crecimiento 2 (gap 2 o fase G2),

➤ Periodo de división celular o fase M (de división) se divide en dos etapas según lo que se divide de la célula:

- **Etapas de división del núcleo o cariocinesis** [del griego cario, núcleo y cinesis, división] es la división del núcleo y reparto del material genético. Se divide en 5 fases: profase, prometafase, metafase, anafase y telofase.
 - **Profase**, donde aparecen los cromosomas y comienza a sintetizarse huso mitótico
 - **Prometafase**, desaparece la envoltura nuclear y el huso mitótico se adhiere al centrómero de los cromosomas
 - **Metafase**, los cromosomas están alineados, uno detrás de otro, en el ecuador de la célula
 - **Anafase**, cada cromátida hermana se dirige a un polo de la célula, una va a un polo y otra va a otro polo
 - **Telofase**, las cromátidas hermana se encuentra en los polos de la célula
- **Etapas de división del citoplasma o citocinesis** [kytos (nuez, célula) y kinein (mover), más el sufijo -sis (resultado de la acción)] es la división física del citoplasma y en el reparto equitativo de los orgánulos citoplasmático.

1 En relación al ciclo celular, ¿Qué significa la palabra ciclo?

EL CICLO CELULAR ES EL PROCESO BIOLÓGICO QUE OCURRE DESDE QUE LA CÉLULA NACE HASTA QUE SE VUELVE A DIVIDIR.



2.2 Puntos de control del ciclo celular

Los puntos de control del ciclo celular (checkpoints) son mecanismos moleculares que examinan/verifican si se cumplen las condiciones necesarias para permitir el paso de una fase a otra y asegurarse que no hay errores. Hay tres puntos de control:

 El control 1 permite verificar los siguientes parámetros:

- Sí tiene el tamaño suficiente para dividirse
- Sí tiene las suficientes reservas de energía y nutrientes para dividirse
- Sí existen señales moleculares internas o externas que estimulen su crecimiento.

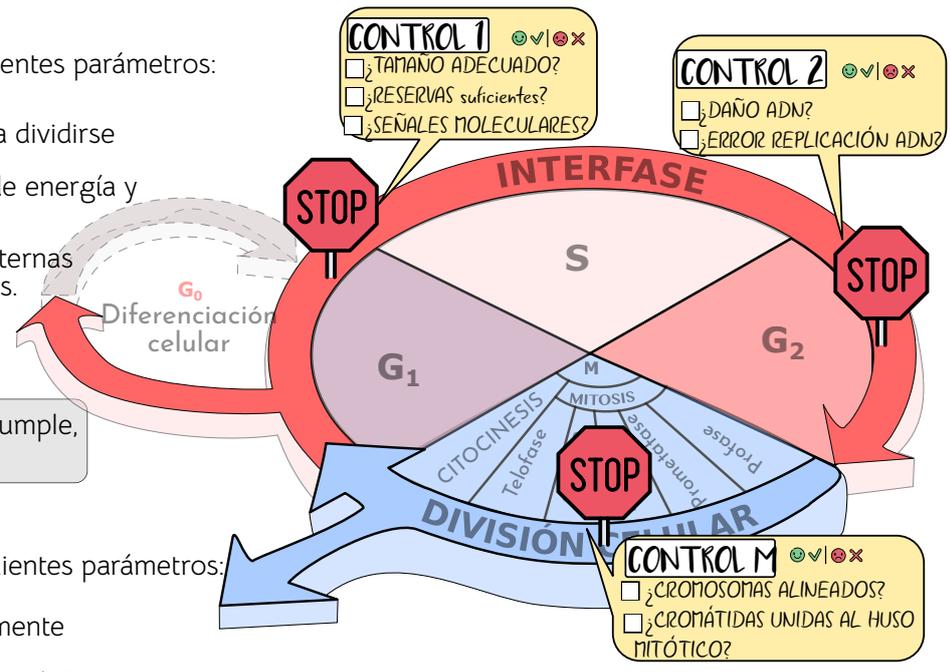
Si alguna de estas condiciones no se cumple, la célula entra en la fase de reposo G₀

 El control 2 permite verificar los siguientes parámetros:

- El ADN ha sido copiado íntegramente
-  ¿Cómo son los errores de replicación?
 - No hay errores o daños en el ADN, ergo el ciclo celular continúa
 - Hay **pequeños errores** o daños en el ADN, el ciclo celular se detiene para intentar repararlo (el ciclo celular se va a terminar, pero va a tardar más tiempo)
 - Hay **grandes errores** o daños en el ADN, la célula sufre **apoptosis** (= autodestrucción). A sí la célula se asegura que el ADN dañado **no** pase a las células hijas.

 El control 2 permite verificar los siguientes parámetros:

- Todos los cromosomas estén correctamente alineados. Si algún cromosoma está rezagado o fuera de lugar, la mitosis se detiene para dar tiempo a que el cromosoma ocupe su lugar.
- Todas las cromátidas hermanas estén unidas a los microtúbulos del huso.

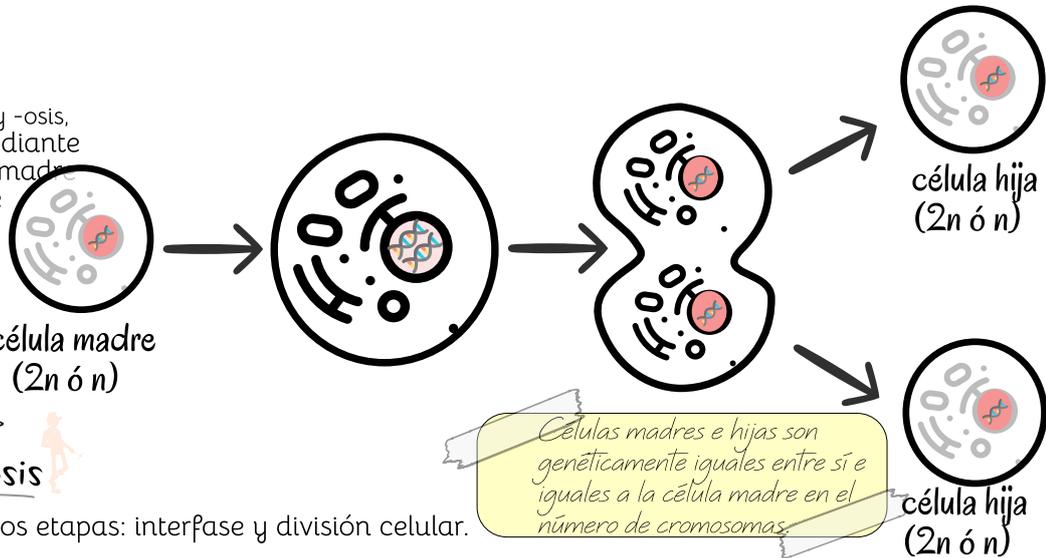


3 Mitosis

La mitosis [del griego mios, hilo y -osis, formación] es el mecanismo mediante el cual, a partir de una célula madre diploide (2n) o haploide (n), se obtienen dos células hijas diploides (2n) o haploides (n) respectivamente.

Células madres e hijas son genéticamente iguales entre sí e iguales a la célula madre en el número de cromosomas.

Gráficamente se expresa así ->



Células madres e hijas son genéticamente iguales entre sí e iguales a la célula madre en el número de cromosomas.

3.1 Fases de la mitosis

En este proceso, se distinguen dos etapas: interfase y división celular.

Interfase es el conjunto de procesos biológicos que explican el crecimiento de la célula y la duplicación de centriolos y material genético previo a la división celular. Distinguímos estas tres fases:

- ➔ **Fase de crecimiento 1** (gap 1 o fase G1, con duración de unas ocho horas, la G denota Growth "crecimiento 1" o Gap "intervalo o hueco") ocurre entre el final de la fase M y el comienzo de la duplicación del ADN y es donde la célula se recupera de la división previa, después aumenta su tamaño, duplica sus orgánulos (mitocondrias, ribosomas, etc.) y estructuras citoplasmáticas, acumula materiales que se utilizarán en la síntesis del ARN (transcripción de genes) y síntesis de proteínas (traducción) y prepara la cromatina para la duplicación. El material genético se encuentra en forma de cromatina (fibra de ADN enrollado con histonas).
- ➔ **Fase de quiescencia** (crecimiento nulo o fase G0), donde la célula está diferenciada y se dedica a realizar su función específica. Hay dos tipos de células: (1) las que se encuentran indefinidamente en fase G0 porque han perdido su capacidad de división debido a que han realizado más de 60 ciclos celulares; o bien, nacieron con esa cualidad como las neuronas y células musculares esqueléticas y (2) las células que se encuentran temporalmente en fase G0, pues en circunstancias especiales se vuelven a dividir debido a la cicatrización o regeneración.
- ➔ **Fase de replicación** (síntesis o S, con duración de unas seis horas. La S denota Synthesis ADN "síntesis del ADN") es la segunda etapa de la interfase donde se produce la duplicación del material genético (replicación del ADN e histonas -proteínas asociadas a él-) y la duplicación de centriolos, de forma que se forman dos centrosomas, que permanecerán juntos en las proximidades del núcleo.
- ➔ **Fase de crecimiento 2** (gap 2 o fase G2, con duración de unas cuatro horas y media) es la tercera y última etapa de la interfase donde se prosigue el crecimiento celular (de ahí lo de G2) hasta alcanzar el tamaño adecuado (normalmente el doble del tamaño original), comienza formarse los microtúbulos responsables de la división celular y sintetizar proteínas necesarias.

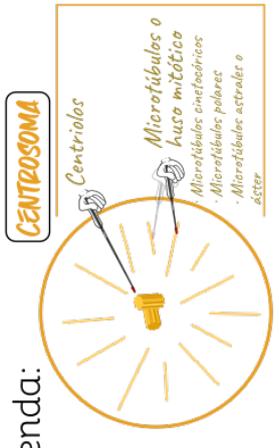
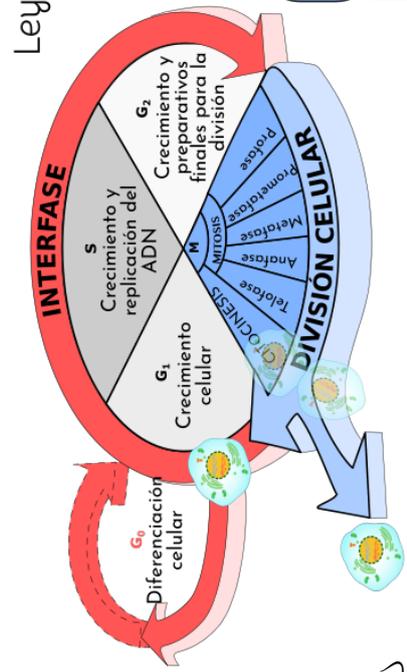
División celular es el conjunto de procesos biológicos que explican cómo se divide primero el núcleo y luego el citoplasma

- ➔ **Etapa de división del núcleo o cariocinesis** [cariocinesis del griego cario, núcleo y cinesis, división] es la división del núcleo y reparto del material genético. Es el primer proceso de la fase M mediante el cual el material genético de una célula madre se distribuye de manera idéntica entre dos células hijas. Dura 5 % del tiempo del ciclo celular. La cariocinesis se divide en 5 fases
 - ➔ **Profase**, donde aparecen los cromosomas y comienza a sintetizarse huso mitótico
 - ➔ **Prometáfase**, desaparece la envoltura nuclear y el huso mitótico se adhiere al centrómero de los cromosomas
 - ➔ **Metafase**, los cromosomas están alineados, uno detrás de otro, en el ecuador de la célula
 - ➔ **Anafase**, cada cromátida hermana (cromosoma anafásico) se dirige a un polo de la célula, una va a un polo y otra va a otro polo
 - ➔ **Telofase**, las cromátidas hermanas se encuentran en los polos de la célula
- ➔ **Etapa de división del citoplasma o citocinesis** [kytos (nuez, célula) y kinein (mover), más el sufijo -sis (resultado de la acción)] es la división física del citoplasma y el reparto equitativo de los orgánulos citoplasmáticos. Empieza a ocurrir al final de la telofase. En algunas ocasiones, la mitosis no va acompañada por la citocinesis, lo que origina células polinucleadas (como las del músculo esquelético). En otras ocasiones, pueden realizarse sucesivas citocinesis sin que haya tenido lugar la mitosis, como ocurre con las plaquetas que se originan por la fragmentación del gran citoplasma de los megacariocitos. La división del citoplasma se puede realizar mediante dos mecanismos: estrangulación (en células animales) y la tabicación (en células vegetales).
 - ➔ **Estrangulación** se da en células animales en el interior de la membrana plasmática y a la altura del ecuador de la célula. Consiste en formar un anillo periférico contráctil de actina asociada a miosina que va constriñendo la célula y formando un surco de división.
 - ➔ **Tabicación** se da en células vegetales en el interior del citoplasma a la altura del ecuador de la célula. Consiste en acumular vesículas procedentes del aparato de Golgi (que contienen elementos para formar la pared celular y la lámina media). Las vesículas se fusionan hasta que, finalmente, entran en contacto con la membrana plasmática y forman un fragmoplasto. A ambos lados del fragmoplasto se formarán la membrana plasmática fruto de la conversión de la membrana de las vesículas, luego la pared celular y por último la lámina media. De esta forma se origina el tabique que hará posible la división celular.

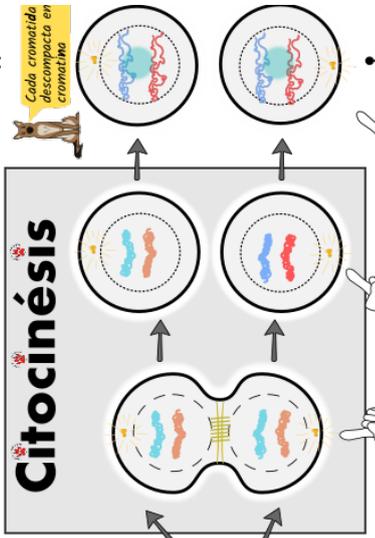
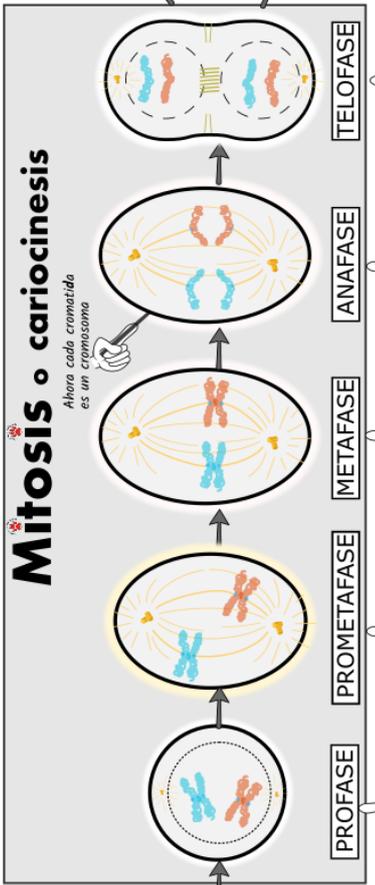
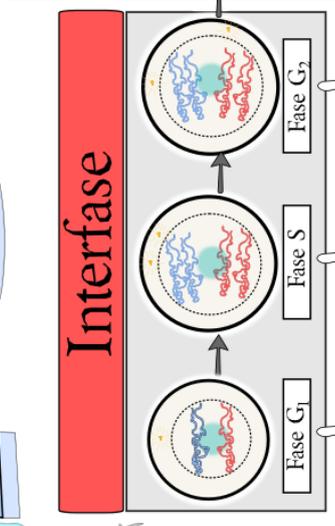


Fases del ciclo celular (Mitosis)

Legenda:



División celular o fase M



- Crecimiento celular** (multiplicación de enzimas y orgánulos; ergo aumenta el tamaño celular)
- Replicación del ADN** [cada cromátida (= molécula de ADN + histonas) se duplican]
 - Duplicación centrosoma
- Preparativos división** (acopio de material y la cromatina empieza a condensarse.
 - Uno de los centrosomas se dirige a un polo celular contrario y el otro se queda

- Desaparece el núcleo
- Visualización de cromosomas con dos cromátidas
- Se empieza a sintetizar microtúbulos a partir del:
 - Centrosoma con centriolos en células animales
 - Centrosoma sin centriolos o centro organizador de microtúbulos (COM) en células vegetales

- La envoltura nuclear desaparece.
 - El nucleoplasma y el citoplasma se mezclan
 - Microtúbulos cinetómicos se unen al cinetocoro que se encuentra en el centrómero de los cromosomas

- Ubicación de los cromosomas en el centro celular unidos por el centrómero.
 - Todos los cromosomas están alineados, uno detrás de otros, y sus cromátidas hermanas miran a los polos

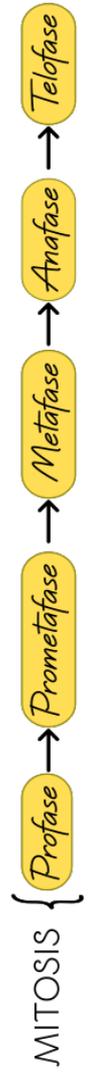
- Las cromátidas hermanas se separan por los centrómeros debido al acortamiento de los microtúbulos cinetómicos.
 - Cada cromátida hermana, que ahora recibe el nombre de cromosoma anafásico, emigran a polos celulares, una va a un polo y la otra a otro polo

- Cromátidas hermanas en los polos
 - Huso mitótico desaparece
 - Reaparece la envoltura nuclear
 - Los microtúbulos polares se agrupan en el ecuador celular y forman los cilindros de sustancia densa interzonal

- Los orgánulos se reparten equitativamente
 - El citoplasma empieza a:
 - constringirse/ estragularse gracias a un anillo contráctil de proteínas en células animales
 - tabicarse gracias a vesículas del aparato de Golgi llenas de hemicelulosa y pectinas que al agruparse forman el fragmoplasto en células vegetales

- Cromátidas se descompactan
 - Aparece núcleo

Citocinesis



José Manuel Huertas Suárez

¡Ojo! Aquí hay cromatina. En la fase profase de la mitosis, es cuando se forman los cromosomas



¡Mirar Anexo 2 y 3!

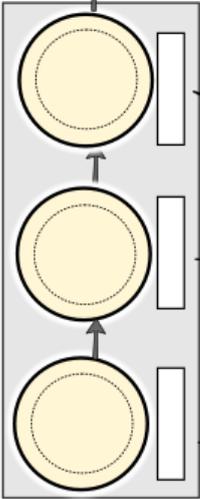


Entrena para el día del examen. Primero repasa las palabras con puntos, más tarde dibuja dentro de la célula, luego rotula cada subfase y, por último rellena los bocadillos.

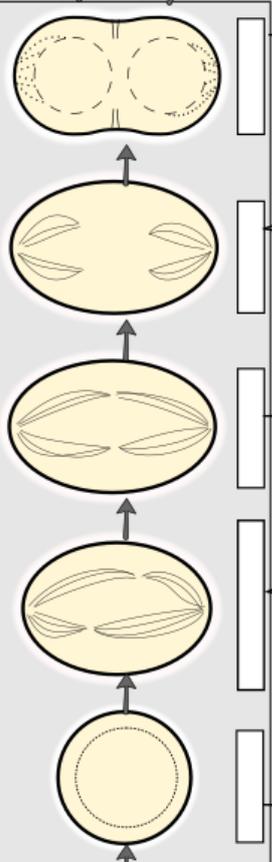


División celular o fase M

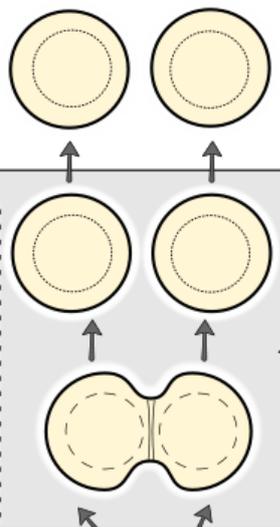
Interfase



Mitosis o cariocinesis



Citocinesis



Five empty rounded rectangular boxes for labeling the Interfase stage.

Five empty rounded rectangular boxes for labeling the Mitosis stage.

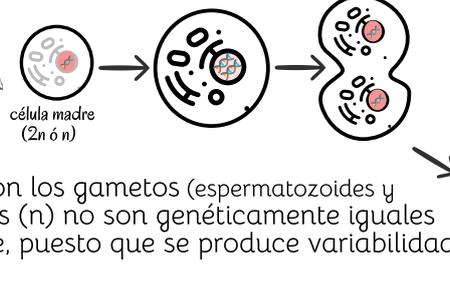
Two empty rounded rectangular boxes for labeling the Citocinesis stage.



4 Meiosis

La **meiosis** [del griego meiosis, disminución] es el mecanismo mediante el cual, a partir de una célula madre diploide ($2n$), se obtienen cuatro células haploides (n) genéticamente distintas entre sí y que contienen la mitad del número de cromosomas.

Células madres e hijas son genéticamente distintas entre sí y distintas a la célula madre en el número de cromosomas.



Las células resultantes de la meiosis son los gametos (espermatozoides y óvulos) y esporas. Los núcleos haploides (n) no son genéticamente iguales entre ellos, ni iguales a la célula madre, puesto que se produce variabilidad genética.

4.1 Fases de la meiosis

Periodo de interfase premeiótica (de no división), semejante a la interfase de la mitosis en la que existe duplicación de ADN y, en las células animales, duplicación de los centríolos.

En este proceso, se distinguen cuatro periodos: interfase premeiótica, meiosis I, interkinesis y meiosis II

- **Fase de crecimiento 1** (gap 1 o fase G1, con duración de unas ocho horas, la G denota Growth "crecimiento 1" o Gap "intervalo o hueco") ocurre entre el final de la fase M y el comienzo de la duplicación del ADN y es donde la célula se recupera de la división previa, después aumenta su tamaño, duplica sus orgánulos (mitocondrias, ribosomas, etc.) y estructuras citoplasmáticas, acumula materiales que se utilizarán en la síntesis del ARN (transcripción de genes) y síntesis de proteínas (traducción) y prepara la cromatina para la duplicación. El material genético se encuentra en forma de cromatina (fibra de ADN enrollado con histonas).
- **Fase de quiescencia** (crecimiento nulo o fase G0), donde la célula está diferenciada y se dedica a realizar su función específica. Hay dos tipos de células: las que se encuentran indefinidamente en fase G0 porque han perdido su capacidad de división debido a (1) que han realizado más de 60 ciclos celulares; o bien, (2) nacieron con esa cualidad como las neuronas y células musculares esqueléticas y (3) las células que se encuentran temporalmente en fase G0, pues en circunstancias especiales se vuelven a dividir debido a la cicatrización o regeneración.
- **Fase de replicación** (síntesis o S, con duración de unas seis horas. La S denota Synthesis ADN "síntesis del ADN") es la segunda etapa de la interfase donde se produce la duplicación del material genético (replicación del ADN e histonas -proteínas asociadas a él-) y la duplicación de centríolos, de forma que se forman dos centrosomas, que permanecerán juntos en las proximidades del núcleo.
- **Fase de crecimiento 2** (gap 2 o fase G2, con duración de unas cuatro horas y media) es la tercera y última etapa de la interfase donde se prosigue el crecimiento celular (de ahí lo de G2) hasta alcanzar el tamaño adecuado (normalmente el doble del tamaño original), comienza a formarse los microtúbulos responsables de la división celular y sintetizar proteínas necesarias.

Meiosis I, primera división meiótica. En esta fase los cromosomas homólogos se separan. Un cromosoma homólogo va a una célula hija y el otro cromosoma homólogo va a la otra célula hija. Se trata de una división reduccional, puesto que el número de cromosomas se reduce a la mitad.

- **Etapa de división del núcleo o cariocinesis** [del griego cario, núcleo y cinesis, división] es la división del núcleo y reparto del material genético. Se divide en 5 fases: profase, prometafase, metafase, anafase y telofase.
 - **Profase I**, se producen tres procesos biológicos concatenados que no se producen en la mitosis y serían: (1) emparejamiento, apareamiento o sinapsis de cromosomas homólogos, (2) entrecruzamiento, (3) recombinación genética (rotura, intercambio y unión de segmento de ADN)
 - **Prometafase I**, desaparece la envoltura nuclear y el huso mitótico se adhiere al centrómero de los cromosomas
 - **Metafase I**, los cromosomas están emparejados formando las tetradas. Cada tetrada está alineado con la anterior, uno detrás de otro, en el ecuador de la célula
 - **Anafase I**, cada pareja de cromosomas se dirige a un polo de la célula, una va a un polo y otra va a otro polo
 - **Telofase I**, las parejas de cromosomas se encuentran en los polos de la célula
- **Etapa de división del citoplasma o citocinesis** [kytos (nuez, célula) y kinein (mover), más el sufijo -sis (resultado de la acción)] es la división física del citoplasma y en el reparto equitativo de los orgánulos citoplasmáticos.



La interkinesis es un breve periodo de descanso entre la meiosis I y la meiosis II, durante el cual no ocurre duplicación del ADN, pero sí duplicación del centrosoma que falta (dibújalo, porque no está dibujado en el siguiente esquema).

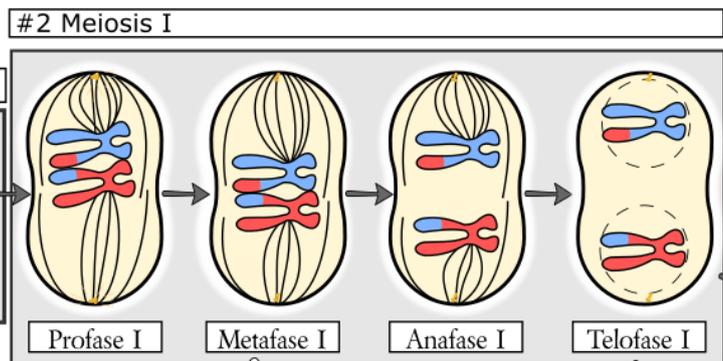
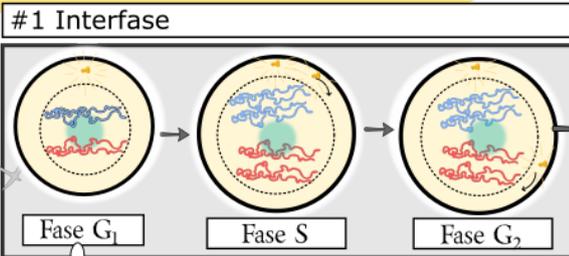
Meiosis II, segunda división meiótica. En esta fase las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan. Una cromátida hermana va a una célula hija y la otra cromátida hermana va a la otra célula hija. Se trata de una división ecuacional, puesto que las células hijas tienen el mismo número de cromosomas que la célula madre; es pues parecida a una división mitótica prácticamente normal.

- ➔ **Etapa de división del núcleo o cariocinesis** [del griego cario, núcleo y cinesis, división] es la división del núcleo y reparto del material genético. Se divide en 5 fases: profase, prometafase, metafase, anafase y telofase.
 - ➔ **Profase II**, se visualizan los cromosomas
 - ➔ **Prometafase II**, desaparece la envoltura nuclear y el huso mitótico se adhiere al centrómero de los cromosomas
 - ➔ **Metafase II**, los cromosomas se alinean unos detrás de otros en una única fila. Cada cromosoma está alineado con la anterior, uno detrás de otro, en el ecuador de la célula
 - ➔ **Anafase II**, cada cromátida hermana se dirige a un polo de la célula, una va a un polo y otra va a otro polo
 - ➔ **Telofase II**, las cromátidas hermanas se encuentran en los polos de la célula
- ➔ **Etapa de división del citoplasma o citocinesis** [kytos (nuez, célula) y kinein (mover), más el sufijo -sis (resultado de la acción)] es la división física del citoplasma y en el reparto equitativo de los orgánulos citoplasmático.

Meiosis

(2 divisiones celulares sucesivas: 1ª reduccional y 2ª no reduccional)

En realidad los cromosomas no se forman en la interfase (en la fase G₁, S ni G₂), pues lo que hay es cromatina. En la meiosis es cuando se forma los cromosomas

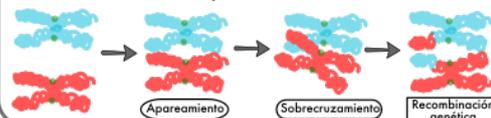


Crecimiento celular (multiplicación de enzimas y orgánulos; ergo aumenta el tamaño celular)

• **Replicación del ADN** [cada cromatina (= molécula de ADN + histonas) se duplican]
• **Duplicación centrosoma**

Preparativos división (acopio de material y la cromatina empieza a condensarse).
Uno de los centrosomas se desplaza

• **Desaparece la envoltura nuclear**
• **Aparecen los cromosomas.**
• **Apareamiento, sobrecruzamiento y recombinación genética** (huso mitótico se forma y se une con el cinetocoro de los centrómeros)

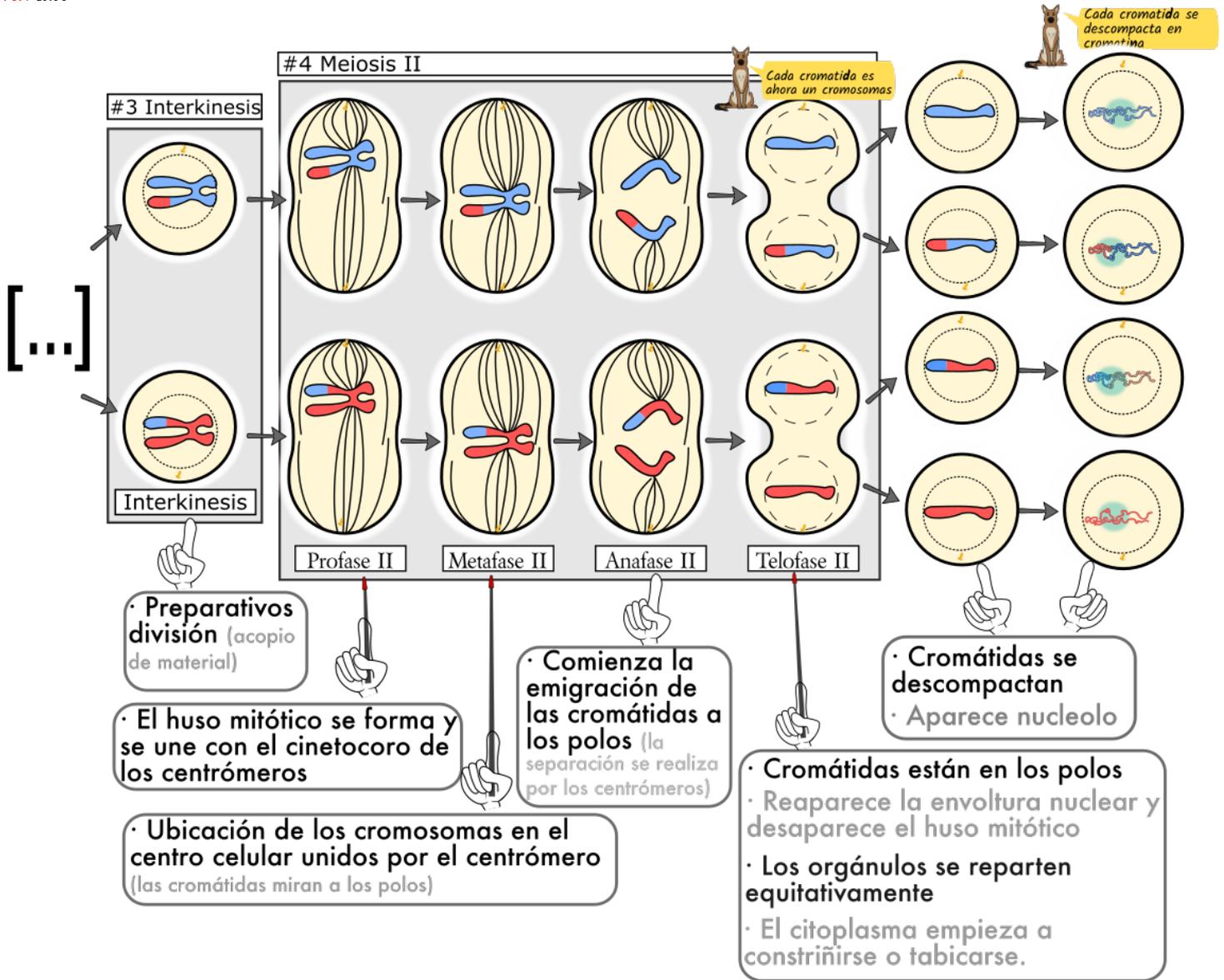


• **Ubicación de los cromosomas homólogos en el centro celular unidos por los quiasmas** (las cromátidas miran a los polos)

• **Cromosomas están en los polos**
• **Reaparece la envoltura nuclear y desaparece el huso mitótico**

• **Comienza la emigración de los cromosomas** (la separación se realiza por los quiasmas)





5 Explica la razón por la cual la meiosis no es un ciclo celular

La meiosis es un proceso biológico que produce células haploides genéticamente diversas a partir de células diploides especiales.

6 ¿Qué significa que la meiosis I es reduccional y la meiosis II ecuacional?

Meiosis I: Reduce a la mitad el número de cromosomas, pasando de diploide a haploide.

Meiosis II: Separa las cromátidas hermanas, asegurando que cada gameto tenga un conjunto completo de cromosomas haploides.

Comprender esta diferencia es esencial para entender cómo se produce la variabilidad genética en los organismos que se reproducen sexualmente. La meiosis I, al separar los cromosomas homólogos, permite la recombinación genética, lo que significa que los gametos reciben una combinación única de genes de cada progenitor.



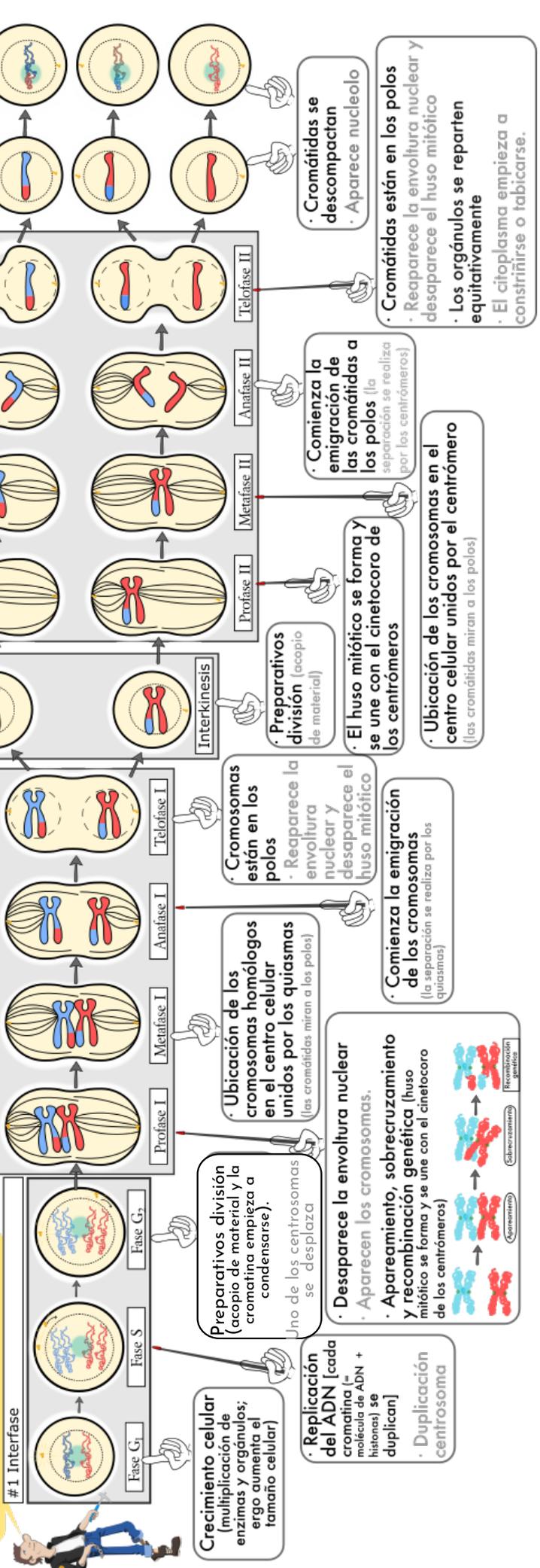


Meiosis

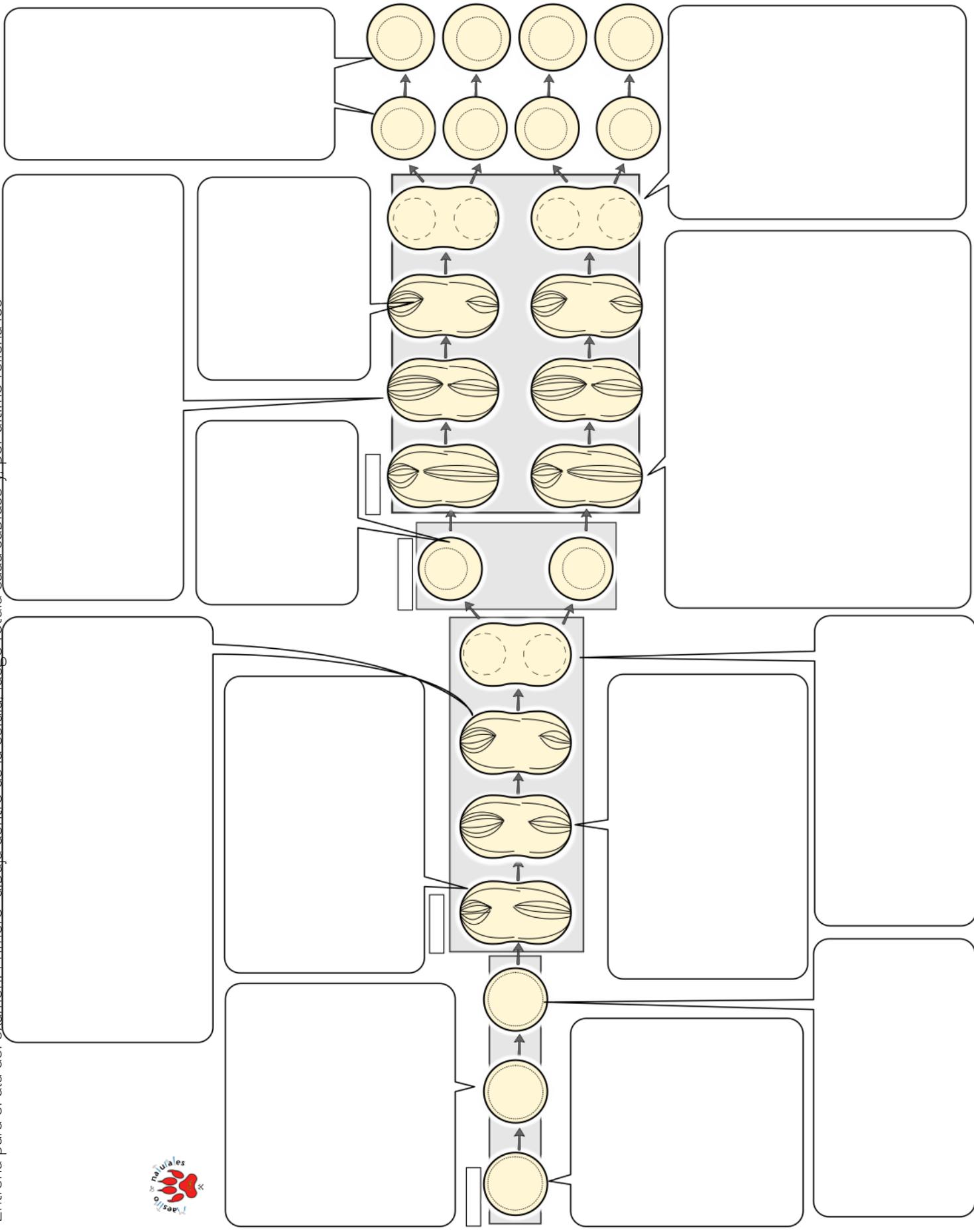


2 divisiones celulares sucesivas: 1ª reduccional y 2ª no reduccional

En realidad los cromosomas no se forman en la interfase (en la fase G₁, S ni G₂), pues lo que hay es cromatina. En la meiosis es cuando se forma los cromosomas



Entrena para el día del examen. Primero dibuja dentro de la célula. luego rotula cada subfase y por último rellena los

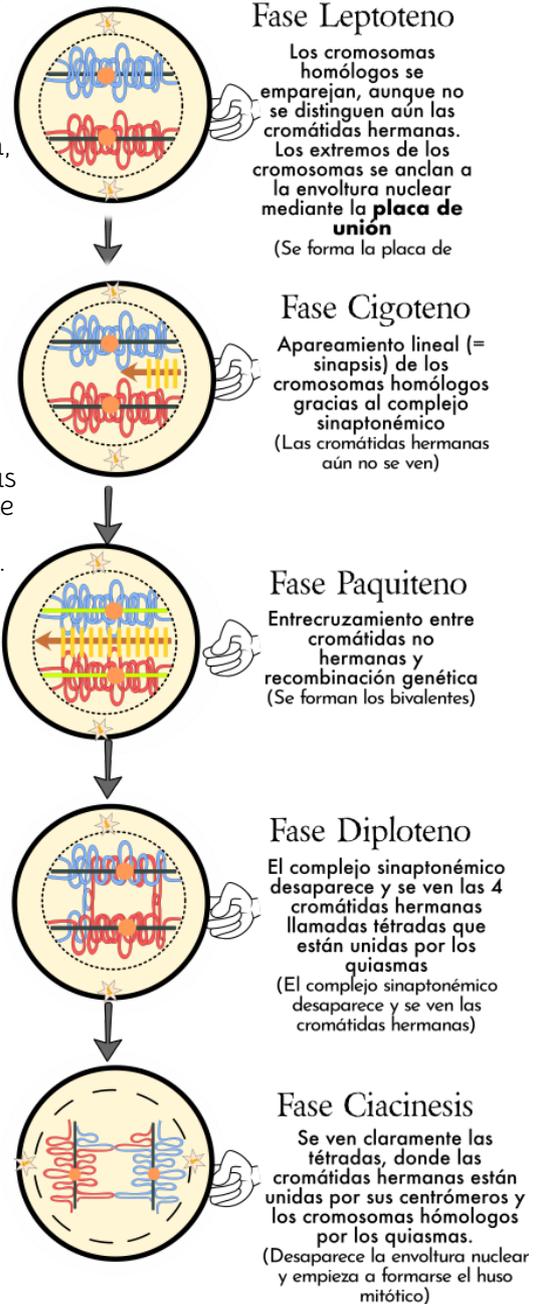


4.1 Profase I meiótica en detalle

Profase I, se producen cuatro procesos biológicos concatenados que no se producen en la mitosis y serían: (1) emparejamiento, apareamiento o sinapsis de cromosomas homólogos, (2) entrecruzamiento y (3) recombinación genética (rotura, intercambio y unión de segmento de ADN). Para una mejor comprensión la profase se ha dividido en cinco fases: leptoteno, zigoteno, paquiteno, diploteno y ciancinesis.

- * **Leptoteno** ["hilos delgados"]. Cada cromosoma homólogo se emparejan, aunque aún no se distingue las cromátidas hermanas.
- * **Zigoteno** ["unión de hilos"]. Los cromosomas homólogos se aparean en un proceso llamado sinapsis. Se forma una estructura proteica llamada complejo sinaptonémico que junta cada gen con su homólogo como una cremallera que se cierra. A medida que progresa el apareamiento, se produce una condensación y un acortamiento de los cromosomas.
- * **Paquiteno** ["hilo grueso"]. Se completa el apareamiento de los cromosomas homólogos y ocurre el entrecruzamiento. Las cromátidas no hermanas de cromosomas homólogos intercambian fragmentos de ADN, lo que produce recombinación genética. Los puntos de entrecruzamiento se visualizan como estructuras llamadas quiasmas.
- * **Diploteno** ["hilos dobles"]. Los cromosomas homólogos comienzan a separarse, pero permanecen unidos por los quiasmas
- * **Ciancinesis** ["movimiento a través"]. Los cromosomas se condensan aún más y los quiasmas se terminalizan. La envoltura nuclear se desintegra y se forma el huso meiótico.

Profase I



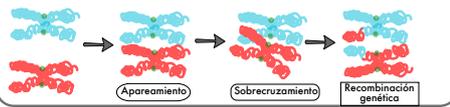
5 Diferencias entre mitosis y meiosis

A continuación una tabla-resumen que establece la diferencias entre la mitosis y la meiosis.

Diferencia entre mitosis y meiosis

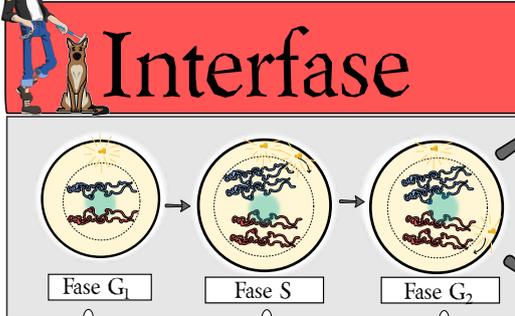
RECUERDA LO QUE OCURRE en la PROFASE de la MEIOSIS I

- Desaparece la envoltura nuclear
- Aparecen los cromosomas.
- Apareamiento, sobrecruzamiento y recombinación genética (huso mitótico se forma y se une con el cinetocoro de los centrómeros)



RECUERDA, EN LA INTERFASE HAY CROMATINA. NO HAY CROMOSOMAS

Interfase



Crecimiento celular (multiplicación de orgánulos)

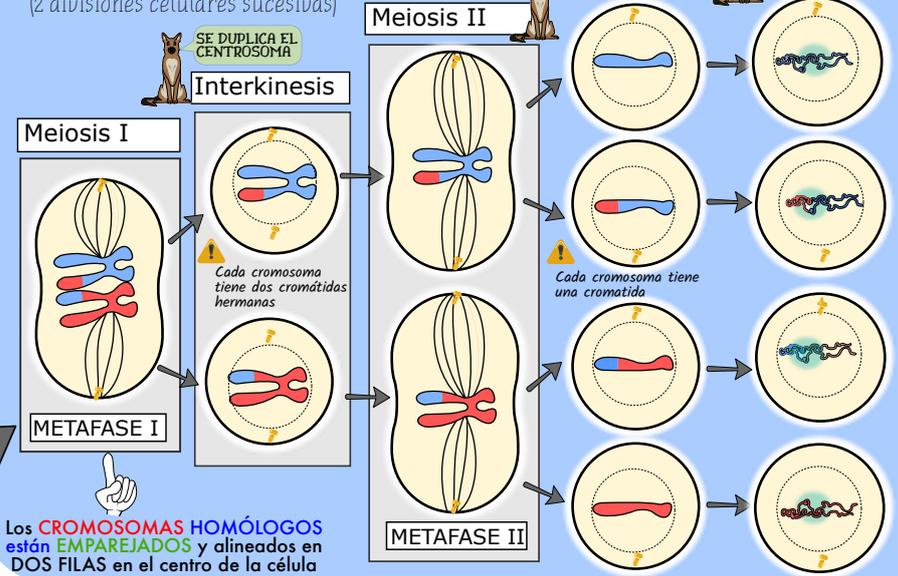
Replicación del ADN y duplicación centrosoma (y centriolos en células animales)

Preparativos división (acopio de material y la cromatina empieza a condensarse).

Uno de los centrosomas se desplaza al polo contrario

Las células hijas pueden volver a realizar la mitosis

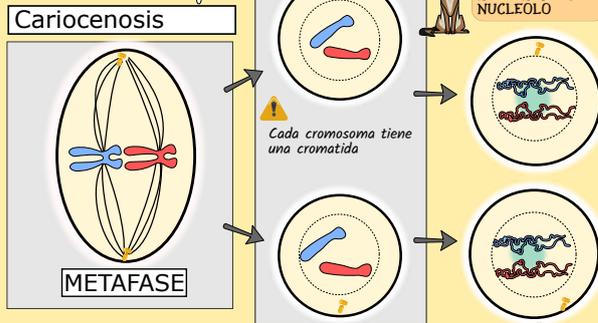
Meiosis (2 divisiones celulares sucesivas)



Los CROMOSOMAS HOMÓLOGOS están EMPAREJADOS y alineados en DOS FILAS en el centro de la célula

Los CROMOSOMAS están alineados en UNA SOLA FILA en el centro de la célula

Mitosis (1 división celular)



CADA CROMATIDA SE DESCOMPACTA EN CROMATINA Y REAPARECE EL NUCLEOLO



José Manuel Huertas Suárez



MITOSIS



MEIOSIS



¡Mirar Anexo 4!

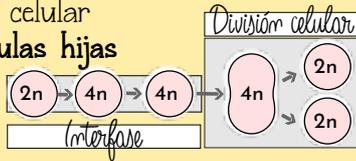
La mitosis es una **cariocinesis** y una **citocinesis**

La meiosis son **dos cariocinesis** y **dos citocinesis**

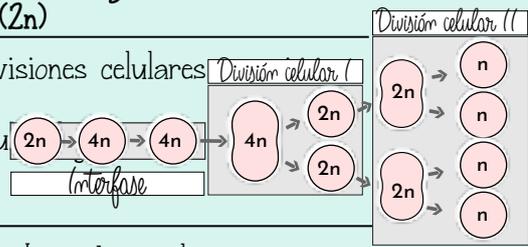
Se da en **células somáticas haploides (n)** o **diploides (2n)**

Se da en **células germinales o sexuales diploides (2n)**

De una división celular resultan **dos células hijas**

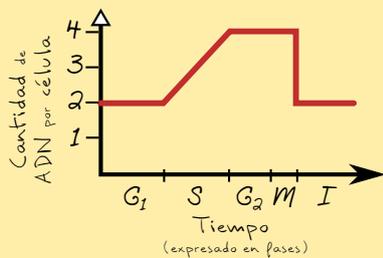
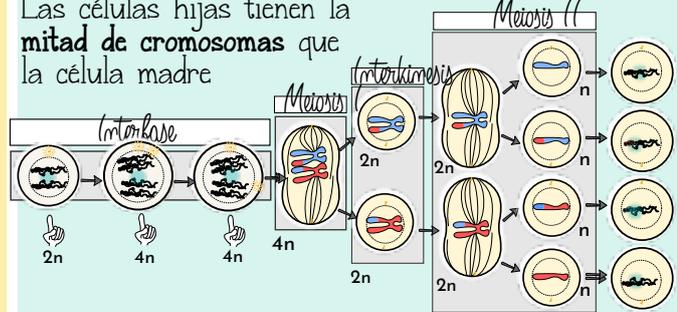
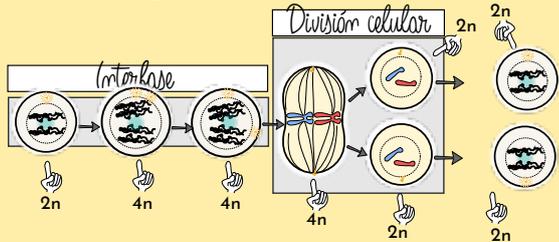


De dos divisiones celulares resultan **cuatro células**

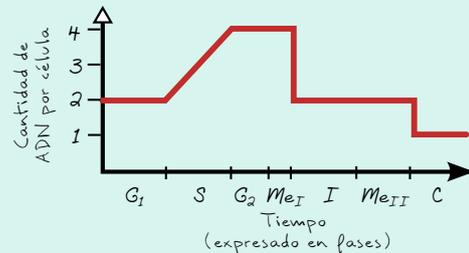


Las células hijas tienen el **mismo número cromosomas** que la célula madre.

Las células hijas tienen la **mitad de cromosomas** que la célula madre



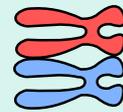
LOS GRÁFICOS REPRESENTAN LA CANTIDAD DE ADN QUE HAY CUANDO LA CÉLULA SE DIVIDE.



Los cromosomas homólogos **No se aparecen**



Los cromosomas homólogos **SÍ se aparecen** (los brazos de las cromátidas no hermanas se juntan)



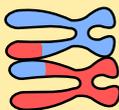
No existe entrecruzamiento



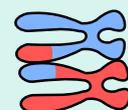
Sí existe entrecruzamiento (los brazos de las cromátidas no hermanas, que se han apareado, se solapan)



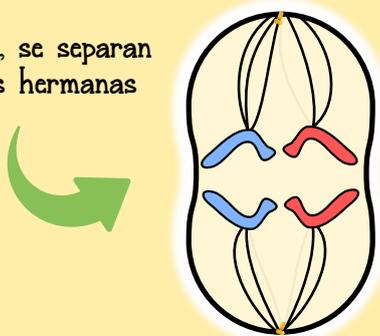
No existe recombinación genética



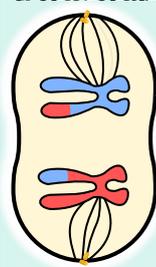
Sí existe recombinación genética (parte de los brazos de las cromátidas no hermanas se intercambian)



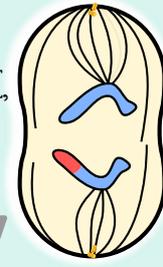
En la anafase, **se separan las cromátidas hermanas**



• En la anafase I, **se separan los cromosomas homólogos** (= tetradas)



• En la anafase II, **se separan las cromátidas hermanas**



No existe variabilidad genética, por lo que las células hijas son genéticamente idénticas a la célula madre. (No hay cambio en la información genética)

Sí existe variabilidad genética, por lo que las células hijas son genéticamente idénticas a la célula madre. (Sí hay cambio en la información genética)



6 Ciclo biológico

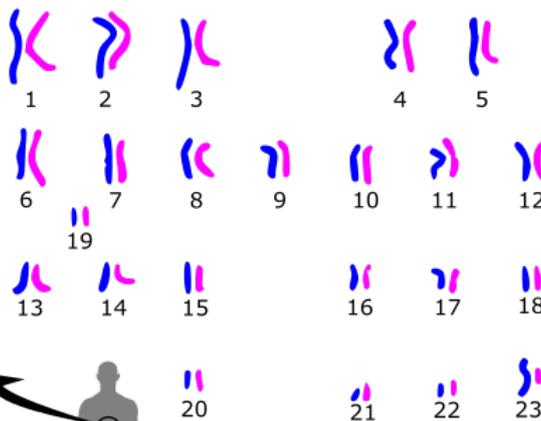
Los seres vivos pluricelulares con reproducción sexual se clasifican, según el momento en el que se produzca la meiosis y la fecundación, en tres grandes grupos: organismos con ciclo haplonte, los organismos con ciclo diplonte y organismos con ciclo diplohaplonte (mira el Anexo 4). Vamos a explicar el ciclo diplonte.

Cariotipo en una célula diploide y haploide

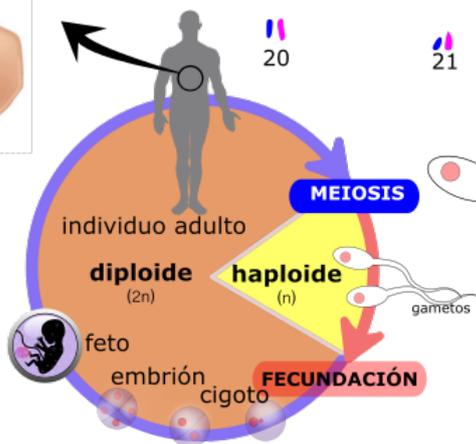
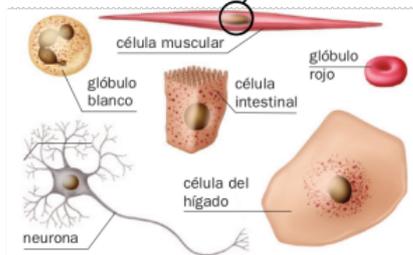


¡Mirar Anexo 5!

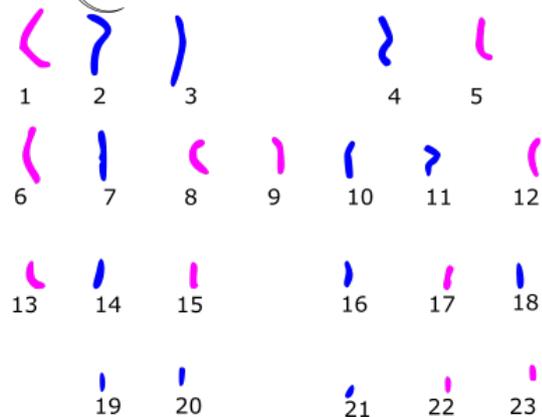
Cariotipo de una célula diploide



Cada especie tiene un cariotipo específico y único. Por ejemplo, el ser humano tiene 46 cromosomas, que se agrupan en parejas; por tanto, tenemos 23 pares. Aquellos seres vivos cuyos cromosomas se agrupan en parejas reciben el nombre de organismos diploides y se denota como 2n.



Cariotipo de una célula haploide



CICLO DIPLONTE

- El cigoto es la etapa 2n
- La meiosis produce gametos y es seguida inmediatamente por la fecundación
- En la mayor parte del ciclo, el organismo es diploide.

ANEXO 1

Cariotipo humano escolar

Los cromosomas son pequeñas estructuras con forma de bastón o forma de X constituidas por deoxirribonucleótidos (ADN) que se hacen visibles únicamente durante la etapa de división celular

Cuando los cromosoma están duplicados presentan dos partes que reciben el nombre de cromátidas y están unidas por una región que se llama centrómero.

3 **Cómo se obtienen**

Se limpian los cromosomas individualmente

6 Dependiendo de la tinción empleada, se obtendrá un patrón de bandas claras y oscuras diferente y específico para cada par cromosómico

Para nosotros cada banda va a ser un gen

Cada gen ocupa en el cromosoma una posición específica llamada locus

* Un gen es un fragmento de ADN que contiene información para expresar un fenotipo

5 **El cariotipo escolar ordenado según tamaño y disposición del centrómero**

Las características que nos permiten clasificar los cromosomas son: tamaño, posición del centrómero y el diámetro y su dibujo

Por consiguiente, el brazo más corto se llama p y el brazo más largo se llama q y va dibujado

Los cromosomas se clasifican en 7 grupos, de la A a la G. De esta manera, el cariotipo humano queda formado así:

4 Cada especie tiene un cariotipo específico y único. Por ejemplo el ser humano tiene 46 cromosomas, que se agrupan en parejas; por tanto, tenemos 23 pares. Aquellos seres vivos cuyos cromosomas se agrupan en parejas reciben el nombre de organismos diploides y se denota como 2n.

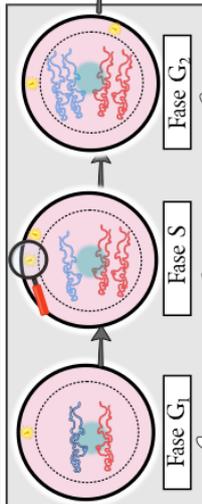
ANEXO 2

Mitosis en células animales

Interfase

¡Ojo! Aquí hay cromatina. En la fase profase de la mitosis, es cuando se forman los cromosomas

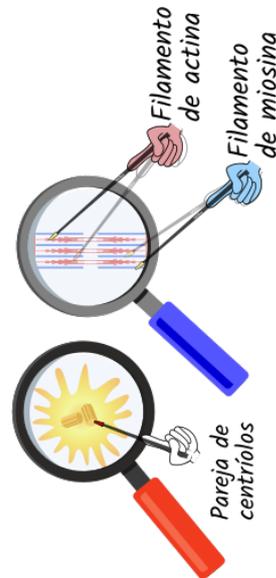
José M. Suárez



Crecimiento celular (multiplicación de enzimas y orgánulos; ergo aumenta el tamaño celular)

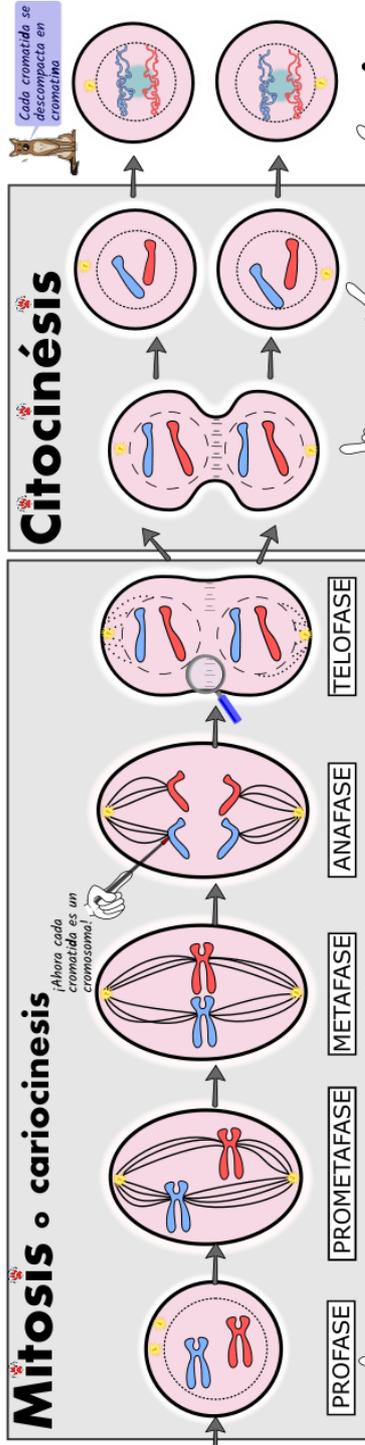
Replicación del ADN (cada cromatina (= molécula de ADN + histonas) se duplican)
 · Duplicación centrosoma

Preparativos división (acopio de material y la cromatina empieza a condensarse)



División celular o fase M

Mitosis o cariocinesis



PROFASE

- Desaparece el nucleolo
- Visualización de cromosomas con dos cromátidas
- Se empieza a sintetizar microtúbulos a partir del:
 - Centrosoma con centriolos en células animales

PROMETAFASE

- La envoltura nuclear desaparece.
- El nucleoplasma y el citoplasma se mezclan
- Microtúbulos cinetocóricos se unen al cinetocoro que se encuentra en el centrómero de los cromosomas

METAFASE

- Ubicación de los cromosomas en el centro celular unidos por el centrómero.
- Todos los cromosomas están alineados, unos detrás de otros, y sus cromátidas hermanas miran a los polos

ANAFASE

- Las cromátidas hermanas se separan por los centrómeros debido al acortamiento de las microtúbulos cinetocóricos.
- Cada cromátida hermana, que ahora recibe el nombre de cromosoma anafásico, emigran a polos celulares, una va a un polo y la otra a otro polo

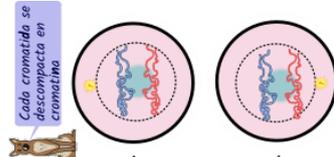
TELOFASE

- Cromátidas hermanas están en los polos
- Huso mitótico desaparece
- Reparece la envoltura nuclear
- Los microtúbulos polares se agrupan en el ecuador celular y forman los cilindros de sustancia densa interzonal

CITOCINÉSIS

- Los orgánulos se reparten equitativamente
- El citoplasma empieza a:
 - construirse/estrangularse gracias a un anillo contráctil de proteínas en células animales
- Tenemos dos células con cromosomas de una cromátida

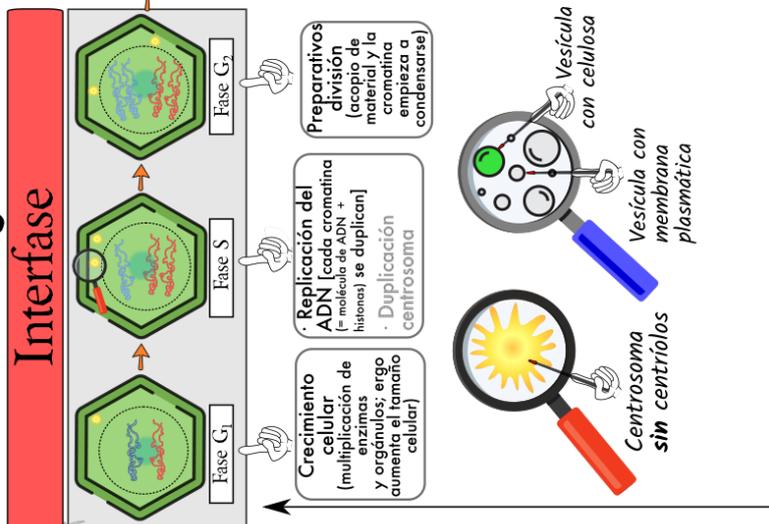
· Cromátidas se descompactan
 · Aparece nucleolo



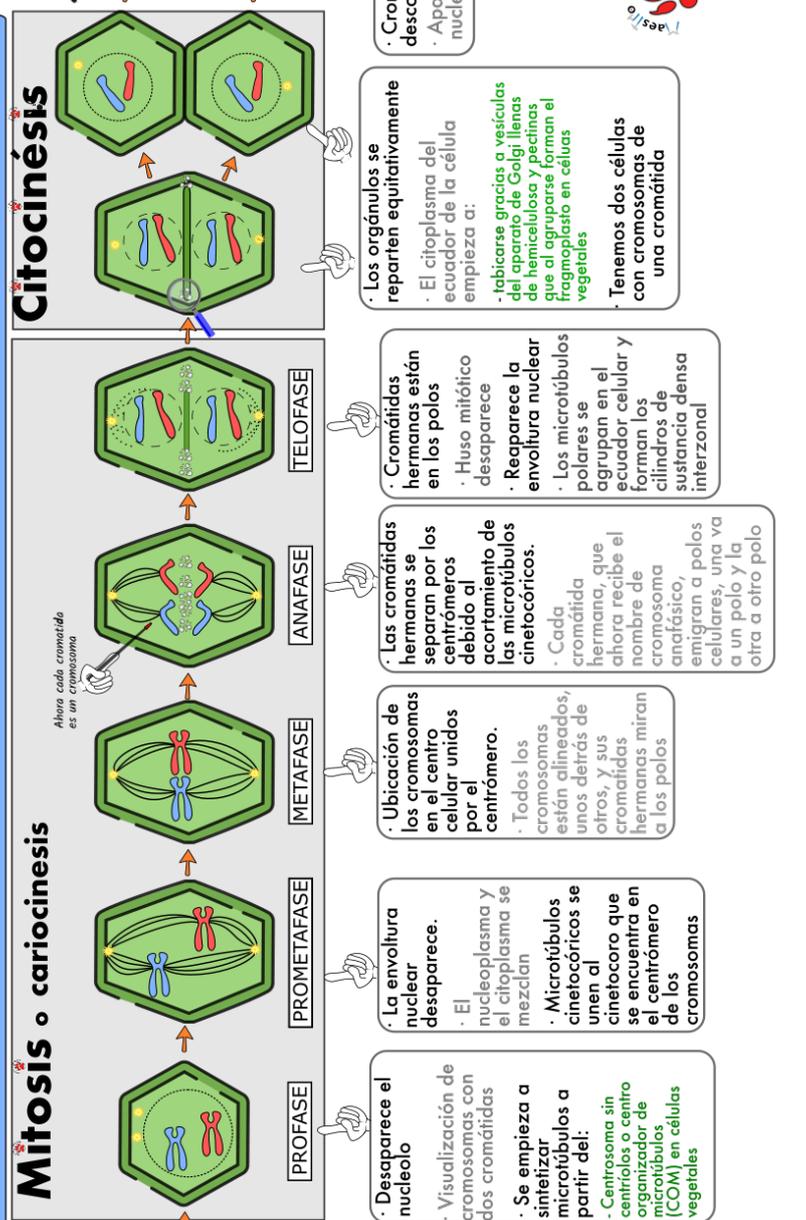
ANEXO 3



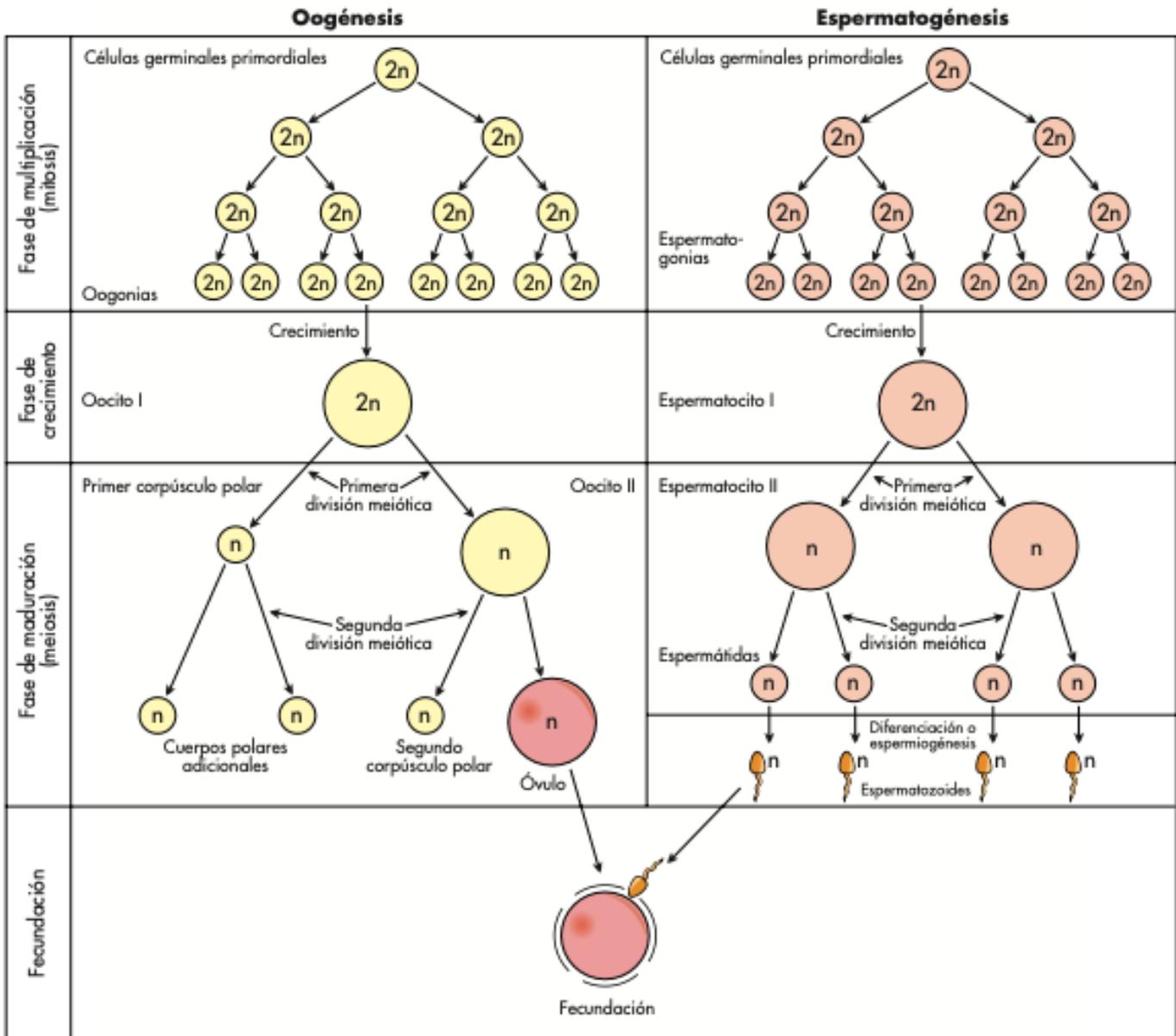
Mitosis en células vegetales



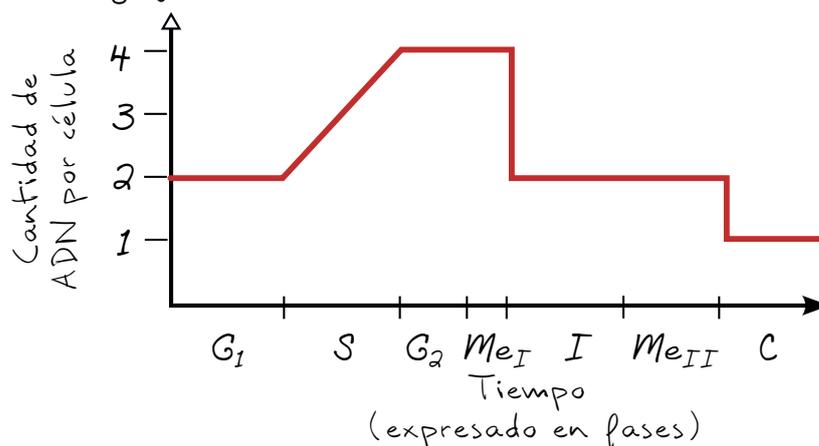
División celular o fase M



ANEXO 4



8 Ejercicio resuelto. Interpreta este gráfico



Interpretación del gráfico:

G₁: La cantidad de ADN es constante y corresponde a la cantidad de ADN presente en una célula diploide (2n).

S: La cantidad de ADN se duplica debido a la replicación del ADN. Ahora la célula tiene el doble de ADN (4n).

G₂: La cantidad de ADN se mantiene constante, ya que la célula está preparada para la división.

Me I: La cantidad de ADN se reduce a la mitad (2n). Esto se debe a que en la meiosis I se separan los cromosomas homólogos, pasando a cada célula hija solo una copia de cada cromosoma.

I: La cantidad de ADN se mantiene constante, ya que no hay replicación del ADN durante la interkinesis.

Me II: La cantidad de ADN se reduce a la mitad nuevamente (n). En esta fase se separan las cromátidas hermanas, resultando en células haploides.

C: Las células hijas resultantes de la meiosis II tienen la mitad de la cantidad de ADN que la célula original, es decir, son haploides.

En resumen:

El gráfico muestra cómo la cantidad de ADN varía a lo largo de la meiosis.

La duplicación del ADN ocurre en la fase S.

La reducción a la mitad de la cantidad de ADN ocurre en la meiosis I y II.

Al final de la meiosis se obtienen cuatro células hijas haploides.

9 Ejercicio resuelto. Si en la meiosis I y en la meiosis II la cantidad de ADN se reduce a la mitad, entonces ¿por qué se dice que la meiosis I es reduccional y la meiosis II es ecuacional?

Es común confundirse al principio cuando se habla de la meiosis I como reduccional y la meiosis II como ecuacional, ya que ambas implican una reducción en la cantidad de ADN. Sin embargo, hay una diferencia fundamental entre ambas divisiones que justifica esta terminología. La clave está en lo que se separa en cada división:

- **Meiosis I:** Es reduccional porque reduce a la mitad el número de cromosomas. Visualización: Imagina que tienes un par de calcetines, uno rojo y otro azul. En la meiosis I, cada célula hija recibiría solo uno de los calcetines, ya sea el rojo o el azul.

- **Meiosis II:** Es ecuacional porque mantiene el mismo número de cromosomas en las células hijas, pero separa las cromátidas hermanas. Visualización: Siguiendo con la analogía de los calcetines, en la meiosis II estaríamos separando las dos partes idénticas de cada calcetín.



ANEXO 6

Ciclo biológico sexual

individuo pluricelular desde que hace hasta que vuelve a reproducir otro individuo parecido a él

El concepto de ciclo biológico solo es aplicable a los organismos con reproducción sexual y; por tanto, implica una alternancia de fases haploides, con una sola dotación de cromosomas, n , y diploides, con número de cromosomas doble, $2n$.

FASE DIPLÓIDE, al número de cromosomas que tiene el cigoto y se denota con $2n$. Hay 2 juegos de cromosomas en cada célula

FASE HAPLOIDE, al número de cromosomas que tienen los gametos y se denota con n . Hay 1 juego de cromosomas en cada célula

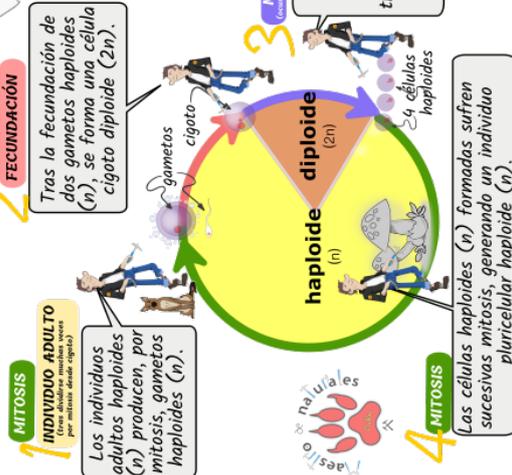
Los seres vivos pluricelulares con reproducción sexual se clasifican, según el momento en el que el ciclo se da la meiosis y la fecundación, en tres grandes grupos: organismos con ciclo haplonte, los organismos con ciclo diplonte y organismos con ciclo diplohaplonte

José Manuel Huertas Suárez

A Ciclo haplonte,

domina la fase haploide

La mayoría de hongos, algunos protoctistas y algunas algas

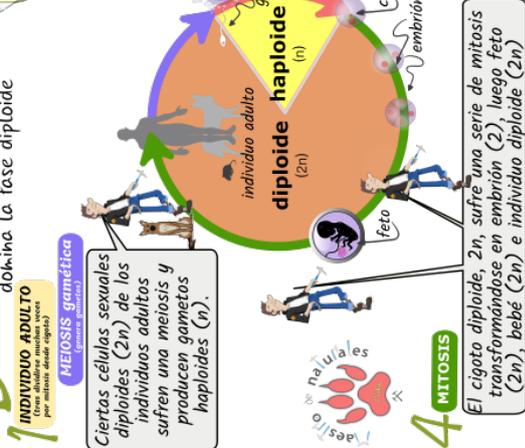


José Manuel Huertas Suárez

B Ciclo diplonte,

domina la fase diploide

Los mamíferos y algunas protoctistas



C Ciclo diplo-haplonte

dominan ambas fases

Las plantas y algunas hongos y plantas

