

TEMA 7 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.

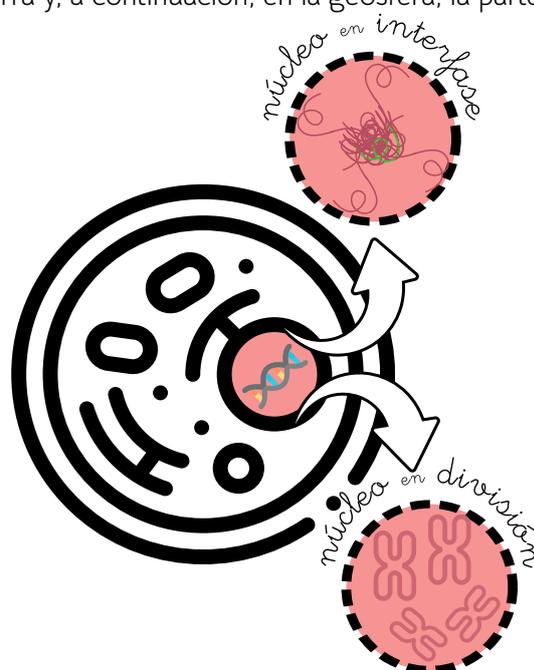
1 Núcleo

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

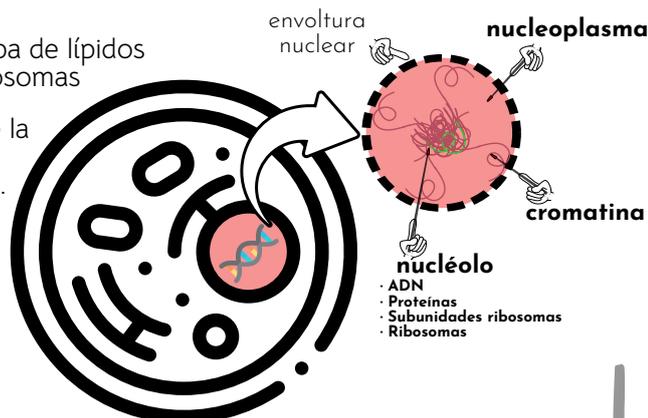


1.1 Núcleo interfásico

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.

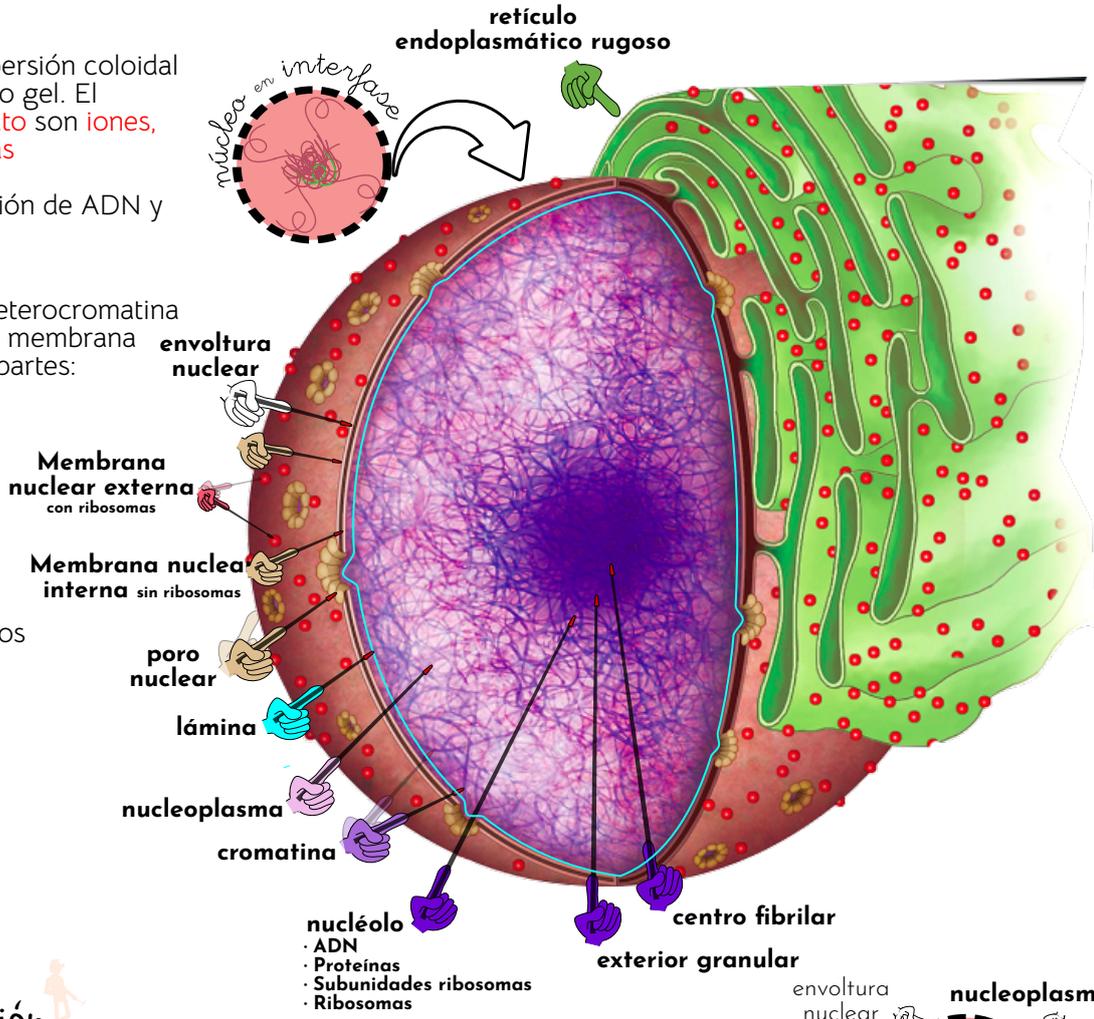
Envoltura nuclear, delimita el contenido del núcleo y el citoplasma y está formado por:

- **Dos membranas nucleares**, separadas por un espacio perinuclear (equivale al lumen del retículo endoplásmico rugoso)
- **Membrana nuclear externa**, es la prolongación del retículo endoplásmico 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 comunican 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:

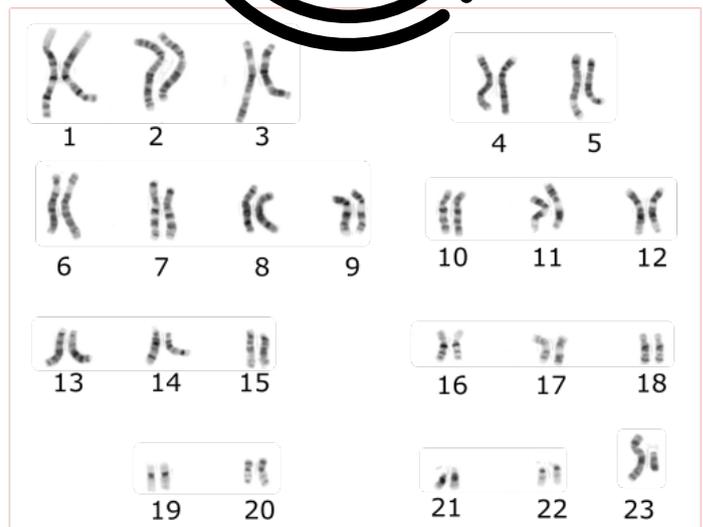
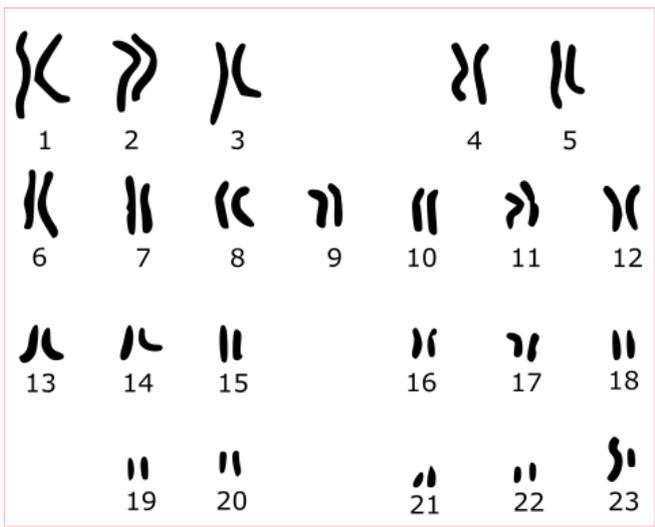
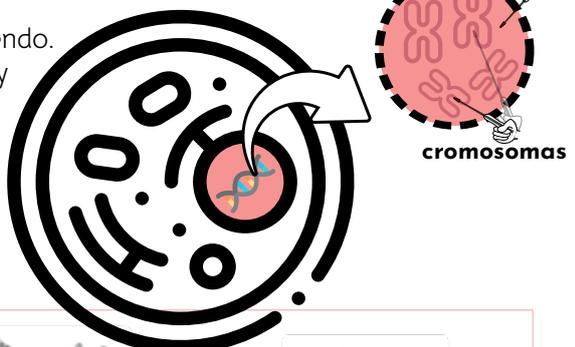
- **Centro fibrilar** está constituido por ADN, ARNr en distintos niveles de transcripción
- **Exterior granular** lo constituye subunidades de ribosomas en diferentes grados de embalaje y maduración.



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 de una célula en división 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



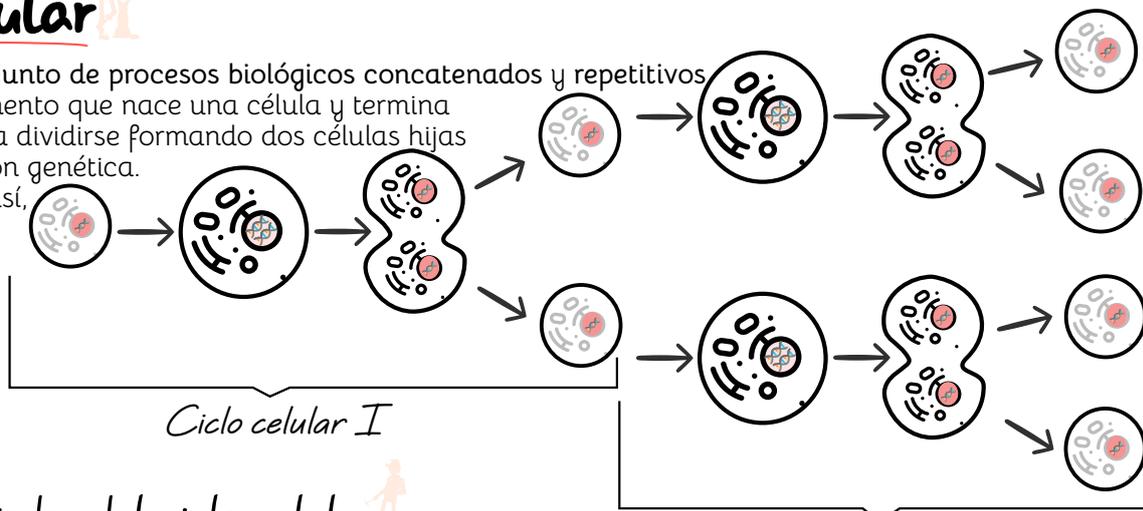
¡ Mirar Anexo I !

José Manuel Huertas Suárez



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,



Ciclo celular I

Ciclo celular II

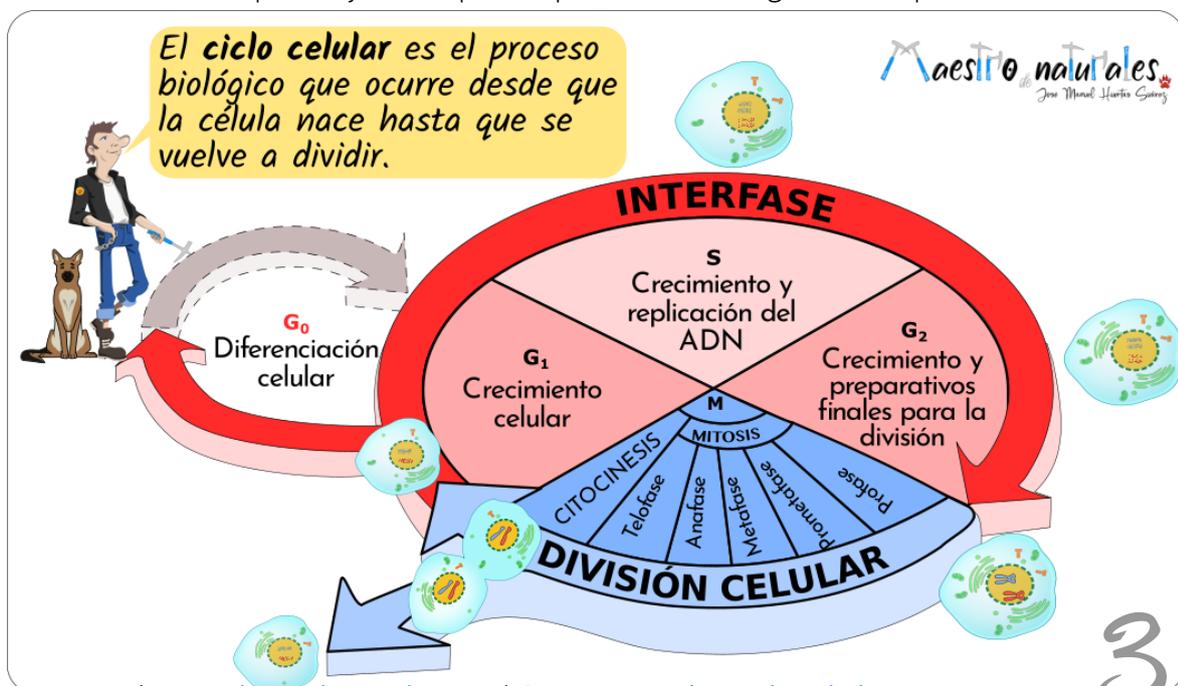
2.1 Fases y periodos del ciclo celular

El ciclo celular consta de cuatro tipos de procesos biológicos concatenados (= secuencia ordenada) y repetitivos (=vuelven a ocurrir): crecimiento celular, replicación del ADN, división del núcleo y división del citoplasma. Estos procesos biológicos siguen una secuencia ordenada que para mejor estudio y comprensión se dividen, según haya o no haya división celular, en dos periodos: periodo de interfase (de no división) y periodo de mitosis (de división). Esquemáticamente quedaría así:

- Periodo de interfase (de no división) 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: cariocinesis (se divide el núcleo) y citocinesis (se divide el citoplasma).
 - 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, 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
 - 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.

Todo lo dicho de manera gráficamente quedaría así,

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



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:

Control #1 se encuentra al final de la G1, donde la célula comprueba (checkpoint, 😊✓|😞✗) que:

- 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.

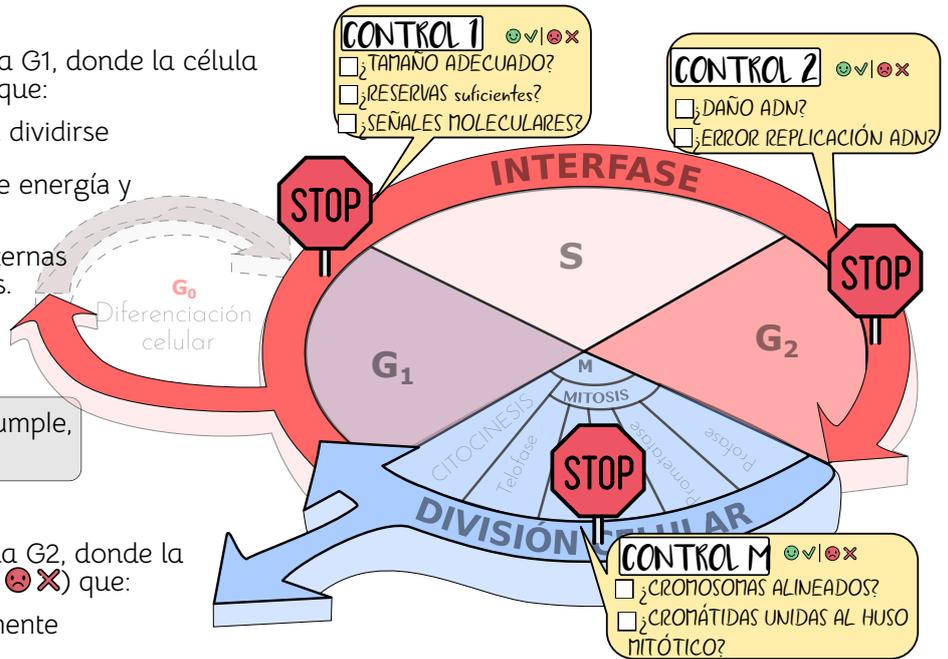
Si alguna de estas condiciones no se cumple, la célula entra en la fase de reposo G0

Control #2 se encuentra al final de la G2, donde la célula comprueba (checkpoint, 😊✓|😞✗) que:

- 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. *Gracias Manuela por corregir el error*

Control #M o control de huso ocurre a la mitad de la mitosis y allí la célula comprueba (checkpoint, 😊✓|😞✗) que

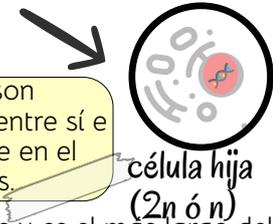
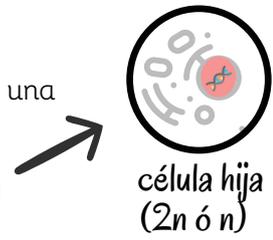
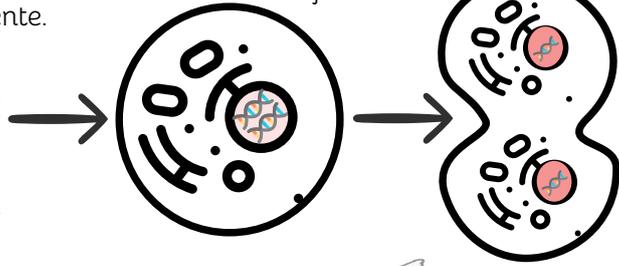
- Todos los cromosomas estén correctamente alineados. Si algún cromosoma está rezagado o fuera de lugar, la mitosis se detiene para dar tiempo a que el cromosoma ocupe su lugar.
- Todas las cromátidas hermanas estén unidas a los microtúbulos del huso.



3 Mitosis

La **mitosis** [del griego mitos, 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.

Periodo de interfase (de no división) es el período comprendido entre dos divisiones celulares y es el más largo del ciclo celular, ocupando casi el 95 % del ciclo. La interfase incluye tres fases: Fase G1, Fase S (síntesis) y Fase G2.

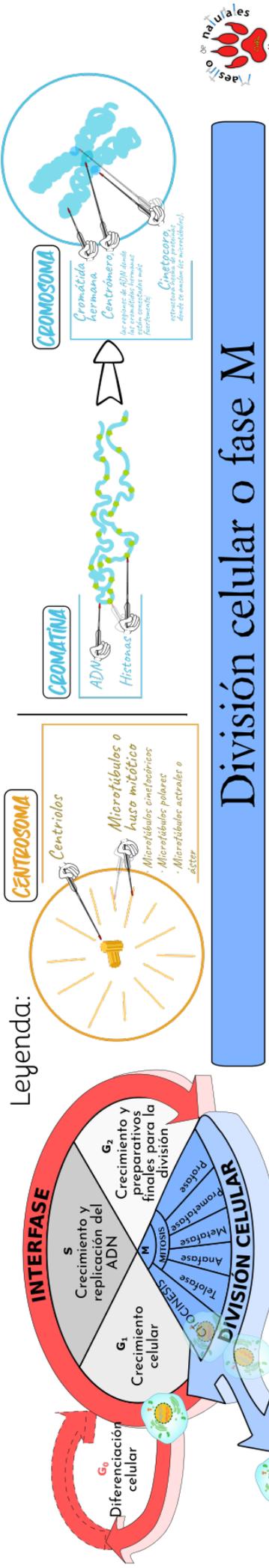
- **Fase de crecimiento 1** (gap 1 o fase G1, con duración de unas ocho horas, la G denota Growth "crecimiento 1" o Gap "intervalo o hueco") ocurre entre el final de la fase M y el comienzo de la duplicación del ADN y es donde la célula se recupera de la división previa, después aumenta su tamaño, duplica 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.

Periodo de división celular o fase M (de división) es un conjunto de procesos mediante los cuales una célula madre se divide en dos células hijas. La división celular es la última fase del ciclo celular, siempre le precede una duplicación de ADN y consta de dos procesos según lo que se divide de la célula: la cariocinesis y la citocinesis.

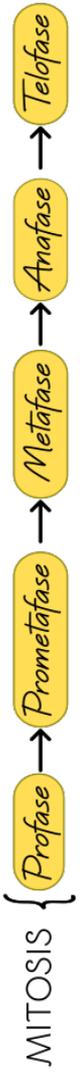
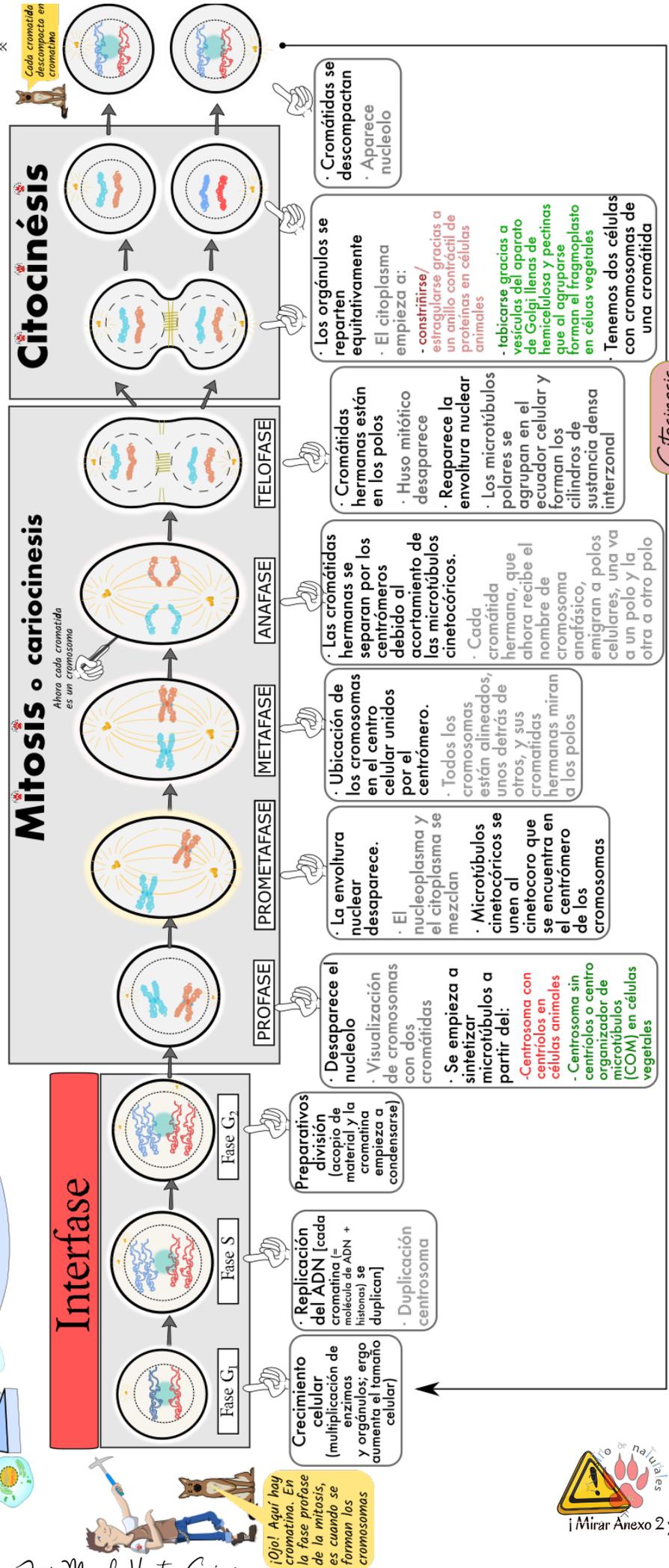
- **Etapa de división del núcleo o cariocinesis** [cariocinesis del griego cario, núcleo y cinesis, división] es la división del núcleo y reparto del material genético. Es el primer proceso de la fase M mediante el cual el material genético de una célula madre se distribuye de manera idéntica entre dos 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** 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)



División celular o fase M



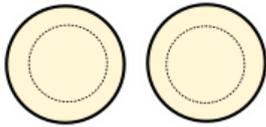
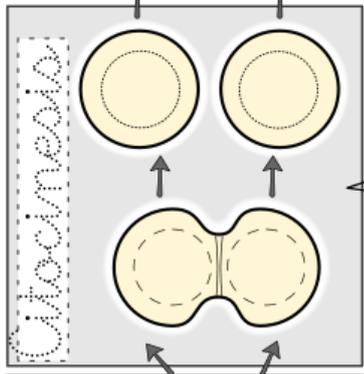
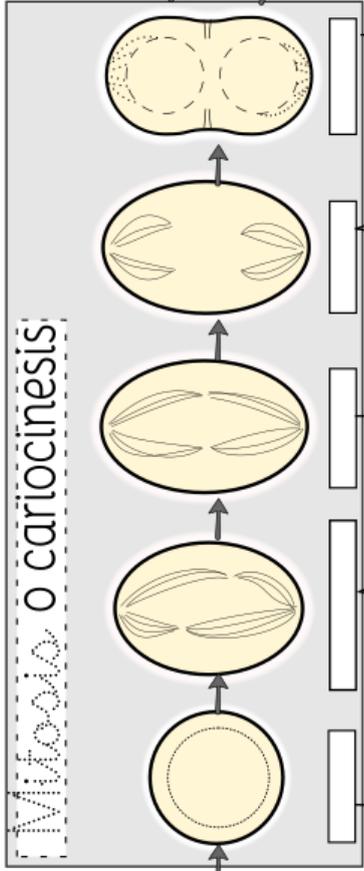


4 Entrena para el día del examen. Primero repasa las palabras con puntos, más tarde dibuja dentro de la célula, luego rotula cada subfase y, por último rellena los bocadillos.



División celular o fase M

Interfase



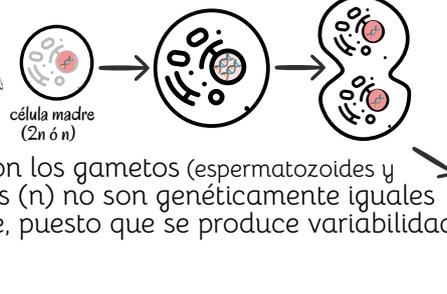
A series of ten empty rounded rectangular boxes for labeling the stages of the cell cycle. Each box is connected to a specific stage in the diagrams above by a thin line.



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

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

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.

- **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 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 a formarse los microtúbulos responsables de la división celular y sintetizar proteínas necesarias.

Meiosis I o primera división meiótica se divide en dos etapas según lo que se divide de la célula: cariocinesis (se divide el núcleo) y citocinesis (se divide el citoplasma)

- **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 citoplasmático.

En resumen, en la meiosis I se producen cuatro procesos biológicos concatenados: (1) emparejamiento, apareamiento o sinapsis de cromosomas homólogos, (2) entrecruzamiento, (3) recombinación genética (rotura, intercambio y unión de segmento de ADN) y (4) segregación de los cromosomas homólogos; es decir, los cromosomas homólogos de cada pareja se separan entre sí. Un homólogo va a una célula hija y el otro se dirige hacia la otra célula hija. Se trata de una división reduccional, puesto que las células hijas tienen la mitad de número de cromosomas que la célula madre. En detalle





Interfase de la meiosis o interkinesis, su duración es corta y sin duplicación de ADN



Meiosis II o segunda división meiótica se divide en dos etapas según lo que se divide de la célula: cariocinesis (se divide el núcleo) y citocinesis (se divide el citoplasma). 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 (mueve, 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

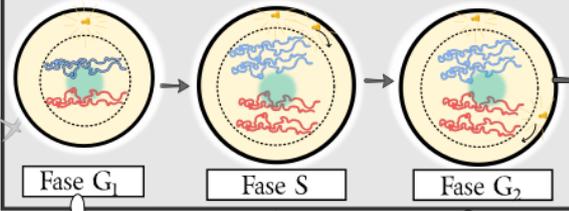


(2 divisiones celulares sucesivas: 1ª reduccional y 2ª no reduccional)

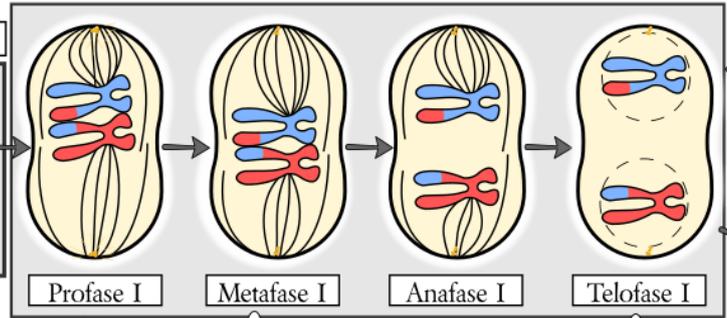
En realidad los cromosomas no se forman en la interfase (en la fase G₁, S ni G₂), pues lo que hay es cromatina. En la meiosis es cuando se forma los cromosomas



#1 Interfase



#2 Meiosis I



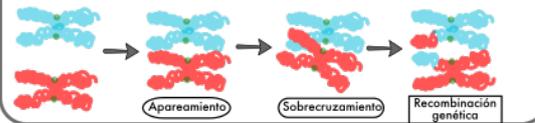
[...]

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)

· **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)

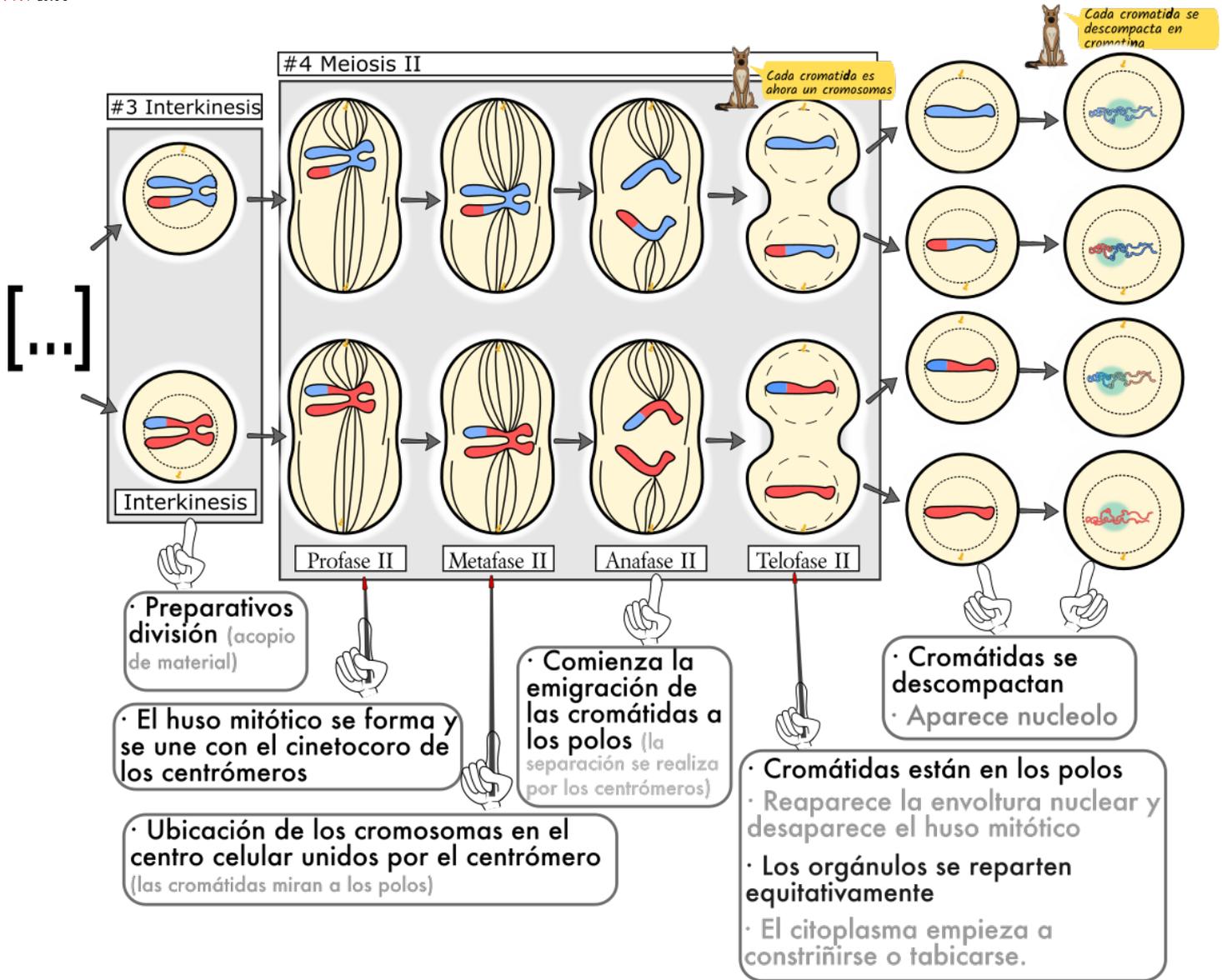


· **Ubicación de los cromosomas homólogos en el centro celular unidos por los quiasmas**
(las cromátidas miran a los polos)

· **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

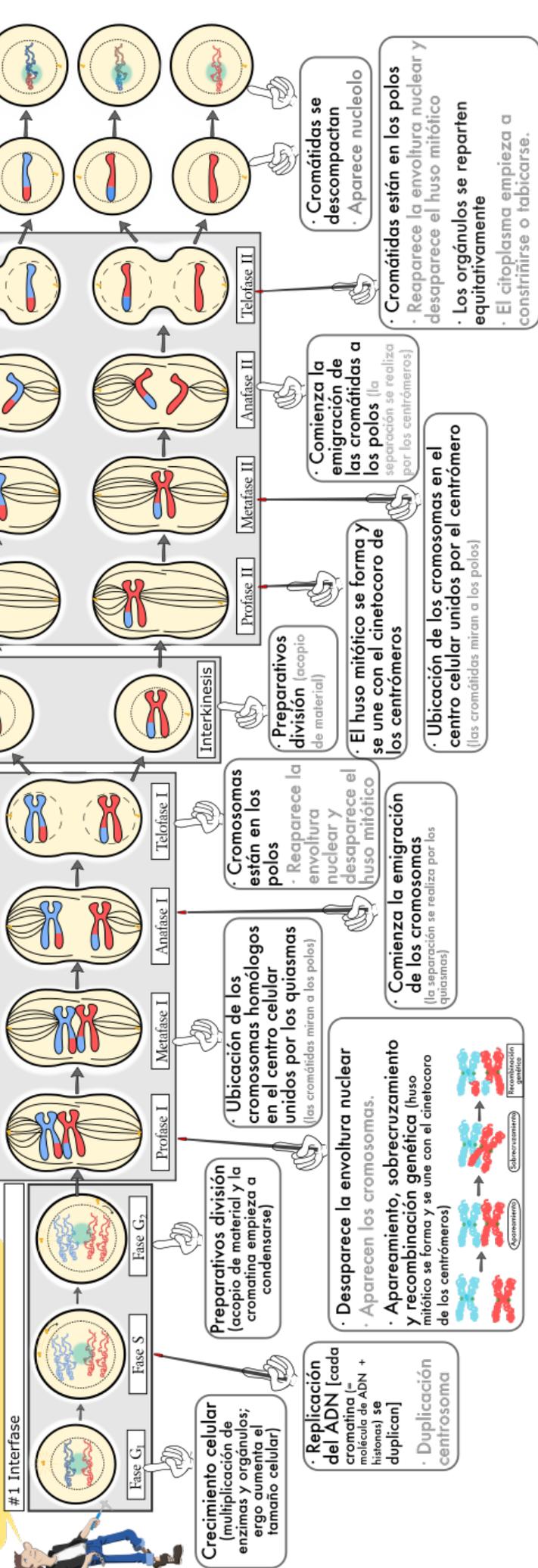
6 ¿Por qué la células hijas tienen la mitad de cromosomas que la células madre?

Meiosis

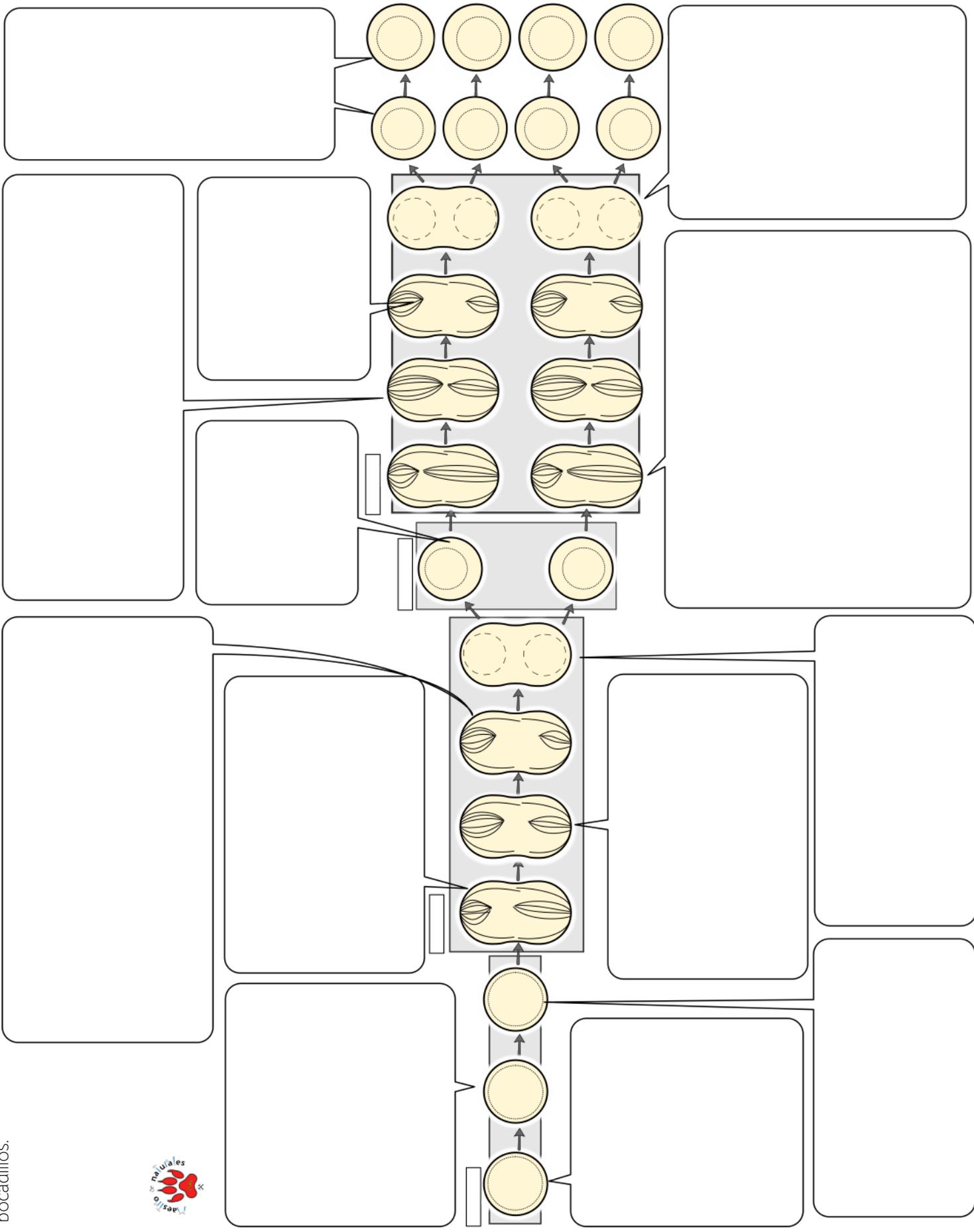


2 divisiones celulares sucesivas: 1ª reduccional y 2ª no reduccional

En realidad los cromosomas no se forman en la interfase. Con 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 bocadillos.



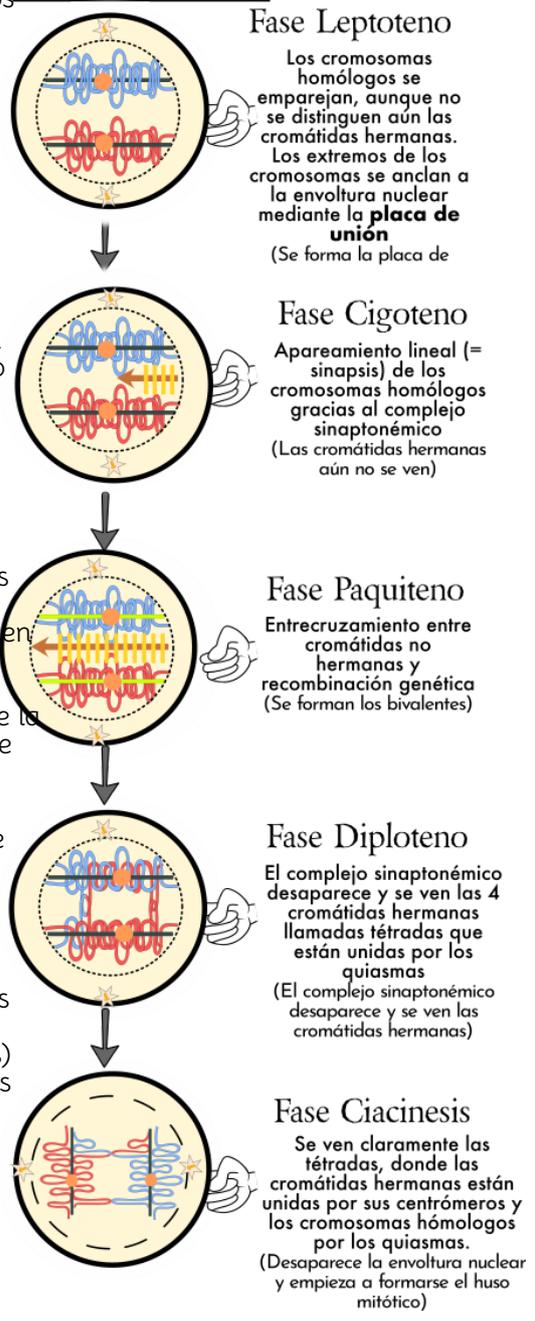
4.1 Profase I en detalle

La profase I de la meiosis dura el 90 % tiempo de la meiosis y es muy compleja, pero básicamente podemos resumirla en 5 procesos concatenados

***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)

- ➔ * **Leptoteno** ["hilo delgada"]. Las fibras de ADN se condensan formando cromosomas con dos cromátidas que no son visibles al microscopio óptico. Los extremos de los cromosomas se unen a la lámina nuclear, dando lugar a las denominadas placas de unión.
- ➔ * **Zigoteno** ["unión de hilos"]. Cada cromosoma empieza a emparejarse, alinearse o aparearse con su cromosoma homólogo (las cromátidas aún no son visibles -pero están- por lo que el cromosoma se visualiza como un bastoncillo), mediante un proceso llamado sinapsis regulado por una estructura proteica (=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 la sinapsis y los cromosomas homólogos están completamente unidos. Cada par de cromosomas homólogos íntimamente unidos recibe el nombre de bivalente (vemos dos cromosomas unidos, aún las cromátidas no son visibles). Las cromátidas no hermanas (siguen sin ser visibles) se traban o cruzan en algunos puntos, mediante el proceso llamado entrecruzamiento o crossing over. En los puntos donde se ha producido el entrecruzamiento se produce la recombinación genética (rotura, intercambio y unión de segmento de ADN) entre los cromosomas homólogos de las cromátidas no hermanas
- ➔ * **Diploteno** ["hilo doble"]. El complejo sinaptonémico desaparece, lo que provoca que los cromosomas homólogos o bivalentes se separen, permaneciendo unidos solo por los puntos en los que se produjo el entrecruzamiento (quiasmas). Como resultado vemos que cada bivalente tiene cuatro cromátidas que reciben el nombre de tétradas.
- ➔ * **Diacinesis** ["movimiento de separación"]. Se observan cuatro cromátidas llamadas tétradas. Las cromátidas hermanas están unidas por sus centrómeros; mientras que las cromátidas no hermanas (homólogas) que han intercambiado material genético permanecen unidas por los quiasmas. Las tétradas se sueltan de su punto de enganche con la envoltura nuclear. La envoltura nuclear y el nucléolo desaparecen. Empieza a formarse el huso mitótico

Profase I

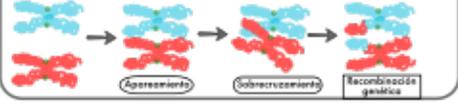


5 Diferencias entre mitosis y meiosis

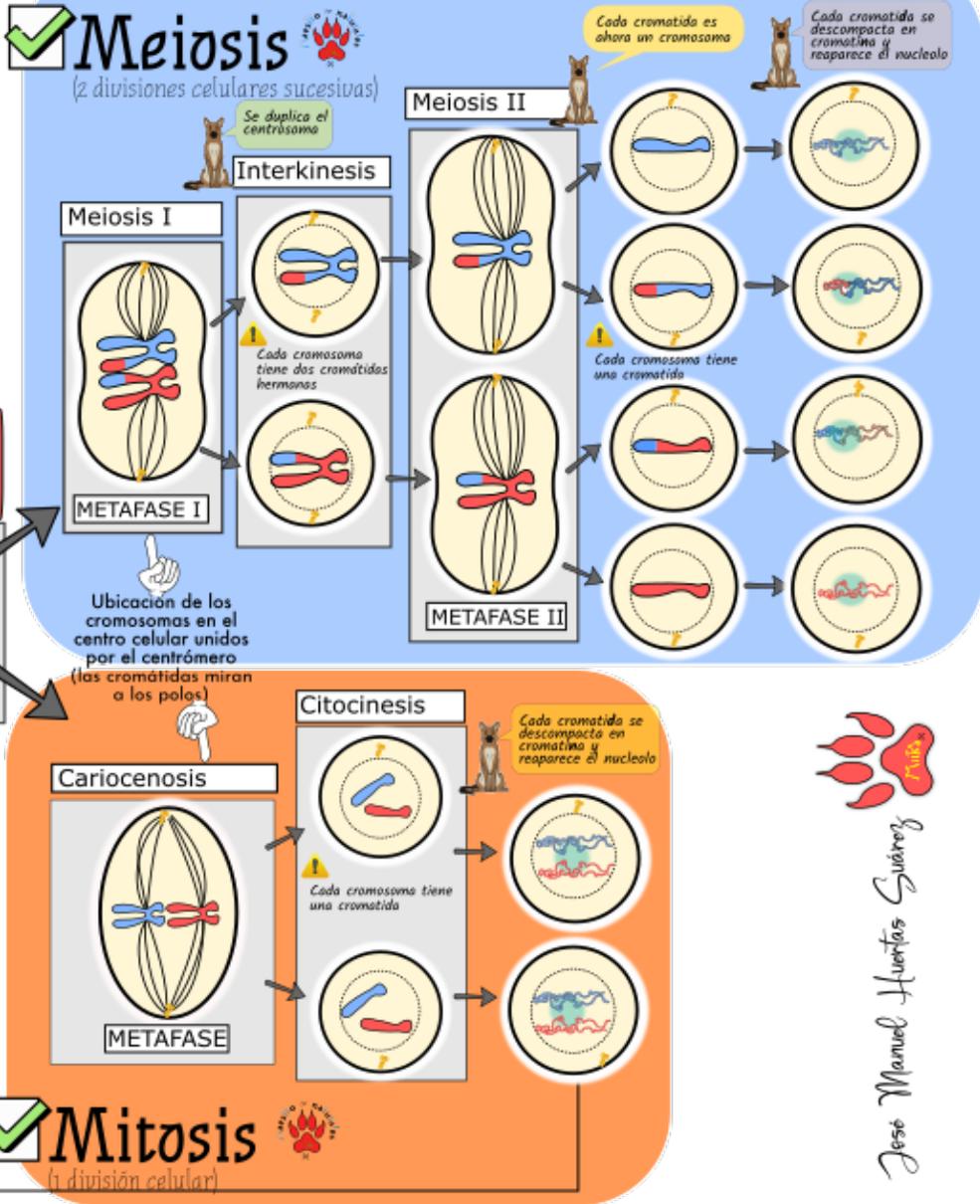
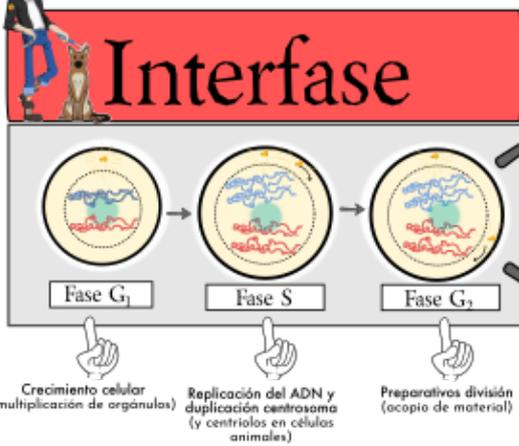
A continuación una tabla-resumen que establece la diferencias entre la mitosis y la meiosis.

¡ 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)



¡Ojo! En la interfase hay cromatina. NO HAY CROMOSOMAS



José Manuel Huertas Suárez

MITOSIS



MEIOSIS



¡Mirar Anexo 4!

La mitosis es una cariocinesis y una citocinesis

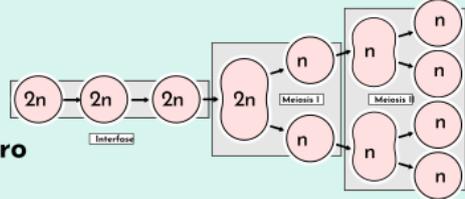
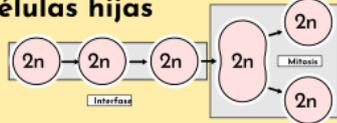
La meiosis son dos cariocinesis y dos citocinesis

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

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

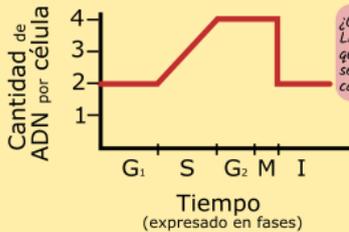
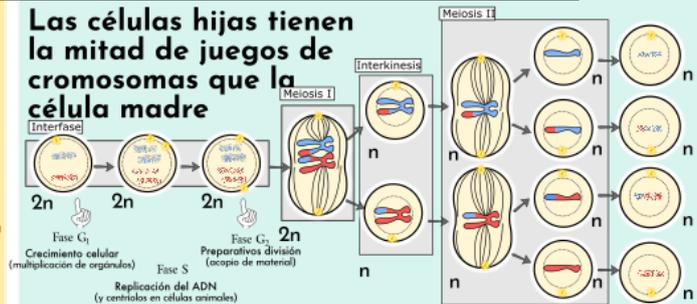
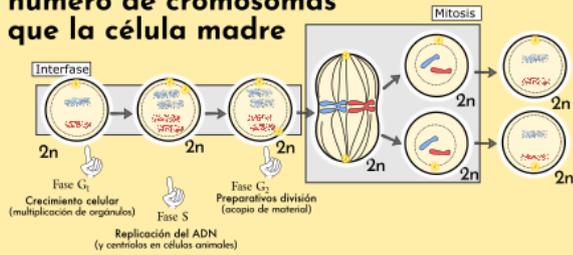
De una división celular resultan dos células hijas

De dos divisiones celulares sucesivas resultan cuatro células hijas

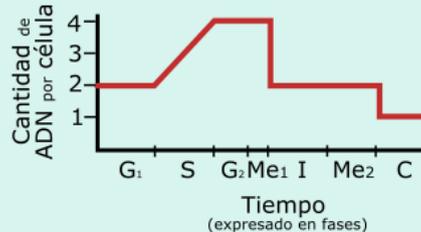


Las células hijas tienen el mismo número de cromosomas que la célula madre

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



¿Qué representa el gráfico? La cantidad de ADN en pg que hay cuando la célula se divide. No representa la cantidad de cromosomas



Los cromosomas homólogos NO se aparean



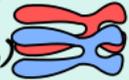
Los cromosomas homólogos se aparean (los brazos de las cromátidas no hermanas se juntan)



No existe entrecruzamiento



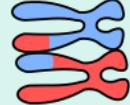
Existe entrecruzamiento (los brazos de las cromátidas no hermanas que se han apareado se solapan)



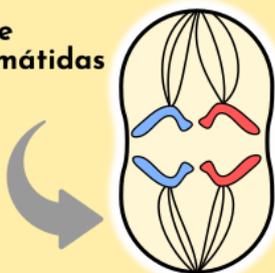
No existe recombinación genética



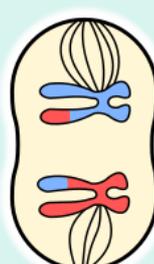
Existe recombinación genética (parte de los brazos de las cromátidas no hermanas se intercambian)



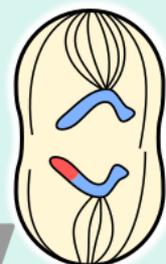
En la anafase se separan las cromátidas hermanas



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



En la anafase II, se separan las cromátidas hermanas



No existe variabilidad genética



Existe variabilidad genética



6 Ciclo biológico

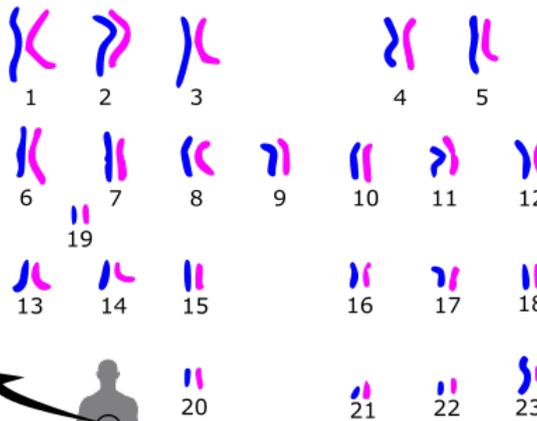
El ciclo biológico, ciclo de vida, ciclos de vida sexual o ciclo vital es el conjunto de etapas que se inicia con la primera célula que le da origen y culmina con la formación de otro individuo parecido al progenitor.

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.

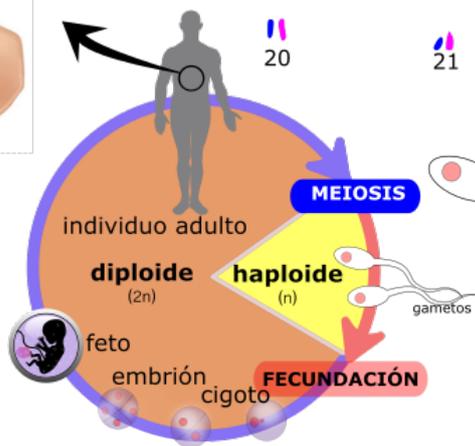
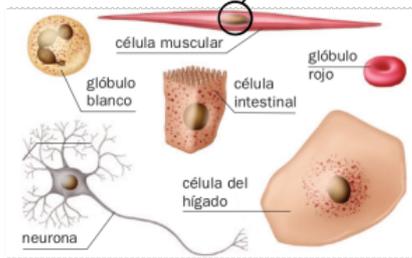


Cariotipo en una célula diploide y haploide

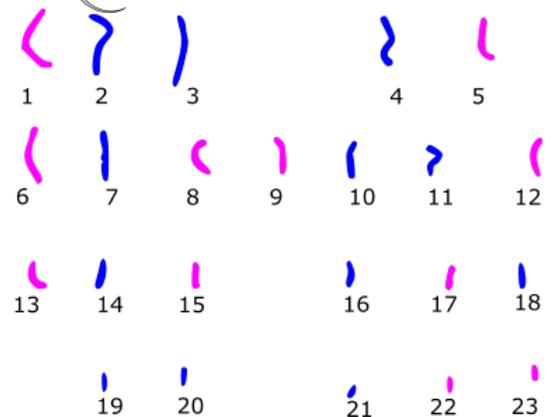
Cariotipo de una célula diploide



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.



Busca en al web el número de cromosomas que tiene la especie "Pipistrellus pipistrellus"



Explica la diferencia entre diploide ($2n$) y haploide (n)

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.

Por convención, el brazo más corto se llama p y el brazo más largo se llama q y va abajó

3 **Cómo se obtienen**

Se limpian los cromosomas ordenadamente con el centrómero sobre la línea

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

Por convención, el brazo más corto se llama p y el más largo se llama q y va abajó

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

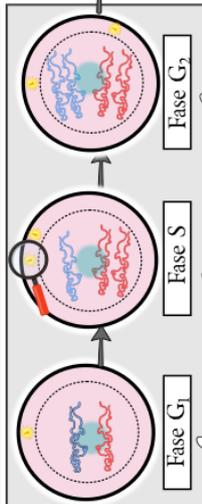
Grandes	1	2	3	4	5						
Medianos	6	7	8	9	10	11	12				
Medianos	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

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

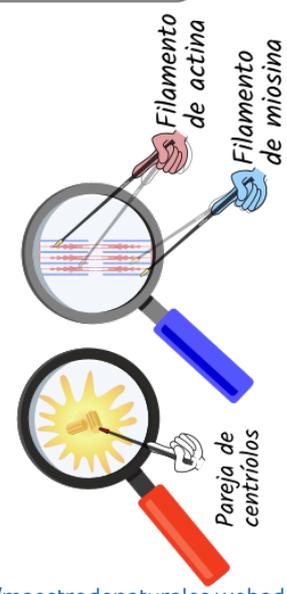


¡Ojo! Aquí hay cromatina. En la fase profase de la mitosis, es cuando se forman los cromosomas

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

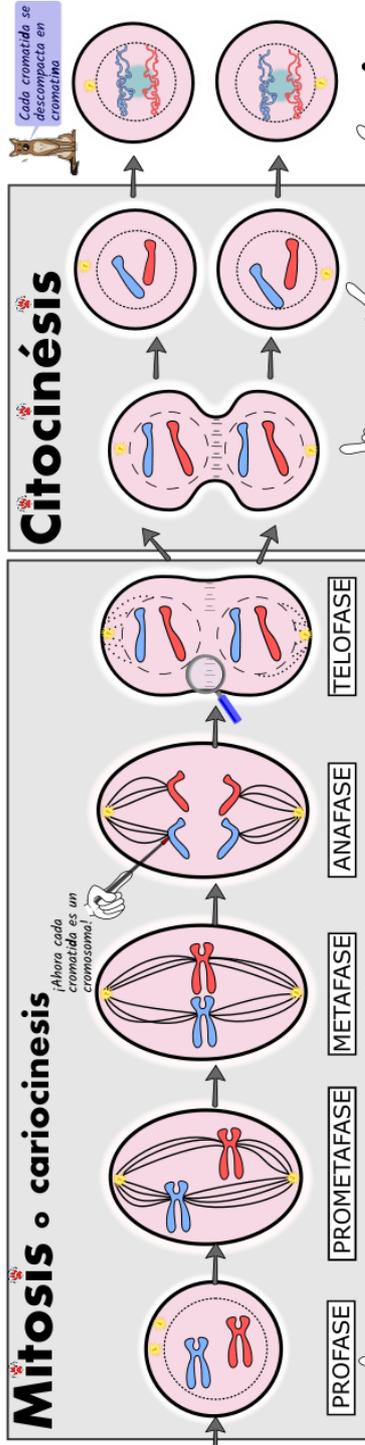
Replicación del ADN [cada cromatina (= molécula de ADN + histonas) se duplican]
· Duplicación centrosoma

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

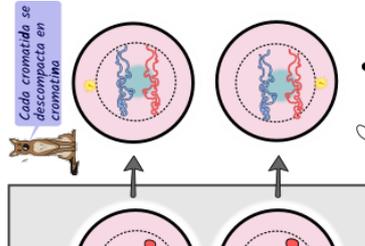


División celular o fase M

Mitosis o cariocinesis



Citocinesis



PROFASE
· Desaparece el núcleo
· 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 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

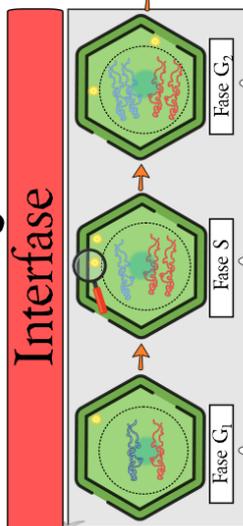
· Los orgánulos se reparten equitativamente
· El citoplasma empieza a:
- constriñerse/ estragularse gracias a un anillo contráctil de proteínas en células animales
· Tenemos dos células con cromosomas de una cromátida

· Cromátidas se descompactan
· Aparece núcleo

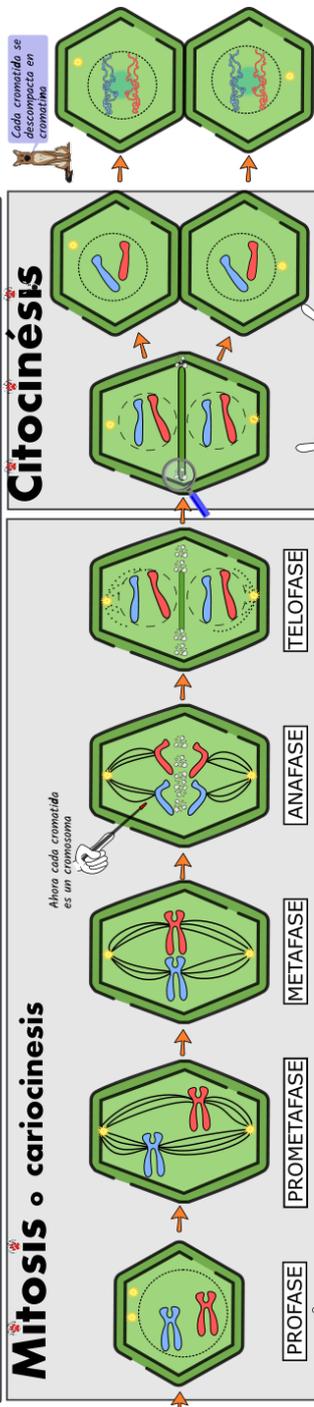
ANEXO 3



Mitosis en células vegetales



División celular o fase M



PROFASE

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

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
- Reaparece la envoltura nuclear
- Los microtúbulos polares se agrupan en el ecuador celular y forman los cilindros de sustancia densa interzonal

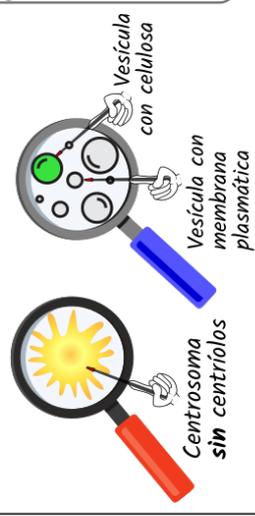
CITOCINESIS

- Los orgánulos se reparten equitativamente
- El citoplasma del ecuador de la célula empieza a:
 - tabicarse gracias a vesículas del aparato de Golgi llenas de hemicelulosa y pectinas que al agruparse forman el fragmoplasto en células vegetales
- Tenemos dos células con cromosomas de una cromátida

Mitosis o cariocinesis

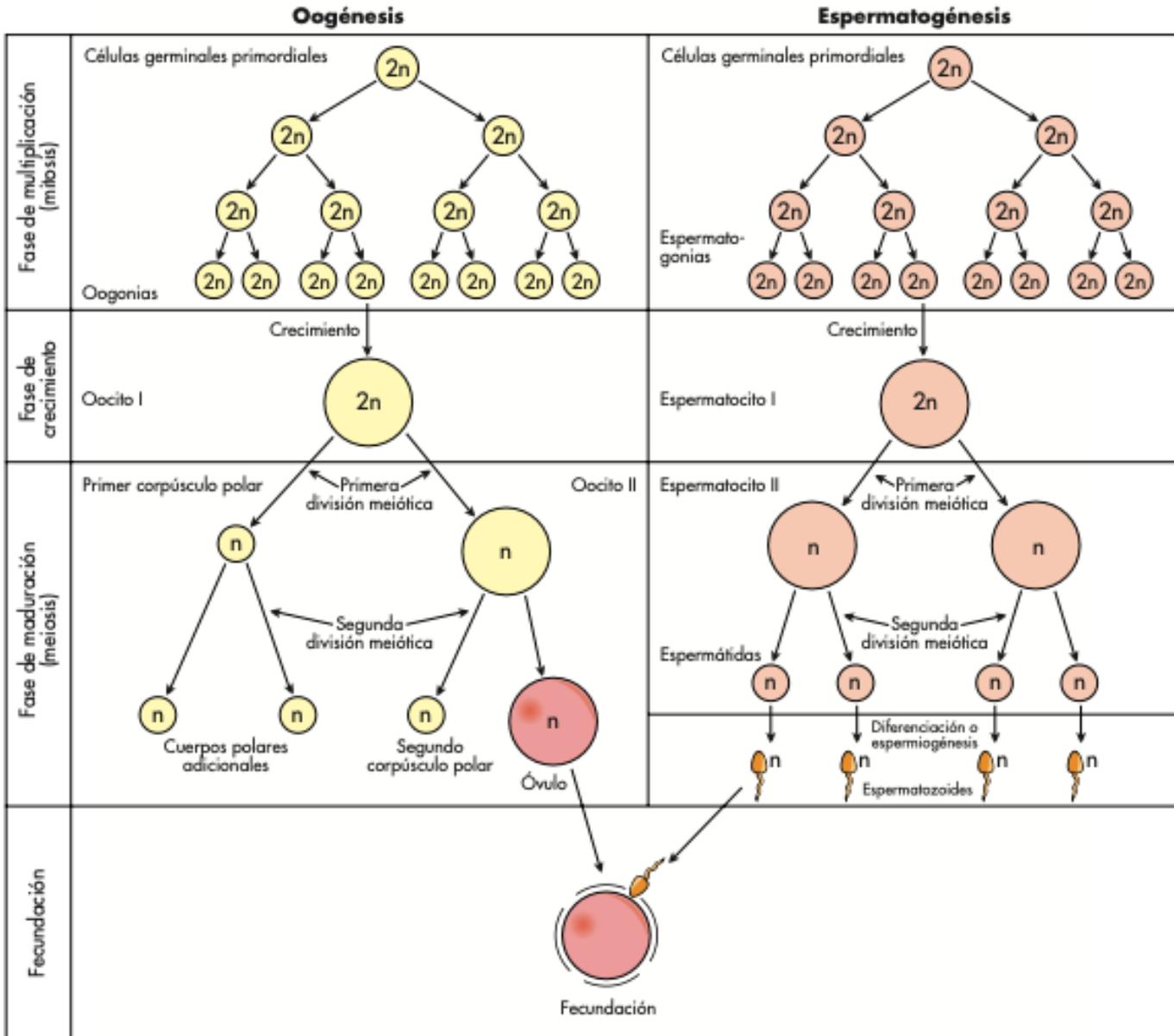
Citocinesis

- Crecimiento celular** (multiplicación de enzimas y orgánulos; ergo aumenta el tamaño celular)
- Fase S**
- Replicación del ADN** [cada cromatina (= molécula de ADN + histonas) se duplican]
- Duplicación centrosoma**
- Fase G₂**
- Preparativos división** (acopio de material y la cromatina empieza a condensarse)



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

ANEXO 4



ANEXO 5

Ciclo biológico sexual

individuo pluricelular desde que se 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 DIPLOIDE, al número de cromosomas que tiene el cigoto y se denota con $2n$. Hay 2 juegos 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

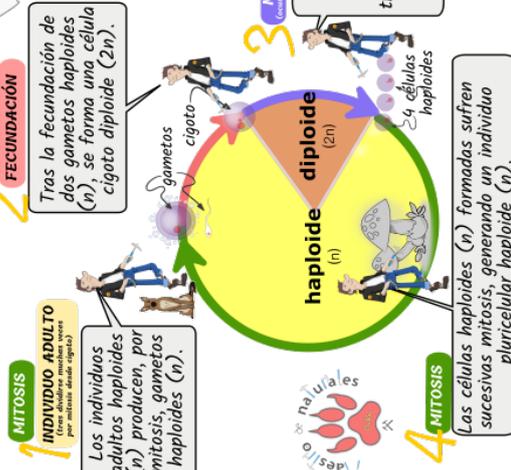
FASE HAPLOIDE, al número de cromosomas que tienen los gametos y se denota con n . Hay 1 juego de cromosomas en cada célula

José Manuel Huertas Suárez

La mayoría de hongos, algunos protoctistas y algunas algas

A Ciclo haplonte,

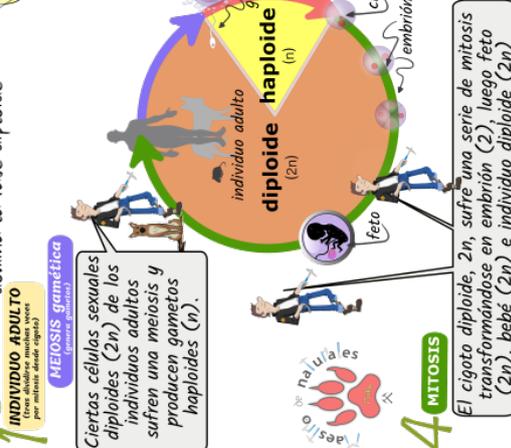
domina la fase haploide



José Manuel Huertas Suárez

B Ciclo diplonte,

domina la fase diploide



Los mamíferos y algunos protoctistas

C Ciclo diplo-haplonte

dominan ambas fases

