INSTITUTO NACIONAL
Departamento de Biología
Coordinación NM 2 – 2014

Nombre:_____

Curso:_____

Guía de Estudio
"Ciclo Celular"

- **Objetivo:** Describir en secuencia los estados y características del ciclo celular incluyendo la mitosis y la citocinesis.

CICLO CELULAR:

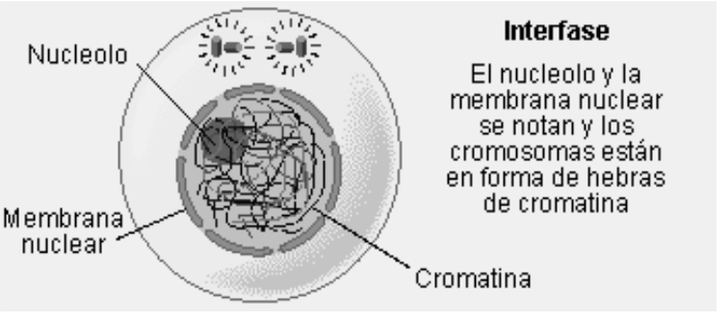
El estado en que se encuentra una célula está determinado por una secuencia periódica de crecimiento y división durante la vida de un organismo.
Estos procesos están representados en el ciclo celular en tres etapas fundamentales: la primera corresponde a **la interfase**, que es de preparación para su posterior división. Cuando se habla de preparación, se debe pensar que la célula requiere crecer para asegurar un volumen suficiente a las células hijas, copiar su material genético (proceso de replicación), ya que se necesitan dos copias para las nuevas células, y también multiplicar sus organelos.
La segunda etapa corresponde a **la mitosis**, que, como tal, permitirá la división del material genético previamente replicado. Finalmente, se darán las condiciones para la división completa de la célula, proceso citoplasmático llamado **citocinesis**, que no forma parte de la mitosis.
La mitosis y la citocinesis harán posible la formación de nuevas células idénticas a las originales. Gracias a esto, los organismos pluricelulares pueden crecer, desarrollarse, regenerar tejidos y, los unicelulares, reproducirse asexualmente.

En el caso humano, estamos hablando de una división de células diploides (2n) que darán origen a células diploides (2n)

ETAPAS:

INTERFASE: Es el período comprendido entre divisiones celulares. Es la fase más larga del ciclo celular, ocupando casi el 95% del ciclo, trascurre entre dos mitosis y consta a su vez de varias fases:

1- Fase o intervalo G1 (Gap 1): Es la primera fase del ciclo celular en el que existe crecimiento celular con síntesis de proteínas y de ARN. Es el período que trascurre entre el fin de una mitosis y el inicio de la síntesis de ADN. Tiene una duración de entre 6 y 12 horas y durante este tiempo, la célula dobla su tamaño y masa debido a la continua síntesis de todos sus componentes como resultado de la expresión de los genes que codifican las proteínas responsables de su fenotipo particular.



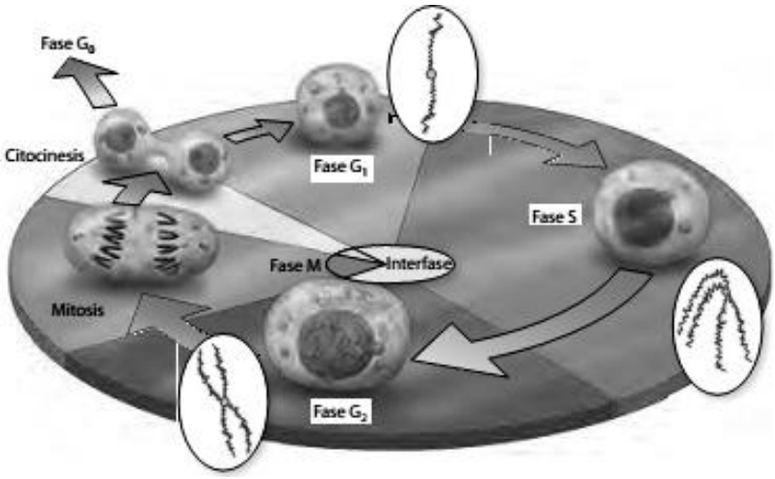
2- **Intervalo S o fase S**: Es la segunda fase del ciclo en la que se produce la replicación o síntesis del ADN, como resultado cada cromosoma se duplica y queda formado por dos cromátidas idénticas. Con la duplicación del ADN, el núcleo contiene el doble de proteínas nucleares y de ADN que al principio. Tiene una duración de unos 6-8 horas.

3-**Fase G2**: Es la segunda fase de crecimiento del ciclo celular en la que continúa la duplicación de proteínas y ARN. Al final de este período se observa al microscopio cambios en la estructura celular, y que indican el principio de la división celular. Tiene una duración entre 3 y 4 horas. Termina cuando los cromosomas empiezan a condensarse al inicio de la mitosis.

ACTIVIDAD:
1- Completa el siguiente cuadro, colocando los hechos más relevantes de las siguientes fases que involucran la interfase:

ETAPAS	CARACTERISTICAS	MATERIAL GENETICO	TIEMPO DURACIÓN
G1			
S			
G2			

2-Observa el siguiente esquema que representa el ciclo celular. En el la duración de cada etapa está representada por la longitud de las flechas. Luego, trabaja en las preguntas que se plantean a continuación



1- Escribe la cantidad de cromosomas y la cantidad de cADN que presenta una célula humana en cada una de las etapas del ciclo celular.

_____

_____

_____

_____

2- En cuanto a la duración de cada etapa ¿cuál es más larga, interfase o mitosis? Explica

_____

_____

3- ¿Varia la cantidad de cromosomas durante el ciclo celular? ¿Por qué?

_____

_____

4- ¿En qué etapas varia la cantidad de cADN? ¿Por qué sucede este hecho?

_____

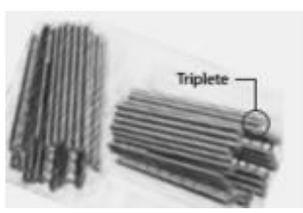
_____

MITOSIS : En biología, la MITOSIS (del griego *mitos*, hebra) es la división del núcleo celular y la correspondiente segregación cromosómica en dos núcleos hijos, que irá seguida, si se trata de una división celular, de la división del citoplasma o citocinesis.
Este proceso se da en células eucariotas (porque son las que tienen núcleo verdadero) y, dentro de éstas, en las células somáticas, que son las células comunes del cuerpo. En el caso de los gametos o células sexuales (óvulo y espermatozoide, en los humanos), el proceso que se sigue es distinto: la meiosis.
Es éste un proceso clave para la vida, dado que **asegura que las dos células resultantes de una división celular tengan un contenido genético idéntico**. Si el ciclo completo durara 24 horas, la fase M supondría solamente una hora.
Esta se divide en: **profase**, **metafase**, **anafase**, **telofase**; y la **citocinesis**, que se inicia ya en la telofase mitótica.

CONTESTA:
1-¿Qué es la mitosis?
2-¿En qué células ocurre la mitosis?
3-¿Por qué es importante la mitosis?
4-¿Cómo se llaman las etapas de la mitosis?
5-¿Qué ocurre en la célula a finalizar la mitosis?

Aparato mitótico: microtúbulos

En el proceso de división celular mitótico es fundamental la participación de **microtúbulos**, estructuras proteicas del citoesqueleto que dirigirán los movimientos propios de los cromosomas, lo que permite la separación de las cromátidas y la migración del material genético a cada polo celular.



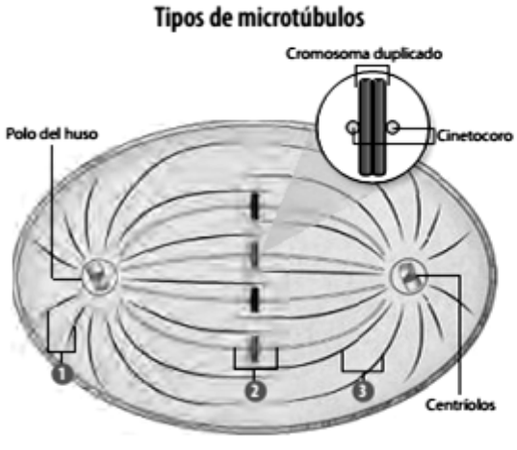
- **Centríolos**

  Los centríolos son estructuras compuestas por nueve tripletes de microtúbulos acomodados en forma circular que se originan de los centros organizadores o centrosoma. Cuando la célula se va a dividir, este centro organizador también se divide y genera dos pares de centríolos, cada uno de los cuales migra a los polos de la célula. En las células vegetales no hay centríolos, pero sí se forman microtúbulos.

- **Huso**

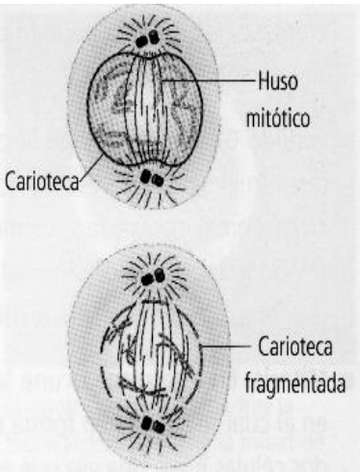
  Es el conjunto de microtúbulos que nacen de los centríolos. Hay tres tipos: los astrales ❶, que corresponden a extensiones cortas y radiales; los cinetocóricos ❷, que se extienden del polo a los cromosomas, específicamente a sus cinetocoros, y los polares ❸, que se extienden de polo a polo.

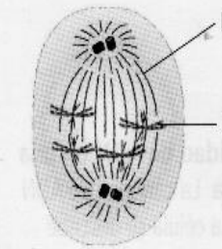
Tipos de microtúbulos



Profase. En esta etapa, la cromatina ubicada en el núcleo comienza a condensarse adquiriendo un aspecto de largos y delgados filamentos, visibles al microscopio óptico. Los cromosomas se comienzan a acercar a la envoltura nuclear o carioteca, la que empieza a desaparecer. El nucléolo se desorganiza y desaparece.

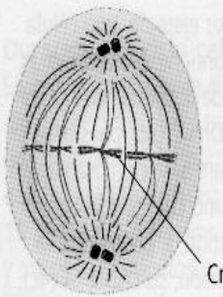
En el citoplasma, los centríolos migran hacia los polos y a su alrededor comienzan a aparecer unos filamentos tubulares de naturaleza proteica (microtúbulos) que forman el **huso mitótico**.



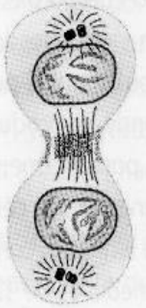


Metafase. La principal característica de esta etapa es la completa desaparición de la carioteca, por lo que los cromosomas, que han alcanzado su grado máximo de condensación, quedan en contacto directo con el citoplasma donde comienzan a migrar para ubicarse en el plano ecuatorial de la célula con sus cinetocoros orientados hacia los polos.

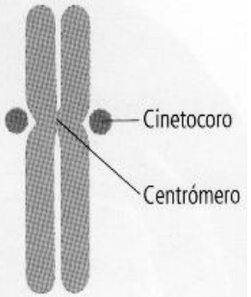
Las fibras del huso mitótico se unen fuertemente a los cinetocoros de los cromosomas.



Anafase. Esta etapa está caracterizada por la migración de los cromosomas hacia los polos de la célula. Los centrómeros, que mantienen unidas a las cromátidas, se dividen, quedando cada cromosoma constituido por una sola cromátida. Las fibras del huso mitótico comienzan a acortarse arrastrando los cromosomas hacia los polos de la célula. A esta separación de las cromátidas hermanas se le denomina **segregación**.



Telofase. Los cromosomas, constituidos ahora por solo una cromátida, migran completamente hacia los polos de la célula y comienzan a volverse menos densos y compactos, es decir, comienzan a descondensarse. En cada polo de la célula y en torno a los cromosomas comienza a reorganizarse la envoltura nuclear para originar nuevos núcleos; el huso mitótico comienza a desaparecer y los nucléolos se reorganizan en el interior de cada núcleo.

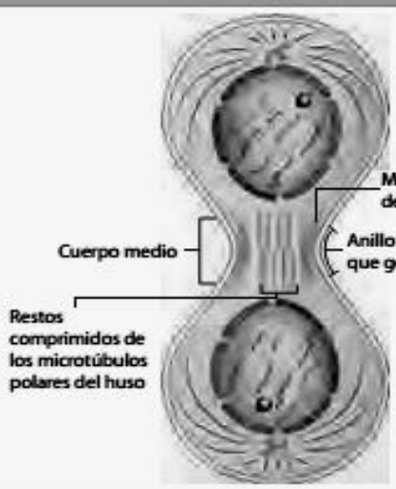


Cinetocoros Son formaciones proteicas en forma de discos dispuestos en la región centromérica del cromosoma. Los cromosomas se unen a las fibras o microtúbulos del huso solo por esta zona.

CITOCINESIS O CITODIERESIS: DIVISIÓN CITOPLASMA

Luego de la división del material genético a partir de la separación de las cromátidas hermanas, es necesaria la división de la célula, tanto del citoplasma como del límite celular (membrana y/o pared celular), para la obtención de dos células independientes que entrarán a la etapa G1 de la interfase.

La presencia de pared celular en organismos como los vegetales y la rigidez de su estructura diferencian el proceso de división citoplasmática respecto de las células animales, que solo poseen membrana. A continuación se presenta un recuadro donde se explica el proceso de citocinesis o citodiéresis para ambos tipos celulares

Célula eucarionte animal	Célula eucarionte vegetal
	
Como mencionamos anteriormente, las células animales presentan como límite solo la membrana plasmática. Durante la citocinesis (muchas veces ya durante la telofase), unos microfilamentos que se encuentran fijos a la membrana y restos de microtúbulos polares se ubican en la zona media de la célula en división, en forma de anillo, y comienzan a contraerse y a constreñir o estrangular el ecuador celular. Al principio aparecen pequeños surcos en la superficie, que luego se profundizan hasta que la célula se divide por completo.	Las células vegetales, a diferencia de las células animales, presentan dos límites: la membrana plasmática y la pared celular que la recubre. Cuando la célula está en anafase, se forma en la línea media una estructura denominada **fragmoplasto**, compuesta por microtúbulos y vesículas derivadas del aparato de Golgi. Ya en citocinesis, la cantidad de vesículas formadas permite que se fusionen y formen la **placa celular**, que está rodeada de membrana plasmática y deja un espacio de separación entre las células resultantes. Luego, cada célula va adicionando polisacáridos que constituirán la nueva pared celular.

ACTIVIDAD:

1-Sacando cuentas: si una célula posee 10 fibras de ADN durante el inicio de G1. Con esta información, completa el siguiente cuadro:

Nº de fibras de cromatina en	G1	
	S	
	G2	
Nº de cromosomas en	Profase	
	Metafase	
Nº de cromátidas en	Metafase	
	Anafase	
	Telofase	
Nº de fibras de cromatina en	G1 de cada célula hija	
	Go (reposo proliferativo)	

2-Verdadero o falso. Justifique las falsas.

1-_____El Ciclo celular se divide en tres etapas principales G0, Mitosis, Interfase.

……..

2-_____La Mitosis afecta especialmente al núcleo celular.

……..

3-_____En al Anafase las cromátidas hermanas se separan y se desplazan hacia los polos.

……

4-_____La mitosis de células vegetales y animales son idénticas

……

5-_____ La etapa S es donde se produce la duplicación del ADN.

……

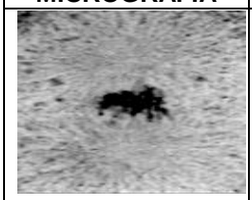
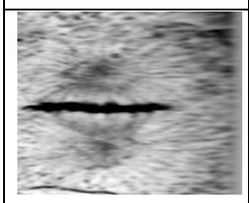
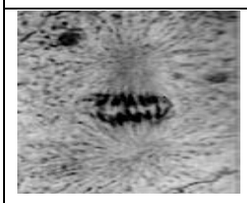
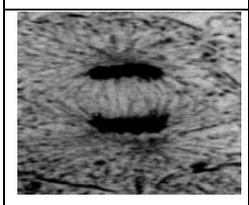
6-_____La etapa G0 la presentan todas las células de nuestro organismo.

……

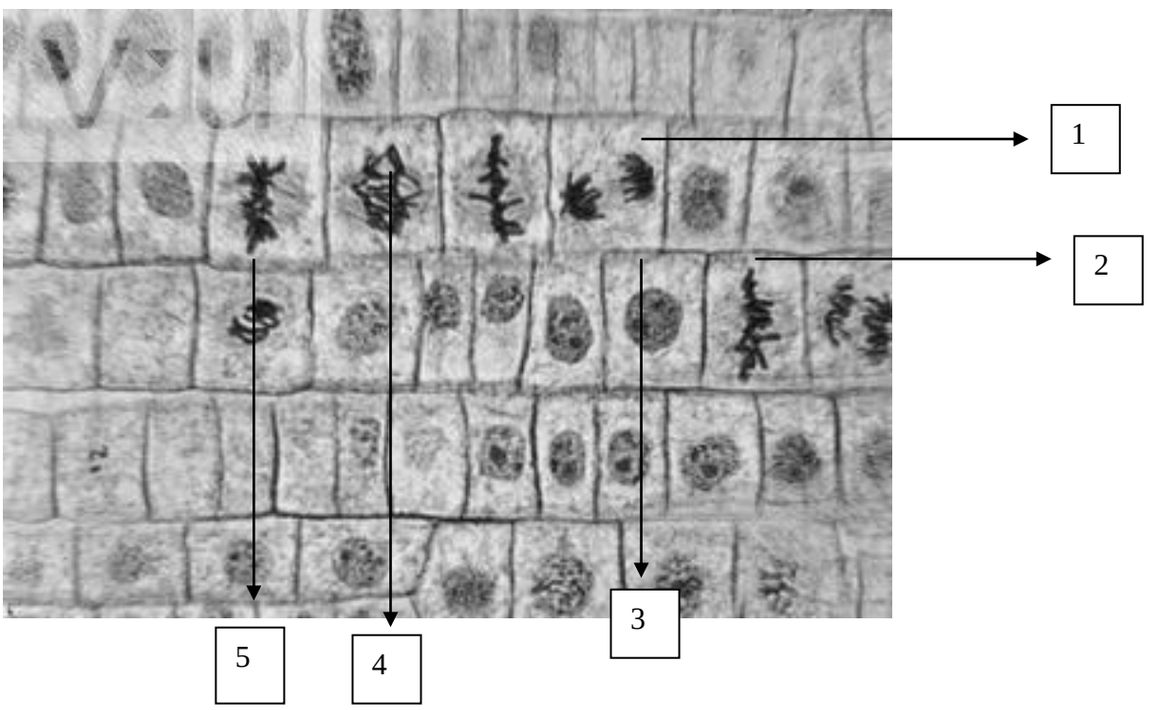
7- _____En la citodieresis se produce la migración de los cromosomas a los polos

……

3- Completa el siguiente cuadro:

MICROGRAFIA	ETAPA	ESQUEMA	CARACTERISTICAS
			
			
			
			

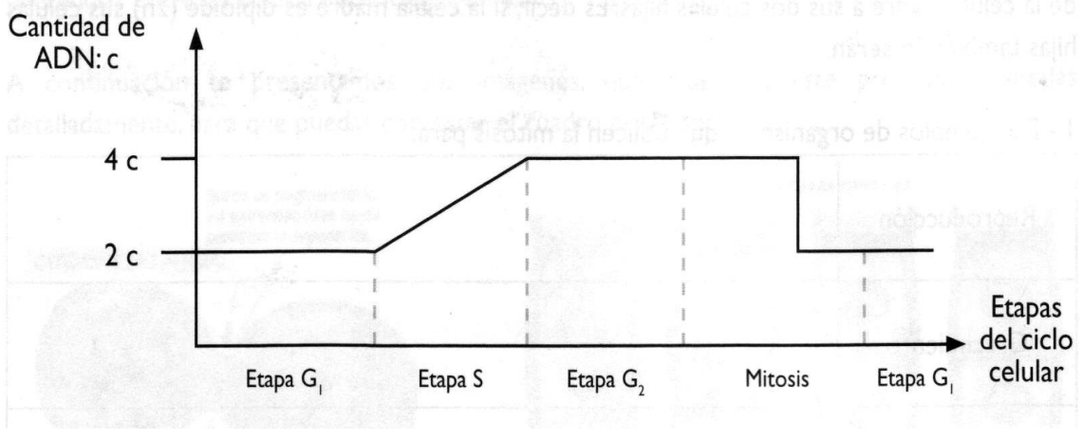
4- **ANALIZAR:** Las siguiente **fotografía** corresponde a células en división
a) Indique el nombre a cada etapa señalizada



b) Señale el orden correcto de las etapas señalizadas
R:_____

c) Una de las características más importantes de la mitosis es la capacidad de mantener la cantidad de material genético en sus células hijas. Los perros tienen 78 cromosomas en sus celulares somáticas; si las células de su piel se dividen por mitosis ¿Con cuántos cromosomas quedarían las células resultantes?
R:_____

OBSERVA el siguiente grafico y responde



1- ¿Qué representa el grafico?

_____

2-¿Qué sucede a través de las etapas con el ADN?

_____

_____

3-¿Qué sucede al terminar la etapa mitosis?

_____

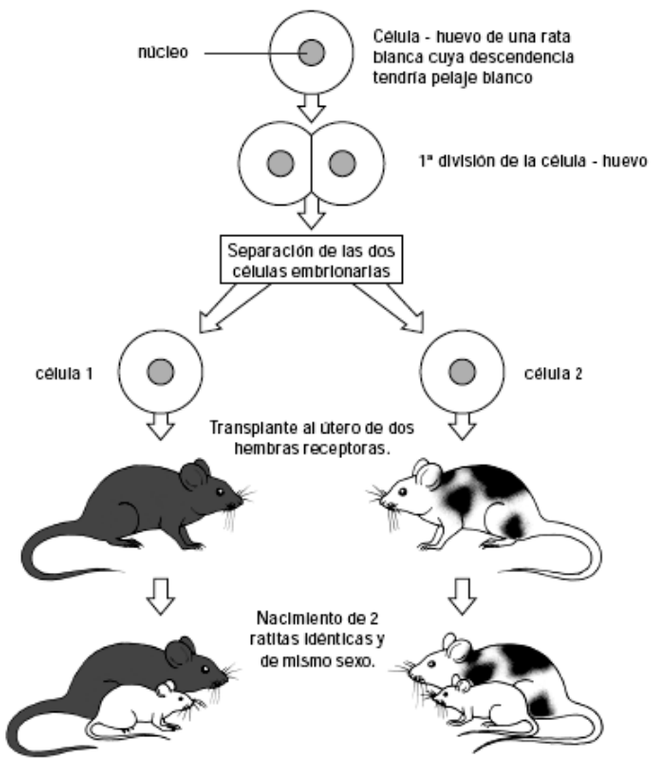
_____

6- LABORATORIO DE ANALISIS:

Antecedentes:

En la fecundación, cuando un ovulo femenino y un espermatozoide masculino se unen, ambos padres aportan información genética para el origen del nuevo individuo. Una vez que se forman el huevo fecundado, comienza la proliferación celular, que consiste en sucesivas **divisiones celulares**. De esta manera, a partir de una única célula se originan la millones y millones de células hijas que forman parte del organismo adulto.
La célula huevo debe mantener su información genética, pero a la vez, también debe transmitirla a sus células hijas, de manera que todas las células del individuo adulto contengan la misma información genética.

Experimento:



1- ¿Por qué las ratas hijas que se gestaron en ambas madres fueron blancas?
R:_____

_____

2- ¿Crees que el color del pelaje en las ratas es controlado por genes? ¿Por qué?
R:_____
_____

3- ¿Qué fenotipo tendrían las ratas hijas si se hubiera usado células embrionarias de ratas negras?
R:_____
_____

4- Según este experimento, ¿qué sucede con la información genética durante la proliferación celular?
R:_____
_____

5- El experimento de **Gurdon** ¿respalda las conclusiones de este experimento? ¿Por qué?
R:_____
_____
_____

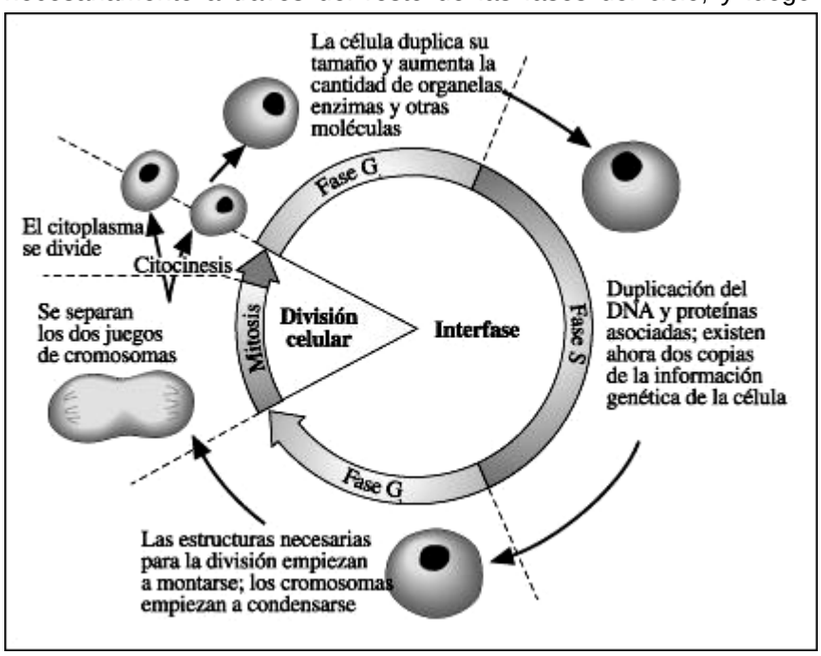
Control del Ciclo celular

El ciclo celular consiste en tres fases: interfase, mitosis, y citocinesis. Antes de que una célula eucariótica pueda comenzar la mitosis y dividirse efectivamente, debe duplicar su DNA, sintetizar histonas y otras proteínas asociadas con el DNA de los cromosomas, producir una reserva adecuada de organelos para las dos células hijas y ensamblar las estructuras necesarias para que se lleven a cabo la mitosis y la citocinesis. Estos procesos preparatorios ocurren durante la interfase, en la cual, a su vez, se distinguen tres etapas: las fases G1, S y G2.

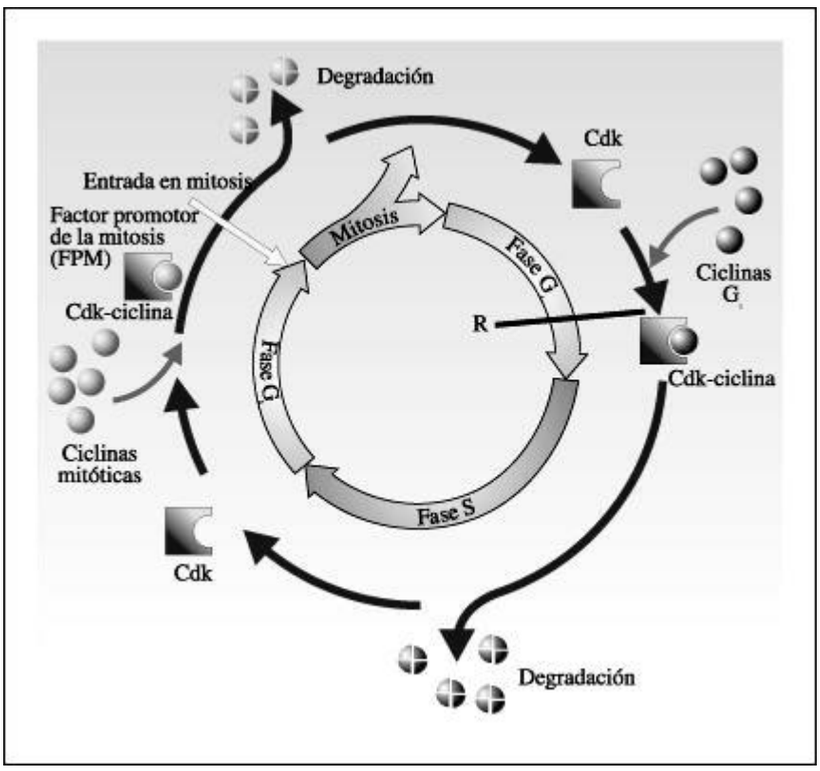
En la fase G1, las moléculas y estructuras citoplasmáticas aumentan en número; en la fase S, los cromosomas se duplican; y en la fase G2, comienza la condensación de los cromosomas y el ensamblado de las estructuras especiales requeridas para la mitosis y la citocinesis. Durante la mitosis, los cromosomas duplicados son distribuidos entre los dos núcleos hijos, y en la citocinesis, el citoplasma se divide, separando a la célula materna en dos células hijas.

El ciclo celular está finamente regulado. Esta regulación ocurre en distintos momentos y puede involucrar la interacción de diversos factores, entre ellos, la falta de nutrimentos y los cambios en temperatura o en pH, pueden hacer que las células detengan su crecimiento y su división. En los organismos multicelulares, además, el contacto con células contiguas puede tener el mismo efecto.

En cierto momento del ciclo celular, la célula “decide” si va a dividirse o no. Cuando las células normales cesan su crecimiento por diversos factores, se detienen en un punto tardío de la fase G1, –el punto R ("restricción"), primer punto de control del ciclo celular–. En algunos casos, antes de alcanzar el punto R, las células pasan de la fase G1 a un estado especial de reposo, llamado G0, en el cual pueden permanecer durante días, semanas o años. Una vez que las células sobrepasan el punto R, siguen necesariamente a través del resto de las fases del ciclo, y luego se dividen. La fase G1 se completa rápidamente y, en la fase S, comienza la síntesis de DNA y de histonas. Existe otro mecanismo de control durante el proceso mismo de duplicación del material genético, en la fase S, que asegura que la duplicación ocurra sólo una vez por ciclo. Luego, la célula entra en la fase G2 del ciclo. En G2, existe un segundo punto de control en el cual la célula “evalúa” si está preparada para entrar en mitosis. Este control actúa como un mecanismo de seguridad que garantiza que solamente entren en mitosis aquellas células que hayan completado la duplicación de su material genético. El pasaje de la célula a través del punto R depende de la integración del conjunto de señales externas e internas que recibe. El sistema de control del ciclo celular está basado en dos proteínas clave, las ciclinas y las proteínas quinasas dependientes de ciclinas (Cdk), que responden a esta integración de señales.



El ciclo celular. La división celular, constituida por la mitosis (división del núcleo) y la citocinesis (división del citoplasma), ocurre después de completarse las tres fases preparatorias que constituyen la interfase.



Durante la fase S (de síntesis) se duplica el material cromosómico. Entre la división celular y la fase S hay dos fases G (del inglés gap, intervalo). La primera de ellas (G1) es un período de crecimiento general y duplicación de las organelas citoplasmáticas. Durante la segunda (G2), comienzan a ensamblarse las estructuras directamente asociadas con la mitosis y la citocinesis. Después de la fase G2 ocurre la mitosis, que usualmente es seguida de inmediato por la citocinesis. En las células de diferentes especies o de diferentes tejidos dentro del mismo organismo, las diferentes fases ocupan distintas proporciones del ciclo celular completo.

Las proteínas quinasas (Cdk) se asocian con distintas ciclinas en las diferentes etapas del ciclo celular, formando el complejo Cdk-ciclina. La activación de este complejo dispara procesos que conducen a la célula a través de las distintas fases del ciclo. La degradación de las ciclinas inactiva el complejo.

El número de veces que una célula se ha dividido anteriormente también influye en la división celular. Cuanto mayor edad tiene el organismo de donde se toman las células, menor será el número de veces que las células se dividan en cultivo. A este fenómeno se lo denomina senescencia o envejecimiento celular. Esta restricción en el número de divisiones se correlaciona con el acortamiento progresivo de los extremos de los cromosoas –los telómeros– a lo largo de los sucesivos ciclos celulares. Esto no ocurre en ciertos tipos celulares, como en las células germinales o en algunas células de la sangre. En estas células, se encuentra activa una enzima llamada telomerasa, que agrega continuamente DNA a los extremos de los cromosomas, evitando su acortamiento. Esta enzima también se encuentra activa en células cancerosas.

ACTIVIDAD: Lee el siguiente documento acerca de las causas y consecuencias de una mitosis mal regulada.

Origen del cáncer:

La carcinogénesis o aparición de un cáncer es el resultado de dos procesos sucesivos: el **aumento descontrolado de la proliferación** de un grupo de células que da lugar a un tumor, y la posterior **adquisición por estas células de capacidad invasiva**, que les permite diseminarse desde su sitio natural en el organismo y colonizar y proliferar en otros tejidos u órganos, proceso conocido como **metástasis**.

Si sólo tiene lugar un aumento del crecimiento de un grupo de células en el lugar donde normalmente se hallan, se habla de un **tumor benigno**, que generalmente es eliminable completamente por cirugía. Por el contrario, cuando las células de un tumor son capaces de invadir los tejidos circundantes o distantes, tras penetrar en el torrente circulatorio sanguíneo o linfático, y formar metástasis se habla de **un tumor maligno o cáncer**.

Las metástasis son las responsables de la gran mayoría de los tratamientos fallidos y, por tanto, de las muertes por cáncer.

1- La primera fase de un tumor es la **alteración** de la capacidad de proliferación de una célula como resultado de una mutación en uno de los genes que la controlan. Es la iniciación, y al agente que la causa se le llama iniciador. Esta célula "iniciada" crece con una velocidad ligeramente superior a las normales, y puede pasar inadvertida durante un período muy largo.

Los **carcinógenos** actúan modificando los genes implicados en el control de la proliferación celular, de modo que su papel es colaborar con la mutación iniciadora, y sólo causan cáncer cuando actúan de modo repetido tras el carcinógeno iniciador.

2- Es la segunda fase, **promoción**, durante la cual el agente promotor estimula el crecimiento de las escasas células iniciadas que con una sola mutación tenían ligeramente alterado su crecimiento. Este aumento de células con una mutación favorece la posibilidad de que alguna de ellas acumule una nueva mutación que la haga crecer aún más deprisa, ya que la división celular aumenta el riesgo de adquirir mutaciones.

La reducida probabilidad de mutaciones espontáneas hace que la duración de esta fase en que el tumor no es aún visible sea muy larga, puesto que se necesitan millones de células con una mutación para que alguna desarrolle un segundo cambio genético. Ello se deduce claramente del retraso en 5 a 20 años.

3- La tercera fase es la **progresión tumoral** o adquisición de nuevas (tercera, cuarta...) alteraciones genéticas que provocan un aumento de la malignidad, con adquisición de capacidad invasiva y metastásica.

El cáncer es la consecuencia de mutaciones que producen la expresión anormal de un número reducido de nuestros genes: los oncogenes, los genes supresores de tumores y los genes de reparación del ADN.

Los **oncogenes** son, en realidad, formas mutadas de genes normales (los proto-oncogenes). Es al mutar éstos, y originar proteínas con función alterada que estimulan el crecimiento o la invasividad celular, cuando se convierten en oncogenes.
Se dice que los oncogenes son las formas "activadas" de los proto-oncogenes, consecuencia de mutaciones que causan una "ganancia de función", es decir, un efecto biológico distinto del que tienen los proto-oncogenes. Así, el término **proto-oncogenes** debiera reservarse a los genes normales, y el de oncogenes a las formas mutadas de los mismos.
Un segundo grupo lo constituyen los llamados **genes supresores de tumores o antioncogenes**, cuya función normal es controlar el ciclo de división celular, evitando el crecimiento excesivo, o el mantenimiento de las características que especifican la localización de las células en un lugar determinado.
Estos genes inducen la aparición de cánceres cuando al mutar dejan de expresarse (por deleción) o producen una proteína no funcional. El antioncogen mejor estudiado se llama P53.

Agentes ambientales que pueden provocar mutaciones

Agentes físico-químicos	Tipos de cáncer	Exposición general de la población	Ejemplos de trabajadores frecuentemente expuestos o fuentes de exposición
Arsénico	Pulmón y piel	Raro	Insecticidas y herbicidas en aerosoles. tinturas; trabajadores de refinerías de petróleo.
Asbesto	Mesotelio	Poco común	Plantas de frenos, astilleros; trabajadores de demoliciones y de aislación.
Benceno	Leucemia mielógena	Común	Pintores. destiladores y trabajadores de petroquímicas, usuarios de pinturas, barnizadores. trabajadores en gomas.
Gases de petróleo	Pulmones	Común	Trabajadores de buses y ferrocarriles, operadores de camiones y mineros.
Formaldehído	Cáncer de la nariz y nasofaringe	Raro	Trabajadores de hospital y laboratorios.
Fibras minerales manipuladas por humanos	Pulmones	Poco común	Aislamientos de paredes y tuberías. protecciones de tuberías.
Tinturas para el pelo	Vejiga	Poco común	Peluqueros y peluqueras (existe una inadecuada evidencia para los clientes).
Radiaciones ionizantes	Médula de los huesos y varios otros	Común	Materiales nucleares. productos y procedimientos medicinales.
Aceites minerales	Piel	Común	Maquinación de metales.
Pesticidas no arsenicales	Pulmones	Común	Fumigaciones, trabajos agrícolas.
Materiales para pinturas	Pulmones	Poco común	Pintores profesionales.
Difenilos policlorados	Hígado y piel	Poco común	Líquidos destinados a la transferencia de calor, fluidos hidráulicos y lubricantes, tintas, adhesivos e insecticidas.
Radón (partículas alfa)	Pulmones	Poco común	Minas y estructuras subterráneas.
Hollín	Piel	Poco común	Limpiadores de chimeneas. obreros de la construcción. aisladores. bomberos, trabajadores que dan servicio a las unidades de calefación.

Según el documento y tus propias ideas:

a) ¿Cómo se activan las células cancerígenas?
R:_____
_____
_____

b) ¿Cuándo un cáncer se transforma en cáncer maligno?
R:_____
_____

c) ¿Cuál es la diferencia entre un protooncogén, un oncogén y un antioncogén?
R:_____
_____
_____

d) ¿Según tú, cuáles serían las causas más comunes de cáncer?
R:_____
_____

e) ¿Cuáles son las etapas del cáncer? ¿Qué sucede en cada una de ellas?
R:_____
_____
_____
_____
_____

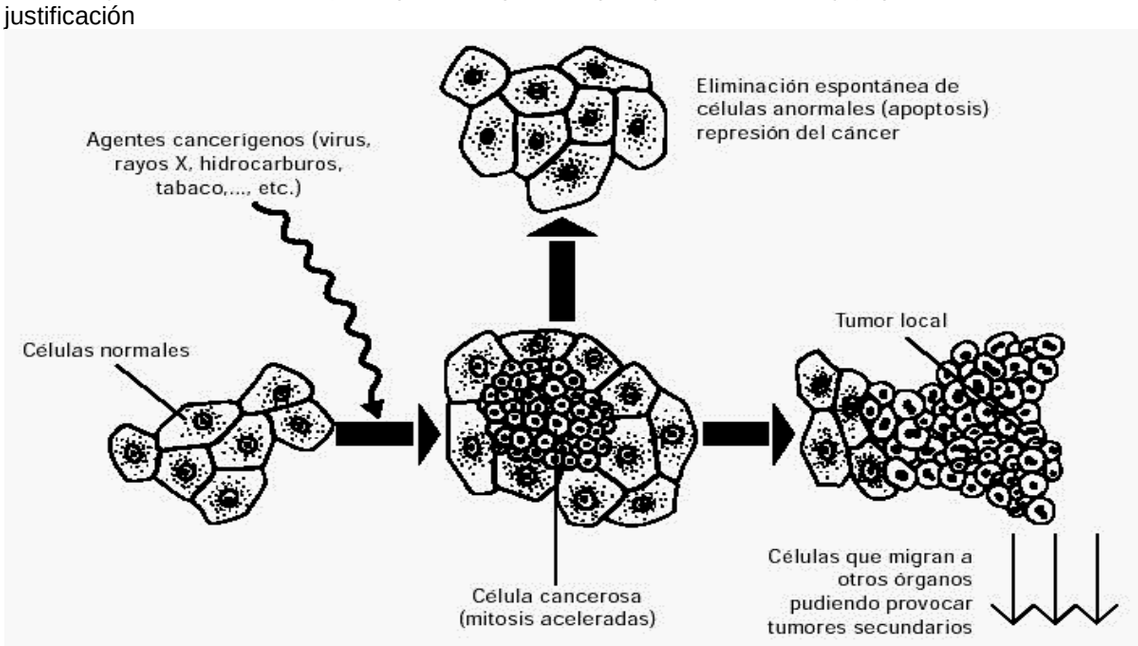
f) Entonces ¿Qué es el cáncer?
R:_____
_____
_____

g) ¿Cómo crees que ha cambiado la visión social y cultural que se tiene acerca del cáncer?
R:_____
_____
_____

h) ¿Qué es lo que más te llamo la atención del texto?
R:_____
_____
_____

i) ¿Lo aprendido en esta unidad te ha ayudado a comprender mejor el texto leído? ¿Por qué?
R:_____
_____
_____

ACTIVIDAD: La figura muestra de qué manera se producen las alteraciones en la mitosis celular. Analízala con atención y **marca con una X**, la explicación posible que aparece más abajo, aportando una adecuada justificación

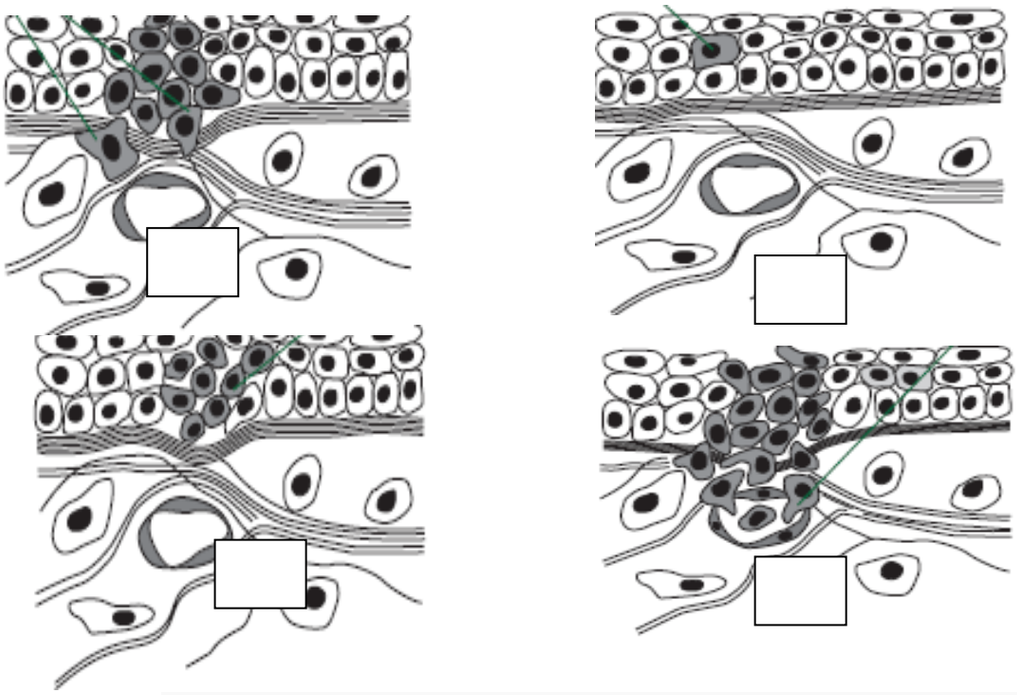


La **causa más probable de la anormalidad señalada en la figura** sería que:

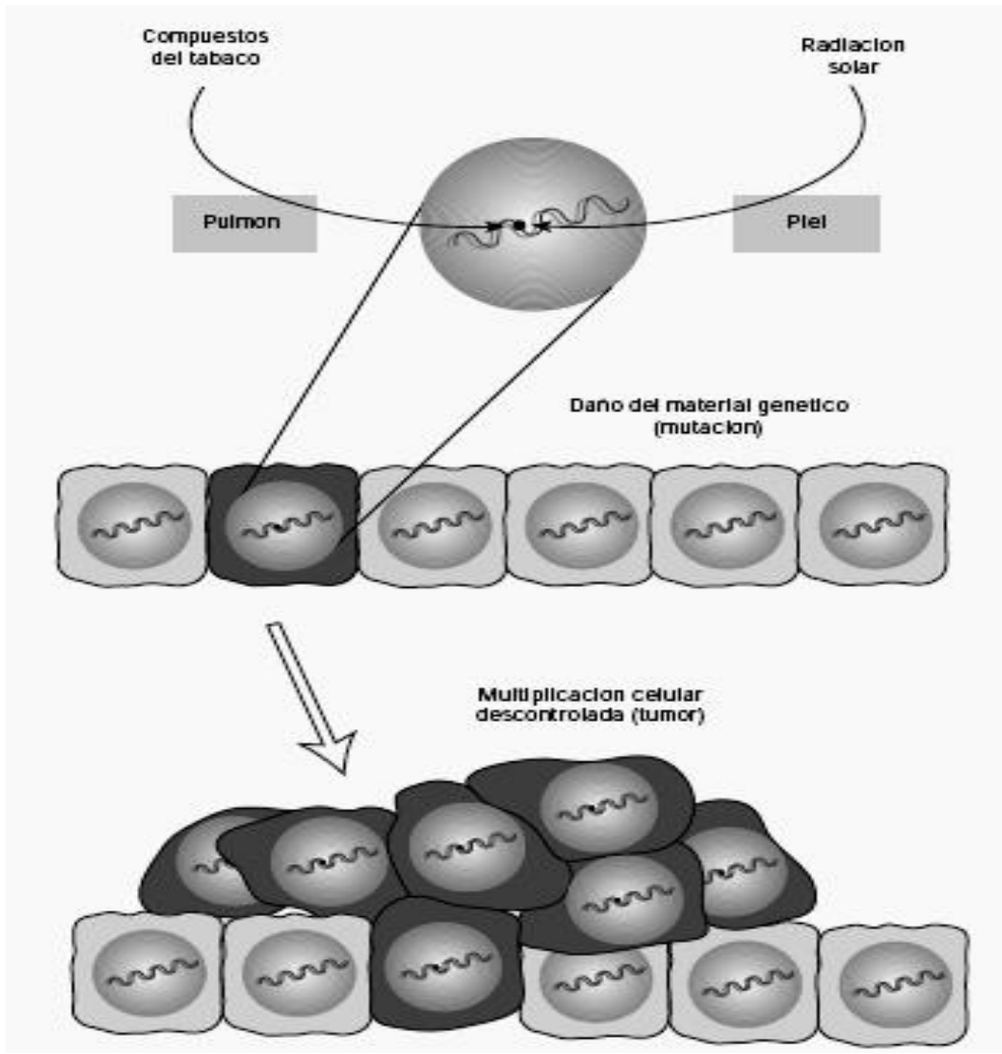
a) Las células normales, afectadas por agentes cancerígenos se saltan la etapa S de interfase y se dividen desordenadamente
b) Las células normales, afectadas por agentes cancerígenos, comienzan una etapa M (de mitosis) permanente, lo que genera varias células hijas de una misma célula madre
c) Las células normales, afectadas por agentes cancerígenos, acortan G1, realizando S y G2 de manera normal, lo que genera mitosis más seguidas y un tejido atrofiado

d) Las células normales, afectadas por agentes cancerígenos, tras realizar mitosis, pierden parte del material citoplasmático, lo que produce tejidos atrofiados.

ACTIVIDAD 4: Ordene cronológicamente las etapas del cáncer, colocando en el cuadrado el número de la etapa correspondiente:



ACTIVIDAD 5:



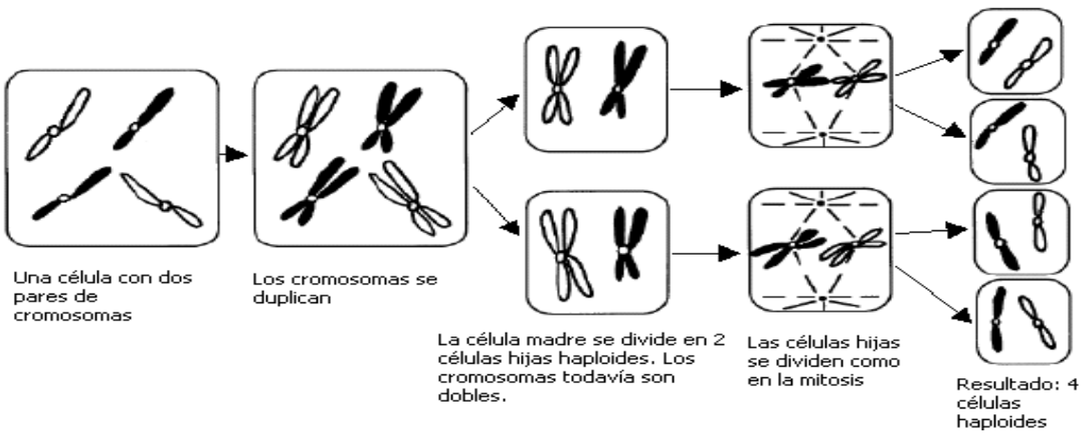
a) Explique la imagen:
R:_____
_____
_____
_____
_____
_____

b) Indique los agentes cancerígenos presentes
R:_____
_____
_____
_____
_____
_____

c) ¿Como podrías prevenir esta situación?
R:_____
_____
_____
_____
_____
_____

La Meiosis

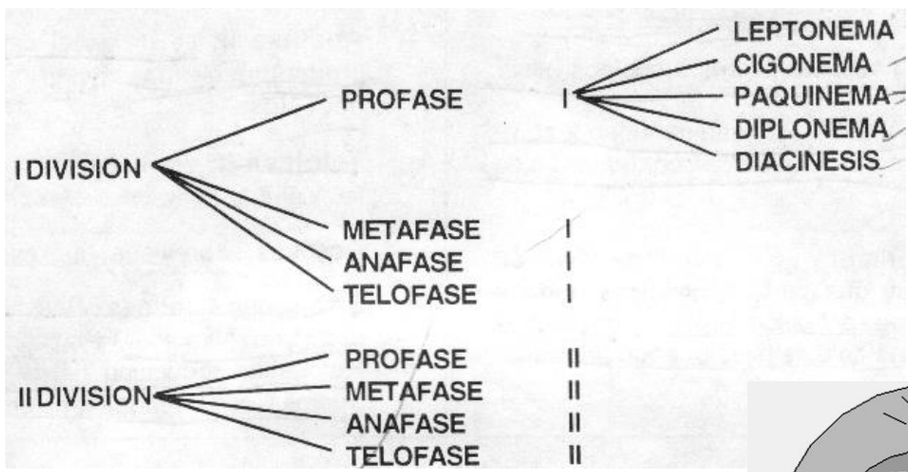
A continuación se presenta otra forma de división celular, **la meiosis**, que permite la formación de células con la mitad de la información genética de la célula que se divide. A partir de una célula diploide se **obtienen cuatro células haploides**, gracias a **dos divisiones sucesivas** (meiosis I y meiosis II) con una sola duplicación de material genético.

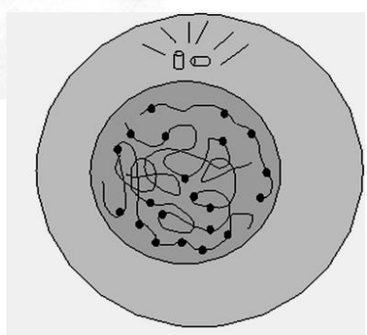


Es el proceso por el cual las células se dividen para producir **gametos**. Los gametos poseen solo la mitad del material genético contenido originalmente en la célula de origen.

Los **errores en la meiosis son responsables de las principales anomalías <u>cromosómicas</u>.** La meiosis consigue mantener constante el número de cromosomas de las células de la especie para mantener la información genética.

El proceso de la meiosis **tiene una duración variable**, pero es mucho más largo que la mitosis, suele durar varios días y a veces dura semanas o incluso años. A lo largo del mismo tienen lugar dos divisiones sucesivas, cada una de ellas similar a una mitosis, por lo que, para su estudio, se divide en las siguientes fases:

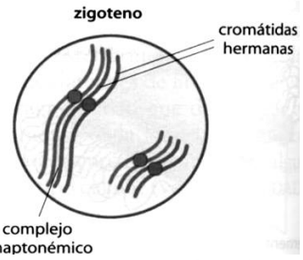




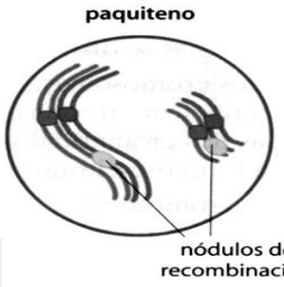
1° DIVISIÓN: Reduccional

PROFASE I: Es la etapa más larga de la meiosis, y se subdivide en 5 etapas

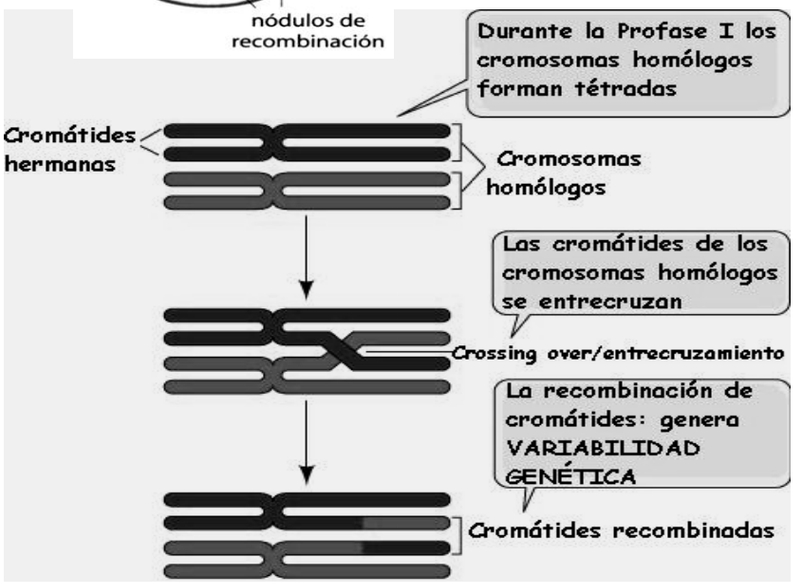
a) **Leptoteno:** los cromosomas se presentan laxos, se ven como largos filamentos, con estructuras esféricas dispuestas regularmente a lo largo de todos los cromosomas que se denominan **cromómeros,** lo que corresponde a empaquetamientos de la fibra de la cromatina.



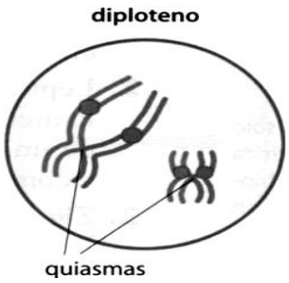
b) Zigoteno: Los cromosomas se acortan y engruesan. Se encuentran los homólogos y se reconocen por correspondencia de sus cromómeros. Los telómeros de los cromosomas permanecen asociados a la carioteca.



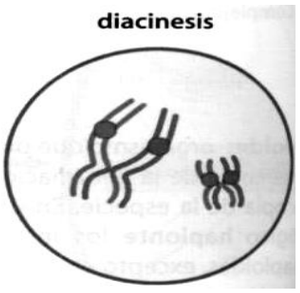
c) Paquiteno: Los cromosomas homólogos se aparean a todo lo largo, formándose el **complejo sinaptonemico**, la unión de ambos homólogos se denomina sinapsis. La figura que forman los dos cromosomas homólogos apareados se denomina BIVALENTE o TETRADA y está constituida por 4 cromátidas (2 de cada cromosoma). Durante esta etapa se produce el intercambio entre cromosomas homólogos, conocido como **crossig-over**



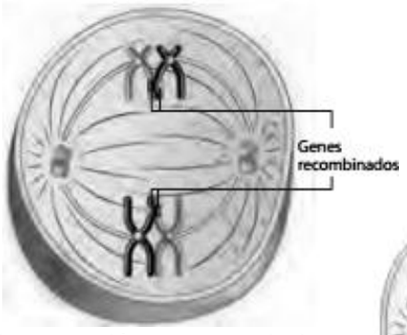
d) Diploteno: Los cromosomas están más condensados y comienzan a separarse los homólogos, pero permanecen unidos en los lugares donde hubo recombinación; a esta figura se le llama QUIASMA. El quiasma corresponde a la evidencia citológica de que ocurrió el crossing-over (proceso a nivel molecular). Los centriolos comienzan a migrar hacia los polos.



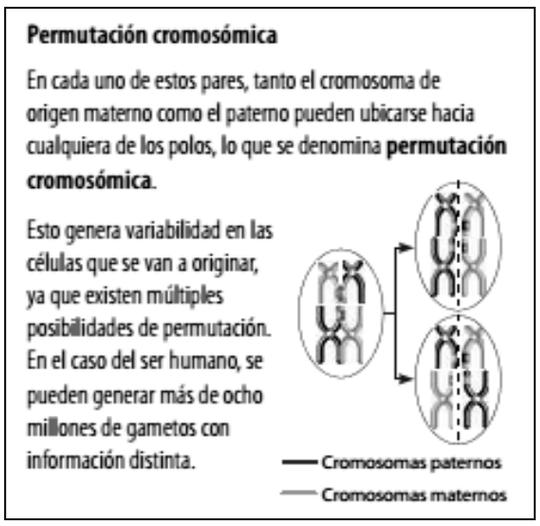
e) Diacinesis: Los cromosomas se condensan al máximo y los quiasmas se hacen terminales manteniendo unidos a los homólogos. Desaparece la carioteca, los centriolos llegan a los polos, aparece el áster y comienza a formarse el huso meiótico.



METAFASE I: Se forma el huso a lo largo de la célula y los bivalentes se ubican en el plano ecuatorial. El huso comienza a tirar lo CROMOSOMAS hacia los polos y estos se separan entre sí.

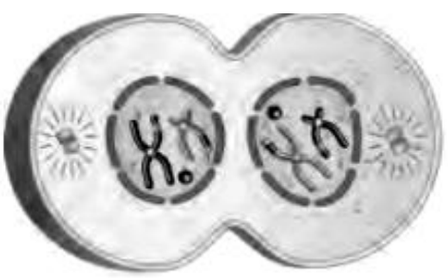


ANAFASE I: Los cromosomas homólogos migran a los polos (uno a cada polo) TOTALMENTE AL AZAR (segregación), por lo tanto, el número de combinaciones posibles dependerá del número cromosómico de la célula (permutación cromosomica).



TELOFASE I: Se organizan núcleos hijos. Se produce citodieresis originándose dos células hijas con “n” cromosomas contenido 2c de ADN.

Entre la primera y al seguda división meiotica hay una corta intercinesis, **sin un periodo S,** y en lagunos casos las dos hijas pueden permanecer unidas.



2° DIVISIÓN: Ecuacional.

PROFASE II: Es similar a la profase mitótica, desaparece la carioteca, los centriolos migran a los polos y se comienza a formar el huso meiótico.

MEAFASE II: Los cromosomas se ubican en el ecuador y están en su máxima condensación

ANAFASE II: Se divide el centrómero y cada CROMATIDA HERMANA migra hacia los polos opuestos.

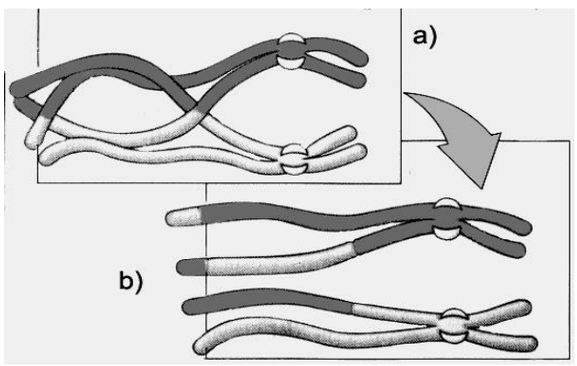
TELOFASE II: Se reconstituyen los núcleos de las células hijas. Después sobreviene la citodieresis. Se originan 4 células hijas con "n" cromosomas cada una (haploides) y un contenido de "c" de ADN**. Ha habido reducción del material hereditario además de recombinación de este.**

ACTIVIDAD:

1-Compara mitosis y meiosis, según los criterios que se mencionan en el siguiente cuadro:

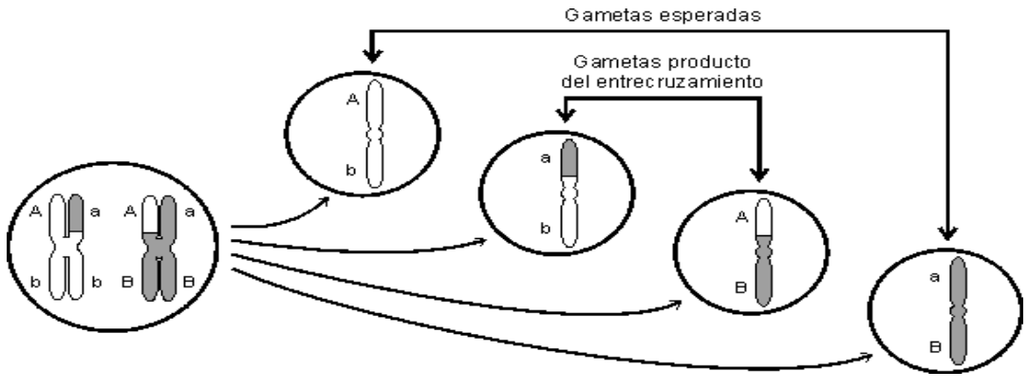
	MITOSIS	**MEIOSIS**
¿A partir de cuántas células madre se realiza la división celular?		
¿Cuántas células hijas se generan al final de proceso?		
Si la célula madre posee 10 fibras de ADN en Interfase, ¿con cuántas fibras se quedan las células hijas?		
¿Cuántas veces se divide la célula?		
¿Cuántas veces se duplican las fibras de ADN?		
¿En qué células ocurre?		
Función		

2-Observe la imagen y determine que ocurre en A y B



R:_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

3- Observe la imagen, proponga y **dibuje 2 entrecruzamientos** más posibles para estos cromosomas:

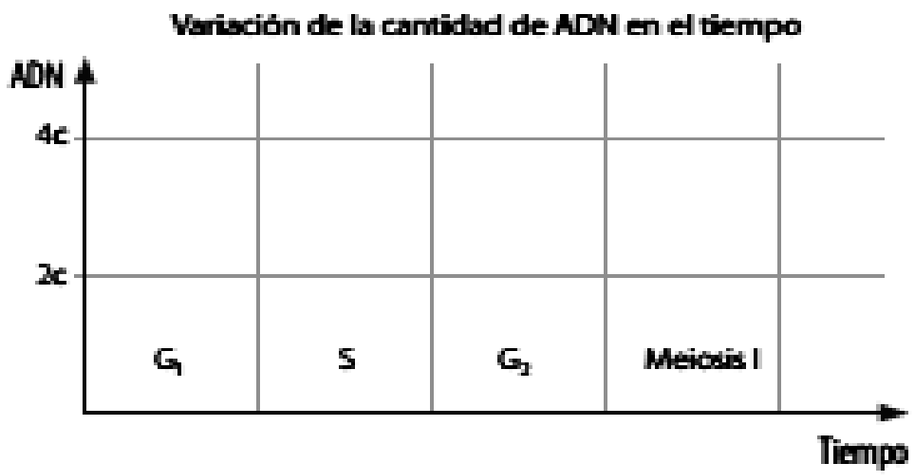


4. Completa el cuadro, contestando para una célula humana:

Etapa ciclo celular	Cantidad de ADN	N° de cromosomas	N° de cromatidas	Diploidia o haploidia
G1				
s				
G2				
Profase I				
Metafase I				
Anafase I				
Telofase I				
Profase II				
Metafase II				
Anafase II				
Telofase II				
Células resultantes				

5-¿En qué se diferencia la Anafase I de la Anafase II?

_____

_____

6- Con la tabla resuelta en la pregunta 4, dibuja la curva en el grafico.