

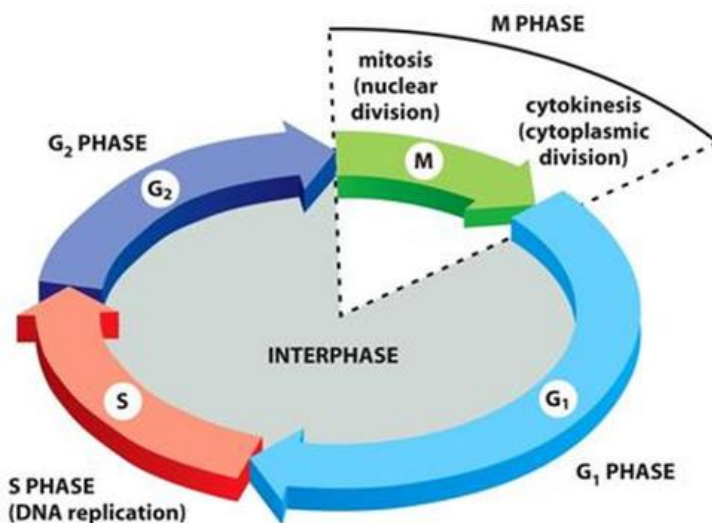
## 1.- ¿Qué es el ciclo celular?

Una célula pasa por cuatro etapas a lo largo de su vida, que son: el nacimiento, el crecimiento, la diferenciación y la reproducción o muerte celular.

El proceso por el cual nace una célula a partir de otra preexistente se denomina **división celular**. El mecanismo que da origen a un nuevo individuo, en organismos unicelulares, es decir, organismos formados por una sola célula, se produce para aumentar el tamaño de su población, mientras que en organismos pluricelulares, este proceso funciona para aumentar el número de células y el reemplazo de células que se encuentren dañadas o muertas.

El **ciclo celular** se define como el conjunto de transformaciones que sufren las células para generar dos células hijas.

Este ciclo está formado por tres fases: **la interfase, la mitosis y la citocinesis**.



**a) La interfase** es un período donde se llevan a cabo tres fases que son la G<sub>1</sub>, la S, y la G<sub>2</sub>. En esta etapa la célula se prepara para la división celular, por lo tanto, comienza a crecer, y para ello, duplica su material genético, sus organelos, las proteínas y las membranas, aumentando su tamaño considerablemente.

- **En la etapa G<sub>1</sub>**, la célula aumenta de tamaño, dado que se comienzan a sintetizar enzimas y proteínas. También, se comienzan a duplicar los organelos celulares, y la célula se prepara para la duplicación posterior del material genético.

En los ciclos de algunas células, como por ejemplo, las hepáticas y las neuronas, existe una etapa denominada **G<sub>0</sub>**, que corresponde a un estado de reposo, en que las células interrumpen su ciclo. Por lo tanto, durante esta etapa, la célula está metabólicamente activa, sin embargo, no realiza ninguna actividad de crecimiento, no replica su ADN, ni tampoco se divide. Esto depende del tejido, de las condiciones bajo las cuales se encuentre la célula y de las señales extracelulares. El tiempo que puede durar la célula en este estado, es variable, ya que algunas se mantienen en esta fase durante toda la vida del organismo, y otras, regresan al ciclo, luego de un tiempo.

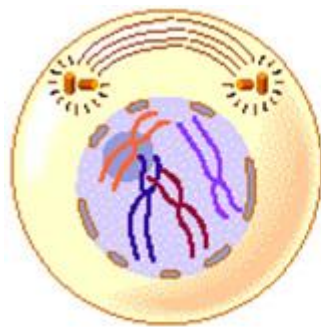
- **La fase S**, también llamada la etapa de síntesis, corresponde a una fase, en la cual las células que han iniciado el ciclo celular, replican su material genético y sus cromosomas. Por lo tanto, aquellas células que comenzaron con una cromátida, al finalizar la replicación del ADN, tendrán dos cromátidas.

- **En la etapa G<sub>2</sub>**, las células se preparan para la mitosis, y para ello, se reparan algunos errores que ocurren durante la replicación del ADN. Posteriormente, comienzan a producirse las estructuras que participan en la división del núcleo y del citoplasma, y los cromosomas empiezan a condensarse. La célula está lista para dividirse, cuando esta fase finaliza.

La división del núcleo ocurre en un proceso denominado **mitosis** o etapa **M**, que comienza cuando la interfase ha finalizado. En esta fase, el material genético se reparte en forma equitativa en las dos células hijas que se han producido. Cuando el núcleo se ha dividido, se debe también proceder a dividir el citoplasma, a través de un proceso llamado **citocinesis**. Por ende, las células hijas, reciben la misma cantidad de material genético y también una parte similar de citoplasma.

**b) La mitosis** es un proceso, cuyo objetivo es la obtención de células hijas con información genética idéntica a las de las células madres, y para ello, el núcleo celular se divide, a través de cuatro etapas que son: la profase, la metafase, la anafase y la telofase. La mitosis tiene lugar en células somáticas animales y vegetales, y permite la reproducción en seres unicelulares, y el crecimiento y la regeneración de tejidos en los seres pluricelulares.

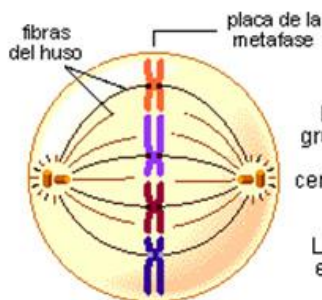
- La primera etapa de la mitosis es la **profase**, en donde los cromosomas se condensan y se hacen visibles, dado que la cromatina, ubicada en el núcleo, se compacta, logrando visualizarse las dos cromátidas hermanas unidas por el centrómero. Además, la membrana nuclear o carioteca inicia su desorganización, al igual que el nucléolo que desaparece. Los centriolos se van distanciando, migrando hacia los polos de la célula, para que se comiencen a formar filamentos tubulares que posteriormente serán parte del huso mitótico. El aparato de Golgi y el retículo endoplasmático se fragmentan.



### Profase

Los cromosomas se condensan y la membrana nuclear desaparece

- En la **metafase**, el huso mitótico está formado completamente, y la membrana ha desaparecido totalmente. Los microtúbulos del huso, mueven a los cromosomas, que están en su máximo grado de condensación, por ende, es posible observarlos fácilmente a través de un microscopio, provocando su alineamiento en el plano ecuatorial de la célula. Las fuerzas propuestas por el huso mitótico en esta zona, cuyos microtúbulos están unidos al cinétocoro de cada cromosoma, tiende a separar las cromátidas hermanas, sin embargo, una fuerza de cohesión, las mantiene unidas en el centrómero. Por lo tanto, el alineamiento de los cromosomas en el plano ecuatorial de la célula, es decir, la formación de la **placa metafásica**, se da gracias a la acción opuesta de estas dos fuerzas.

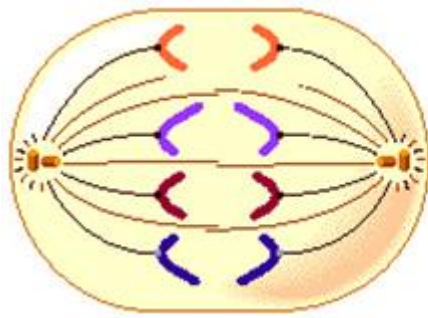


### metafase

Los cromosomas gruesos y enrollados se alinean en el centro de la célula en la placa de la metafase. Las fibras del huso están unidas a los cromosomas

- Posteriormente, corresponde la etapa de **anafase**, que es la más corta del proceso de mitosis. En ella, cada centrómero se divide y las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan, debido al

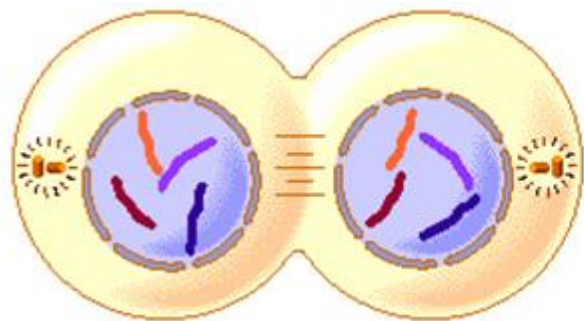
acortamiento de los filamentos del huso mitótico, lo que genera que cada cromátida sea arrastrada hacia uno de los polos de la célula.



### Anafase

Los cromosomas se han separado y se mueven hacia los polos

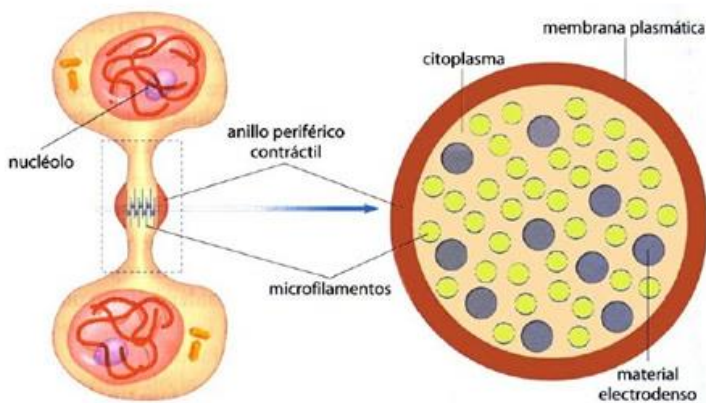
- En la **telofase**, los cromosomas, que ahora solo están formados por una cromátida, alcanzan los polos de la célula y empiezan a descondensarse, por ende, pierden el aspecto que tenían durante la metafase. El huso mitótico comienza a desaparecer y la membrana nuclear se vuelve a formar alrededor de cada juego de cromosomas. Vuelven a formarse los nucléolos y se ensamblan el aparato de Golgi y el retículo endoplasmático.



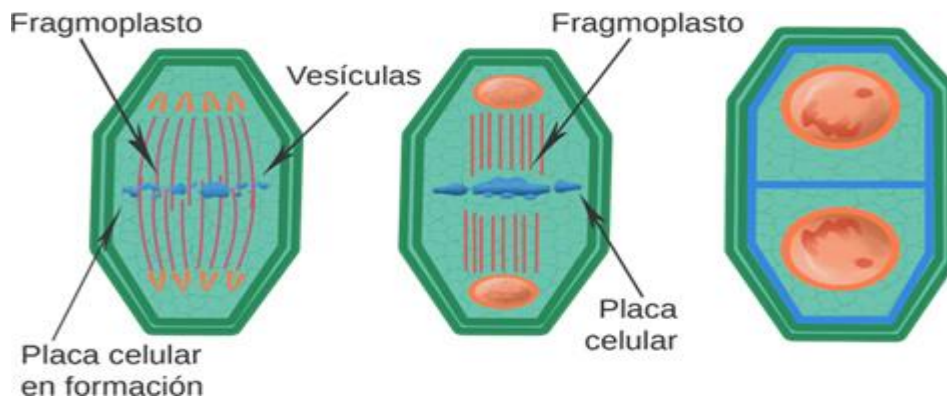
### Telofase

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

c) **Citocinesis**: Finalmente, se procede a la división del citoplasma de la célula madre en dos células en cantidades relativamente similares, proceso conocido como **citocinesis**. Esta etapa se comienza a visualizar en la anafase, para luego, culminar el proceso de división celular. En ella, a través de la formación de un núcleo contráctil formado principalmente de proteínas, sobretodo actina y miosina, entre los dos núcleos de las células hijas, y la reorganización de los componentes celulares y del citoesqueleto, se obtienen dos células idénticas a las células madres.



El proceso de **citocinesis** difiere si se trata de células vegetales o animales, ya que, como en las células vegetales, está la presencia de una pared celular relativamente rígida, la citocinesis se lleva cabo mediante un mecanismo distinto al de la célula animal. En la célula vegetal aparece una especie de tabique que separa a las dos células hijas, denominado **fragmoplasto**.



Finalmente, **la mitosis** es un proceso de gran importancia para los seres vivos eucariontes, unicelulares y pluricelulares, ya que cumple un rol fundamental en los diferentes ámbitos, como el desarrollo, el crecimiento y la reparación y renovación de tejidos.

Con respecto al **desarrollo del organismo**, después de la fecundación, las sucesivas divisiones celulares originan los millones de moléculas que forman parte del individuo, proceso llamado **proliferación celular**, en donde la mitosis juega un rol fundamental, asegurando que todas las células contengan la misma información genética, dándose origen a los distintos tipos celulares que formaran parte del organismo.

También, la división celular a través de mitosis, permite el crecimiento del **organismo**, a través del aumento en el número de células en ellos.

Finalmente, debido a que a diario el cuerpo pierde numerosas células, ya sea producto del roce, o por algún otro motivo como heridas o golpes, es que en el organismo debe existir un proceso de reparación y renovación de **tejidos**, a través del proceso de proliferación celular, que permite restablecer las células perdidas.

## 2.- ¿Cómo se controla el ciclo celular?

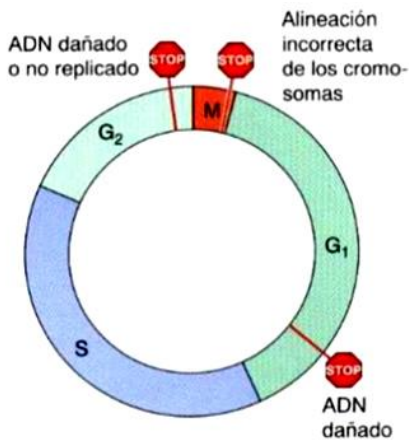
Las células de los distintos organismos pueden pasar durante su vida por distintos períodos, cada uno de los cuales es característico y claramente diferenciado. Esto permite que cada célula se divida para producir las células necesarias para el crecimiento y reemplazo de aquellas células que son eliminadas por el organismo, por daño o por muerte, permitiendo el buen funcionamiento del individuo. Por lo tanto, si este proceso sufre algún desbalance, por ejemplo, las células dejan de dividirse, o por el contrario, se genera un aumento exagerado de células, hay alteraciones en el funcionamiento del organismo.

Es por esta razón, que el ciclo celular está regulado por puntos de control específicos, para evitar desbalances en él. A lo largo del ciclo celular hay varios puntos de control, pero los principales, se encuentran en las fases  $G_1$ ,  $G_2$  y en el final de la mitosis.

El primer punto de control ocurre en la etapa  $G_1$ , en donde se dará inicio para posteriormente pasar a la etapa de síntesis. Para ello, se evalúa que el ADN que se está replicando no esté dañado, para evitar daños genéticos, y además se verifica la presencia de nutrientes en el entorno y el tamaño celular. Por lo general, cuando las condiciones en esta fase no son las adecuadas, actúan las señales que generan el **arresto celular**, es decir, se detiene el ciclo.

Posteriormente, en la etapa  $G_2$ , se encuentra el segundo punto de control, donde se comienza a preparar la célula para entrar a la mitosis, por lo tanto, en este punto se verifica que la duplicación del ADN se haya completado satisfactoriamente, y no presente ningún daño. También se comprueba que las condiciones del entorno sea favorables y si el tamaño de la célula es el adecuado para poder dividirse.

El último punto de control ocurre durante el mitosis, en la metafase, y en él se verifica si los cromosomas están apropiadamente alineados en el plano metafásico antes de entrar al proceso de anafase, en donde se separan. Esto protege a la célula de pérdidas o ganancias de cromosomas, que podrían conllevar posteriormente a problemas genéticas en las células hijas.

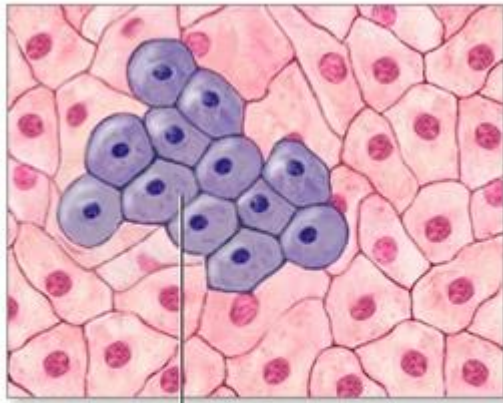


Los puntos de control del ciclo celular están regulados por un dispositivo bioquímico, que está compuesto principalmente, por dos proteínas, las **ciclina** y las **quinasa dependientes de las ciclina**, que son quienes inducen y coordinan los procesos básicos relacionados con el ciclo, tales como, la duplicación de ADN y la división celular.



Para que este sistema de control pueda completarse requiere de tiempo, dado que estos puntos de control, envían las señales sobre procesos que pueden detener momentáneamente el avance del ciclo, para evitar el inicio del proceso siguiente cuando se observan problemas, y si esto no ocurre podrían generarse irreparables daños para la célula madre y sus hijas.

Cuando las células que sufren alteraciones en su ciclo celular, o en el material genético que están replicando, se siguen dividiendo, se pueden generar en el organismo grandes alteraciones. Las alteraciones que puede presentar el material genético de una célula se denominan **mutaciones** y las consecuencias que puede traerle son múltiples. Cuando la mutación se da en algún gen que participa directamente en la regulación del ciclo celular, el individuo que lo posee puede desarrollar **cáncer**, enfermedad en la cual ocurre una proliferación rápida y descontrolada de células.



Proliferación de células cancerosas

Cuando el ciclo celular, no está regulado correctamente, el organismo activa un mecanismo que lleva a la muerte celular programada, lo que se conoce con el nombre de **apoptosis**, en el cual el organismo elimina aquellas células que presentan alteraciones en su material genético. Cuando los genes que inducen la apoptosis son afectados por alguna alteración, o cuando la tasa de división celular es mayor que la muerte programada de las células, comienza a aparecer una masa celular sin forma, cuyos genes forman nuevas células a gran velocidad, debido a su gran poder de expresión genética. Estas masas celulares reciben el nombre de **tumores**.

Un tumor es **benigno**, cuando no procese a alterar o invadir tejidos diferentes del que se originó, por lo cual, generalmente, es posible extraerlo a través de vías quirúrgicas o a través de distintos medicamentos y tratamientos.

Por otro lado, si tejidos distintos y diversos a donde se produjo el tumor se encuentran infectados, se dice que el tumor es **maligno**, dado que las células tumorales alcanzan los vasos sanguíneos y se propagan rápidamente por el organismo, logrando que el cáncer se ramifique, mediante un proceso denominado **metástasis**. Por lo general, este tipo de tumores son de muy difícil tratamiento e involucran tratamientos médicos invasivos como la radio y la quimioterapia. Cuando el tumor se ha propagado en gran parte del organismo, es probable, que este muera producto de las alteraciones a nivel del ADN.

Las mutaciones en el ADN se dan principalmente a causa de componentes hereditarios, pero también existen factores ambientales que actúan generándolas. Algunos de estos factores son la contaminación, la exposición a los rayos UV, provenientes del sol y de las cámaras de bronceado, el consumo de tabaco y la inhalación de sustancias químicas peligrosas. También, la presencia de algunos virus puede provocar la aparición de ciertos tipos de cáncer. Los **agentes carcinógenos** son aquellos factores, químicos, físicos y biológicos, que son causantes de algún tipo de cáncer.

Los genes que al sufrir alteraciones pueden provocar cualquier tipo de cáncer son los protooncogenes y los genes supresores de tumores.

Los **protooncogenes** corresponden a un grupo de genes que codifican proteínas que estimulan la división celular. Cuando un protooncogen sufre una mutación se transforma en un **oncogen** capaz de originar productos celulares que estimulan la división celular de forma incontrolada, lo que conduce al cáncer.

Los genes supresores de tumores codifican productos celulares cuya función principal es inhibir la proliferación celular, ya sea deteniendo el ciclo celular o declarando la muerte de la célula por apoptosis, ante la presencia de algún daño en el material genético. Cuando ocurre la mutación de los alelos de estos genes, ésta se inactiva, por lo cual, las células que presenten daños siguen dividiéndose y replicándose. Por lo general, esto ocurre por la presencia de algún virus