



**COLEGIO UNION EUROPEA IED**  
Resolución de Aprobación No.2208 del 30 de Julio de  
Emanada por la Secretaria de Educación del Distrito  
Código Dane: 11100130833 Nit: 830.020.653-6  
Sede A: 7909847 Sede B: 7910407



### PLAN DE NIVELACIÓN PERÍODO I/2024

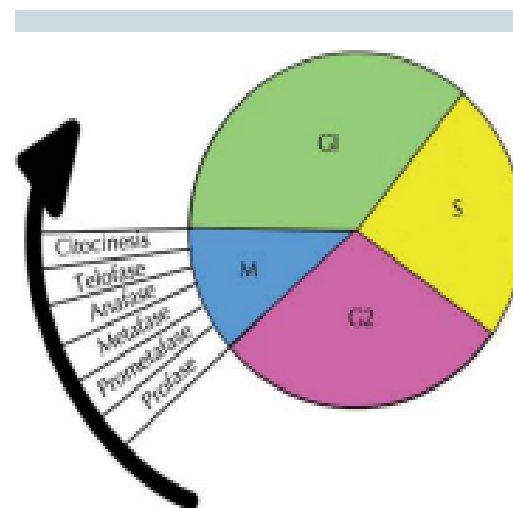
<b>DOCENTE: Ruth Mery Alvarez Hernández</b>	
<b>GRADO: Octavo</b>	<b>CURSO: 801 y 802</b>
<b>ÁREA: Ciencias Naturales y Medio Ambiente</b>	<b>ASIGNATURA: Biología</b>
<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL ÁREA: 5 horas semanales</b>	<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL ASIGNATURA: 3 horas semanales</b>
<b>NOMBRE DEL PLAN: Plan de Mejora Biología Grado Octavo</b>	
<b>OBJETIVO:</b> Identificar que la mitosis es un proceso fundamental que ocurre en todas las células vivas. Comprender cómo su función nos ayuda a entender cómo se desarrolla y mantiene la vida a nivel celular.	
<b>DESEMPEÑOS PARA DESARROLLAR:</b>  Demuestra una comprensión sólida de la mitosis y su papel en la vida a nivel celular. Identifica correctamente la mitosis como un proceso fundamental que ocurre en todas las células vivas y explica cómo este proceso contribuye al desarrollo y mantenimiento de la vida a nivel celular.	
<b>ACTIVIDADES: La guía debe ser desarrollada y entregada al docente en hojas de block cuadriculada tamaño carta. En su momento de la entrega el estudiante deberá sustentar respondiendo preguntas sobre la guía.</b>  1. Lee el siguiente texto:	

En los organismos pluricelulares, como el humano, que inician su vida con una célula huevo o cigoto, la división celular mitótica es decisiva para el desarrollo y mantenimiento de los diversos tejidos, órganos y sistemas que lo forman. Las nuevas células originadas por la mitosis son genéticamente idénticas a la célula madre; esto se logra gracias a mecanismos complejos de regulación que aseguran la integridad del material genómico y su segregación apropiada. La serie de eventos que conducen a la división de una célula se conoce como ciclo celular y está constituido por dos fases principales: la interfase y la división celular, que puede ser mitosis o meiosis. La mitosis es el proceso nuclear por el cual los cromosomas replicados se segregan en dos núcleos hijos, generalmente va acompañada de la citocinesis, que es la división del citoplasma y separación física de las dos células hijas.

El proceso mitótico fue descrito primeramente por Flemming, en 1882; su duración es generalmente de menos de una hora, tiempo en el que la célula es capaz de separar su información genética en dos grupos idénticos, que junto con el resto de sus componentes subcelulares serán heredados a las células hijas. Durante la mitosis, la célula se ocupa en una actividad principal, que es la segregación cromosómica y prácticamente detiene el metabolismo, la transcripción y la traducción.<sup>1</sup>

Antes del proceso de mitosis, durante la fase S del ciclo celular, los cromosomas se replican, de manera que en el momento de iniciar la división celular en humanos, cada uno de los 46 cromosomas replicados tendrá dos cromátidas unidas por el centrómero, cada una de ellas representa un cromosoma funcional. Cada cromátida hermana de un cromosoma segrega una célula hija, al igual que las otras 45, y juntas integrarán el "grupo" diploide de 46 cromosomas de la nueva célula. La mitosis se caracteriza por dos

eventos importantes que pueden visualizarse bajo el microscopio de luz: la condensación y la segregación cromosómica. El movimiento cromosómico está mediado por una estructura compuesta primordialmente por microtúbulos: el huso mitótico, que se encarga de alinear a los cromosomas replicados y condensados en el centro de la célula, para así posicionar a las cromátidas hermanas con el cinetocoro de una, apuntando hacia un polo y el de la otra apuntando al polo opuesto; en ese momento se escinde la proteína que mantenía unidos los centrómeros y a las cromátidas hermanas. Aquí el huso mitótico mediante sus microtúbulos cinetocóricos jala las cromátidas hacia polos opuestos. El último paso es la reinstalación de un núcleo interfásico y la división del citoplasma para formar dos células hijas idénticas. Todos estos eventos se realizan en cinco etapas nucleares: profase, prometafase, metafase, anafase, telofase y finalmente se realiza la citocinesis que es la división del citoplasma.<sup>2</sup> (Figura 1)



**Figura 1. La mitosis en el contexto de las distintas fases del ciclo celular.** En un ciclo celular mitótico con duración aproximada de 24 horas, la fase M se desarrolla aproximadamente en una hora, de manera que cada una de las cinco etapas nucleares y la citocinesis tienen lugar en minutos.

## ETAPAS DE LA MITOSIS

### Profase

La transición de interfase a mitosis es la profase. En esta etapa ocurren los siguientes eventos: la cromatina se condensa para formar cromosomas, se forma el huso mitótico y desaparece la envoltura nuclear.

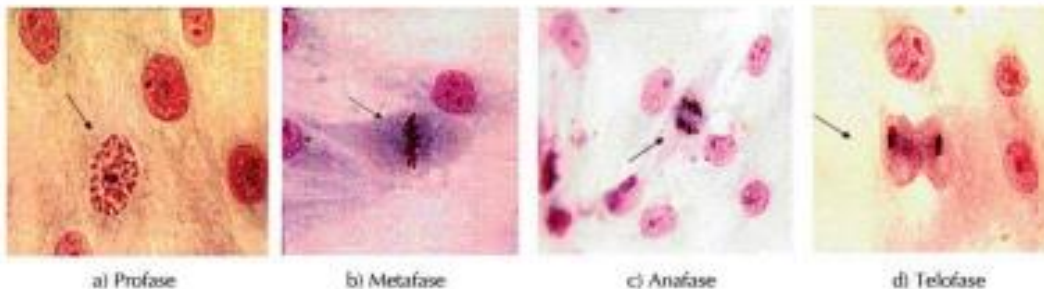
#### 1) Condensación cromosómica

La primera manifestación visible de la división celular es la compactación progresiva de la cromatina nuclear (Figura 2a), para dar lugar a hebras cromosómicas; en este punto los cromosomas se definen como hebras dobles porque ya están replicados; este empaquetamiento es indispensable para que los cromosomas no sufran alteraciones generadas por el estrés mecánico a que son sometidos debido a los movimientos del huso mitótico durante la segregación cromosómica.<sup>2</sup>

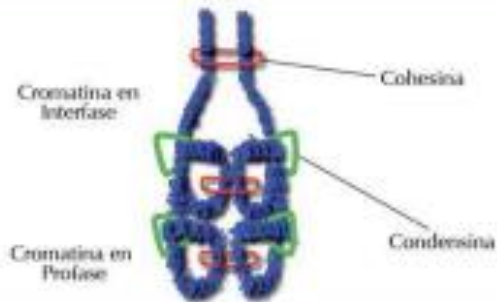
La cromatina que está en fibras de 30 nm en interfase comienza a condensarse por la inter-

acción de un complejo proteico de condensina y de topoisomerasa II, que superenrollan la fibra de 30 nm formando asas de ADN superenrollado a lo largo de cada cromátida. Para mantener unidas a las cromátidas hermanas del cromosoma replicado y condensado, interviene otro complejo proteico llamado cohesina, que mantiene unidas a las dos cromátidas desde que terminaron su replicación en fase S hasta la anafase mitótica. La condensina y la cohesina son estructuras similares que pueden formar anillos que retienen segmentos distantes de cromatina unidos (Figura 3). La cohesina se encuentra a lo largo de los brazos cromosómicos, manteniendo unidas longitudinalmente a las cromátidas hermanas y dando la apariencia de una sola hebra al cromosoma mitótico temprano. También se encuentra uniendo fuertemente a las cromátidas por el centrómero; la cohesina localizada a lo largo de los brazos se separa de la cromatina en profase y la del centrómero se retiene hasta anafase.<sup>1</sup>

La cromatina extendida del núcleo en interfase permite el ingreso de la maquinaria transcripcional; pero durante la mitosis, cuando la cromatina tiene la mayor condensación del ciclo celular,



**Figura 2. Las distintas fases de la mitosis.** Cultivo de fibroblastos en los que se observan: a) Profase-prometafase: con cromosomas en proceso de condensación y envoltura nuclear desintegrándose. b) Metafase: cromosomas alineados en la placa ecuatorial con mayor condensación. c) Anafase: separación en dos grupos de las cromátidas hermanas. d) Telofase: división citoplásmica y reintegración de las envolturas nucleares para formar dos células hijas. (Fotografía cortesía del Dr. Joaquín Carrillo, Instituto de Hematopatología).



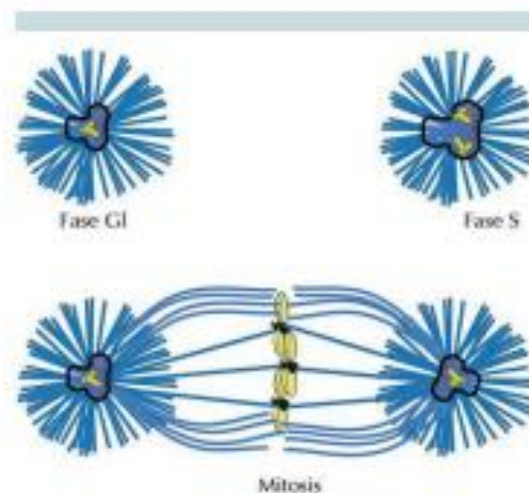
**Figura 3. Empaquetamiento del ADN mediado por los complejos de condensina y cohesina.** La condensina está formada por cuatro subunidades de proteínas SMC 2/4 y proteínas asociadas que se encargan de cerrar o abrir el anillo que unirá longitudinalmente asas de cromatina para condensar cada una de las cromátidas hermanas. La cohesina está formada por cuatro subunidades de SMC 1/3 como si fueran anillos, es regulada por proteínas asociadas de la familia SCC. Ese anillo enlaza la cromatina de las dos cromátidas hermanas y las une para formar un cromosoma mitótico típico. Esta unión es más duradera entre la cromatina del centrómero que entre la cromatina a lo largo de los brazos cromosómicos.

la transcripción se inhibe. Debido a esto, el nucleolo –estructura formada primordialmente por productos de la transcripción del ADN ribosomal y proteínas, desaparece y, en consecuencia, también la traducción se detiene.

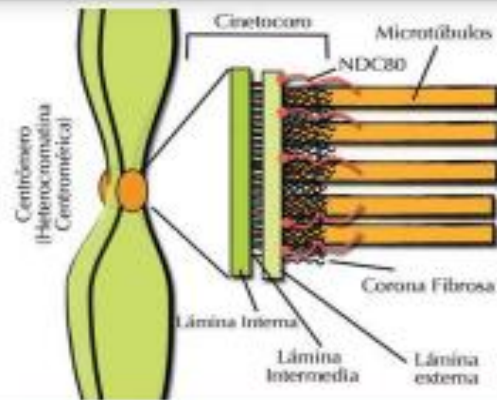
## 2) Formación del huso mitótico

Los microtúbulos del citoesqueleto de interfase se desensamblan debido a modificación de proteínas asociadas con microtúbulos o MAPs; los microtúbulos se reorganizan para contribuir a la formación del huso mitótico. Esta nueva organización de los microtúbulos se inicia por la escisión de una estructura duplicada en fase S del ciclo celular llamada centrosoma; cada uno de los dos centrosomas consta de dos centriolos posicionados en ángulo recto uno del otro, rodeados por una matriz proteica. Durante la

profase, el primer paso para formar el huso mitótico es la aparición o nucleación de microtúbulos alrededor de los centrosomas que forman una especie de estrella, integrando así los ásteres, cuyos microtúbulos tienen un extremo menos (-) asociado al centrosoma y un extremo más (+) al cual se adicionan dímeros de tubulina a mayor velocidad. Cada áster migra a posiciones opuestas dentro de la célula, estableciendo así los polos celulares a partir de donde se formará un huso mitótico bipolar (Figura 4). Los microtúbulos de los ásteres continúan creciendo por sus extremos + hasta que algunos de ellos, los llamados microtúbulos cinetocóricos, encuentran el cinetocoro de una de las dos cromátidas hermanas de un cromosoma, en donde quedan anclados a proteínas del cinetocoro, específicamente de la corona fibrosa con ayuda de otras proteínas, como Ndc80, CENP-E-kinesina y dineína (Figura 5). Los microtúbulos del polo opuesto harán contacto con la otra cromátida hermana del mismo cromosoma. Los microtúbulos que no encontraron un cinetocoro se



**Figura 4. Papel de los centrosomas en la formación del huso mitótico.** Los centriolos que se encuentran en pares, se duplican durante la interfase, en la fase S, y se integran los centrosomas que durante la mitosis establecerán los polos del huso mitótico.



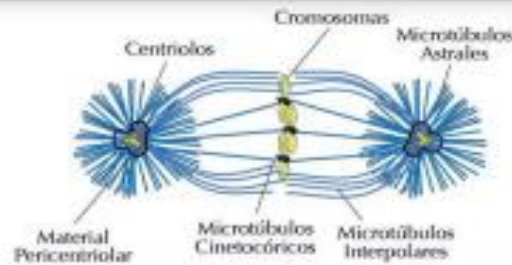
**Figura 5. Estructura del cinetocoro.** Está compuesto por tres láminas proteicas: una interna, una media y una externa en la que se extienden proteínas fibrosas que integran la corona fibrosa. La proteína Ndc80 se encarga de mantener unidos los microtúbulos a la capa externa del cinetocoro mientras se realiza la despolimerización de tubulina por kinesinas.

llaman microtúbulos interpolares, continúan creciendo por su extremo + hasta que se encuentran y se superponen con los extremos + de los microtúbulos del polo contrario quedando así un huso mitótico funcional, con tres tipos de microtúbulos: los microtúbulos astrales, los microtúbulos cinetocóricos y los microtúbulos interpolares (Figura 6).<sup>4</sup>

Existen dos tipos de mitosis: las dependientes y las independientes de centrosomas; en las segundas la nucleación de los microtúbulos se origina en los cinetocoros y es muy probable que aun en las células con centrosomas funcionales haya también nucleación de microtúbulos desde el cinetocoro de las cromátidas.<sup>5</sup>

### *3) Desaparición de la envoltura nuclear y fragmentación del aparato de Golgi*

Para que los microtúbulos cinetocóricos interactúen con los cromosomas, la envoltura nuclear



**Figura 6. Diferentes tipos de microtúbulos en el huso mitótico.** Los microtúbulos astrales rodean a los centriolos, tienen su extremo en la periferia del material pericentriolar y su extremo positivo es el que irradia hacia todas direcciones. Los microtúbulos cinetocóricos son los microtúbulos que se encuentran asociados por su extremo positivo a los cinetocoros de las cromátidas hermanas, cada una de ellas tiene un haz de microtúbulos cinetocóricos que apunta a extremos opuestos. Los microtúbulos interpolares crecen por sus extremos positivos sin encontrar un cinetocoro hasta que se superponen con otro microtúbulo interpolares.

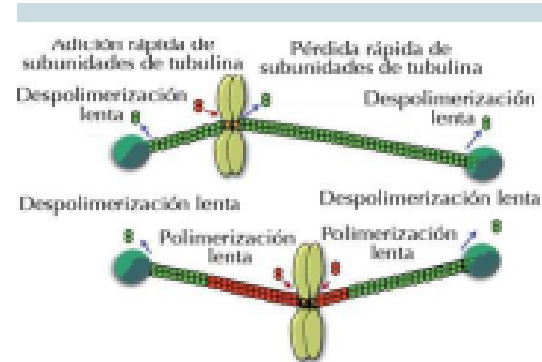
debe desaparecer; esto se realiza por fragmentación debido a la interacción del complejo ciclina B-Cdk1 con elementos de cada uno de los tres componentes de la envoltura: a) las membranas nucleares, b) los poros nucleares y c) la lámina nuclear.<sup>6</sup> Es probable que los fragmentos resultantes en forma de vesículas se dispersen a través de la célula mitótica o, bien, que se integren a fragmentos de retículo endoplásmico. De manera similar, el aparato de Golgi se desintegra en pequeñas vesículas cuyo destino es similar al de la envoltura nuclear. En cualquiera de los dos casos, las vesículas independientes o bien asociadas al retículo endoplásmico, se segregarán a las células hijas y volverán a integrar sus estructuras originales dentro de ellas. El retículo endoplásmico podría no fragmentarse hasta vesículas y, simplemente, segregarse en fragmentos de éste hacia las dos células hijas. Otros componentes membranosos, como las mitocondrias, lisosomas y peroxisomas no se disgregan y, simplemente,

se segregan de manera generalmente simétrica a las células hijas.<sup>7</sup>

### Prometafase

Esta segunda fase se caracteriza por un movimiento activo que dirige a los cromosomas al ecuador celular. El inicio de la prometafase se reconoce por la interacción del huso mitótico con los cromosomas duplicados debido a la disolución de la envoltura nuclear, después de esto se inician los movimientos cromosómicos.<sup>8</sup>

Los extremos + de los microtúbulos de los ásteres se mueven mediante polimerización hacia el centro de la célula buscando cromosomas en un movimiento que se piensa que es al azar y cuando hacen contacto con un cinetocoro se estabilizan; eventualmente, el cinetocoro de la otra cromátida, hermana del mismo cromosoma, se une también a un grupo de microtúbulos que provienen del polo opuesto. Se ha propuesto también que los cinetocoros no atrapados pueden iniciar, por sí mismos, una nucleación de microtúbulos. De una u otra manera los cromosomas llegan a tener sus dos cinetocoros conectados cada uno a microtúbulos que provienen de polos opuestos; en ese momento los microtúbulos jalan y empujan al cromosoma mediante polimerización-despolimerización de tubulina con la ayuda de proteínas motor tipo cinesinas y dineínas. Debido a que los dos polos atraen al mismo cromosoma a través de sus dos cinetocoros —que permanecen unidos por medio de la cohesina— se inicia un estado en el que se empiezan a equilibrar las fuerzas de tracción de cada polo, polimerizando más activamente el extremo + de los microtúbulos asociados al cinetocoro que se encuentra más cercano a su polo y acortando los microtúbulos asociados al polo más lejano (Figura 7). El acortamiento o elongación de los microtúbulos obedece a las diferencias en las fuerzas de tensión en los cinetocoros. Con estos movimientos se alcanza



**Figura 7. Polimerización-despolimerización de microtúbulos para formar la placa metafásica.** Los cinetocoros de cada una de las dos cromátidas de los cromosomas se asocian a microtúbulos que provienen de polos opuestos del huso mitótico, generalmente en un sitio acéntrico, por lo que para llevarlos al centro del huso y formar la placa metafásica los microtúbulos más cortos polimerizan rápidamente hasta el momento en que se alcanza un balance de longitud; cuando esto ocurre, los cromosomas se encuentran en el ecuador celular y orientados de tal manera que al escindirse los centrómeros, la fuerza de tracción lleva a un grupo cromosómico completo hacia un polo y al otro grupo, al polo opuesto.

la congregación, que es la reunión de todos los cromosomas en el ecuador celular, posicionados ahí por el equilibrio de las fuerzas de tracción de los polos opuestos del huso. La congregación cromosómica marca el fin de la prometafase y el inicio de la metafase.<sup>10</sup>

### Metafase

La condensación cromosómica iniciada en la profase continúa, por lo que los cromosomas metafásicos se observan con una cromatina perfectamente empaquetada que le permite al material genético mantener su integridad durante el estrés mecánico de los movimientos de anafase.<sup>2</sup> En esta etapa es en la que generalmente se realizan los estudios cromosómicos, debido a que su morfología es muy clara.

Los cromosomas, movidos por el huso mitótico, se colocan en el centro, entre los dos ásteres y forman la llamada placa metafásica (Figura 2b) en la que los cromosomas se posicionan de tal manera que los cinetocoros de cada cromátida hermana están orientados hacia los polos opuestos.<sup>2</sup> Mantener a los cromosomas en el ecuador celular implica un equilibrio entre las fuerzas de los microtúbulos que tienden a mover a los cinetocoros hacia los polos opuestos, de manera que posicionarlos en el centro implica una gran cantidad de energía. La energía de los movimientos cromosómicos proviene de la polimerización-despolimerización de los microtúbulos en los que se utiliza la conversión de GTP a GDP y de las proteínas motoras en las que se utiliza la conversión de ATP a ADP.<sup>4</sup>

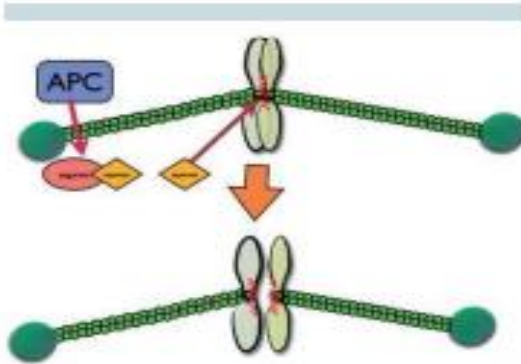
En cada cinetocoro se pueden anclar entre 20-30 microtúbulos que ejercen fuerza de tracción hacia el polo del que provienen, por lo que la placa metafásica se mantiene por el equilibrio entre las fuerzas opuestas de los polos sobre los cromosomas, que mantienen juntas a sus cromátidas hermanas por la cohesina centromérica, de manera que cuando esta proteína se retira del centrómero, la metafase termina y se inicia la anafase con la migración de las cromátidas hermanas a polos opuestos.<sup>3,10</sup>

### Anafase

Una vez que todos los cromosomas se encuentran en el ecuador formando la placa metafásica, los centrómeros, que mantenían unidas a las cromátidas hermanas, se escinden permitiendo que cada cromátida migre hacia el polo que estaba encarando, iniciándose así la anafase, que se divide en anafase A y anafase B. Los movimientos de la anafase A corren a cargo, principalmente, de los microtúbulos cinetocóricos que se acortan por despolimerización en ambos extremos de tubulina, con intervención de cinesinas (familia 13); esto permite jalar

hacia los polos celulares a los cromosomas sencillos —a los que llamamos cromátidas hermanas cuando se encuentran unidas por el centrómero—, dividiendo el genoma replicado en dos grupos cromosómicos diploides, con 46 cromosomas sencillos cada uno. En la anafase B intervienen los microtúbulos interpolares que se encargan de alejar los dos grupos cromosómicos mediante un incremento en la longitud del huso mitótico (Figura 2c).<sup>2</sup>

La anafase A se inicia cuando el complejo promotor de anafase (APC) unido a CDC20 induce la escisión del centrómero, dejando libres a las cromátidas hermanas para que cada una migre hacia polos opuestos. El mecanismo de acción de APC-CDC20 es ubiquitinar una proteína llamada segurina,<sup>11,12</sup> que la envía a destrucción por el proteasoma y con la destrucción de la segurina queda libre una proteína llamada separasa, que es una proteasa, que actúa sobre la cohesina, el complejo que mantiene unidas a las cromátidas hermanas. En el momento en que la cohesina se retira del centrómero existe un cambio de tensión sobre los cinetocoros, lo que activa una despolimerización de tubulina en ambos extremos + y - de los microtúbulos cinetocóricos; al acortarse, jalan a los cromosomas unidos a ellos hacia los centrosomas ubicados en los polos celulares (Figura 8).<sup>11,12,13</sup> Durante la anafase B, los dos grupos de cromosomas ya colocados en los polos son alejados uno de otro por la intervención de los microtúbulos polares, que despolimerizan dímeros de tubulina en sus extremos - y polimerizan activamente en sus extremos + dirigidos al centro celular; estos microtúbulos crecen tanto que los extremos se cruzan y continúan desarrollándose en direcciones opuestas. Gracias a la intervención de proteínas motoras asociadas con microtúbulos, los segmentos superpuestos de los microtúbulos polares comienzan un proceso de deslizamiento "en reversa" hacia los polos, que hace que el huso mitótico en total se haga muy largo y separe



**Figura 8. Anafase A.** Durante la anafase A, el complejo APC envía para su destrucción a la separasa, que a su vez libera a la proteína separasa. La separasa actúa sobre la cohesina que mantiene unidas las dos cromátidas por el centrómero, en el cromosoma en metafase colocado en el ecuador celular. Liberar a la cohesina implica la separación de las cromátidas que ceden a las fuerzas de los microtúbulos cinetocóricos por despolimerización de ambos extremos jalan a los cromosomas hacia los polos.

de esta manera a los dos grupos de cromosomas, que habían arribado a los polos en anafase A.<sup>3,12</sup>

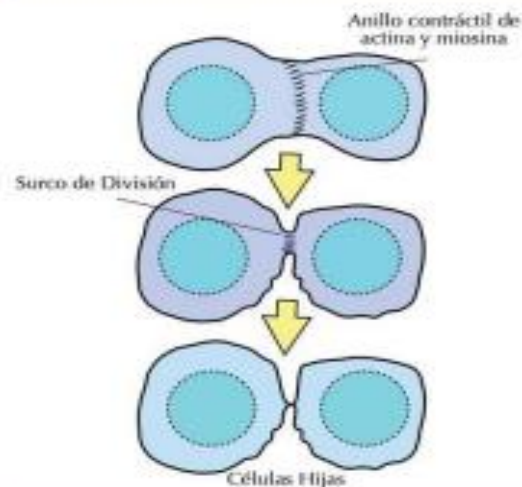
### Telofase

En la telofase, los microtúbulos cinetocóricos desaparecen y los cromosomas quedan libres en ambos extremos celulares. En ese momento, los cromosomas comienzan a descondensarse y la envoltura nuclear se reintegra. Durante la telofase tardía los cromosomas empiezan a transcribir y se restablece el nucleolo, marcando el término de la mitosis.<sup>2</sup> (Figura 2d)

### Citocinesis

Es la última etapa de la división celular; en ella el citoplasma se divide para dar lugar a dos células hijas completamente independientes. Sin em-

bargo, la citocinesis empieza desde la anafase, cuando se forma, inmediatamente por debajo de la membrana plasmática a nivel del ecuador celular, un cinturón de proteínas filamentosas, principalmente actina y miosina que se contraen y dan lugar a un surco de división. Éste se va haciendo progresivamente más profundo, hasta que la cintura que se forma llega a tocar los microtúbulos que aún quedan remanentes del huso mitótico; todo este conjunto de proteínas se conoce como cuerpo medio. Finalmente, la célula se estrangula y da lugar a dos células hijas (Figura 9).<sup>14</sup>



**Figura 9. Establecimiento del surco de división con la intervención de las proteínas actina y miosina II.** La asociación actina-miosina se inicia inmediatamente por debajo de la membrana plasmática y en dirección perpendicular al centro del huso mitótico. Durante la citocinesis este anillo contráctil va estrangulando la célula que ya contiene dos núcleos hijos, por en medio de éstos, hasta que queda sólo un cuerpo medio formado por microtúbulos remanentes del huso mitótico y lo último del anillo de actina-miosina. Finalmente se separan las dos células hijas.

2. Elabora una lista de ideas principales del texto anterior (mínimo 2 hojas)
3. Realiza un mapa conceptual que incluya cada una de las etapas de la Mitosis
4. Construye un Friso donde expliques cada etapa de la mitosis.

**MATERIAL DE APOYO:**





**COLEGIO UNION EUROPEA IED**  
Resolución de Aprobación No.2208 del 30 de Julio de  
Emanada por la Secretaria de Educación del Distrito  
Código Dane: 11100130833 Nit: 830.020.653-6  
Sede A: 7909847 Sede B: 7910407



### Guía Anterior

#### PRODUCTOS POR ENTREGAR:

- Guía resuelta en hojas de block cuadrículada tamaño carta. En su momento de la entrega el estudiante deberá sustentar respondiendo preguntas sobre la guía.
- Friso
- Mapa conceptual

#### PLAZO MÁXIMO DE ENTREGA:

Semana del 20 al 24 de Mayo

#### OBSERVACIONES:

#### RÚBRICA DE EVALUACIÓN

No aprobó  
(1.0 a 2.9)

Aprobó  
(3.0) Máxima nota en nivelación de acuerdo al SIEE