

**MITOSIS Y MEIOSIS
GUIA DEL MAESTRO**

Materia: Ciencia

Nivel: 7- 9

Autor: Jorge Rodríguez

Concepto principal: Ciclo celular, mitosis y meiosis

Conceptos secundarios: Diferencias entre mitosis y meiosis, síndromes producidos por causa de alteraciones cromosómicas

Objetivos específicos de aprendizaje:

Actitudinal

- Reconocer la importancia de los procesos de mitosis y meiosis para la continuidad de la vida en la tierra..

Conceptual

- Conocer el proceso de meiosis.
- Conocer el proceso de meiosis.
- Establecer las semejanzas y diferencias entre mitosis y meiosis.
- Explicar la importancia de estos procesos para el crecimiento, reproducción y desarrollo de los organismos.
- Reconocer diferentes síndromes causados por alteraciones **cromosómicas.**

Operacional

- Construir un modelo de cromosoma, de mitosis y de meiosis
- Construir un cariograma para comparar diferentes cariotipos.

Estándares y Expectativas

MITOSIS Y MEIOSIS / DESORDENES GENETICOS

SEPTIMO GRADO		
ESTRUCTURA Y LOS NIVELES DE ORGANIZACION DE LA MATERIA		
EM.7.3	Compara y contrasta los procesos de mitosis y meiosis	
	EM.7.3.1	Describe las etapas del proceso de mitosis y meiosis.
LOS SISTEMAS Y LOS MODELOS		
SM.7.3	Construye e interpreta diferentes tipos de modelos utilizando instrumentos y equipos tecnológicos.	
	SM.7.3.1	Reconoce la importancia del uso de modelos así como sus limitaciones en el estudio de las ciencias.

	SM.7.3.2	Utilizando diferentes medios construye modelos: célula vegetal, animal, células eucariotas y procariotas, sistemas de anatomía y fisiología del cuerpo humano, niveles tróficos de energía, cadena de ADN, mitosis y meiosis y plantas.
CONSERVACION Y CAMBIO		
C.7.5	Describe síndromes y condiciones causadas por alteraciones cromosómicas	
	C.7.5.2	Identifica las características de Síndrome de Down, Hemofilia y Síndrome de Turner

Mitosis y Meiosis

Racional

Una de las características más importante de las células y de los organismos es la capacidad para reproducirse. El tipo de reproducción más simple implica la división de una célula progenitora en dos células hijas, lo que se realiza duplicando primero su contenido y luego dividiéndose en dos. Esta división ocurre como parte del ciclo celular, que se puede definir como una serie ordenada de acontecimientos que preparan a la célula para dividirse seguido por el proceso real de división del núcleo, denominado mitosis. Aunque la mitosis se define como el proceso de división y separación cromosómica que tiene lugar en una célula que se divide, muchas veces utilizamos el término para referirnos al proceso mediante el cual se producen dos células hijas de composición cromosómica equivalente a la célula madre. La división celular es la forma fundamental a través del cual todos los seres vivos se propagan. En especies unicelulares como las bacterias y las levaduras, cada división de la célula produce un nuevo organismo. En especies pluricelulares se requieren muchas secuencias de divisiones celulares para crear un nuevo individuo; la división celular también es necesaria en el cuerpo adulto para reemplazar las células perdidas por desgaste, deterioro o por muerte celular. Así, un humano adulto debe producir muchas células nuevas simplemente para mantener el estado de equilibrio y, si el control sobre el ciclo celular se altera puede inducir patologías (por ejemplo: cáncer) o si se detiene, el individuo moriría en pocos días.

El ciclo celular de las eucariotas se divide en cinco fases principales: M (Mitótica) o de división de los cromosomas, una etapa previa de no división que comprende las fases G₁, S y G₂ que en conjunto se conocen como interfase y la división del citoplasma para dar lugar a las dos células hijas, que se conoce como citoquinesis. Este ciclo comprende un conjunto de procesos que una célula debe llevar a cabo para cumplir la replicación exacta del ADN y la segregación de los cromosomas replicados en dos células distintas. La gran mayoría de las células también doblan su masa y duplican todos sus orgánulos citoplasmáticos en cada

ciclo celular: De este modo durante el ciclo celular un conjunto complejo de procesos citoplasmáticos y nucleares tienen que coordinarse unos con otros. El ciclo celular puede ser esquematizado de la siguiente forma:

M =Mitosis

G1 =Período que sigue la mitosis y precede a la síntesis de ADN, las células sintetizan ARN y proteínas durante esta fase.

S =Período durante el cual ocurre la síntesis de ADN y de histonas

G2 =Período posterior a la síntesis de ADN y precede a la mitosis. Ocurren procesos de reparación del ADN recién replicado y la célula prepara toda la maquinaria celular para la Mitosis.

La mitosis es un tipo de división donde las células hijas tienen exactamente la misma información genética que la célula progenitora, este proceso también es conocido como reproducción asexual, y lo realizan todas las células eucariotas (en procariotas ocurre un proceso parecido conocido como bipartición).

Los organismos pluricelulares y algunos eucariotas unicelulares llevan a cabo adicionalmente un proceso de reproducción sexual, en el cual, la fusión de dos células producen una tercera célula que contiene información genética proveniente de cada una de las células progenitoras. Debido a que tal fusión causaría un número de cromosomas cada vez mayor, los ciclos de reproducción sexual emplean un tipo especial de división celular denominado meiosis, que reduce el número de cromosomas de la célula que va a efectuar la fusión. Las células con un juego completo de cromosomas son conocidas como diploides ($2n$). Durante la meiosis, una célula diploide replica sus cromosomas como usualmente se haría en la mitosis, pero luego se divide dos veces sin duplicar nuevamente su material genético dando origen a cuatro células hijas, cada una con la mitad de la carga genética (cromosomas) que la célula original, es decir, son haploides (n). Las células que realizan este tipo de división son células especializadas de los organismos que utilizan la reproducción sexual y se conocen como **gametos**. Los gametos son formados a partir de células precursoras diploides de la línea germinal, que en los seres humanos contienen 46 cromosomas, 22 pares diferentes conocidos como autosomas y un par llamado sexual, que en el caso de las mujeres está constituido por los cromosomas XX, mientras que en los hombres los cromosomas XY.

Los cromosomas de cada especie poseen una serie de características, como la forma, el tamaño, la posición del centrómero y las bandas que presentan al teñirse. Este conjunto de particularidades, que permite identificar los cromosomas de las distintas especies, recibe el nombre de cariotipo, y su representación gráfica, ordenada por parejas de cromosomas homólogos, se denomina cariograma.

Resumido de BIOLOGIA CELULAR MITOSIS Y MEIOSIS. CARIOTIPO.
Universidad "Lisandro Alvarado", Decanato de Ciencias de la Salud. Venezuela.

Actividad 1. Introducción. ¿Qué es un cromosoma?

Los participantes se reunirán por equipos (4-5 participantes).

Utiliza los materiales que te suministrará el capacitador y en colaboración con los miembros de tu equipo, construye un mapa de conceptos para explicar qué entiendes por CROMOSOMAS. Recuerda que un mapa conceptual es una red de conceptos. En la red, los nodos representan los conceptos, y los enlaces las posibles relaciones entre los conceptos. Puedes escribir frases breves que permitan explicar las relaciones que estableciste. Una vez concluyas el mapa de conceptos, cada equipo lo pegará en la pared o la pizarra y uno de los miembros del equipo, con la ayuda de los restantes, discutirá el mapa presentado.

Materiales

- Cartulina
- Marcadores y lápices de colores.

El capacitador utilizará esta actividad con el objetivo de explorar el conocimiento que poseen los participantes sobre la estructura y función de los cromosomas. Durante la exploración y la presentación y discusión de los mapas, el capacitador puede utilizar las siguientes preguntas para satisfacer el objetivo de la exploración:

- ¿Dónde se encuentran los cromosomas?
- ¿Cuáles organismos poseen cromosomas?
- ¿Cuál es la importancia de los cromosomas? ¿Cuál es su función (o funciones)?
- ¿Cómo están formados los cromosomas? ¿Cuál es su estructura?
- ¿Cuántos cromosomas posee el *Homo sapiens*? ¿Qué conoces sobre el término ploidía de una especie?

El capacitador debe anotar en un papelote (o pizarra) los conceptos (alternos o correctos) que surjan durante la discusión de los mapas de conceptos y las respuestas a las preguntas. No debe aclarar los errores en este momento.

Observaciones: Aunque esta actividad es de exploración, NO es posible discutir los conceptos de división celular, mitosis y meiosis, si los participantes no dominan el concepto de **cromosoma**. Por esta razón, el capacitador presentará un video después de la exploración para aclarar este concepto. Una vez presentado el video, el capacitador retomará los mapas de conceptos construidos por los

participantes y les propondrá que discutan cuáles cambios y/o nuevas aportaciones harían al mapa que construyeron. En esta etapa de la actividad, el capacitador retomará de nuevo las preguntas de la exploración y haciendo uso de los cambios propuestos y de las respuestas de los participantes, aclarará el concepto de cromosoma.

Video a presentar: (VIDEO 1 Cromosomas del ser humano)

<http://www.youtube.com/watch?v=VBRm1uy5jdl>

Antes de continuar con la próxima actividad los participantes deben aclarar los conceptos siguientes:

- Los cromosomas se encuentran en el núcleo de todas las células eucariotas, por tanto todos los organismos eucariotas poseen cromosomas.
- La cromatina está formada por el DNA y las proteínas asociadas. Durante el proceso de división celular, cada molécula de DNA y las proteínas asociadas, o sea la cromatina, se organizan tomando la forma de un cromosoma. Por tanto, solo podemos observar la cromatina organizada en forma de cromosoma cuando ocurre este proceso.
- El DNA presente en la cromatina que formará los cromosomas, es responsable de almacenar la inmensa mayoría del material hereditario (DNA) que posee la información para la síntesis de proteínas y el desarrollo y regulación de los procesos que realiza la célula. Observación: Es posible que conozcan que hay material hereditario en las mitocondrias y los cloroplastos.
- La especie *Homo sapiens* posee 23 pares de cromosomas $2n = 46$, por lo que posee dos cromosomas de cada tipo que poseen el mismo tipo de información hereditaria. Se conocen como homólogos. Los humanos son por tanto diploides ($2n$), porque poseen duplicada la información hereditaria.

Actividad 2. El Ciclo Celular (Hoja de trabajo 1)

El capacitador debe utilizar las siguientes preguntas para introducir y discutir el concepto de **Ciclo Celular**.

¿Por qué es importante la célula?

¿Qué actividades y funciones realiza una célula?

¿Qué diferencia existe entre división celular y crecimiento celular?

Materiales

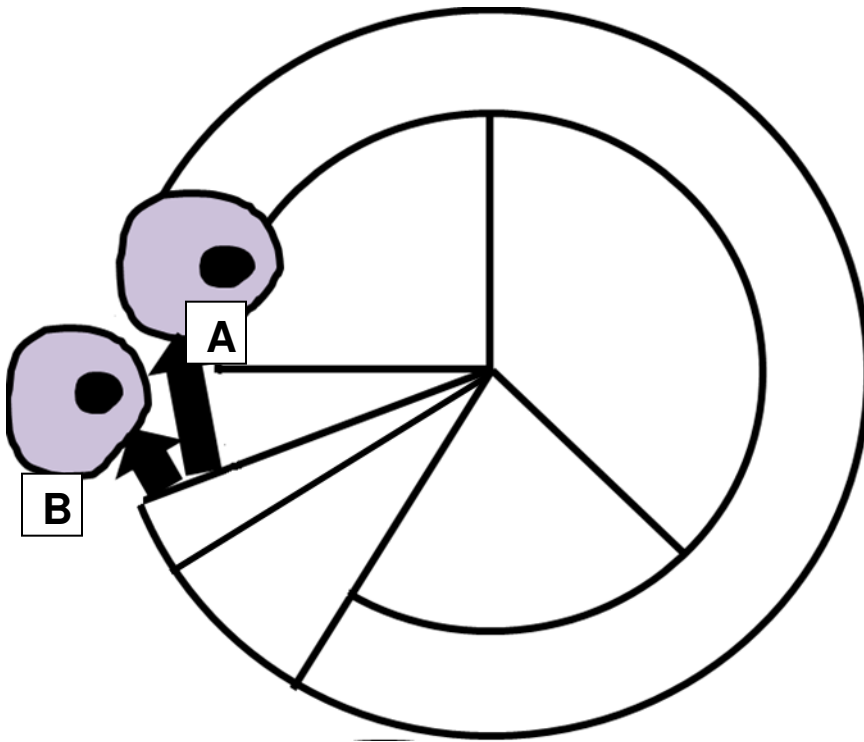


- Lámina donde aparece un diagrama de las etapas del ciclo celular.
- Tarjetas informativas, flechas que indican procesos y etapas del Ciclo Celular.
- Pega.
- Marcadores y lápices de colores.

Instrucciones (Hoja de trabajo 1)

- Los participantes trabajarán en equipo (4-5 participantes).
- Considera el diagrama que representa el Ciclo Celular que aparece en la lámina que te entregó el capacitador. Para completar el mismo, utiliza las tarjetas informativas, las flechas que indican procesos y los nombres de las etapas del ciclo celular.
- Una vez completado tu diagrama, pega el mismo en la pared y responde las preguntas que aparecen a continuación:

Diagrama del Ciclo Celular



Observaciones:

Preguntas a utilizar por el capacitador durante la discusión de los diagramas:

1. ¿Qué conoces de la célula A? ¿Cómo describirías la misma?
2. ¿Qué conoces de la célula B? ¿Cómo describirías la misma?
3. ¿Por qué en el diagrama se representan dos células, cuál es la connotación que tiene esta representación?
4. ¿Para qué ocurre una duplicación del ADN, qué relación tiene esta duplicación con los cromosomas?
5. ¿Qué importancia tiene que ocurran procesos que impiden que la célula inicie la duplicación de los cromosomas?
6. Con relación a su funcionamiento, qué diferencia(s) puede haber entre una célula que ha duplicado su material hereditario y otra que no ha iniciado este proceso. Explica.

Respuestas

La célula A simboliza una célula que inicia el ciclo celular. La célula B una célula hija resultante de la división del ciclo celular. Se presentan dos células porque la división que ocurre durante el desarrollo del ciclo celular y la mitosis del núcleo produce dos células a partir de una. El DNA se duplica porque se producen dos células hijas con material hereditario igual al de la célula madre. Si la célula estuviera constantemente en proceso de división celular, no podría realizar todas sus funciones, como es el caso de las células que producen sustancias necesarias para desarrollar procesos del organismo. La célula que ha duplicado su material hereditario ha entrado en el proceso de división celular, la que no, está realizando sus funciones.

Tarjetas informativas (Anexo 1)

Es el intervalo (Gap) de funcionamiento y crecimiento celular antes de que se inicie la replicación del ADN (cromosomas no duplicados).

Es el tiempo de síntesis del crecimiento celular cuando la replicación del ADN se ha completado (los cromosomas se han duplicado).

Es el segundo intervalo (Gap), después de la replicación del DNA, cuando la célula se prepara para la división.

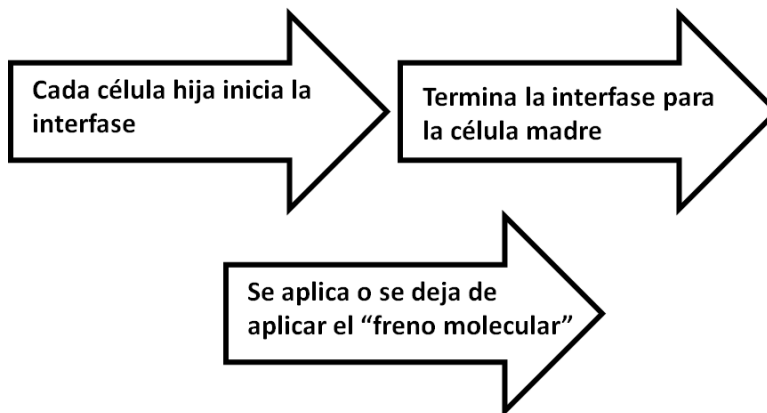
Tipo de división del núcleo que mantiene el número de cromosomas maternos en las células hijas. Constituye la fase del crecimiento, la reparación de los tejidos y la reproducción asexual de los eucariotas.

También se conoce como división citoplasmática o división del citoplasma

Intervalo del ciclo celular que ocurre entre las divisiones del núcleo, donde la célula incrementa su masa, duplica sus cromosomas y casi duplica el número de sus componentes citoplasmáticos.

Procesos moleculares que impiden que la célula inicie la duplicación de los cromosomas

Flechas relacionadas con el inicio/final de los procesos del Ciclo Celular (Anexo 2)



Etapas del Ciclo Celular (Anexo 3)

INTERVALO G1 DEL CICLO CELULAR
ETAPA DE INTERFASE DEL CICLO CELULAR
INTERVALO S DEL CICLO CELULAR
INTERVALO G2 DEL CICLO CELULAR
MITOSIS
CITOQUINESIS

Actividad 3. Introducción a la mitosis

En la actividad anterior relacionada con el Ciclo celular discutimos que una de las etapas de este ciclo se conoce como MITOSIS. ¿Cuál es la función del proceso de mitosis?

A continuación te presentamos un video sobre el proceso del Ciclo Celular. Después de ver el video, contesta las siguientes preguntas:

<http://www.youtube.com/watch?v=hFl4BaaMCOg&playnext=1&list=PLA55D88A4B837928E> (Video 2 Ciclo celular, Mitosis. Editar este y quitarle la parte del óvulo)

¿Cuál es la importancia del proceso de mitosis para la vida en la tierra? ¿Qué organismos realizan el proceso de mitosis? ¿En qué consiste este proceso? ¿Cuáles son sus etapas?

La mitosis es parte del proceso de división celular que garantiza la reproducción asexual en muchos organismos, el incremento del número de células y la reparación de tejidos. Muchos organismos que se reproducen asexualmente lo hacen por mitosis, además, las células somáticas de los organismos pluricelulares se reproducen por mitosis. La mitosis es la división del núcleo de células

eucariotas en dos núcleos que poseen igual material hereditario que el núcleo de la célula madre original. Aunque la mitosis propiamente es la división del núcleo, se utiliza indistintamente el término para referirse a la división celular en células somáticas.

Actividad 4. Observando la mitosis en el microscopio (Hoja de trabajo 2)

Tinción de raíz de cebolla (Etapas de la mitosis)

Materiales (multiplicar por equipo de participantes)

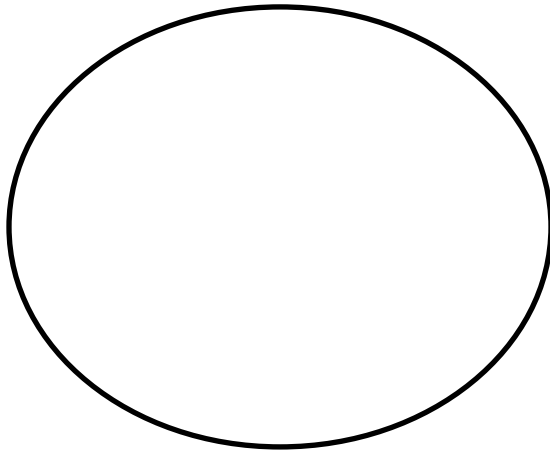
- Cebollas recién germinadas
- Mitosis Laboratory Kit
- Pinzas
- Agua desionizada
- Aceite de inmersión
- Microscopio
- Lápices de colores
- Cartel con las etapas de la mitosis.
- Preparación microscópica fija con punta de raíz

Procedimiento (Hoja de trabajo 2)

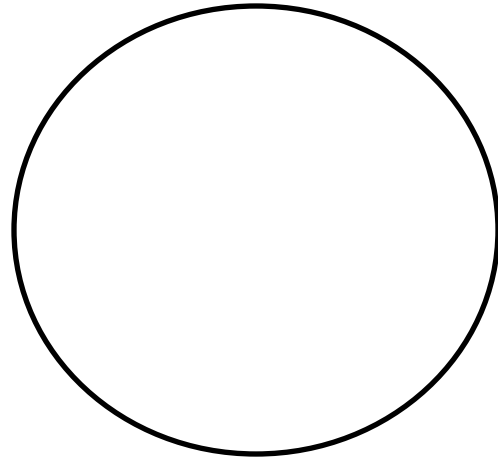
1. Utilice el escalpelo para cortar tres puntas de cebolla recién germinadas.
2. Coloque las puntas en una laminilla utilizando las pinzas.
3. Añada 2-3 gotas de HCL 1M hasta cubrir las puntas de cebolla. Manténgalas en la solución de HCL durante 5 minutos.
4. Seque el exceso de HCL con el papel toalla.
5. Añada 2-3 gotas de agua desionizada con un gotero limpio y use el papel toalla para eliminar el exceso de agua.
6. Repita el paso 5.
7. Use un gotero limpio y añada 2-3 gotas de azul de metileno. Manténgala las puntas de cebolla en la solución por 3 minutos.
8. Añada una gota de agua desionizada con el gotero que utilizó en el paso 5.
9. Cubra la laminilla con el cubreobjetos.
10. Coloque un pedacito de papel toalla sobre la preparación y presione suavemente para aplastar las puntas de cebolla. No tuerza el cubreobjetos ni desmenuce las puntas de cebolla.
11. Observe al microscopio siguiendo las instrucciones del capacitador (4x, enfoque y cambie a 40X).
12. Identifique las fases de la mitosis.

Haciendo uso del cartel donde aparecen las diferentes etapas de la mitosis, identifique las mismas en la preparación de punta de raíz y dibújelas en las hojas de trabajo suministradas al respecto. Señale en el dibujo las características que usted observó en la preparación microscópica que le permitieron identificar cada una de las fases.

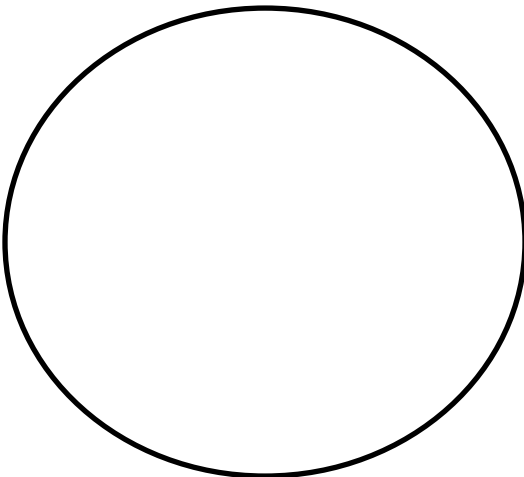
Hoja de trabajo 2. Continuación. Fases (Etapas) de la mitosis



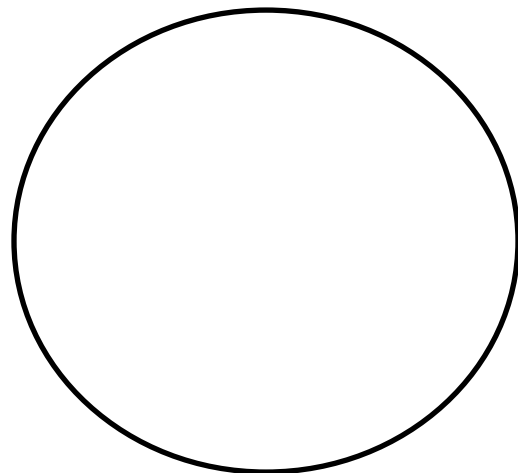
FASE:
Características:



FASE:
Características:



FASE:
Características:



FASE:
Características:

Una vez que hayas dibujado, descrito y discutido con los integrantes de tu equipo las diferentes etapas de la mitosis, retira la preparación microscópica que montaron y coloca en el microscopio la laminilla sobre “punta de raíz” montada profesionalmente. Identifica en la misma las diferentes etapas de la mitosis y compara con tu laminilla.

¿Funcionó tu montaje?

Reúnete con los miembros de tu equipo y contesta las siguientes preguntas:

- ¿Por qué utilizamos “punta de raíz” de cebolla para observar diferentes etapas del proceso de mitosis? ¿Qué tipo de reproducción ocurre en la punta de la raíz?

Porque es un tejido meristemático donde ocurren mitosis aceleradas debido al constante crecimiento acelerado de la raíz.

- ¿Cuál es el resultado de la mitosis? Con relación al material hereditario, ¿cómo comparan las células antes y después de finalizado el proceso?

Dos hijas de una original. Todas poseen idéntico material hereditario (salvo mutaciones)

- ¿Por qué se duplica el material hereditario durante la etapa de síntesis del ciclo celular? ¿Por qué solamente podemos observar los cromosomas condensados en la profase de la mitosis?

Porque se producirán dos células hijas con igual material hereditario que la progenitora. Porque durante la etapa en que la célula realiza sus funciones, cada cromosoma es una molécula de DNA que posee información para el desarrollo de los procesos celulares. La célula “empaqueta” el DNA antes de iniciar la mitosis.

Observa un resumen de la mitosis o división del núcleo en la célula eucariota.

http://www.youtube.com/watch?annotation_id=annotation_706798&feature=iv&src_vid=nPG6480RQo0&v=VGV3fv-uZYI

Video 3 The stages of mitosis

Actividad 5. Mitosis y Meiosis

El capacitador puede utilizar las preguntas del video durante la proyección del mismo. Observa el siguiente video (Video 4 Reproducción celular Mitosis y Meiosis):

<http://www.youtube.com/watch?v=2p4H1JHo1k>

a. Modelos y conceptos (Hoja de trabajo 3)

Antes de establecer una comparación entre los procesos de meiosis y mitosis debemos construir algunos modelos que nos permitan conceptualizar las diferentes formas en que se pueden visualizar los cromosomas durante las diferentes etapas de la división celular. Utiliza la información que te brindó el video para construirlos.

Materiales

- Plasticina de tres colores diferentes
- Imanes pequeños
- Marcadores
- Cartulina
- Cartel sobre mitosis y meiosis
- Masking tape

Instrucciones

Con los materiales que te suministró el capacitador construye un modelo para cada uno de los conceptos que aparecen a continuación, colócalo en la cartulina, fíjalo con masking tape e interpreta cada concepto escribiendo una definición del mismo al lado del modelo que lo representa. Debes establecer a cuál o cuáles procesos pertenece tu modelo de cromosomas, a la mitosis, a la meiosis o a ambas.

- Cromosoma condensado
- Cromosoma duplicado
- Tétrada
- Tétrada donde ocurrió *crossing over* (entrecruzamiento)

b. Comparación entre los procesos de mitosis y meiosis (hoja de trabajo 4)

Racional

En las actividades anteriores discutimos el concepto de mitosis y observamos un video relacionado con el proceso de meiosis. La mitosis y la meiosis son dos procesos que ocurren durante el desarrollo del ciclo celular, específicamente con las etapas de la división celular en que se distribuye el material hereditario que está presente en las células progenitoras, en las células hijas. O sea, son etapas de la división celular que corresponden a la división del núcleo de la célula. Aunque estos dos procesos son muy parecidos, sin embargo tienen grandes diferencias. Estas diferencias guardan relación con la función que realizan estos dos procesos en la reproducción de los organismos. En esta actividad intentaremos establecer estas diferencias, comparar ambos procesos entre sí y explicar la importancia que tiene cada uno de éstos en la reproducción de aquellos organismos que los realizan.

Materiales (multiplicar por equipo de participantes)

- Modeling Mitosis and Meiosis Kit
- Cartulina (2)
- Cartel de meiosis y mitosis
- Marcadores

Instrucciones

En el Kit que te entregó el capacitador puedes encontrar:

- 4 pares de paletas medianas
- 4 pares de paletas grandes
- 2 pares paletas pequeñas
- 4 fragmentos (2 rojos y 2 rositas)
- 16 cuadrados (8 rojos y 8 rositas)
- 16 círculos (8 rojos y 8 rositas)
- 16 triángulos (8 rojos y 8 rositas)

1. En cada cartulina vas a construir dos células, una realizará la mitosis y la otra la meiosis. Nombra cada una. Utiliza los marcadores para dibujar las células y el cartel para guiarte. Las células se encuentran en la fase del ciclo celular en que los cromosomas son visibles.

¿En qué fase los cromosomas son visibles y por qué?

¿Qué característica poseen estos cromosomas?

(Ver respuestas anteriores)

2. Para construir cada célula vas a utilizar cuatro paletas grandes y cuatro pequeñas. Toma en cuenta en qué fase del ciclo celular se encuentra la célula. Las dos células iniciales poseen una ploidía de $2(n) = 4$.
3. ¿Qué modelo crearías para cada cromosoma? ¿Cómo interpretas este modelo?
Los modelos serían dos cromosomas homólogos grandes con sus cromátidas (están duplicados) y dos cromosomas medianos con sus cromátidas (están duplicados) Ver PP.
4. En el brazo más largo de uno de los cromosomas grandes (y en su cromátida) vas a colocar un triángulo rojo, en su homólogo (y en su cromátida) vas a colocar un triángulo rosita. Coloca los triángulos en la misma posición.
5. En los dos cromosomas medianos (y sus cromátidas) vas a colocar un círculo rojo en la misma posición.

¿Qué representan las figuras que colocamos? ¿En qué se diferencian los dos cromosomas grandes, en qué se diferencian los medianos? ¿Qué relación existe entre estos cromosomas con relación a la información genética?

Los dos homólogos grandes poseen alelos diferentes del mismo gen (son heterocigóticos para este gen), mientras que los dos homólogos medianos poseen el mismo alelo (son homocigóticos para este gen)

6. Ahora, intenta simular el fenómeno de “crossing over” en la célula donde este proceso sea posible.
7. Ahora vas a realizar paso a paso cada una de las etapas de la mitosis (célula 1) y de la meiosis (célula 2). Utiliza los materiales que te suministró el capacitador para realizar este proceso.

Una vez que hayas terminado el proceso, completa la siguiente tabla:

	MITOSIS	MEIOSIS
Definición		
Procesos con los que se relaciona en los organismos eucariotas		
¿Dónde ocurre?		
Fases y etapas		
Ploidía de la célula progenitora		
Ploidía de las células hijas		
Número de células hijas		

Características genéticas de las células hijas con relación a la célula progenitora		
Destino biológico de las células hijas		

Si ya completaste la tabla, discute tus resultados con los restantes participantes.

Actividad 6. Alteraciones cromosómicas

a. Construyendo un cariograma (Hoja de trabajo 5)

Racional

Se conoce como **mapa citogenético** o **cariograma** a la representación ordenada de los cromosomas de un individuo en función de su número, forma y tamaño, cuando se tiñen y se examinan bajo un microscopio. Dependiendo de la tinción empleada, se obtendrá un patrón de bandas claras y oscuras diferente y específico para cada par cromosómico. Esta característica permite estudiar los cromosomas de una persona en busca de alteraciones cromosómicas.

El **cariotipo** es el patrón cromosómico de una especie expresado a través de un código, establecido por convenio, que describe las características de sus cromosomas. Debido a que en la imagen microscópica suelen aparecer no ordenados, el concepto de cariotipo se usa con frecuencia para referirse a un cariograma, el cual es un esquema, foto o dibujo de los cromosomas de una célula metafásica ordenados de acuerdo a su morfología (metacéntricos, submetacéntricos, telocéntricos, subtlocéntricos y acrocéntricos) y tamaño, (grandes, medianos y pequeños). El cariotipo es característico de cada especie, al igual que el número de cromosomas; el ser humano tiene 46 cromosomas (23 pares porque somos diploides, 2n) en cada célula, organizados en 22 pares autosómicos y 1 par sexual (hombre XY y mujer XX). Gracias a las técnicas de tinción y marcado, cada brazo ha sido dividido en zonas y cada zona, a su vez, en bandas e incluso las bandas en sub-bandas. No obstante puede darse el caso, en

los humanos, de que se presenten otros patrones en los cariotipos, a lo cual se le conoce como aberración cromosómica.

Materiales

- Figuras de cromosomas
- Tijeras
- Cartulina
- Pega
- Regla
- Marcadores y lápices de colores.
- Hoja de trabajo con la tabla 1

a. ¿Qué tipos de cromosomas humanos conoces?

El capacitador entregará a cada equipo un sobre o bolsa plástica donde se encuentran 46 cromosomas. Los integrantes de cada equipo deberán realizar las siguientes tareas:

Instrucciones

- Clasificar los mismos utilizando la Tabla 1 atendiendo a la posición del centrómero, el tamaño y la presencia de satélites.
- Utilizar una cartulina para construir el cariograma correspondiente considerando la definición de cariograma enunciada en el racional.
- Para la construcción del cariograma los cromosomas serán ordenados de mayor a menor tamaño y numerados según la tabla 1.

Una vez construido el cariograma, deberán responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo agrupaste los cromosomas atendiendo a los criterios que se presentan en la Tabla 1?
 2. ¿A qué sexo corresponde el cariograma que construiste? Explica tu respuesta. Al que le tocó la pareja de cromosomas sexuales XY será masculino. Al que le tocó XX, femenino.
 3. ¿Cómo describirías el cariotipo del sujeto (hipotético) representado por los cromosomas que te correspondieron? Explica tu respuesta.
- 2(n) = 46 donde n = 23 Es diploide.

Tabla 1. Clasificación de los cromosomas humanos atendiendo a la posición del centrómero, el tamaño y la presencia de satélites.

GRUPO	Características y número asignado
A	Agrupación caracterizada por ser cromosomas muy grandes, casi metacéntricos. En concreto, 1 y 3 metacéntricos; 2 submetacéntricos.
B	Se encuentran los pares cromosómicos 4 y 5. Se trata de cromosomas grandes y submetacéntricos (con dos brazos muy diferentes en tamaño).
C	Se encuentran los pares cromosómicos 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, X. Son cromosomas medianos submetacéntricos.
D	Se encuentran los pares cromosómicos 13, 14 y 15. Se caracterizan por ser cromosomas medianos acrocéntricos con satélites.
E	Se encuentran los pares cromosómicos 16, 17 y 18. Son cromosomas pequeños, metacéntrico el 16 y submetacéntricos 17 y 18.
F	Se encuentran los pares cromosómicos 19 y 20. Se trata de cromosomas pequeños y metacéntricos.
G	Se encuentran los pares cromosómicos 21, 22, Y. Se caracterizan por ser cromosomas pequeños y acrocéntricos (21 y 22 con satélites).

Después de responder las preguntas anteriores, cada equipo pegará su cartulina en la pared o la pizarra y discutirá sus resultados en plenaria.

b. Anomalías cromosómicas (Hoja de trabajo 6)

Mediante el cariotipo se pueden analizar anomalías numéricas y estructurales, cosa que sería muy difícil de observar mediante genética mendeliana a partir de los resultados de los cruzamientos entre progenitores. Veamos si puedes reconocer e identificar algunas anomalías cromosómicas y asociarlas al síndrome correspondiente.

Materiales

- Hojas de tamaño legal (o cartulina de tamaño aproximado).
- Pega
- Regla
- Sobre con figuras de cromosomas
- Tabla con información sobre síndromes.

Instrucciones

- Reúnete con los miembros de tu equipo. El capacitador te entregará un sobre que contiene un juego de cromosomas.
- Construye un cariograma con los cromosomas del sobre que le corresponda.
- Una vez construido tu cariograma, analiza el mismo y completa la tabla 2 identificando el nombre del Síndrome que corresponda.

Tabla 2. Síndromes

SÍNDROME	DESCRIPCIÓN	Anomalía que se presenta	CARIOGRAMA
Síndrome de Turner	Es un trastorno genético que se presenta en las niñas y se debe a la presencia de un sólo cromosoma X. Provoca que sean más bajas que el resto y que no maduren sexualmente a medida que alcanzan la edad adulta.	Al cromosoma 23 sexual le falta su homólogo X0	
Síndrome de Klinefelter	Es un transtorno genético que se presenta en los hombres al tener un cromosoma X extra, son XXY. Los síntomas se relacionan con un bajo o nulo desarrollo sexual masculino, causando infertilidad, pene y testículos pequeños, agrandamiento de mamas, estatura alta, proporciones corporales anormales.	Existen 3 cromosomas para el 23 XXY	
Síndrome de John Edwards	Trisomía en el cromosoma 18. Se conoce poco del trastorno, pero algunos estudios lo relacionan con la edad avanzada de la mujer gestante. El 80% de los nacidos con síndrome de Edwards son mujeres y en casi todos los casos genera retraso mental; en cuanto al aspecto fisiológico, entre las principales lesiones que genera se encuentran: malformaciones cardíacas y esqueléticas. La mayoría muere antes del primer año de vida	Existen 3 cromosomas 18 en vez de 2	
Síndrome de Patau	Trisomía en el cromosoma 13, se caracteriza por ocasionar labio y paladar divididos en la línea media, ojos separados y pequeños, orejas deformes, sordera, cráneo pequeño, malformaciones cerebrales, cardíacas y genitales, ausencia de costillas, retraso mental y convulsiones.	Existen 3 cromosomas 13 en vez de 2	

Síndrome de Down	Trastorno genético causado por la presencia de una copia extra del cromosoma 21 (o una parte del mismo), en vez de los dos habituales. Se caracteriza por la presencia de un grado variable de discapacidad cognitiva y unos rasgos físicos peculiares que le dan un aspecto reconocible. Es la causa más frecuente de discapacidad cognitiva psíquica congénita ¹	Existen 3 cromosomas 21 en vez de 2	
------------------	---	-------------------------------------	--

Responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué característica comparten todos los cariogramas que construiste?
- Considera el proceso de meiosis que estudiamos. ¿Qué relación puedes establecer entre este proceso y los síndromes representados por los cariogramas que construiste?

Actividad 7. Un poco de estadística (Hoja de trabajo 7)

Observa el siguiente trailer de la película *I am Sam* que te presentará el capacitador (video 5 I am Sam):

http://www.youtube.com/watch?v=z_AguDqCBvo

¿Por qué Sam se comporta de esa manera?

No se conocen con exactitud las causas que provocan este tipo de síndrome. Sin embargo, los genetistas tienen algunas pistas importantes. Representa gráficamente los datos (reales) que se presentan en la tabla 3 sobre la incidencia de este síndrome e intenta proponer una posible explicación:

Materiales

- Hoja de gráfica (papel de gráfica)
- Calculadora

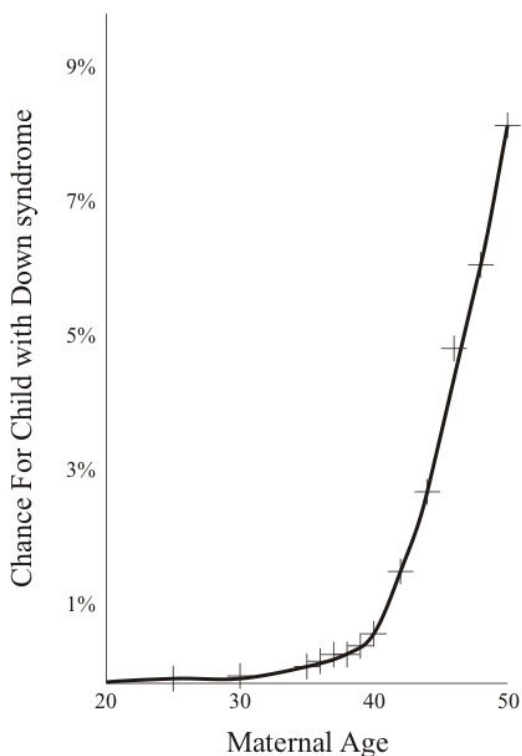
Incidencia del Síndrome de Down

Edad de la madre (años)	Factor de Riesgo
25	1 en 1,250
30	1 en 1,000

35	1 en 400
40	1 en 100
45	1 en 30
≥ 50	1 en 12

¿Qué variables consideraste para elaborar tu gráfica? ¿Qué características posee estas variables? ¿Puedes establecer alguna relación entre las mismas, de qué tipo? ¿Qué inferencias puedes hacer analizando la gráfica que construiste?

Deben construir la gráfica colocando en el eje X la edad de la madre (variable independiente) y en el eje Y el porcentaje de riesgo de tener un hijo con Síndrome de Down (variable dependiente). Sí existe relación, a medida que la edad de la madre es mayor, la probabilidad de riesgo se incrementa. Esta relación es exponencial, puede linealizarse transformando la variable dependiente como \ln .



Actividad 8. Las alteraciones cromosómicas y las mutaciones (Hoja de trabajo 8)

¿Qué entiendes por una mutación? ¿Qué importancia puede tener para la vida en la tierra el fenómeno de las mutaciones? ¿Qué tipos de mutaciones conoces?

Las mutaciones son cambios en el material hereditario, pueden ser cambio en la secuencia de las bases o alteración de fragmentos mayores de DNA, como translocaciones, deleciones, sustituciones, etc. Constituyen junto con la recombinación genética y el crossing over una de las fuentes importantes de cambio en el material hereditario y por tanto de diversidad genica.

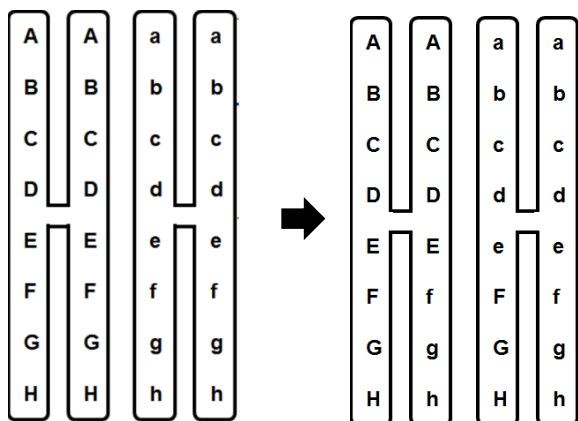
Observa el siguiente video (Video 6 Anomalías cromosómicas):

<https://sites.google.com/a/ps.edu.pe/biologiaps/gene/cromosomas/anomalias-cromosomicas>

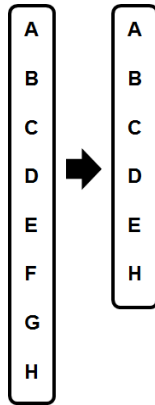
Responde las siguientes preguntas:

- ¿A qué alteraciones cromosómicas se refiere el video? ¿A qué tipos hace referencia? ¿En qué difieren las alteraciones a que hace referencia el video de las que estudiamos en las dos actividades anteriores?
- En cuál(es) de las etapas del ciclo celular pudieron ocurrir estas alteraciones? Explica tu respuesta.

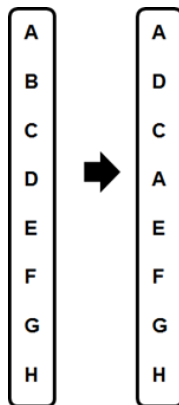
A continuación te presentamos tres dibujos de posibles alteraciones. Describe que observas en cada una y trata de identificarlas:



Descripción e Identificación



Descripción e Identificación



Descripción e Identificación

Actividad de cierre. Weissman y Mendel (Hoja de trabajo 9)

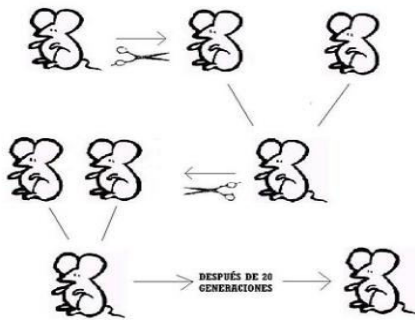
Dos investigadores famosos por sus resultados en el estudio de los mecanismos de la herencia fueron Augusto Weismann y Gregorio Mendel. Weissman demostró la falsedad de la teoría de la pangénesis, mientras que Mendel estableció las leyes básicas de la herencia. A continuación te presentaremos los resultados de dos experimentos de estos investigadores:

1. Mendel cruzó una planta de guisantes de flores rojas (P) con una de flores blancas (p) y obtuvo un 100 % de los descendientes con flores rojas (F1). Cruzó después dos de estos descendientes (F1) entre sí y obtuvo un 75 % de los descendientes (F2) con flores rojas y un 25 % (F2) con flores blancas.

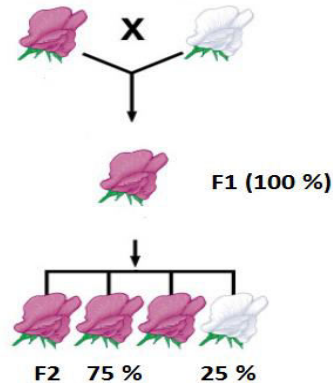


2. Weismann cortó la cola de dos ratones y los cruzó entre sí. Todos los descendientes nacieron con cola. Cortó la cola a los descendientes y los cruzó entre sí. Los descendientes tenían cola. Hizo lo mismo durante 20 generaciones y siempre obtuvo descendientes con cola.

Experimento de Weismann



Experimento de Mendel



¿Cómo explicarías estos resultados?

Considera los conceptos que hemos discutido y las actividades que hemos realizado.

Respuestas

Weissman demostró que los caracteres adquiridos en vida del organismo no se transmiten a los descendientes (no se está haciendo referencia a posibles mutaciones en el DNA de las células germinales). La herencia, durante la reproducción sexual se transmite por la vía germinal (germoplasma), no por la vía somática.

Mendel demostró que la transmisión de los caracteres hereditarios, en la planta de guisante, durante la reproducción sexual, se realiza por la vía de los gametos (polen y óvulo).

Glosario

ADN (ácido desoxirribonucleico). Un ácido nucleico compuesto de dos cadenas de polinucleótidos que se disponen alrededor de un eje central formando una

doble hélice. Lugar donde esta "depositada" la información genética. Su unidad básica, el nucleótido, consiste en una molécula del azúcar desoxirribosa, un grupo fosfato, y una de estas cuatro bases nitrogenadas: adenina, timina, citosina y guanina.

Centriolo: Organelo celular par, que interviene en la organización del huso mitótico durante la división celular de los eucariotas.

Centrómero: Región especializada de cada cromátida al cual se "adhieren" los cinetocoros y las cromátidas hermanas.

Citocinesis (cito: prefijo que significa "relativo a célula, del griego kytos = recipiente; kinesis = movimiento) proceso por el cual una célula se separa de la célula "hermana", lo que usualmente ocurre al final de la división celular.

Cinetocoros: Estructuras en los centrómeros de los cromosomas a los cuales se conectan las fibras del huso acromático.

Cromatina: Complejo de ADN y proteínas en células eucariotas que se dispersa en el núcleo durante la interfase y se condensa en cromosomas durante la meiosis y mitosis.

Cromosomas (del griego chroma = color; soma = cuerpo): Estructuras del núcleo de la célula eucariota que consiste en moléculas de ADN (que contienen los genes) y proteínas (principalmente histonas).

Eucariotas (del griego eu = bueno, verdadero; karyon = núcleo, nuez): organismos caracterizados por poseer células con un núcleo verdadero rodeado por membrana. El registro arqueológico muestra su presencia en rocas de aproximadamente 1.200 a 1500 millones de años de antigüedad

Homólogos: Un par de cromosomas en cual un miembro del par tiene origen materno y el otro paterno; se los encuentra en células diploides.

Fase G1 (del inglés gap = intervalo): primer intervalo del ciclo celular

Fase S: (la S va por Síntesis del ADN): fase del ciclo celular caracterizada por la síntesis de ADN

Fase G2 (del inglés gap = intervalo): intervalo o período de latencia antes de pasar a la mitosis (fase M)

Genes (del griego genos = nacimiento, raza; del latín genus = raza, origen): segmentos específicos de ADN que controlan las estructuras y funciones celulares; la unidad funcional de la herencia. Secuencia de bases de ADN que usualmente codifican para una secuencia polipeptídica de aminoácidos.

Histonas: Proteínas asociadas con el ADN de los eucariotas

Interfase: la parte más larga del ciclo celular, ocurre antes de la mitosis o meiosis; comprende a las fases G1, S, G2.

Meiosis (del griego meio = menor): División del núcleo en la cual la copia de los

cromosomas es seguida por dos divisiones nucleares. Cada uno de los gametos resultantes recibe la mitad del número de cromosomas número (número haploide) de la célula original.

Mitosis: La división del núcleo y del material nuclear de una célula; se la divide usualmente en cuatro etapas: profase, metafase, anafase, y telofase. La copia de una célula. La mitosis ocurre únicamente en eucariotas. El ADN de la célula se duplica en la interfase y se distribuye durante las fases de la mitosis en las dos células resultantes de la división.

Procariontas (del latín pro = antes, del griego karyon = núcleo, nuez): Tipo de célula que carece de núcleo rodeado por membrana, posee un solo cromosoma circular. Carecen de organelos rodeados por membranas. Se consideran las primeras formas de vida sobre la Tierra, existen evidencias que indican que ya existían hace unos 3.500.000.000 años.

Proteínas: (del griego proteios = primario, del griego Proteo, dios mitológico que adoptaba numerosas formas). Polímeros constituidos por aminoácidos que intervienen en numerosas funciones celulares. Una de las clases de macromoléculas orgánicas que tienen funciones estructurales y de control en los sistemas vivientes. Las proteínas son polímeros de aminoácidos unidos por uniones peptídicas.

Punto R (R por restricción): fase tardía de la G1 cuando las células detienen su división

p53: gen localizado en el brazo corto del cromosoma humano Nro.17, banda 13. Sintetiza la proteína del mismo nombre. Sin una proteína p53 funcional, la célula no puede regular su ciclo celular. Se estima que el 50% de todos los cánceres conocidos tienen una alteración de la proteína p53, más información en estos enlaces

Replicar: producir una copia muy parecida (facsimilar)

Segregación: separación de los cromosomas durante la división celular.

BIBLIOGRAFÍA

Starr C. y R. Taggart (2011). Biology. The Unity and Diversity of Life. Thompson Brooks Cole. 11na Edición.

ANEjXO1. Tarjetas Informativas

Es el intervalo (Gap) de funcionamiento y crecimiento celular antes de que se inicie la replicación del ADN (cromosomas no duplicados).

Es el tiempo de síntesis del crecimiento celular cuando la replicación del ADN se ha completado (los cromosomas se han duplicado).

Es el segundo intervalo (Gap), después de la replicación del DNA, cuando la célula se prepara para la división.

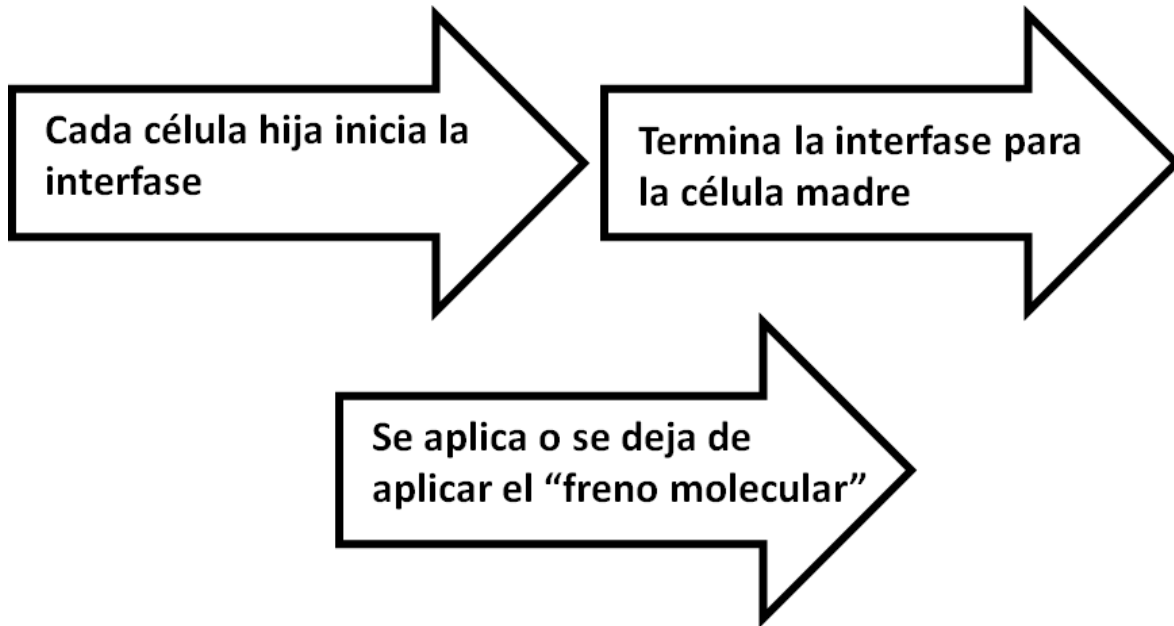
Tipo de división del núcleo que mantiene el número de cromosomas maternos en las células hijas. Constituye la fase del crecimiento, la reparación de los tejidos y la reproducción asexual de los eucariotas.

También se conoce como división citoplasmática o división del citoplasma

Intervalo del ciclo celular que ocurre entre las divisiones del núcleo, donde la célula incrementa su masa, duplica sus cromosomas y casi duplica el número de sus componentes citoplasmáticos.

Procesos moleculares que impiden que la célula inicie la duplicación de los cromosomas

Anexo 2



ANEXO 3

INTERVALO G1 DEL CICLO CELULAR

ETAPA DE INTERFASE DEL CICLO CELULAR

INTERVALO S DEL CICLO CELULAR

INTERVALO G2 DEL CICLO CELULAR

MITOSIS

CITOQUINESIS