

REPRODUCCIÓN CELULAR.

OBJETIVOS

- 1.- Mencionar los diferentes mecanismos de la división celular.
- 2.- Identificar las formas de división propias de las células somáticas y germinales.
- 3.- Describir cada uno de los estados de la mitosis.
- 4.- Describir la formación de gametos a través de la meiosis.

PROCEDIMIENTO

- 1.- Observar y estudiar cuidadosamente cada dibujo, tabla o figura, pues son representaciones gráficas de un conocimiento.
- 2.- Las dudas que surjan resolverlas inmediatamente con el maestro coordinador.
- 3.- Como autoevaluación, contestar lo que se le pregunta al final de cada párrafo. Si no lo puedes contestar estas factoriales, debes repasar de nuevo la unidad.

REPRODUCCIÓN CELULAR.

Cuando una célula típica adquiere el tamaño característico particular, se divide. Este proceso constituye la reproducción celular. La división de una célula (citocinesis) está asociada típicamente con un complicado método indirecto de división nuclear (cariocinesis). Los dos procesos constituyen la mitosis.

MITOSIS

Definición. La mitosis es una forma de división celular que involucra una división exacta, tanto cuantitativa como calitativa, de todos los constituyentes esenciales del núcleo.

Fases o pasos. Debe pensarse que la mitosis es un proceso continuo que se inicia con un crecimiento celular simple ("descanso") y termina sin haber sufrido ningún cambio de importancia, solamente hasta que esa célula se ha dividido en dos. Para el mejor entendimiento del desarrollo del proceso generalmente, se divide en cuatro fases. Esencialmente son las mismas tanto en plantas como animales, pero sufren algunas variaciones entre los diversos organismos. Como se ha señalado con anterioridad, el proceso que presenta en la mayoría de los organismos. La fase del crecimiento es la interfase.

Profase. Esta incluye todos los cambios en la célula, desde el principio de la división, hasta el acomodamiento de los cromosomas sobre el ecuador de la célula. Estos cambios se presentan, aproximadamente, en la siguiente secuencia.

(1) Los centriolos se separan y se desplazan hacia los polos opuestos del núcleo, a  $90^\circ$  de su posición original. (Los centriolos se encuentran ausentes de las células de los vegetales superiores). Al mismo tiempo, empiezan a aparecer fibras en el citoplasma (Helioaster), las cuales irradian de los centriolos si éstos se encuentran presentes. (2) La cromatina en el núcleo, se condensa para formar los característicos cromosomas, cada uno de los cuales está formado de dos cromatinas paralelas. El número de cromosomas de una célula, es característico para cada especie de organismo. (3) La membrana nuclear desaparece. (En algunos casos, la membrana persiste y se realiza la mitosis dentro de ella). (4) Se forma el huso acromático, el cual está formado de dos tipos de fibras: *fibras continuas*, que se extienden de polo a polo y *fibras cromosómicas*, adheridas a un lugar en particular, el *centrómero* en cada cromosoma. (5) El nucléolo desaparece. (6) Los cromosomas emigran hacia el plano ecuatorial.

Metafase. La metafase es el estado en el que los cromosomas se encuentran en el ecuador y durante el cual principia la separación de las cromátidas hijas de cada cromosoma. Involucra relativamente poca actividad.

Anafase. Las cromátidas de cada cromosoma se separan y emigran hacia los polos. Las posiciones de los nuevos núcleos se mueven como si fueran jalados por la contracción de las fibras que se encuentran adheridas a ella. En esta fase las cromátidas pasan a ser cromosomas hijas, que se han derivado del cromosoma original, al dividirse éste longitudinalmente para formar dos.

Telofase. Este estado incluye los procesos de organización del núcleo hijo. (1) Los cromosomas se transforman, dando lugar a la red de cromatina de la interfase del núcleo; aparece la membrana nuclear. (2) El centriolo, si se encuentra presente, generalmente se divide en dos. (3) Si se presenta la citocinesis, durante este estado, se separan las células hijas. En las células animales desaparecen las fibras del huso y las células se separan por constricción. En las células vegetales se origina una serie de engrosamientos en las fibras a través del ecuador; éstas se unen para formar

la *placa celular*, que dan origen a la nueva Pared celular que sePara las dos células.

Mecanismos de la mitosis. Existen varias teorías, ninguna de las cuales es completamente satisfactoria para explicar los movimientos de los cromosomas y la división de la célula sobre bases físico-químicas.

(a) Es obvio que algún tipo de fibras se encuentra adherida a los cromosomas y que aparentemente, jalan a los cromosomas hacia los polos.

(b) Los husos mitóticos, semejan a campos de fuerza magnéticos polarizados, pero evidentemente esto no es cierto; varios factores hacen que tal interpretación sea imposible.

(c) Se presentan corrientes de difusión durante la mitosis, especialmente en las células animales embrionarias; éstas pueden estar relacionadas con los cambios en tensión superficial.

(d) Se presentan cambios en la viscosidad protoplásmica, los cuales probablemente son de mucha importancia.

Explica cada una de las fases de la mitosis.

---

---

---

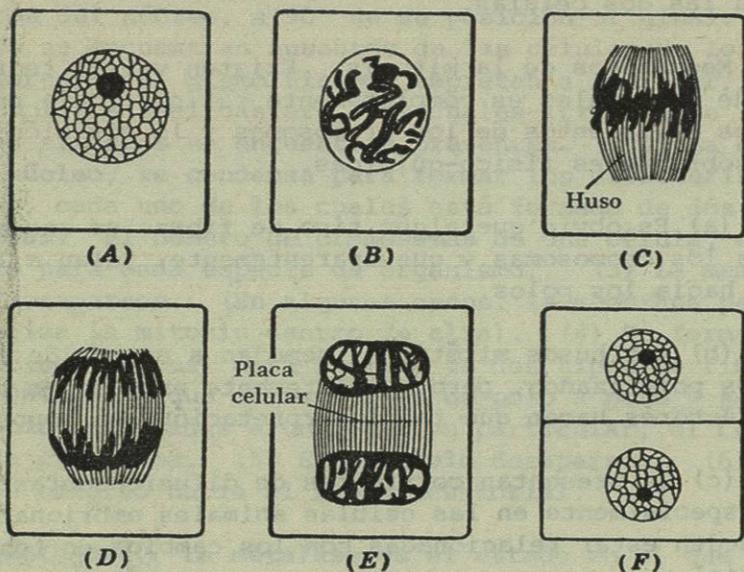
---

---

---

---

---



La mitosis en las células vegetales, ejemplificada en la raíz de una cebolla. Esquema diagramático.

- (A) Crecimiento o célula "en reposo".
- (B) Profase, formación de cromosomas.
- (C) Metafase, división de los cromosomas sobre el ecuador del huso.
- (D) Anafase, migración de los cromosomas hacia los polos.
- (E) Telofase, organización del núcleo de las células hijas. La placa celular se empieza a formar.
- (F) Las dos células hijas en estado de crecimiento.

## MEIOSIS.

La constancia en el número de cromosomas en cada generación de células se garantiza por el proceso de *meiosis* que ocurre durante la formación de los gametos, masculinos o femeninos.

La meiosis es esencialmente un par de divisiones celulares durante las cuales el número de cromosomas disminuye a la mitad, de manera que los gametos reciben únicamente la mitad en relación con las otras células del organismo. En el acto de unirse dos gametos durante la fecundación, la fusión de sus núcleos reconstituye el número diploide de cromosomas. En la meiosis, los miembros de cada par de cromosomas se separan y pasan a cada una de las células hijas; como resultado, cada gameto contiene uno de cada tipo de cromosomas de modo que, aún con la reducción, la serie es completa. Esto se logra por el emparejamiento o *sinapsis* de los cromosomas iguales con separación de los miembros de los pares, dirigidos respectivamente a cada polo. Estos cromosomas iguales que se forman durante la meiosis se llaman *cromosomas homólogos*. Son idénticos en forma y tamaño, poseen cromómeros también idénticos a lo largo de su longitud, y sus factores hereditarios o genes son, así mismo similares. Una serie de cada tipo de cromosomas se llama *número haploide*; si es de los dos se llama *diploide*.

En el ser humano el número haploide es 23, y el diploide de 46. Los gametos, óvulos y espermatozoos llevan el número haploide, en tanto el óvulo fecundado y todas las células del organismo derivadas del cigoto llevan el número haploide. Un óvulo fecundado recibe exactamente la mitad de los genes de su madre y la otra mitad de su padre. Sólo las dos últimas divisiones celulares productoras de óvulos o espermatozoos maduros son meióticas, todas las demás son mitóticas.

El proceso de la meiosis consiste en dos divisiones celulares en sucesión llamadas primera y segunda divisiones meióticas, cada una de ellas incluye profase, metafase, anafase y telofase aunque hay importantes diferencias entre mitosis y

meiosis, especialmente en la profase aparecen como filamentos largos y finos; lo mismo que en la mitosis. Los cromosomas homólogos se agrupan en pares longitudinalmente, se encuentran muy juntos de lado a lado, en toda su longitud y se retuercen uno alrededor de otro. Después de la sinapsis o de agruparse los cromosomas en pares, continúan acortándose y engrosándose. Cada uno se duplica visiblemente, constando ahora de dos cromátidas como en la mitosis. Esta duplicación se ha producido cierto tiempo antes de comenzar la meiosis.

#### PROFASE I.

Al terminar la primera profase meiótica los cromosomas se han duplicado y formado sinapsis para dar lugar a un conglomerado de cuatro cromátidas homologas llamado tétrada. Cada par de cromosomas forma una tétrada de modo que hay tantas como el número haploide de cromosomas.

En esta fase del proceso, en el hombre hay 23 tétradas con un total de 92 cromátides. Los centromeros se han dividido y hay solamente dos para los cuatro cromátidas.

#### METAFASE I.

La membrana nuclear desaparece, se divide el centriolo dirigiéndose cada uno a los polos opuestos de la célula. Las tetradas se acomodan alrededor del huso.

#### ANAFASE I.

Los cromosomas homólogos de cada par, pero no los cromátides hijos de cada cromosoma se separan y se desplazan hacia los polos de la célula.

Este proceso difiere del correspondiente a la anafase mitótica en el cual centromeros se dividen y los cromátides hijos pasan a polos opuestos.

#### TELOFASE I.

Comprende el estadio en el cual los grupos cromosómicos anafásicos se reúnen a nivel de cada polo del huso. Se produce la división citoplásmica, repartiéndose los organelos intracelulares entre una y otra célula.

En la telofase de la primera división meiótica en el hombre hay 23 pares de cromosomas dobles en cada polo.

#### PROFASE II.

El centriolo se divide de nuevo y se dirige a los polos de la célula se forma un nuevo huso en cada célula y el número haploide de cromosomas se disponen en el ecuador del huso.

#### METAFASE II.

La membrana nuclear desaparece. El centriolo de cada cromosoma se divide, separándose en dos cromosomas hermanos.

#### ANAFASE II.

Los cromosomas de cada lote haploide se dirigen hacia el polo del huso situado al mismo lado.

#### TELOFASE II.

Se vuelve a formar una membrana nuclear a nivel de cada lote cromosómico polar, los cromosomas se alargan gradualmente y se convierten en filamentos de cromatina. A esto sigue la división citoplásmica, con el reparto de los organelos citoplásmicos.

En la telofase de la segunda división meiótica en el hombre llegan a cada polo 23 cromosomas.

Las dos divisiones meióticas sucesivas dan lugar a cuatro núcleos cada uno de los cuales posee uno, y solamente uno de cada tipo de cromosomas; una serie haploide. Los miembros homólogos de los pares de cromosomas se separan en células hijas. Las cuatro células resultantes de las dos divisiones meióticas son ahora gametos maduros y no experimentan ninguna división más mitótica ni meiótica.

¿Cómo se asegura la constancia en el número de cromosomas en las generaciones de individuos?

---

---

---

---

---

---

---

---

#### ESPERMATOGÉNESIS.

El testículo está formado por miles de túbulos espermáticos cilíndricos, en cada uno de los cuales se forman millones de espermatozoos.

Las paredes de estos túbulos están tapizadas de células germinales primitivas, todavía sin especialización llamadas *espermatogonios*. En el embrión y, más adelante durante la infancia, los espermatogonios se dividen por mitosis, lo que permite que estos elementos se multipliquen y den lugar al crecimiento del testículo; llegada la madurez sexual, algunos de los espermatogonios generalmente el proceso de la *espermatogénesis*, modificaciones en serie de las que termine por salir al espermatozoo maduro; el resto sigue dividiéndose por mitosis, lo que da lugar a nuevas células de esta clase que en el momento oportuno no podrán derivar a la espermatogénesis. Em el hombre la espermatogénesis es constante todo el año una vez alcanzada la madurez sexual.

La espermatogénesis comienza con el paso de los espermatogonios a unas células mayores llamadas *espermatocitos primarios*, éstos se dividen (primera división meiótica) en dos células iguales, los espermatocitos secundarios, los cuales a su vez pasan por una segunda división meiótica para formar cuatro espermatides de tamaño idéntico. La espermatide, célula esférica con bastante citoplasma, es un gameto maduro con número haploide de cromosomas. Para que sea espermatozoo funcional tiene que seguir un proceso complicado de crecimiento y modificación pero no de división celular.

Explique la formación de un espermatozoide.

---

---

---

---

---

---

---

---

## OOGÉNESIS.

Los óvulos evolucionan en el ovario también a partir de células sexuales inmaduras llamadas *oogonios*. Al principio del desarrollo los oogonios experimentan divisiones mitóticas sucesivas y múltiples para formar oogonios adicionales, todos los cuales tienen número diploide de cromosomas. En muchos animales, sobre todo vertebrados, los oogonios y oocitos están rodeados por una capa de células foliculares derivadas del epitelio germinal de los ovarios. En el humano esto ocurre al principio del desarrollo fetal y para el tercer mes los oogonios empiezan a convertirse en *oocitos primarios*. Para el nacimiento han alcanzado la profase de la primera división meiótica. Estos oocitos primarios en profase durante muchos años hasta la madurez sexual. Entonces, al madurar cada folículo se reanuda la primera división meiótica que se completa en la ovulación (15 a 45 años después de iniciada la meiosis). Los acontecimientos que ocurren en el núcleo (sinapsis, tétradas y separación de cromosomas homólogos) son idénticos a los observados en la espermatogénesis, pero la división del citoplasma es desigual, con el resultado de una célula grande, el *oocito secundario* (que contiene el vitelo y casi todo el citoplasma) y una célula pequeña, el *cuerpo polar*, el cual no es más que un núcleo. Se le llamó cuerpo polar antes de que se explicara su función, debido a que sitúa como una mota en el polo animal del óvulo.

En la segunda división meiótica, la cual progresa a medida que el huevo discurre por la trompa de Falopio. El oocito secundario se divide de nuevo desigualmente para formar un gran *óotide* y un segundo cuerpo polar pequeño, ambos con número haploide de cromosomas. El primer cuerpo polar puede dividirse en dos cuerpos polares secundarios adicionales. El óotide se transforma en huevo maduro. Los tres pequeños cuerpos polares se desintegran pronto, de manera que cada oocito primario da lugar únicamente a un óvulo, en contraste con los cuatro espermatozoos derivados de cada espermatocito primario. La división citoplásmica desigual garantiza que cada óvulo maduro tendrá suficiente citoplasma y vitelo para sobrevivir en el caso de ser fecundado.

En cierto modo el oocito primario deposita toda reserva alimenticia en un óvulo; en esta forma el elemento femenino ha resultado el problema de reducir los cromosomas sin pérdida del citoplasma y vitelos necesarios para el desarrollo después de la fecundación.

La unión de los cromosomas haploides del espermatozoo con los haploides del óvulo recuperan el número diploide en el cigoto fecundado, lo que persistirá, por el progreso de mitosis en todas las células que se formen en el nuevo organismo. Cada individuo adquiere exactamente la mitad de cromosomas y genes de su madre y otra mitad de su padre.

¿Cómo se restablece la condición diploide en las células del organismo?

---

---

---

---

---

