

Contenido

1 Introducción

2 La división celular

3 Número haploide y diploide

4 Mitosis

9 Meiosis

18 Conclusión

19 Bibliografía

Introducción

Las células se reproducen duplicando su contenido y luego dividiéndose en dos. El ciclo de división es el medio 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 programada. Así, un humano adulto debe producir muchos millones de nuevas células cada segundo simplemente para mantener el estado de equilibrio y, si la división celular se detiene el individuo moriría en pocos días.

El ciclo celular comprende el conjunto de procesos que una célula debe de llevar a cabo para cumplir la replicación exacta del DNA 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.

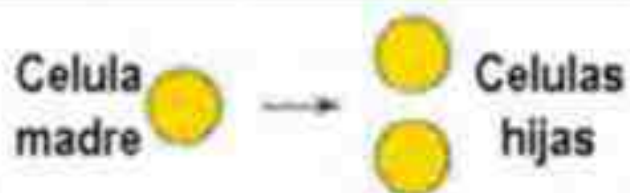
La división celular

Con "*OMNIA CELULA EX CELULA*", Virchow (1855) sintetizaba la idea que una célula proviene de otra semejante. El mecanismo por el cual se realiza esto es la división celular indirecta, que puede ser clasificada en dos tipos fundamentales, la de las células somáticas(para el crecimiento del organismo) llamada mitosis y la de las germinativas(para transmisión de los genes a su prole, en los gametos) llamada meiosis.

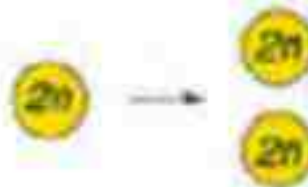
MITOSIS

En células somáticas

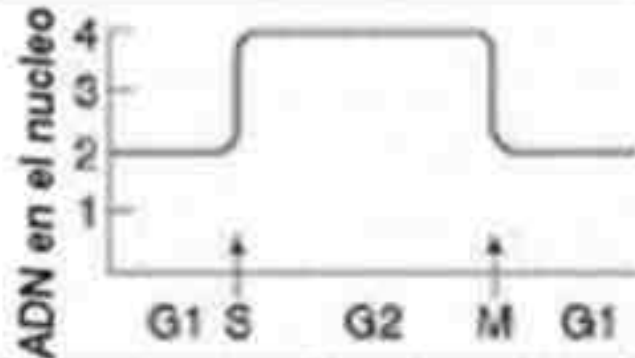
De una división celular resultan dos células hijas



El número de cromosomas en el núcleo se mantiene (Ej: 23 pares en diploides)



Una fase premeiotica S por división

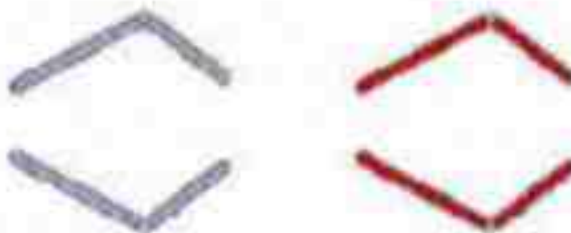


Los Cromosomas homólogos no se aparean



No hay crossing over (entrecruzamiento)

Los centromeros están divididos en la Anafase



Proceso conservativo: Los genotipos de las células hijas y parentales son iguales

Número haploide y diploide:

El significado fundamental del proceso de reproducción sexual es mantener la variedad genética. Para mantenerlo la naturaleza hace que se crucen individuos de distinto origen (con distinta información genética), por medio del mecanismo de la fecundación. Pero es necesario para mantener el equilibrio e igualdad cromosómica reducir su número a la mitad para, al volver a sumar y obtener una cantidad constante de ADN. Debemos recordar que la cantidad de cromosomas que componen una célula es duplicada ($2n$), a esto denominamos **número diploide** de cromosomas. La meiosis es la encargada de reducir su cantidad. En realidad, la reducción del número de cromosomas es una reducción del número de juegos cromosómicos, por lo que se obtiene una célula (gameto) con un solo juego de cromosomas (n), o sea un **número haploide**.

En la mitosis el material génico permanece igual (salvo que ocurran mutaciones), pero en la meiosis cada par de cromosomas se comporta en forma independiente lo que posibilita que haya tantas combinaciones posibles como pares de cromosomas existan (juego haploide). Por ejemplo en el hombre existen 23 pares ($n=23$), por lo que las combinaciones posibles son $2n$, o sea 223 es decir 8.388.608 posibilidades. O en vacuno donde los 30 pares dan 1.073.741.824 posibilidades. Para producir mayores cambios existe además el fenómeno de entrecruzamiento. **Todo esto favorece a mantener la variabilidad genética y evita que hijos de idénticos padres sean genéticamente iguales.** Cada tetra da a su vez produce 16 tipos de combinaciones (42), o sea que si consideramos la realización de un solo crossing-over por cada par homólogo tendremos, en nuestro ejemplo del hombre la cantidad de 423 combinaciones posibles (aproximadamente igual a 1×10^{17} o sea más de un trillón de posibilidades.).

Mitosis

Las plantas y los animales están formados por miles de millones de células individuales organizadas en tejidos y órganos que cumplen funciones específicas. Todas las células de cualquier planta o animal han surgido a partir de una única célula inicial el óvulo fecundado por un proceso de división. La mitosis es la división nuclear asociada a la división de las células somáticas (células de un organismo eucariótico que no van a convertirse en células sexuales). Una célula mitótica se divide y forma dos células hijas idénticas, cada una de las cuales contiene un juego de cromosomas idéntico al de la célula parental. Después cada una de las células hijas vuelve a dividirse de nuevo, y así continúa el proceso. Salvo en la primera división celular, todas las células crecen hasta alcanzar un tamaño aproximado al doble del inicial antes de dividirse. En este proceso se duplica el número de cromosomas (es decir, el ADN) y cada uno de los juegos duplicados se desliza sobre una matriz de microtúbulos hacia un polo de la célula en división, y constituirá la dotación cromosómica de cada una de las dos células hijas que se forman.

Este proceso recibió diferentes nominaciones como cariocinesis (de griego *karion*, núcleo y *kinesis*, movimiento), término que aún se conserva para referirse a la división del núcleo; también se la denominó citocinesis (del gr. *kitos*, célula), que lo dejamos para referirnos a los procesos citoplasmáticos de la división. Fleming (1882) la denominó mitosis (del gr. *mitos*: pedazo o filamento), término que se utiliza en la actualidad.

Para el estudio distinguimos dos partes fundamentales y perfectamente individualizadas en los animales: los cromosomas o aparato cromático y el huso o aparato acromático.

Existen dos tipos básicos de mitosis, las que se presentan con el aparato cromático completo (astrales) característica de los animales y las que no poseen centrosoma ni asters (anastrales) de los vegetales.

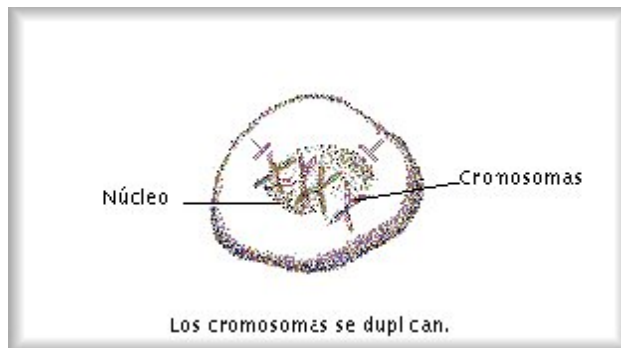
Resultado de una división mitótica es la obtención de células hijas (2) con igual carga cromosómica, o sea, de una célula diploide con su carga cromosómica diploide se obtienen dos células hijas también diploides. Siguiendo el principio de que los cromosomas hermanos (homólogos) no pueden ir a un mismo polo se distribuyen aleatoriamente.

Las modificaciones que la célula sufre durante la mitosis son divididas, con objeto didáctico, en etapas o fases, pero debemos aclarar que todo el proceso es continuo. Habiendo algunas pequeñas variaciones según algunos autores, las etapas son las siguientes: interfase, profase, anafase y telofase.

Interfase o de núcleo en reposo:

Si bien no corresponde a la división celular es el estado en que se encuentra la célula entre dos divisiones sucesivas. La cromatina nuclear se halla repartida en forma laxa y densa y no se observan los cromosomas. En esta etapa se produce la síntesis y duplicación del ADN.

Profase:



En ella da inicio la mitosis. Existen cambios a nivel citoplasmático y nuclear, y su duración se extiende a más de la mitad de toda la división.

Los cambios a nivel del núcleo son los siguientes:

- La cromatina se comienza a condensar para formar los cromosomas, constituidos por dos cromátides hermanas cada uno.
- Unidas por el centrómero (El ADN ya se encuentra duplicado).
- La envoltura nuclear se fragmenta y comienza a disolverse.
- El nucléolo se disgrega y desaparece.

A nivel citoplasmático sucede:

- Los centriolos se rodean por una zona clara (centrosoma), se duplican, se separan y comienzan a migrar a distintos polos, opuestos.
- A medida que migran los centriolos, aparece alrededor del centrosoma microtúbulos de corta dimensión que irradian a partir del centriolo (*aster o esfera atractiva*). Algunos de dichos microtúbulos (*fibras*, de mayor longitud), sin ramificaciones se extienden desde un polo a otro y adoptan en su conjunto una forma

ovoide(huso mitótico o acromático).

Algunos autores hablan de una **Prometáfase** (o parafase a finales de la Profase) relacionada con la desaparición del nucléolo y la membrana nuclear.

Metafase:



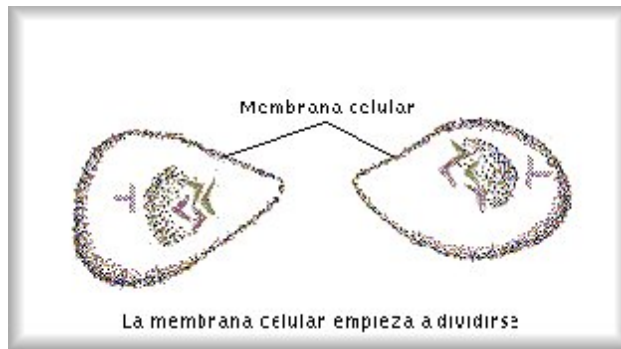
Los cromosomas condensados se ubican en el plano medio de la célula(ecuatorial) entrando en relación por medio de sus centrómeros con las fibras externas del huso acromático. Sus telómeros se ubican hacia el exterior dando una figura característica(Placa ecuatorial).Las fibras del huso se las clasifica en cromosómicas, las que están entre los cromosomas y los polos, interzonales, las que se encuentran entre los cromosomas(entre este y su homólogo), y continuas las que se extienden de polo a polo. Los cromosomas comienzan a separarse a través de la división de su centrómero, que se repulsan y comienzan a migrar hacia los polos. Quedanacromosomasadeaunaasolaacromátide.

Anafase:



Se produce la migración de los cromosomas "hijos", en forma rápida hacia los polos opuestos por el acortamiento de las fibras cromosómicas y alargamiento de las interzonales por el agregado de microtúbulos en la zona central.

Telofase:



Termina la migración cromosómica alrededor de los polos. El huso acromático y los aster se desorganizan. Alrededor de cada grupo cromosómico "hijo" se reagrupa el retículo endoplásmico elaborando una nueva membrana nuclear. Así se reorganizan dos nuevos núcleos "hijos". Los cromosomas se desenrollan y adquieren el aspecto de cromatina. Los nucleolos vuelven a organizarse.

Junto a estos procesos se produce la citocinesis o división (clivaje) citoplasmático: Comienza con la aparición de un surco en el plano ecuatorial de la membrana plasmática(perpendicular al huso).El surco se hace cada vez más evidente hasta estrangular la célula y separar a dos células hijas.

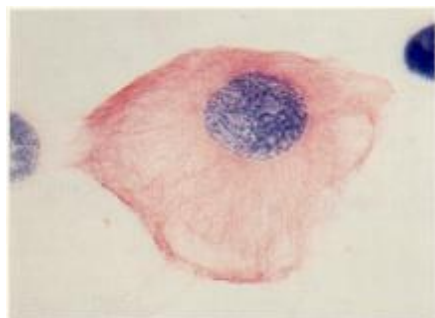
La citocinesis no siempre sucede, por lo que el resultado puede ser una sola célula binucleada.

Las células resultantes entran en interfase para iniciar un nuevo ciclo celular(Algunas como las nerviosas permanecerán en período G1 y no se reproducirán más).

Duración de la mitosis:

Depende bastante del material considerado, de las condiciones del medio y fisiológicas del organismo. Pueden ser muy cortas como en embrión de *Drosophila* de 10 minutos, pero el término medio es de una a dos horas.

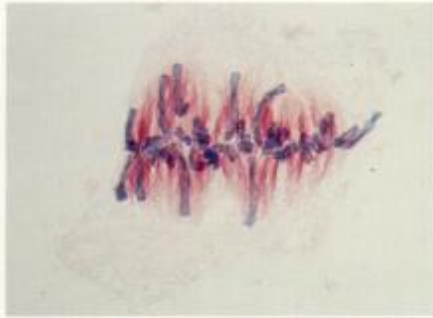
A continuación podemos ver células observadas al microscopio, realizando los pasos de la mitosis:



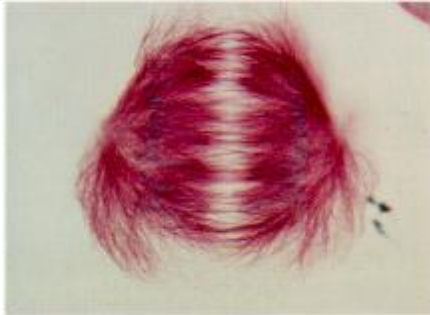
interfase



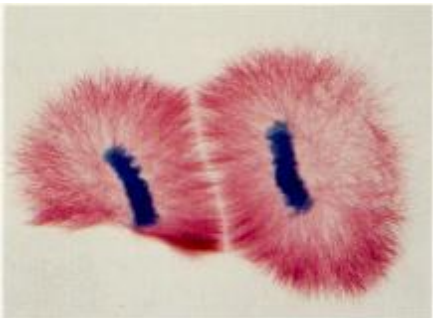
profase



metafase



anafase



telofase

Meiosis

Es el proceso característico de la gametogénesis. Es necesaria para que los gametos tengan número reducido de cromosomas(haploide) y que en la fecundación se reestablezca la cantidad normal(diploide). Ella puede ocurrir en dos fases de la vida del organismo: después de la formación del cigoto(meiosis cigótica o espórica, característico de algas), en la formación de los gametos(meiosis terminal o gamética).El común es el segundo tipo. La podemos definir como el proceso por el cual la célula madre se divide en dos procesos sucesivos dando la mitad de su número cromosómico a sus células hijas. El período en el cual se verifica se llama fase

meiótica y las células que la producen se los nomina meiocitos. Los procesos básicos los podemos resumir como:

- a) Reducción del número de cromosomas.
- b) Recombinación de segmentos cromosómicos (Por crossing-over)
- c) Distribución al azar de los cromosomas homólogos.

Como ya mencionamos consta de dos divisiones sucesivas intercaladas por una muy corta interfase. La primera división consta de una profase muy larga (que la dividimos en varios pasos para su estudio, en la que sus cromosomas se aparean) y que se caracteriza por reducir el número de cromosomas (división reduccional o meiosis I). La segunda sirve para aumentar la cantidad de células resultantes (división ecuacional o meiosis II). Ambas se dividen para su estudio en los pasos característicos de mitosis (profase, metafase, anafase y telofase), dado que los hechos son similares.

Meiosis I

Interfase:

La meiosis I va precedida por una interfase que se caracteriza por la duplicación del material genético. La síntesis del ADN (cromatina) necesario para ambas divisiones se realiza antes de la primera división meiótica.

Profase meiosis I:

Es característica su larga profase, que difiere a la mitosis por el comportamiento de sus cromosomas, se le subdivide en:



a) Leptoteno: (del gr. *leptos*, delgado y *nema*, filamento) Es el estado inicial. Los cromosomas comienzan a condensarse en largos filamentos sueltos, presentando gran cantidad de gránulos coloreados intensamente (cromómeros, que es raro en la mitosis). La cantidad de cromosomas es idéntica al número somático. Hacia el final del período los cromosomas adoptan una posición característica con uno de sus extremidades dirigidas hacia un polo del núcleo (donde está el centriolo) y asociados a la membrana nuclear formando un ramillete, llamado "estado de bouquet".



b)Cigoteno:(del gr. *cygon*, adjunto) A posterior los cromosomas se aparean con su homólogo. A medida que avanza el cigonema se van apareando estrechamente (sinapsis) juntándose ambos centrómeros. Durante este período se comienzan a formar unas estructuras(denominadas componentes laterales) sobre cada cromosoma homólogo, a base de núcleo de proteínas y entre sí forma una tercera estructura llamada eje central. Al conjunto resultante de dos componentes laterales y el eje central se lo nomina COMPLEJO SINAPTONEMICO, y es el responsable de mantener asociados a los homólogos. El elemento resultante de esta unión de dos cromosomas homólogos se denomina bivalente(como cada cromosoma está constituido por dos cromátides el complejo está constituido por cuatro cromátides).



c)Paquiteno: (del *pachus*, grueso) Continúa el acortamiento de los cromosomas y las cromátides se hacen visibles, el complejo recibe ahora el nombre de tetrada(cuatro cromátides), siendo la cantidad total de cromosomas igual a el número haploide. Las cromátides pueden entrelazarse entre sí (dos por vez), proceso llamado entrecruzamiento o crossing-over, produciéndose el intercambio de segmentos entre cromátidas homólogas no hermanas. Aunque en los esquemas parecen estar ubicados en un plano, en realidad forman una estructura tridimensional que facilita el entrecruzamiento de las cromátidas no hermanas

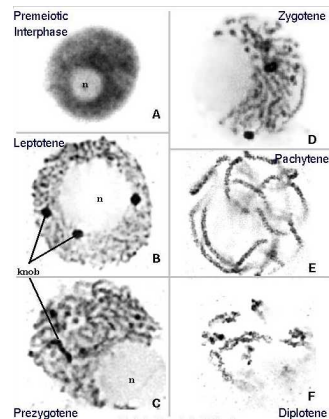


d)Diploteno: Ocurre la duplicación longitudinal de cada cromosoma homólogo, al ocurrir este apareamiento las cromátidas homólogas parecen repelerse y separarse ligeramente y pueden apreciarse unas estructuras llamadas quiasmas entre las cromátidas. Además la aparición de estos quiasmas nos hace visible el entrecruzamiento ocurrido



e)Diacinesis:(del gr. *dia*, a través) Los cromosomas siguen condensándose y los quiasmas son desplazados hacia los telómeros de los cromosomas (terminalización de los quiasmas). La membrana nuclear comienza a desaparecer y se desorganiza el nucléolo.

A continuación podemos observar más a fondo y al microscopio los pasos anteriores de la profase I.



Prometáfase meiosis I:

Se termina la separación de los homólogos y la membrana nuclear y nucléolo ya no se observan.

Metafase meiosis I:



Al llegar a esta etapa la membrana nuclear y los nucleolos han desaparecido y cada pareja de cromosomas homólogos ocupa un lugar en el plano ecuatorial. En esta fase los centrómeros no se dividen; esta ausencia de división presenta una diferencia importante con la meiosis. Los dos centrómeros de una pareja de cromosomas homólogos se unen a fibras del huso de los polos opuestos.

Anafase meiosis I:



Como la mitosis la anafase comienza con los cromosomas moviéndose hacia los polos. Cada miembro de una pareja homóloga se dirige a un polo opuesto.

Telofase meiosis I:



Esta telofase y la interfase que le sigue, llamada intercinesis, son aspectos variables de la meiosis I. En muchos organismos, estas etapas ni siquiera se producen; no se forma de nuevo la membrana nuclear y las células pasan directamente a la meiosis II.

En otros organismos la telofase I y la intercinesis duran poco; los cromosomas se alargan y se hacen difusos, y se forma una nueva membrana nuclear. En todo caso, nunca se produce nueva síntesis de DNA y no cambia el estado genético de los cromosomas.

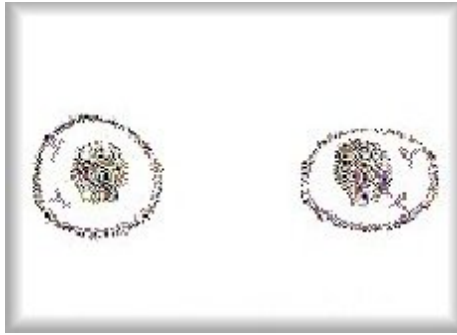
Meiosis II

Los procesos son equivalentes a la mitosis y el resultado son dos células hijas con igual número de cromosomas:

Intercinesis o interfase:

En algunos casos puede estar ausente. Es muy corta y no se realiza en ella la síntesis de ADN. El número de cromosomas es haploide(n) y conservan cromátides duplicadas.

Profase II:



Esta fase se caracteriza por la presencia de cromosomas compactos en número haploide.
Los centríolos se desplazan hacia los polos opuestos de las células.

Prometáfase II:

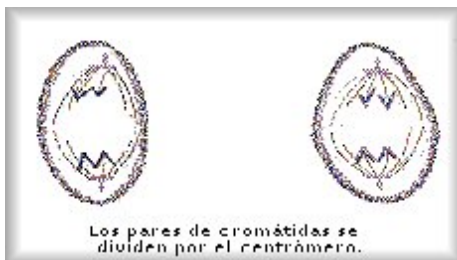
Se desintegra la membrana nuclear y el nucléolo.

Metafase II:



En esta fase, los cromosomas se disponen en el plano ecuatorial. En este caso, las cromátidas aparecen, con frecuencia, parcialmente separadas una de otra en lugar de permanecer perfectamente adosadas, como en la mitosis.

Anafase II:



Los centrómeros se separan y las cromátidas son arrastradas por las fibras del huso acromático hacia los polos opuestos.

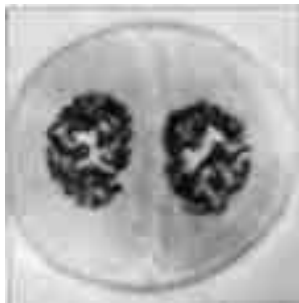
Telofase II:



Agrupación de los cromosomas en los polos, reorganización del núcleo, desaparición del huso acromático y citocinesis.

Dado que la Meiosis II se inició a partir de dos células haploides(n) el resultado es de cuatro(4) células haploides.

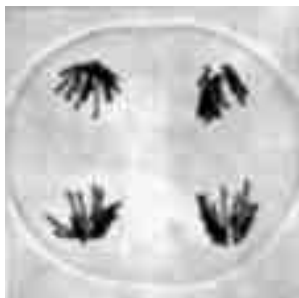
Observemos a continuación, fotografías de las fases anteriores vistas al microscopio:



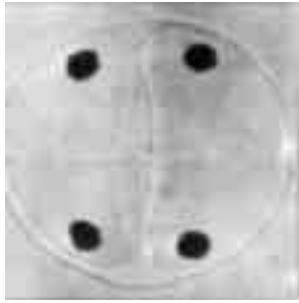
Profase II



Metafase II



Anafase II



Telofase II

Conclusión

A título personal me parece que este trabajo de investigación contiene y aporta conocimientos muy interesantes y relevantes, ya que permite introducirnos y navegar por el interior de nuestras células. Con lo anterior reflexionamos acerca del complejo proceso de reproducción que se lleva a cabo en nuestro organismo a diario y comprendemos que si el anterior ciclo no ocurriese moriríamos.

Asimismo, es curioso que el mismo proceso(o por lo menos similar) se realice tanto en organismos complejos y pluricelulares, como hasta en los más simples seres unicelulares.

Analicé también los asombrosos avances y descubrimientos que se han realizado en este campo, ya que, si lo examinamos cronológicamente el inicio ACTIVO del estudio de la célula y por ende y posteriormente de la división celular, se remonta a 1839 con la postulación de la *Teoría Celular* (aunque anteriormente ya había investigadores importantes, el estudio se abre y desarrolla más rápido a partir de el postulado anterior). Así, aproximadamente unos cuarenta años después se inicia el estudio de la mitosis y meiosis y por lo tanto las investigaciones en el tema se reducen a poco más de un siglo. En este corto periodo de tiempo(un siglo en la ciencia es un lapso relativamente pequeño si tomamos en cuenta el tiempo que requiere cada investigación) los descubrimientos de la división celular han crecido y nos han hecho ver la manera sorprendente en la que se reproducen las células.

En lo personal me parece asombrosa la manera en que actúan y se compaginan los cromosomas, formando infinidad de combinaciones para asegurar la variabilidad genética y evitar individuos iguales con material genético igual.

Actualmente los estudios en este campo no cesan y se introducen cada vez más en el interior de las células(me refiero a las células ya que considero que la división celular no se puede describir como un hecho aislado en su estudio sino como parte del estudio celular) y su información genética que se reproduce y transmite por medio de la mitosis y meiosis, para permitirnos conocernos mejor.

Bibliografía