

LAS BASES DE LA HERENCIA

Contenido

El experimento de Griffith,.....	4
1. Los ácidos nucleicos.....	4
Los nucleótidos.....	4
1.2. Los tipos de ácidos nucleicos.....	7
El ARN y su estructura.....	7
El ADN y la estructura de doble hélice.....	7
1.3. La organización del ADN en las células.....	8
Estructura cromosoma.....	9
Tipos de cromosomas.....	9
El número de cromosomas.....	10
Cariotipo humano.....	11
1.4. Las funciones de los ácidos nucleicos.....	13
Regular la actividad de la célula.....	13
Transmitir la información genética.....	13
2. La regulación celular: la síntesis de proteínas.....	13
2.1. Qué es una proteína.....	13
2.2. Cómo se realiza la síntesis de proteínas.....	13
La transcripción.....	13
La traducción.....	14
2.3. El código genético.....	14
3. La transmisión de la información. La replicación.....	15
3.1. La replicación del ADN.....	15
4. La transmisión de la información. La división celular.....	16
4.1. Qué es la división celular.....	16
4.2. La mitosis.....	17
Profase.....	17
Metafase.....	17
Anafase.....	18
Telofase.....	18
4.3. La citocinesis o división del citoplasma.....	19
Citocinesis en las células animales.....	19
Citocinesis en las células vegetales.....	20
5. La meiosis: una división especial.....	20
5.1. La reproducción sexual.....	20
5.2. La meiosis.....	21

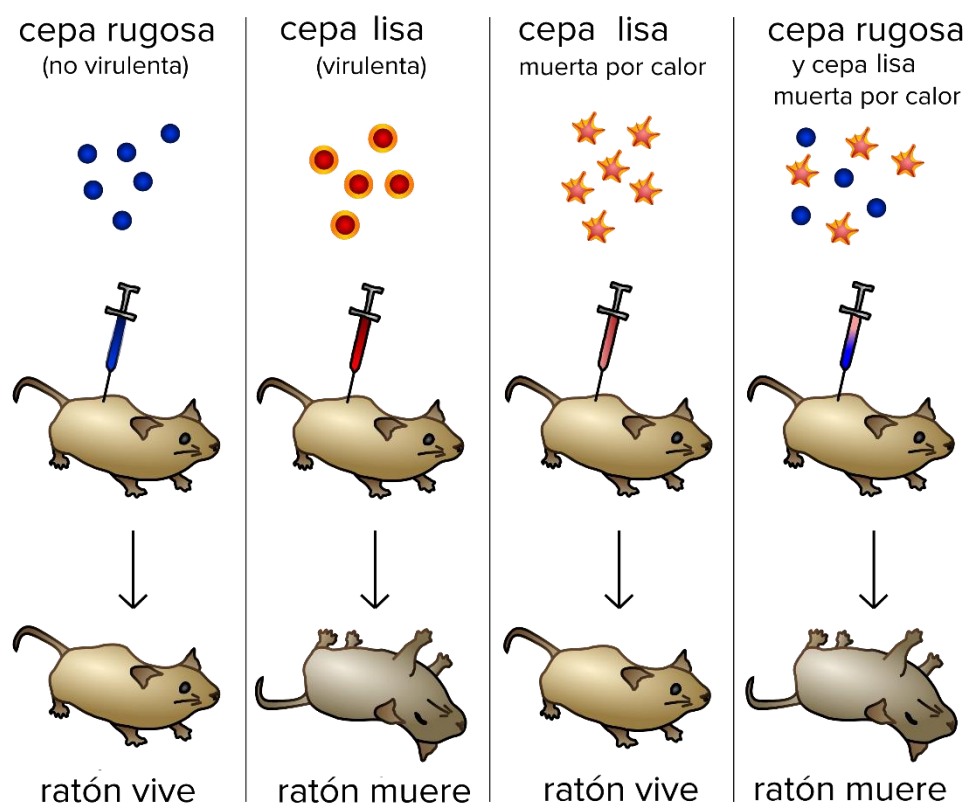
Etapas de la meiosis	21
Primera división meiótica	22
Profase I	22
Metafase I	22
Anafase I	22
Telofase I	23
Segunda división meiótica	23
Profase II	23
Metafase II	23
Anafase II	23
Telofase II	24
Citocinesis	24
6. Comparamos la mitosis y la meiosis	25
6.1. El significado biológico de la mitosis.	25
6.2. El significado biológico de la meiosis	25

El experimento de Griffith,

llevado a cabo en 1928, fue uno de los primeros experimentos que demostró que las bacterias eran capaces de transferir información genética mediante un proceso llamado transformación.

La cepa lisa (S) era dañina, mientras que la rugosa (R), no lo era ya que la cepa S se cubre a sí misma con una cápsula de polisacárido que la protege del sistema inmune del ser que ha sido infectado, resultando en la muerte de este, mientras que la cepa R no contiene esa cápsula protectora es derrotada por el sistema inmune.

La inactivación por calor de Griffith habría dejado intacto el ADN de los cromosomas de las bacterias, que era el causante de la formación del gen S, y podía ser liberado por las células destruidas e implantarse en cultivos sucesivos de cepa R.



1. Los ácidos nucleicos

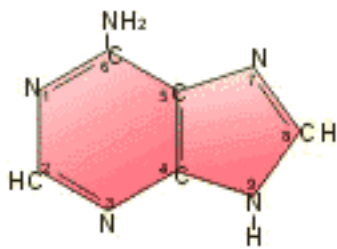
Los ácidos nucleicos (como el ADN) son moléculas largas formadas por la unión de unas moléculas más sencillas llamadas nucleótidos.

Los nucleótidos

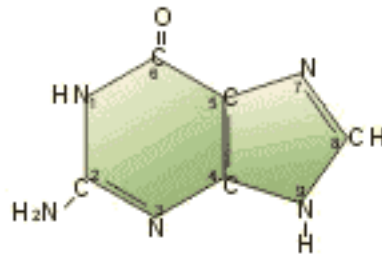
Son moléculas formadas por tres subunidades:

- Una base nitrogenada. Hay cinco bases diferentes: la adenina (A), la guanina (G), la citosina (C), la timina (T) y el uracilo (U).

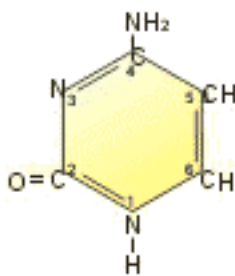
- Un azúcar de cinco átomos de carbono (o pentosa) que puede ser ribosa o un derivado de ella llamado desoxirribosa.
- Un grupo fosfato, que es un derivado del ácido fosfórico, H_3PO_4



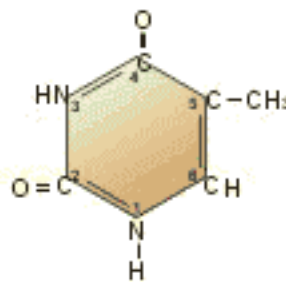
Adenina



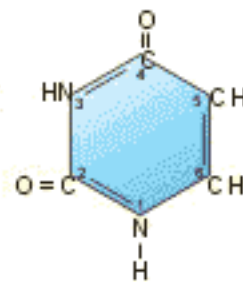
Guanina



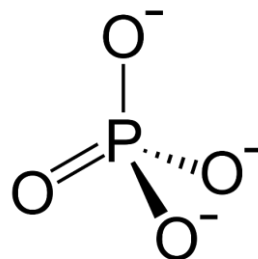
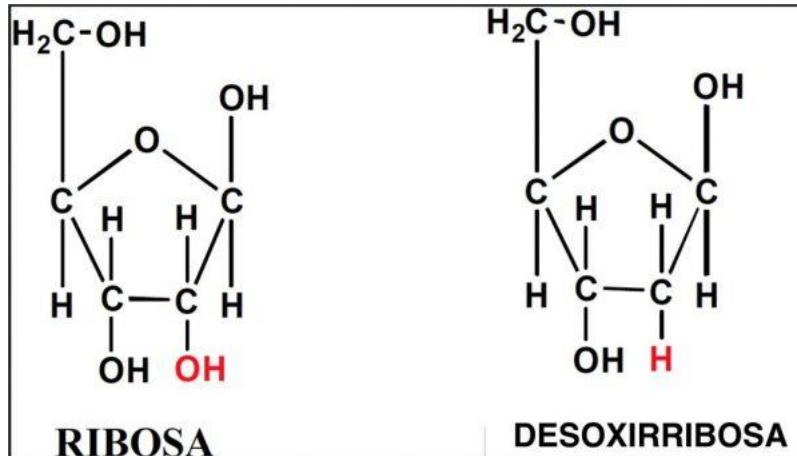
Citosina



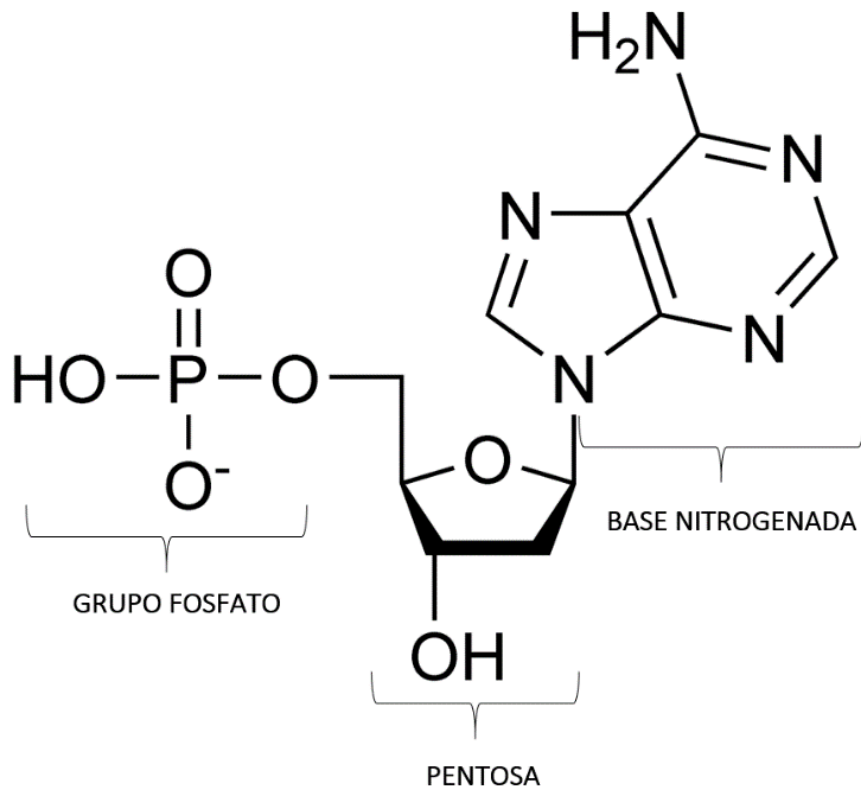
Timina



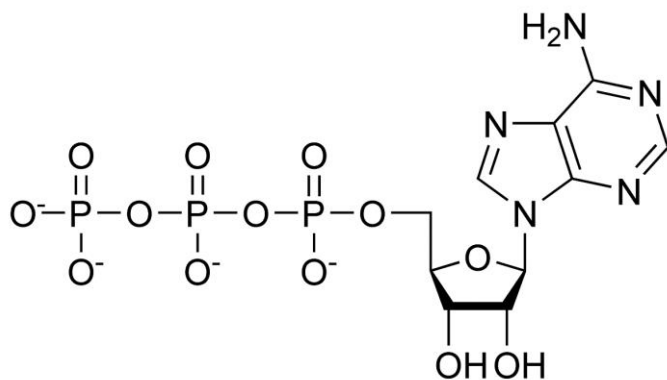
Uracilo



Los tres unidos formando un nucleótido. En este caso la base nitrogenada es adenina (A):

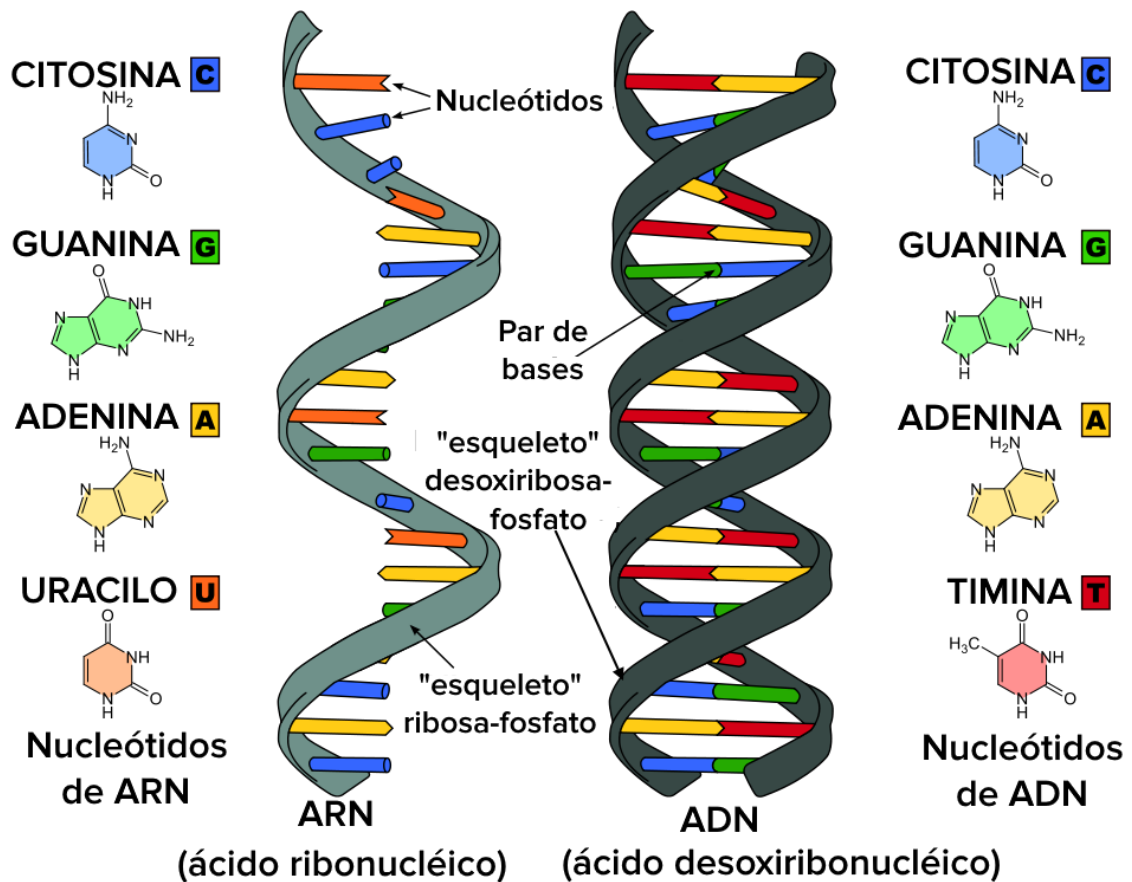


Curiosidad: Estructura del ATP (adenosín trifosfato) (molécula energética)



1.2. Los tipos de ácidos nucleicos

Existen dos tipos de ácidos nucleicos: el ácido ribonucleico (ARN) y el ácido desoxirribonucleico (ADN)



El ARN y su estructura

El ARN se localiza en el núcleo y en el citoplasma de las células.

Los nucleótidos del ARN contienen ribosa (por eso se llaman ribonucleótidos), y las bases nitrogenadas que los forman son: A, G, C y U.

El ARN consta, generalmente, de una única cadena de nucleótidos.

Existen varios tipos de ARN, como el ARN mensajero (ARNm) y el ARN de transferencia (ARNt), que intervienen en la fabricación de proteínas.

El ADN y la estructura de doble hélice

El ADN se localiza en el núcleo de las células eucariotas y en el citoplasma de las procariontas.

Los nucleótidos del ADN contienen desoxirribosa (por eso se llaman desoxirribonucleótidos) y están formados por A, G, C y T.

La estructura del ADN la establecieron J. Watson y F Crick en 1953. Propusieron el modelo de doble hélice, que tiene las siguientes características:

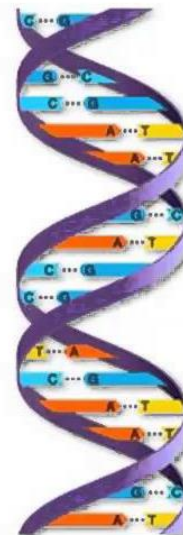
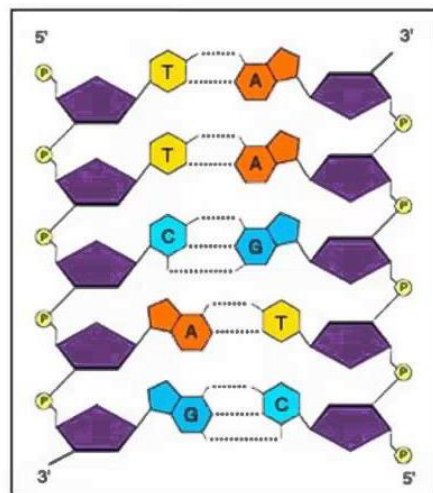
El ADN está formado por dos cadenas de desoxirribonucleótidos que se pliegan formando una estructura semejante a una escalera de caracol.

Las pentosas y los grupos fosfato forman el esqueleto externo de la hélice y las bases nitrogenadas se disponen hacia el interior. De esta forma quedan protegidas de posibles alteraciones que podrían modificar la información genética.

Las cadenas se mantienen unidas mediante enlaces que se establecen entre las bases nitrogenadas de una y otra.

Cada nucleótido de una cadena está unido a un nucleótido de la otra, que es su complementario. Son complementarios la A y la T, y la G y la C. Así, la secuencia de nucleótidos de una cadena determina la de la otra.

Nucleótidos



1.3. La organización del ADN en las células

Cuando la célula no está en división (interfase), el ADN se encuentra disperso por el núcleo y asociado a algunas proteínas. Esta asociación de ADN junto con proteínas se denomina cromatina.

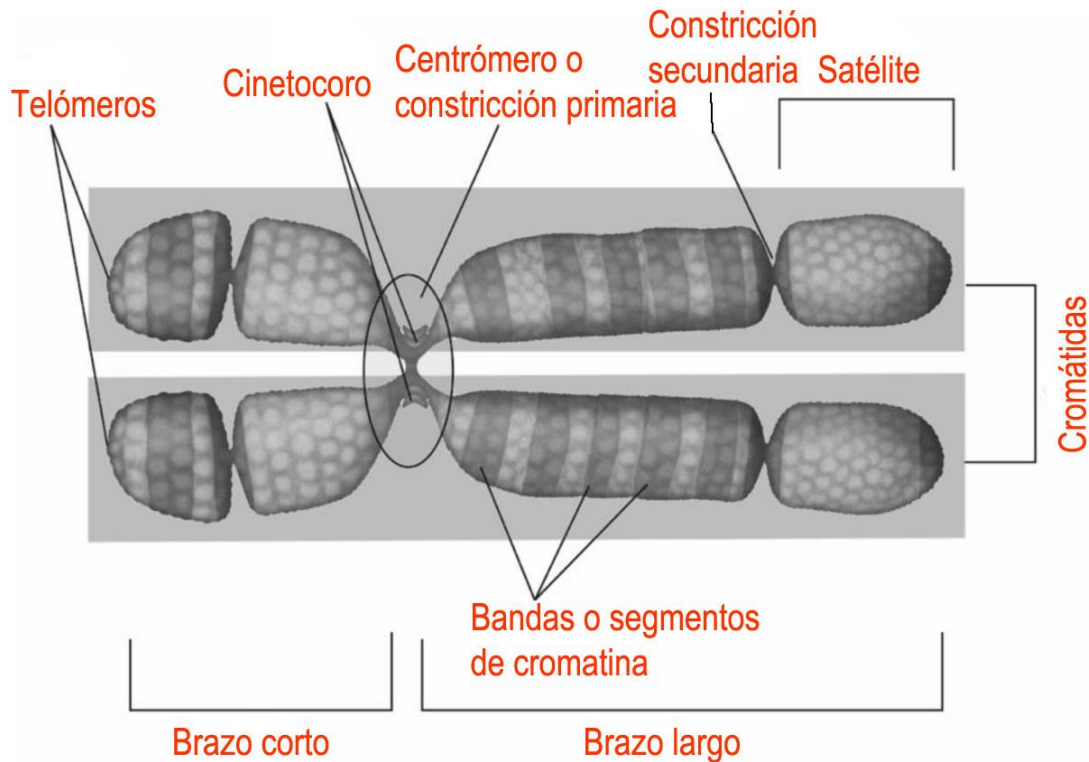
Antes de que la célula entre en división, la cromatina se duplica, es decir, hace una copia de sí misma. Para que el reparto de la cromatina entre las células sea más sencillo, la célula la empaqueta formando unas estructuras llamadas cromosomas.

Los cromosomas son estructuras formadas por la condensación de la cromatina que aparecen solo cuando la célula va a dividirse.

Cada cromosoma está compuesto por dos fibras de cromatina, llamadas cromátidas, que están unidas por un punto, el centrómero.

Estructura cromosoma

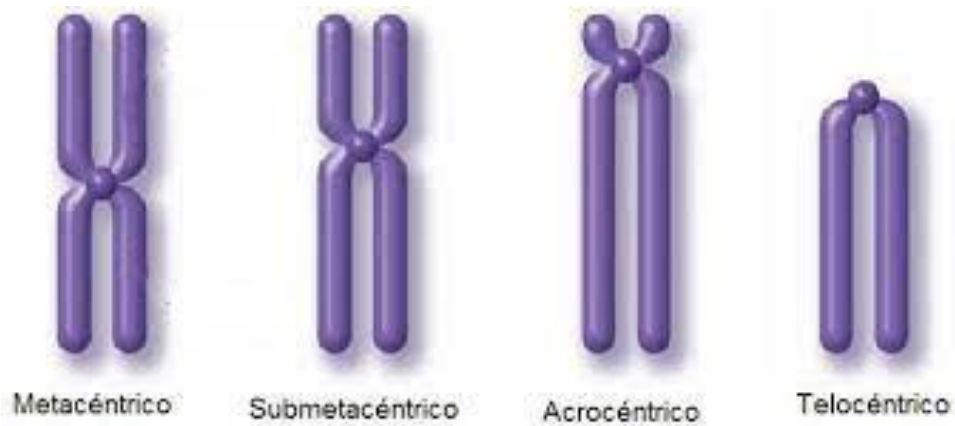
Esta es la estructura básica de un cromosoma. La parte llamada “satélite” no está presente en todos los cromosomas. Los telómeros son las partes del extremo de cada cromátida del cromosoma, tienen relación directa con el envejecimiento celular. El cinetocoro es un complejo proteico al que se unen las fibras de salen de los centriolos, que arrastrarán a la cromátida hacia un extremo celular durante la mitosis.



Tipos de cromosomas

Según donde se sitúe el centrómero se diferencian diferentes tipos de cromosomas:

- **Metacéntricos:** el centrómero se encuentra situado en la parte media del cromosoma. Los brazos tienen prácticamente la misma longitud.
- **Submetacéntricos:** el centrómero está desplazado hacia uno de los lados. Los brazos son ligeramente desiguales.
- **Acrocéntricos:** el centrómero está muy desplazado hacia uno de los extremos del cromosoma. Los brazos son muy desiguales.
- **Telocéntricos:** El centrómero se localiza en uno de los extremos del cromosoma, por lo que solo es visible un brazo de cada cromátida.



El número de cromosomas

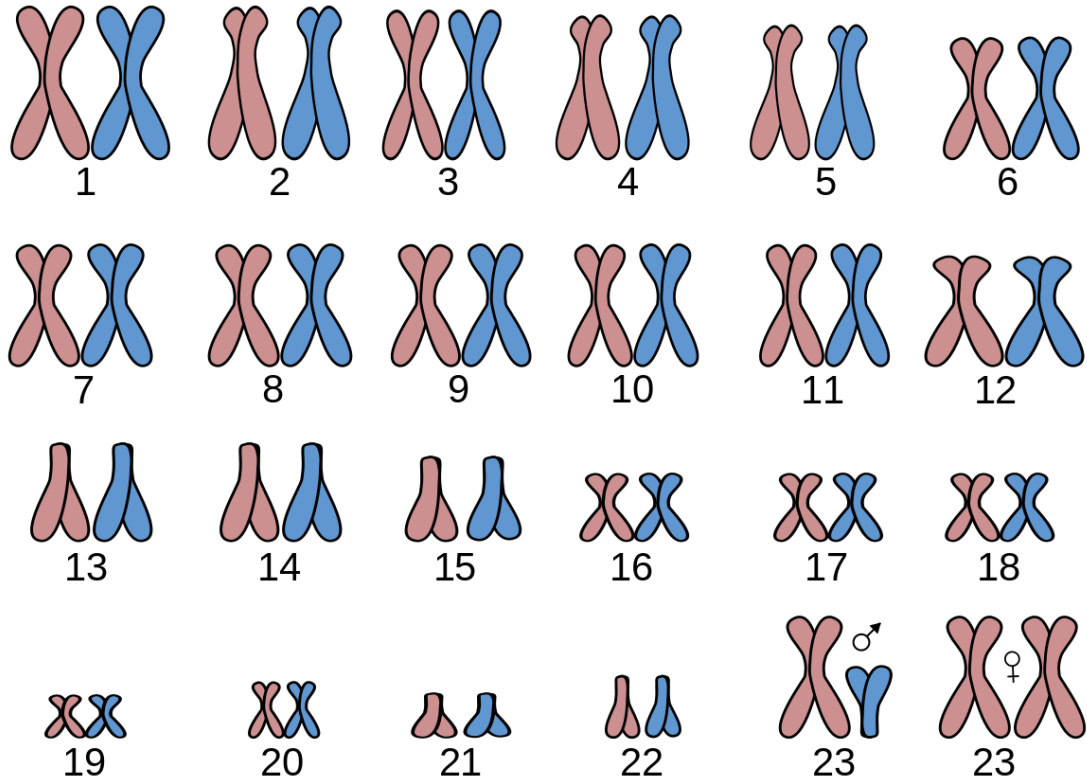
Las células de los organismos de cada especie tienen un número determinado de cromosomas. Este conjunto de cromosomas característico se denomina cariotipo.

Por lo general, estos cromosomas son homólogos, es decir, iguales dos a dos. Según esto puede haber:

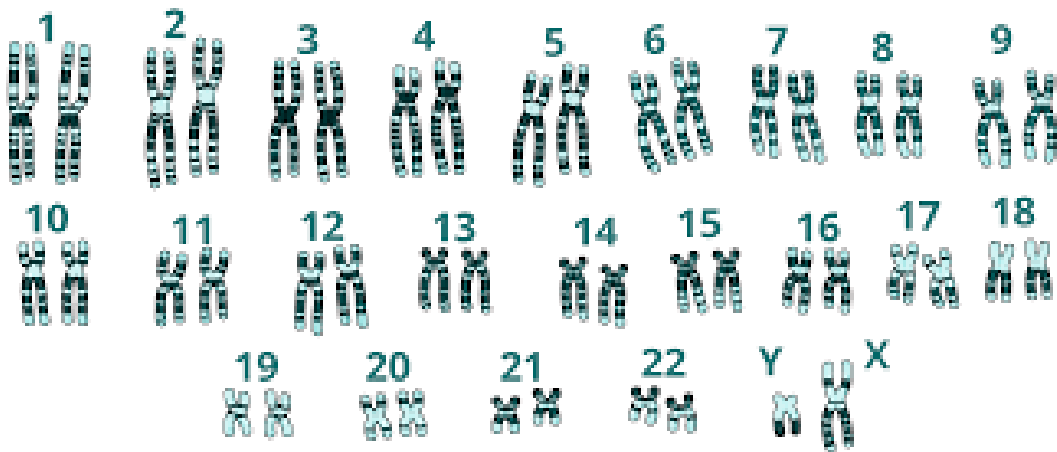
- Organismos diploides; o sea que tienen dos juegos de n tipos de cromosomas o $2n$ cromosomas.
- Organismos haploides; o sea, que una célula tiene un único juego de cromosomas o n cromosomas.

Cariotipo humano

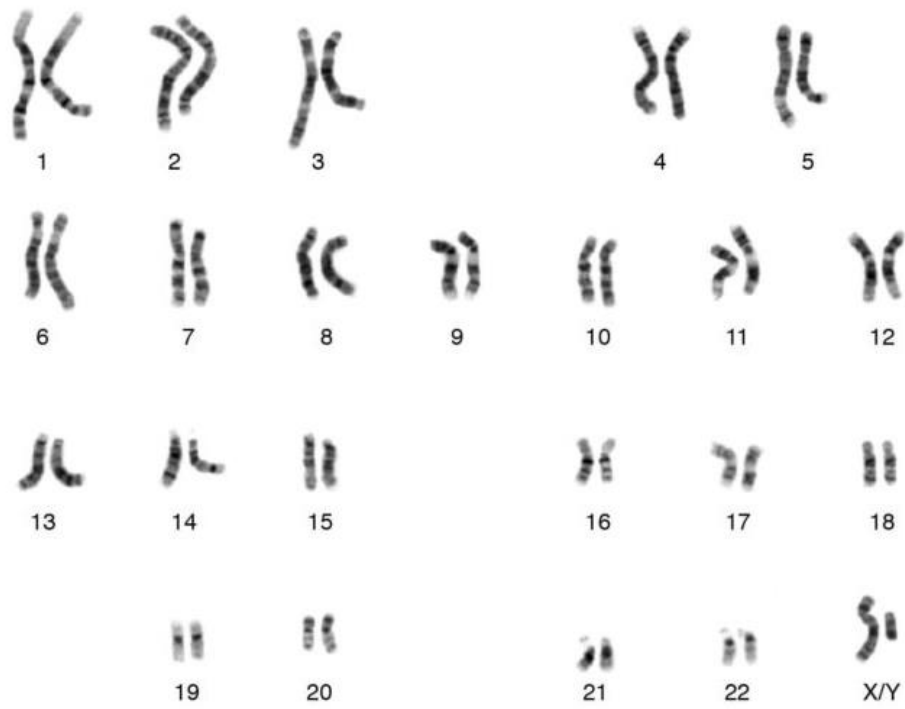
Cariotipo humano (esquemático)



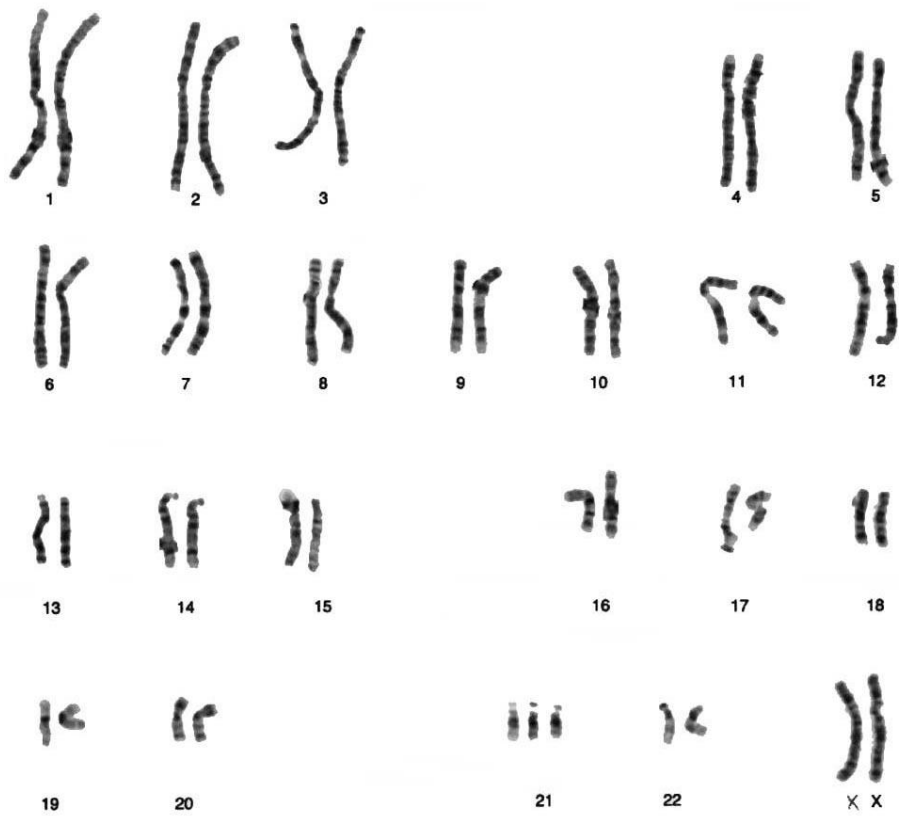
Cariotipo humano (también esquemático)



Cariotipo humano (real)



Cariotipo humano con trisomía cromosoma 21 (síndrome de Down)



1.4. Las funciones de los ácidos nucleicos

Son **regular la actividad de la célula** y **transmitir la información genética** a los descendientes.

Regular la actividad de la célula

Gran parte de la actividad celular se lleva a cabo mediante la intervención de las proteínas.

El ADN regula esta actividad en la medida en que almacena el código que determina cómo son las proteínas de un organismo; y los distintos tipos de ARN intervienen en esta regulación al participar en el proceso de síntesis de proteínas.

Transmitir la información genética

Para que la información genética de una especie se conserve generación tras generación, es preciso replicar el ADN (hacer copias de él) y transmitir una de esas copias a cada una de las células hija durante la división celular.

2. La regulación celular: la síntesis de proteínas

2.1. Qué es una proteína

Las proteínas son grandes moléculas que resultan de la unión en cadena de unas moléculas más pequeñas llamadas aminoácidos. En la composición de las proteínas intervienen 20 tipos de aminoácidos distintos. La diferencia entre unas proteínas y otras consiste, fundamentalmente, en el orden en el que están los aminoácidos.

Las proteínas desempeñan múltiples funciones celulares (forman parte de estructuras celulares, intervienen en el metabolismo celular, etc.).

2.2. Cómo se realiza la síntesis de proteínas

- Se realiza en dos fases: la transcripción y la traducción:

La transcripción

Sucede en el núcleo, donde la información almacenada en el ADN se transfiere a una molécula de ARN mensajero (ARNm).

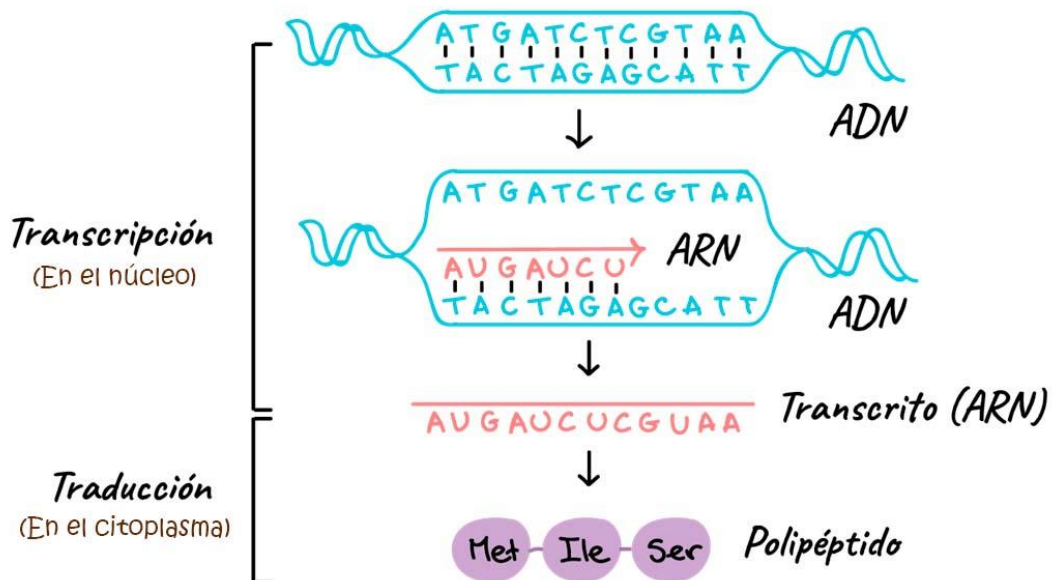
En primer lugar, la molécula de ADN a transcribir se desenrolla y se abre. Una de sus hebras sirve de molde para sintetizar el ARNm, que se forma incorporando nucleótidos con bases nitrogenadas complementarias a las que están en la cadena de ADN (A-U; T-A; G-C; C-G).

La hebra de ARNm se separa del ADN y saldrá al citoplasma y así trasladará una transcripción o secuencia de bases complementarias de la secuencia del ADN.

La traducción

Ya en el citoplasma, el ARNm se une a los ribosomas y, paralelamente, los aminoácidos libres se unen a otro tipo especial de ARN, denominado ARN de transferencia (ARNt), que transferirá cada aminoácido hacia el ARNm.

Cada aminoácido, unido a su ARNt, reconoce una secuencia concreta de tres bases del ARNm (tripleto o codón), y se une a ella, originando así la cadena de proteína. Una vez leída toda la cadena de ARNm, la proteína se separa del ribosoma y queda libre en el citoplasma.



2.3. El código genético

Durante la traducción, el ribosoma interpreta el mensaje contenido en el ARNm, de manera que su secuencia de codones determina el orden en el que se colocan los aminoácidos de la proteína.

La correspondencia entre los codones de ARNm y los aminoácidos que forman las proteínas recibe el nombre de **código genético**.

Las características del código genético

- Es universal, es decir que, salvo pequeñas excepciones, es idéntico en todos los seres vivos.
- Es degenerado, lo que significa que a la mayoría de los aminoácidos les corresponde más de un codón
- Tiene tripletes que no codifican ningún aminoácido, llamados tripletes de terminación o de fin. Cuando el ribosoma encuentra uno de ellos (UAA, UAG y UGA), se separa del ARN y da por finalizada la síntesis.
- En la mayoría de los casos, el triplete AUG actúa como señal de inicio para la traducción y, una vez que esta ha comenzado, codifica el aminoácido metionina.

		Segunda letra				
		U	C	A	G	
Primera letra	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA Alto UAG Alto	UGU } Cys UGC } UGA Alto UGG Trp	U C A G
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G
						Tercera letra

3. La transmisión de la información. La replicación

El ADN contiene toda la información necesaria para realizar las funciones celulares. Por este motivo, cuando una célula se divide, es imprescindible que esa información se transmita correctamente a las células que se originan a partir de ella.

Para que cada una de estas células reciba una copia completa del ADN, antes de que ocurra la división celular, el ADN se replica, es decir, hace una copia de sí mismo.

3.1. La replicación del ADN

La replicación o duplicación del ADN es el proceso por el que se realiza una copia idéntica de cada una de las hebras que constituyen el ADN.

En las células eucariotas, la replicación es un proceso que se localiza en el núcleo celular y se puede resumir en las siguientes etapas:

1. La molécula de ADN que se va a duplicar se desenrolla, de modo que las dos cadenas se separan.
2. Cada cadena de ADN sirve de molde para fabricar una nueva hebra de ADN complementaria. Así, cada nucleótido de la cadena original queda emparejado con su nucleótido complementario (A-T; T-A; G-C; C-G)

3. Al final del proceso se obtienen dos moléculas idénticas, cada una de las cuales está constituida por una cadena nueva y una cadena antigua. Por esta razón se dice que este proceso es una replicación semiconservativa.

4. La transmisión de la información. La división celular.

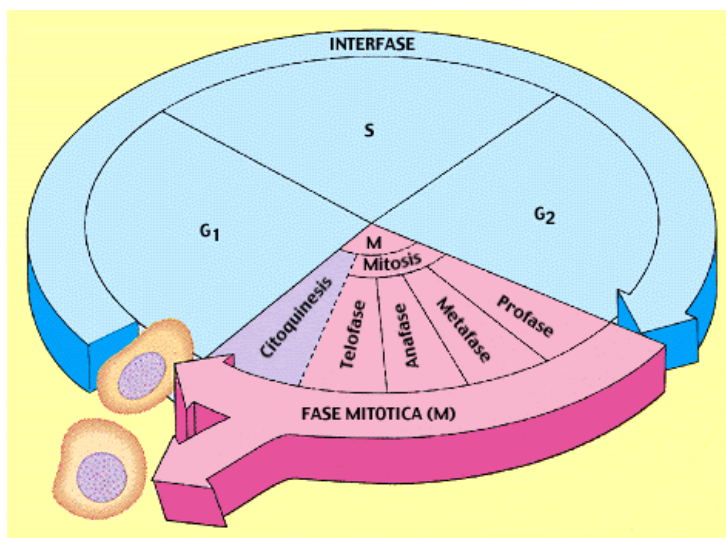
4.1. Qué es la división celular

Es un proceso a través del cual se generan dos células hijas con la misma información genética que sus progenitores.

En las células procariontas: estas aumentan su tamaño, replican su única molécula de ADN circular y dividen su citoplasma por un proceso de bipartición en el que se forma un tabique que separa la célula en dos células hija, cada una con una molécula de ADN bacteriano.

En las células eucariotas. A lo largo de la vida de estas células suceden una serie de procesos repetidos de crecimiento celular y división que reciben el nombre de ciclo celular. En el ciclo celular se distinguen dos etapas:

- Etapa de crecimiento o interfase. Es la etapa más larga del ciclo celular, y sin ella, las células hija alcanzan el tamaño de las adultas. Al finalizar esta etapa, el ADN se replica, es decir, la cromatina presente en el núcleo se duplica. En esta etapa también se duplican los centriolos.
- Etapa de división celular. En ella tiene lugar la división del núcleo (mitosis), en la que el ADN se reparte entre las dos células que se están formando y, a continuación, la división del citoplasma (citocinesis), en la que, como su nombre indica, se divide el citoplasma y se forman las dos células hija.



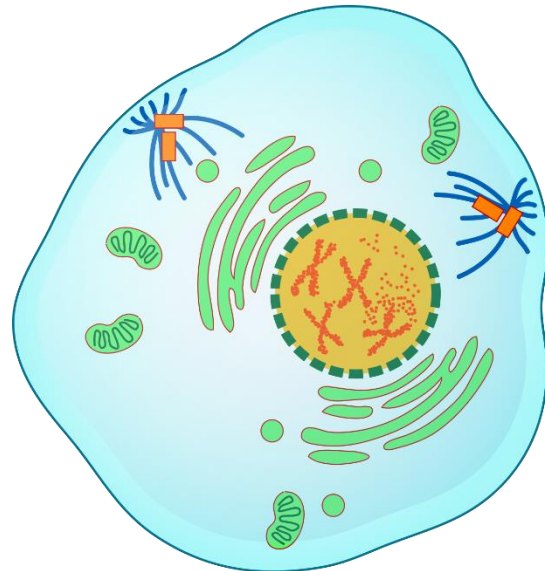
4.2. La mitosis

La mitosis es un proceso de división del núcleo por el cual se forman dos núcleos hijos con el mismo número de cromosomas que tenía la célula materna.

Consta de 4 etapas: **profase, metafase, anafase y telofase:**

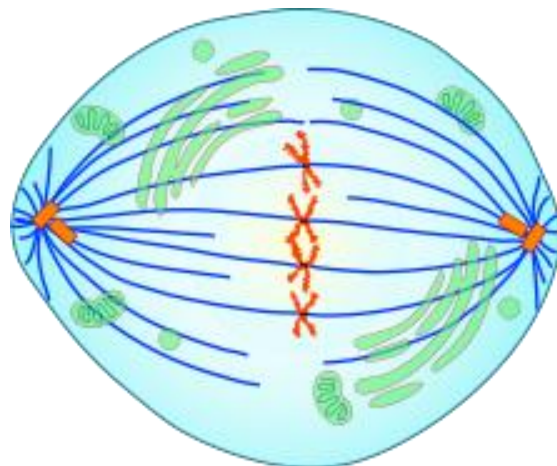
Profase

- Las fibras de cromatina que se duplicaron en la interfase se condensan y forman los cromosomas.
- La membrana nuclear y el nucléolo se desintegran y desaparecen.
- Los centriolos se separan y se dirigen a polos opuestos de la célula; entre ellos crecen unos filamentos que forman una estructura denominada huso mitótico, que permitirá el movimiento de los cromosomas.



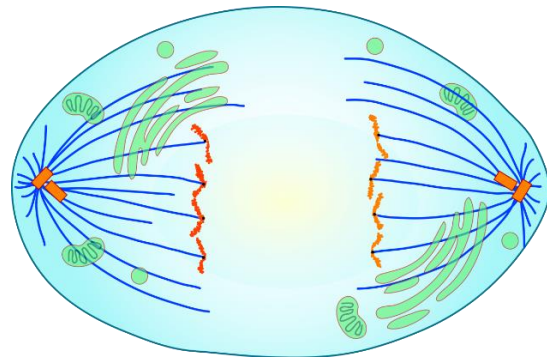
Metafase

- Los cromosomas alcanzan la máxima condensación.
- Se sitúan en el centro de la célula, perpendiculares a los filamentos del huso mitótico y unidos a ellos por los centrómeros; esta disposición alineada recibe el nombre de placa ecuatorial.



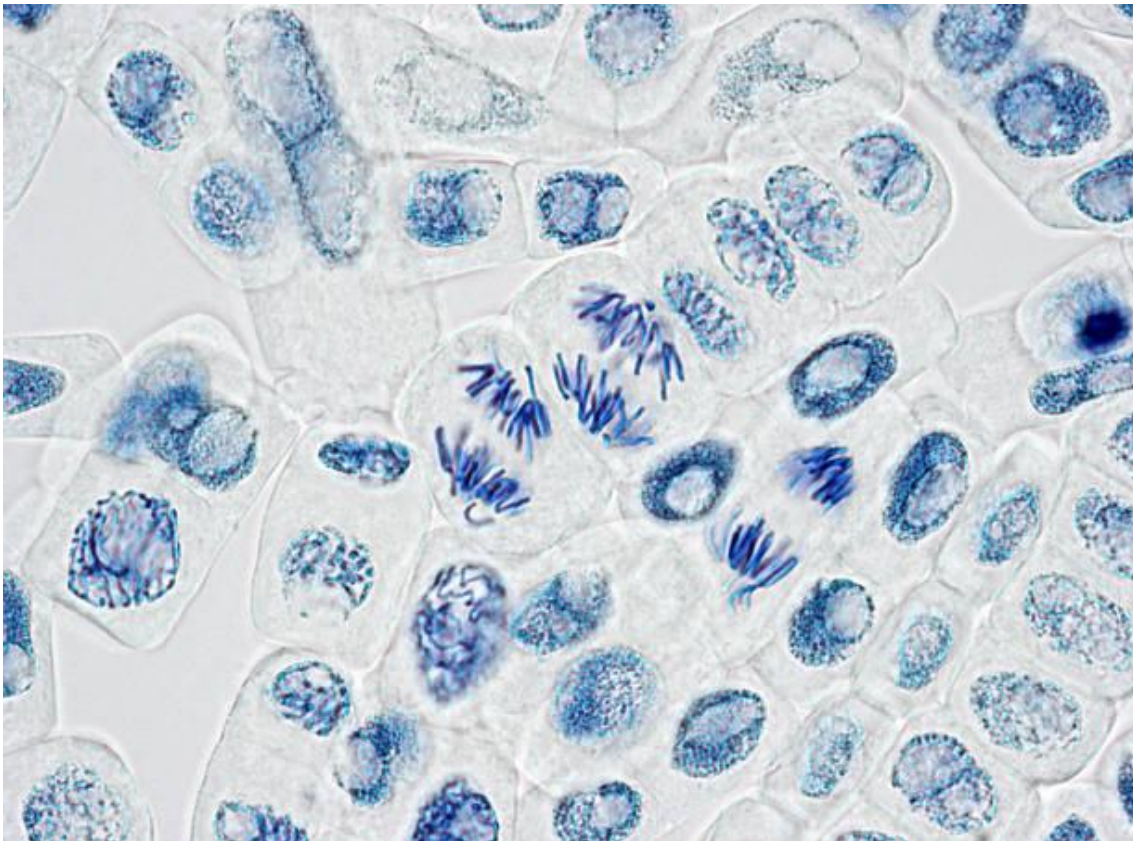
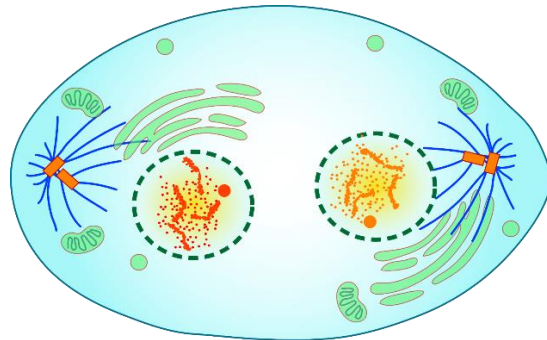
Anafase

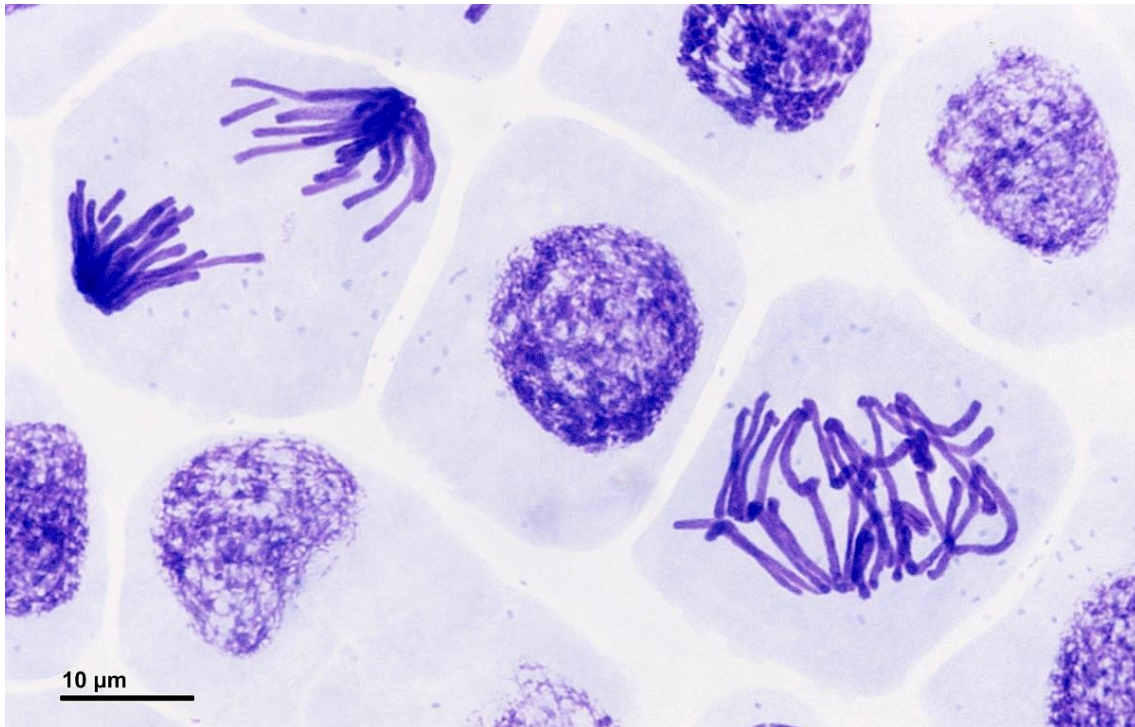
- Las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan la ser arrastradas por los filamentos del huso, que se van acortando.
- Cada cromátida se dirige a un extremo de la célula, formando así dos cromosomas hijo, uno de cada célula hija.



Telofase

- Los cromosomas hijo terminan de migrar al extremo celular correspondiente. Una vez en él, se desespiralizan y vuelven a formar la madeja de cromatina. Las fibras del huso desaparecen, y se reconstituye el nucléolo y la membrana nuclear. Al finalizar la etapa, la célula tiene dos núcleos, cada uno de ellos con la dotación genética $2n$.





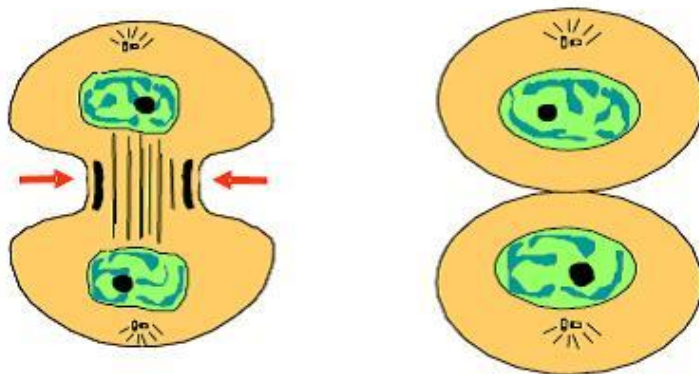
4.3. La citocinesis o división del citoplasma

Una vez concluida la división del núcleo tiene lugar la división del citoplasma. Este proceso se realiza de forma diferente en las células animales y en las vegetales.

Citocinesis en las células animales

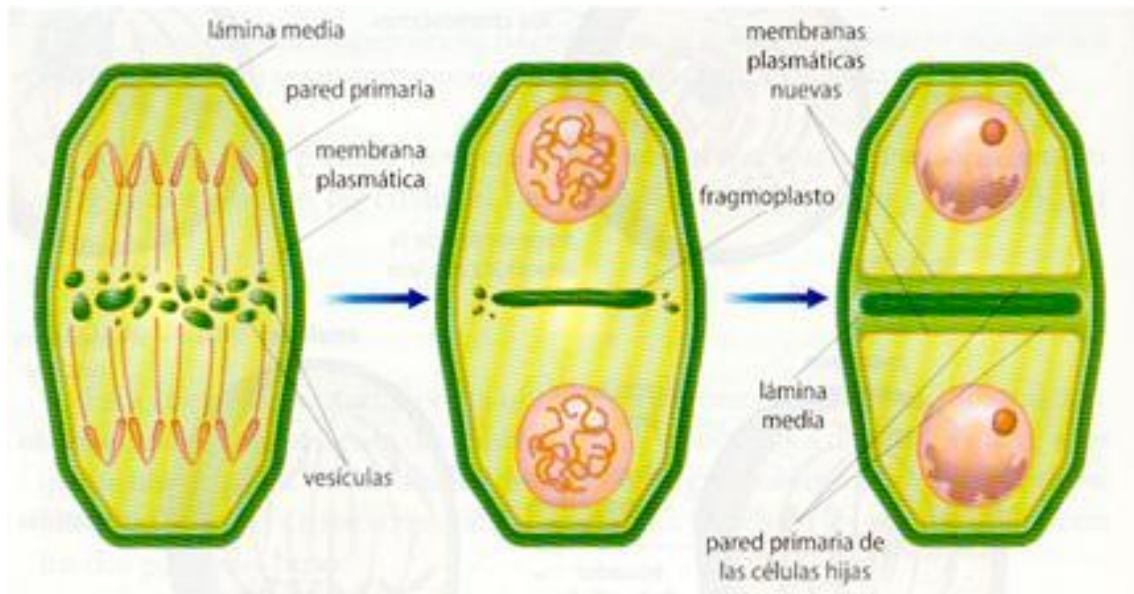
En estas la división del citoplasma se produce por estrangulación: en el ecuador de la célula, debajo de la membrana, se forma un anillo contráctil que, al contraerse, termina dividiendo al citoplasma en dos.

El reparto del citoplasma entre las células hija puede no ser equitativo; sin embargo, al recibir la dotación completa de cromosomas, ambas células tendrán la información necesaria para crecer y transformarse en una célula adulta capaz de volver a dividirse.

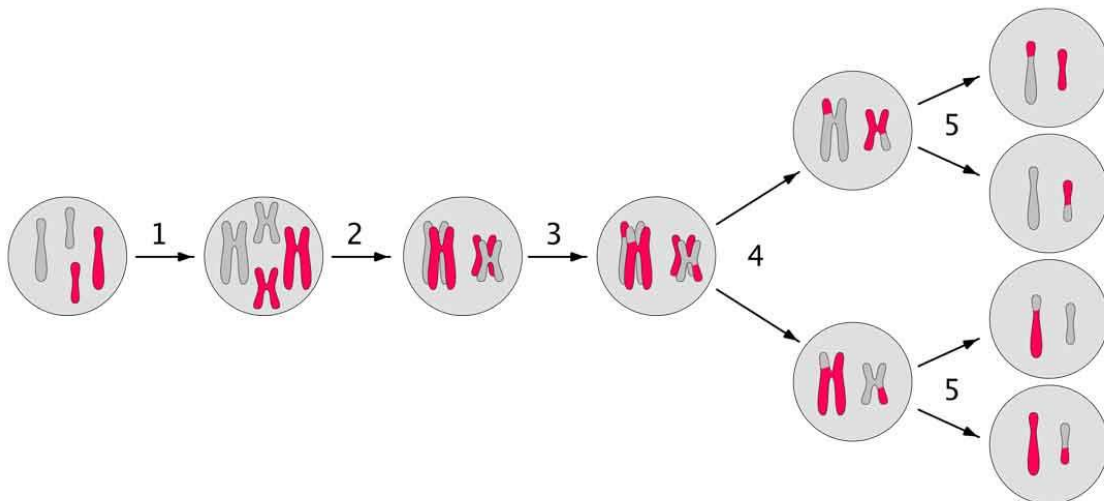


Citocinesis en las células vegetales

En estas, la pared impide que se produzca la estrangulación. Así, en el ecuador de la célula, se fusionan pequeñas vesículas que se desprenden del aparato de Golgi y se forma un tabique, llamado fragmoplasto, que crece del centro a la periferia y que dará lugar a la pared celular entre las dos células hija.



5. La meiosis: una división especial



5.1. La reproducción sexual

La reproducción sexual se produce por unión de dos células sexuales o gametos, procedentes de dos progenitores de sexos distintos.

La reproducción sexual se desarrolla en tres fases: la formación de gametos o células sexuales; la fusión de gametos, que ocurre gracias a la fecundación, en la cual célula masculina y femenina unen sus núcleos formando una nueva célula, el cigoto; el desarrollo del cigoto, que se divide sucesivamente y origina un individuo completo.

Cómo se originan los gametos

En los organismos que tienen reproducción sexual, como los animales, hay dos tipos generales de células:

- Las células somáticas, que son las células que forman parte del cuerpo. Son diploides ($2n$), en las que, de cada par de cromosomas homólogos, uno es de origen paterno, y otro, de origen materno. La división por mitosis de estas células produce el crecimiento del organismo y el reemplazo de las células muertas.
- Las células germinales, que son células diploides a partir de las cuales se originan las células sexuales o gametos, que son haploides (n), a través de un proceso de división especial denominado **meiosis**.

5.2. La meiosis

La meiosis es un proceso de división celular por el que se forman células haploides, como los gametos.

Tras la división celular por meiosis, las células hija resultantes (gametos) tienen la mitad de cromosomas (n) que la célula de la que proceden ($2n$). Sin esta reducción, la unión de una célula $2n$ procedente de un progenitor con otra célula $2n$ procedente del otro originaría un cigoto $4n$. Por ello, se dice que es una división reduccional o reduccionista.

En la meiosis se producen dos divisiones celulares consecutivas, que estudiaremos en detalle: la primera división meiótica, o meiosis I, y la segunda división meiótica, o meiosis II.

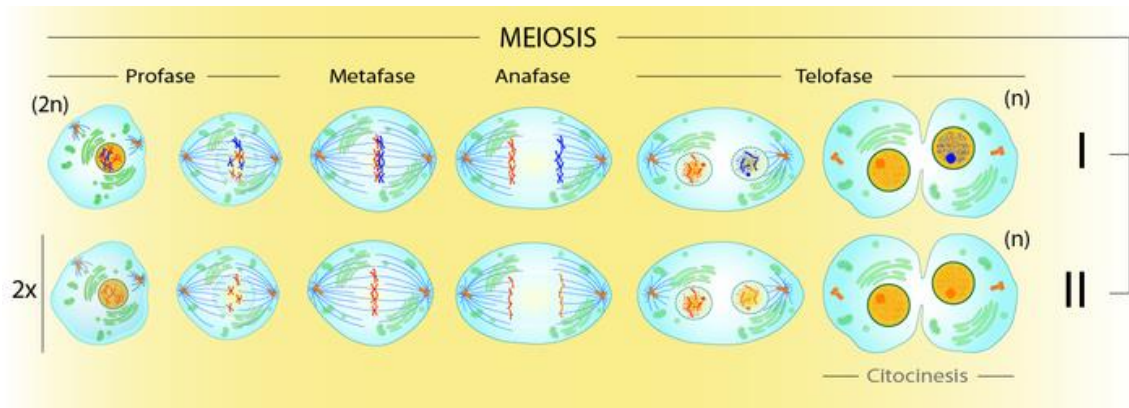
Etapas de la meiosis

Primera división meiótica o meiosis I

- Profase I: leptotene, cigotene, paquitene, diplotene y diacinesis.
- Metafase I
- Anafase I
- Telofase I

Segunda división meiótica o meiosis II

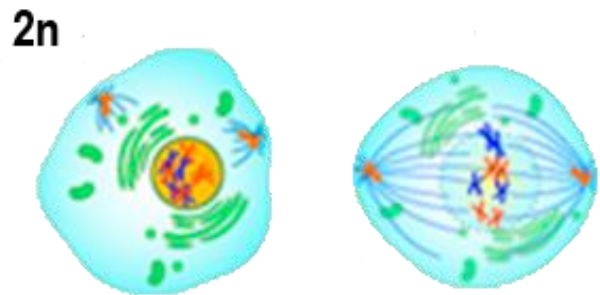
- Profase II
- Metafase II
- Anafase II
- Telofase II



Primera división meiótica

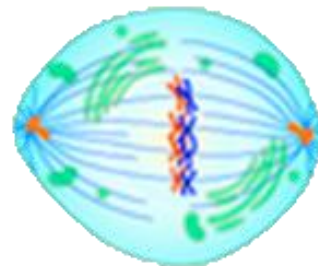
Profase I

- Es la etapa más larga. Las fibras de cromatina que se duplicaron en la interfase, se condensan, y los cromosomas se hacen visibles; cada uno está formado por dos cromátidas.
- Los cromosomas homólogos se aparean (sinapsis), se intercambian fragmentos entre ellos (sobrecruzamiento), lo que hará que las células hija sean genéticamente distintas a la célula madre.
- Durante esta fase desaparece la membrana nuclear.



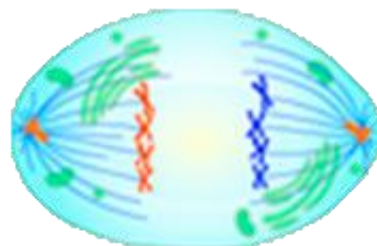
Metafase I

- La pareja de cromosomas homólogos, que se mantienen unidos por los puntos de sobrecruzamiento, se sitúan en el ecuador de la célula sujetos a los filamentos del huso por el centrómero.



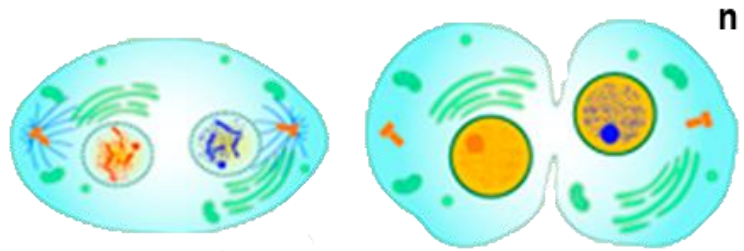
Anafase I

- Las fibras del huso mitótico se acortan y separan los cromosomas homólogos.
- Cada cromosoma homólogo migra a un extremo diferente de la célula.



Telofase I

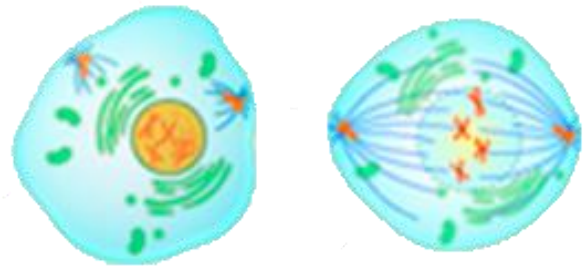
- En esta etapa, los cromosomas homólogos, ya en los polos de la célula, se descondensan y se forma de nuevo la membrana nuclear y el huso desaparece.
- El resultado son dos células hija con la mitad de cromosomas, pero con dos cromátidas cada uno.



Segunda división meiótica

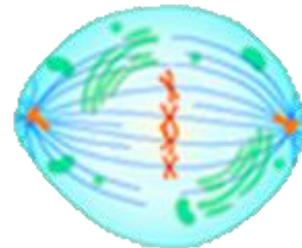
Profase II

- Sin pasar por la interfase se forma de nuevo el huso, desaparece la membrana nuclear y los cromosomas se vuelven a condensar.



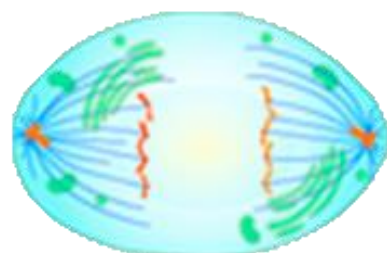
Metafase II

- Los cromosomas se sitúan en el ecuador de la célula y forman la placa ecuatorial.



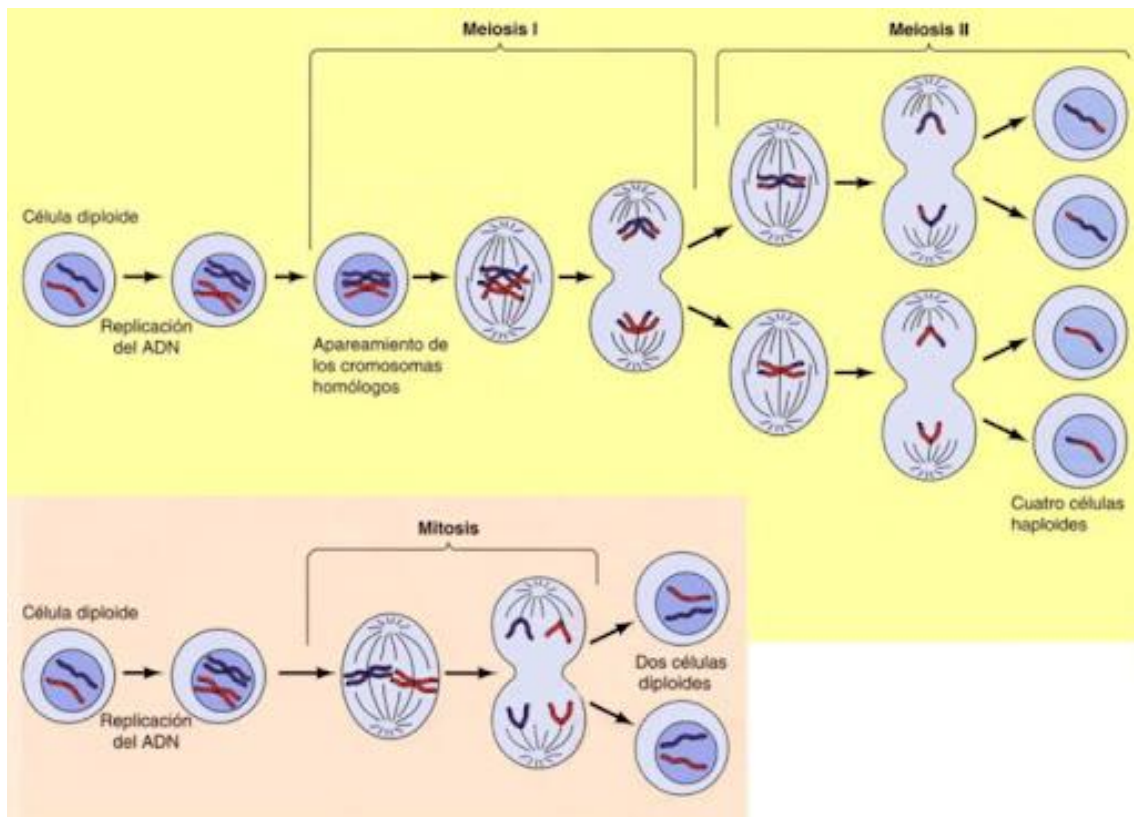
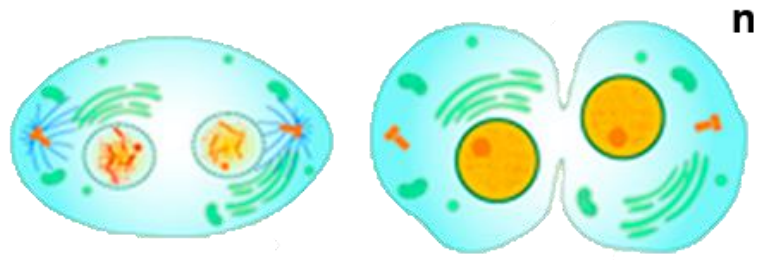
Anafase II

- Las dos cromátidas de cada cromosoma se separan, arrastradas por las fibras del huso. Cada cromátida que constituye un cromosoma hijo se dirige hacia un extremo de la célula.



Telofase II

- Los cromosomas se descondensan y se forma la cromatina. Se constituye la membrana nuclear y desaparece el huso.



Citocinesis

A continuación, una vez finalizada la meiosis, tiene lugar la citocinesis.

Se divide el citoplasma y se reparten los orgánulos entre las células hija.

El resultado final es que se forman cuatro células hija n , es decir, que tienen la mitad de cromosomas que la célula madre, que era $2n$.

6. Comparamos la mitosis y la meiosis

6.1. El significado biológico de la mitosis.

- En los organismos pluricelulares, la división celular por mitosis tiene como función permitir el crecimiento del individuo mediante sucesivas divisiones, y la renovación de las células deterioradas.
- En los organismos unicelulares eucariotas, la mitosis es un mecanismo de reproducción (reproducción asexual) que permite aumentar el número de individuos.

6.2. El significado biológico de la meiosis

Es un proceso indispensable para reducir a la mitad el número de cromosomas durante la formación de las células sexuales. Así, a partir de células diploides ($2n$), con dos juegos completos de cromosomas, se obtienen células haploides (n), con un único juego de cromosomas.

Durante la meiosis se produce el sobrecruzamiento, o intercambio de fragmentos de cromátidas hermanas, entre cromosomas homólogos. Este intercambio de información hace que se obtengan células genéticamente distintas a la célula madre, lo que genera la denominada **variabilidad genética**, es decir, modificaciones en la información genética que producen organismos diversos.

MITOSIS	MEIOSIS
Sucede solo en las células somáticas.	Sucede solo en las células germinales.
Ocurre tanto en células haploides como diploides.	Ocurre solo en células diploides.
Es un proceso corto.	Es un proceso largo.
El núcleo se divide una vez.	El núcleo se divide dos veces.
No se produce sobrecruzamiento.	Se produce sobrecruzamiento entre cromosomas homólogos.
En la anafase se produce la separación de las cromátidas hermanas.	En la anafase I se separan cromosomas homólogos. En la anafase II se separan cromátidas hermanas.
Se forman dos células hija idénticas entre sí y con la misma dotación cromosómica que la madre.	Se forman cuatro células hija genéticamente distintas y con la mitad de cromosomas que la madre.