

TEMA 9: EL NÚCLEO Y EL CICLO CELULAR

1. El Núcleo Celular

1.1.- Características del Núcleo

1.2.- El núcleo interfásico

1.3.- El núcleo mitótico o núcleo en división

2. El ciclo celular

2.1.- La interfase.

2.2.- División celular: Mitosis

2.3.- División celular: Meiosis

1. El núcleo

El núcleo es el principal orgánulo de la célula eucariota animal y vegetal, pues contiene la información genética en forma de ADN, y es donde se realiza la replicación del ADN y la síntesis de todos los ARN. Fue descrito en 1830 por Robert Brown.

El núcleo tiene aspecto muy distinto según el momento del ciclo en el que se encuentre. Así, se distingue:

_____ (mal llamado antiguamente núcleo en reposo) cuando la célula no se está dividiendo.

_____ cuando se diferencian los cromosomas, y la célula se va a dividir.

1.1.-Características del núcleo

El núcleo está presente en todas las células eucariotas excepto en glóbulos rojos de vertebrados superiores y en las células epidérmicas del estrato córneo superficial.

Forma:

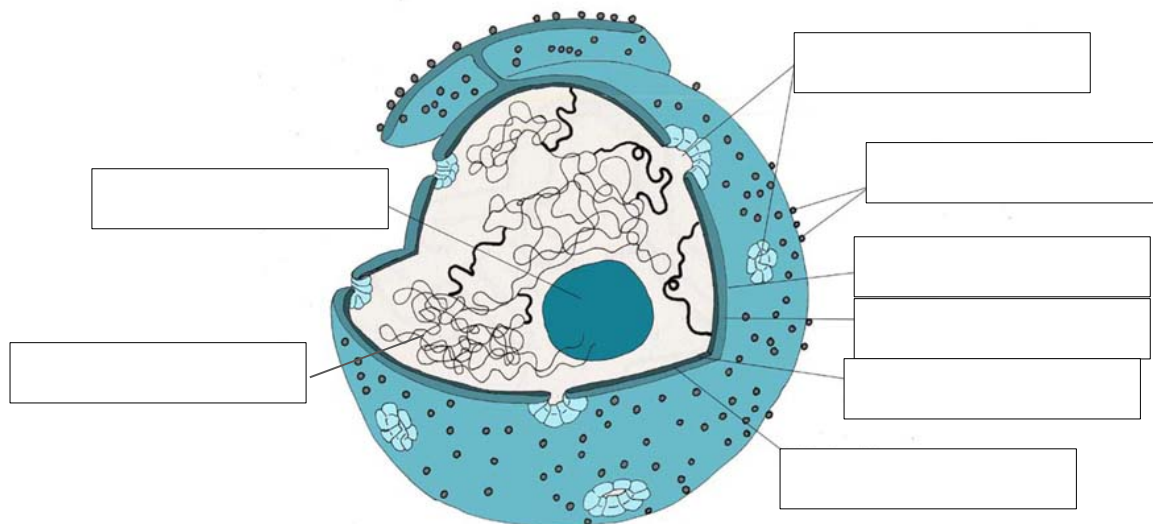
Tamaño:

Posición:

Número:

1.2.-El núcleo interfásico

Durante la interfase, el ADN está en forma de cromatina, disperso por el citoplasma, formando una red. La interfase es una etapa del ciclo de vida de la célula muy importante, ya que abarca el 90 % del tiempo. Es cuando se produce la duplicación del ADN y la síntesis de los ARN, que una vez transportados al citoplasma se encargarán de dirigir la síntesis de enzimas y proteínas.



El núcleo de una célula típica tiene los siguientes componentes:

Envoltura nuclear (o carioteca)

El núcleo está delimitado por una doble membrana, que dejan entre ellas un espacio intermembranoso o perínuclear. En algunas zonas, ambas membranas se fusionan dejando un espacio o poro (complejos de poro). Presenta la siguiente estructura:

La membrana nuclear externa tiene un grosor de 70 a 80 Å. En su cara citoplasmática presenta ribosomas adheridos por la subunidad mayor. El espacio perínuclear y la membrana nuclear externa tienen continuación con la membrana del retículo endoplasmático.

El espacio perínuclear o intermembranoso está comprendido entre las dos membranas nucleares, y tiene un grosor de 100 a 200 Å. Se comunica directamente con el lumen del retículo endoplasmático.

La membrana nuclear interna tiene asociada a ella, por la cara del nucleoplasma, una red de fibras proteicas denominada lámina nuclear o corteza nuclear. Esta red de filamentos proteicos entrelazados, tiene como función el servir de punto de anclaje para la cromatina y regular el crecimiento de la envoltura nuclear.

Los poros nucleares son complejos de proteínas que atraviesan la envoltura nuclear. Los poros se forman o desaparecen según el estado funcional de la célula. Regulan el intercambio de moléculas entre el núcleo y el citosol. A través de los poros, pasan libremente moléculas hidrosolubles, y las macromoléculas como el ARN o las proteínas, pero requieren transporte activo

COMPLEJO DEL PORO.

La envoltura nuclear aparece en la telofase a partir de cisternas del retículo endoplasmático organizadas por la lámina nuclear.

Funciones de la membrana nuclear

Nucleoplasma (carioplasma o matriz nuclear)

El medio interno del núcleo se denomina nucleoplasma o matriz nuclear, y es similar al citosol.

Está formado por una dispersión coloidal compuesta por una gran variedad de principios inmediatos como son: prótidos (aminoácidos, péptidos, histonas, protamínas y enzimas implicados en la transcripción y replicación del ADN...), ácidos nucleicos (nucleótidos, nucleósidos, ARNt, ARNm, ARNr...), lípidos (proteolípidos), glúcidos (glucógeno), sales minerales, e iones.

Dentro de esta matriz se encuentran el nucléolo y la cromatina, separados por una red proteica tridimensional, similar al citoesqueleto, que se extiende por todo el núcleo.

La función de la matriz nuclear no sólo es estructural, ya que muchas enzimas están asociadas con ella.

Nuécleo

Es una estructura esférica, situada en el interior del núcleo, que carece de membrana. Suele haber uno por célula, aunque algunas células pueden tener más (los ovocitos de los anfibios, por ejemplo, contienen más de un millar de nucléolos).

El nucléolo es donde se sintetizan todos los tipos de ARNr. La función principal del nucléolo es la síntesis de ribosomas, transcribiendo el ARN ribosómico para formar sus componentes.

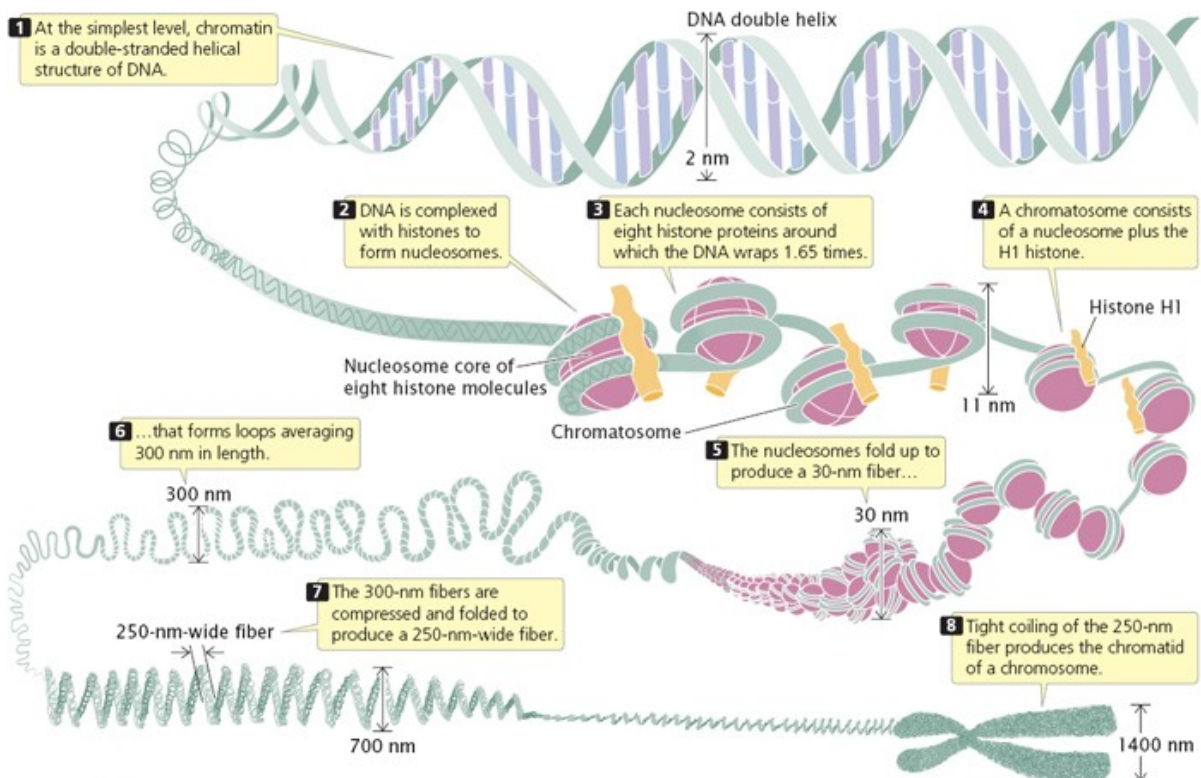
Los nucléolos son más destacados en la interfase, y desaparecen cuando los cromosomas se van condensando.

Cromatina

El material genético del núcleo en interfase se llama cromatina. Cada fibra de cromatina está formada por ADN asociados a histonas y a otras proteínas no histónicas. Recibe el nombre de cromatina porque se tiñe con colorantes como el carmín acético o la orceína acética. Cuando la célula se divide, la cromatina se condensa y forma los cromosomas, por lo que se puede decir que cromatina y cromosomas son dos estados diferentes de una misma sustancia.

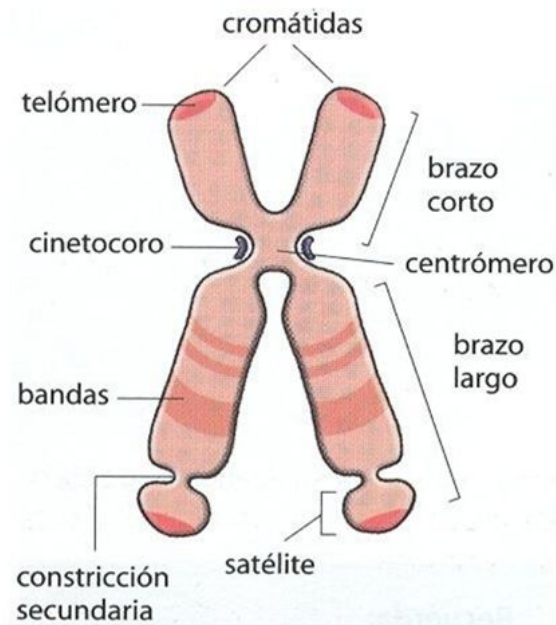
Típos de cromatina.

Condensación de la cromatina hasta cromosomas



1.3.- El núcleo en división

Durante la división celular, los filamentos de cromatina se condensan para formar los *cromosomas*. Un cromosoma somático está formado por:



En función de la posición que ocupe el centrómero y de la proporcionalidad entre brazos se distinguen **cuatro tipos de cromosomas**:

El número de cromosomas varía entre especies pero es constante dentro de una misma especie. La mayoría de los organismos son diploides ($2n$), es decir, tienen en sus células dos juegos de cromosomas. Sin embargo, hay organismos haploides (n), como algunas algas o en algunas fases del ciclo de hongos, musgos y helechos; y organismos que presentan más de dos juegos (triploides, $3n$; tetraploides, $4n$; etc.).

Al conjunto de todos los cromosomas de una célula se le llama _____

2. El ciclo celular

El ciclo celular es un conjunto ordenado de sucesos que conducen al crecimiento de la célula y la división en dos células hijas. El ciclo celular se inicia en el instante en que aparece una nueva célula, descendiente de otra que se divide, y termina en el momento en que dicha célula, por división, origina dos nuevas células hijas. La duración del ciclo celular depende del tipo de célula, pudiendo ser desde algunas horas hasta años.

Los seres pluricelulares pueden vivir más que las células que los componen, por lo que las células tienen que reproducirse. Además, la división celular determina su crecimiento, ya que todos los seres comienzan siendo una sola célula.

A lo largo del ciclo celular, desde que la célula aparece hasta que se divide en otras dos células, la célula pasa por dos etapas distintas:

Interfase: una larga etapa de crecimiento celular, en la que la célula duplica su ADN, sintetiza proteínas, produce los orgánulos necesarios y se prepara para la división celular. Abarca el tiempo transcurrido entre dos divisiones sucesivas. Se divide en tres fases, aunque algunas se quedan en otra fase llamada G_0 que se verá más adelante:

La **fase G_1** , quiere decir “gap 1”, corresponde al intervalo 1.

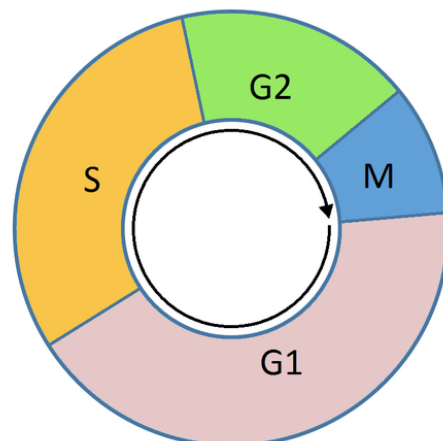
La **fase S** , de representa la “síntesis”, en la que ocurre la replicación del ADN.

La **fase G_2** , de “gap 2”, corresponde al intervalo 2.

Mitosis: etapa corta en la que aparecen los cromosomas. Se forman las dos nuevas células hijas a partir de una célula. Se divide en:

Cariocinesis: división del núcleo.

Citocinesis: división del citoplasma.



2.1.- La interfase

La interfase es la etapa más larga del ciclo celular, y es el período de tiempo que transcurre entre dos mitosis sucesivas. Aunque la célula no se está dividiendo, hay gran actividad metabólica, la célula crece y duplica su material genético, preparándose para la [división celular](#). Consta de tres fases:

Fase G1.

Fase S.

Fase G2.

Como las células que están en la fase G1 tienen la mitad de ADN que las que están en la fase G2, podemos saber en qué fase se encuentra la célula, con sólo saber la cantidad de ADN.

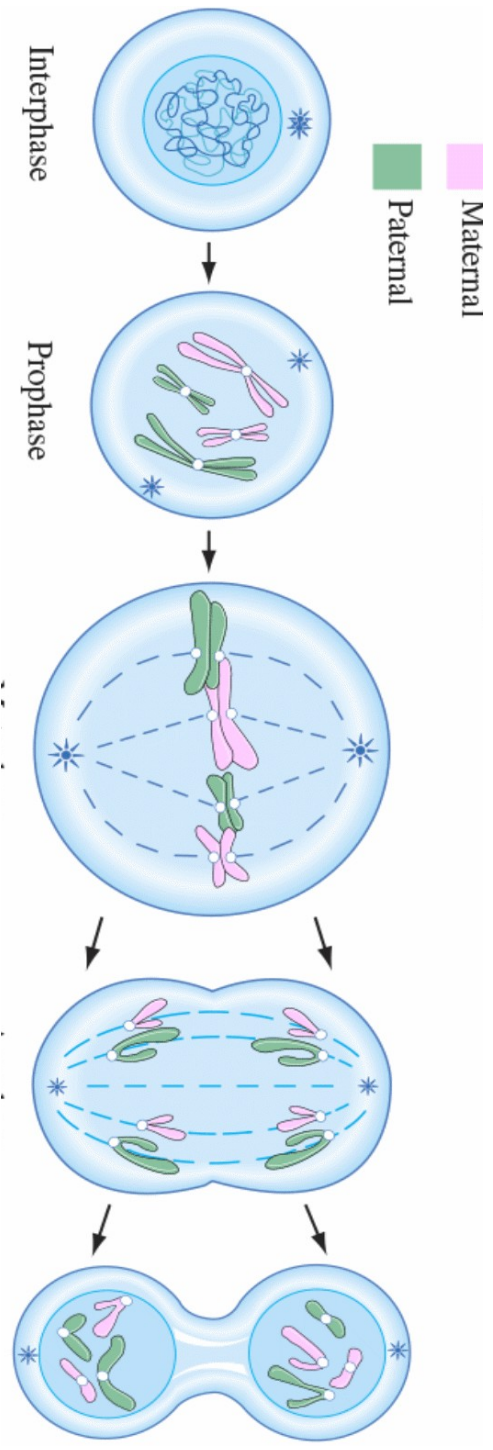
Cuando termine la interfase, comenzará la etapa M, donde las células se dividirán y repartirán su material genético (mitosis) y citoplasmático (citocinesis) entre las dos células hijas. Después comenzaría nuevamente la fase G1.

Durante las fases G_0 , G_1 , S y G_2 , el núcleo celular se denomina núcleo interfásico, pero durante la fase M el núcleo se desintegra, y se hacen visibles los cromosomas. El número de divisiones de una célula es limitado, ya que es necesario para el correcto funcionamiento del organismo. A esto se le llama _____.

Cuando lleva alrededor de 50 divisiones, la célula entra en la fase G_0 , en un estado de senescencia.

2.2.- División celular: Mitosis

La mitosis tiene por objeto repartir el material hereditario, que se ha duplicado en la fase S de la interfase, de manera equitativa entre las dos células hijas que se van a formar, para que sean genéticamente idénticas. La mitosis es un proceso continuo, pero su estudio se divide en 4 etapas: profase, metafase, anafase y telofase.



Mientras va acabando la cariocinesis (división del núcleo), al final de anafase o principios de la telofase se pone en marcha la citocinesis. Consiste en la división del citoplasma entre las dos células hijas, de forma que se reparten los orgánulos citoplasmáticos de manera equitativa.

DIFERENCIAS ENTRE CÉLULA ANIMAL Y VEGETAL

2.3.- División celular: Meiosis

La meiosis es un tipo de división celular reduccional, cuya finalidad es producir células con la mitad del número de cromosomas que la célula madre. Sólo presentan meiosis las células germinales: gametos y esporas meióticas. La meiosis consta de dos divisiones seguidas obteniéndose cuatro células haploides a partir de una célula diploide. Todas las células haploides son genéticamente distintas, gracias al reparto al azar de las cromátidas y al proceso de recombinación genética.

La interfase previa a la meiosis es análoga a la interfase previa a la mitosis, en este periodo se produce la síntesis de las histonas, la duplicación del ADN y se duplican también los centriolos de los centrosomas. En el periodo G₂ los controles conducen la célula hacia la meiosis.

El proceso de la meiosis tiene una duración variable, pero es mucho más largo que la mitosis, suele durar varios días y a veces dura semanas o incluso años, como es en el caso de las hembras de mamíferos.

CONTENIDO DEL ADN EN MITOSIS Y MEIOSIS

La mayor parte de los organismos pluricelulares se reproducen sexualmente, mediante la fecundación, consistente en la unión de dos gametos, uno procedente del padre y otro de la madre. Por tanto, para mantener constante el número de cromosomas, estos gametos tienen que tener la mitad de los cromosomas para que, cuando se unan, den lugar a una célula huevo o cigoto con el número correcto de cromosomas. A este proceso de reducción cromosómica se le denomina meiosis. La meiosis es un proceso de división celular en el que una célula diploide ($2n$) o gametogonia experimenta dos divisiones sucesivas, para producir cuatro células haploides (n) o gametos. Así es como se forman los óvulos y los espermatozoides, que cuando se unan, darán lugar a un individuo diploide.

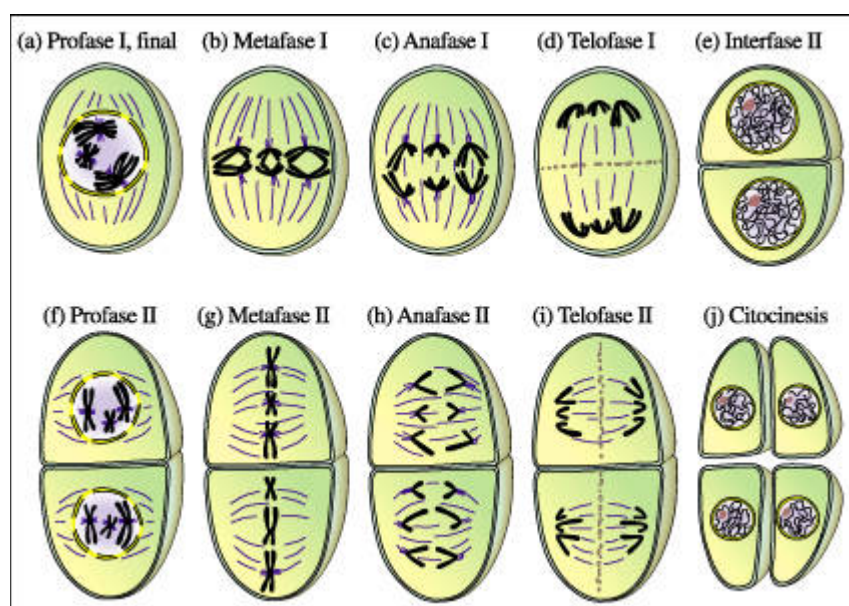
Las principales características de la meiosis son:

- * _____
- * _____
- * _____

Como en la mitosis, durante la interfase se duplica el ADN, y cada cromátida origina una cromátida homóloga (gemela), quedando unidas por el centrómero. Después se producen dos divisiones nucleares y citoplasmáticas:

Meiosis I (reduccional).

Meiosis II (ecuacional): es semejante a una mitosis normal. Se reparten las cromátidas hermanas de cada cromosoma entre las dos células hijas.



Primera división meiótica: división reduccional

La primera división meiótica (o meiosis I) es una división reduccional, ya que se reduce a la mitad el número de cromosomas. Los principales acontecimientos de la meiosis son:

Apareamiento de los cromosomas homólogos.

Recombinación genética.

Segregación de cromosomas homólogos. No se reparten cromátidas, sino cromosomas enteros.

Profase I

La profase I es la fase más larga de la meiosis y en ella se produce el apareamiento de los cromosomas homólogos, formando la tétrada, por estar formada por las dos cromátidas de cada cromosoma. Después se produce un sobrecruzamiento entre los cromosomas homólogos, que consiste en un intercambio de fragmentos cromosómicos (ADN) entre dos cromátidas homólogas (no hermanas). La carioteca desaparece al final de la profase I, igual que el nucléolo. En cambio, se forman los microtúbulos del huso.

La profase I se divide en cinco fases:

_____ La cromatina se condensa formando los cromosomas, con dos cromátidas. Los cromosomas homólogos se aproximan.

_____ Se produce la sínapsis, donde los cromosomas homólogos se aparean formando un bivalente (por ser dos cromosomas homólogos unidos) o tétrada (por tener cuatro cromátidas). Los cromosomas se unen en toda su longitud, excepto los cromosomas X e Y que lo hacen sólo en la parte homóloga.

_____ Los cromosomas se terminan de aparear y se contraen, haciéndose más cortos y gruesos. Se produce el sobrecruzamiento (o entrecruzamiento o crossing-over) entre cromátidas no hermanas, es decir, el intercambio de segmentos de ADN (genes) entre cromosomas homólogos. Esto tiene como resultado la recombinación génica del material hereditario, y los cromosomas dejarán de ser paternos o maternos, pues una de sus cromátidas tendrá trozos de ADN paterno y materno. Puede haber, como en los humanos, entre 2 y 3 sobrecruzamientos por cada tétrada.

_____ Los cromosomas homólogos comienzan a separarse (desinapsis), aunque permanecen unidos por unos puntos denominados quiasmas, donde se reflejan los lugares donde tuvo lugar el sobrecruzamiento. Por eso se dice que el quiasma es la prueba citológica, observable al microscopio, del sobrecruzamiento, y su consecuencia genética es la recombinación génica.

Esta etapa es la más larga de la meiosis, ya que puede durar años, como ocurre en el caso de los ovocitos humanos.

_____ Los bivalentes, unidos por los quiasmas, presentan su máximo grado de condensación. Ahora es cuando se pueden distinguir las dos cromátidas de cada homólogo, formando tétradas en las que las cromátidas hermanas están unidas por los centrómeros y las no hermanas por los quiasmas.

La membrana nuclear y el nucléolo desaparecen. Los centriolos comienzan a separarse formándose el huso entre los diplosomas.

Metafase I

Anafase I

Telofase I

Tras la meiosis I, cada núcleo hijo tiene uno de los cromosomas de cada pareja de homólogos formado por dos cromátidas. La meiosis II es muy parecida a la mitosis, donde se separan las dos cromátidas de cada cromosoma para ir a cada polo opuesto del huso acromático. Al finalizar, se habrán formado cuatro células con la mitad de cromosomas que la célula progenitora, y además contienen fragmentos genéticos paternos y maternos por la recombinación de profase I.

Profase II

Fase muy corta en la que se desintegran las envolturas nucleares, los cromosomas se condensan, y se forman un nuevo huso en cada célula hija.

Metafase II

Los cromosomas se disponen en la placa ecuatorial. Cada uno está formado por dos cromátidas unidas por el centrómero, y cada una tiene asociado un cinetocoro.

Anafase II

Se separan los centrómeros, y cada cromátida hermana (no idénticas) emigra a un polo opuesto arrastrada por las fibras del huso de su cinetocoro. En cada polo celular queda un juego haploide de cromosomas con solo una cromátida. En la anafase I se separan cromosomas homólogos, mientras que en la anafase II se separan cromátidas hermanas.

Telofase II

Se forma la envoltura nuclear alrededor de cada juego haploide de cromosomas de una cromátida que hay en cada polo.

Simultáneamente, se produce la citocinesis, con la que se formarán cuatro células con la mitad del número de cromosomas (haploides), y que, además, contienen segmentos alternantes paternos y maternos, ya que algunos de sus cromosomas están recombinados.

IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LA MEIOSIS

La meiosis tiene importancia por dos hechos:

- Produce los gametos, células sexuales haploides. Por la meiosis se obtienen células con mitad de cromosomas que las células somáticas. De este modo, al unirse en la fecundación con otro gameto, la célula huevo o cigoto tendrá el número de cromosomas (diploide) de la especie. Si no hubiera meiosis, en cada reproducción se duplicaría el número de cromosomas.
- Aumenta la variabilidad genética. La recombinación genética de la Profase I, en la que cada gameto contiene información de ambos progenitores, hace que la descendencia contenga una información genética única.

DIFERENCIAS ENTRE MITOSIS Y MEIOSIS

MITOSIS	MEIOSIS
En células somáticas	En células germinales o sexuales
De una división celular resultan dos células hijas	Dos divisiones que producen cuatro células hijas
El número de cromosomas en el núcleo se mantiene (E): 23 pares en diploides	El número de cromosomas se reduce a la mitad en el producto de la meiosis
Una fase premeiótica S por división	Una fase premeiótica S para ambas divisiones meióticas
Los Cromosomas homólogos no se aparean	Se produce la sinapsis de los homólogos en la profase I (cigotene)
No hay crossing over (entrecruzamiento)	Existen entrecruzamientos entre los homólogos
Los centromeros están divididos en la Anafase	Los centromeros no se dividen en la anafase I, pero sí lo realizan en la anafase II
Proceso conservativo: Los genotipos de las células hijas y parentales son iguales	Se promueve la variación en los productos de la meiosis (las gametas son todas de distinta carga genotípica)
La célula original es diploide	La célula original es diploide