

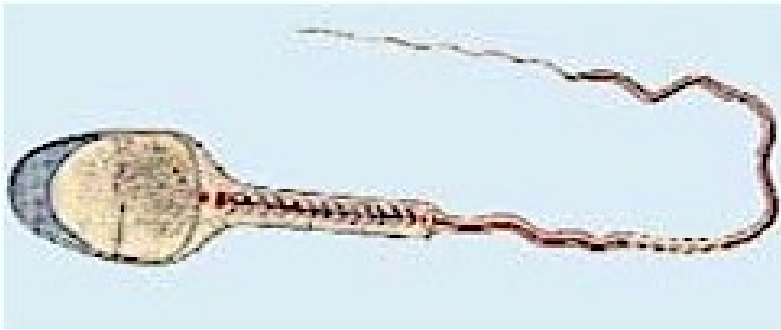
DIFERENCIACION SEXUAL

- En los grupos mas simples de la escala evolutiva, los individuos no se diferencian exteriormente, y la información diferencial solo codifica para la diferenciación de las células reproductivas.. En los grupos mas complejos mas diferenciados, estos genes se agrupan en un par de cromosomas especializados o cromosomas sexuales, resultando la expresión de esta información (fenotipo), en individuos de características morfológicas diferentes en ambos sexos, siendo la principal la formación de los órganos genitales, es decir donde se producen los gametos en cada uno de los sexos, y en los órganos destinados a vehicular el apareamiento y la fecundación.

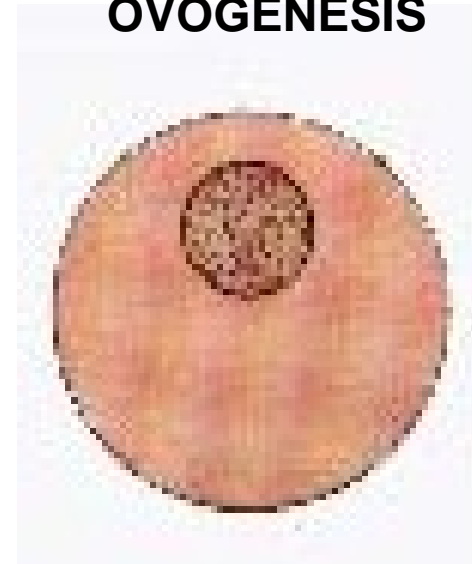


FORMACION DE GAMETOS

ESPERMATOGENESIS

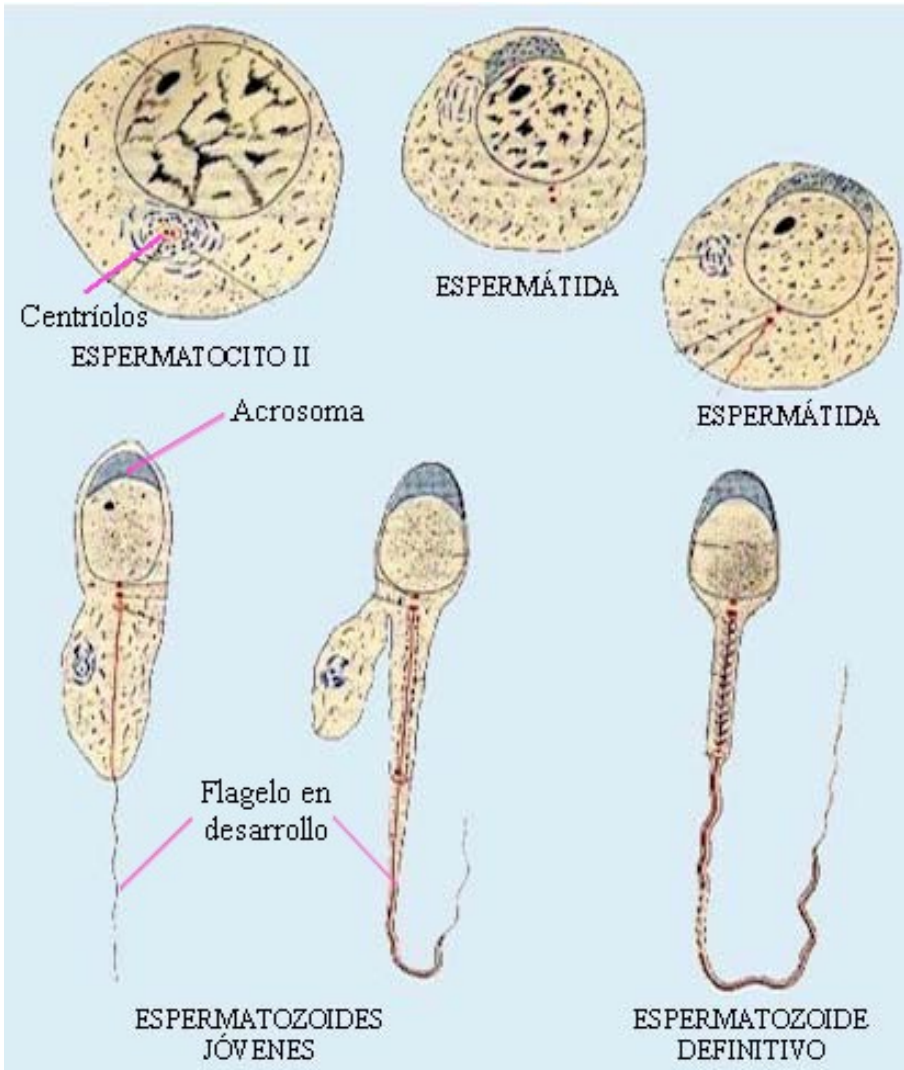


OVOGENESIS



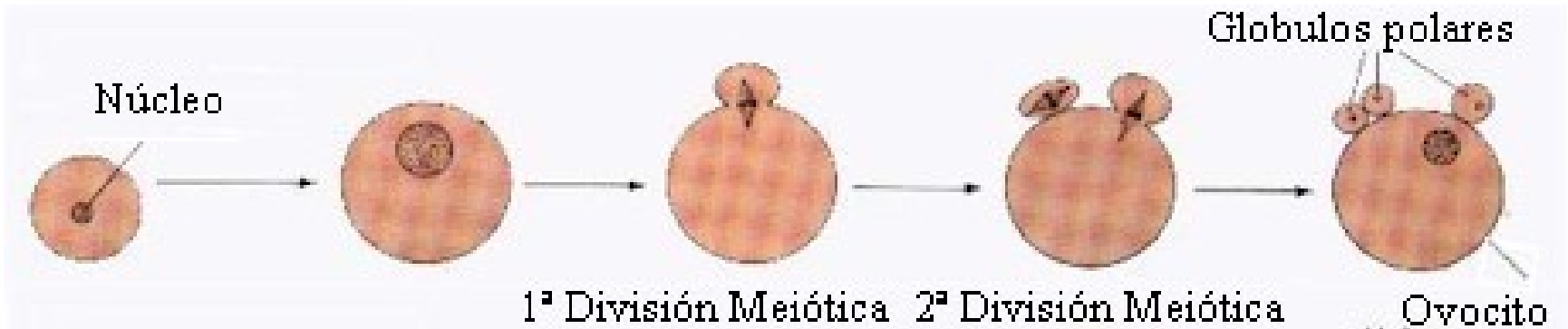
La División Meiótica, se produce en las células de las llamadas líneas germinales, en los órganos genitales o reproductivos, en los que se produce ese proceso de diferenciación celular profunda, que genera en los machos los gametos masculinos o espermatozoides y en los individuos hembra, los ovocitos (ver esquemas de espermatogénesis y ovogénesis).

ESPERMATOGENESIS



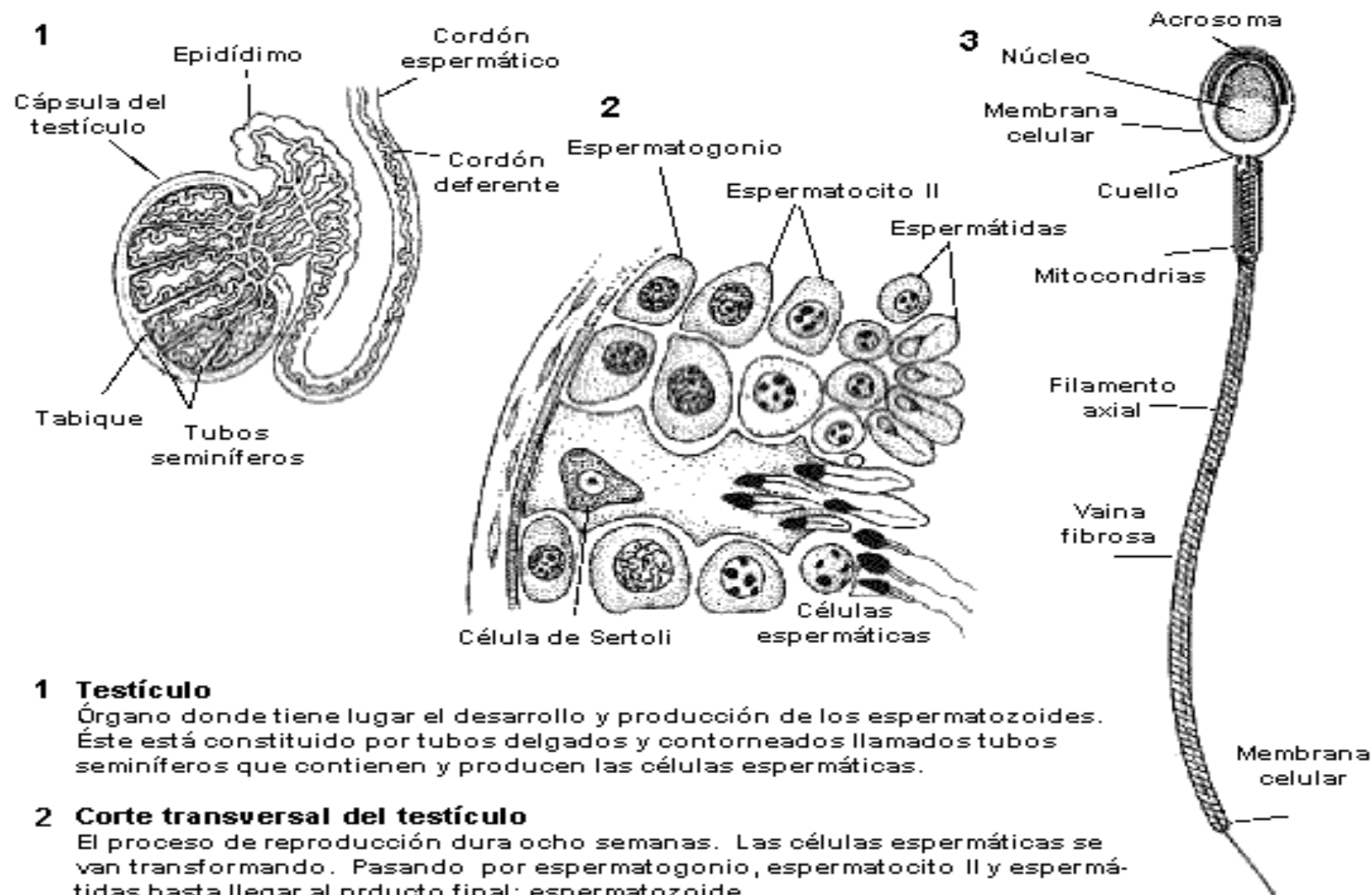
Durante la espermatogénesis, proceso de formación de los gametos masculinos, que se desarrolla en los testículos, (órganos sexuales primarios de los individuos machos), se superponen dos “programas” de diferenciación: el primero es el de la División Meiótica, en la que se reduce el número cromosómico y se reordena (recombina) el material genético, mientras que en el segundo “programa”, o Espermiogénesis”, se producen los cambios estructurales muy profundos, compactación de la cromatina, aparición del Acrosoma (aparato destinado a la penetración del espermatozoide en el óvulo), y el desarrollo del flagelo, estructura destinada a dotar de movilidad al gameto maduro.

OVOGENESIS



Durante el proceso de la ovogénesis (generación del óvulo o gameto femenino), el proceso, si bien comparte el programa meiótico, se diferencia profundamente en la ovogénesis, ya que de cada célula originaria (oogonia), se produce una sola célula madura como gameto, (las otras 3 se descartan), y la diferenciación del citoplasma consiste en la progresiva acumulación de material de reserva, que será el que proveerá de nutrientes durante las primeras etapas de desarrollo del embrión que se genere (ver esquema inferior).

Espermogénesis, desarrollo del gameto masculino: espermio.



1 Testículo

Órgano donde tiene lugar el desarrollo y producción de los espermatozoides. Éste está constituido por tubos delgados y contorneados llamados tubos seminíferos que contienen y producen las células espermáticas.

2 Corte transversal del testículo

El proceso de reproducción dura ocho semanas. Las células espermáticas se van transformando. Pasando por espermatogonio, espermatocito II y espermatidas hasta llegar al producto final: espermatozoide.

3 Célula espermática: espermatozoide

La célula madura está constituida principalmente por el núcleo que lleva la carga de ADN apretadamente condensada y la proteína asociada, por la muy poderosa cola y por mitocondrias que proporcionan la energía para el movimiento del espermatozoide.

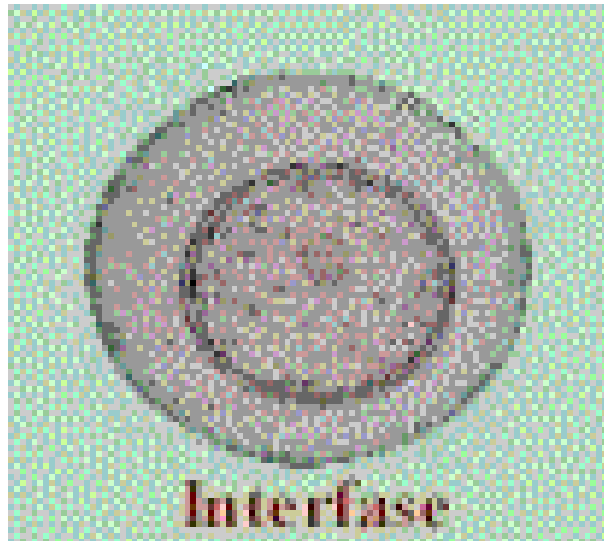
MEIOSIS

El éxito de la reproducción sexuada en el proceso evolutivo queda demostrado por su presencia desde niveles muy simples de complejidad los organismos, como las levaduras, que son seres unicelulares, hasta los grupos de mayor complejidad de animales y plantas.

El mecanismo sexuada de reproducción aparece junto con la diferenciación del compartimiento nuclear en las células, (aparición de la envoltura nuclear) y es simultáneo con la organización del material genético, (en este caso ya siempre ADN) en varias moléculas, cada una de ellas organizada, asociada a proteínas histónicas, en estructuras denominadas cromosomas.

DIVISION MEIOTICA

La división especial que se produce en las células que originarán los gametos, llamada División Meiótica, es el eje del proceso de diferenciación celular que culmina en las células que podrán formar un nuevo individuo de la especie, pues es durante esta doble división, con una sola duplicación del material genético, que se produce la reducción del número cromosómico (de diploide a haploide), y el reordenamiento del material genético procedente de cada uno de los progenitores.

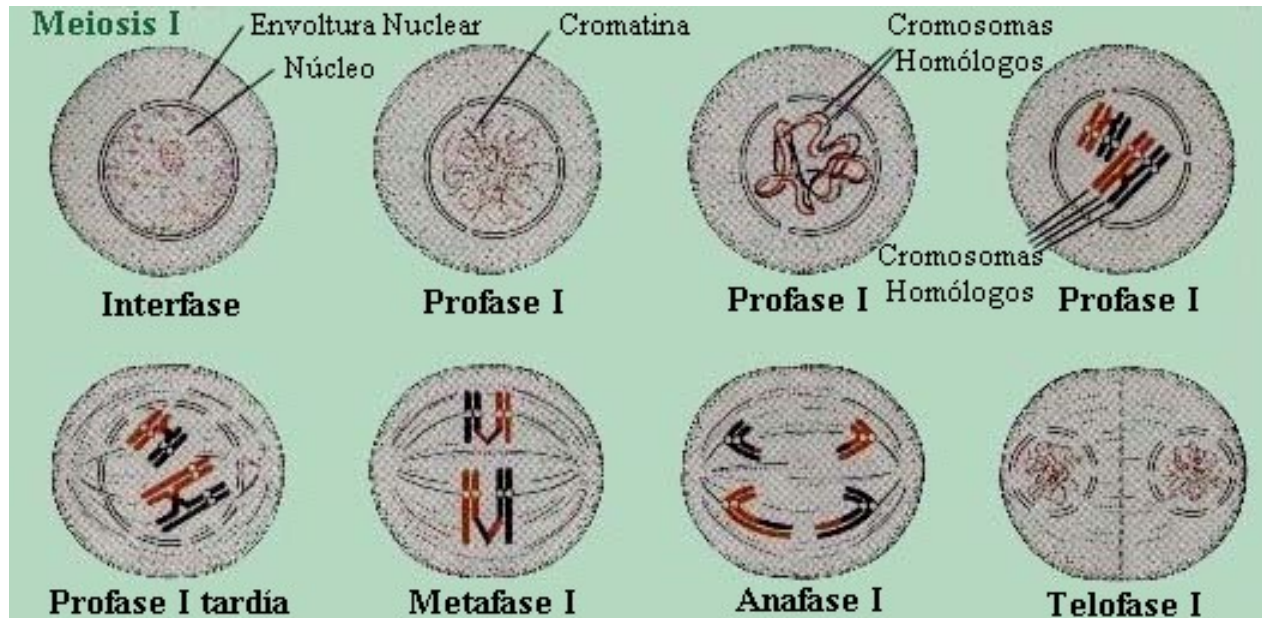


PRIMERA DIVISION MEIOTICA

SEGUNDA DIVISION MEIOTICA

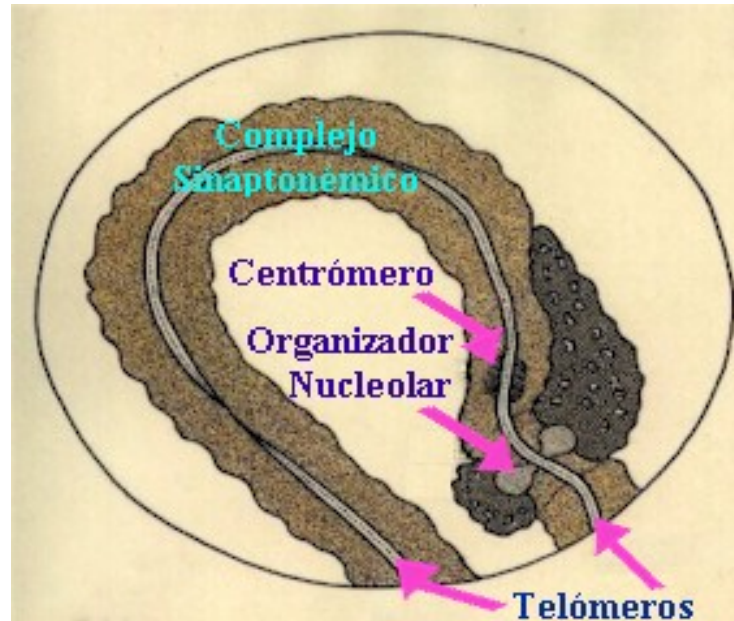


MEIOSIS I



La meiosis consta de dos divisiones sucesivas: en la primera etapa de la primera (Profase), se aparean los cromosomas homólogos, y se separan durante la Anafase. Los cromosomas homólogos son los miembros de cada par de cromosomas, en los que uno de ellos proviene del padre y lleva su versión de los genes y el otro miembro del par proviene y es portador de los genes de origen materno.

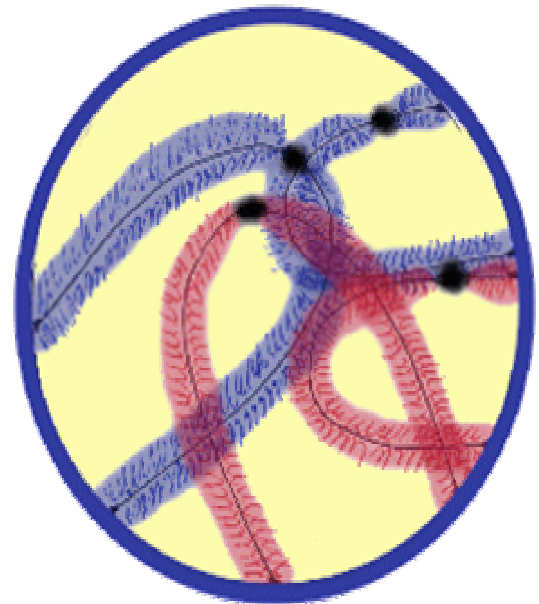
CROMOSOMA MEIOTICO



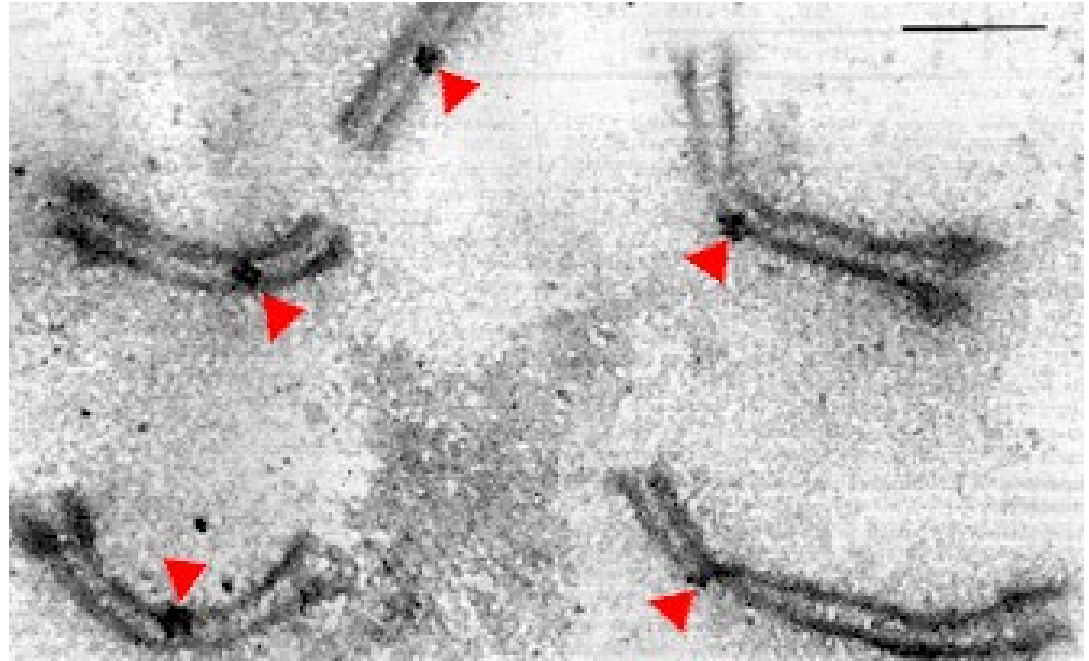
El cromosoma meiótico se forma durante la primera etapa o Profase de la 1ª división meiótica, como resultado de la aproximación y unión (apareamiento cromosómico), de los cromosomas homólogos (paterno y materno) de cada par cromosómico.

CROMOSOMA MEIOTICO

Durante ese proceso de acercamiento, se forma, como eje de cada uno de los cromosomas miembros del par en eje, hasta donde conocemos formado por proteínas, sobre el que se relaciona las fibras de cromatina de cada dominio cromosómico. Cuando se completa el apareamiento, ambos ejes quedan a una distancia regular formando un eje doble al que se denomina Complejo Sinaptonémico, con una región central claramente estructurada (elemento central) y dos ejes laterales.



NODULOS DE RECOMBINACION

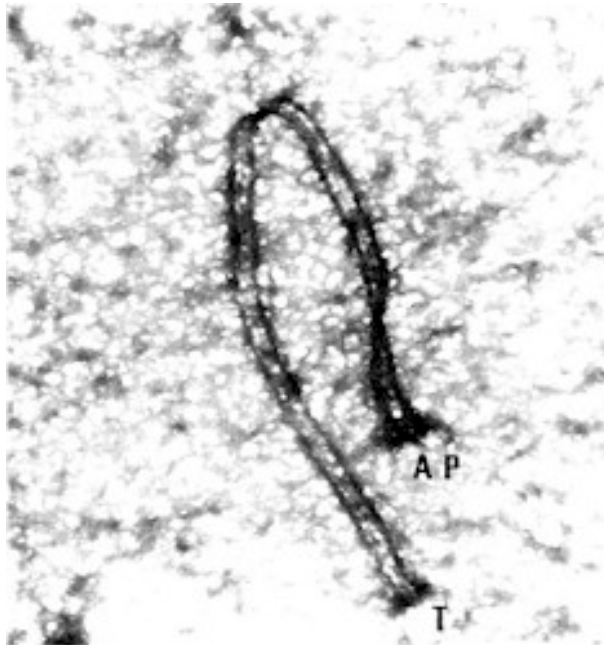


Durante la primera etapa o Profase de la 1ª división, también se forman sobre o en el interior del Complejo Sinaptonémico, unas estructuras. Generalmente esféricas, aunque en algunas especies pueden ser alargadas, a las que se ha denominado Nódulos de Recombinación (señalados por flecha roja). Aparecen en número alto en etapas tempranas y quedan reducidos a un número equivalente al de recombinaciones concretadas por cromosoma. Es en estos Nódulos de Recombinación que se encuentran las enzimas responsables del proceso de recombinación o intercambio entre el ADN de los cromosomas paterno y materno

Es durante la primera etapa (Profase) de la primera división de la meiosis que se produce la Recombinación Génica. Al aparearse los cromosomas homólogos, mediados por una estructura denominada Complejo Sinaptonémico, (ver imagen), se ponen en contacto el ADN de las moléculas de ambos cromosomas, en zonas o genes que transportan información similar (alelos). Durante esa etapa se produce un elevado número de de fracturas en las moléculas del ADN, que posibilitan que, al repararse en forma controlada, (Recombinación), se produzca de uniones entre las moléculas en forma cruzada, generándose moléculas que tienen entremezclados fragmentos del ADN de origen materno y paterno.

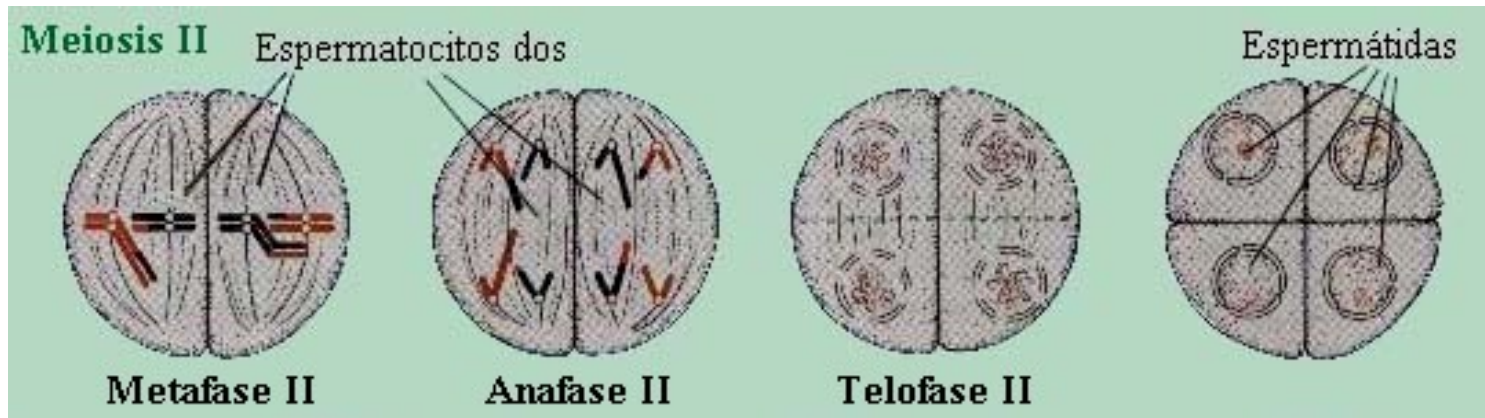
Recombinación.

RECOMBINACION GENICA



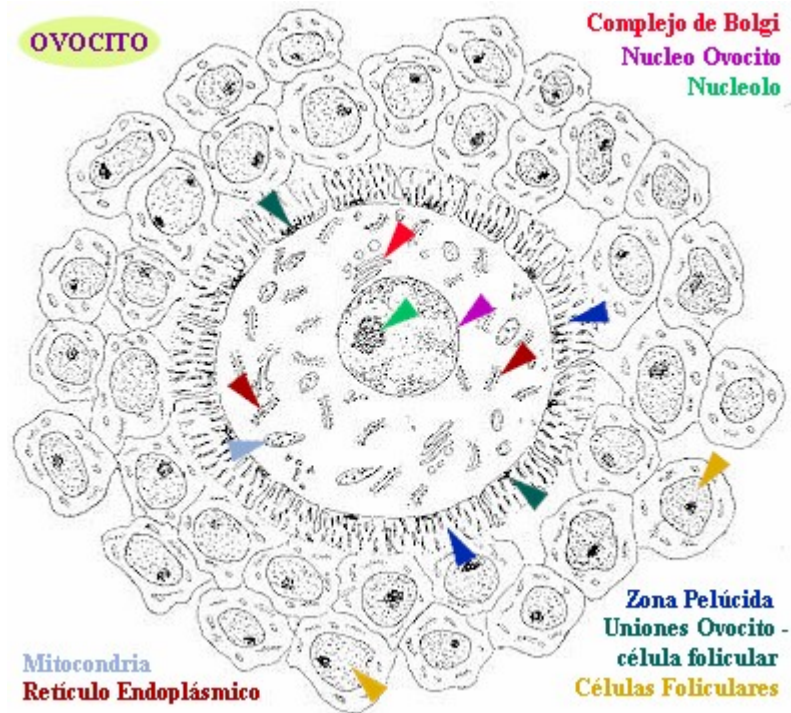
Al separarse los cromosomas homólogos, se habrán producido un número bajo de Recombinaciones, al menos 1 por cromosoma, en cromosomas largos pueden llegar a 5 o 6. De esta manera, los cromosomas que entran en la 2ª división meiótica, ya tienen una mezcla al azar del material genético materno y paterno. En este proceso de recombinación participan unas estructuras llamadas Nódulos de Recombinación, en los que se encuentran las proteínas responsables del proceso.

SEGUNDA DIVISION MEIOTICA



En la segunda división, se separan las dos cromátidas que constituyen cada cromosoma (elementos duplicados que constituyen cada cromosoma).

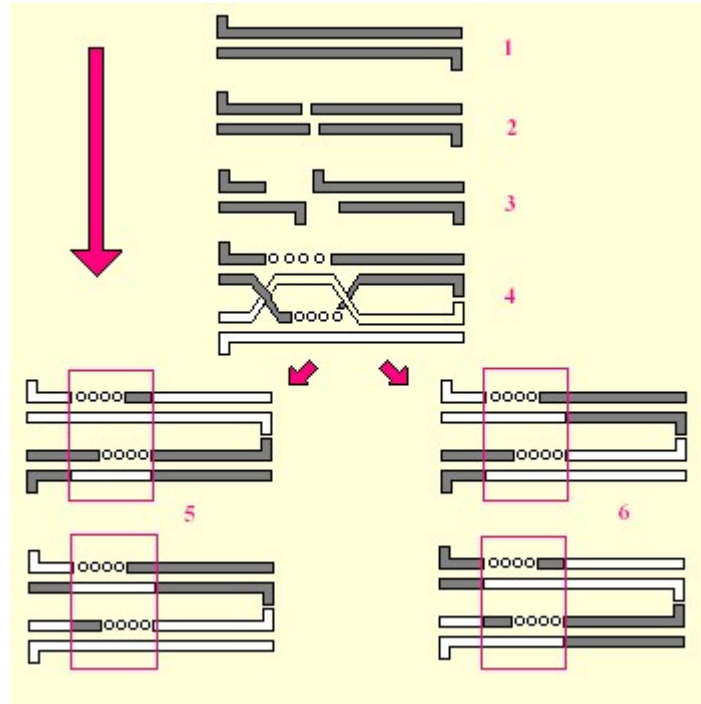
Como consecuencia de esa doble división se producen 4 células que contienen la mitad del número cromosómico característico de la especie (células haploides).



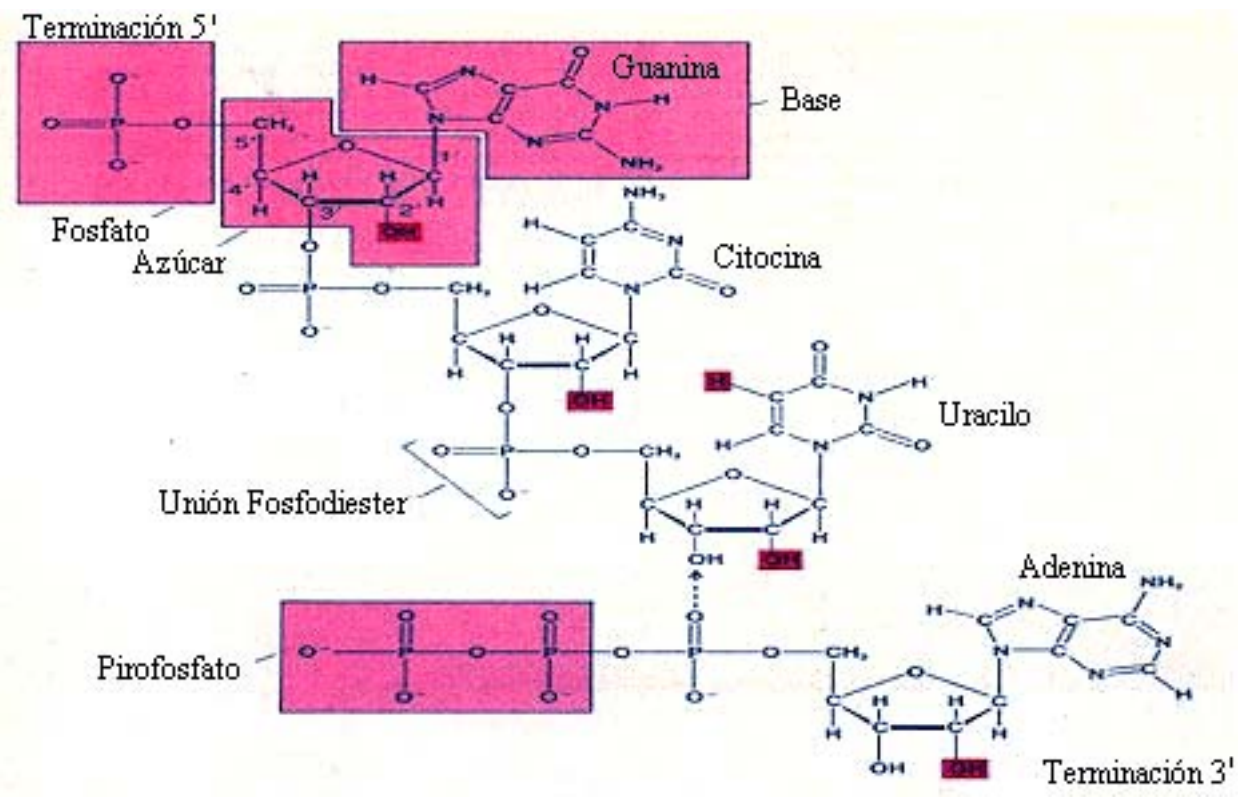
ÉXITO EVOLUTIVO DE LA REPRODUCCION SEXUADA

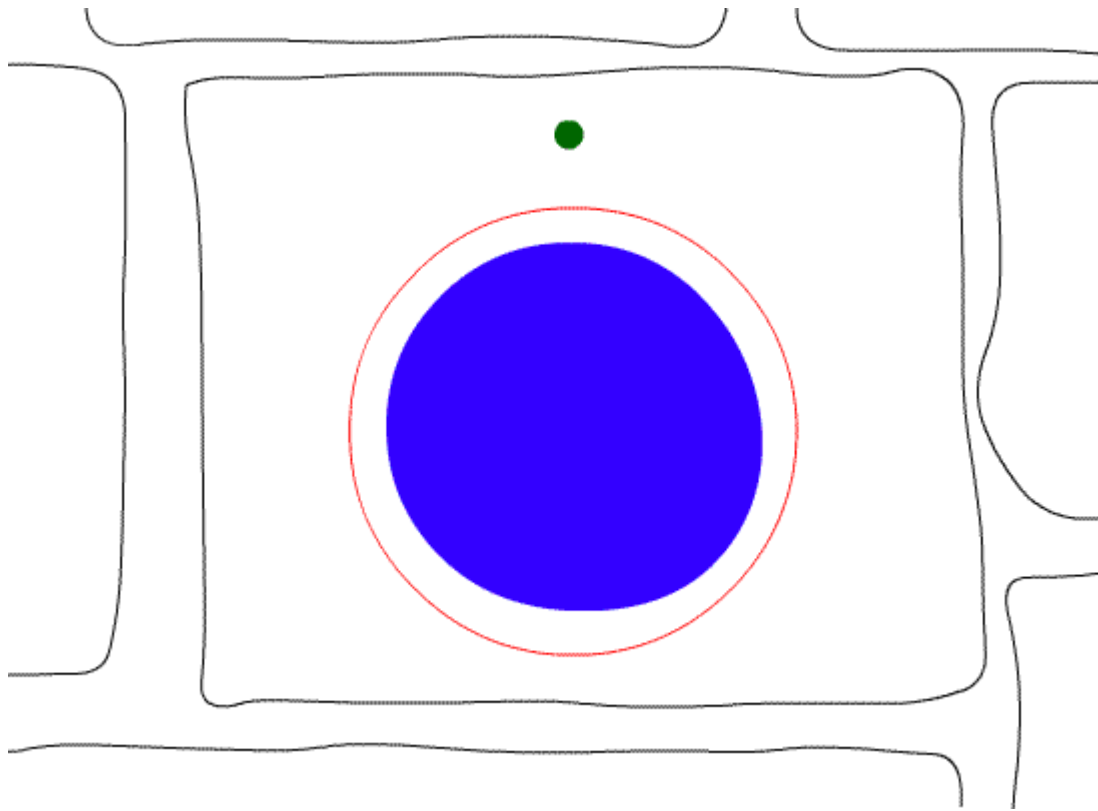
El éxito evolutivo de la reproducción sexuada se refleja en el alto grado de conservación de la división meiótica en si misma, así como de muchas de las moléculas y estructuras que participan en la misma. Tanto el proceso de la meiosis, como las estructuras principales: complejos sinaptonémicos, nódulos de recombinación, como las funciones de varias de las moléculas participantes, se encuentran representadas en forma muy similar, desde las levaduras al hombre. Debemos buscar las razones de este éxito evolutivo en el proceso de recombinación, que por tratarse de un reordenamiento del genoma que se produce obligatoriamente en todas las moléculas de ADN de todos los cromosomas de cada célula que potencialmente puede contribuir a originar un nuevo ser de la misma especie, se constituye en la mayor fuente de variabilidad genética.

Además del intercambio generado por la recombinación, pequeños desplazamientos o errores en el proceso, incrementan la introducción de cambios que de transmitirse a un nuevo individuo, podrán llevar ese cambio, ya sea positivo o negativo, a la población a la que pertenece ese individuo, y potencialmente incorporado al proceso evolutivo de esa especie.





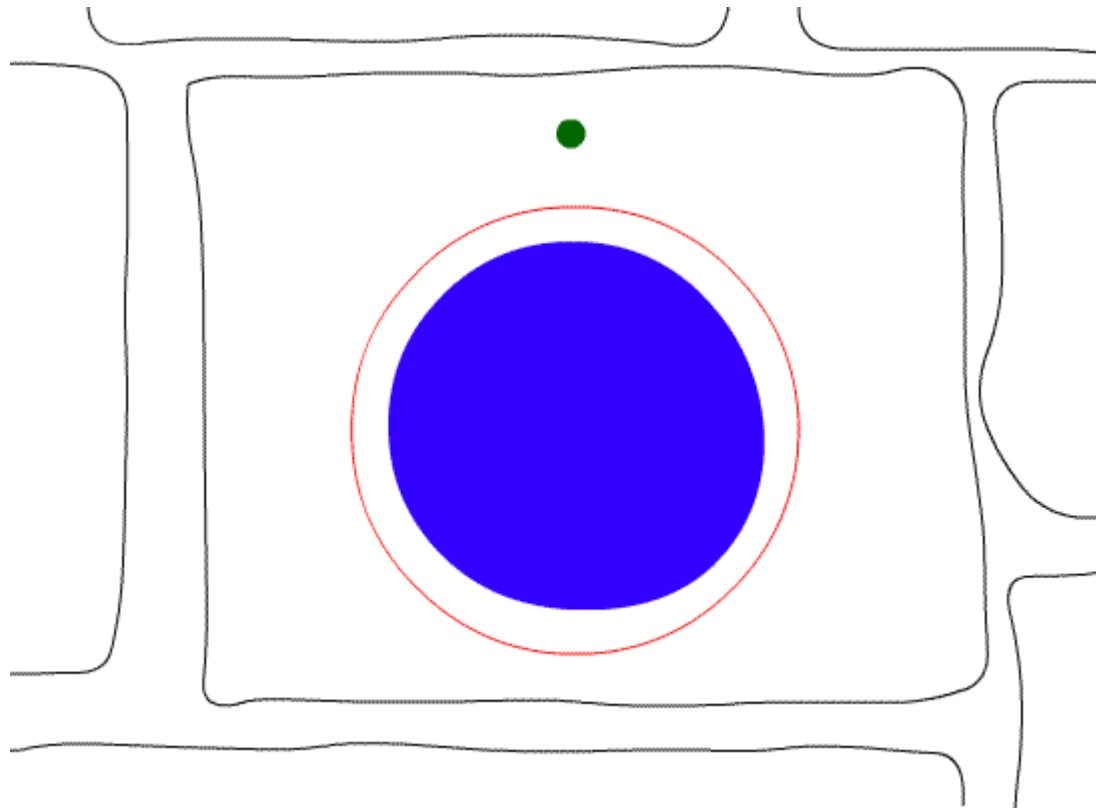




Interfase

Es el estado en el que se encuentra la célula cuando no está en el proceso de división.

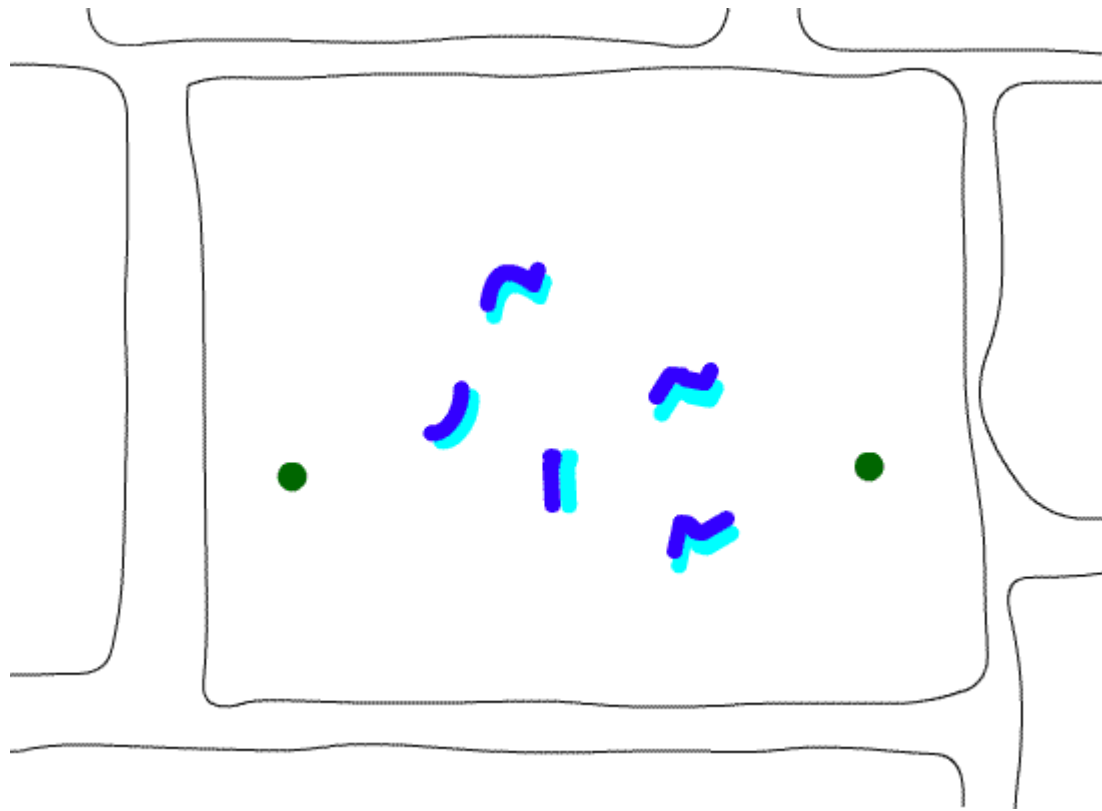
Durante este periodo la célula duplica su material genético, crece y prepara las estructuras y proteínas necesarias para llevar a cabo la mitosis.



Profase

Esta es la primera fase de la Mitosis. Durante esta fase, el centríolo de la célula se duplica y cada uno se dirige a uno de los polos de la célula.

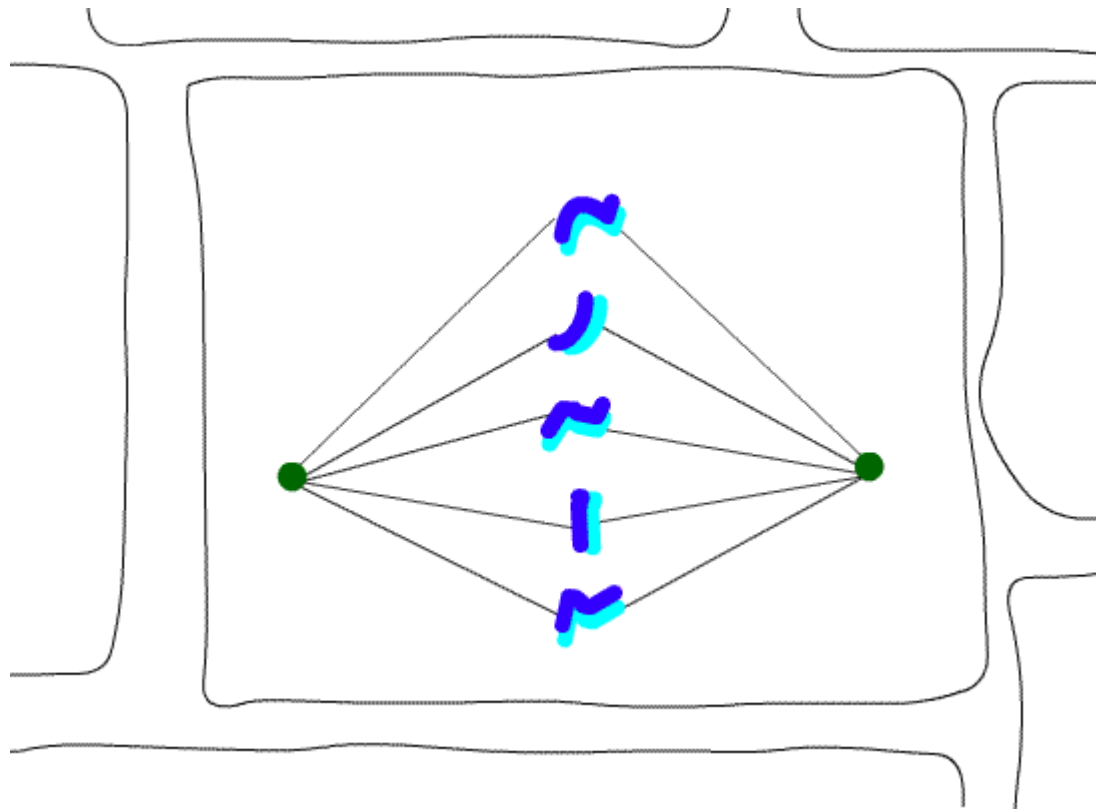
La membrana nuclear se desintegra. Los cromosomas se condensan y hacen visibles sus estructuras dobles.



Metafase

Esta es la segunda fase de la mitosis. Durante esta fase los cromosomas se dirigen hacia el plano ecuatorial de la célula.

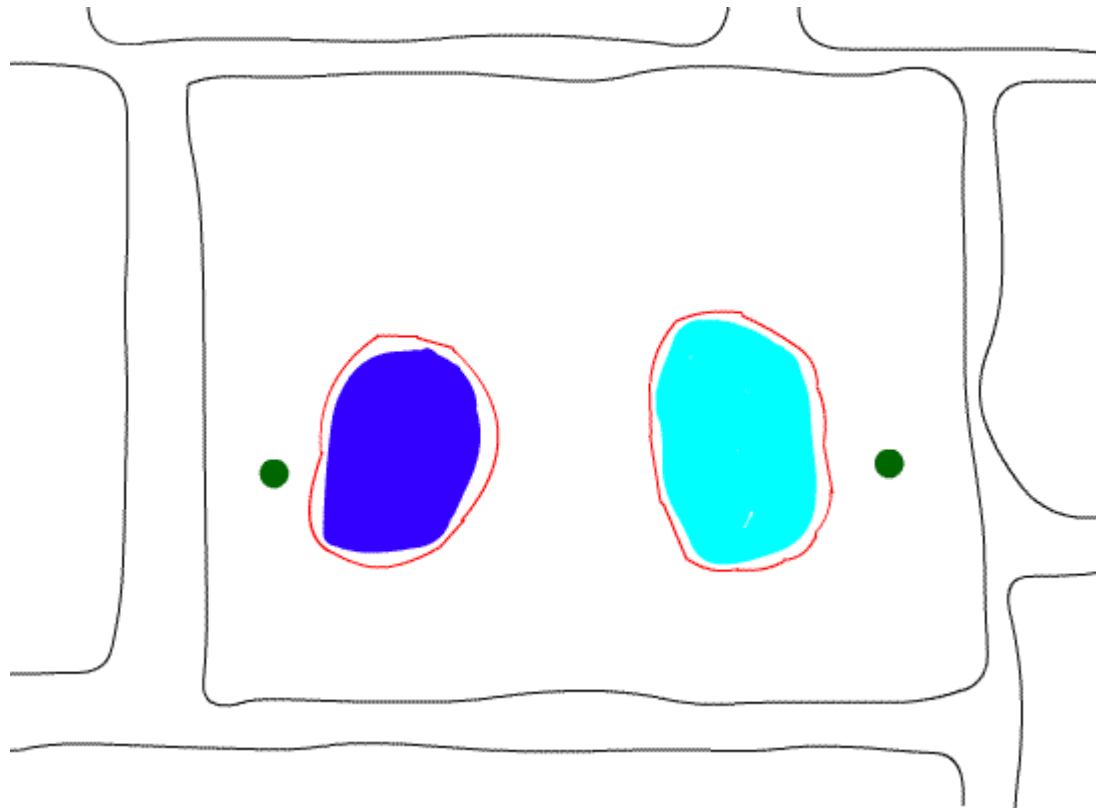
Aparece el huso citoplasmático.



Anafase

Esta es la tercera fase de la mitosis.

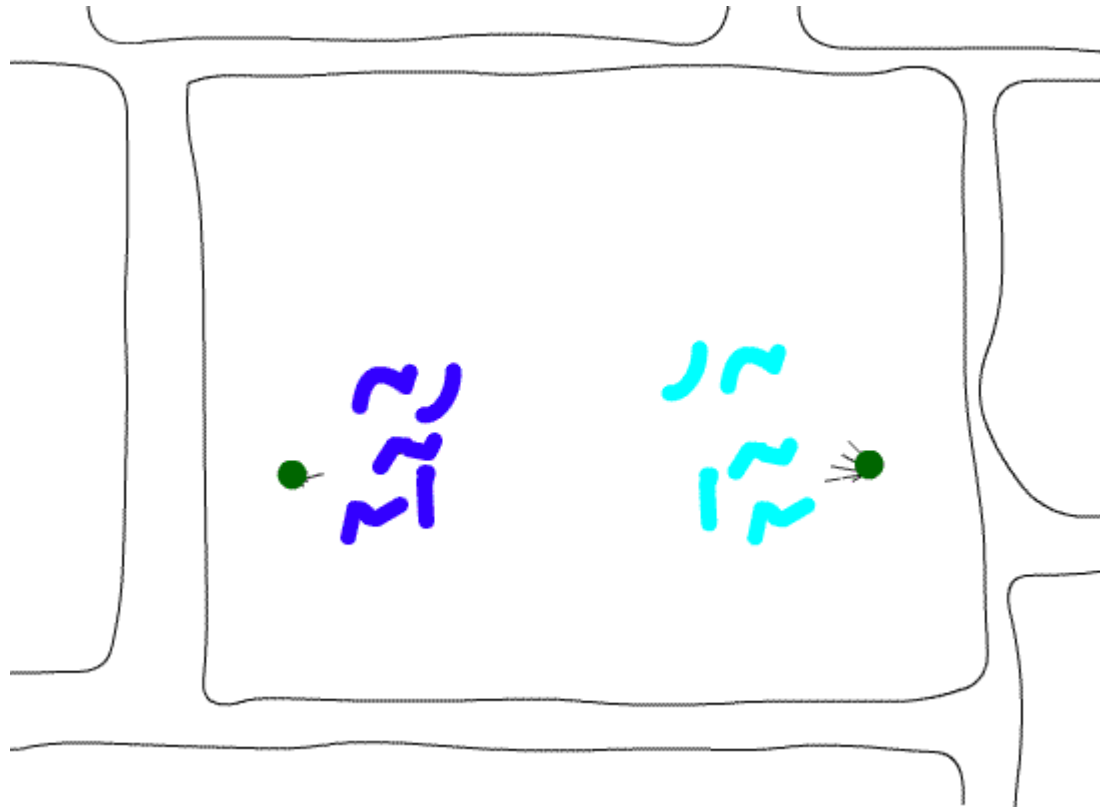
Las cromatidas son divididas y dirigidas hacia los polos por el huso citoplasmático



Citosinesis

Es durante este periodo que el material citoplasmático de la célula se divide de forma igual entre las dos células hijas.

La membrana celular se divide , y resultan dos nuevas células genéticamente idénticas y con la mitad del material citoplasmático de su progenitor.



Telofase

Esta es la ultima fase de la mitosis. Llegan los cromosomas a los polos.

Se forma una membrana nuclear alrededor de los cromosomas. Los cromosomas se dilatan y ya no se pueden distinguir entre si.

La célula empieza a mostrar una indentacion en la membrana celular, indicando su pronta división