



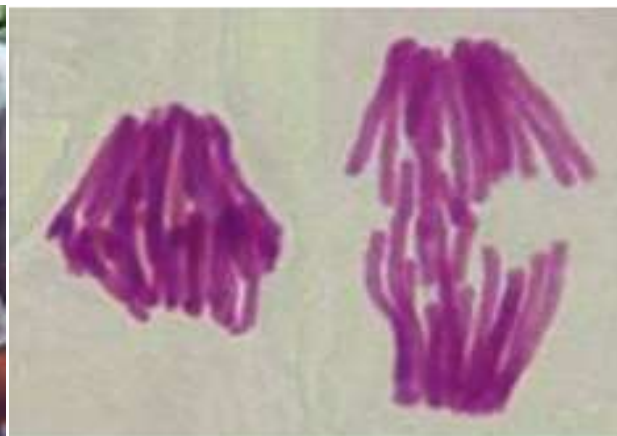
**Universidad Autónoma del Estado de México**  
**Facultad de Ciencias Agrícolas**  
**Carrera de Ingeniero Agrónomo en Floricultura**



**Unidad de aprendizaje: Genética**  
**I. Introducción al estudio de la genética**

Objetivo: Comprender la importancia de la genética, de los fenómenos de mitosis, meiosis y formación de los gametos en las plantas

M.C. Mario López Rodríguez



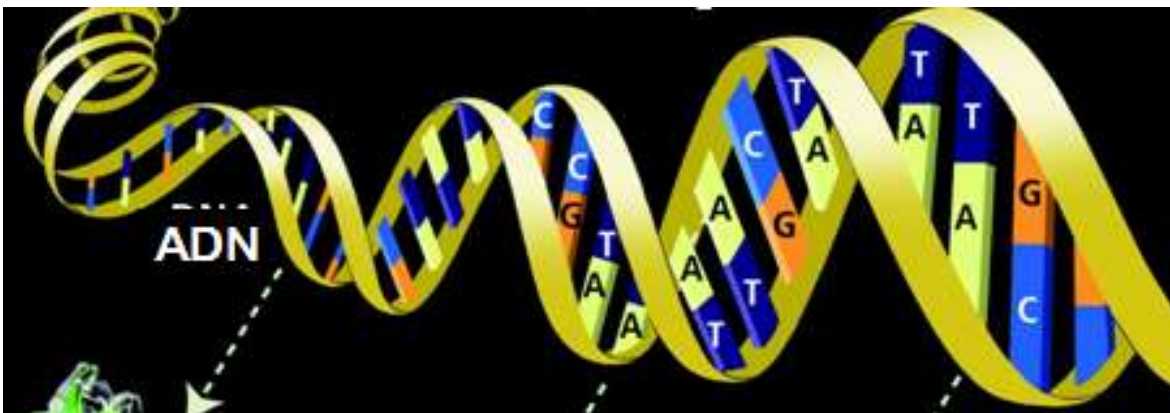
**Septiembre del 2015**



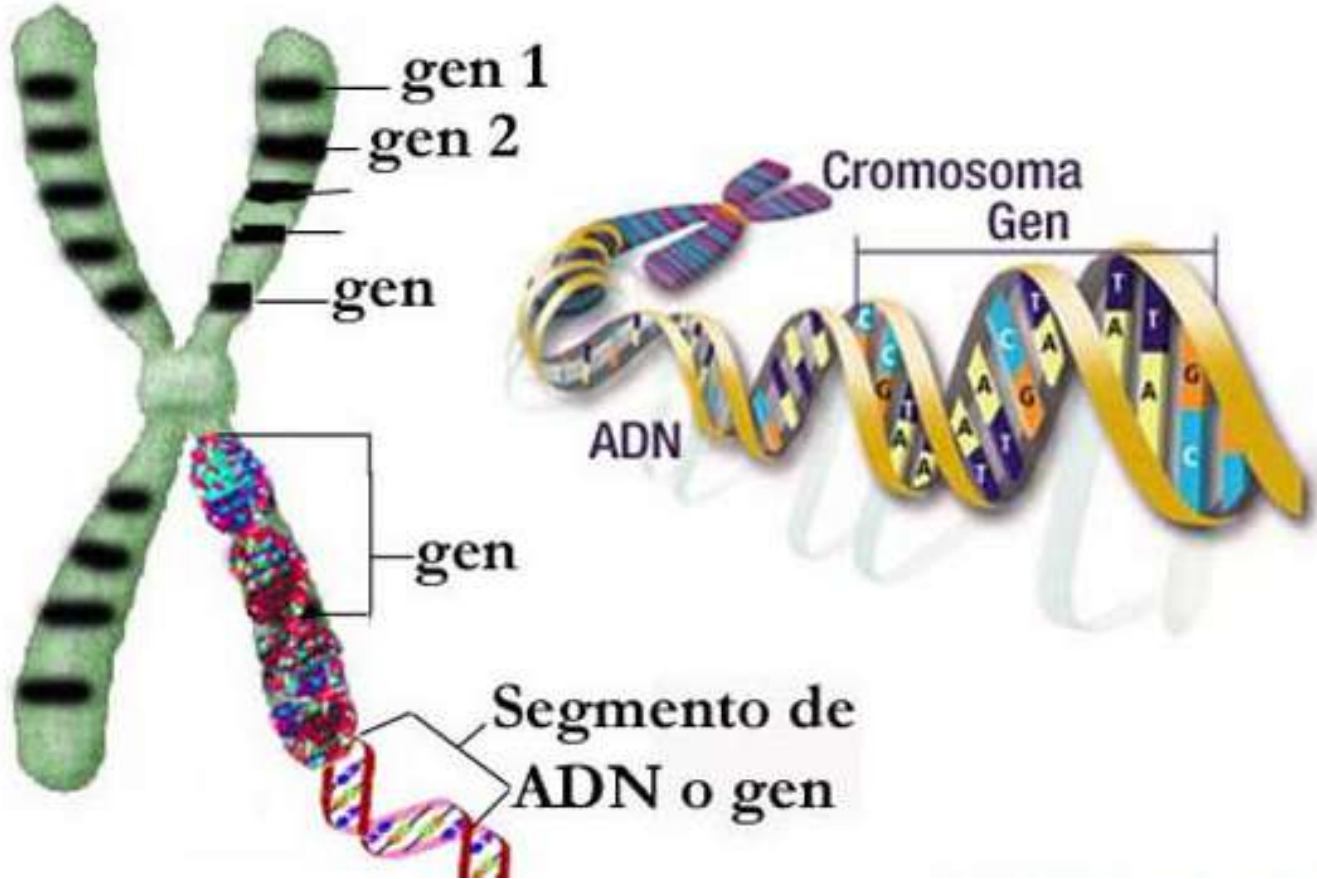


# Introducción

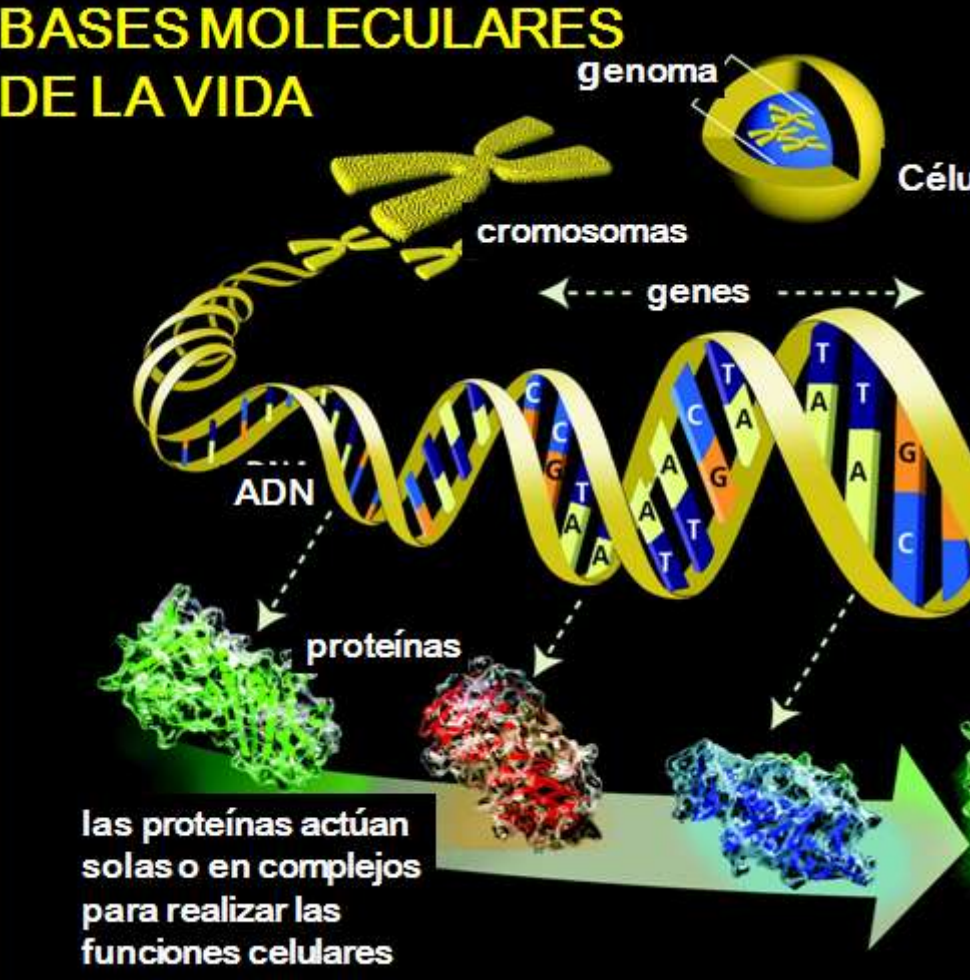
Genética: Es el estudio de la herencia en todas sus manifestaciones, desde la distribución de sus caracteres, hasta la bioquímica del material genético.



Genética Clásica: Teoría cromosómica, de la herencia, los genes están dispuestos en forma lineal en los cromosomas.



Genética molecular: Estudio del material genético, estructura, replicación y expresión del DNA (Ingeniería genética).



Genética evolutiva: Mecanismos de los cambios evolutivos; (genética de poblaciones y evolución).



**Herencia biológica:** Transmisión de los caracteres biológicos (morfológicos o fisiológicos) de los padres a los descendientes.



**Variación:** Es la tendencia que se manifiesta en los seres vivos al diferenciarse unos de otros.





**Variación continua:** Presenta continuidad de los efectos que determinan el fenotipo, para determinarla es necesario medirlos o contarlos.

Los caracteres cuantitativos están determinados por un alto número de genes, cada uno de estos produce un efecto pequeño y acumulativo



**Variación discontinua:** Es la que se presenta generalmente en los caracteres cualitativos (flor roja o blanca), están controlados por genes mayores, generalmente no los afecta el medio ambiente.



La variabilidad genética depende fundamentalmente de la forma de reproducción.

1. **Plantas autógamas:** Poca variación, porque la autofecundación reduce la variabilidad.



2.-**Plantas alógamas**: Altamente variables, debido a su forma de polinización cruzada, y por medio de selección se pueden separar los genotipos deseables.



3.-**Plantas de reproducción asexual:** Presentan poca o ninguna variación, porque en teoría reproducen fielmente las características de la planta de donde proceden.



# Sistemas de reproducción de las plantas

Los métodos de mejoramiento dependen fundamentalmente del sistema de reproducción de las plantas.

El estudio de estos sistemas debe de realizarse antes de realizar cualquier programa de mejoramiento genético.

Reproducción sexual:

Gameto masculino



Cigoto

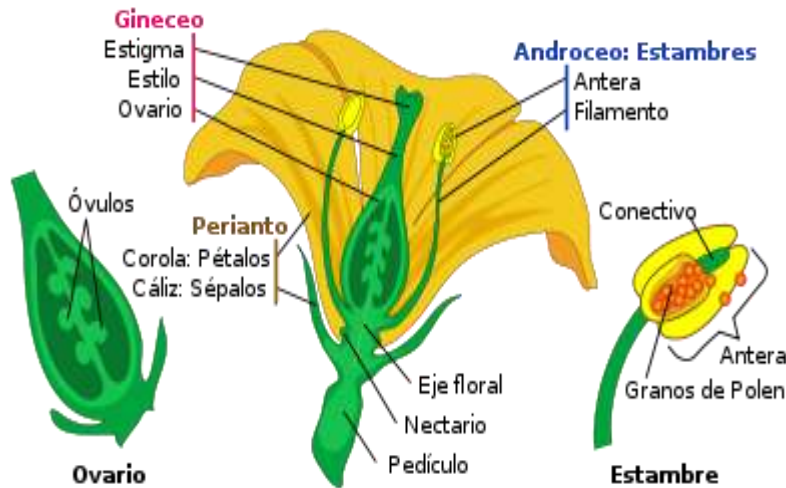


Embrión



Semilla

Gameto femenino



# Clases de flores

1.-**Completas**: tienen todas las partes de la flor (Rosa)



2.-**Incompletas**: Falta alguna de sus partes





# Tipos de flores

1.-**Perfectas**: Tienen los sexos femenino y masculino en la misma flor, también se llaman hermafroditas.



2.-**Imperfectas**: Los sexos femenino y masculino están en distintas flores



# Clasificación por el lugar en donde se forman los gametos

1.-**Plantas monoicas**: Tiene los dos sexos en una misma planta



## 2.-Plantas dioicas: Los sexos se encuentran en diferentes plantas



3.-**Plantas polígamas:** En una misma planta se producen flores hermafroditas y flores unisexuales femeninas y masculinas (compuestas).



# Por la forma de polinización

1.-**Plantas autógamas:** Se polinizan por si mismas



## 2.-Plantas alógamas: La polinización es cruzada



3.-**Plantas mixtas**: Plantas que presentan diferentes grados de autofecundación y de polinización cruzada.





## Polinización

La polinización es el transporte de los granos de polen desde los **sacos polínicos** de las anteras hasta el micrópilo de los óvulos en Gimnospermas y hasta el estigma en las Angiospermas.

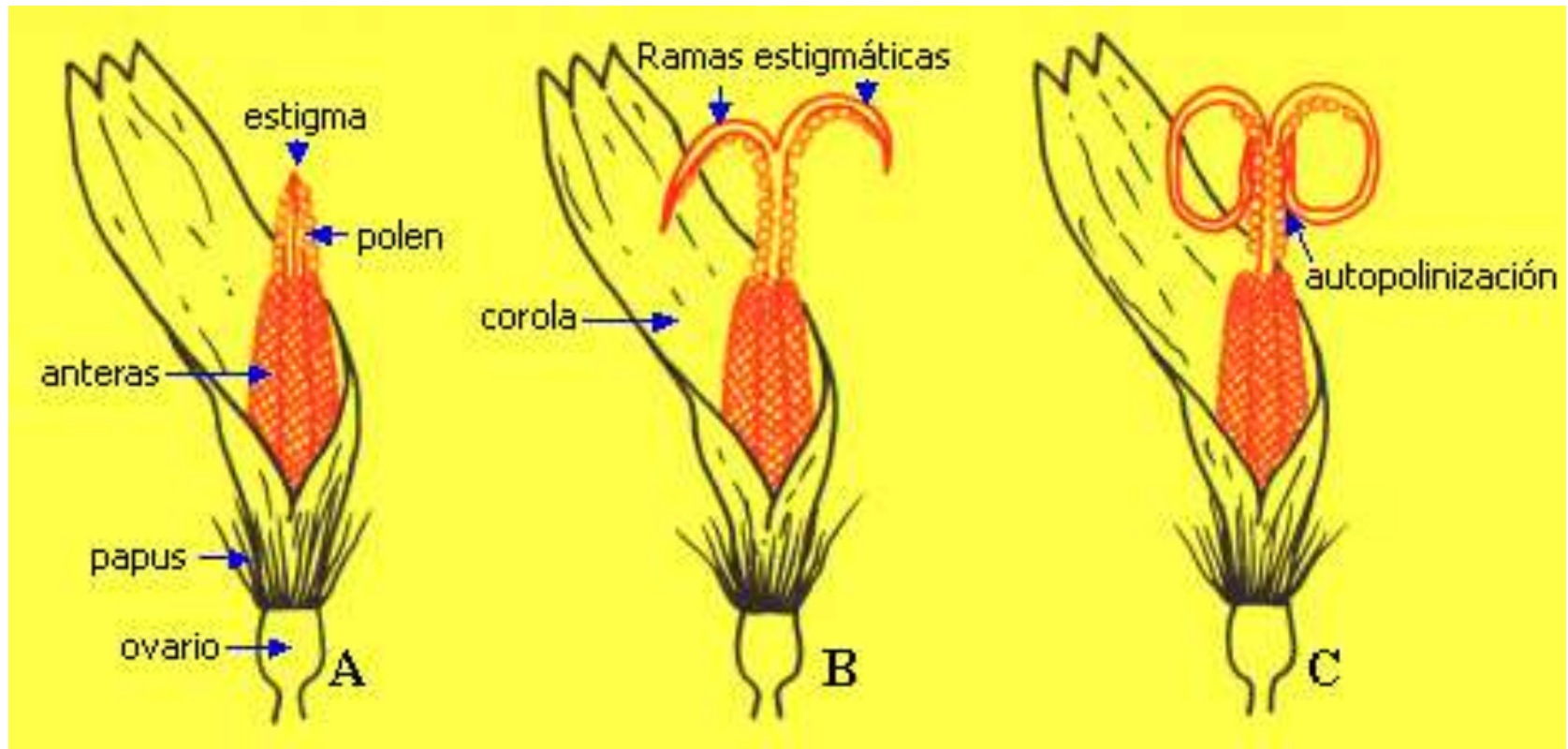
La Biología floral o ecología floral es la ciencia que se ocupa de investigar la variedad de fenómenos que se producen en la polinización de los espermatófitos.



En el lirio, *Lilium martagon*, el estilo inicialmente erecto, se mueve curvándose para ponerse en contacto con los estambres para autopolinizarse.



En la achicoria, *Cichorium intybus*, las flores son protándricas, es decir que el androceo madura primero; el estilo al crecer, se carga de polen en su cara externa. Si no ocurre polinización cruzada por medio de insectos, las ramas estigmáticas se alargan y se curvan sobre sí mismas, poniendo en contacto su superficie receptiva interna con el propio polen.



Autopolinización en *Cichorium intybus*, achicoria

#### 1.14.4. Polinización cruzada

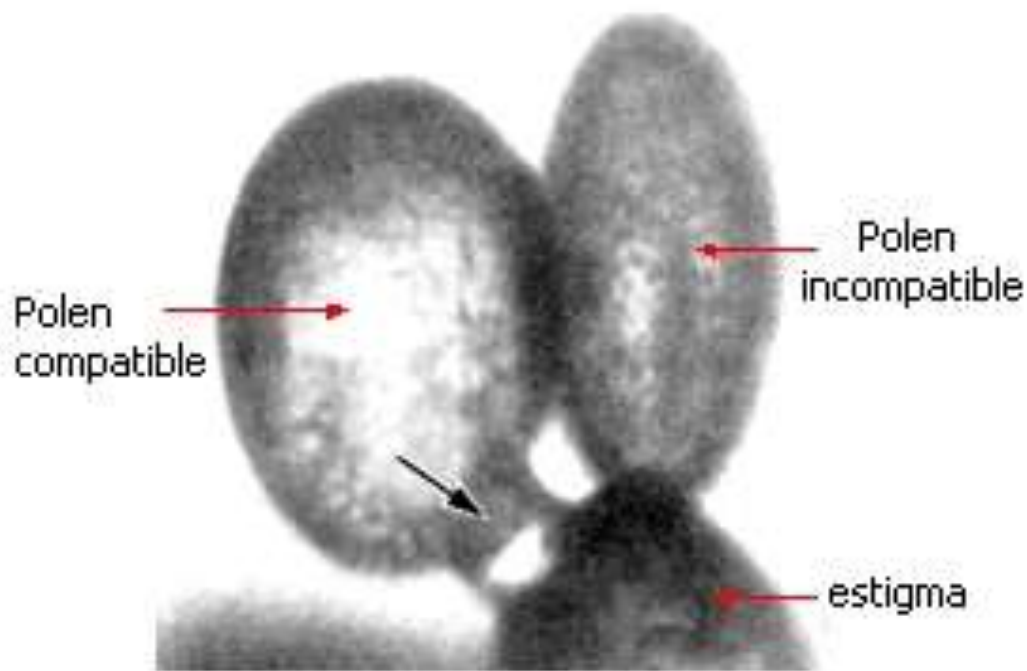
Cuando el transporte de polen ocurre entre flores de individuos diferentes, tenemos polinización cruzada, y por ende, fecundación cruzada o alogamia.

En muchas especies es obligada, a veces las flores, aún cuando sean cosexuales (hemafroditas), son **autoincompatibles**, es decir que tienen barreras genéticas y fisiológicas que impiden la germinación del propio polen o el desarrollo del tubo polínico (*Malus sylvestris*, manzano).

La autoincompatibilidad puede ser esporofítica o gametofítica:

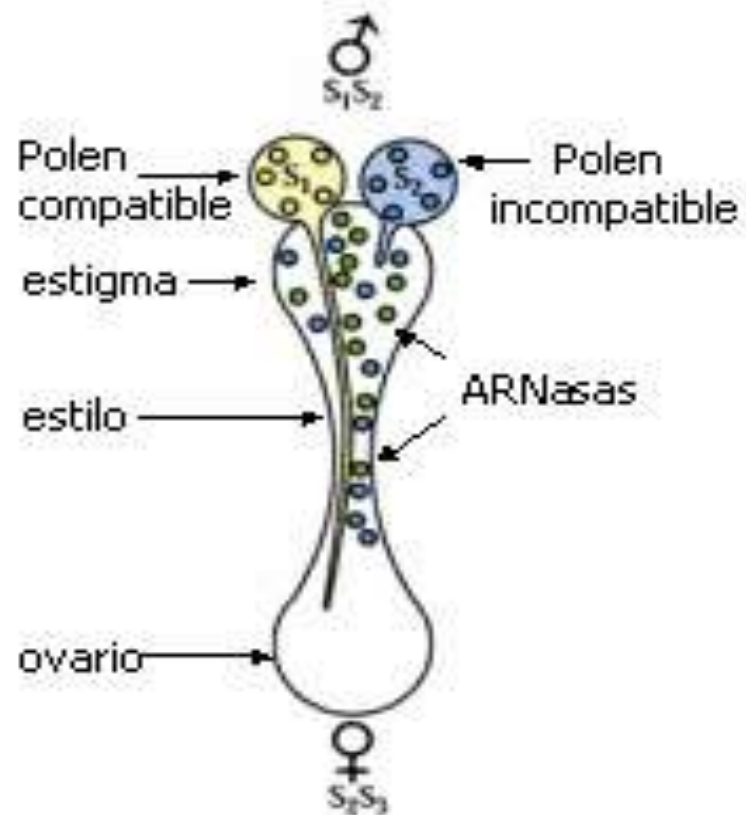
a).- La **incompatibilidad esporofítica** depende de la pared del grano de polen, que es de origen esporofítico. Para que el grano de polen pueda germinar, debe adherirse al estigma, lo que ocurre solamente cuando hay compatibilidad entre las proteínas de reconocimiento que se encuentran en la esporodermis, y los receptores que existen en el estigma.

b).- La **incompatibilidad gametofítica** depende de la constitución genética del gametofito masculino, el polen puede germinar, pero el crecimiento del tubo polínico es detenido después de su penetración en el estilo. Esta incompatibilidad está ligada a la presencia de enzimas (ARNasas) expresadas en el pistilo y codificadas por los genes.



La flecha negra indica la adhesión del polen al estigma

Autoincompatibilidad esporofítica



Autoincompatibilidad gametofítica

## Dicogamia (separación temporal)

Los estambres y estigmas de una misma flor no alcanzan al mismo tiempo la madurez para la polinización. Si los estambres maduran antes, las flores son **protándricas**, la flor funciona primero como flor masculina y luego como flor femenina. La protandria favorece la alogamia, y es el caso más frecuente en especies con dicogamia intrafloral.



# Reproducción asexual:

En este tipo de reproducción no intervienen los gametos, las células se reproducen por mitosis.

La reproducción asexual, no es en realidad una reproducción sino una multiplicación.

En este grupo se encuentran plantas que tienen órganos sexuales funcionales con capacidad para reproducirse sexualmente, pero que en la práctica se reproducen por.

1.-Acodo.

2.-Bulbos

3.-Rizomas

4.-Tubérculo-raíz

5.-Estacas

6.-Esquejes

7.-Injerto



8.-Hijuelos

9.-Cladodios

10.-Hojas



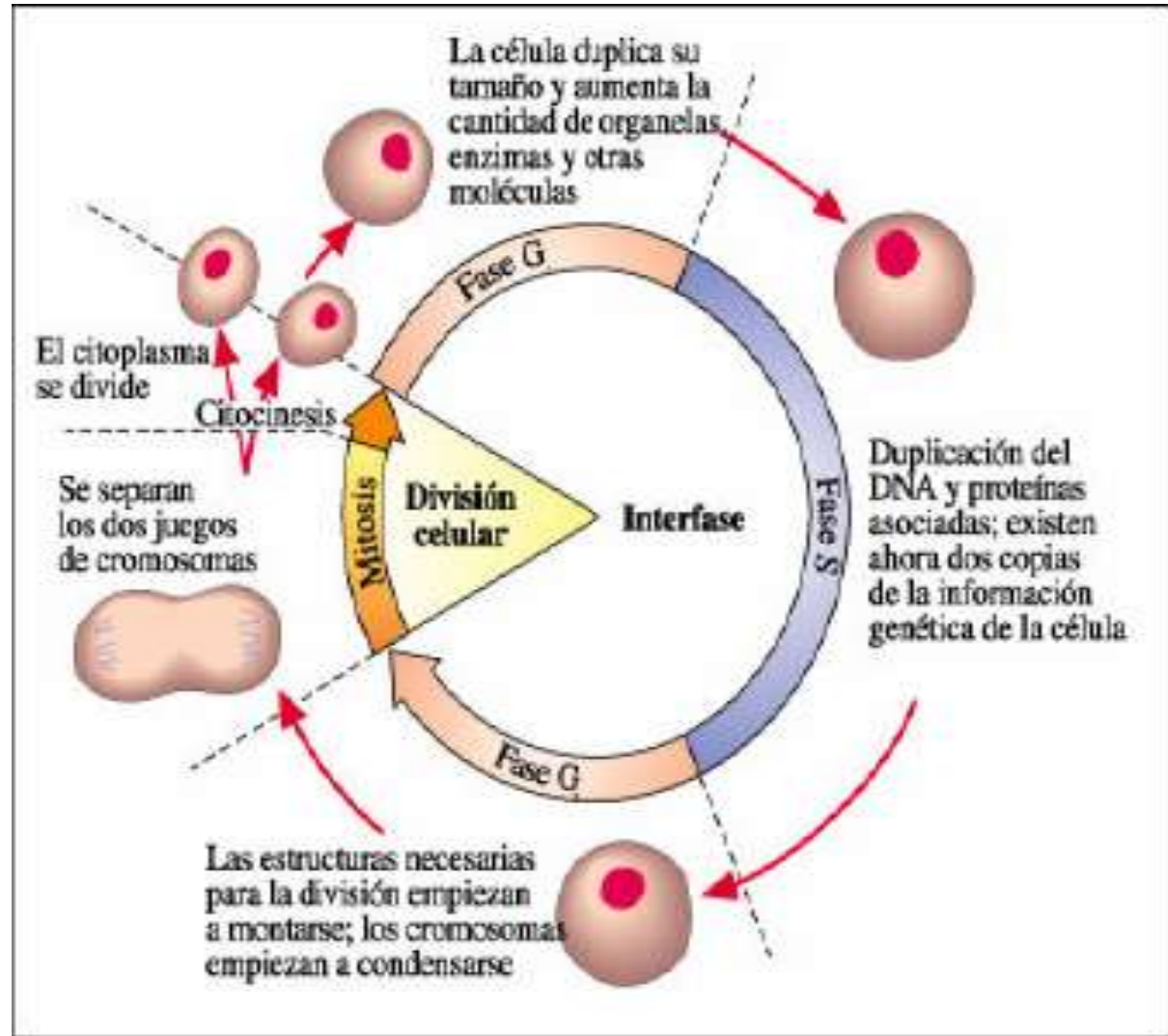
## División celular

- La división celular es, en realidad, un proceso doble. Estos dos procesos son:
- la división nuclear, o CARIOCINESIS
- la división citoplásmica, o CITOCINESIS

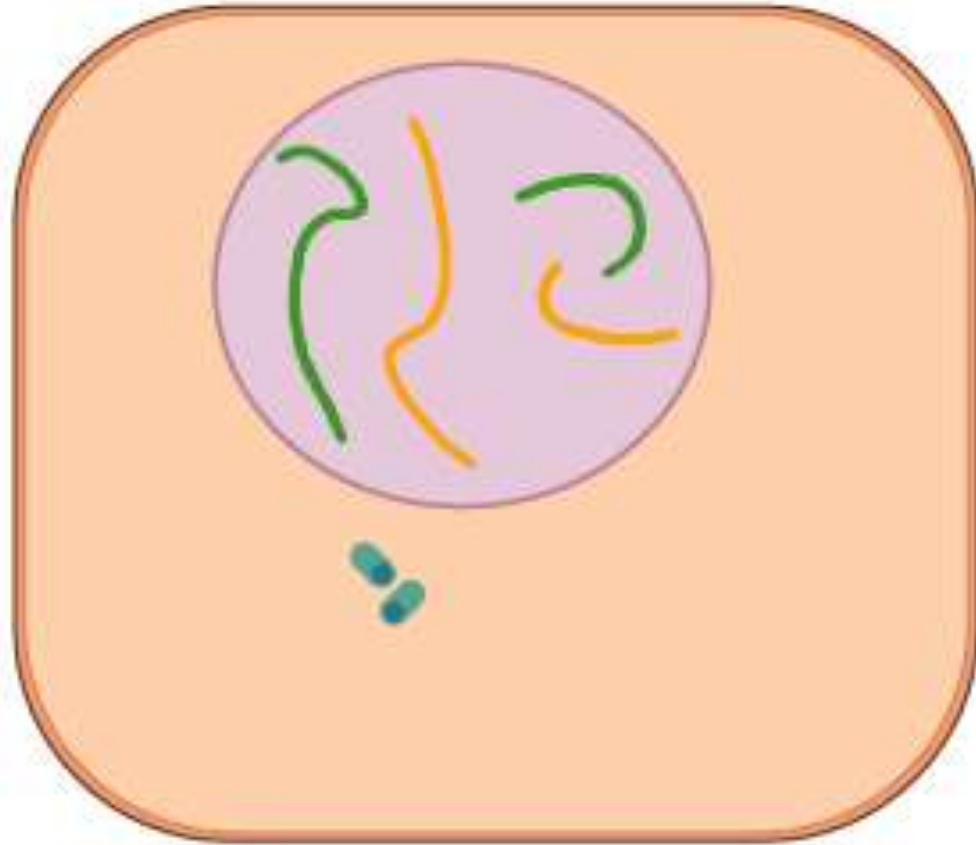
Ambos procesos pueden darse asociados, uno detrás del otro, o de forma independiente, primero uno, y algún tiempo después el otro. Para que pueda darse la división nuclear es necesario que se de previamente otro proceso, que es la replicación del ADN.

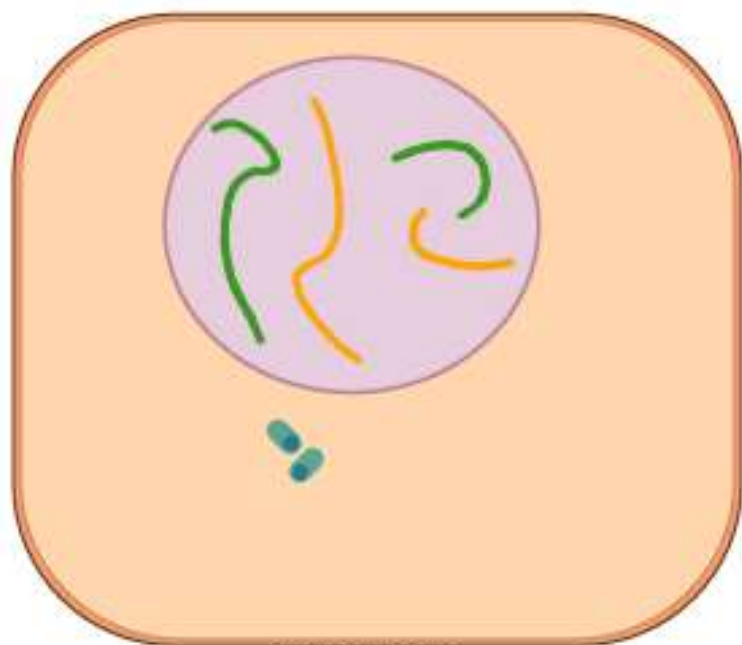


# Ciclo celular

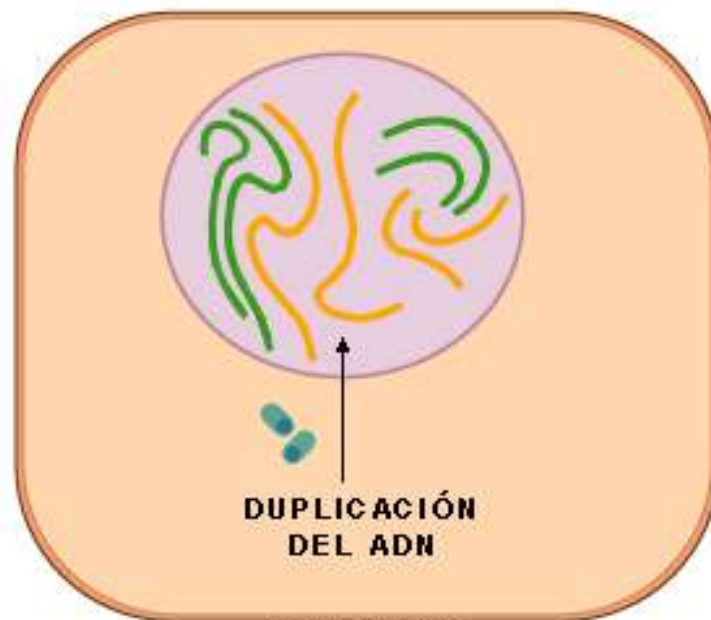


# Replicación del ADN





**INTERFASE**

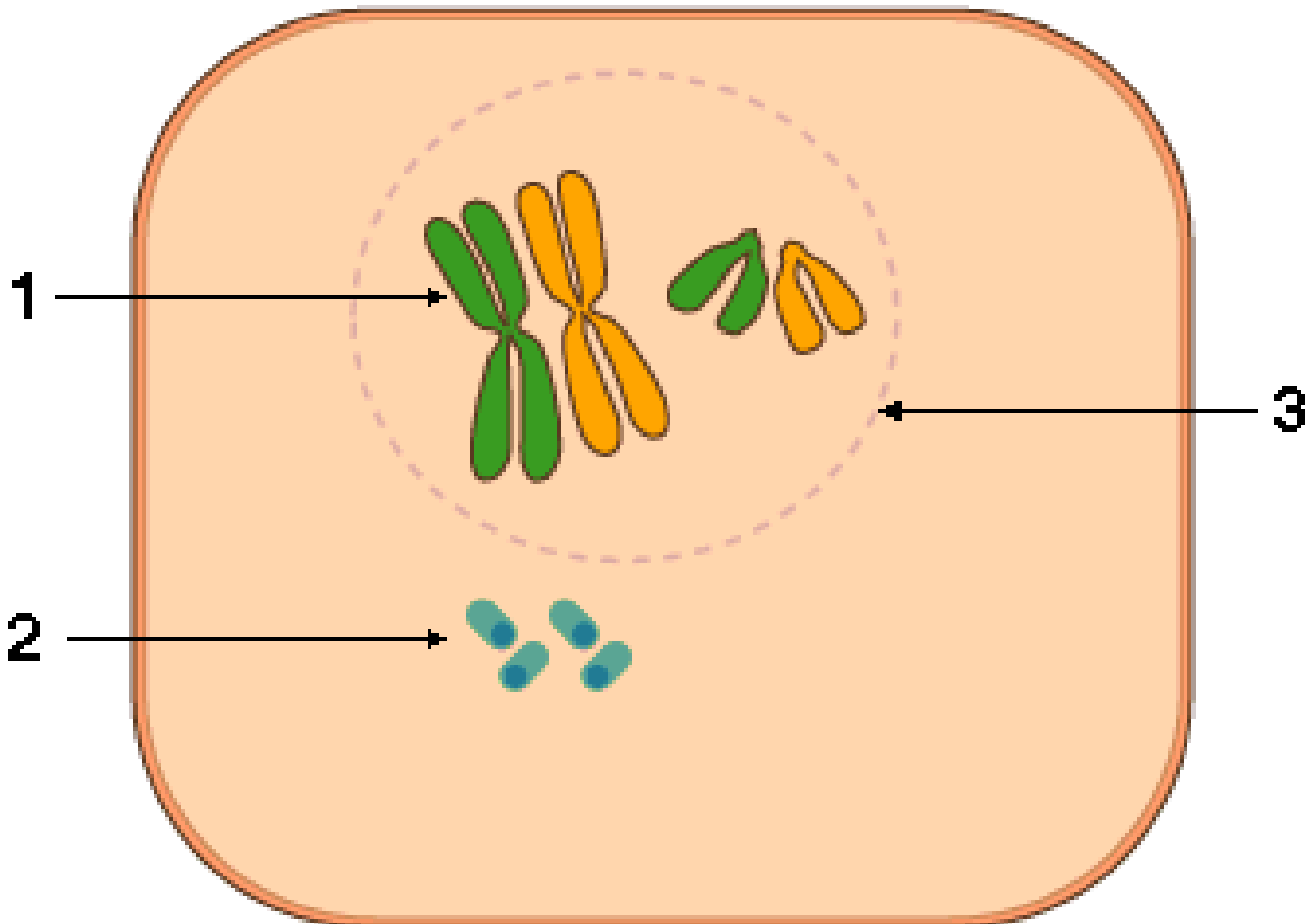


**DUPLICACIÓN  
DEL ADN**

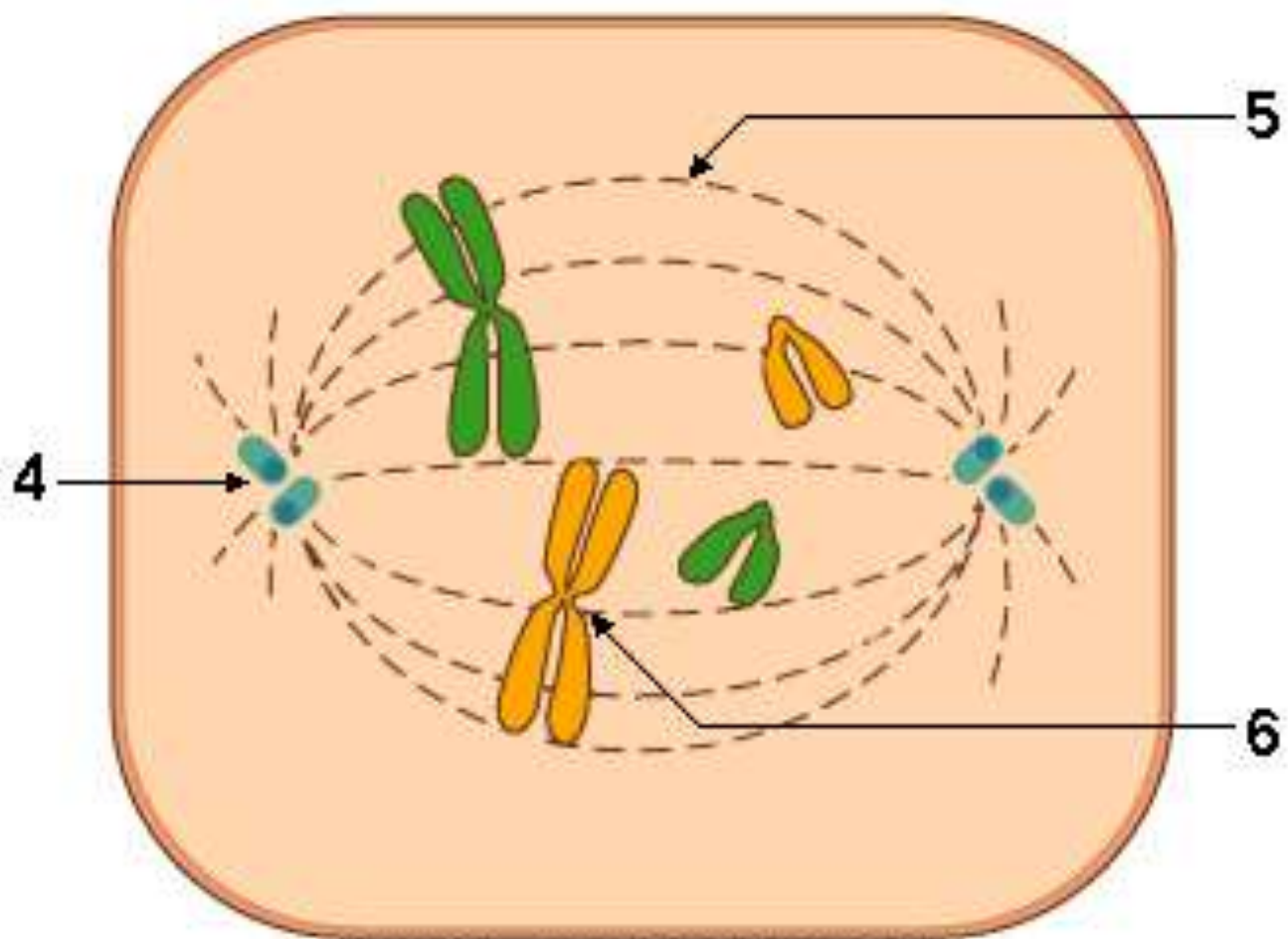
**INTERFASE**

## mitosis

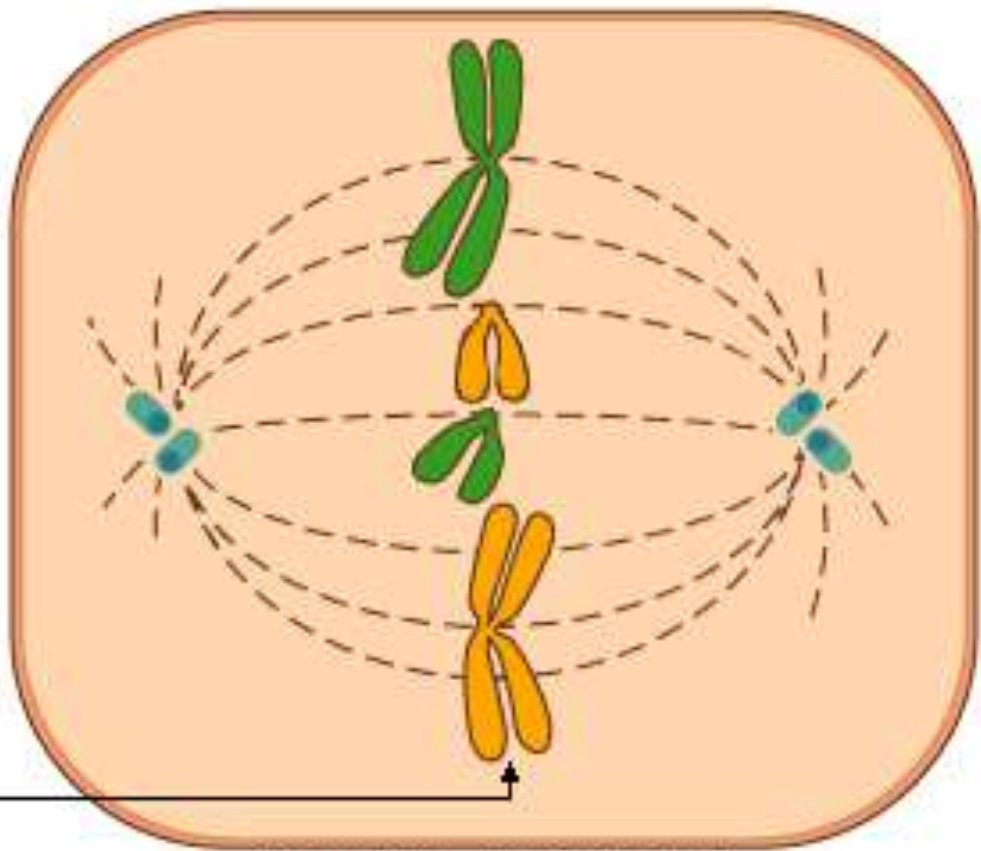
- La mitosis es un proceso de división nuclear que sirve para repartir las cadenas de ADN de forma que todas las células hijas que se originan tengan la MISMA INFORMACIÓN GENÉTICA que su madre y entre ellas.
- La mitosis es continua, sin interrupciones (“todo o nada”, relativamente rápida, que para ser estudiada se suele dividir en varias fases, que son: PROFASE, METAFASE, ANAFASE y TELOFASE.



**MITOSIS: PROFASE TEMPRANA**

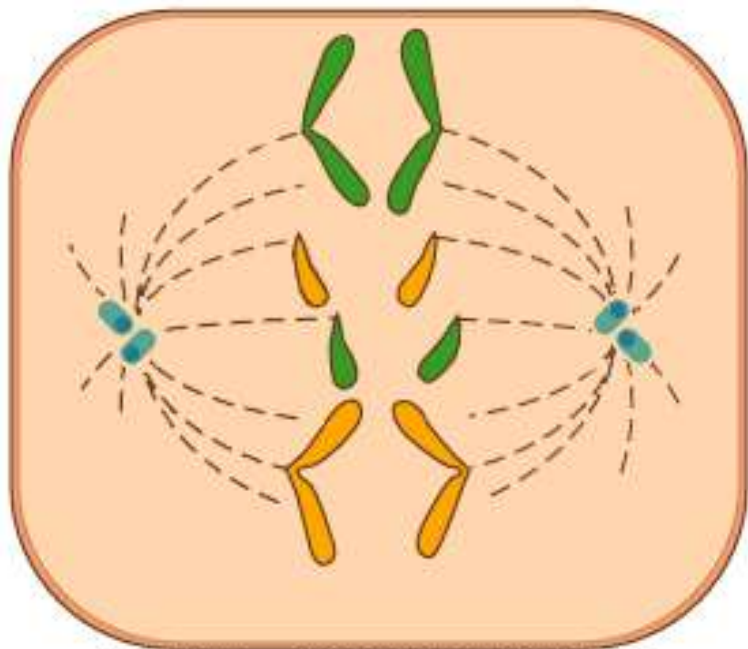


**MITOSIS: PROFASE TARDÍA**

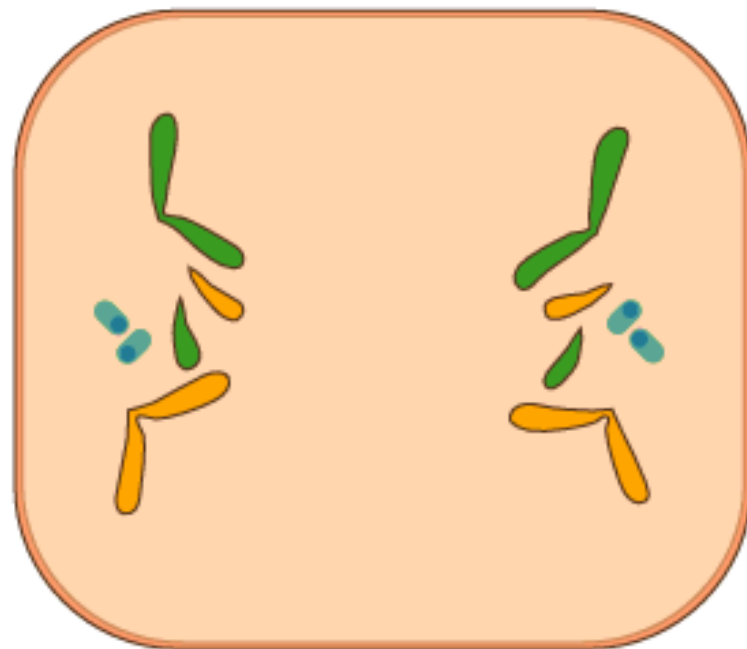


1

MITOSIS: METAFASE

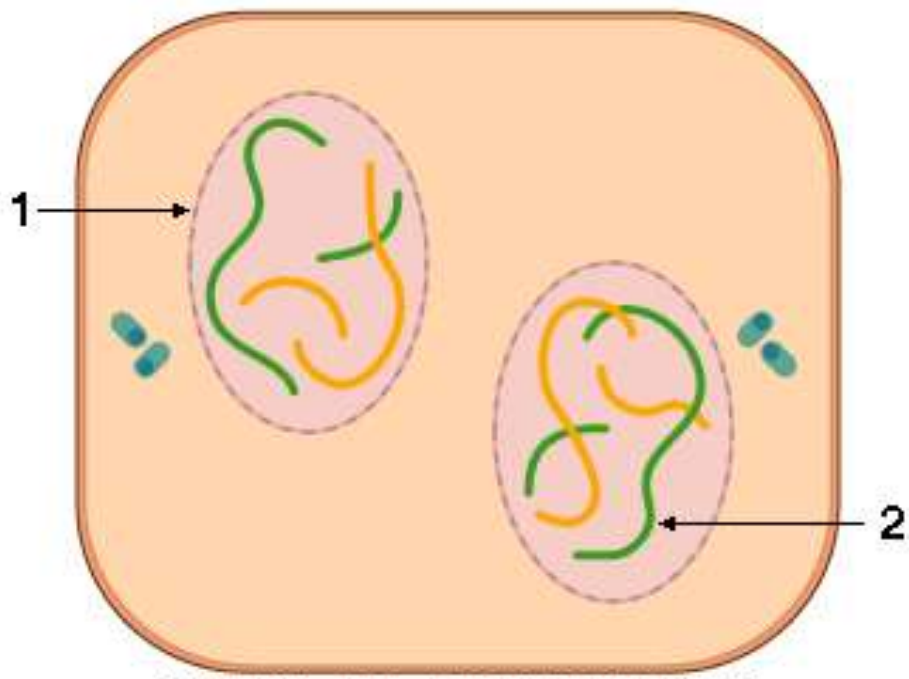


**MITOSIS: ANAFASE TEMPRANA**

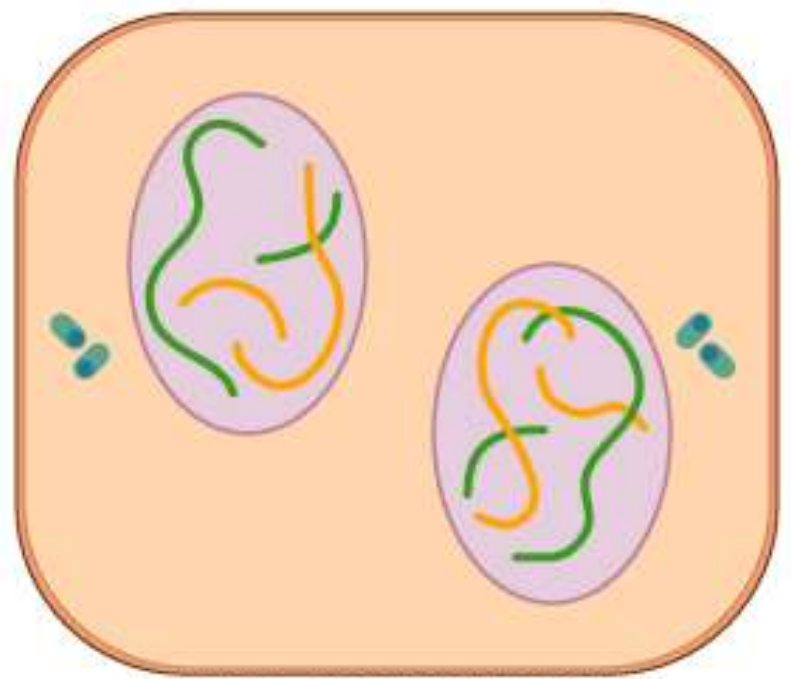


**MITOSIS: ANAFASE TARDÍA**





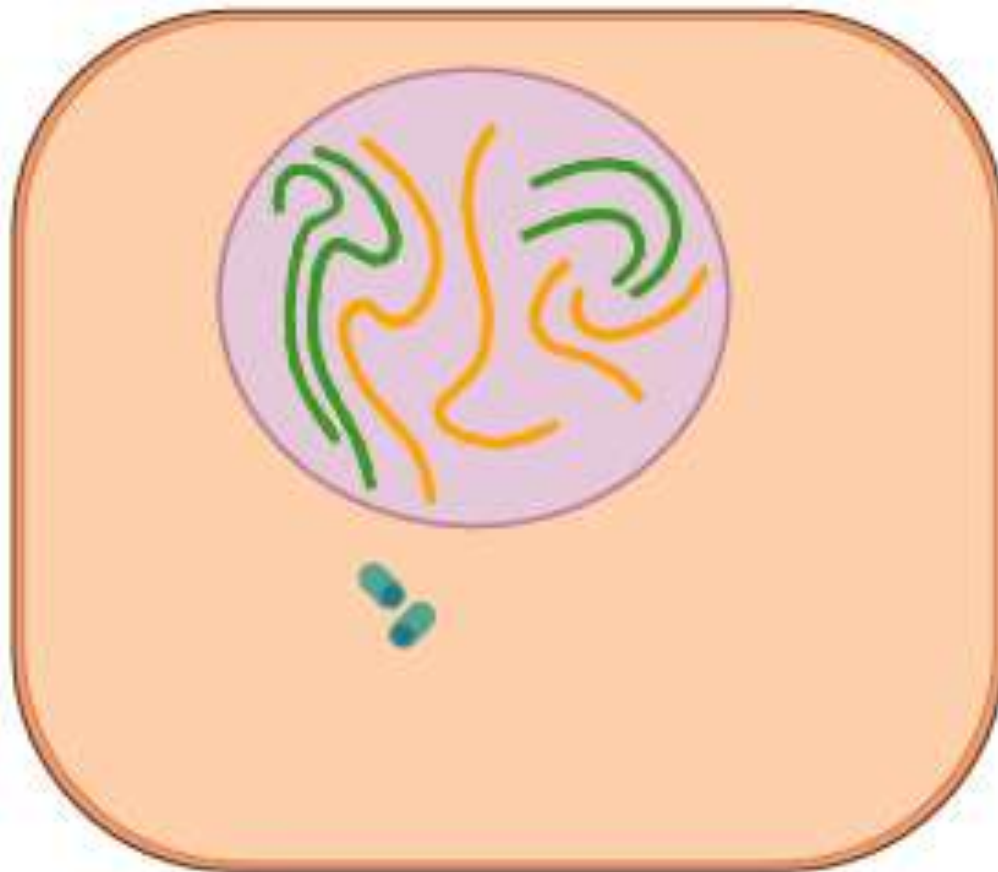
**MITOSIS: TELOFASE TEMPRANA**



**MITOSIS: TELOFASE TARDIA**

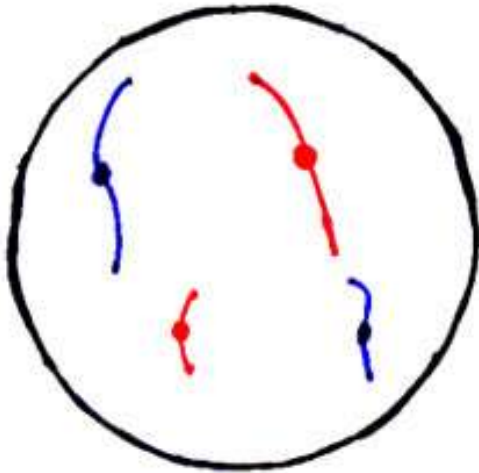
- **No es una fase de la mitosis.** Es la división del citoplasma en dos partes, con la repartición aproximada de los orgánulos celulares.
- En las células animales se hace por estrangulación, desde fuera hacia adentro, y en las vegetales se hace por crecimiento de la pared celular desde dentro hacia afuera. El resultado final es que la célula madre se ha transformado en dos células hijas idénticas genéticamente.

¿Y como se ve?

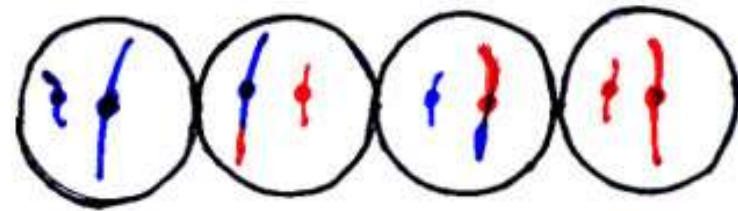
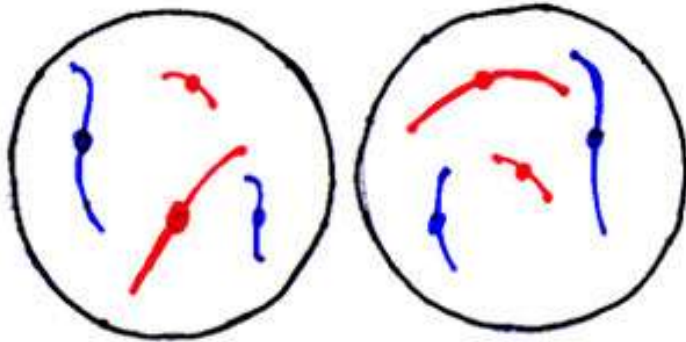
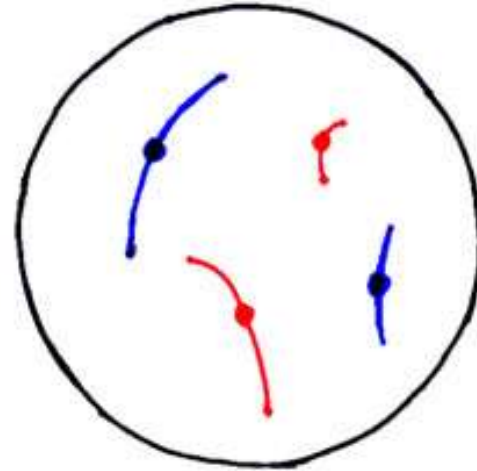


# Mitosis y meiosis

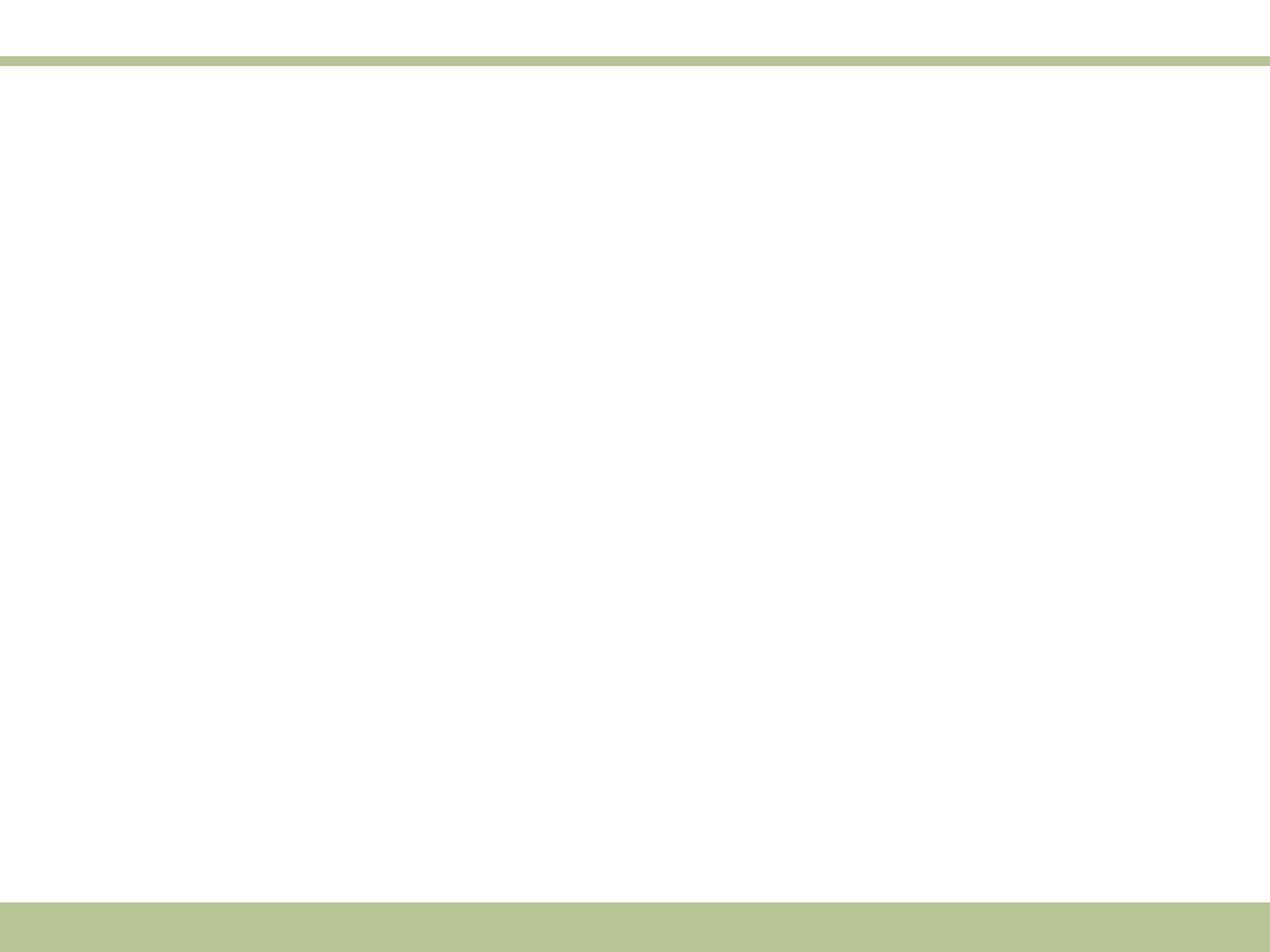
MITOSIS



MEIOSIS



- La **meiosis** es la división celular en la que el número de cromosomas se reduce a la mitad y se forman **gametos**.
- La meiosis empieza con el número diploide de cromosomas. La célula pasa por dos divisiones sucesivas, pero los cromosomas se duplican una sola vez dando como resultado cuatro células hijas, cada una con la mitad del número diploide de cromosomas que la célula madre.
- La mitad del número diploide se lo llama **número monoploide** o **número haploide**.
- Mientras el número diploide se representa por  **$2n$** , el haploide se representa por  **$n$** . Cuando dos gametos con el número  **$n$**  de cromosomas se unen, el **cigoto** formado tiene  **$2n$**  de cromosomas. El **cigoto** es la célula que se forma por la unión de un óvulo y un espermatozoide.



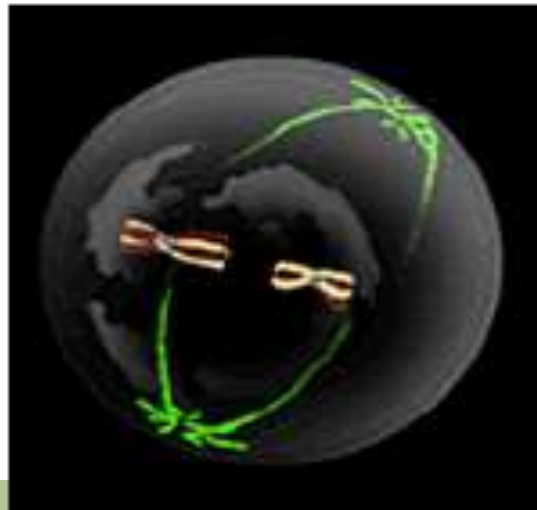
- La interfase antes de la meiosis es similar a la interfase de la mitosis.
- Antes que la célula empiece la primera división de la meiosis, el ADN en los cromosomas del núcleo de la célula se duplica.
- La célula tienen dos juegos completos de cromosomas y está lista para comenzar la meiosis.

## Las etapas de la meiosis

- La meiosis consiste en dos divisiones sucesivas, cada una de las cuales se divide en fases similares a las de la mitosis.
- La primera división se llama **Meiosis I** y la segunda **Meiosis II**. A cada etapa de la primera división se le pone al final el número romano **I** y cada etapa de la segunda división va seguida por el número **II**.

1. **Profase I.**- en la primera profase de la meiosis, la cromatina se acorta y condensa. Los cromosomas aparecen en forma de cromátidas unidas por un centrómero. Desaparecen la membrana nuclear y el nucleolo.

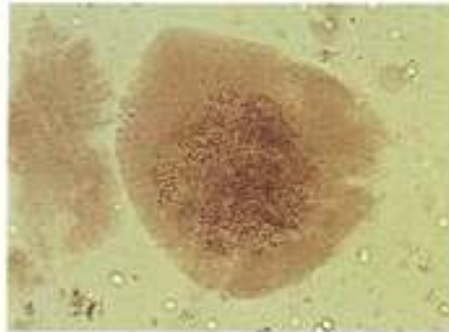
En la profase I, los **cromosomas homólogos** se alinean. Los cromosomas homólogos llevan el mismo tipo de información genética y en el mismo orden. Los homólogos se aparean y se entrelazan. El pareo de los cromosomas homólogos se llama **sinapsis**. Cada cromosoma se compone de dos cromátidas, las cuatro cromátidas de un par homólogo constituyen una **tétrada**. A veces las cromátidas se rompen e intercambian partes, a este intercambio de material de cromátidas se llama **entrecruzamiento**.





- La recombinación entre cromosomas homólogos ocurre durante la profase de la meiosis I
  - Leptoteno
  - Zigoteno
  - Paquiteno
  - Diploteno
  - Diacinesis

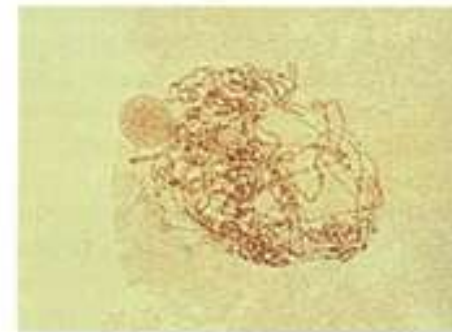
Leptotene



Zygotene



Pachytene



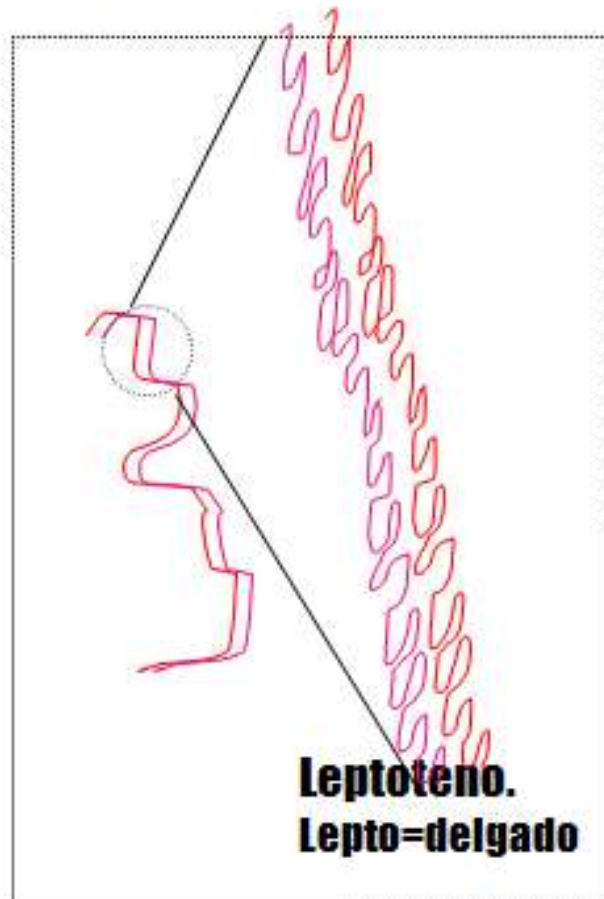
Diplotene



Diakinesis

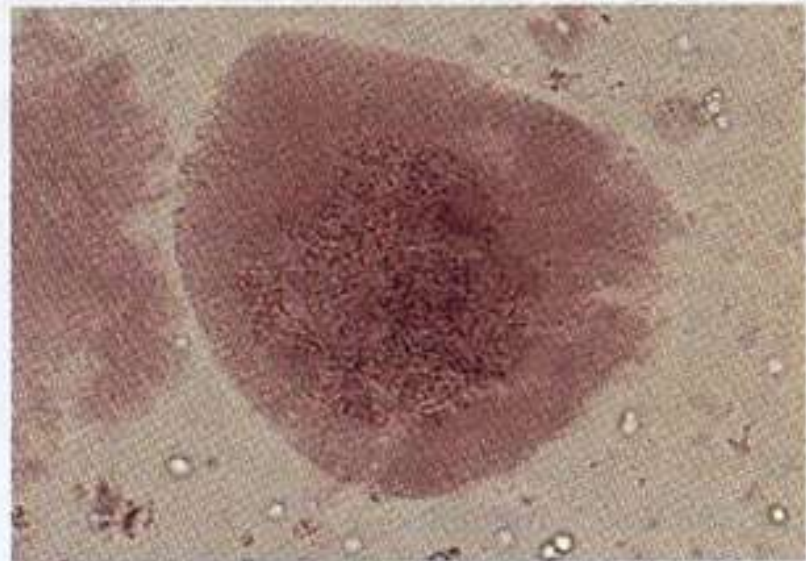


# Leptoteno



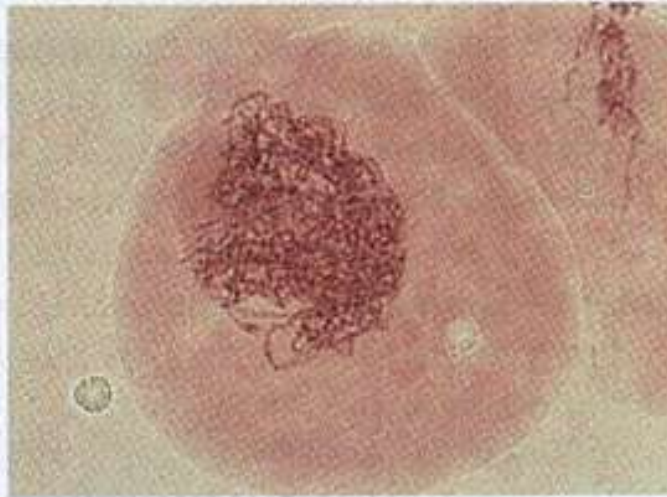
- El ADN comienza condensarse.
- Las secuencias homologas de los cromosomas empiezan a reconocerse.

Leptotene

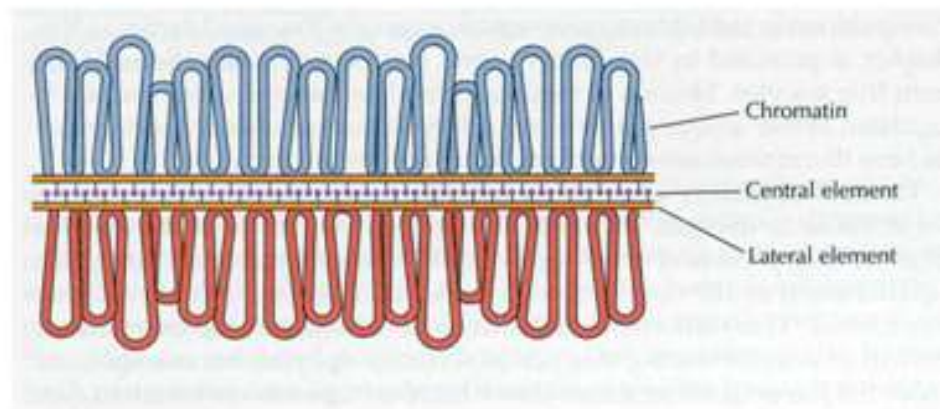


# Zigoteno

Zygotene

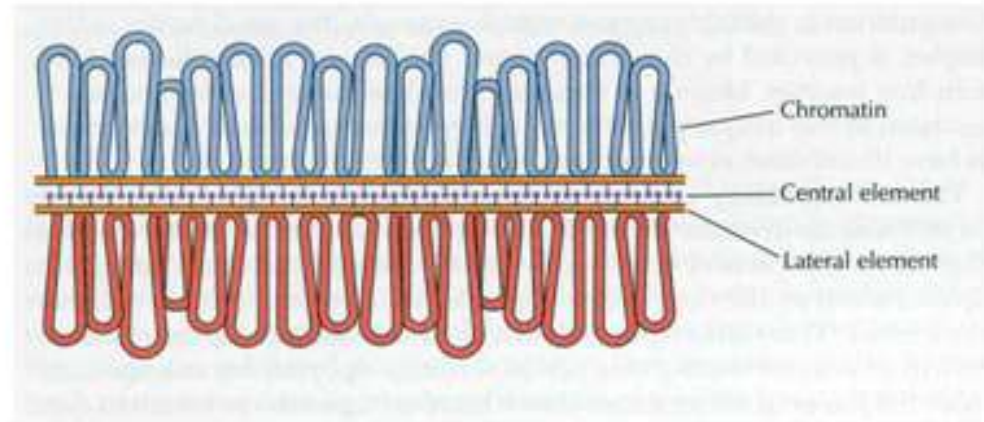


- Mayor condensamiento del ADN.
- Comienza la **sinapsis** de los cromosomas.
- Se forma el complejo sinaptonémico.
- Inicia la recombinación

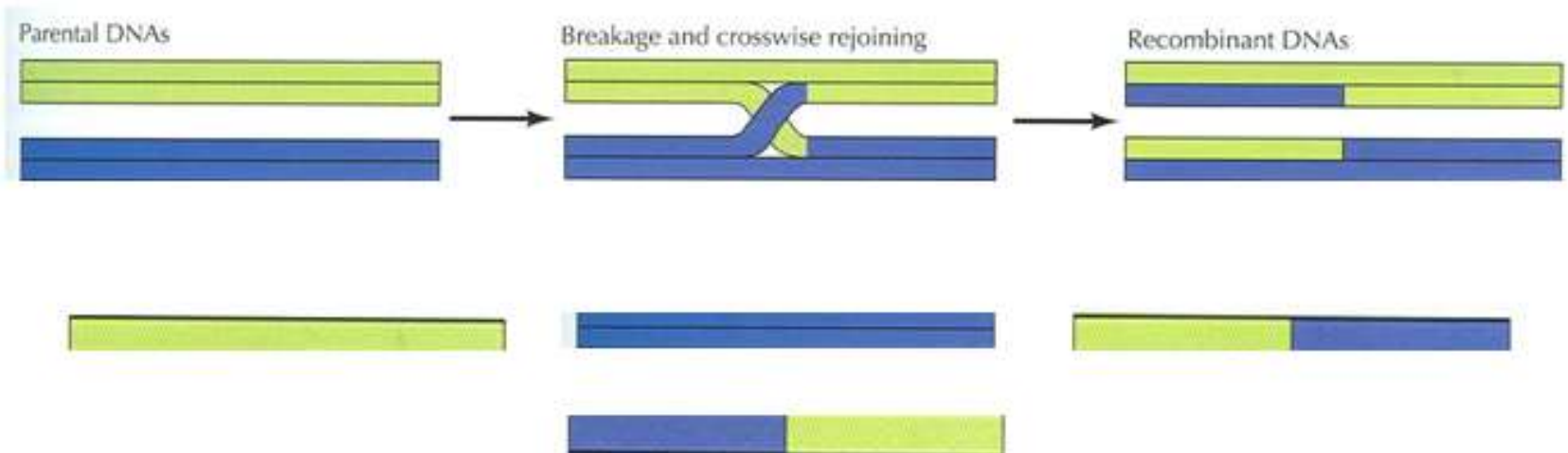


## Complejo sinaptonémico

- Esta estructura, presente solamente durante la profase meiótica, sería la mediadora estructural del proceso de apareamiento cromosómico y el soporte del de recombinación génica.
- Mantiene a los cromosomas homólogos estrechamente asociados y alineados



- La recombinación es clave para generar diversidad genética, fenómeno crítico para la evolución de las especies
  - Da como resultado el **intercambio de genes** entre cromosomas homólogos apareados
- Las diferencias genéticas entre individuos proporcionan el material inicial para la selección natural, la cual permite a las especies desarrollarse y adaptarse a cambios de las condiciones medioambientales

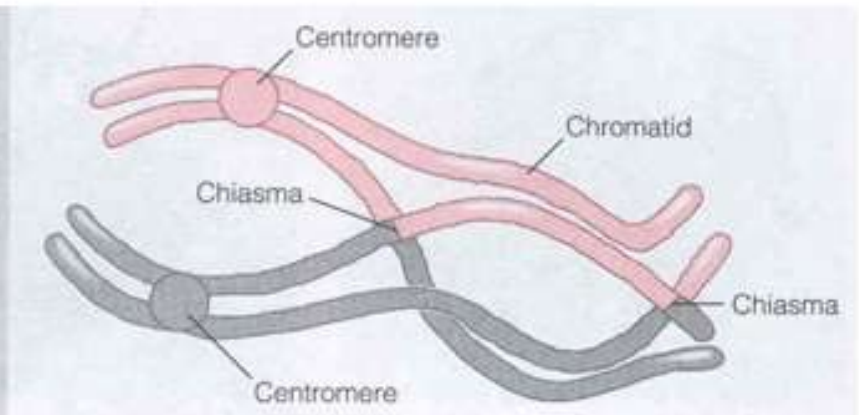
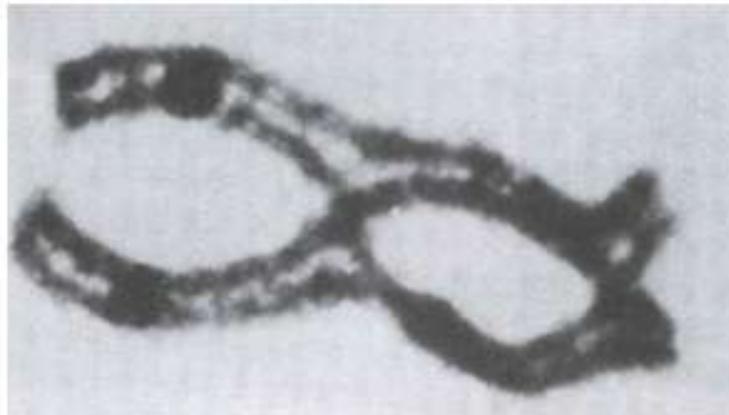


# Paquiteno

Pachytene



- Termina la recombinación.
- Los cromosomas permanecen unidos en los sitios de cruzamiento (quiasma)



# Diploteno

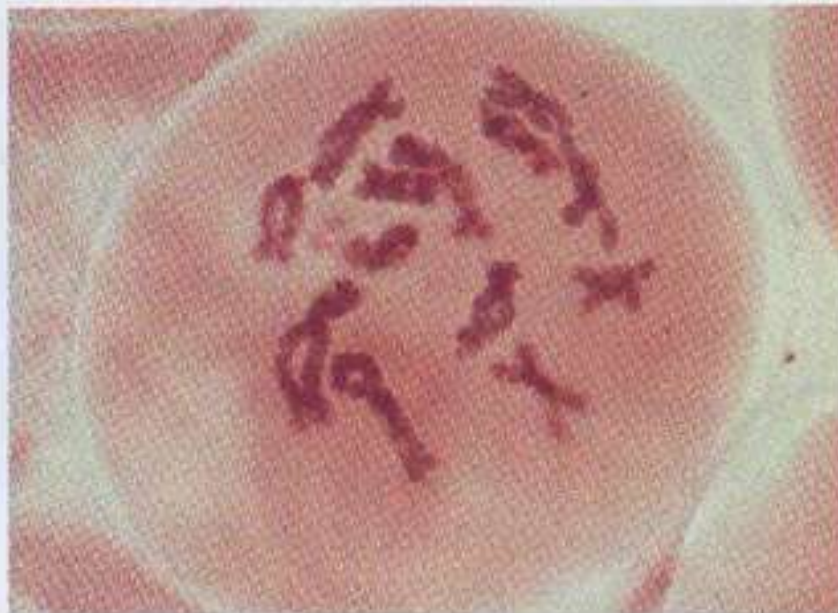
Diplotene



- Desaparece el complejo sinaptonémico.
- Los cromosomas se separan en casi toda su longitud pero permanecen unidos en los quiasmas (puntos de recombinación).
- Indispensable para el alineamiento correcto en la metafase
- En este estado cada par de cromosomas (llamados bivalentes), consiste en 4 cromátides con su quiasma claramente visible

# Diacinesis

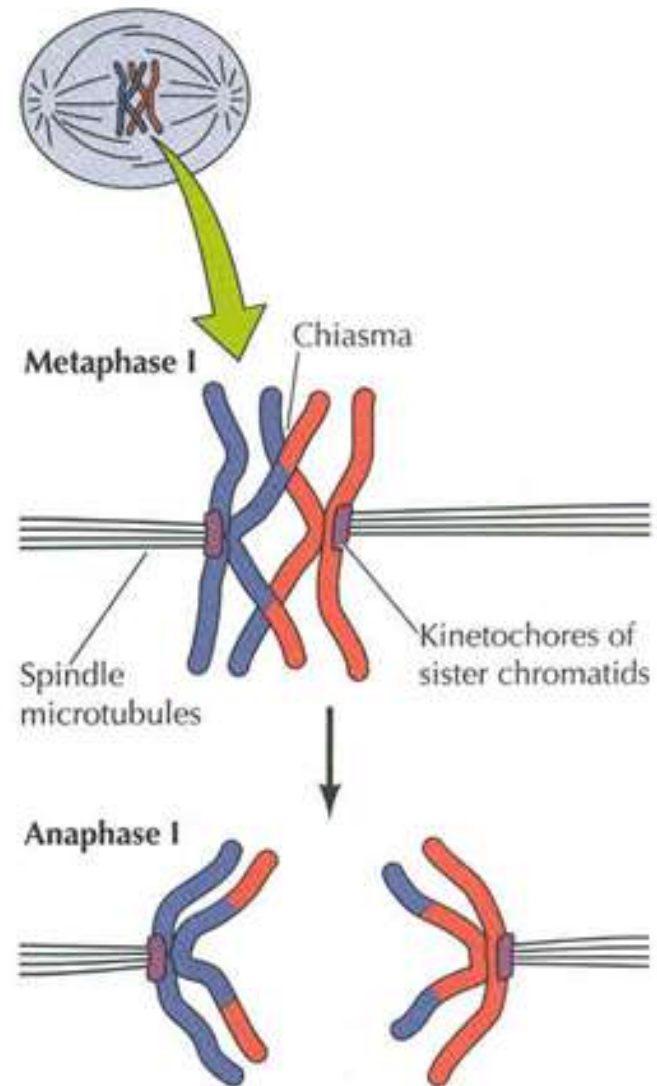
Diakinesis



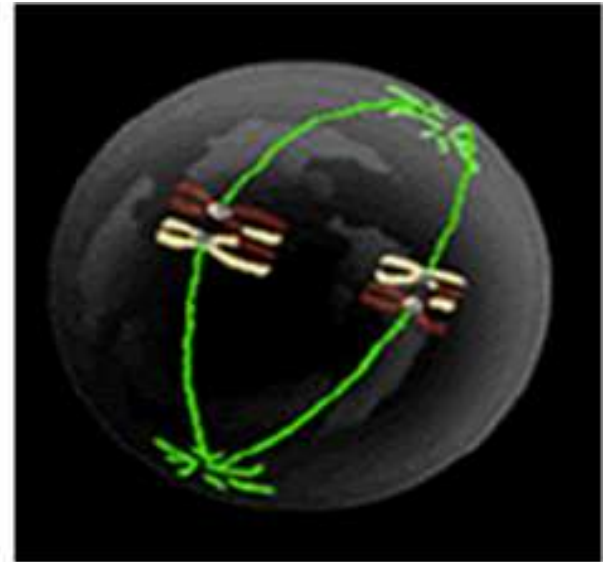
- Final de la profase I
- Transición a la metafase
- Cromosomas completamente condensados unidos por los quiasmas



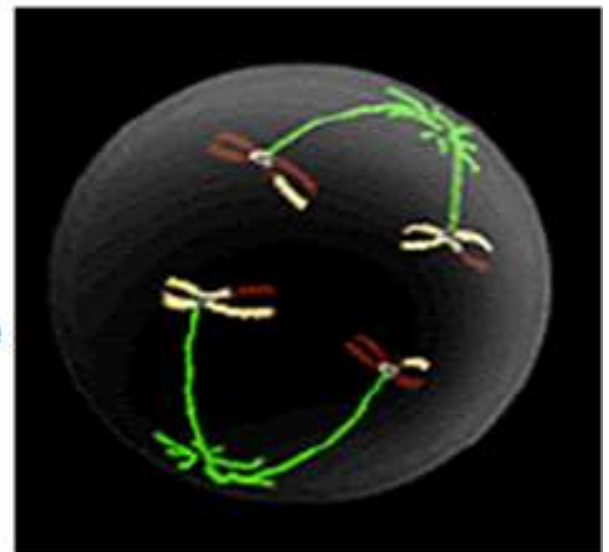
- Durante la metafase I los cromosomas bivalentes se alinean en el huso.
- La anafase I inicia con la separación de los cromosomas homólogos de los quiasmas
- Las cromátidas hermanas permanecen unidas en sus centromeros



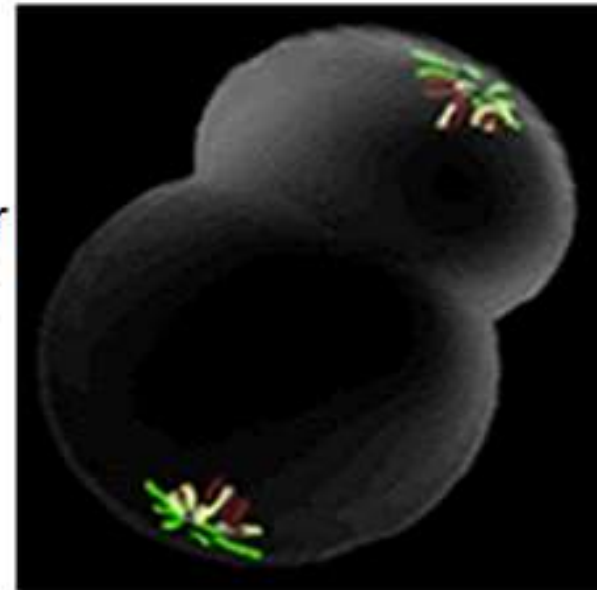
2. **Metafase I.**- en esta fase las tétradas se alinean a lo largo del ecuador de la célula, en ángulo recto con las fibras del huso mitótico. Cada cromosoma está pegado a una de las fibras del huso mitótico.



3. **Anafase I.**- los pares homólogos de cromosomas se separan. Cada cromosoma de cada par se mueve hacia cada uno de los polos de la célula. Los cromosomas todavía se componen de dos cromátidas unidas por un centrómero.

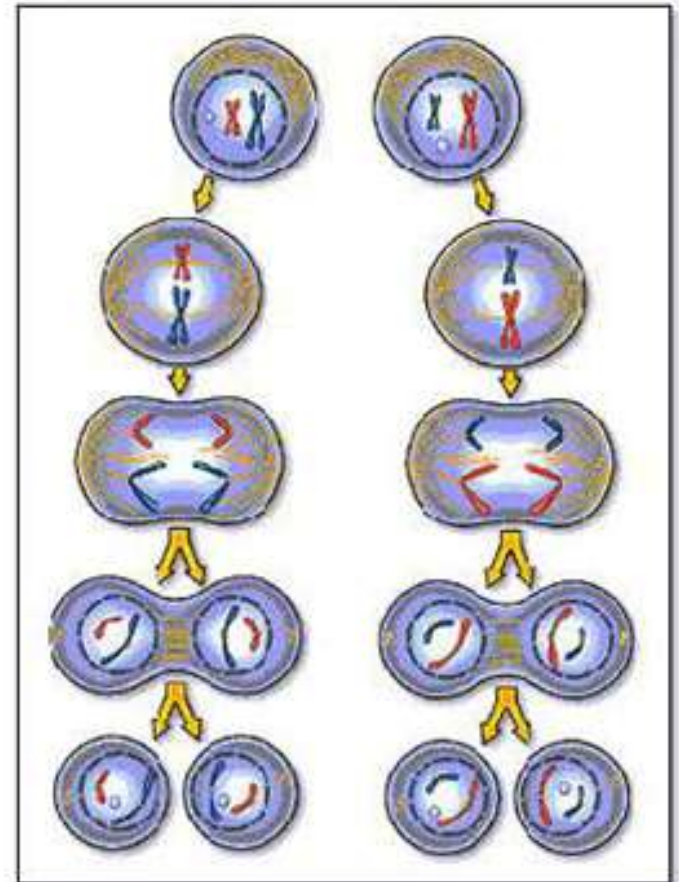


4. **Telofase I.**- durante la telofase I se divide el citoplasma formando dos células. Cada cromosoma todavía se compone por dos cromátidas unidas por un centrómero. La membrana nuclear se forma alrededor de los cromosomas, cada una de las células hijas tiene un núcleo con cromosomas recombinados diploides.



- Después de la telofase I, se completa la primera división celular de la meiosis. Las dos células entran en una fase llamada **intercinesis**. La intercinesis es similar a la interfase, pero los cromosomas no se duplican. Las fases de la segunda división celular ocurren en las dos células formadas por la primera división.

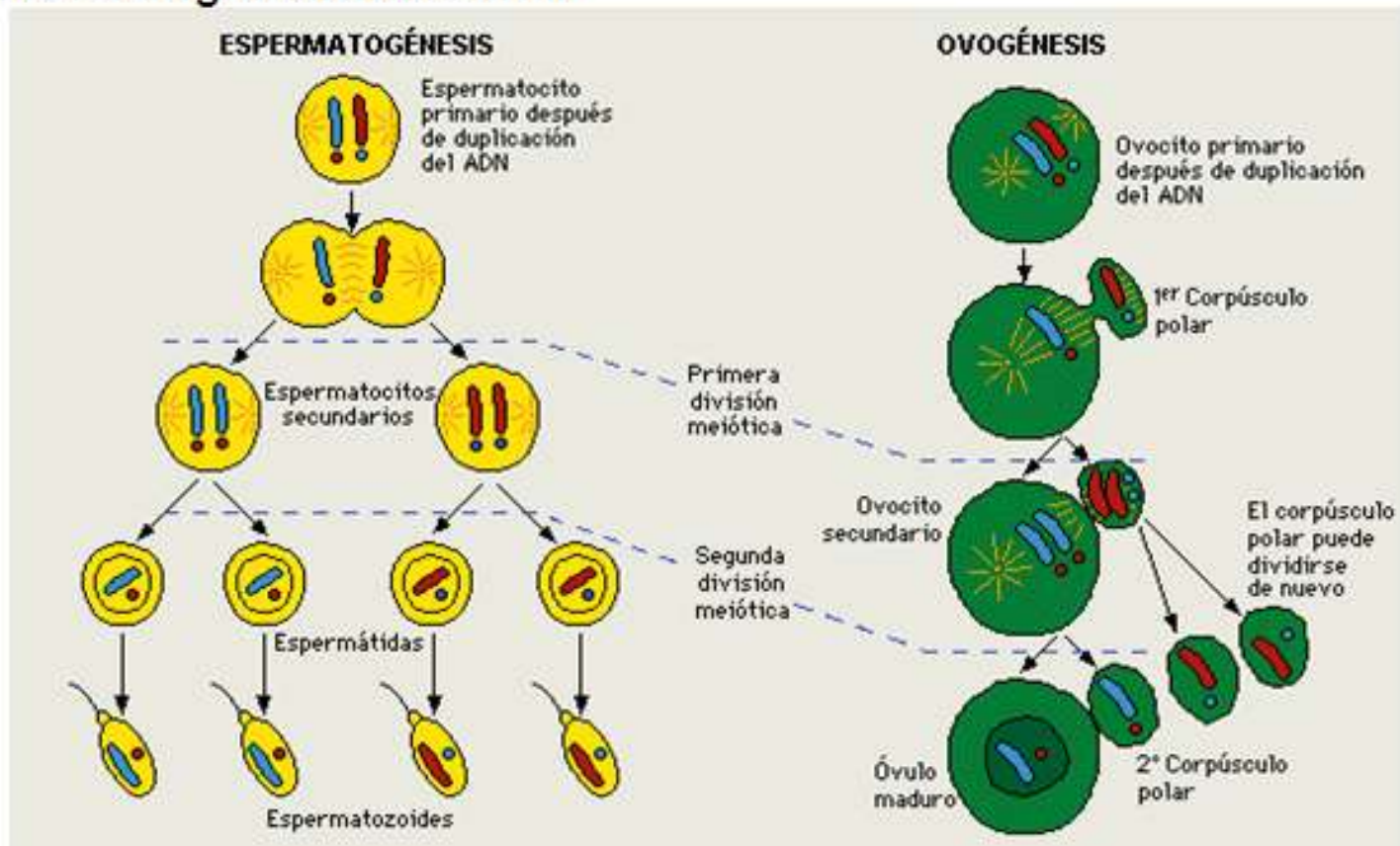
5. **Profase II.**- en esta fase, la membrana nuclear y el núcleo se rompen. Los cromosomas se acortan y se hacen visibles. Cada cromosoma se compone de dos cromátidas y un centrómero.
6. **Metafase II.**- las cromátidas todavía pegadas por el centrómero, se mueven hacia el ecuador de la célula.
7. **Anafase II.**- las cromátidas se separan. Una cromátida de cada cromosoma se mueve hacia un polo de la célula y la otra cromátida hacia el otro polo.
8. **Telofase II.**- en esta fase, el citoplasma se divide, formando dos células cada una con el número monoploide de cromosomas. En cada célula hija, se forma la membrana nuclear alrededor de los cromosomas.



# Los gametos femeninos y masculinos

- La formación de gametos por meiosis se llama **gametogénesis** y es diferente en hombres y en mujeres.
- En los machos, la gametogénesis tiene como resultado la formación de células espermáticas y se llama **espermatogénesis**. La producción de espermatozoides ocurre en los testículos, órganos reproductores masculinos.
- En la hembra, los óvulos se forman en los ovarios que son los órganos reproductores. La formación de gametos en las hembras se llama **ovogénesis**.

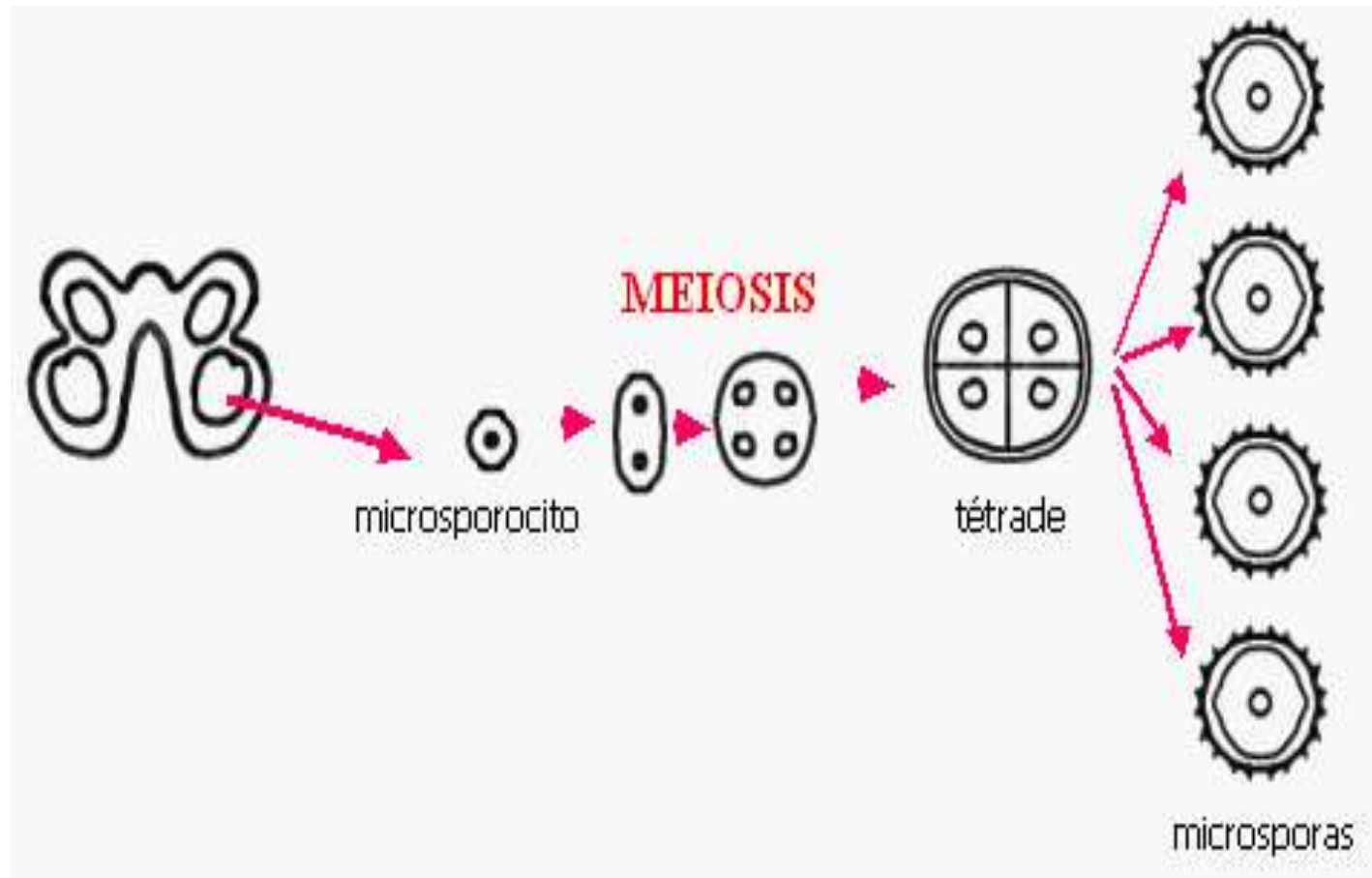
- Tanto la ovogénesis como la espermatogénesis tienen como resultado la formación de gametos monoploides. Sin embargo, hay diferencias entre ambos tipos de gametogénesis, la espermatogénesis forma cuatro espermatozoides del mismo tamaño y la ovogénesis forma un óvulo grande al igual que tres cuerpos polares que se desintegran y solo el óvulo es un gameto funcional.



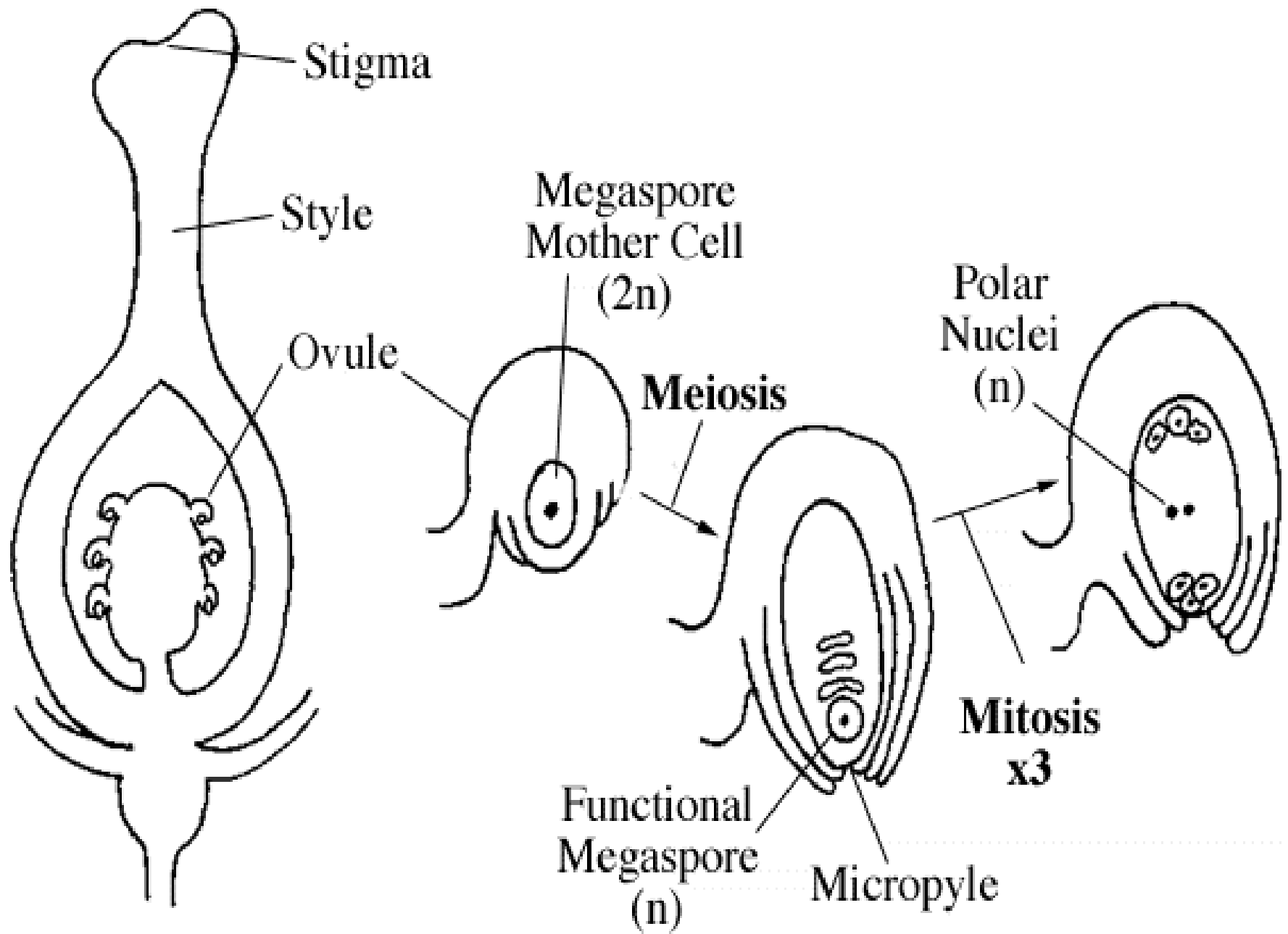
# Comparación entre mitosis y meiosis

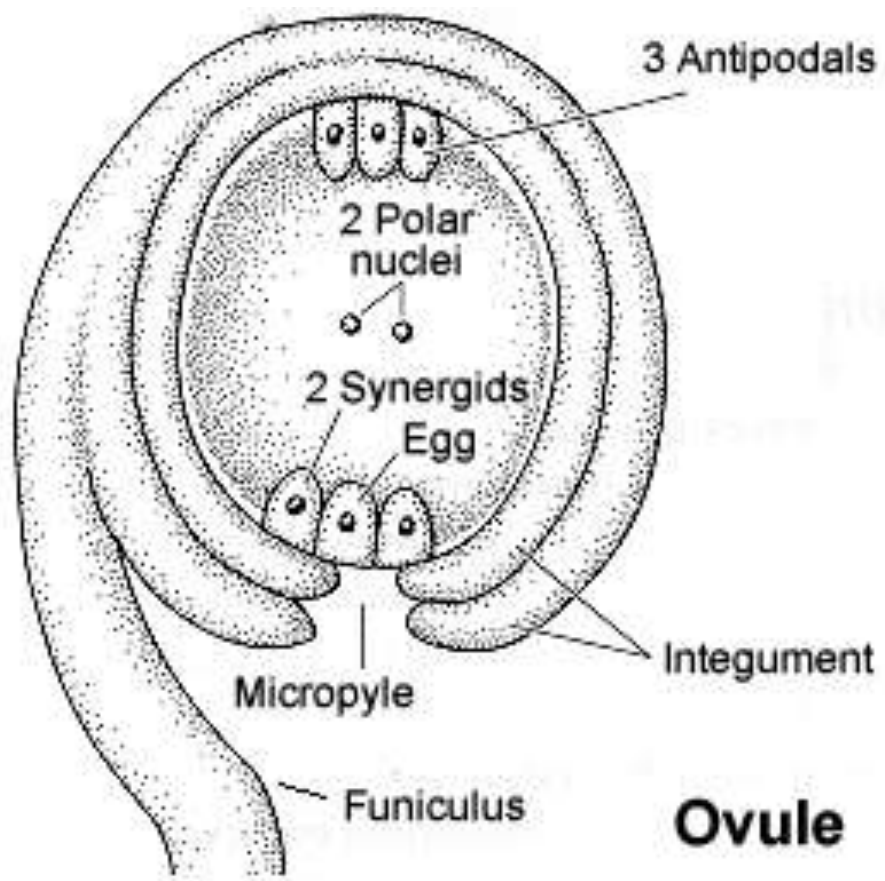
MITOSIS	MEIOSIS
Ocurre en la mayoría de las células <u>eucarióticas</u> .	Ocurre en la formación de gametos en células <u>eucarióticas</u> .
No hay apareamiento de cromosomas homólogos.	Los cromosomas homólogos se aparean en sinapsis y puede ocurrir entrecruzamiento.
Se mantiene el número de cromosomas.	El número de cromosomas se divide de diploide a <u>monoploide</u> .
Una división.	Dos divisiones.
Se producen dos células hijas.	Se producen cuatro células hijas.
Las células hijas son idénticas entre sí y a la célula madre.	Las células hijas tienen combinaciones variadas de cromosomas y no son idénticas a la célula madre.

# Formación de los gametos en las plantas

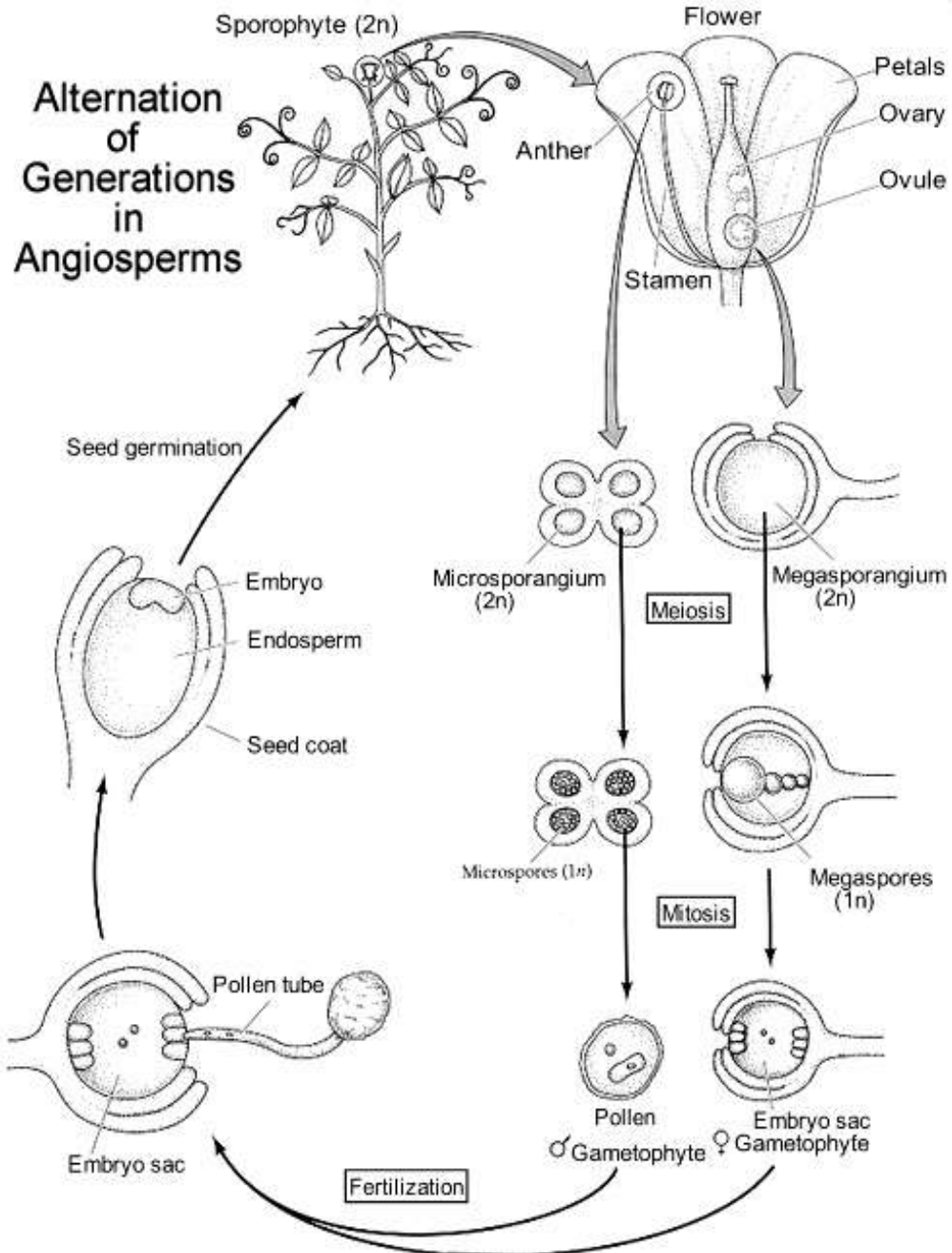




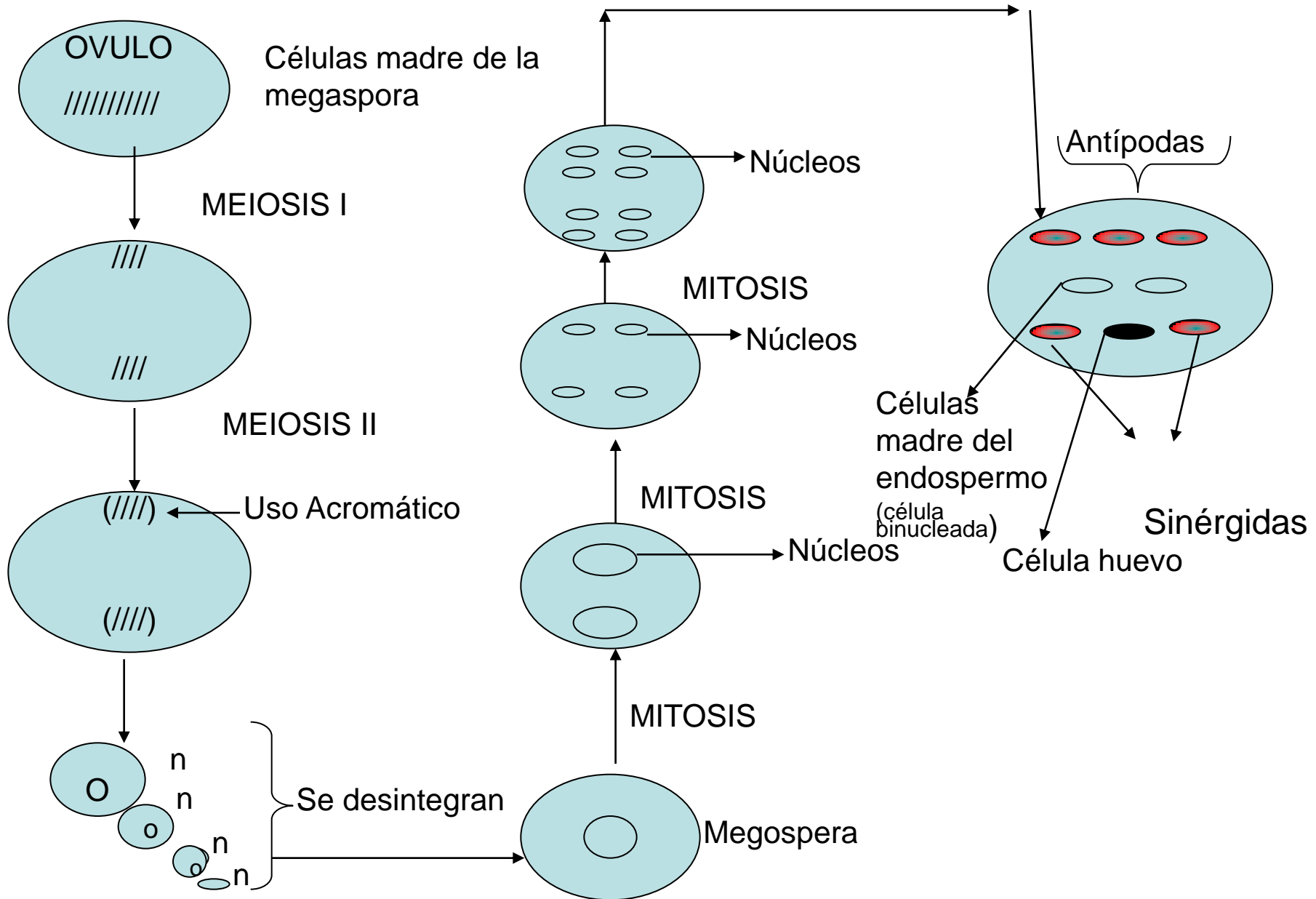




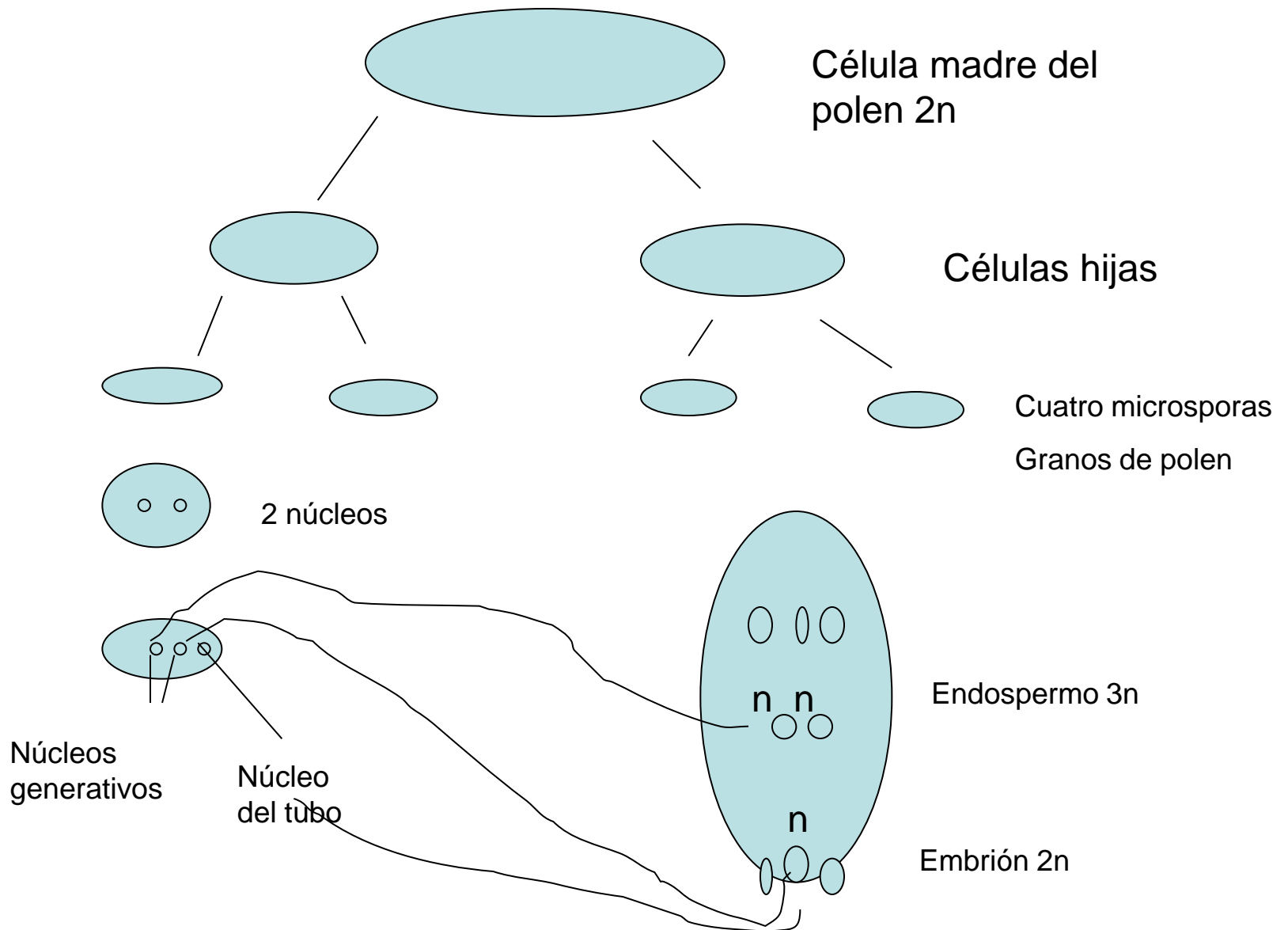
**Ovule**



# MEGASPOROGENESIS



# MICROSPOROGENESIS





## Bibliografía

Cienfuegos, R.E.G., López, S.J. A. y Castro, N.S. 2011. Genética general. Py V. México.

Chávez, A. J. L. 199. Mejoramiento de plantas 1. Trillas, México

Falconer, D.S.2000.Introducción a la genética cuantitativa. CECSA, México.

Guzmán, M.E. 1988. Genética. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

López, T. M. 1995. Fitomejoramiento. Trillas. México.

Márquez, S.F. 1990. Genotecnia vegetal. Tomo I. AGT editor. México.

Parga, L.R., Murillo, A. B. y Ruiz, E.F. 2014. Genética general, Trillas, México.