

**I.E.S. Joaquín Turina**  
**Departamento de CC.NN.**  
**Biología 2º**

## Tema 12. Ciclo y división celulares

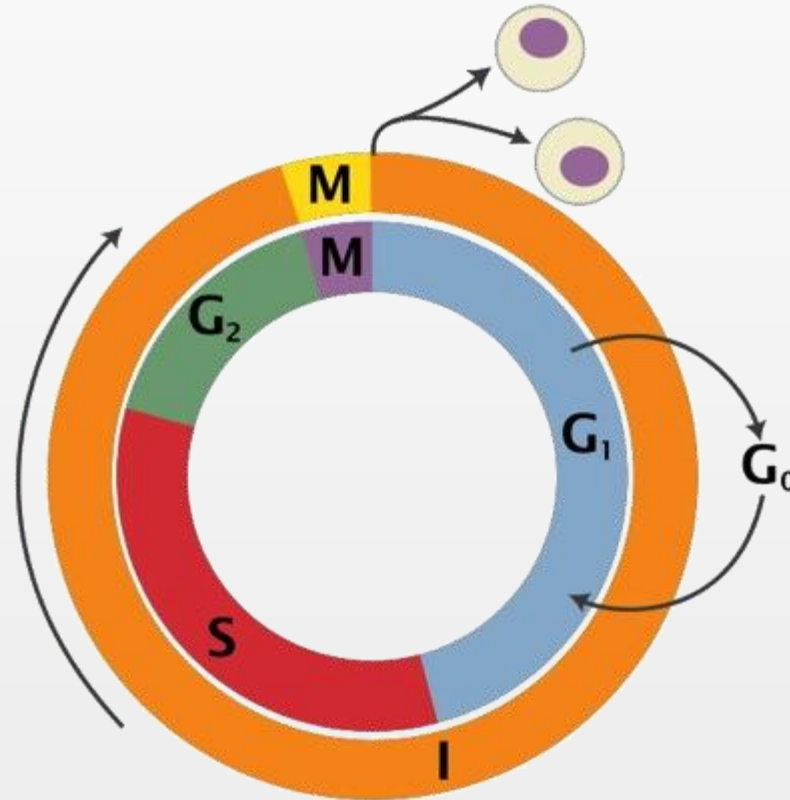


# Tema 12. Ciclo y división celulares

- Introducción
- Fases del ciclo celular
- El huso mitótico
- La mitosis como proceso conservador
- Diferencias entre mitosis en células animales y vegetales
- La meiosis como proceso reductor
- Generación de variabilidad genética
- Comparación entre mitosis y meiosis
- Tipos de ciclos vitales biológicos: haplontes, diplontes y haplodiplontes



# Ciclo celular: partes





# Ciclo celular

## □ Interfase

- $G_1$ , S,  $G_2$

## □ División celular

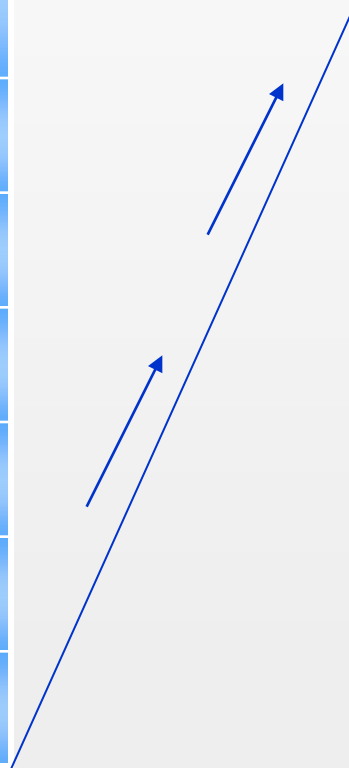
- Cariocinesis: (núcleo) material genético, puede ser mitosis o meiosis.
- Citocinesis: (citoplasma) resto de la célula



# Ciclo celular /horas

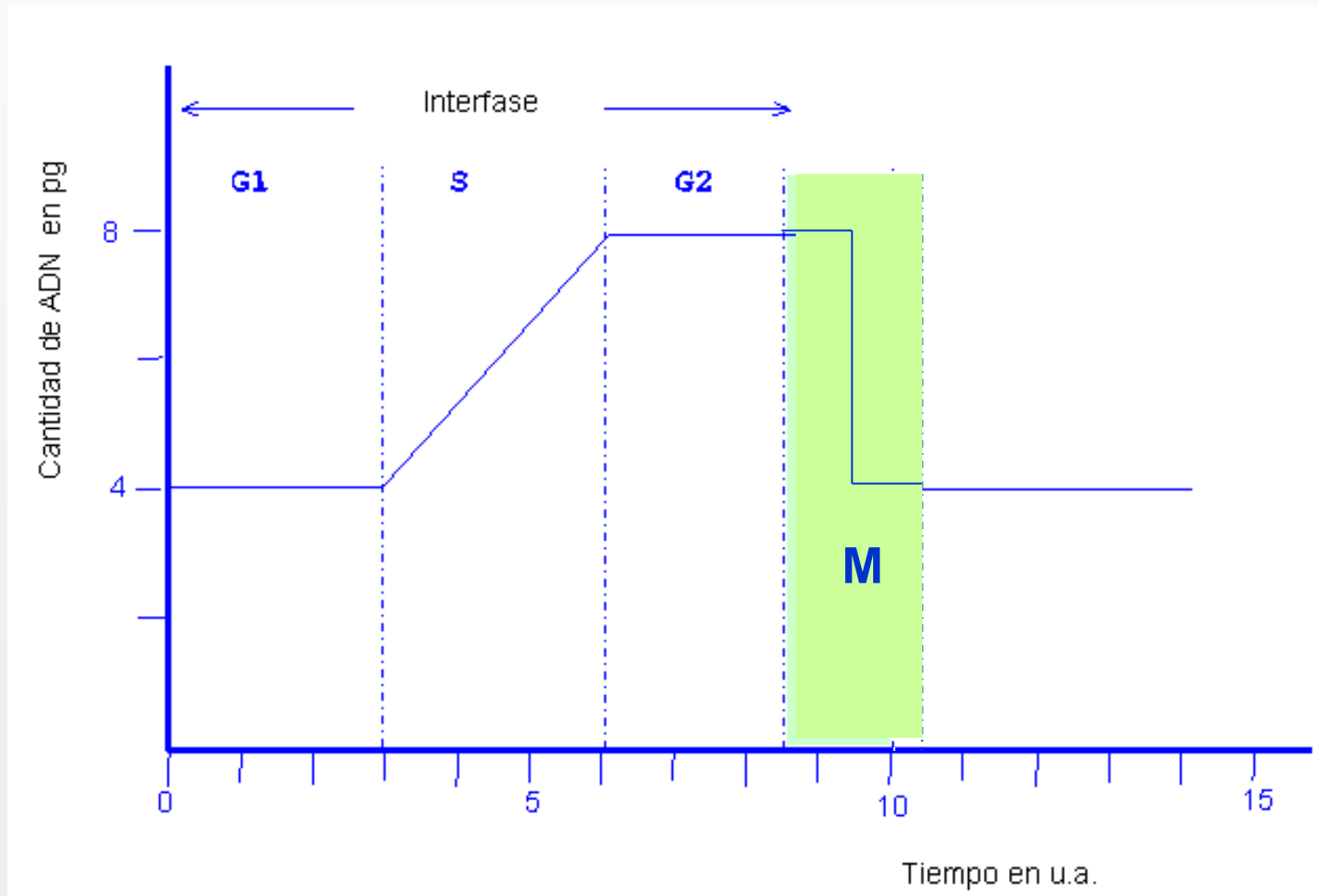
Tiempo (horas)	ADN (arbitrario)
0	6.6
1	6.6
2	3.2
6	3.3
10	3.3
11	4

Tiempo (horas)	ADN (arbitrario)
13	5.1
16	6.5
18	6.6
21	6.6
22	3.2
24	3.2

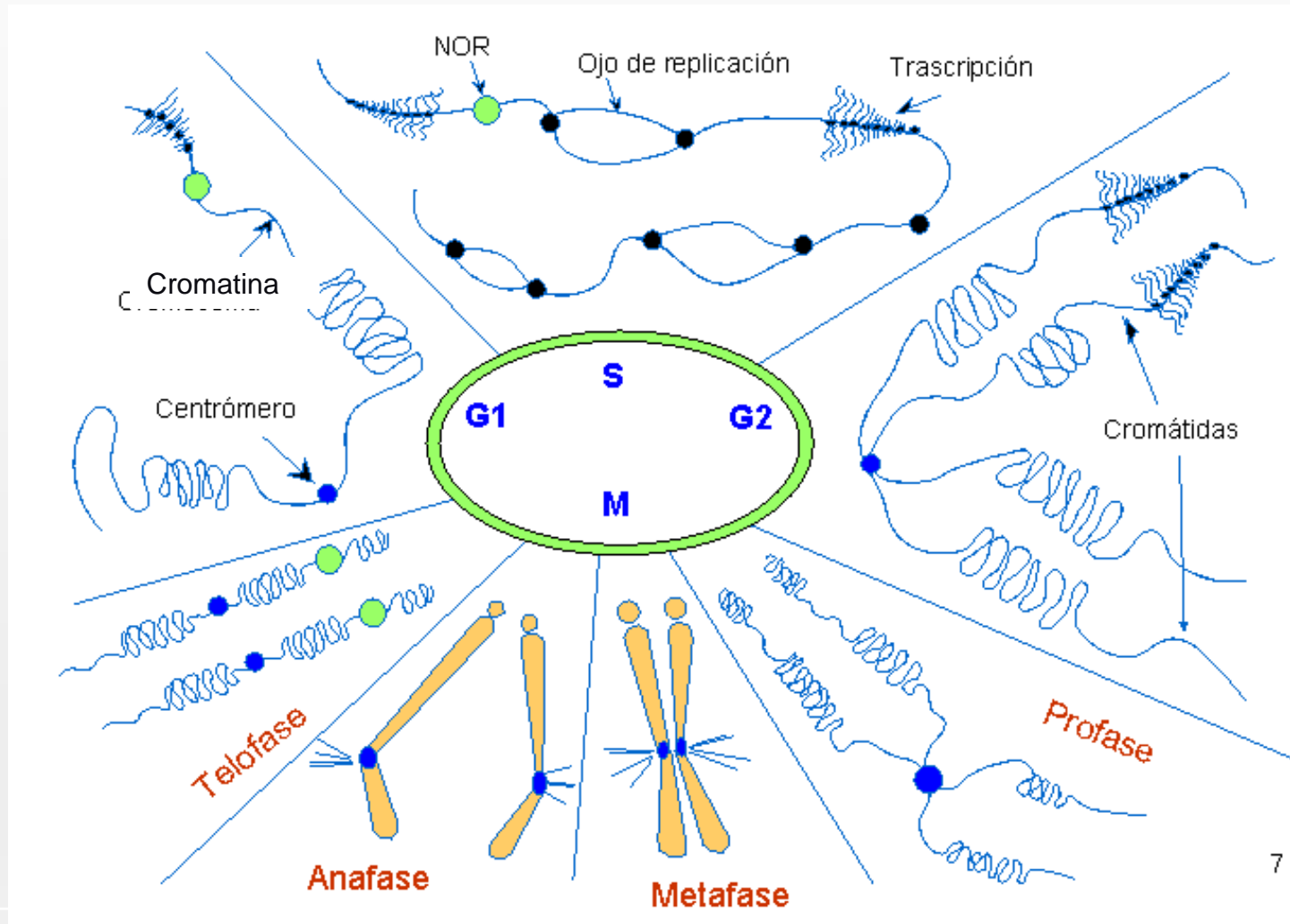


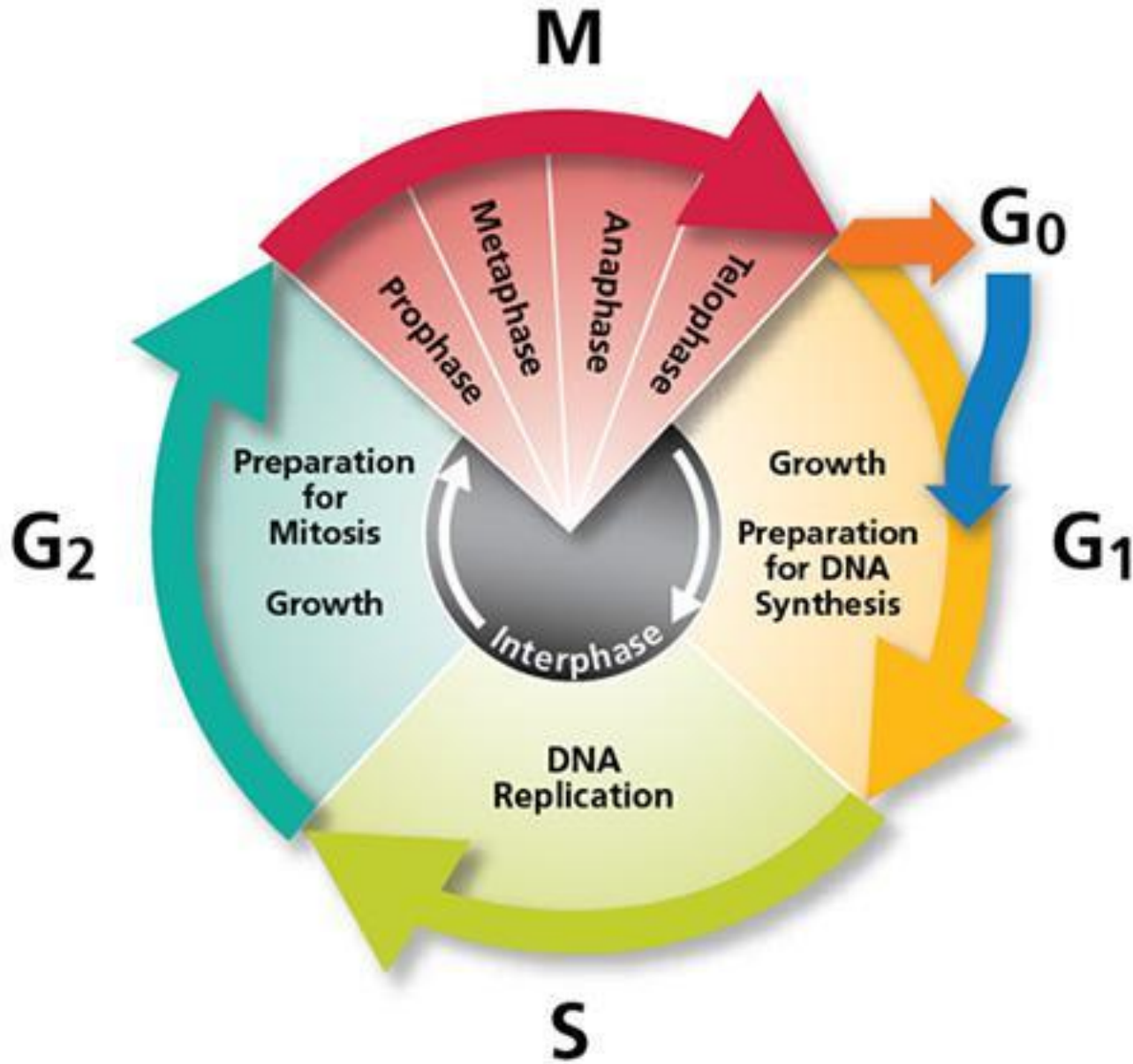


# Variación ADN/ tiempo



# Variación cromatina



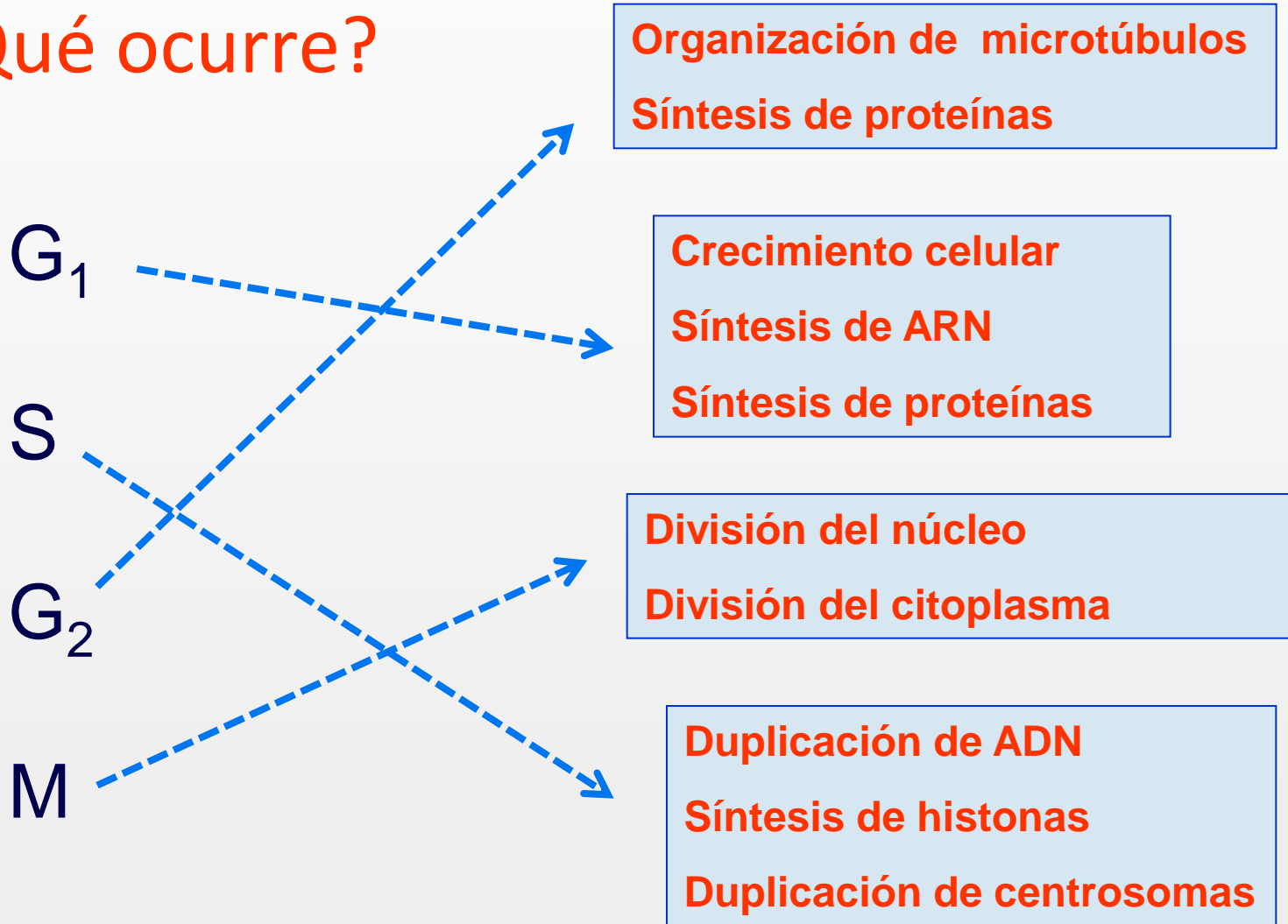


Ciclo celular





# ¿Qué ocurre?

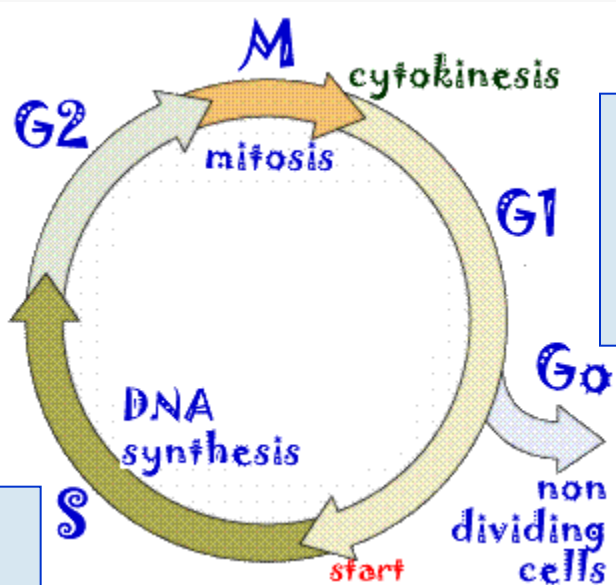




# Ciclo

Síntesis de proteínas  
Organización de  
microtúbulos

División del núcleo  
División del citoplasma

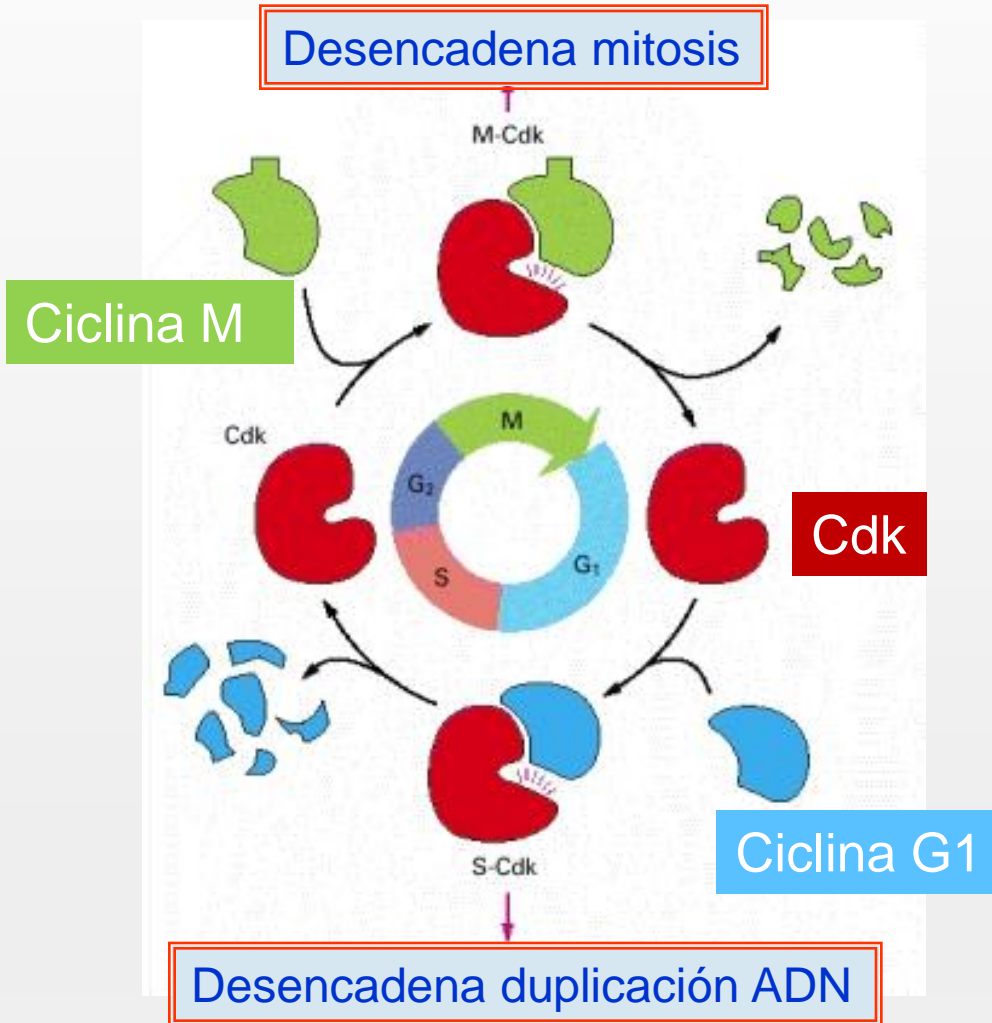


Síntesis de ARN  
Síntesis de proteínas  
Crecimiento celular

Síntesis de histonas  
Duplicación de ADN  
Duplicación de centrosomas



# Ciclinas y Cdks



Cdk: Quinasa dependiente de la ciclina

Activan otras proteínas transfiriendo grupos P

# Regulación del ciclo

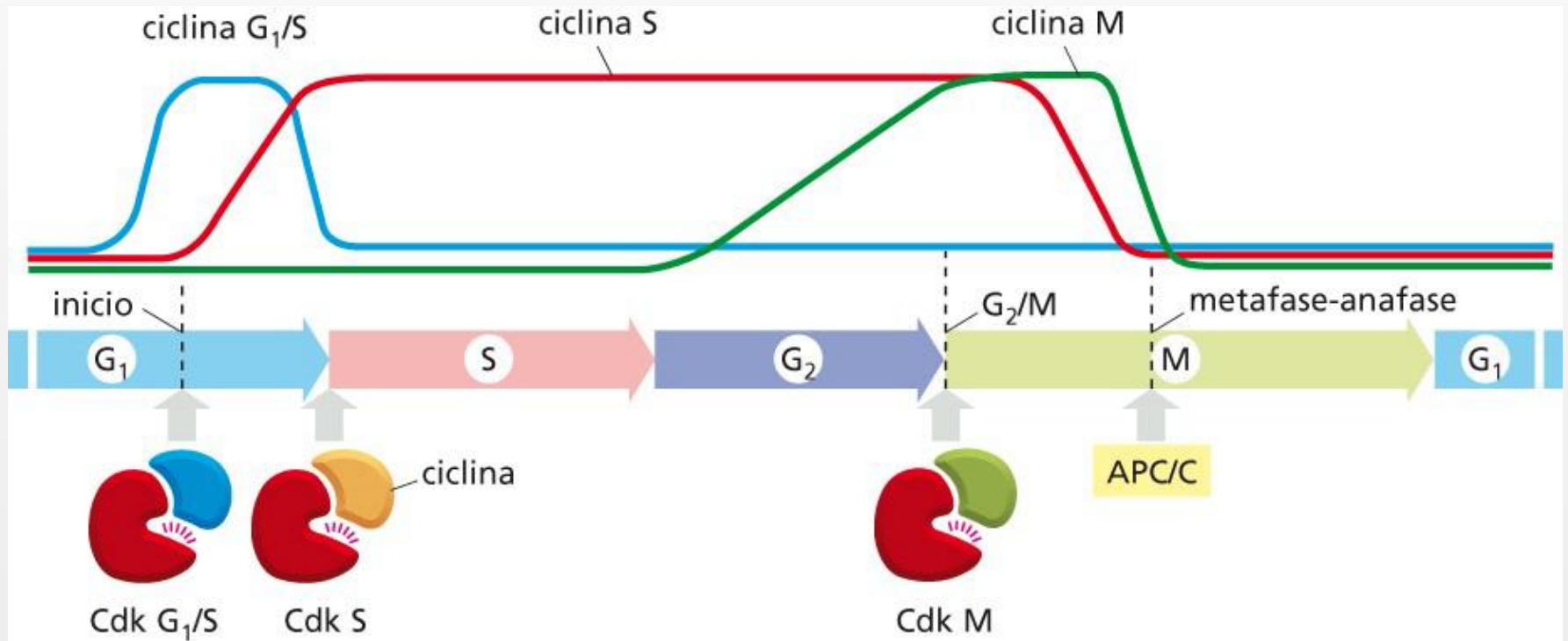


Figura 17-16 Biología molecular de la célula, quinta edición (© Garland Science 2008 y Ediciones Omega 2010)



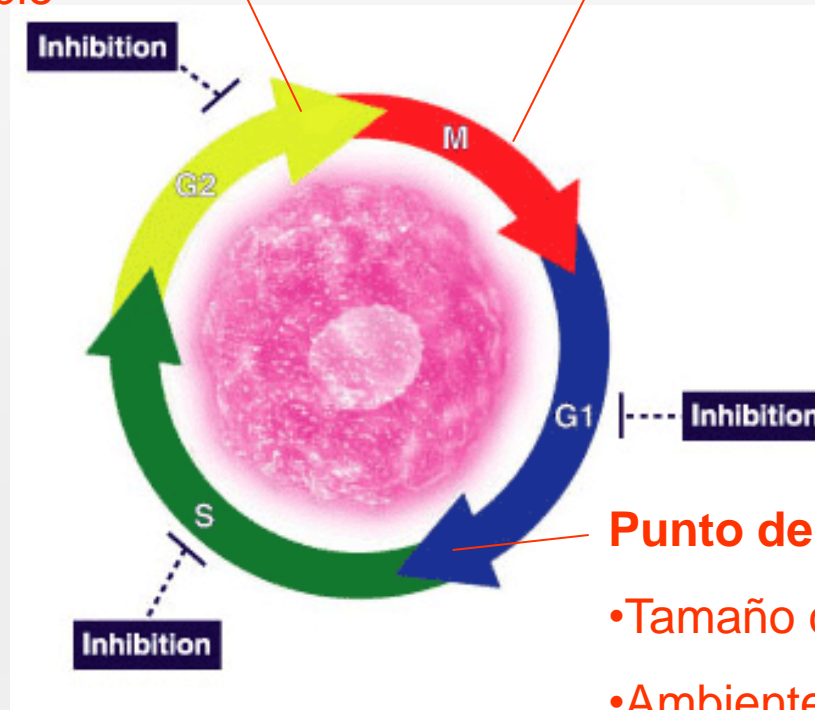
# Control del ciclo celular

## Punto de control de inicio de M:

- ADN duplicado
- Tamaño celular adecuado
- Ambiente favorable

## Punto de control M

Están todos los unidos al huso



Relación

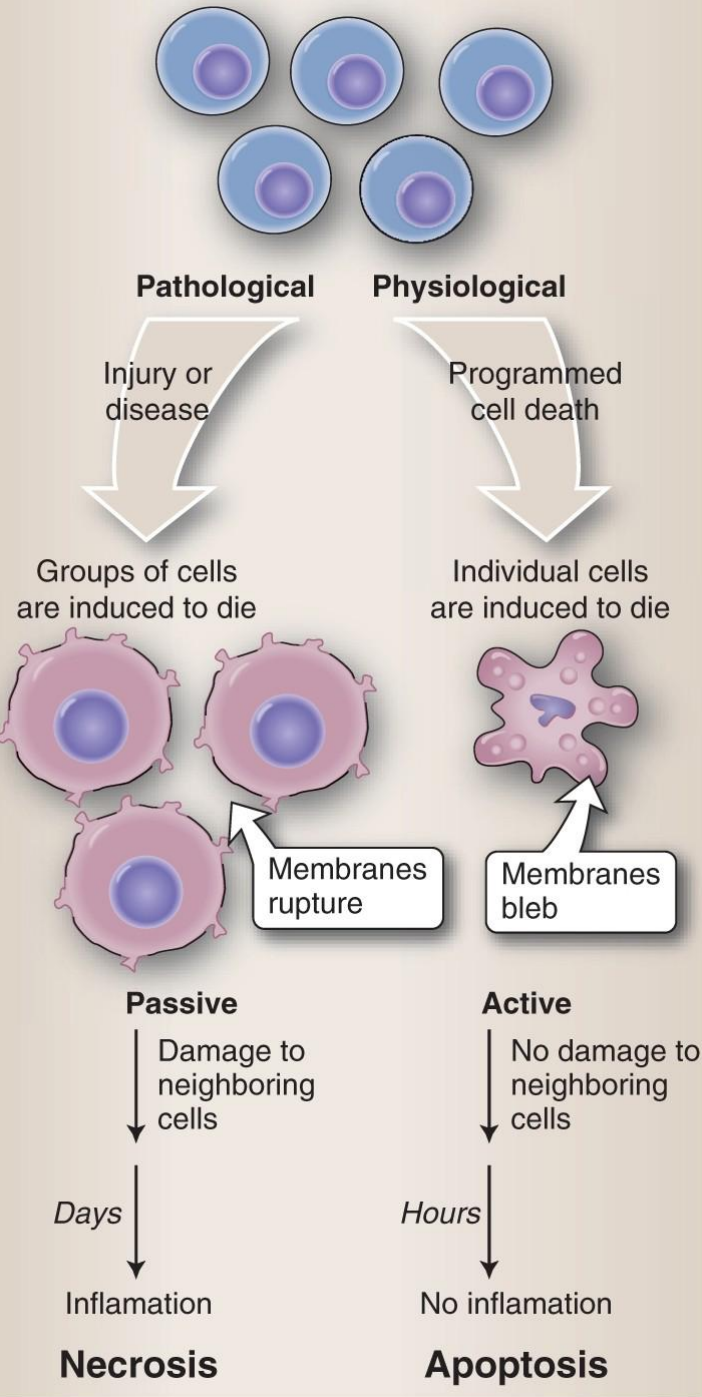
división celular

y cáncer

## Punto de inicio:

- Tamaño celular adecuado
- Ambiente favorable

# Muerte celular





# Muerte celular programada

- Es la respuesta a una situación de potencial peligro
  - es un eficiente mecanismo de control antitumoral
  - predomina durante el envejecimiento como resultado del agotamiento de la capacidad de división celular.
  - también en el desarrollo embrionario.

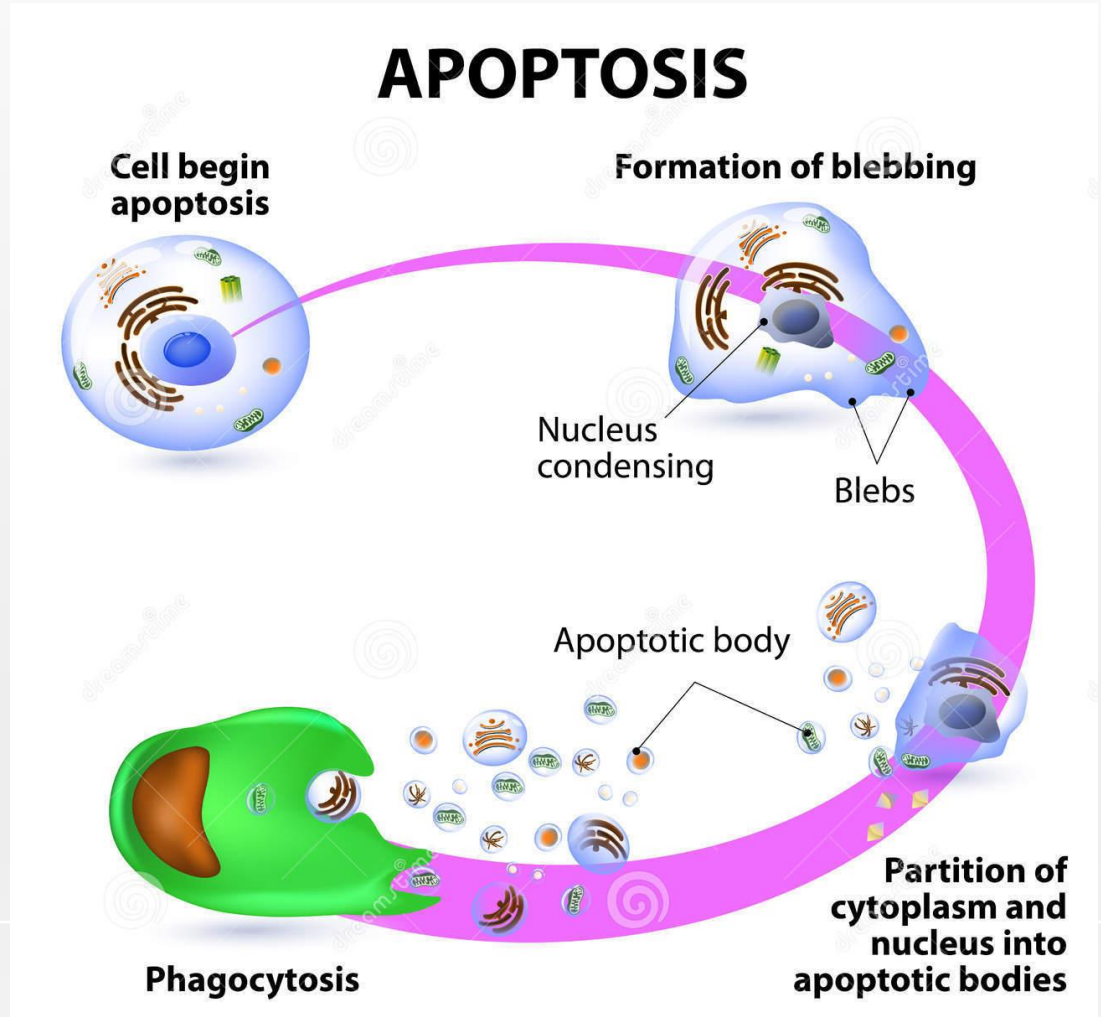
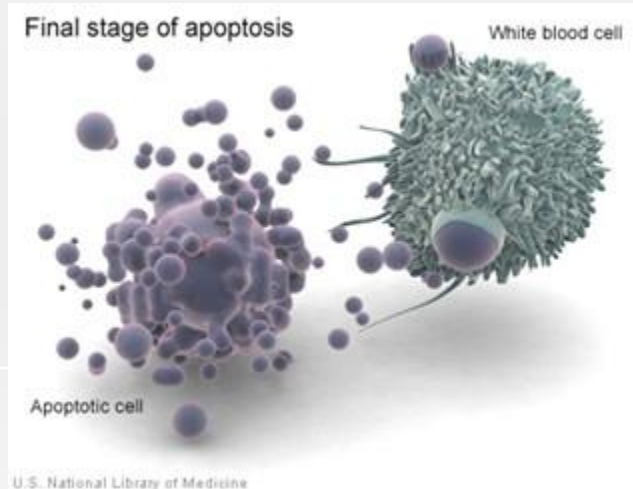


# Apoptosis: aprender a morir

<https://www.youtube.com/watch?v=cDvXk6DPdhU>

□ Muerte celular programada

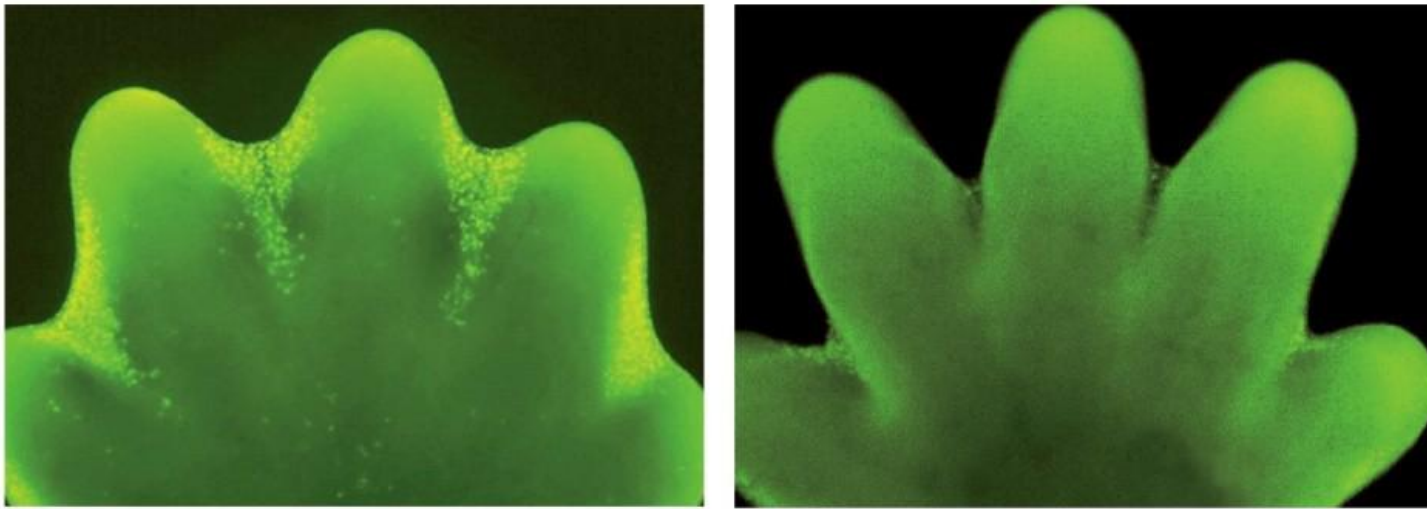
- Telomerasa
- Cáncer







# Apoptosis y desarrollo



**Moldeamiento de los dedos durante el desarrollo.**

# Genes que regulan el ciclo

positivamente

negativamente

*protooncogenes*

*genes supresores tumorales*

*Mutan y forman*

*Mutan y forman*

proliferación celular

exceso

oncogenes

Genes productores de tumores

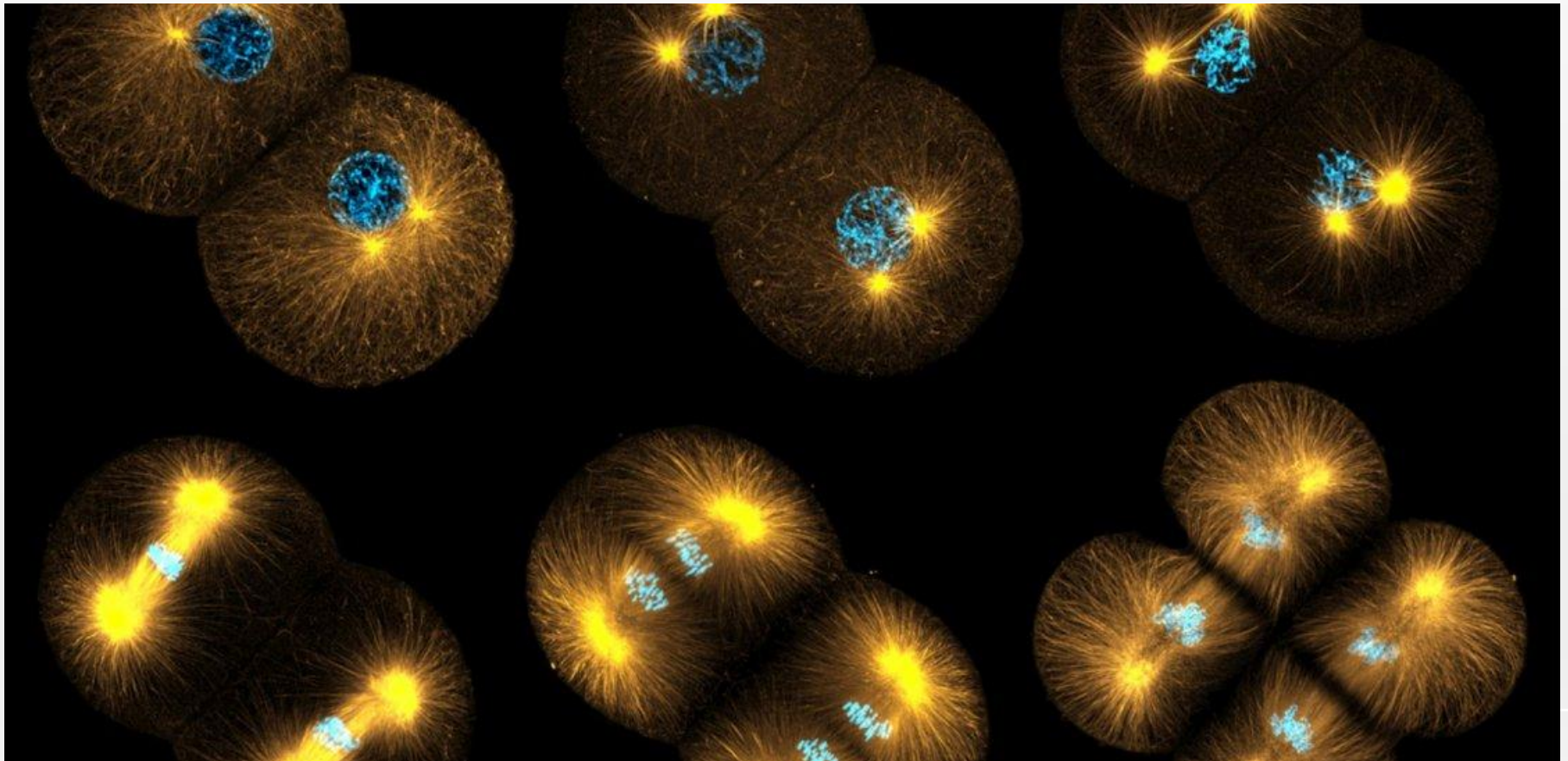


# Muerte celular y cáncer

- <https://www.youtube.com/watch?v=HYjnEXXtSe0>
- [Ciencia ciudadana contra el cáncer](http://societize.eu/?q=es/node/3820)  
<http://societize.eu/?q=es/node/3820> en

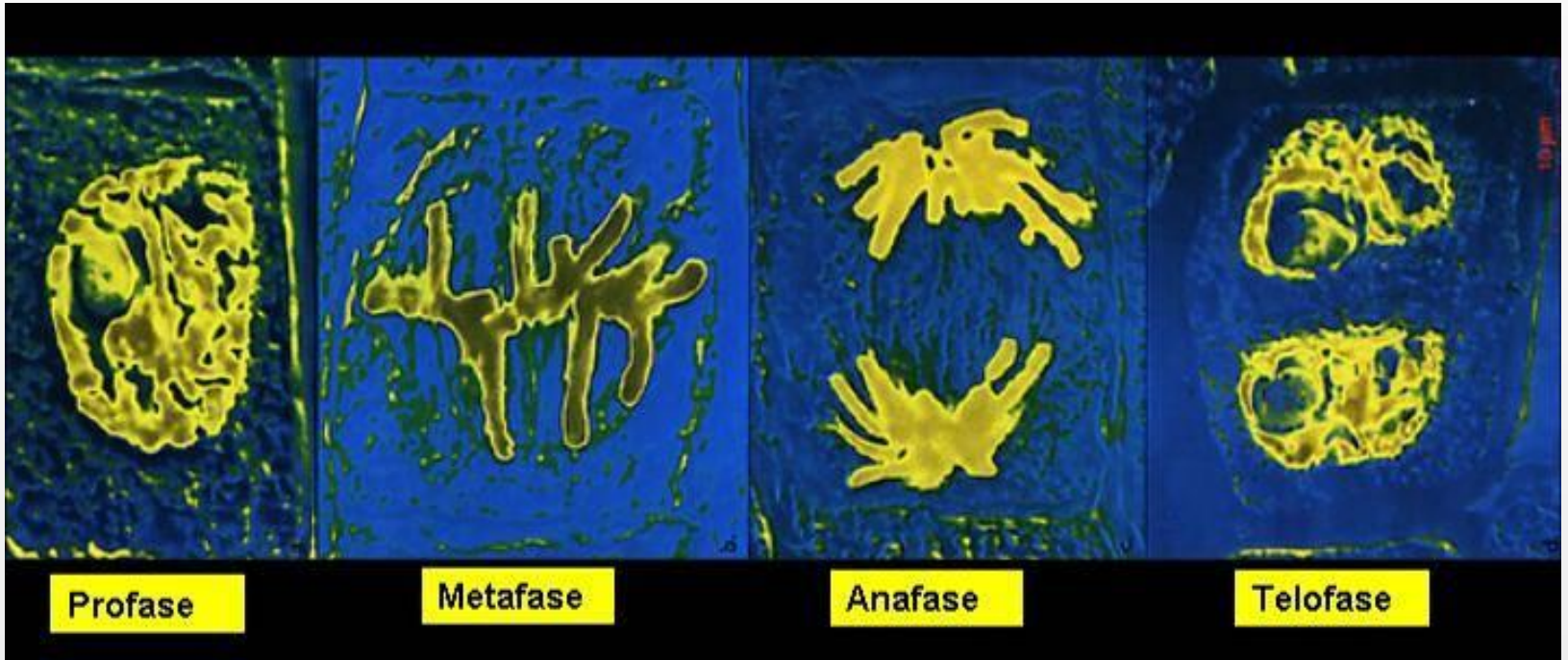


# Fases de la mitosis





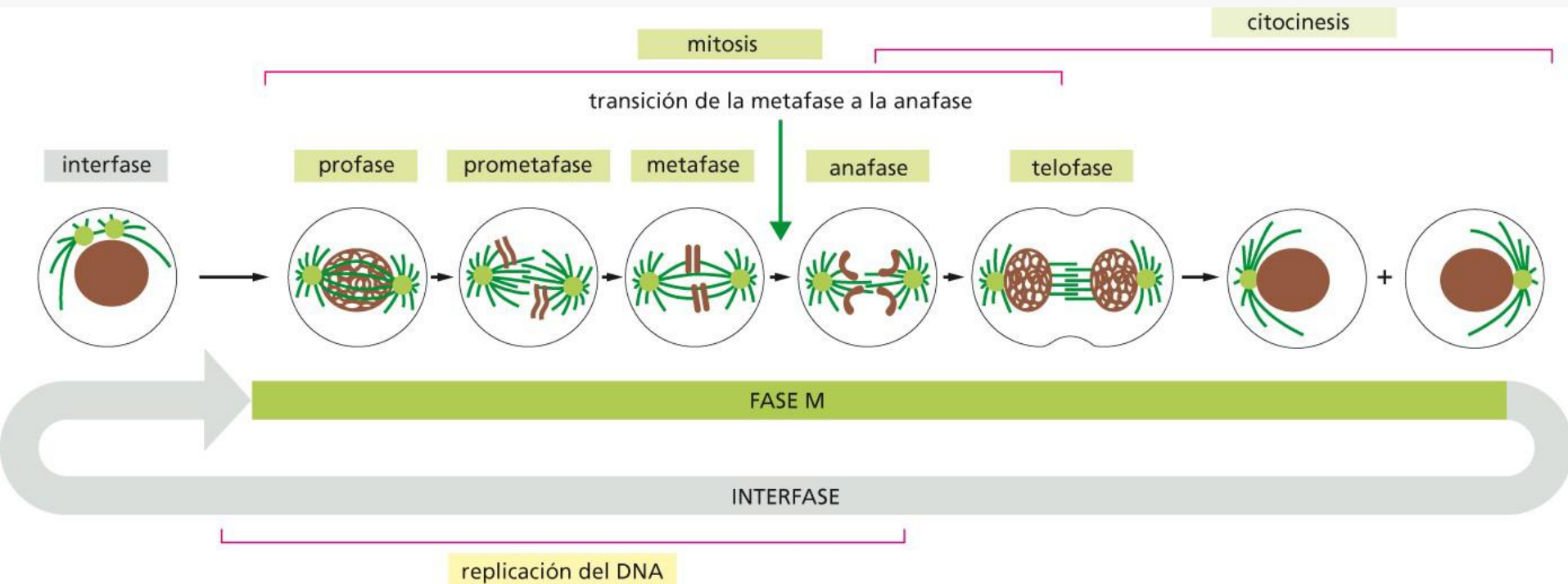
# Mitosis: objetivos





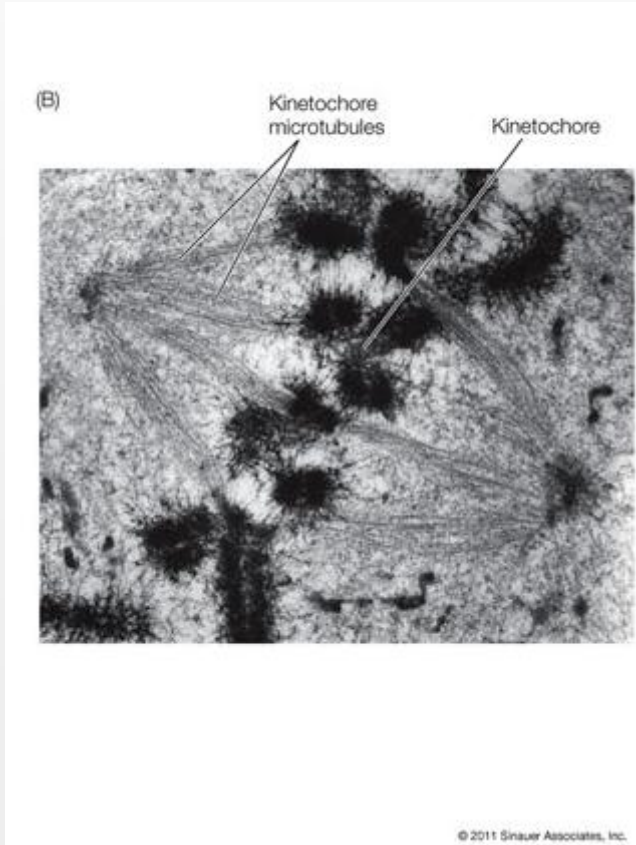
# Fases de la mitosis

¿Es la citocinesis parte de la mitosis o no?



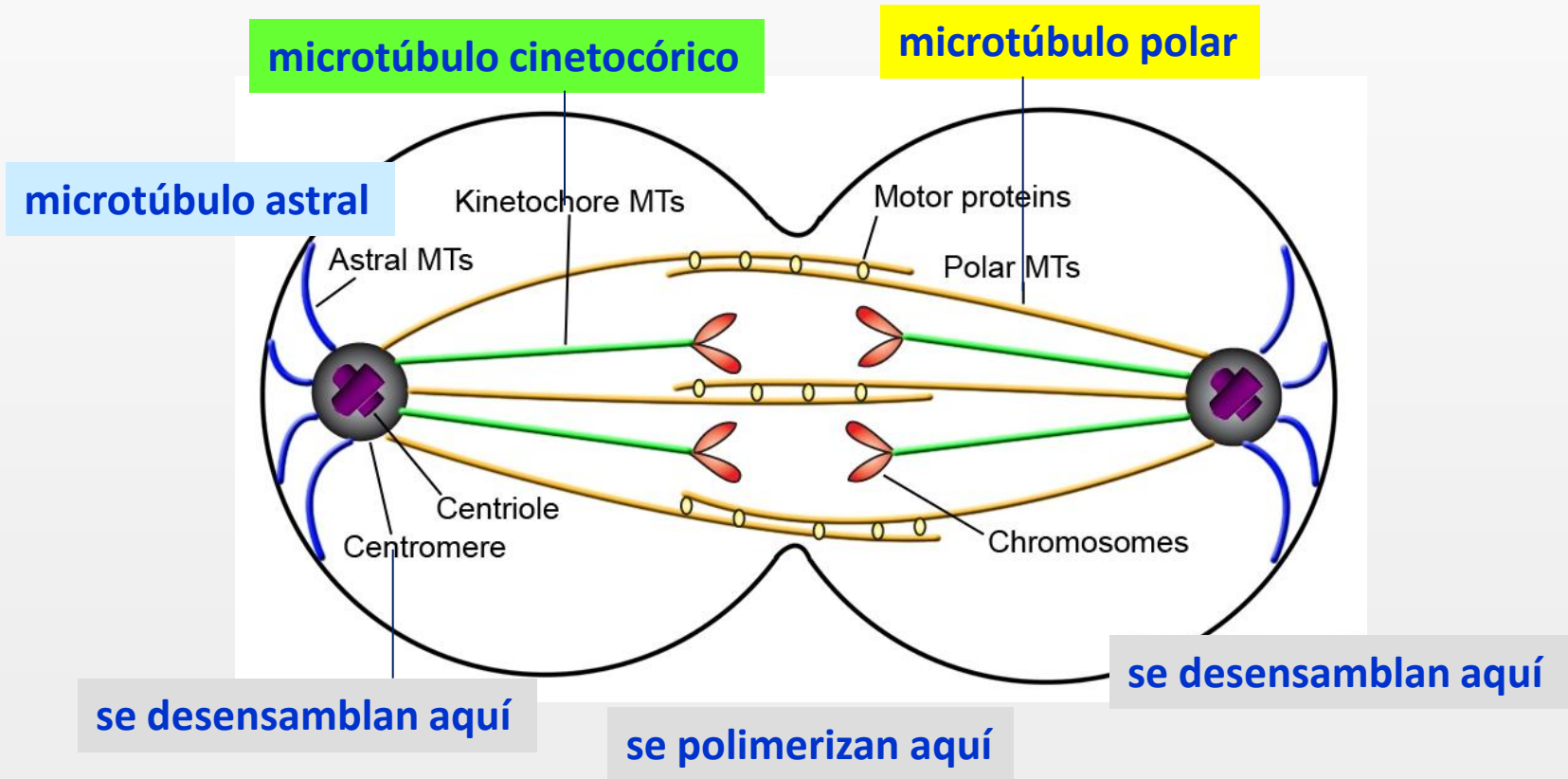


# ¿Qué es un huso?



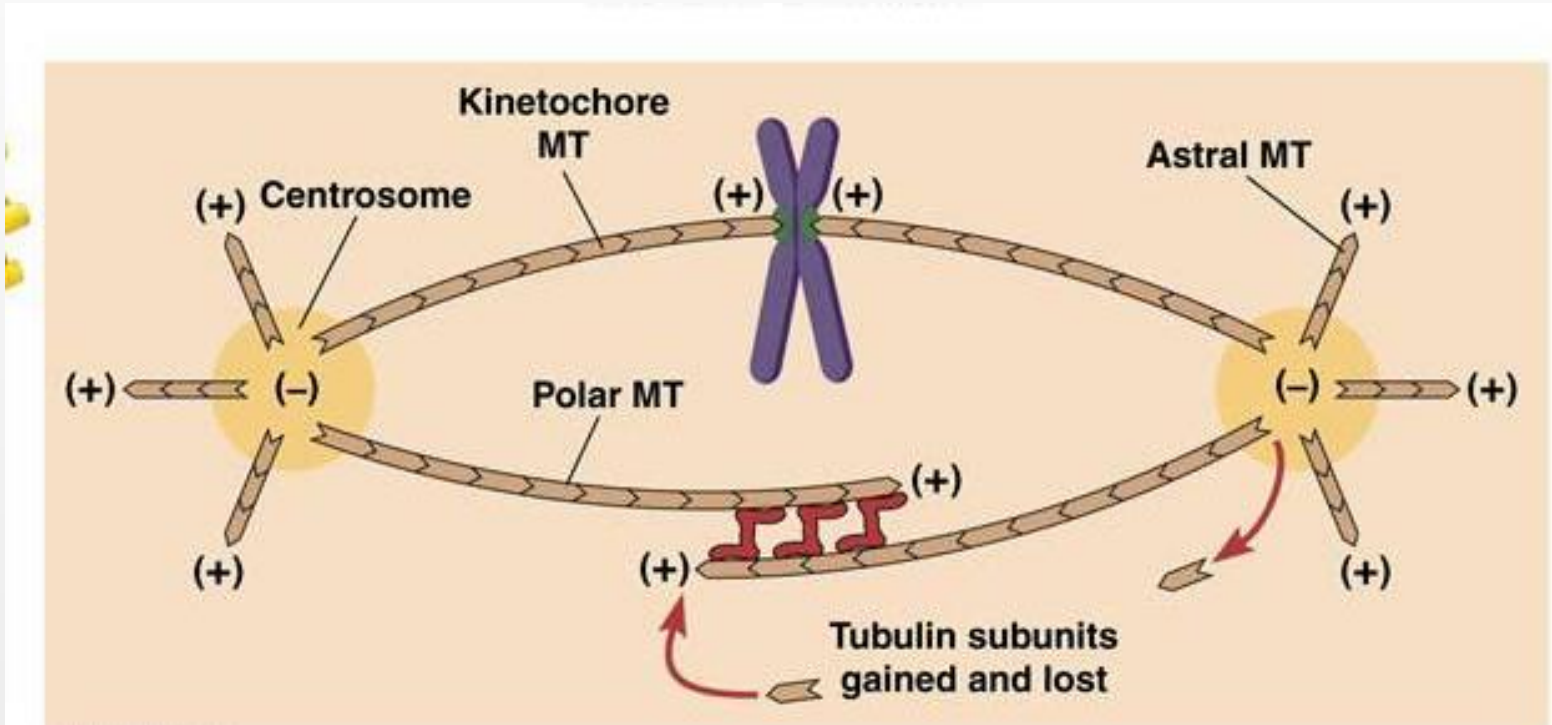


# Huso mitótico



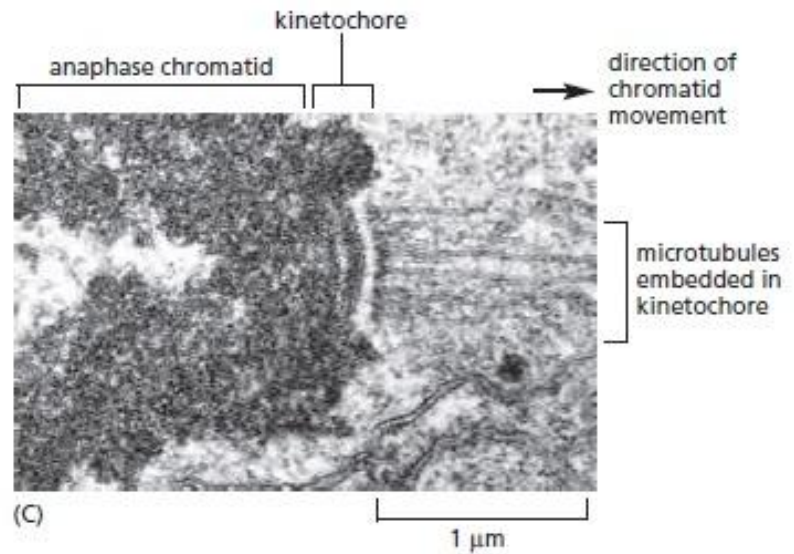
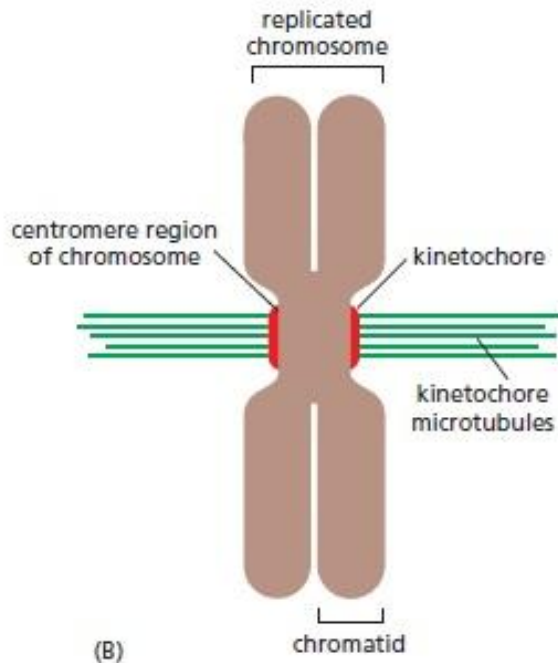


# Huso mitótico





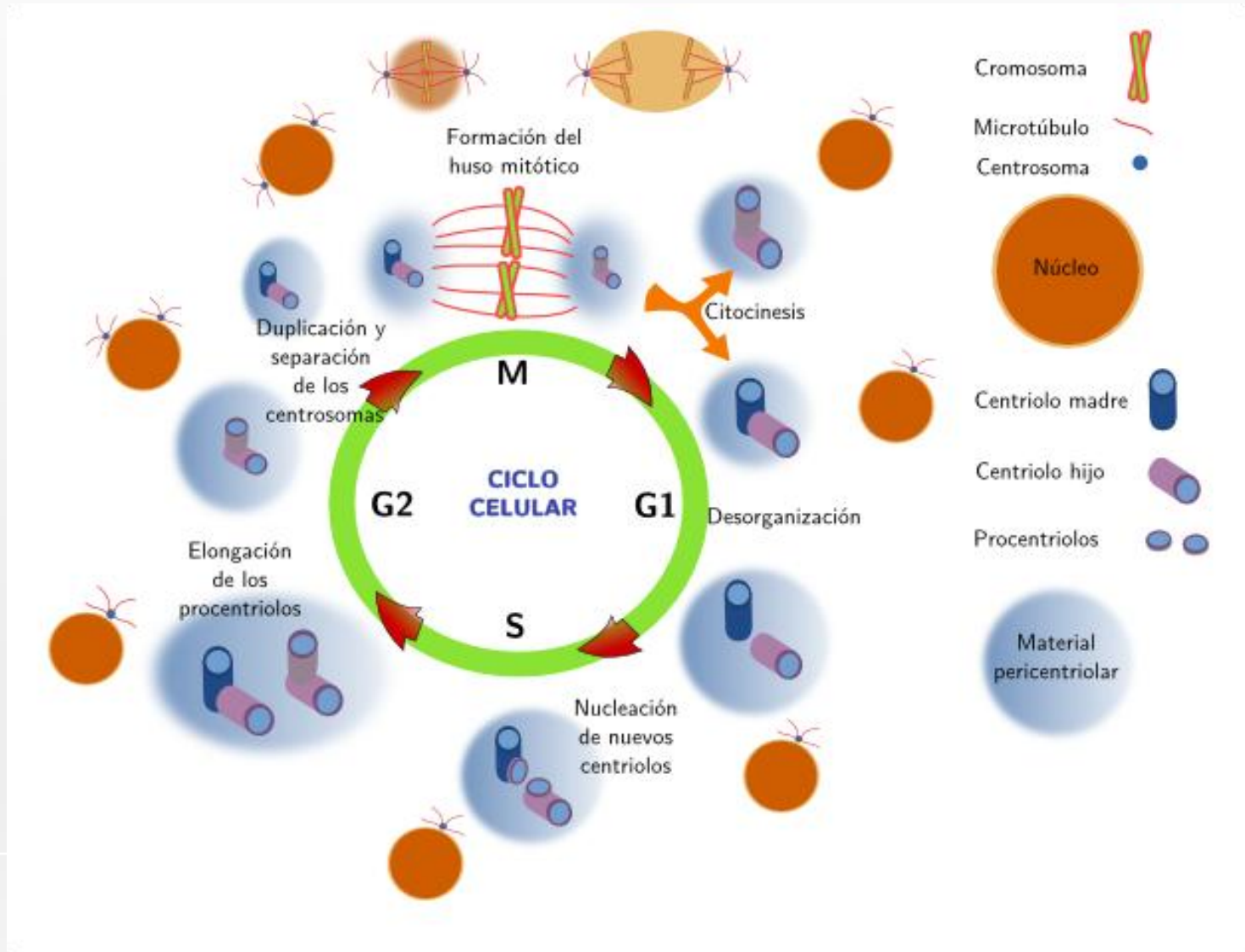
# cinetocoro



Ver la parte del cinetocoro 4.43 to 9.09

<https://www.youtube.com/watch?v=WFCvkkDSfIU>

# Ciclo del centrosoma

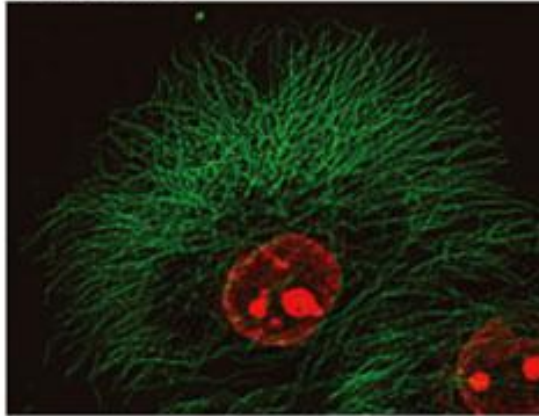




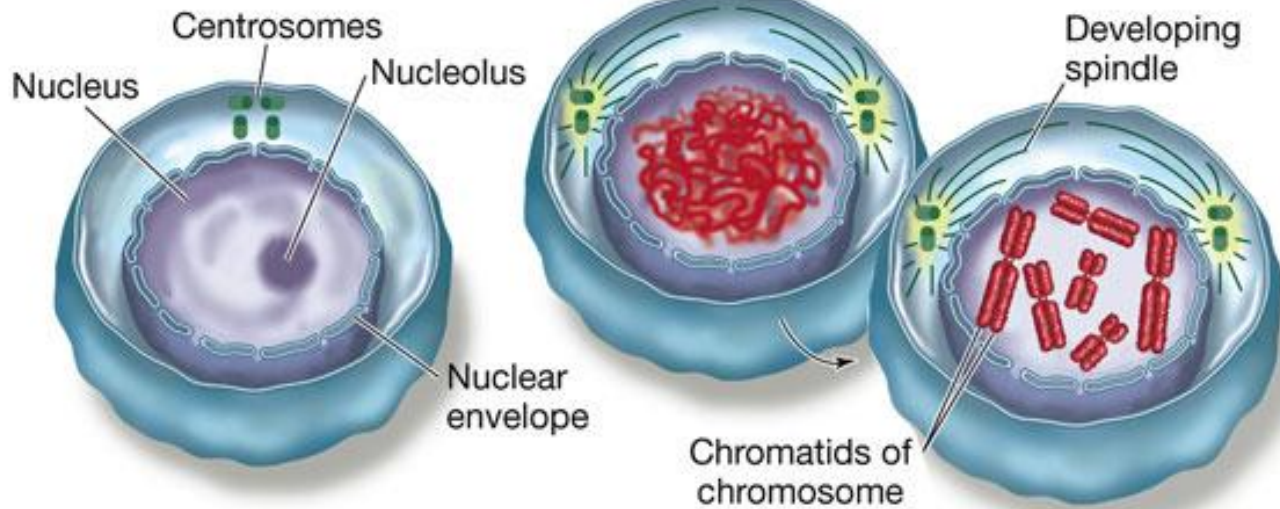
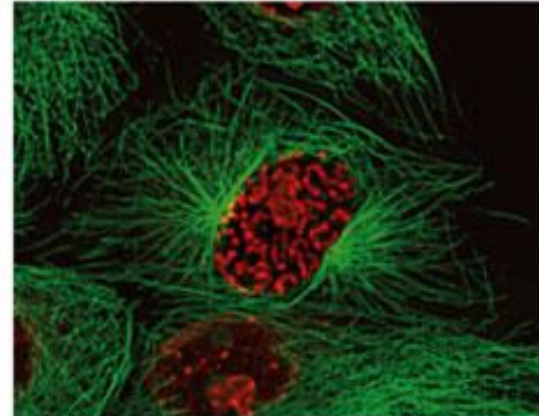
# Profase

Es la fase más larga de la mitosis

Interphase



Prophase





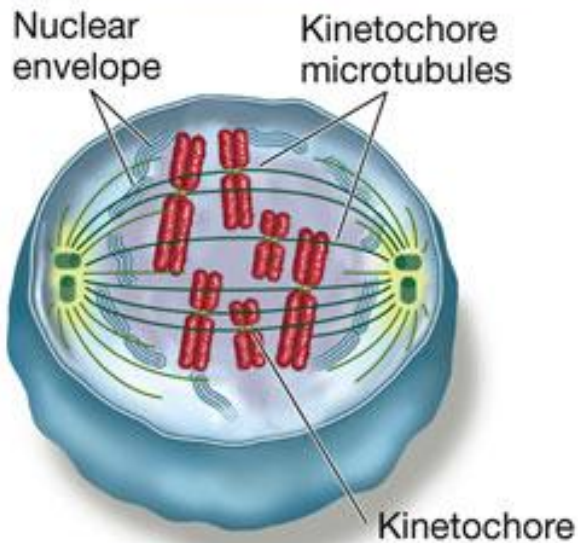
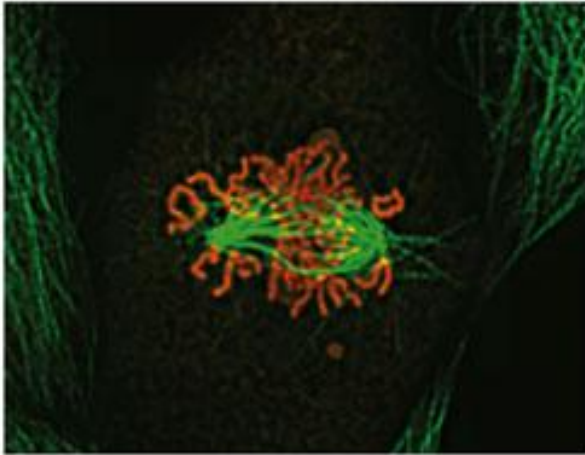
# Profase

- Cromatina ya duplicada
- Centrosomas ya duplicados
- Se desorganiza el núcleo
- Formación del huso mitótico bipolar
- Condensación del material genético
- Desaparece el nucleolo

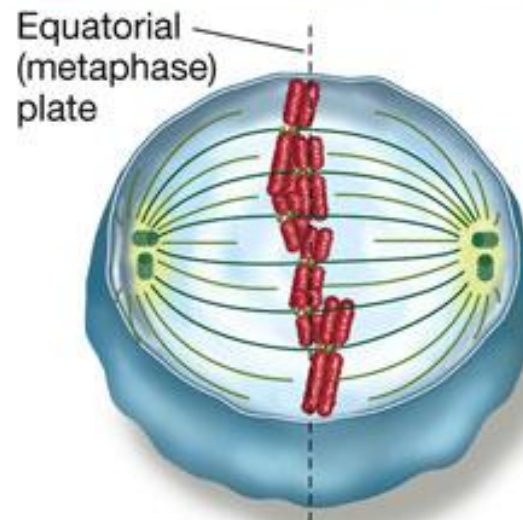
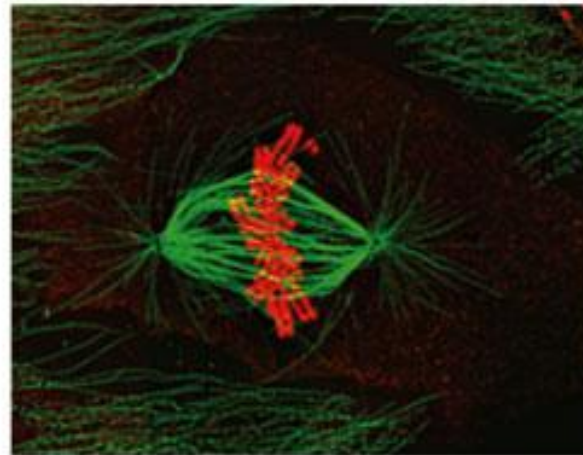


# Metafase

Prometaphase



Metaphase





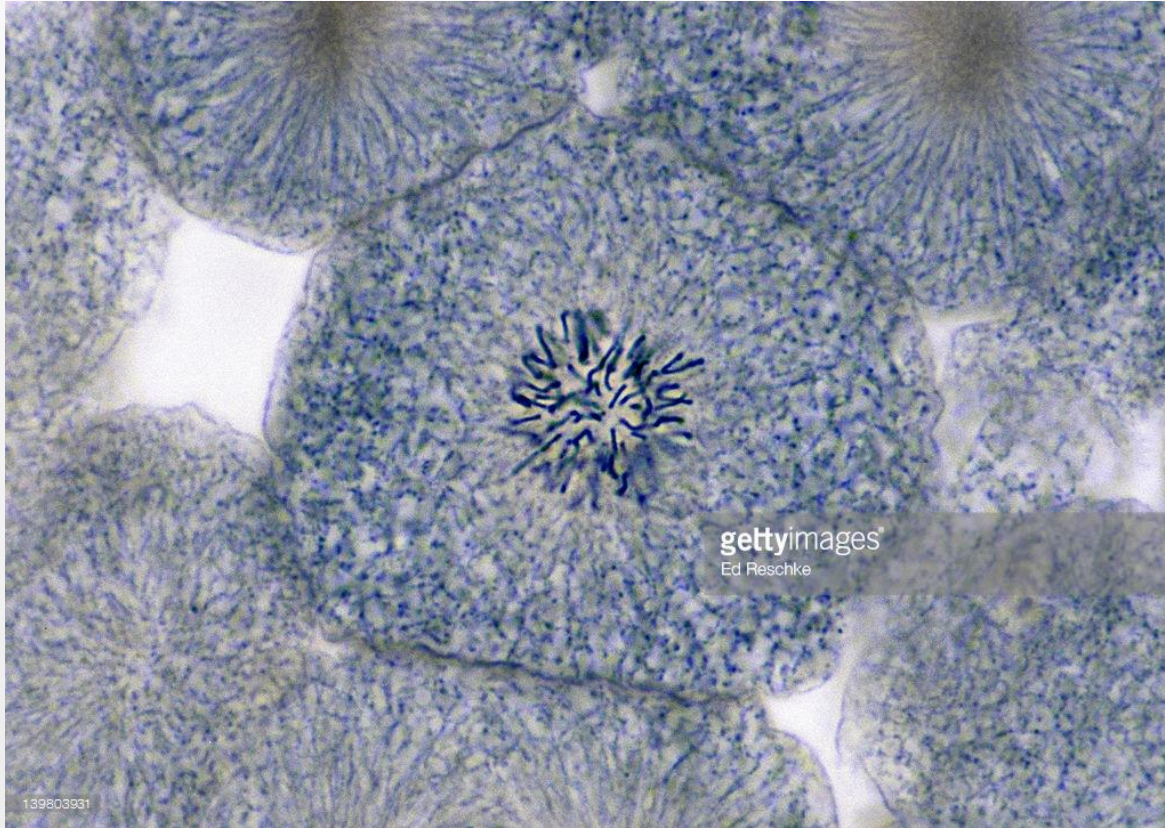
# Metafase

Fase de la estrella madre

- Huso acromático bien formado
- Cromosomas metafásicos bien condensados
- Los cromosomas se congregan en la "placa metafásica" o "plano ecuatorial"



# Un ejemplo



**Fase de la estrella madre**





# ¿Y qué ocurre al final de la metafase?



(A)

20  $\mu\text{m}$



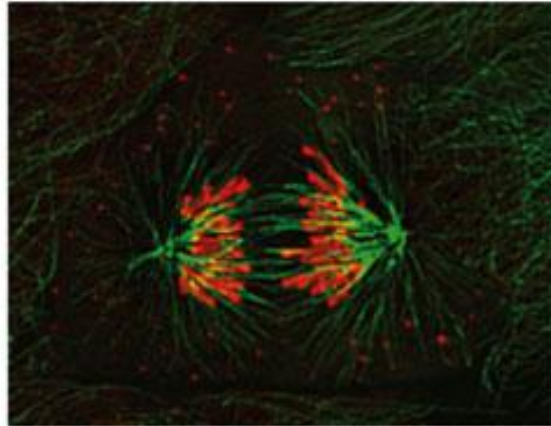
(B)

**Sister-chromatid separation at anaphase.** In the transition from metaphase (A) to anaphase (B), sister chromatids suddenly and synchronously separate and move toward opposite poles of the mitotic spindle—as shown in these light micrographs of *Haemaphysalis* (lily) endosperm cells that were stained with gold-labeled antibodies against tubulin.

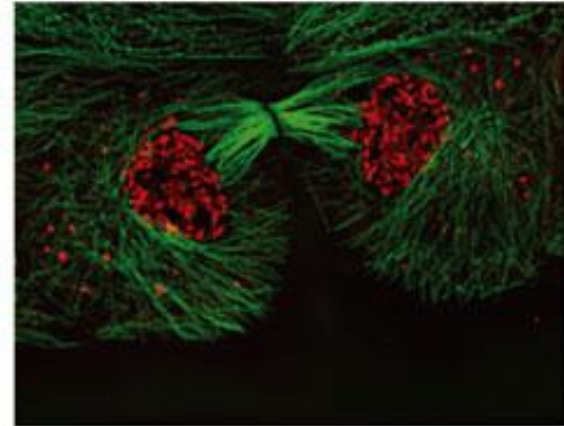


# Anafase y telofase

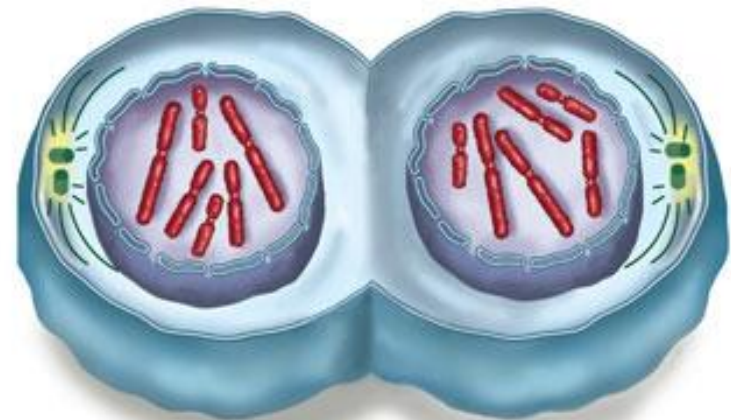
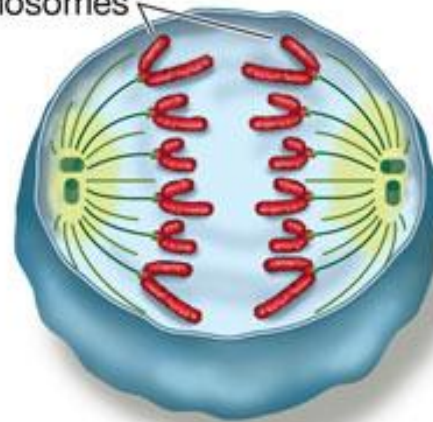
Anaphase



Telofase



Daughter chromosomes





# Anafase y telofase

## **Anafase:** Fase de las estrellas hijas

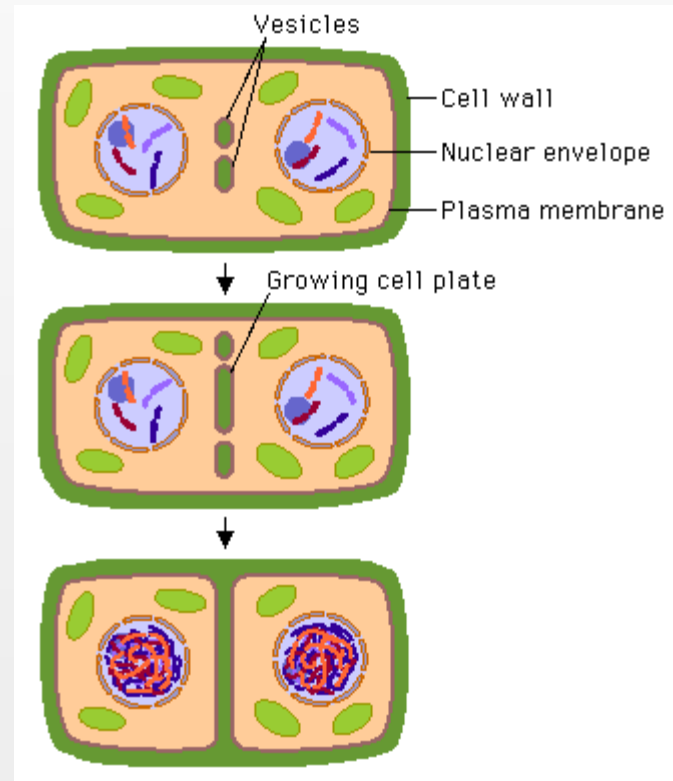
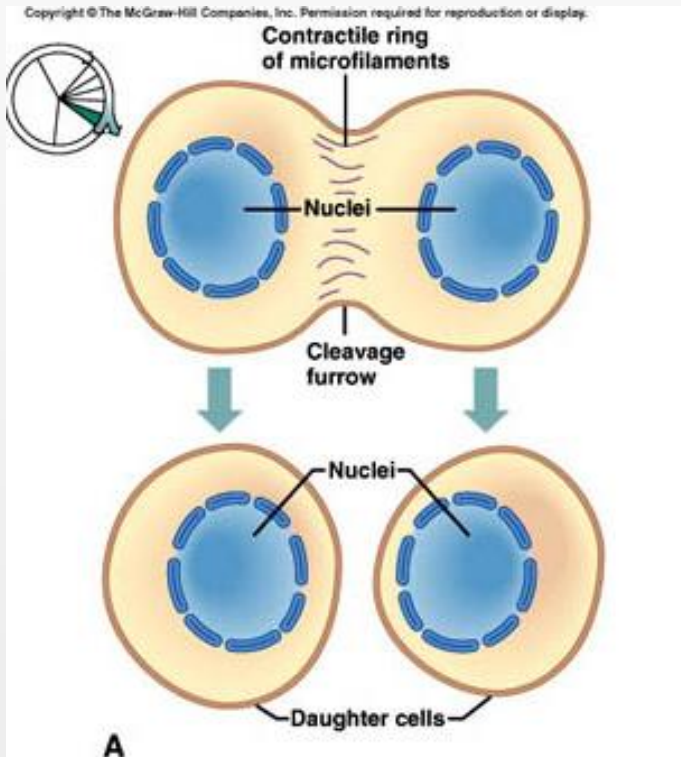
- Se separan las dos cromátidas hermanas
- Cromosomas anafásicos de una sola cromátida
- Se dirigen hacia polos opuestos

## **Telofase:** situación opuesta a la profase

- Desaparece huso mitótico
- Desespirilización del cromosoma
- Se reconstruyen las membranas nucleares

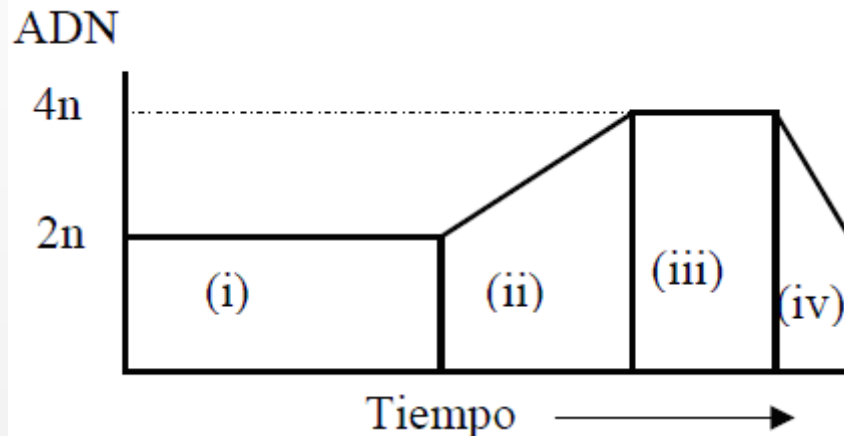


# Citocinesis





## ¿Qué me pueden preguntar?



- En la figura adjunta se representa los cambios en el contenido de ADN, en función del tiempo, durante las fases del ciclo celular.
- a) Identificar las fases a las que corresponden las zonas (i), (ii), (iii) y (iv).
- b) ¿Qué fases de las anteriores constituyen el intervalo denominado Interfase?
- c) ¿En qué fase se visualizan los cromosomas de manera individualizada?
- d) Indicar un ejemplo de células que queden detenidas en la fase o periodo  $G_0$ .

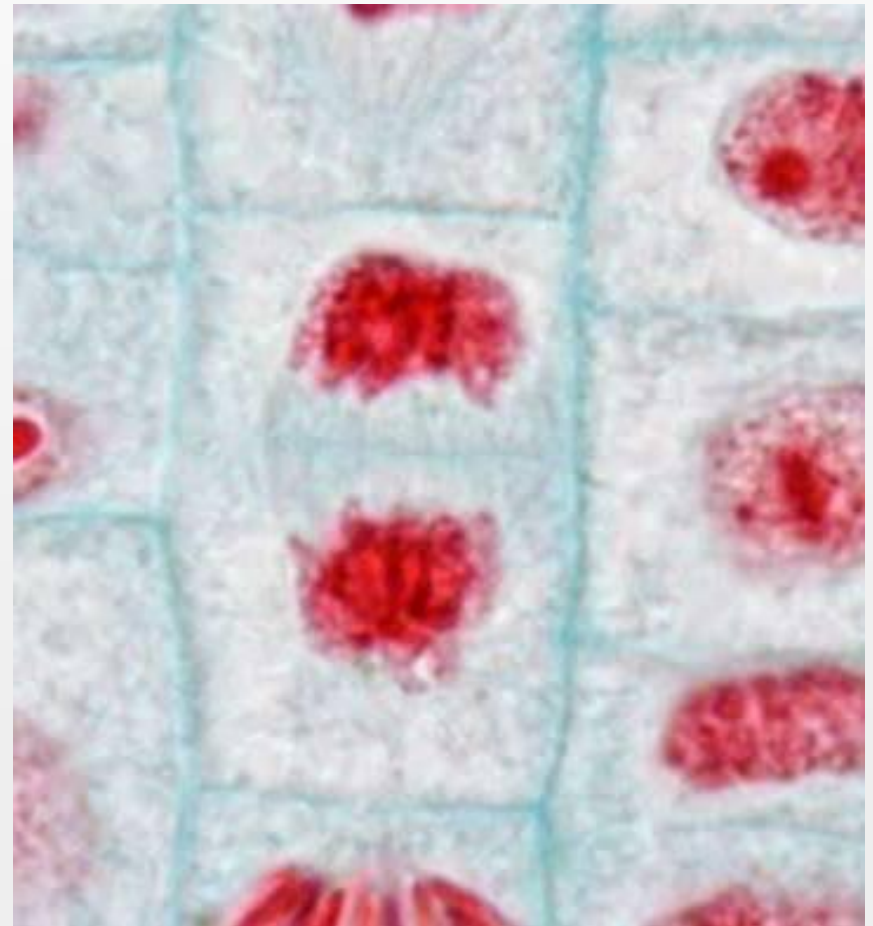


# Mitosis en vegetales

**Huso acromático :**

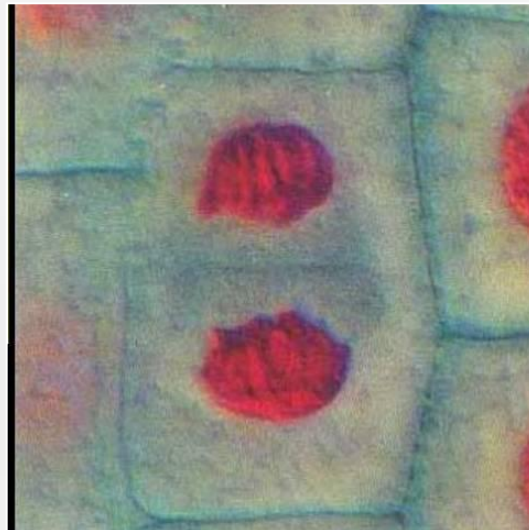
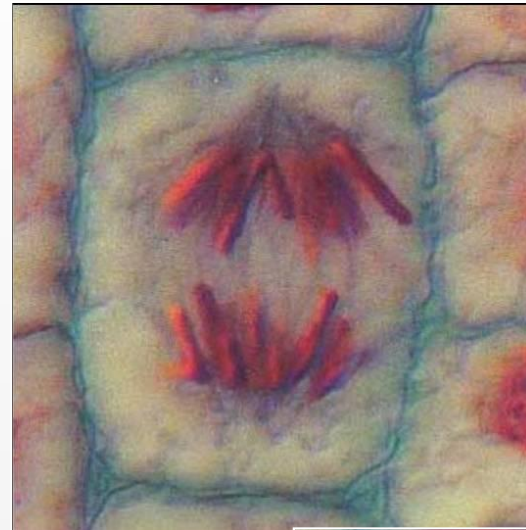
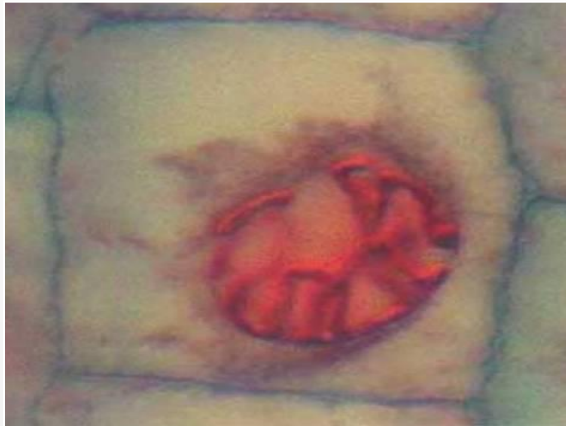
- **sin centriolos**
- **sin áster**

**Citocinesis con  
fragmoplasto**

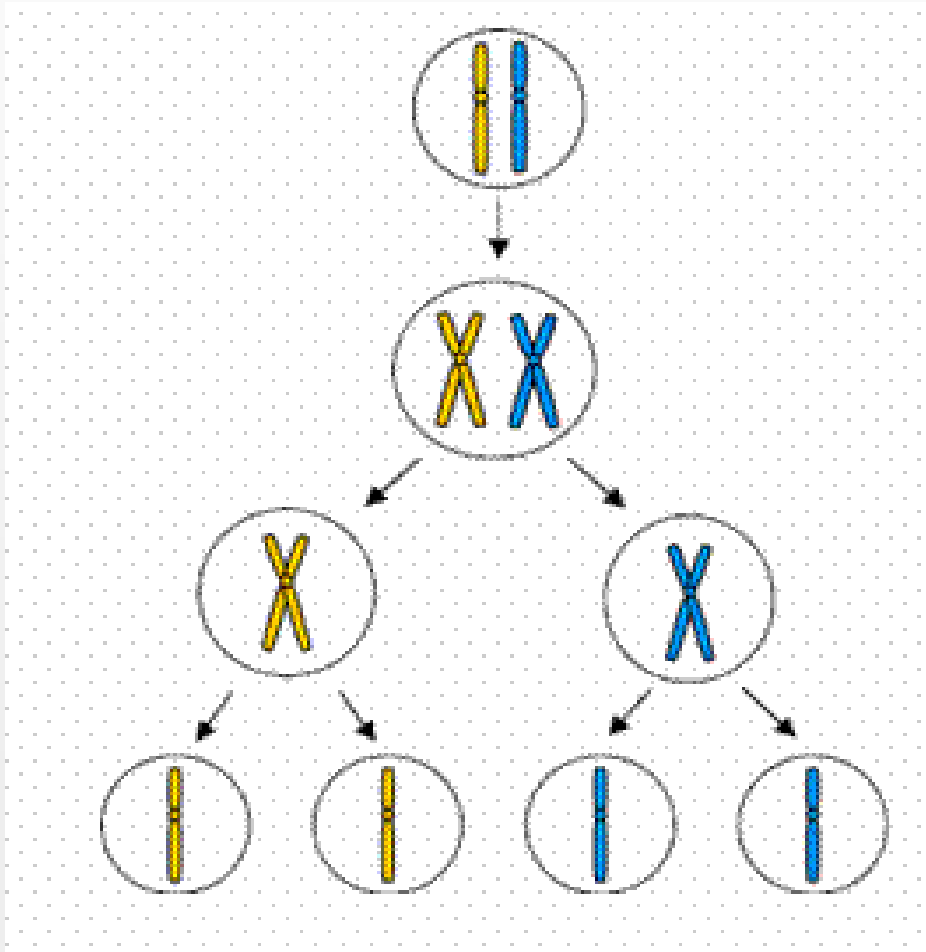




# Repaso mitosis



# Meiosis: objetivos



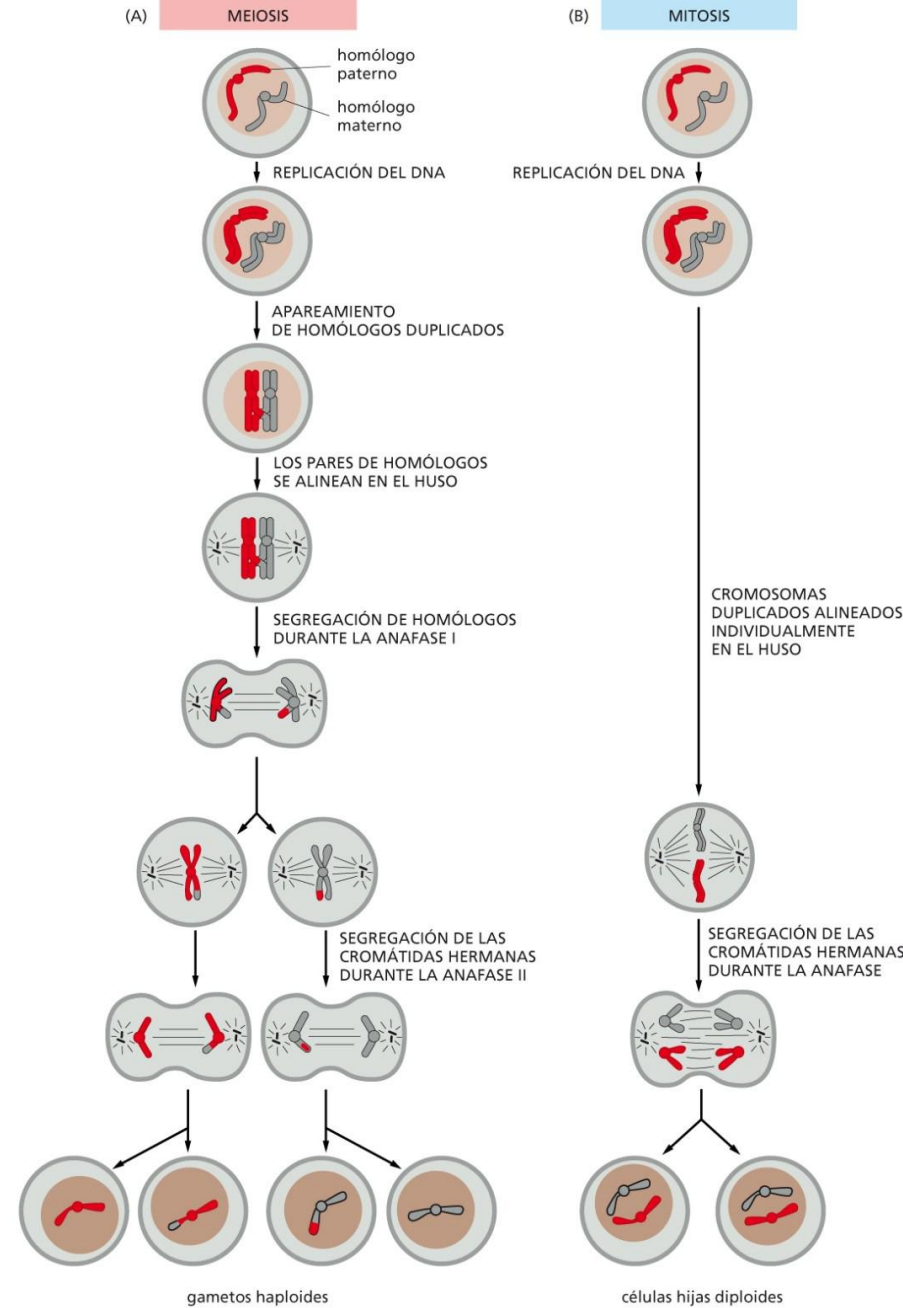


# Mitosis y meiosis

FASE S MEIÓTICA

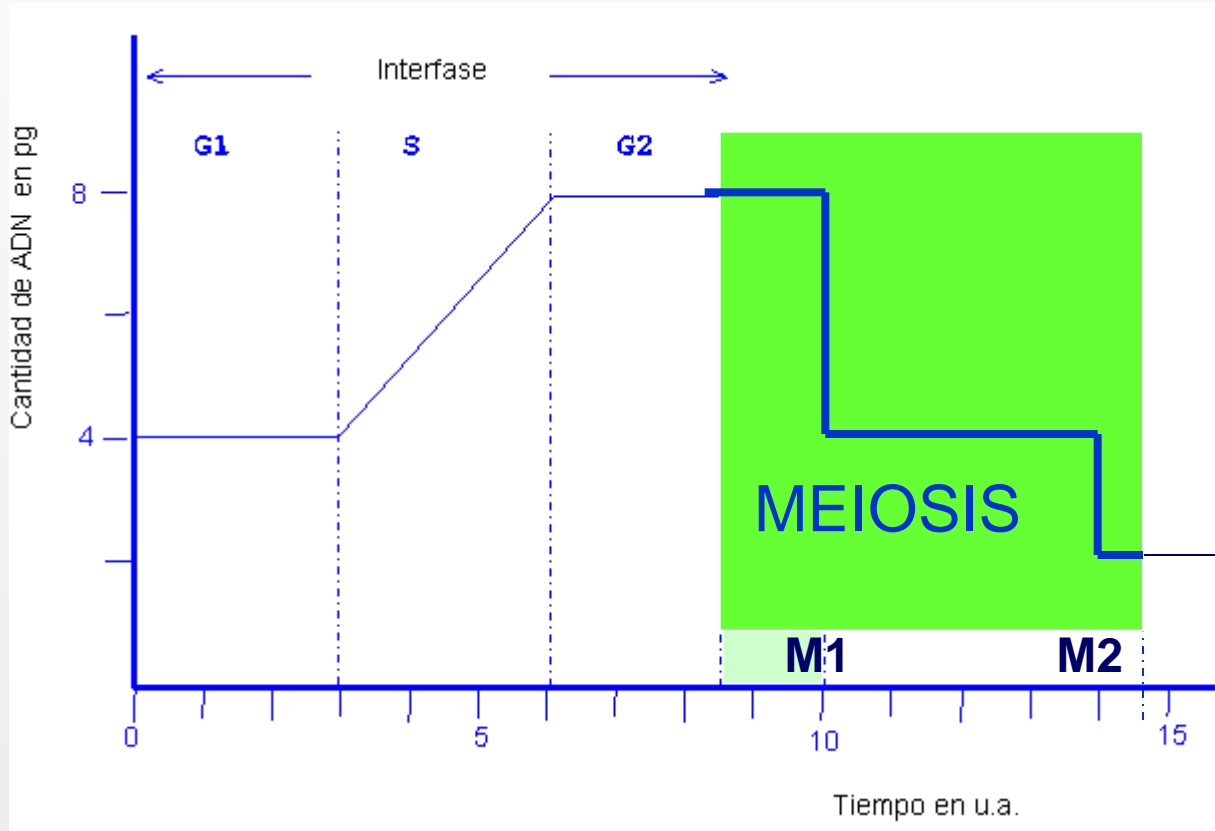
MEIOSIS I

MEIOSIS II



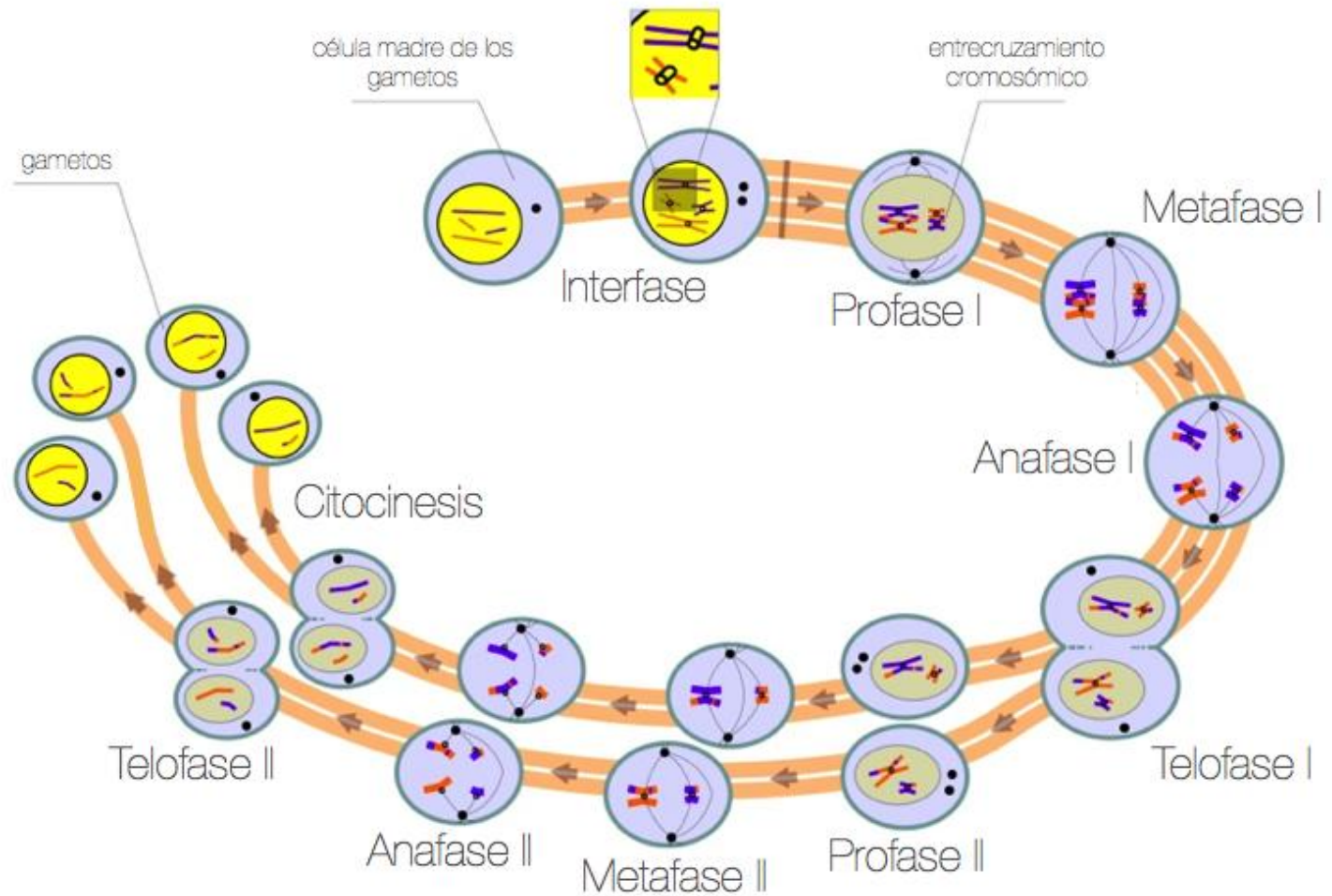


# Variación ADN/ tiempo





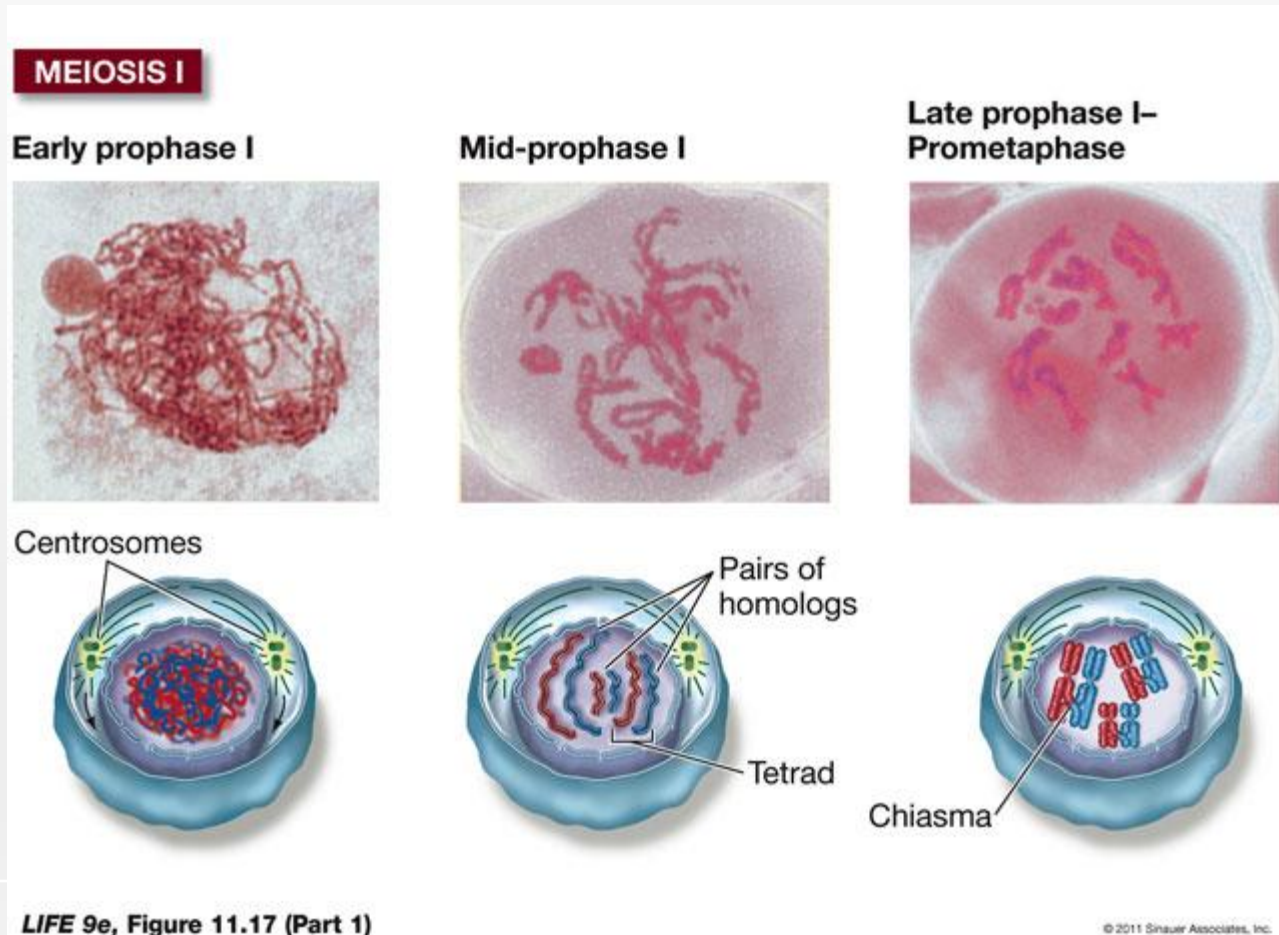
# Meiosis I y II





# Meiosis I: Profase

<https://www.youtube.com/watch?v=jjEcHra3484>

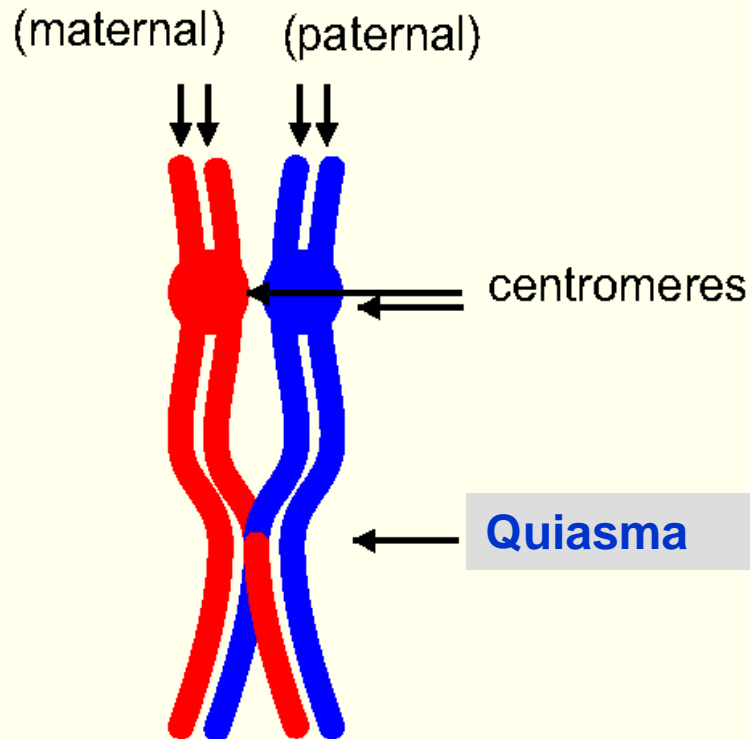




# Profase 1: sinapsis

## Sobrecruzamiento o crossing-over

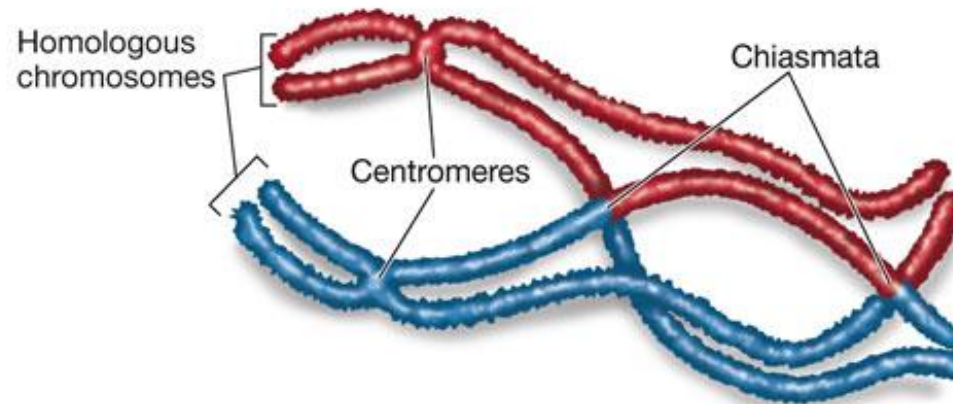
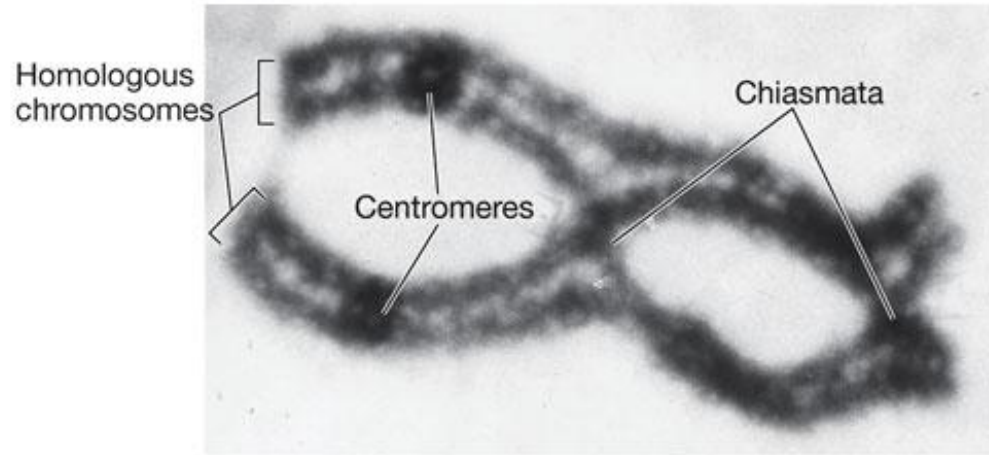
**Tétrada o bivalente: cromátidas no hermanas, homólogas**



**Recombinación genética**

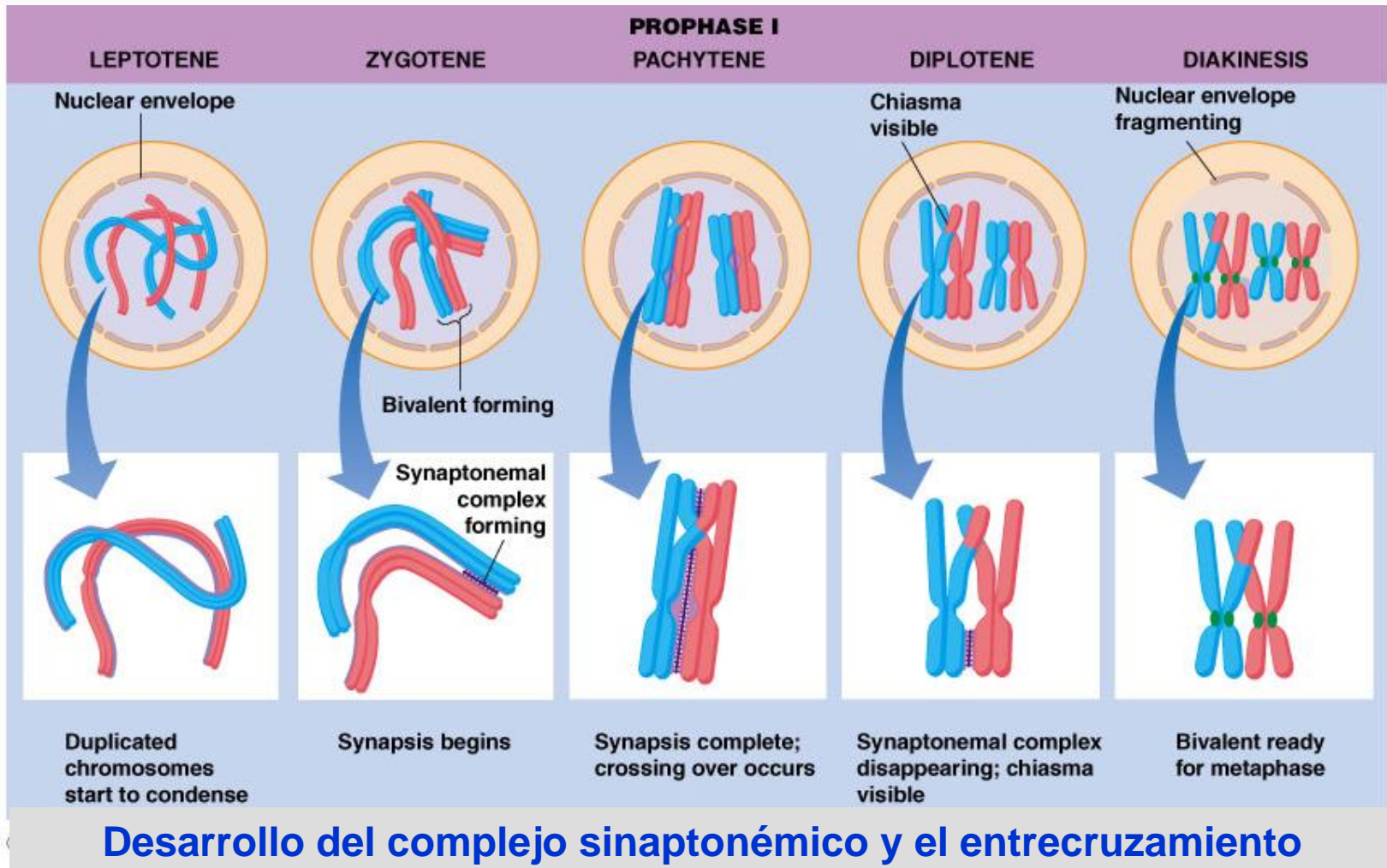


# Recombinación genética



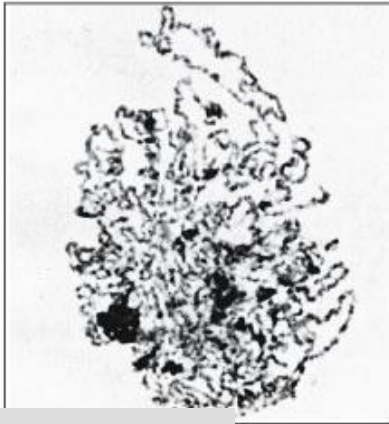


# Profase 1: partes





# Profase 1: pasos



Leptoteno

10 μm

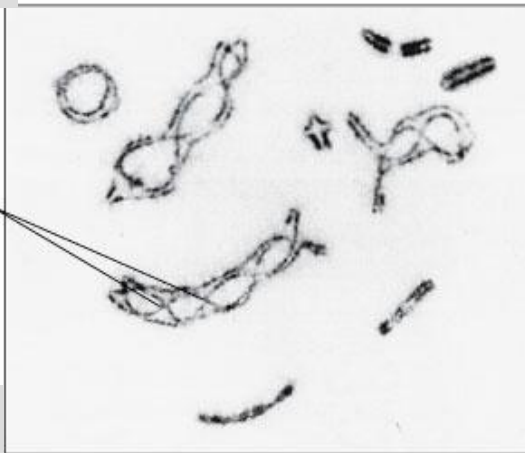


Zigoteno



Paquiteno

Chiasmata

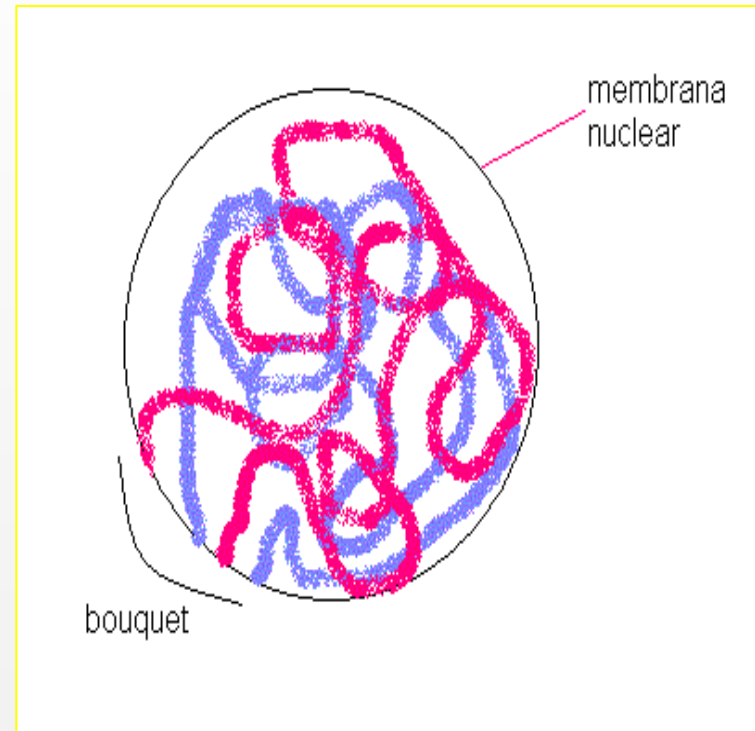


Diploteno



Diacinesis





En esta fase, los cromosomas se hacen visibles, como hebras largas y finas.

Otro aspecto de la fase leptoteno es el desarrollo de pequeñas áreas de engrosamiento a lo largo del cromosoma, llamadas cromómeros, que le dan la apariencia de un collar de perlas.



La cromatina está muy descondensada, formando una maraña de fibras cromosómicas en cierta forma similar a la profase mitótica.

La disposición espacial de los cromosomas sin embargo no es aleatoria hay una arquitectura nuclear de tal forma que los telómeros de los cromosomas se encuentran unidos a la membrana nuclear (bouquet).

La cromatina de los cromosomas también se va organizando a lo largo de esta fase de tal forma que se va a conseguir un apareamiento íntimo y homólogo entre los cromosomas de la misma pareja.



Un período de apareamiento activo en el que se hace evidente que la dotación cromosómica del meiocito corresponde de hecho a **dos conjuntos completos de cromosomas**.

Así pues, cada cromosoma tiene su pareja, cada pareja se denomina par homólogo y los dos miembros de la misma se llaman cromosomas homólogos.

---

Como los telómeros están juntos en el bouquet el apareamiento se inicia por ellos, iniciándose la unión por los elementos axiales de cada homólogo.

Para estabilizar esta unión se va desarrollando una estructura exclusiva de la meiosis y que es el **complejo sinaptonémico**.

Esta estructura proteica está formada por los dos elementos axiales de los homólogos (que ahora denominamos elementos laterales y una serie de fibras transversales denominadas elemento central). **Además durante el zigoteno concluye la replicación del ADN (2% restante) que recibe el nombre de zig-ADN.**

---



---

Esta fase se caracteriza por la aparición de los cromosomas como hebras gruesas indicativas de una sinapsis completa.

Así pues, el número de unidades en el núcleo es igual al número  $n$ .

A menudo, los nucleolos son muy importantes en esta fase. Los engrosamientos cromosómicos en forma de perlas, están alineados de forma precisa en las parejas homólogas, formando en cada una de ellas un patrón distintivo

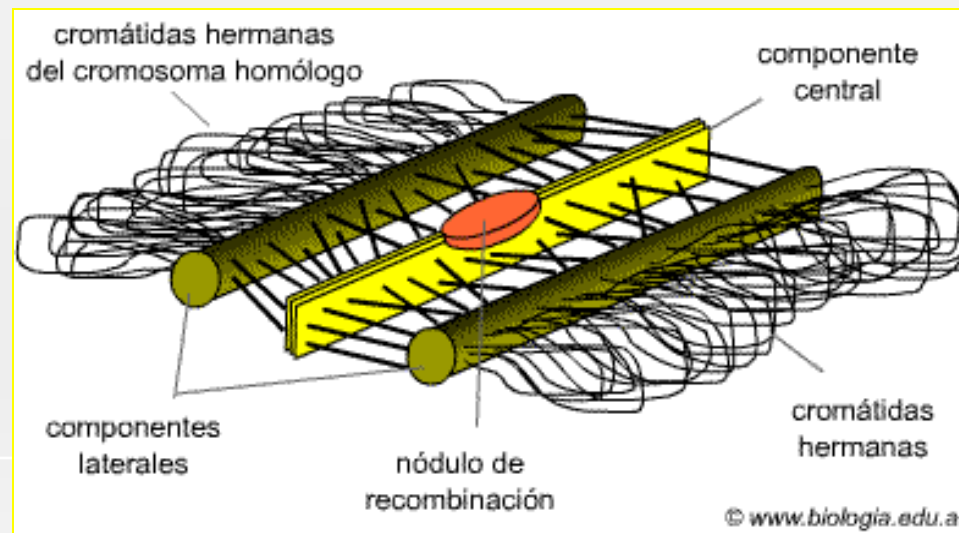
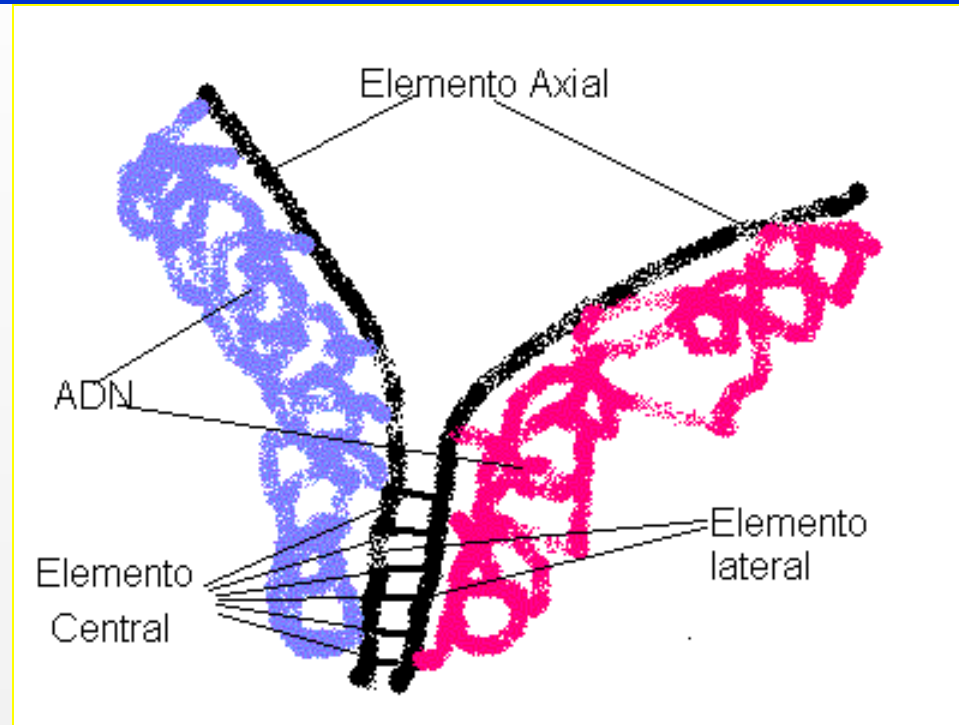
Una vez que los cromosomas homólogos puros están perfectamente apareados formando estructuras que se denominan bivalentes se produce el fenómeno de recombinación genética (crossing-over), esto es, el intercambio de material genético entre los cromosomas homólogos de cada pareja.



La recombinación genética está mediada por la aparición entre los dos homólogos de una estructura proteica de 90 nm de diámetro llamada nódulo de recombinación, o **complejo sinaptonémico**.

En él se encuentran las enzimas que median en el proceso de recombinación.

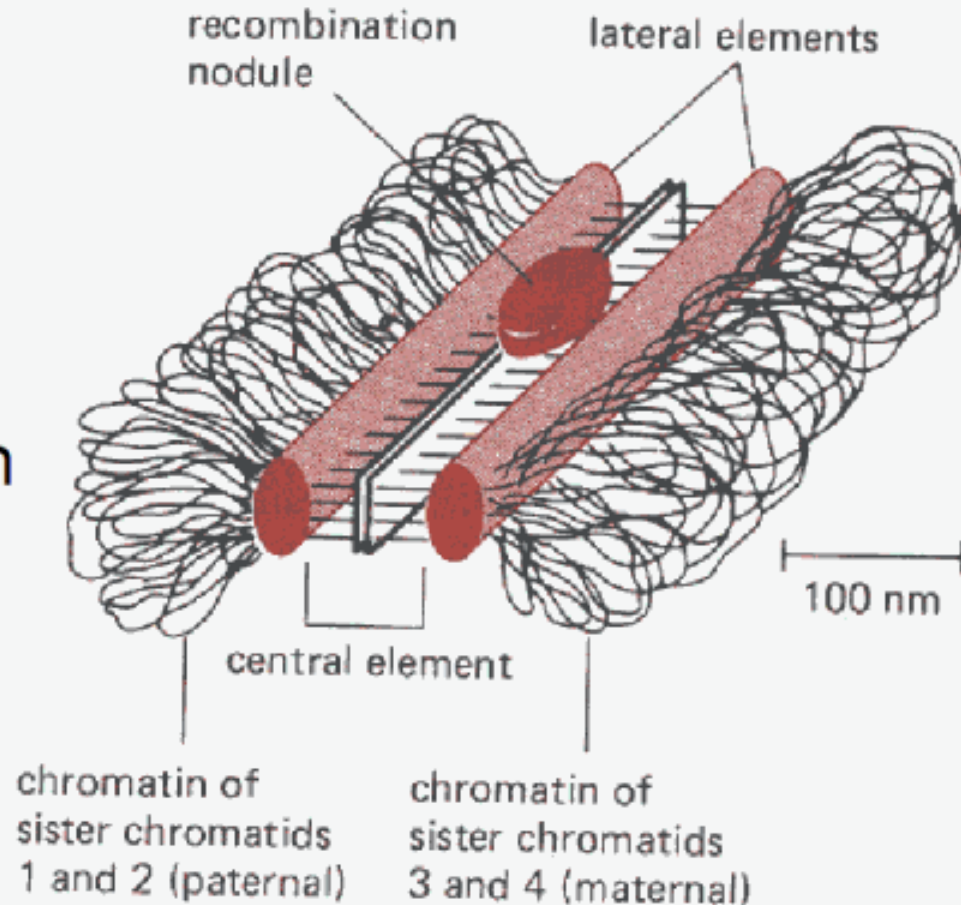
Durante esta fase se produce una pequeña síntesis de ADN, que probablemente está relacionada con fenómenos de reparación de ADN ligados al proceso de recombinación.





# Partes del Complejo Sinaptonémico

- Elementos laterales
- elemento central
- nódulo de recombinación

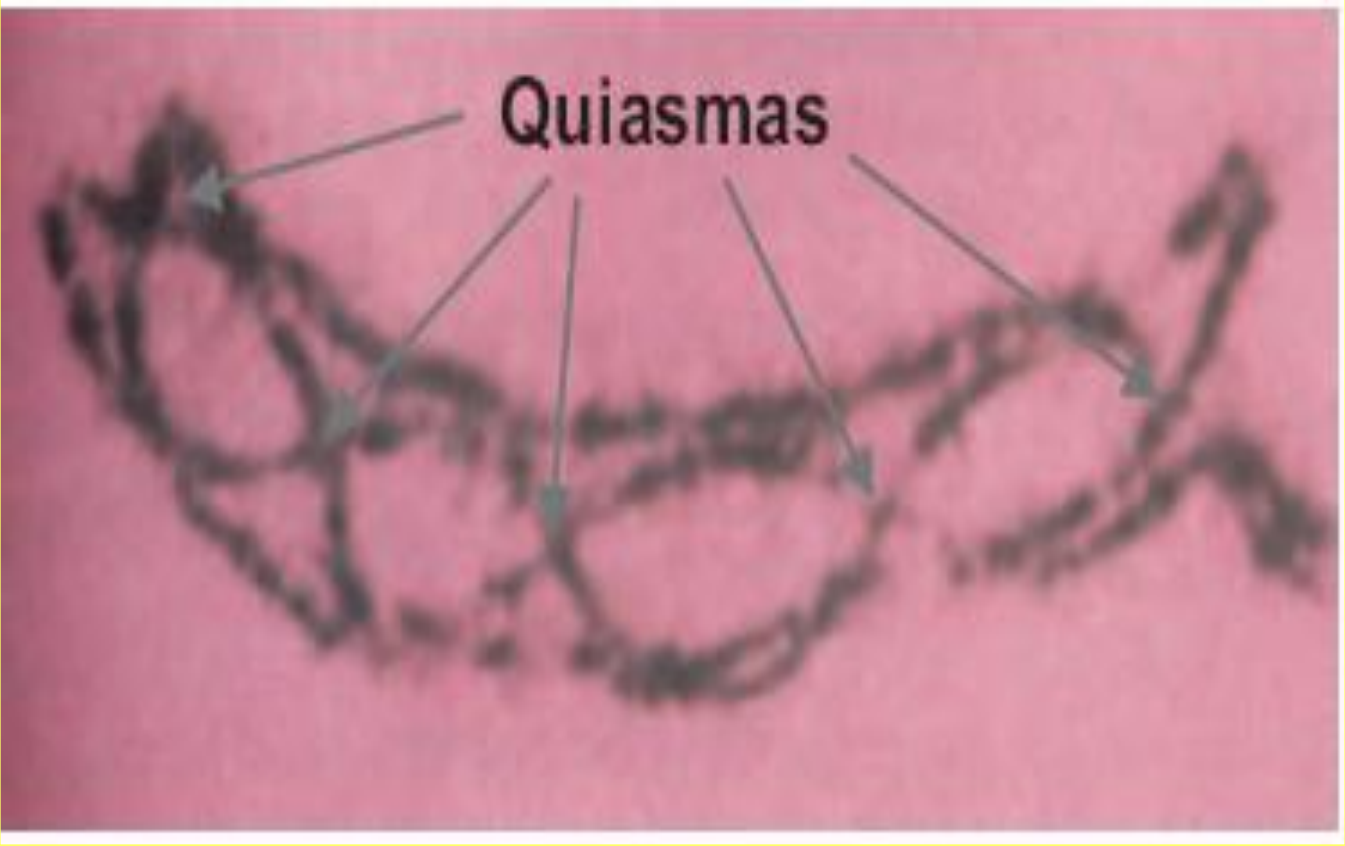




Ocurre la duplicación longitudinal de cada cromosoma homólogo, al ocurrir este apareamiento las cromátidas homólogas parecen repelerse y separarse ligeramente y pueden apreciarse unas estructuras llamadas quiasmas entre las cromátidas

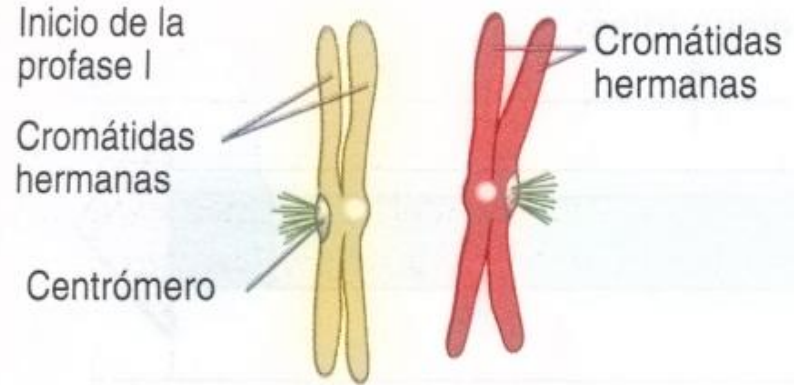
. La aparición de estos quiasmas nos hace visible el entrecruzamiento ocurrido en esta fase

Se hace evidente el proceso transcripcional, lo que significa que los cromosomas están menos condensados → cromosomas plumosos

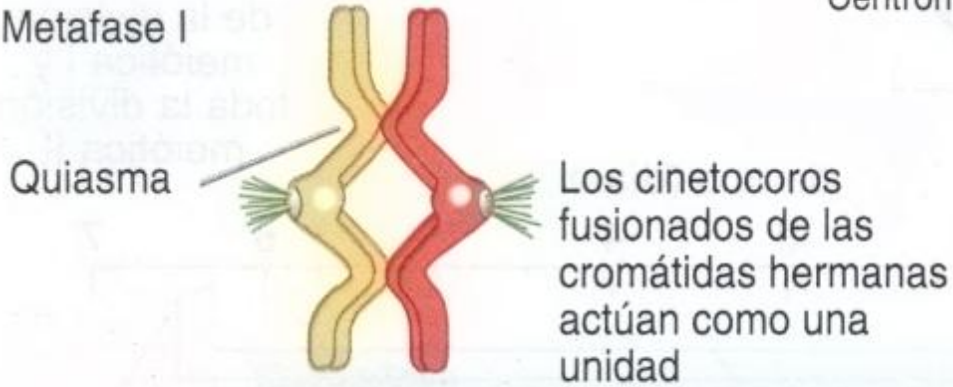




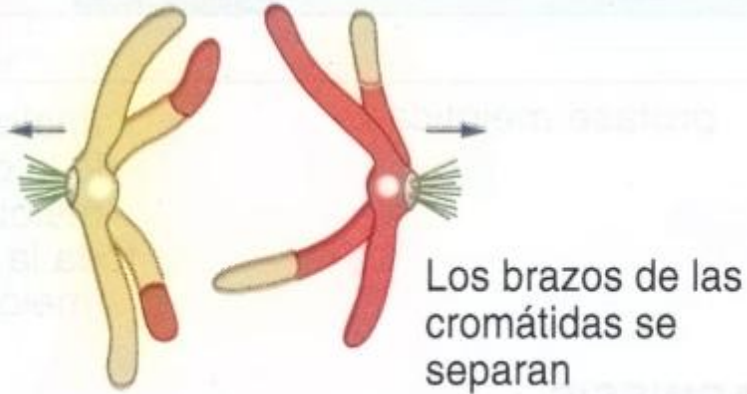
# Meiosis I



## Metafase I

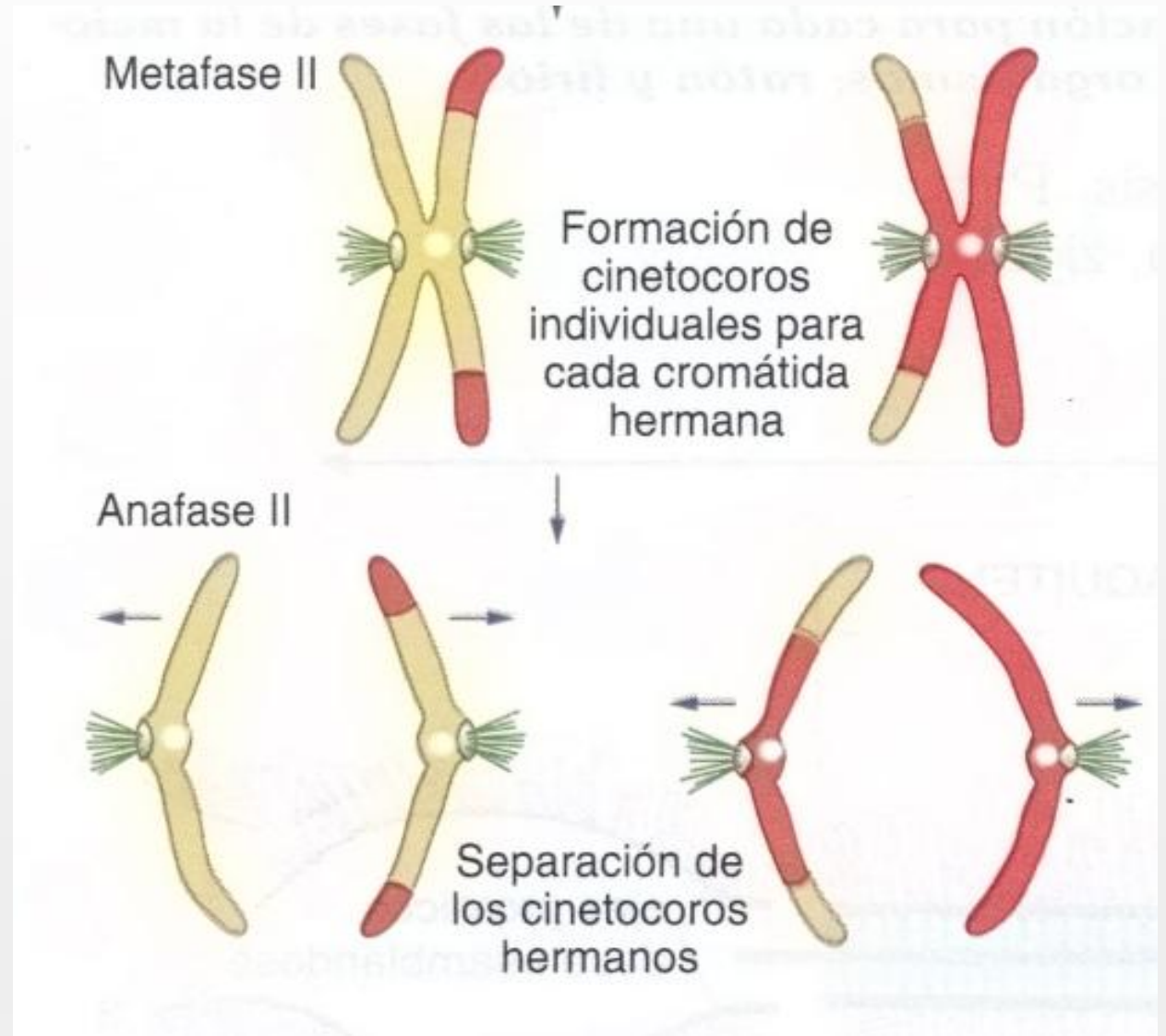


## Anafase I



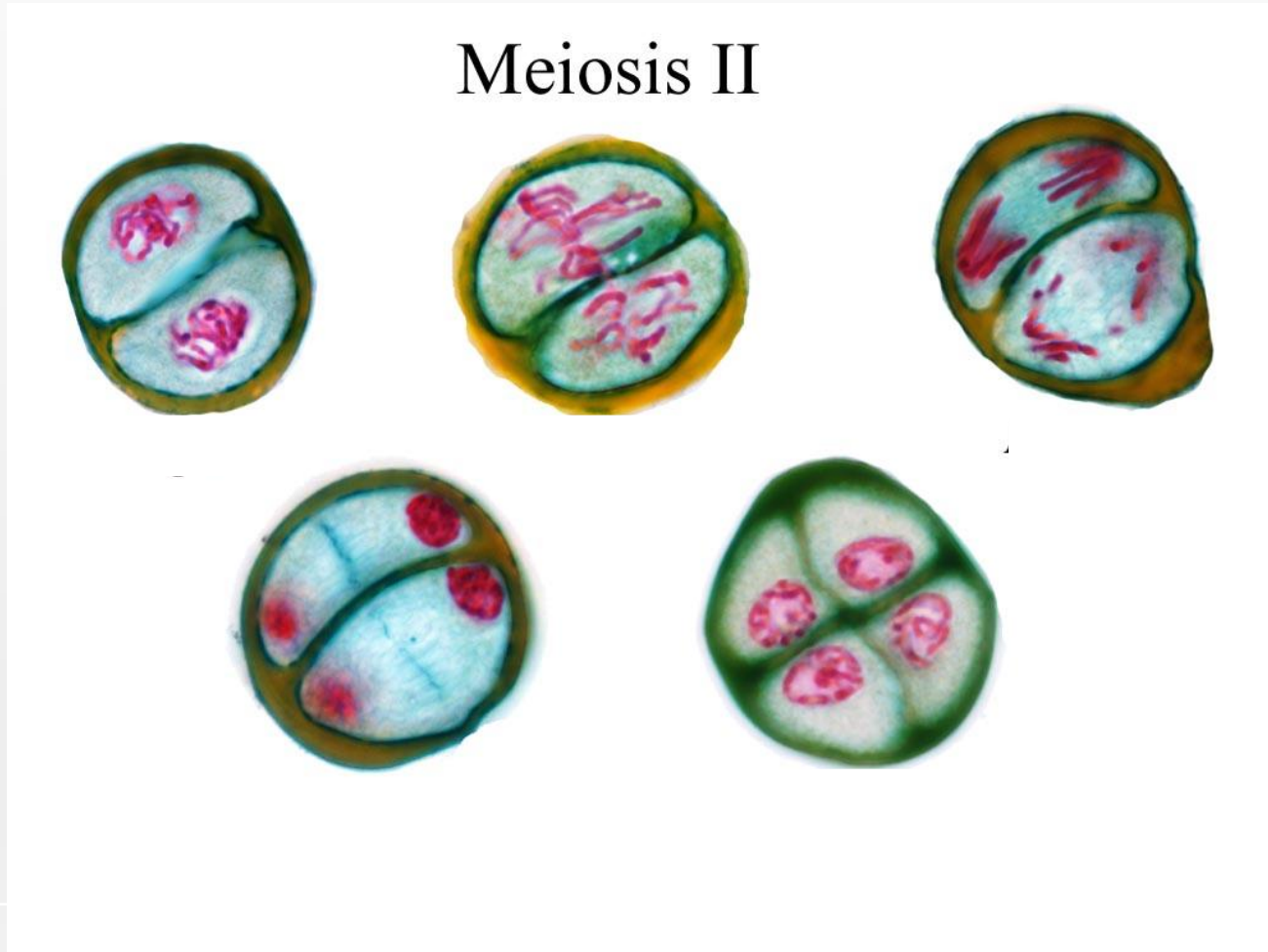


# Meiosis II

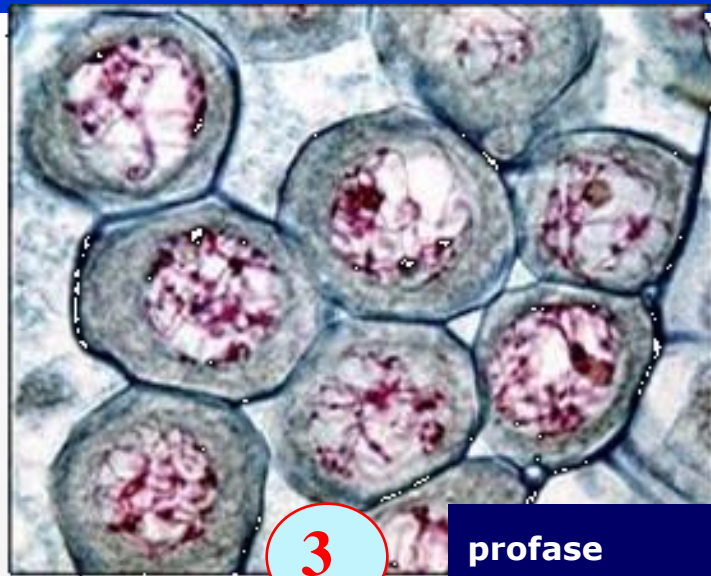
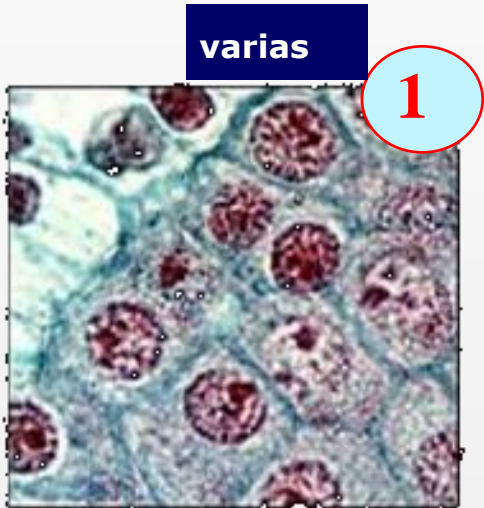




# Meiosis II



# Meiosis I

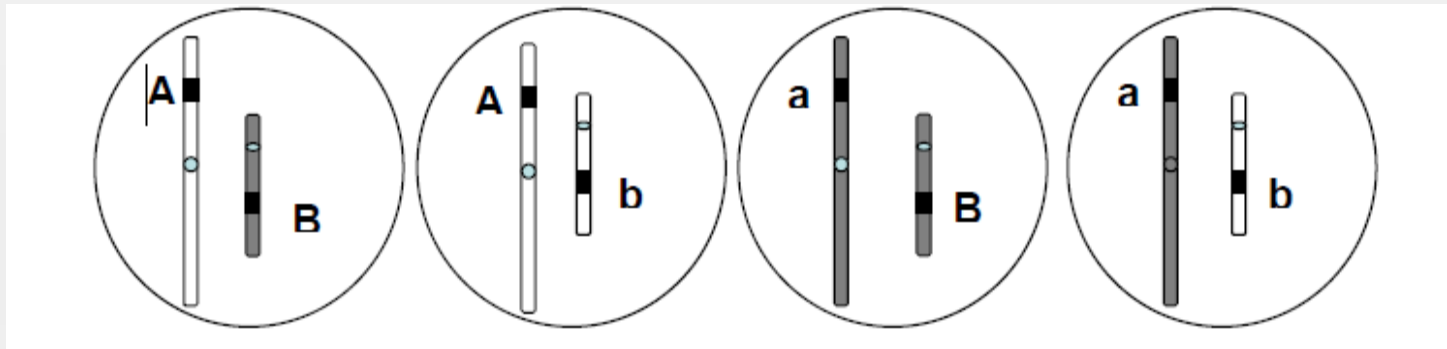




## ¿Qué me pueden preguntar?

Los dibujos adjuntos representan los posibles gametos de un determinado individuo que presenta mitosis astrales.

- Haga un esquema de la metafase de una célula somática de ese individuo, indicando su constitución genética.
- El individuo en cuestión, ¿es diploide o haploide? Razone su respuesta.
- Defina gameto y cigoto.







# Importancia de la meiosis

## □ Reducción

- Reducción del  $n^{\circ}$  de cromosomas

## □ Variabilidad

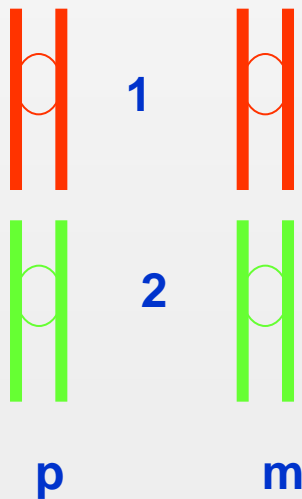
- aumento de la variabilidad genética:
  - recombinación, profase I
  - separación al azar de cromosomas homólogos y cromátidas hermanas, anafase I y II
  - unión de los gametos al azar, fecundación



# Variabilidad genética

## Combinaciones

□ Por ej.  $2n = 4$



Hay 4:  $p_1p_2$ ,  $m_1m_2$ ,  $p_1m_2$ ,  $m_1p_2$

Para  $2n = 6$  ?

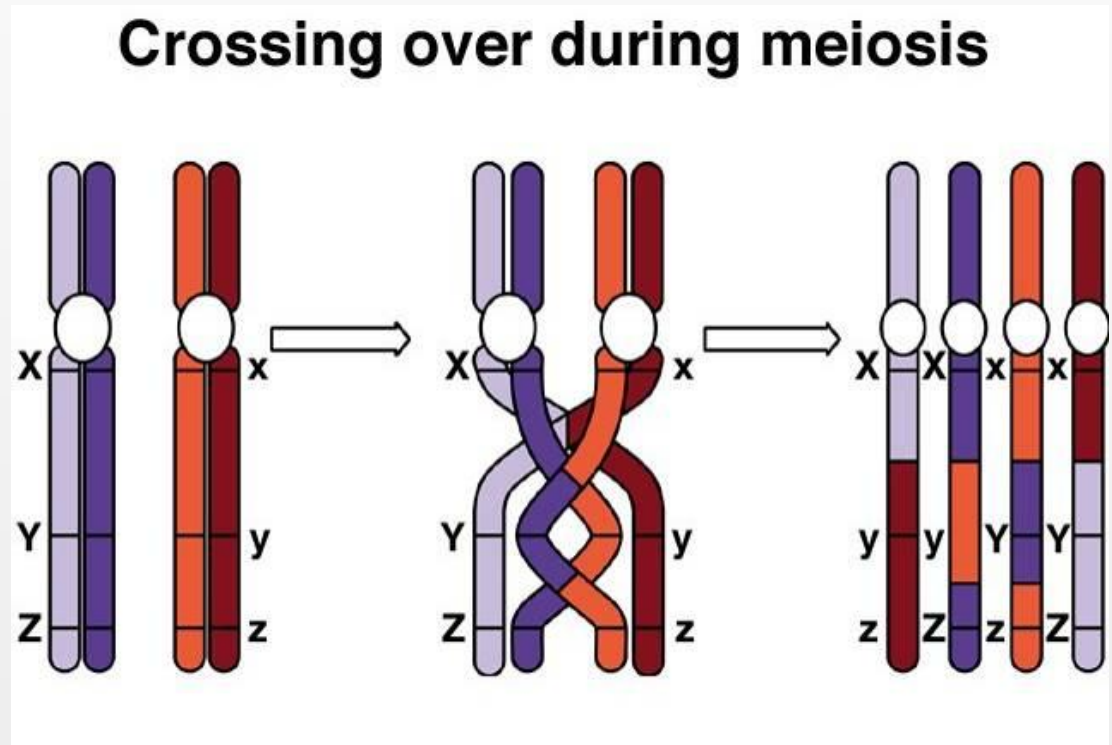
Hay 8 combinaciones ( $2^3 = 8$ )

Para  $2n = 46$ , hay más de  $8 \cdot 10^6$  combinaciones



# Todavía más variabilidad genética

- **Entrecruzamientos o crossing-over**
- Se manifiesta en los **quiasmas**
- Su resultado es la **recombinación genética**





## ¿Qué me pueden preguntar?

- Con referencia al proceso meiótico:
  - a) Utilizando un esquema explique cromosoma metacéntrico y acrocéntrico.
  - b) Dibuje una anafase II para una dotación cromosómica  $2n=6$  en la que un par de cromosomas es metacéntrico y los otros dos pares son acrocéntricos.
  - c) Respecto a la variabilidad genética, explique la importancia de la meiosis en la evolución de las especies.

# Mitosis

Attack of the clones!



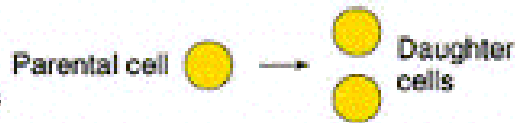
VS

# Meiosis

Dare to be different!

In somatic cells

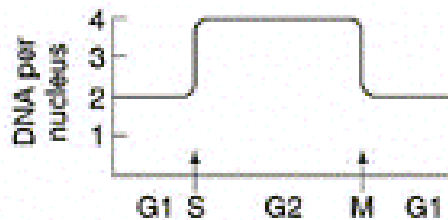
One cell division, resulting in two daughter cells



Chromosome number per nucleus maintained (e.g., for a diploid cell)



One premeiotic S phase per cell division (e.g., for a diploid cell)



Normally, no pairing of homologs



Normally, no crossovers

Centromeres divide at anaphase

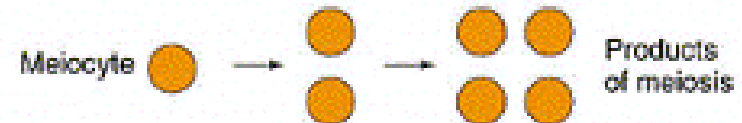


Conservative process: daughter cells' genotypes identical with parental genotype

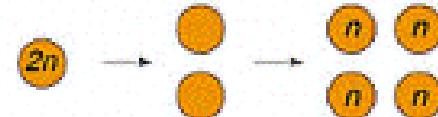
Cell undergoing mitosis can be diploid or haploid

In cells in the sexual cycle

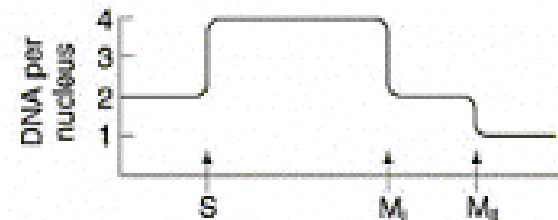
Two cell divisions, resulting in four products of meiosis



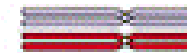
Chromosome number halved in the products of meiosis



One premeiotic S phase for both cell divisions



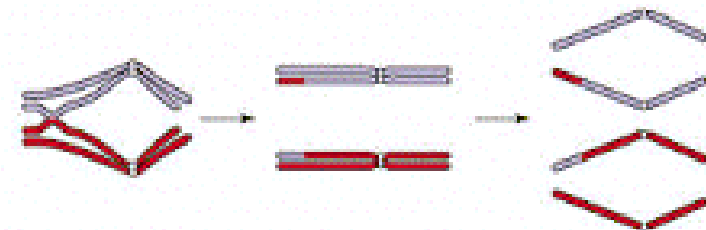
Full synapsis of homologs at prophase I



At least one crossover per homologous pair



Centromeres do not divide at anaphase I but do at anaphase II

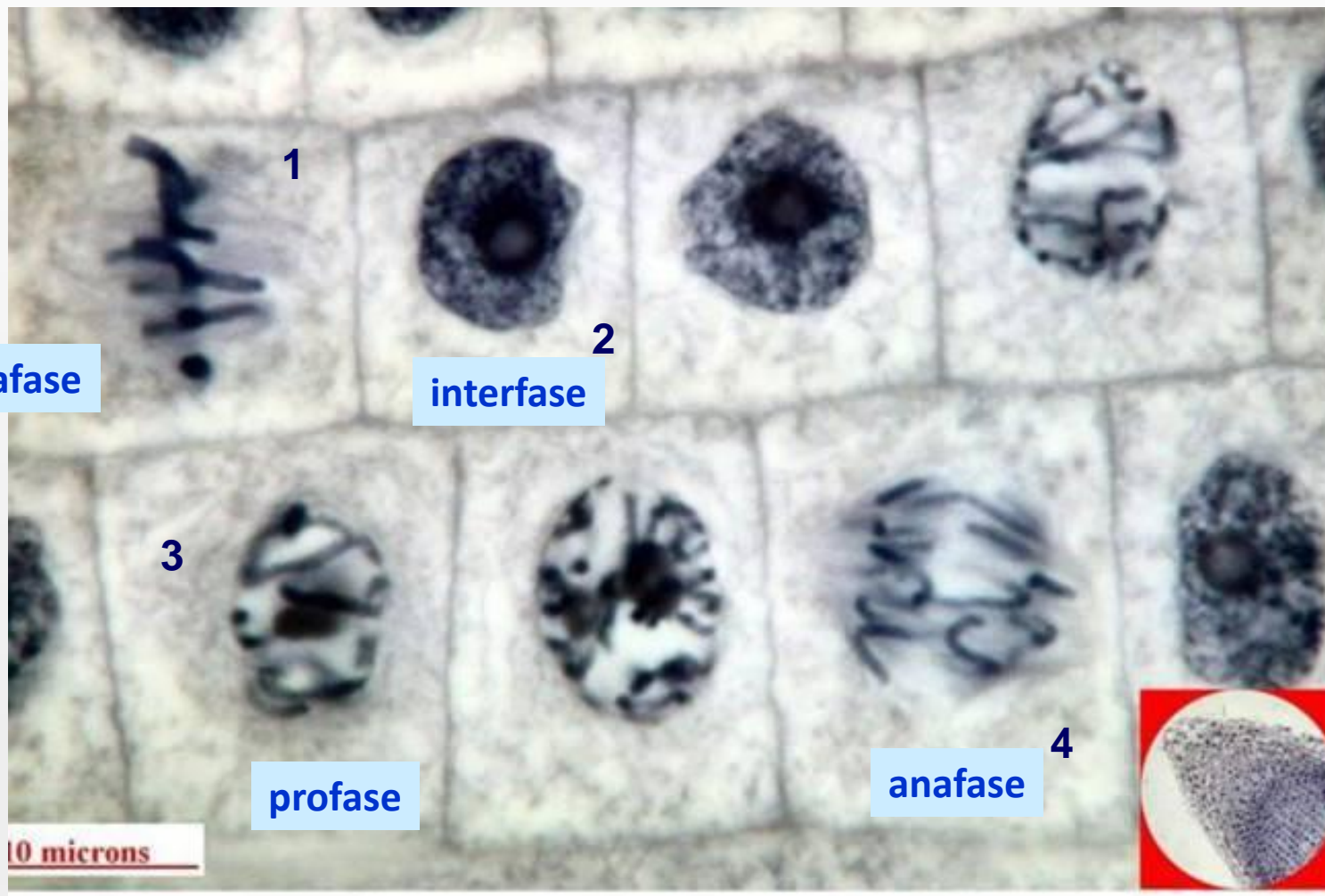


Promotes variation among the products of meiosis

Cell undergoing meiosis is diploid



# Ejemplos: ¿mitosis o meiosis?



Mitosis en meristemo raíz cebolla



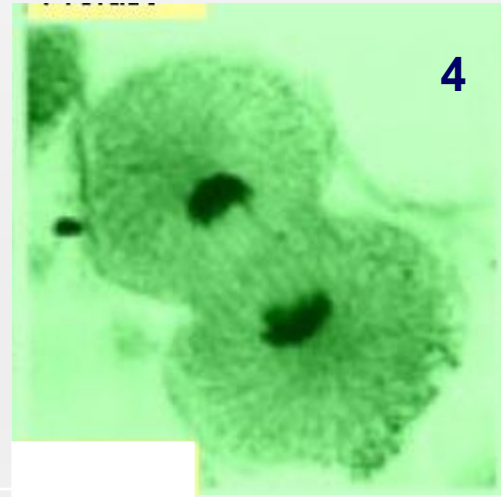
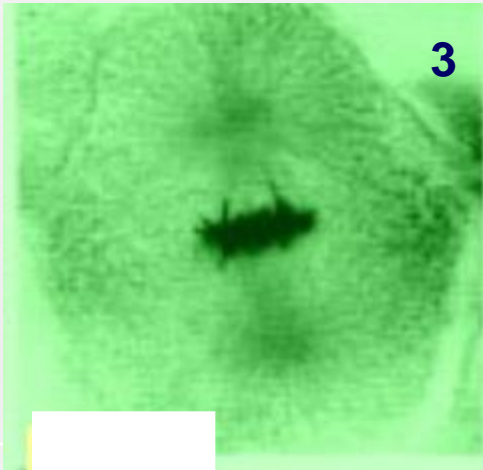
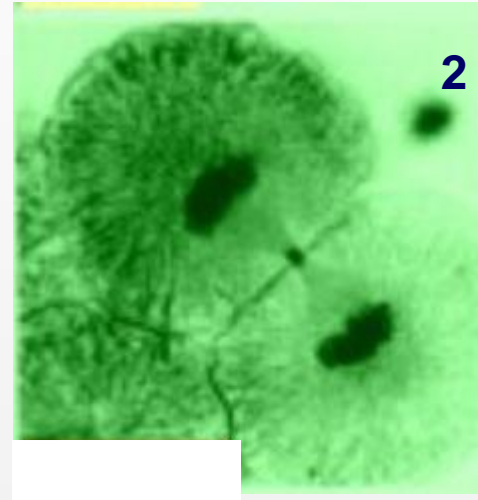
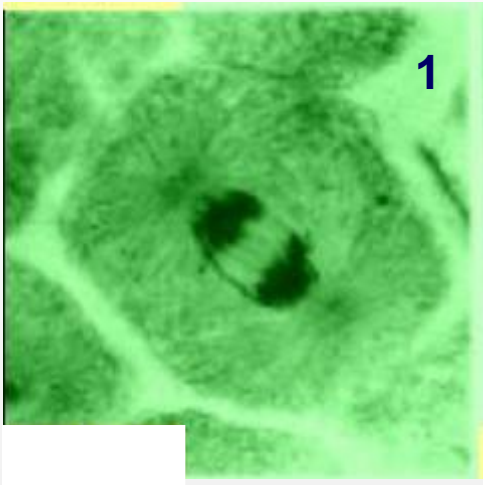
# Comparando

- Dibujar una célula  $2n=6$  en las siguientes posiciones
  - Anafase mitótica
  - Anafase I meiótica
  - Anafase II meiótica
- Compare los resultados



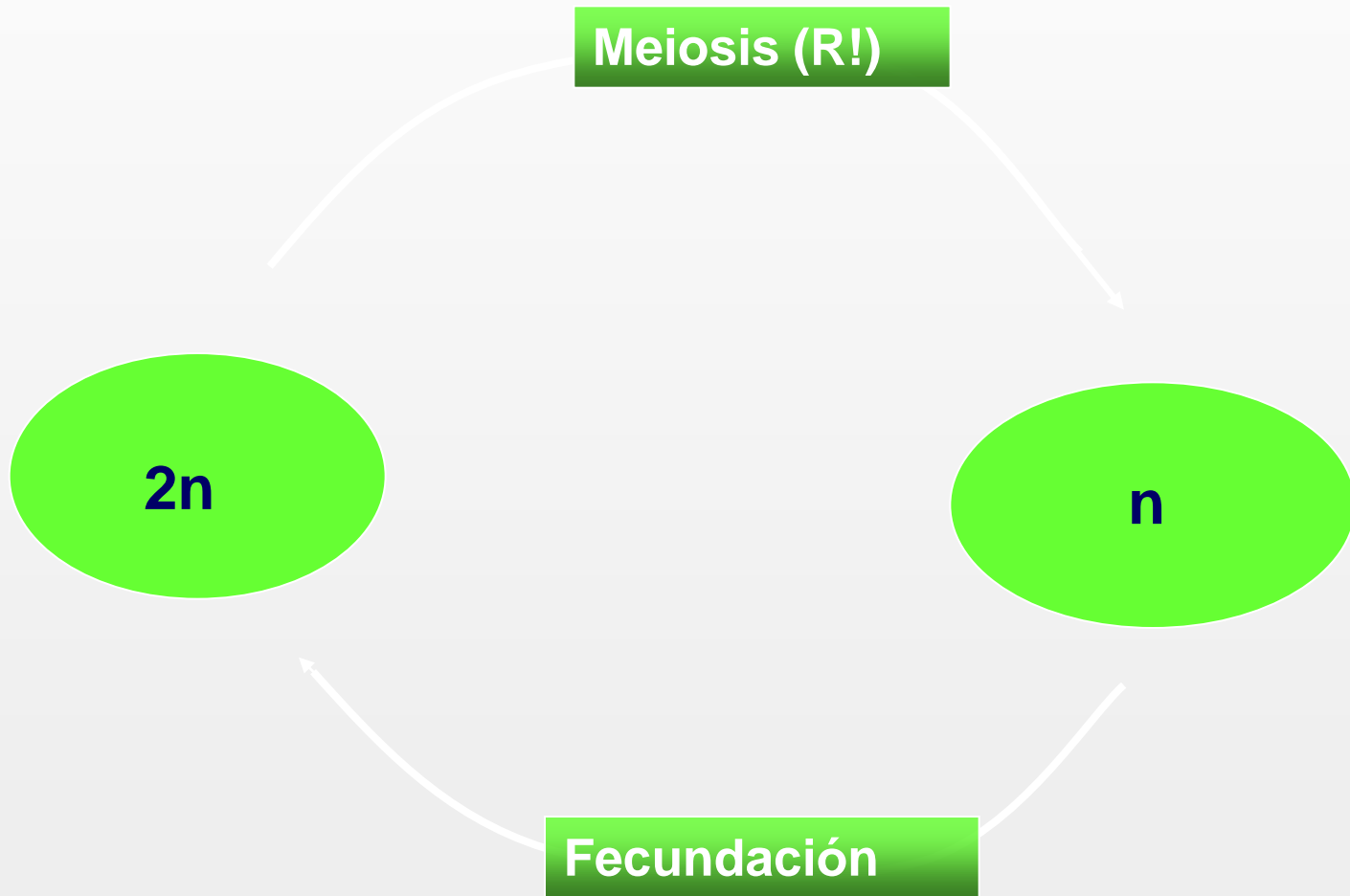


# Ejemplo: ¿mitosis o meiosis?





# Ciclos vitales



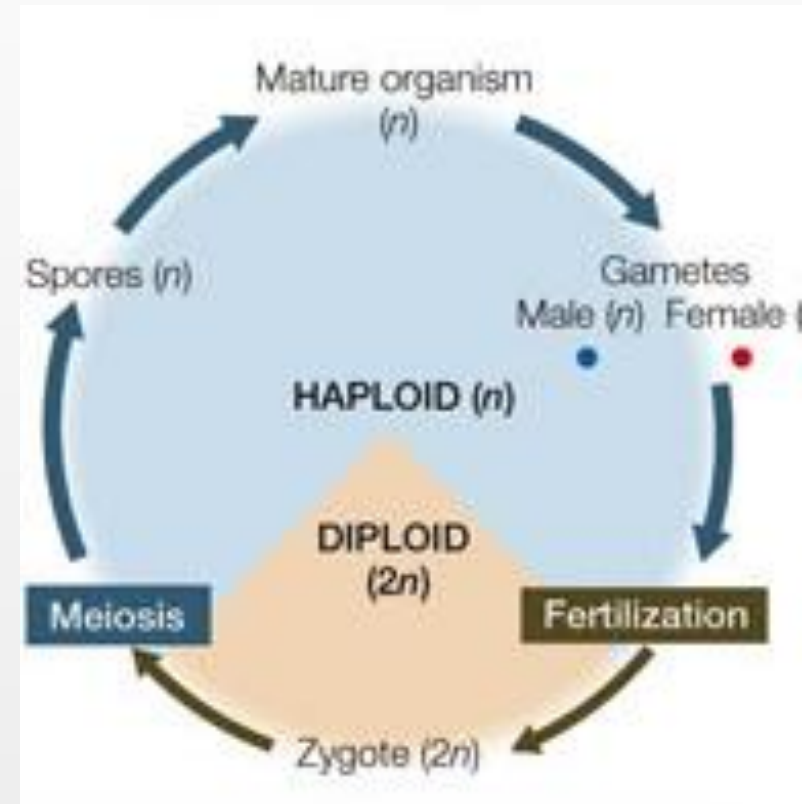


# Haplonte



Fungus (*Rhizopus oligosporus*)  
(haploid organism)

- Son haplontes:
- Reino Protista
  - Muchas algas
  - Protozoos, etc
- Reino Fungi
  - Algunos hongos





# Diplonte



Elephant (*Loxodonta africana*)  
(diploid organism)

Gametes

**Son diplontes:**

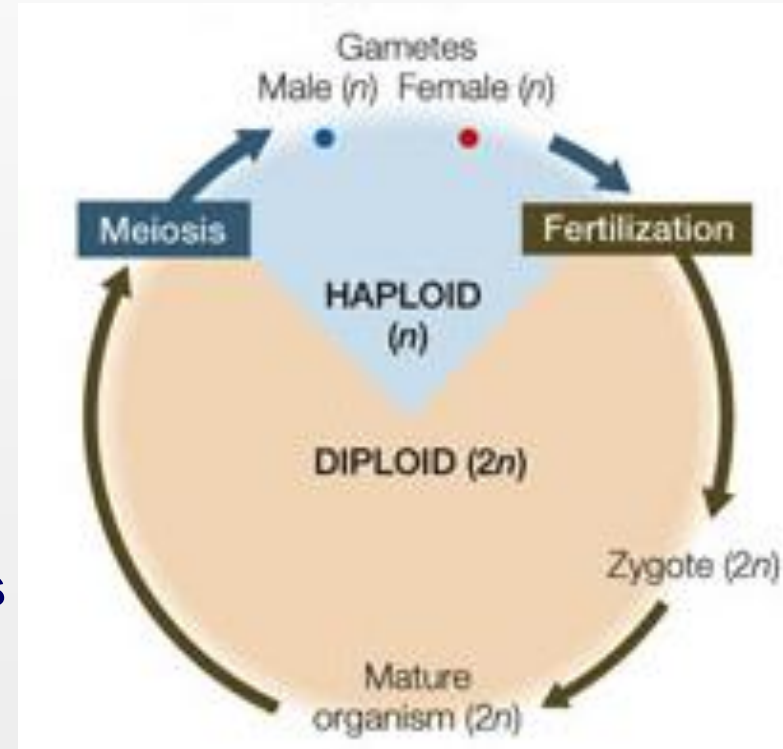
**Reino Animal**

**Reino Protista**

**Algunas algas**

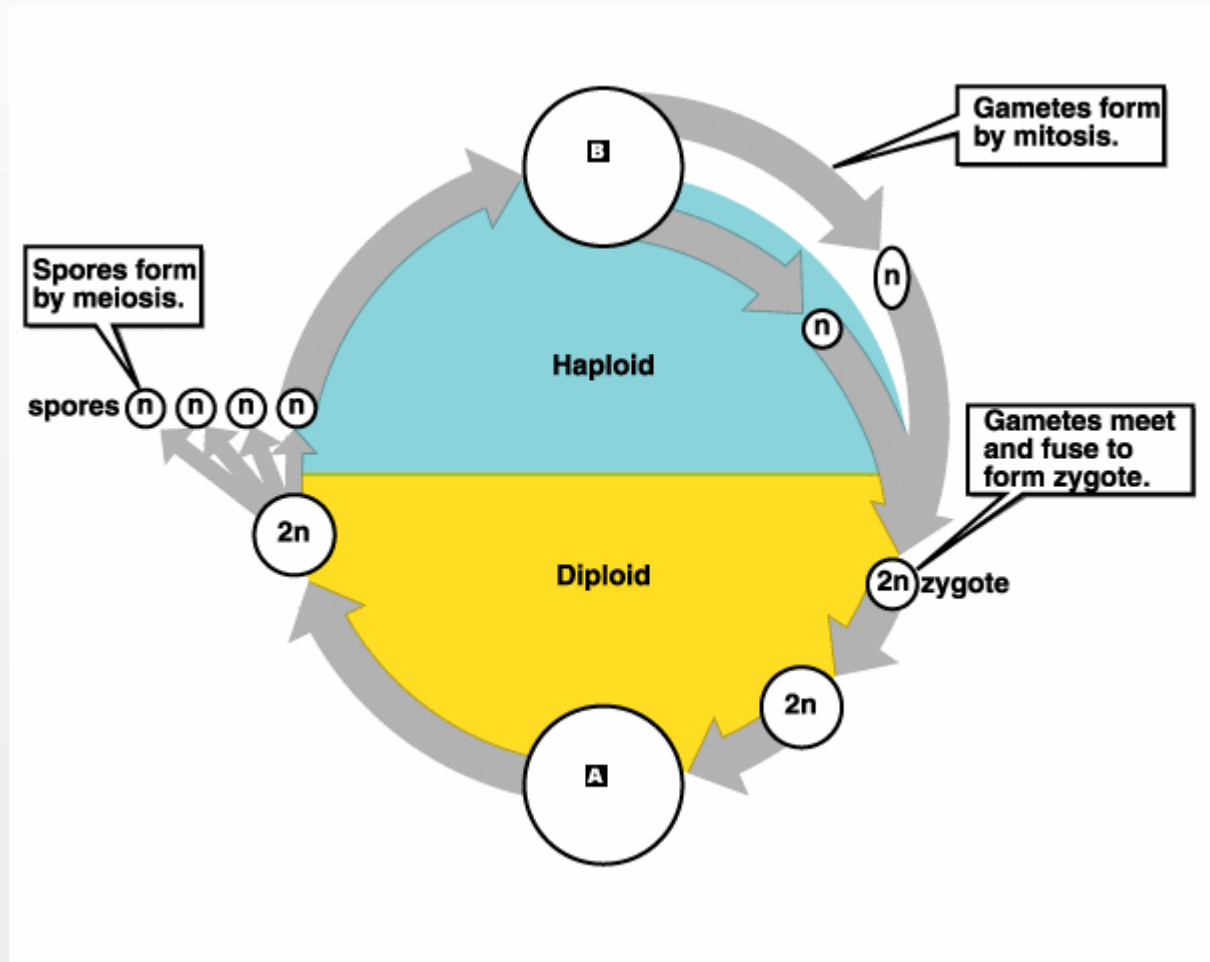
**Reino Fungi**

**Algunos hongos**

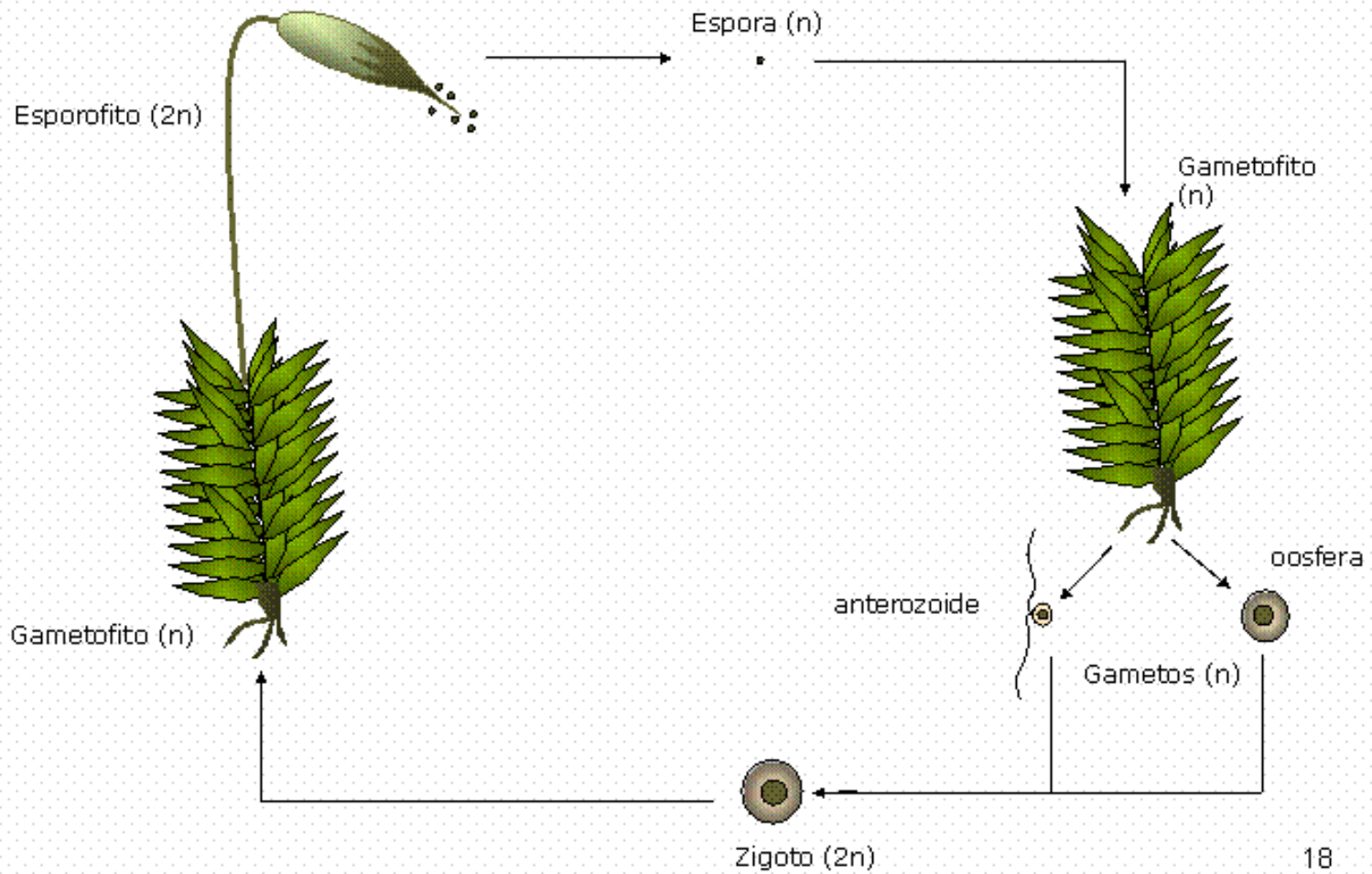


# Haplodiplonte

Son haplodiplontes:  
Reino Vegetal  
Musgos  
Helechos  
Plantas superiores

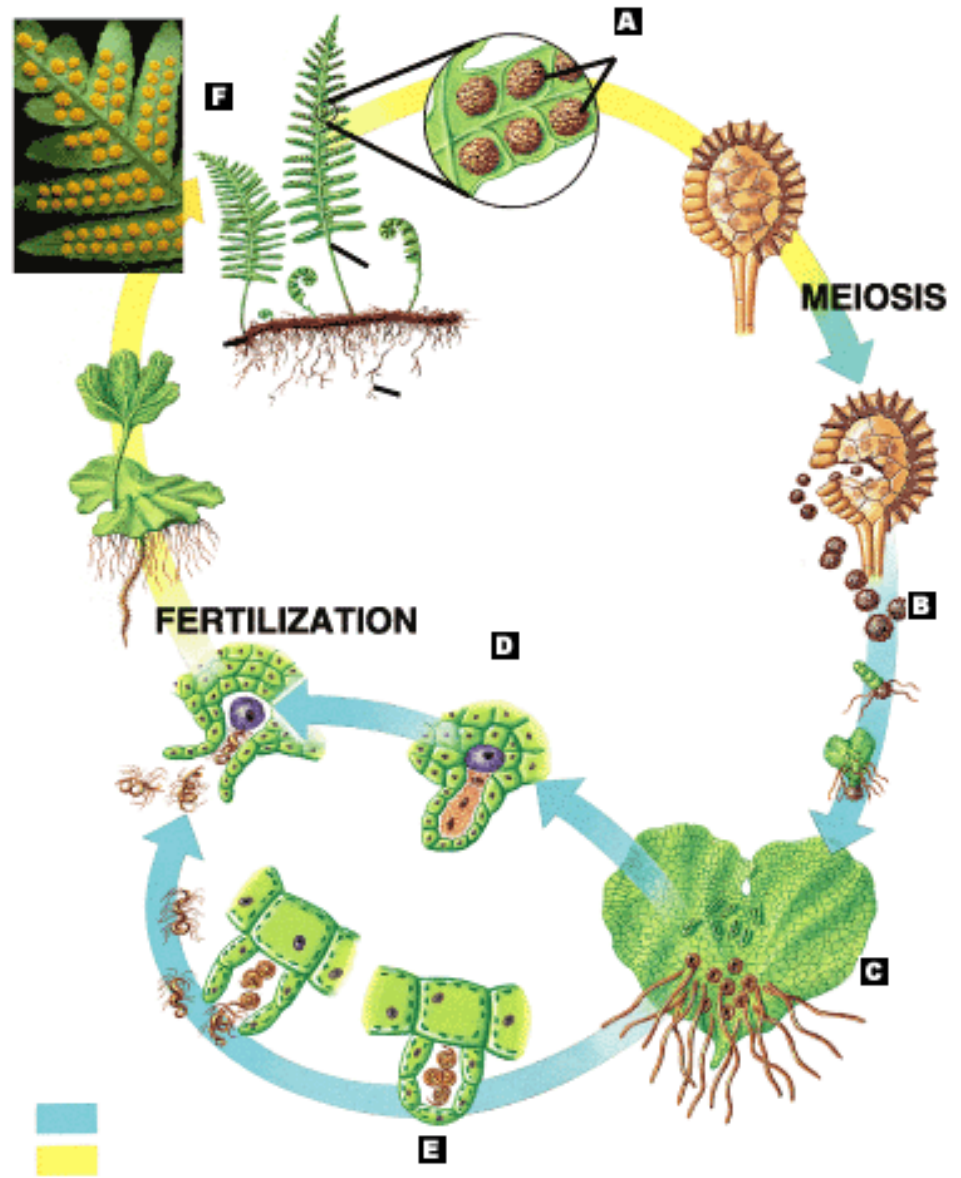


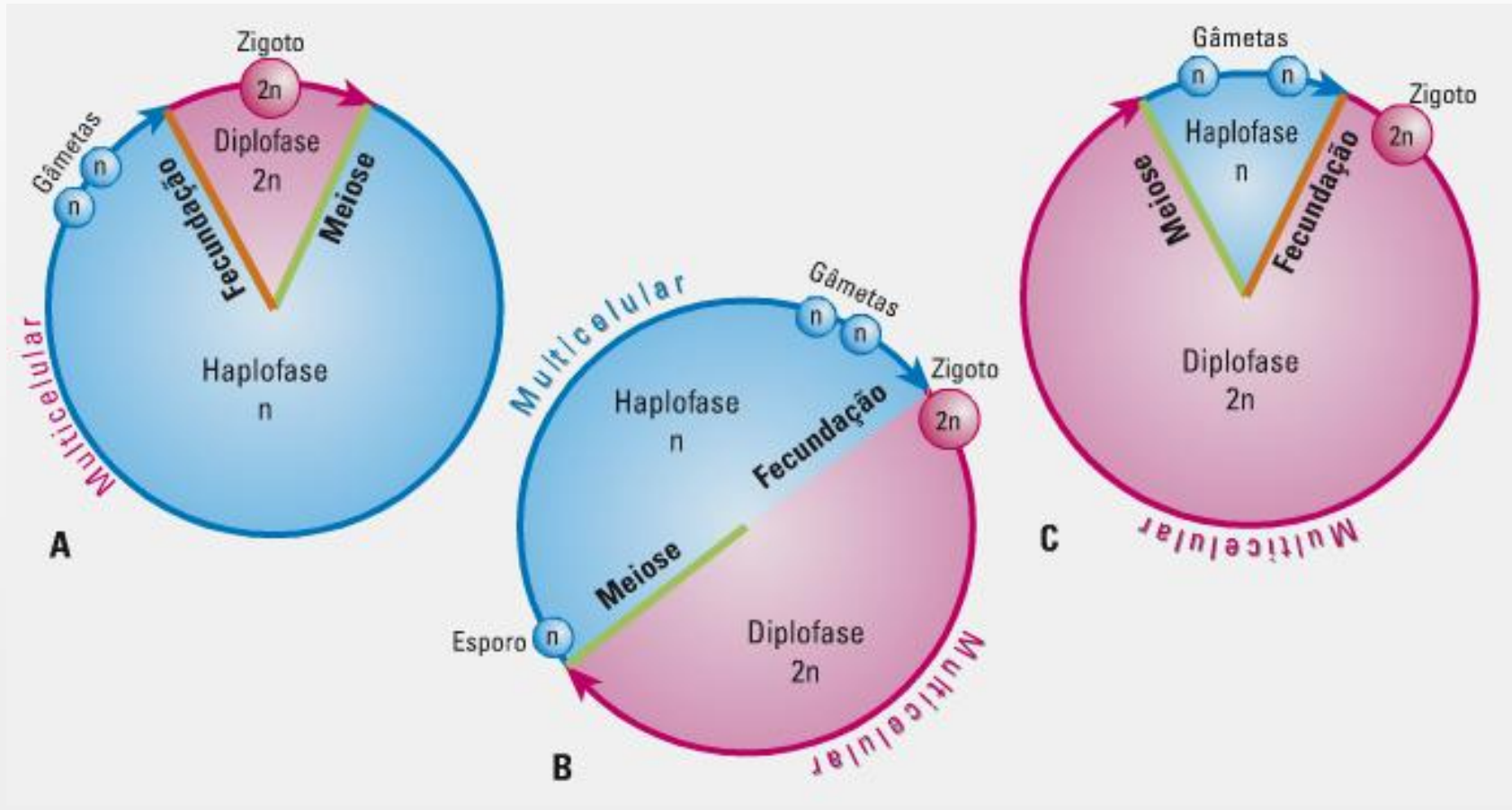
# Musgos





# Helechos

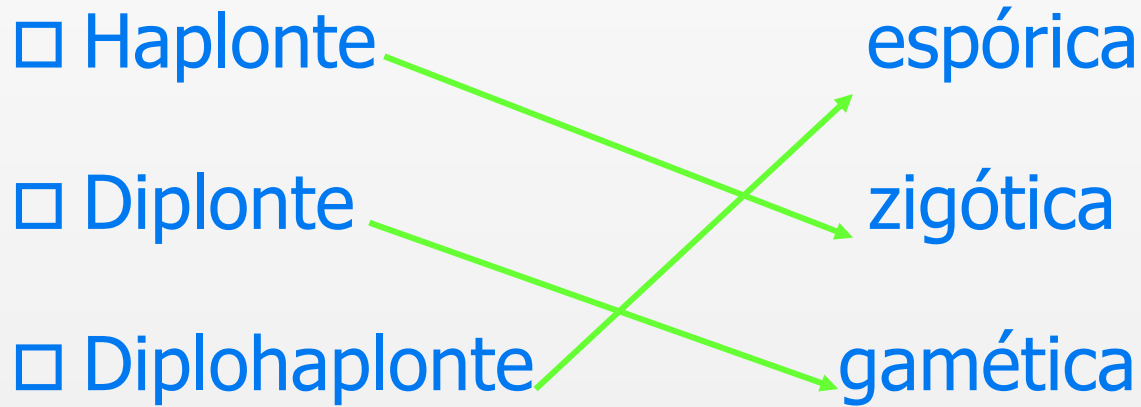








# Tipos de meiosis





## Videos en

- [www.youtube.com/watch?v=D1\\_mQS\\_FZ0&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=D1_mQS_FZ0&feature=related)
- <https://www.youtube.com/watch?v=xv7VqIda4ck> (español)



- <http://www.quickiwiki.com/en/Meiosis>
- <http://foundofzoo.blogspot.com.es/>
- <http://www.slideshare.net/SebastinMachuca>
- [www.ucm.es/info/genetica/AVG/practicas/cariotipo/Cario\\_archivos/idio2.jpg](http://www.ucm.es/info/genetica/AVG/practicas/cariotipo/Cario_archivos/idio2.jpg)
- [www.virtualsciencefair.org/2005/anna5m0/public\\_html](http://www.virtualsciencefair.org/2005/anna5m0/public_html)
- [es.geocities.com/batxillerat\\_biologia/ciclec3.jpg](http://es.geocities.com/batxillerat_biologia/ciclec3.jpg)
- [botit.botany.wisc.edu/images/130/Mitosis/](http://botit.botany.wisc.edu/images/130/Mitosis/)
- <http://www.penguinprof.com/190-unit-1.html>