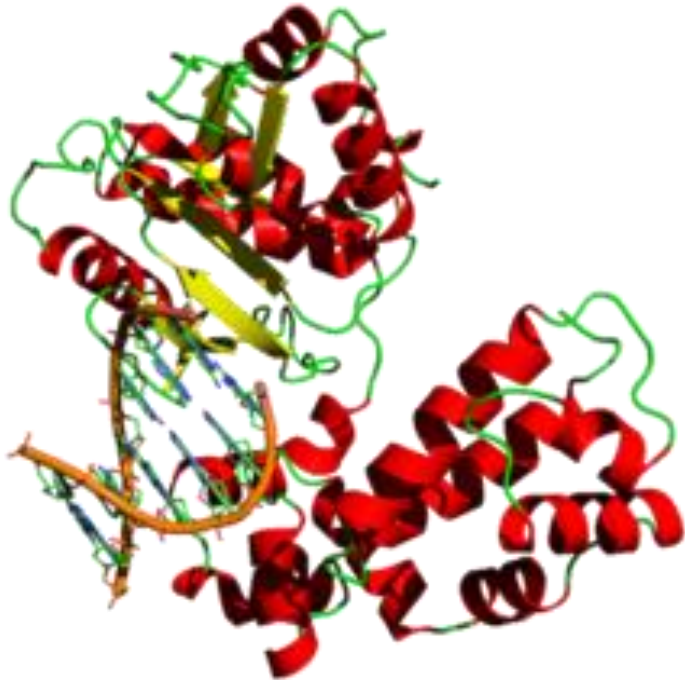


# REPRODUCCIÓN CELULAR

## DIVISIÓN CELULAR

### MITOSIS Y MEIOSIS



## Tema 9

# Índice:

- **El ciclo celular**
- Interfase
  - Fase G1
  - Fase S
  - Fase G2
- **Replicación del ADN**
- Modelos de replicación del ADN
- Características generales de la replicación
- Replicación en procariotas
  - Fase de iniciación
  - Fase de elongación
  - Actividad de las ADN polimerasas
- Corrección de errores
- Replicación en los eucariontes
- Muerte celular
- **Mitosis**
  - Profase
  - Metafase
  - Anafase
  - Telofase
- Citocinesis
- **Meiosis**
  - Fases de la meiosis
- Importancia biológica de la meiosis
- Mitosis vs Meiosis
- Reproducción asexual
- Reproducción sexual
- Ciclos biológicos: haplonte, diplonte y haplodiplonte

# El ciclo celular

El ciclo celular es un conjunto ordenado de sucesos que culmina con el crecimiento de la célula y la división en dos células hijas.

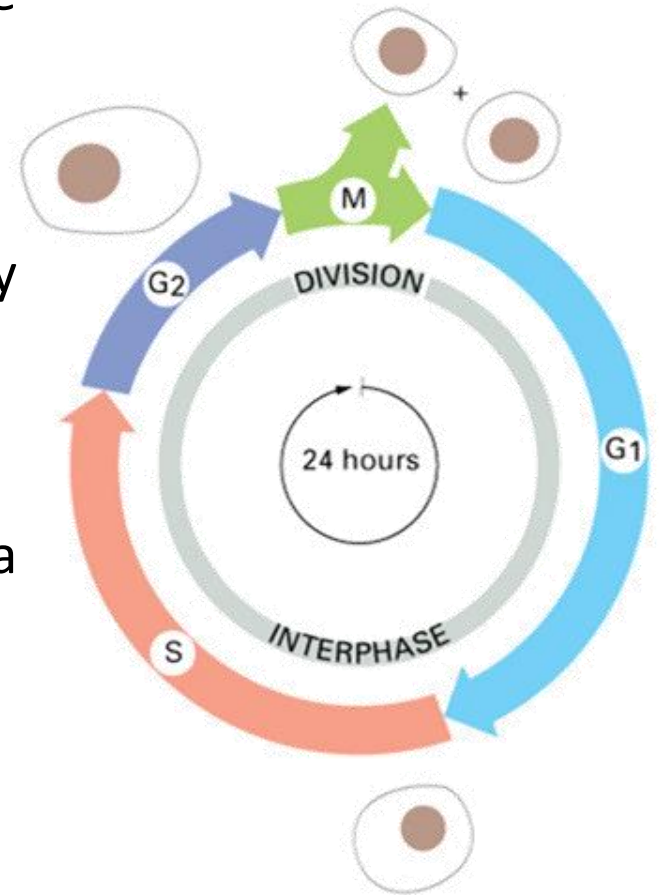
Supone para la célula madre:

- Duplicar su material hereditario y dividirlo
- Dividir en 2 su citoplasma

Puede durar desde unas pocas horas hasta varios años (depende del tipo de célula)

Se divide en dos fases:

1. Interfase
2. Fase M (mitosis y citocinesis)

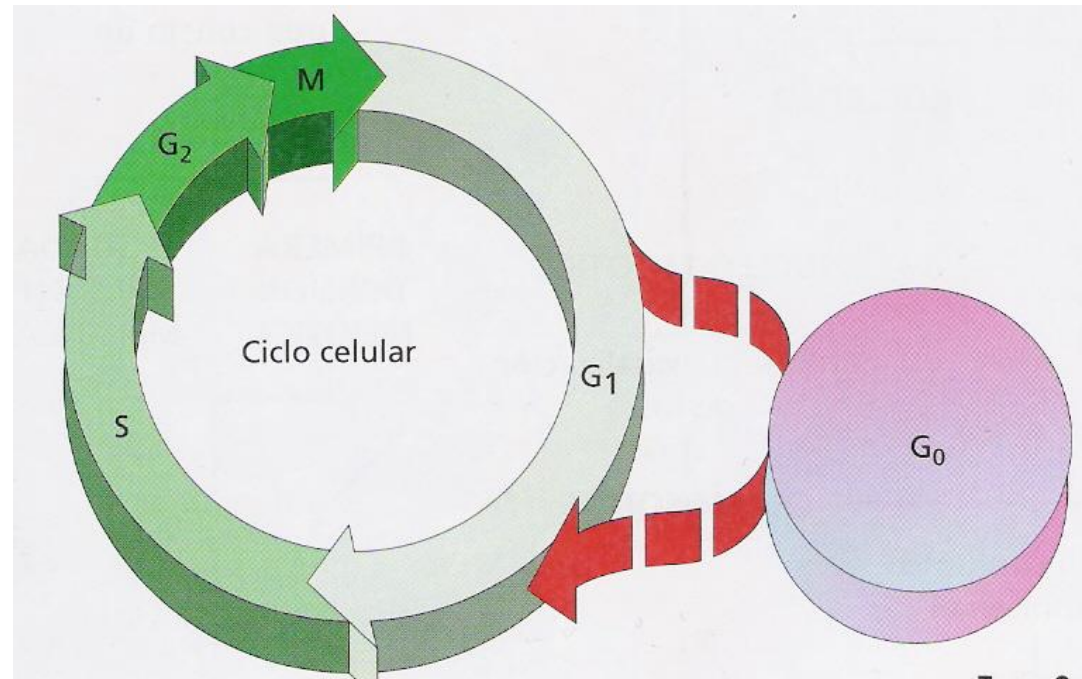


# Interfase

- Es el periodo de tiempo entre dos mitosis sucesivas
- Ocupa la mayor parte del tiempo del ciclo celular.
- La actividad metabólica es muy alta.
- La célula aumenta de tamaño y duplica el material genético.

## Periodos o fases de la interfase:

- Fase G1 (Fase  $G_0$ )
- Fase S
- Fase G2



# Control del ciclo celular

Existen células como las de la piel humanas que se dividen con frecuencia pero hay otras que no, como las neuronas.

Estas diferencias se producen por un **control** que se efectúa a nivel molecular.

El ciclo celular está controlado por proteínas que funcionan de forma cíclica, que son:

- Ciclinas
- Quinasas dependientes de ciclinas (CdKs)

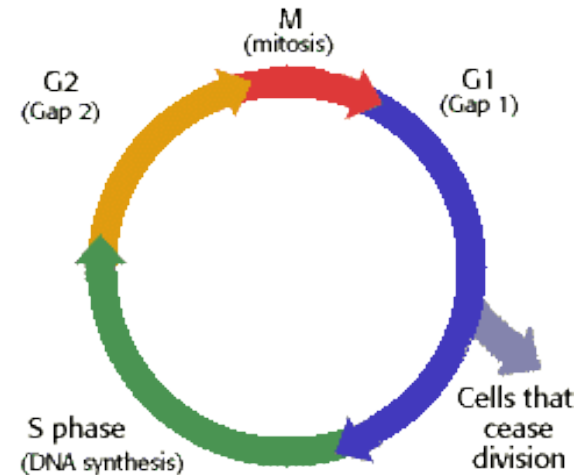
Existen 3 puntos de control:

- En la fase G1
- Al final de la fase G2
- En la fase M: entre la metafase y la anafase

Son lugares donde la división celular se detiene hasta que recibe una señal.

## Fase G<sub>1</sub> :

- Es la primera fase de crecimiento. Dura hasta la entrada en la fase S.
- Hay una intensa actividad biosintética.
- Se sintetizan ARN y proteínas para que la célula aumente de tamaño.
- En las células que no entran en mitosis, esta fase es permanente y se llama **G<sub>0</sub>** (estado de reposo o quiescencia).
- **G<sub>0</sub>** es un estado propio de células diferenciadas, que entran en quiescencia o que van a morir (apoptosis) como las neuronas o las fibras musculares estriadas.



## **Fase S :**

- Una vez doblado su tamaño se inicia la duplicación del ADN y la síntesis de histonas
- Aparecen los cromosomas con dos cromátidas cada uno, unidas por el centrómero.
- En los mamíferos esta etapa dura unas 7 horas.
- Es importante tener en cuenta que no todo el ADN se está replicando a la vez. Se estima que en cualquier momento de la fase S se está copiando entre un 10 y un 15 % del ADN total.
- Si se detectan roturas del ADN, mediante los sistemas de control, la copia del resto del ADN se detiene.

## **Fase G<sub>2</sub> :**

- Es una fase muy corta, aproximadamente unas 3 horas en los mamíferos.
- Es la segunda fase de crecimiento, hay un ligero aumento de tamaño.
- Se produce la duplicación de los centrosomas (en células animales)
- Se sintetizan proteínas necesarias para la inminente división celular., como la tubulina.
- Acaba con el inicio de la condensación de los cromosomas y la entrada en mitosis.
- Durante esta etapa, sin embargo, se comprueba si ha habido errores durante la replicación del ADN y si se ha producido su duplicación completa. Si éstos defectos son detectados la célula no entrará en fase M y el ciclo celular se detendrá hasta que los daños sean reparados o el ADN sea completamente copiado.
- Por tanto, existe un punto de control en esta fase.

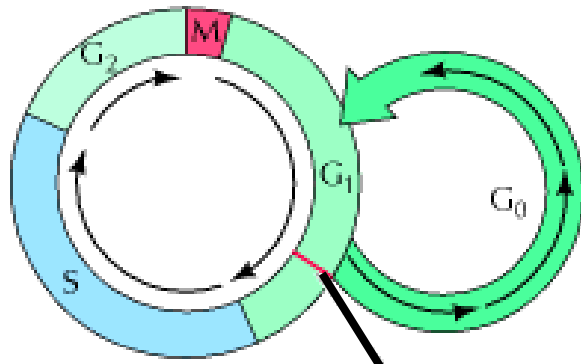


# En resumen: Interfase

## Fases del ciclo celular

Fase G1	Sub Fase G0	Fase S	Fase G2
<p>Actividad bioquímica intensa. Activa síntesis de proteínas.</p> <p>La célula aumenta el tamaño y número de sus enzimas, ribosomas, etc.</p> <p>Algunas estructuras son sintetizadas desde cero (microtúbulos y filamentos, formados por proteínas).</p> <p>Las estructuras membranosas (lisosomas, vacuolas, etc.) derivan del R.E., que se renueva y aumenta su tamaño por la síntesis de lípidos y proteínas.</p> <p>Se replican mitocondrias y cloroplastos.</p>	<p>Esta etapa sólo se genera en células que permanecen latentes durante un período de tiempo determinado, por ejemplo: neuronas, glóbulos rojos, etc.</p>	<p>Ocurre la <b>duplicación/replicación</b> del ADN y de las histonas y proteínas asociadas al mismo.</p>	<p>Ocurren los preparativos finales para la división celular.</p> <p>Los cromosomas recién duplicados comienzan a enrollarse y condensarse en forma compacta.</p> <p>La duplicación del par de centriolos se completa.</p> <p>La célula comienza a ensamblar las estructuras requeridas para la etapa de división celular.</p>

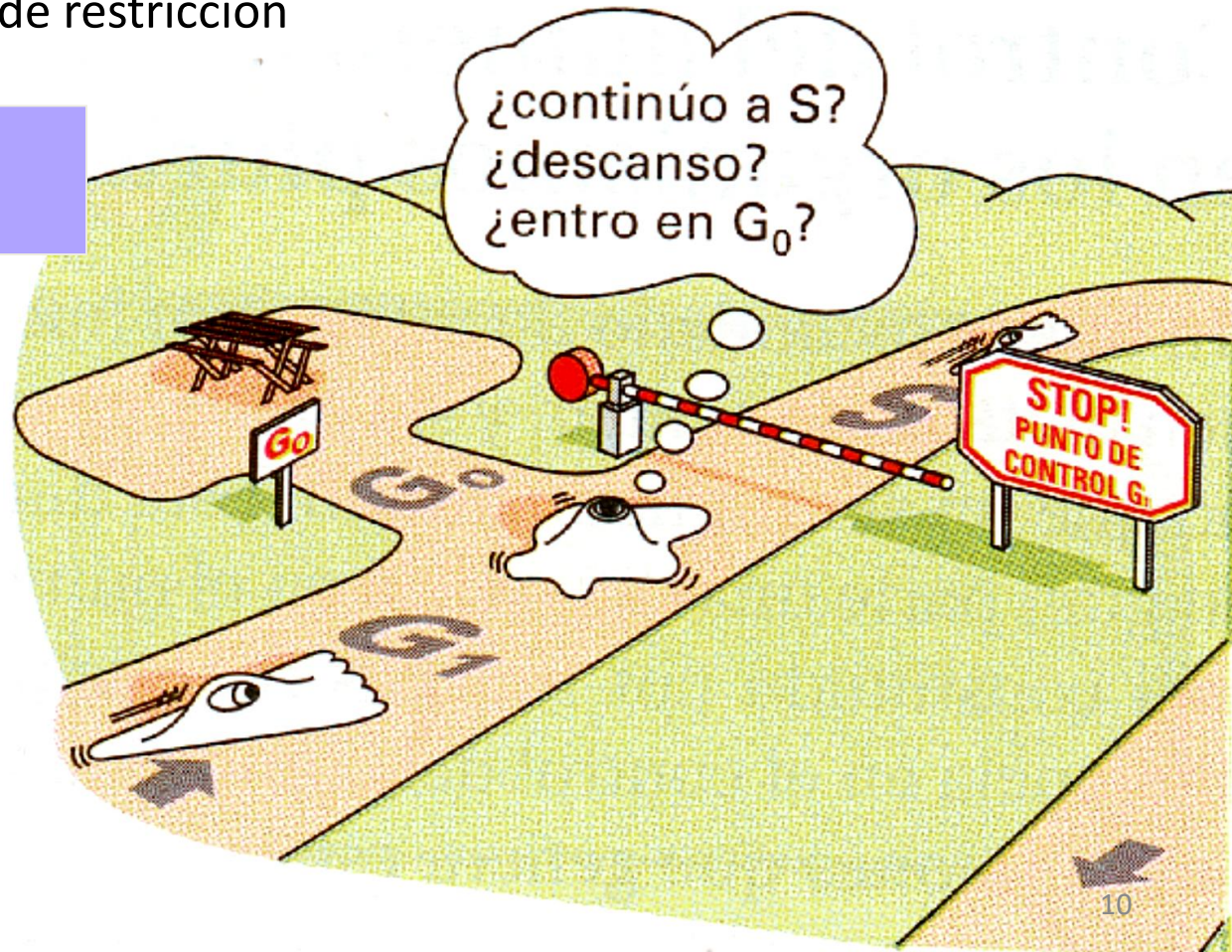
# Ejemplo: Punto de control del ciclo celular en G1



Punto de restricción

FACTORES DE  
CRECIMIENTO

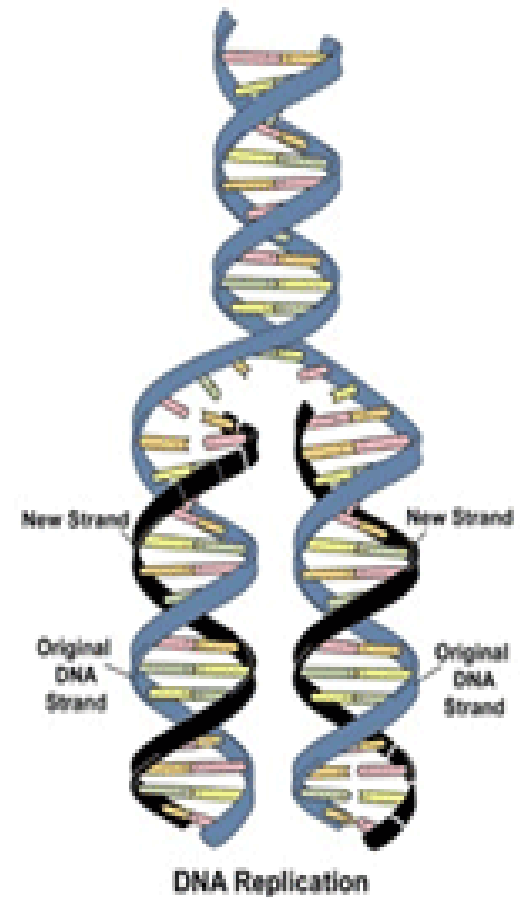
CELULAS ANIMALES



REGULACION DEL  
CICLO CELULAR

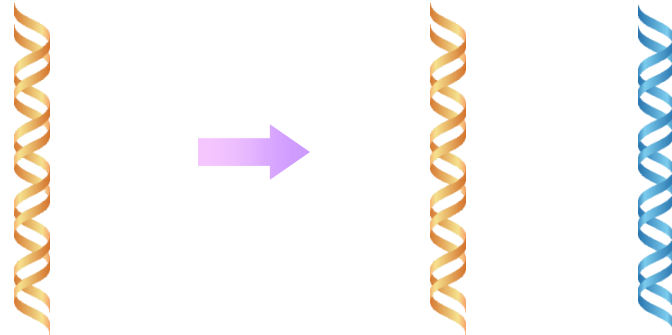
# Replicación del ADN

- Es un proceso necesario para que se realice la división celular.
- Ocurre **en la fase S** del ciclo celular.
- El mecanismo de replicación se basa en la complementariedad de bases.
- Inicialmente se plantearon tres posibles modelos de replicación:
  - Modelo conservativo
  - Modelo dispersivo
  - Modelo **semiconservativo**

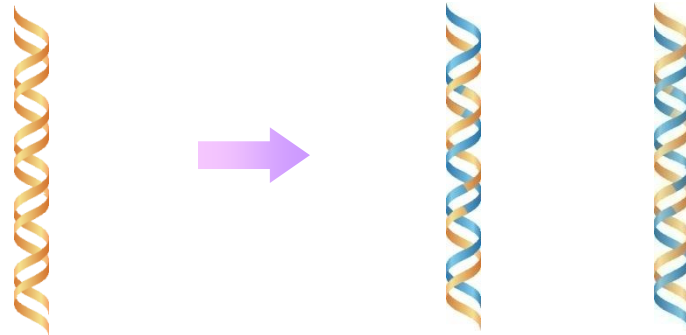


# Posibles modelos en la replicación del ADN

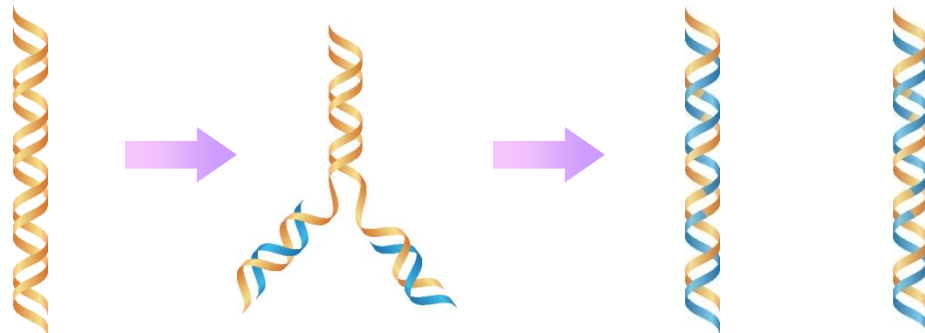
CONSERVATIVO



DISPERSIVO

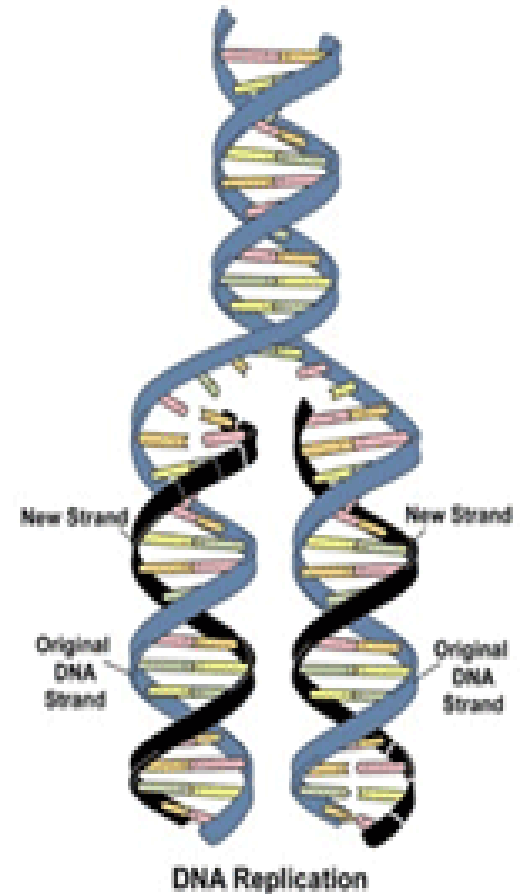


SEMICONSERVATIVO



# Replicación **semiconservativa** del ADN

- La doble hélice de ADN se abre (formación burbuja de replicación).
  - Las 2 cadenas de nucleótidos se separan.
  - A partir de cada cadena se forma una nueva cadena, que serán complementarias.
- 
- Demostraron este modelo Meselson y Stahl en 1957.
    1. Cultivaron bacterias
    2. Movieron las bacterias a un medio con  $^{14}\text{N}$
    3. Tomaron una muestra de bacterias



# Características generales de la replicación del ADN

- El **proceso de replicación** de DNA es el mecanismo que permite al DNA duplicarse (es decir, sintetizar una copia idéntica).
- Esta duplicación se produce según el modelo semiconservativo, lo que indica que las dos cadenas complementarias del DNA original, al separarse, sirven de molde cada una para la síntesis de una nueva cadena complementaria de la cadena molde.
- El proceso se ha estudiado en la bacteria E. Coli
- **Consta de las siguientes fases:**
  1. **Iniciación**
  2. **Elongación**
- Durante la elongación se da una corrección de errores

# Características generales de la replicación del ADN. Procariontas y eucariotas

- El proceso de replicación en procariontas y eucariotas es ligeramente diferente, **pero comparten las siguientes características:**
  1. La replicación es semiconservativa
  2. El crecimiento de la nueva hebra es en dirección 5' → 3'
  3. La replicación es semidiscontinua, porque en una hebra se realiza por fragmentos
  4. La replicación es bidireccional. Una vez empieza en un punto avanza en los 2 sentidos
  5. Para colocar el primer nucleótido, se necesita un 3'OH libre. Se necesita un cebador.

# Características generales de la replicación del ADN. Procariontas y eucariotas

- Las **diferencias en el proceso de replicación son las siguientes:**
  1. Los procariontas y los virus sólo tienen un punto de origen de replicación (ori C)
  2. Los cromosomas de eucariotas tienen varios fragmentos que se replican a la vez: replicones.
  3. Las células eucariotas tienen ADN asociado a histonas lo que implica un mecanismo para separarlas y para sintetizar las histonas de la nueva hélice .
  4. En ambas, **consta de las siguientes fases:**
    1. **Iniciación**
    2. **Elongación**



# Replicación procariontes y eucariontes

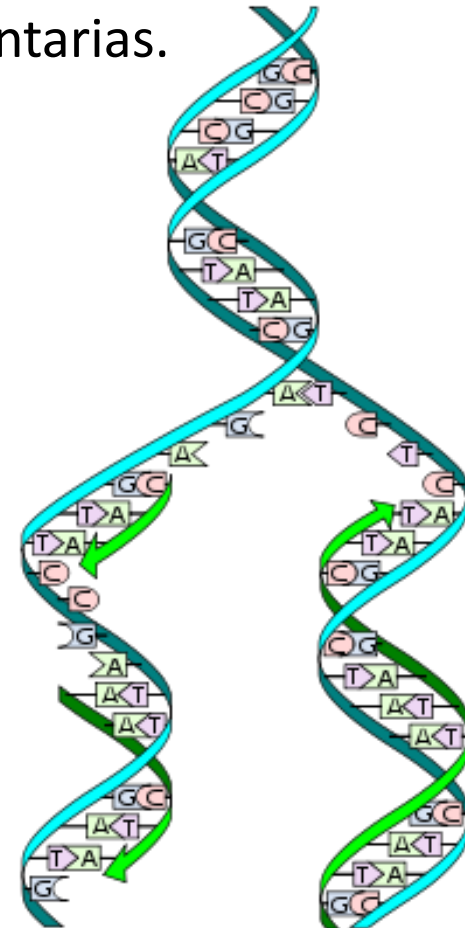
## Fase de iniciación

El DNA se replica desenrollando la hélice y rompiendo los puentes de hidrógeno entre las hebras complementarias.

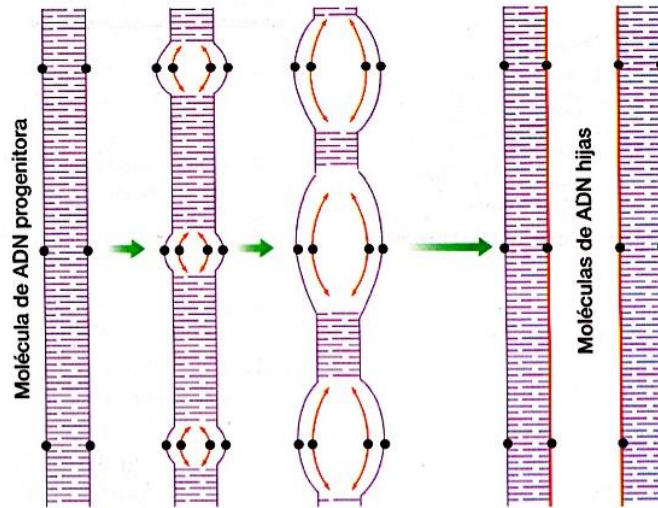
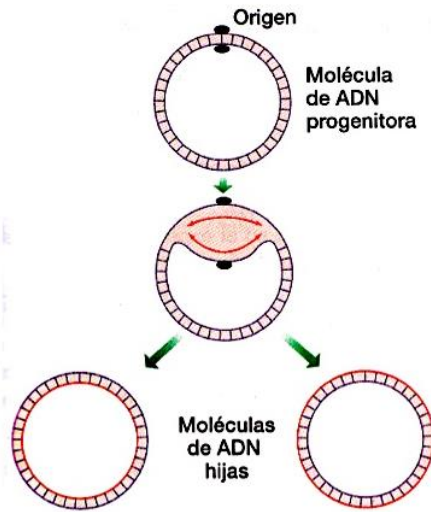
La replicación comienza en sitios específicos del ADN conocidos como “**origen de replicación**” o **región oriC**.

Los orígenes de replicación son los puntos fijos a partir de los cuales se lleva cabo la replicación, que avanza de forma secuencial formando estructuras con forma de horquilla.

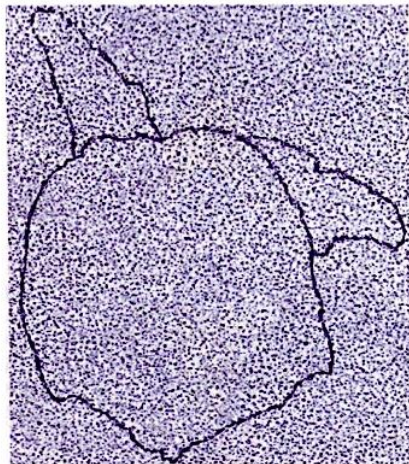
1. Procariontes: **Un origen de replicación.**
2. Eucariontes: **Múltiples orígenes de replicación.**



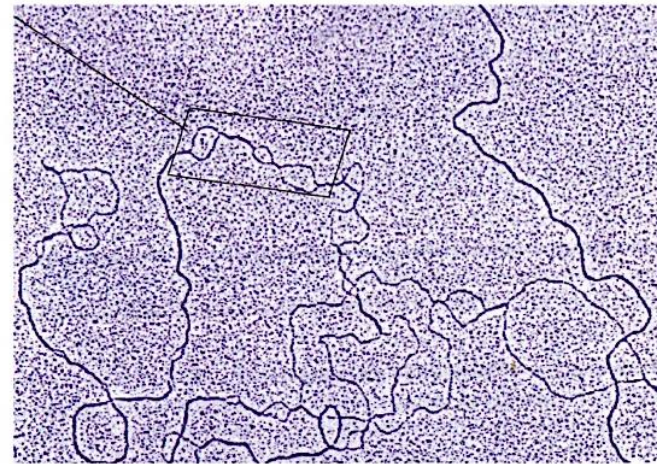
# Replicación procariontes y eucariontes



Microfotografía electrónica del cromosoma de *Escheruchia coli* durante la replicación



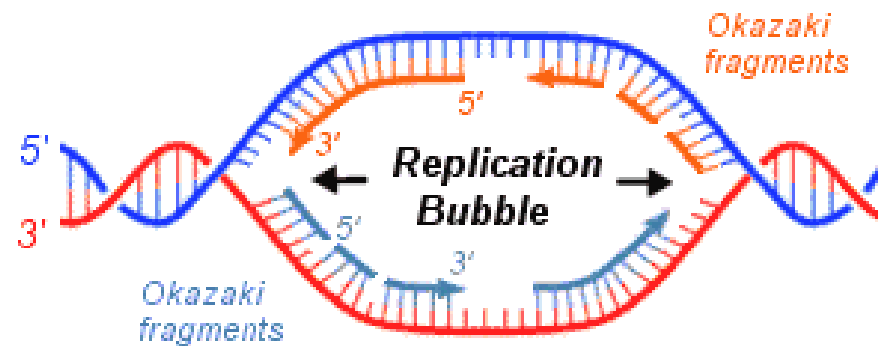
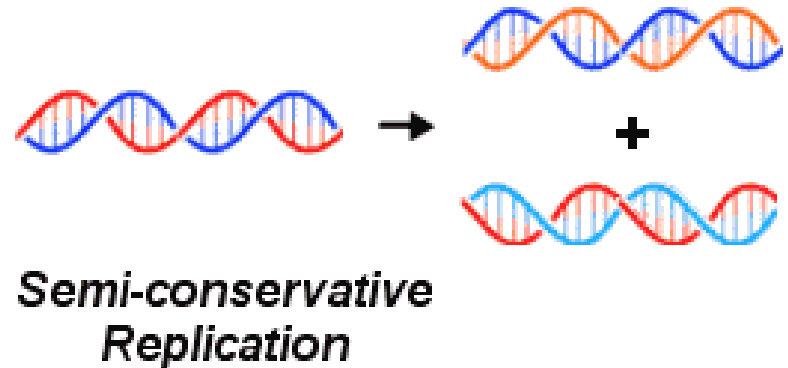
Microfotografía electrónica de cromosomas eucariotas de *Drosophila melanogaster* durante la replicación



# Replicación procariontes y eucariontes

Se forma la **burbuja de replicación**, con dos horquillas de replicación, que se van extendiendo en las dos direcciones: replicación bidireccional

Comienza la fase de elongación: síntesis de la nueva hebra de ADN.

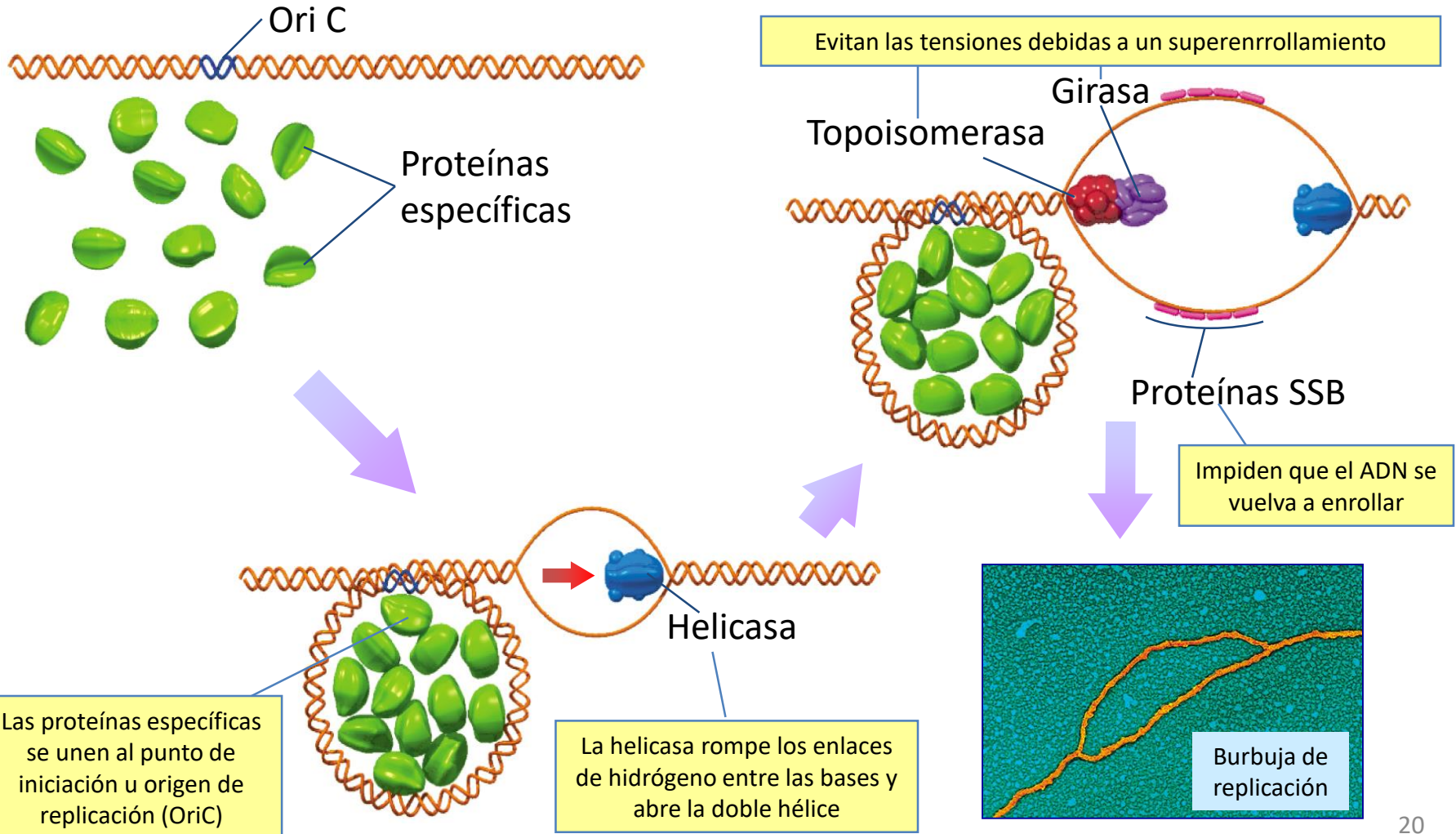


(c) 2000 Chemis

# Replicación procariontas

## Fase de iniciación

Consiste en el desenrollamiento y apertura de la doble hélice de ADN



# Replicación procariotas

## Resumen fase Iniciación de la replicación

1. Reconocimiento del **OriC** por proteínas específicas
2. Las **helicadas** rompen los puentes de H
3. Las **giradas y topoisomerasas** alivian las tensiones del desenrollamiento.
4. Las **proteínas SSB** evitan que se vuelvan a unir las cadenas sencillas y se enrollen de nuevo
5. Formación de la **burbuja de replicación**

# Replicación procariotas

## Fase de elongación

**Se sintetiza la nueva hebra de ADN** sobre la hebra original.

Se debe a la actuación de las **ADN polimerasas**.

En **procariotas hay tres y su función es doble**:

1. Actividad polimerasa. Va uniendo los desorribonucleotidos trifosfatos complementarios a la cadena original.
2. Actividad exonucleasa. Elimina nucleótidos mal emparejados y trozos de ARN cebador.

# Actividad de las ADN polimerasas

Junto a las enzimas que participan en la iniciación, en esta fase actúan las ADN polimerasas.

POLIMERASA	EXONUCLEASA		POLIMERIZACIÓN		INICIACIÓN
	dirección	función	dirección	función	
I	5'→3'	elimina cebador	5'→3'	síntesis	no
	3'→5'	reparación			
II	3'→5'	reparación	5'→3'	síntesis	no
III	3'→5'	reparación	5'→3'	síntesis	no

La **ADN pol III** crea la mayor parte del ADN nuevo, la **ADN pol I** elimina los cebadores y rellena los huecos y la **ADN pol II** interviene en la corrección de errores.

# Mecanismo de actuación de las ADN polimerasas

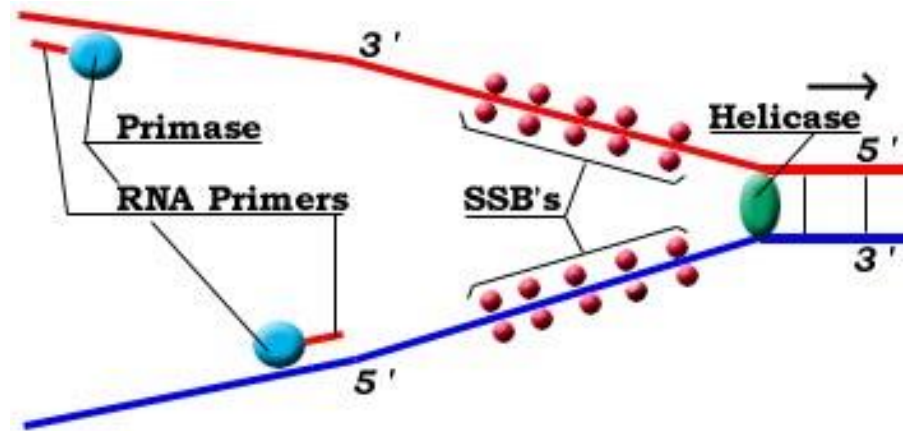
La ADN polimerasa no puede actuar desde un principio, necesita un pequeño fragmento sobre el que empezar a añadir nucleótidos.

Este primer fragmento es un trozo de unos 10 nucleótidos de ARN llamado **cebador o primer**, que presenta el extremo 3' libre.

El primero es sintetizado por una ARN polimerasa o primasa, que actúa en la zona donde comienza la replicación.

A partir de este fragmento, la ADN polimerasa comienza la adición de nucleótidos sobre el extremo 3' libre.

Este enzima recorre la cadena molde en sentido 3' → 5' y sintetiza la nueva cadena en sentido 5' → 3' (las cadenas de ADN son antiparalelas)



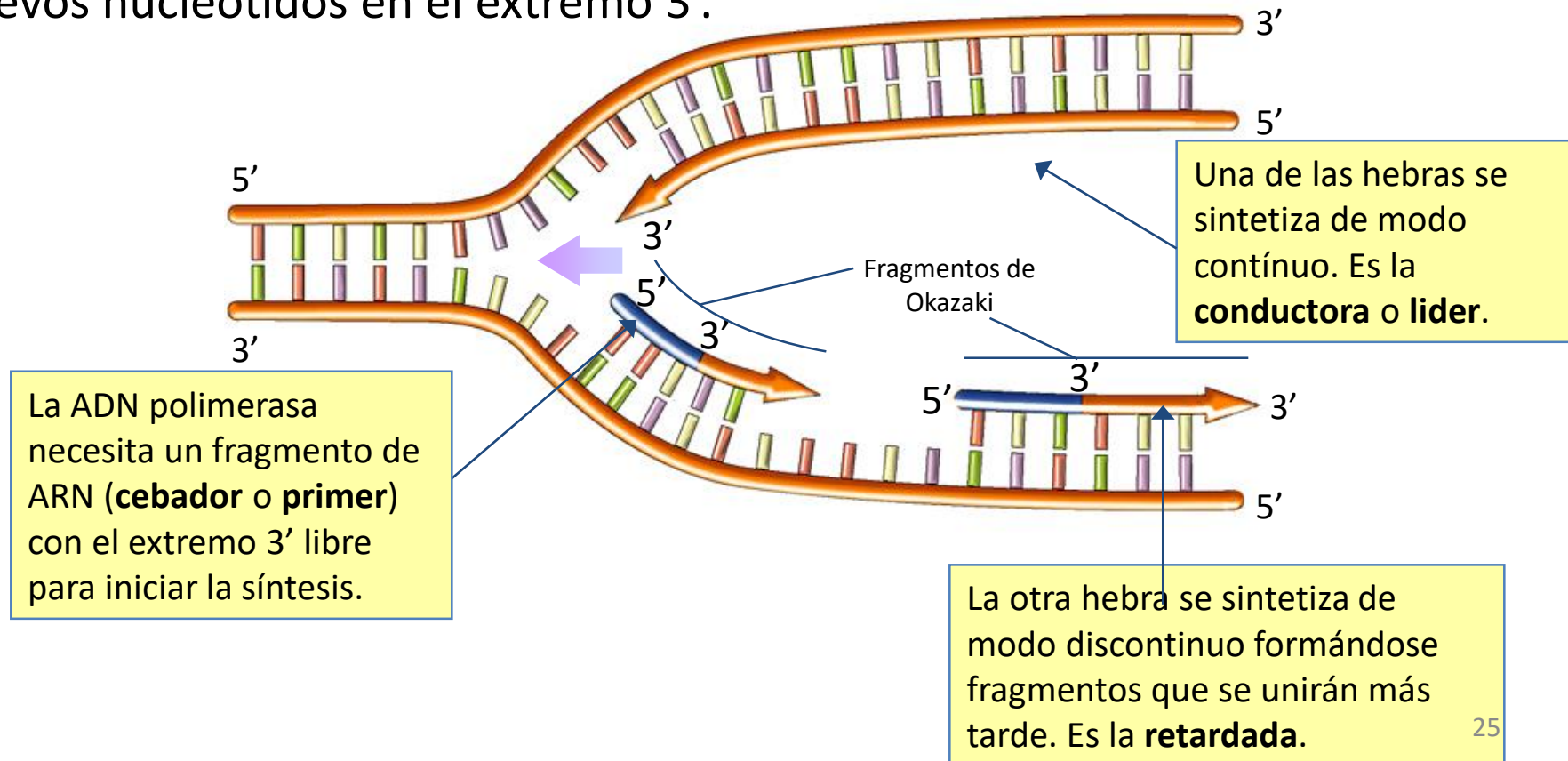


# Replicación procariontas

## Fase de elongación

### El mecanismo de elongación

La ADN polimerasa recorre las hebras molde en el sentido 3'-5' uniéndolos nuevos nucleótidos en el extremo 3'.



# Replicación procariotas

El mecanismo de elongación es distinto en las dos cadenas:

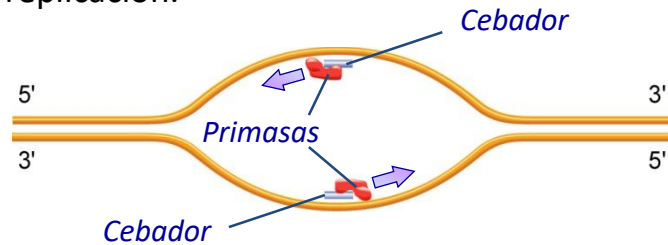
1. En una de las cadenas, en la **hebra conductora**, la síntesis es continua.
2. En la otra cadena, la **hebra retardada**, se produce una síntesis a base de pequeños fragmentos de ADN (fragmentos de Okazaki).
3. La síntesis de cada uno de los **fragmentos de Okazaki** necesita de su cebador correspondiente (sintetizado por la primasa).
4. Los cebadores serán posteriormente eliminados por la ADN polimerasa I que rellena el hueco con desoxirribonucleotidos.
5. Finalmente una ligasa une los fragmentos sueltos.

# Replicación procariontas

## El mecanismo de elongación: Resumen proceso

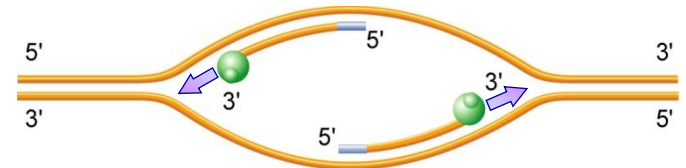
1

La **primasa** sintetiza un cebador en cada **hebra conductora** de la burbuja de replicación.



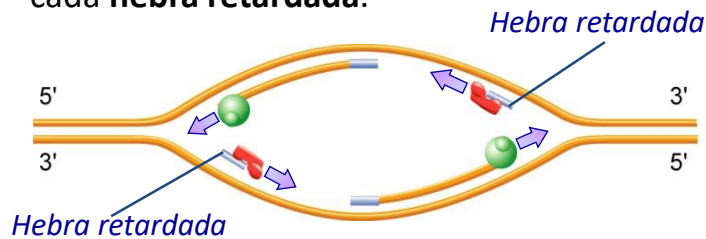
2

Las **ADN polimerasa** comienzan la síntesis de la **hebra conductora** por el extremo 3' de cada cebador.



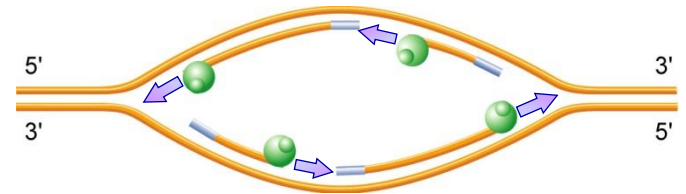
3

La **primasa** sintetiza un nuevo cebador sobre cada **hebra retardada**.



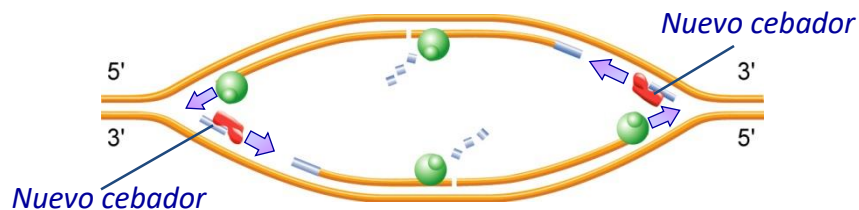
4

La **ADN polimerasa** comienza a sintetizar un fragmento de ADN a partir del nuevo cebador.



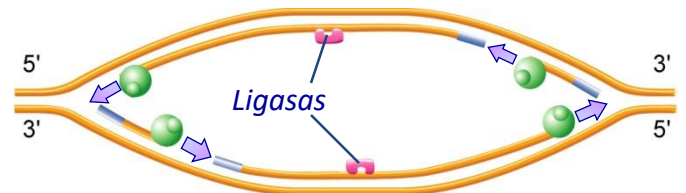
5

Cuando la **ADN polimerasa** llega al cebador de ARN, lo elimina y lo reemplaza por ADN.



6

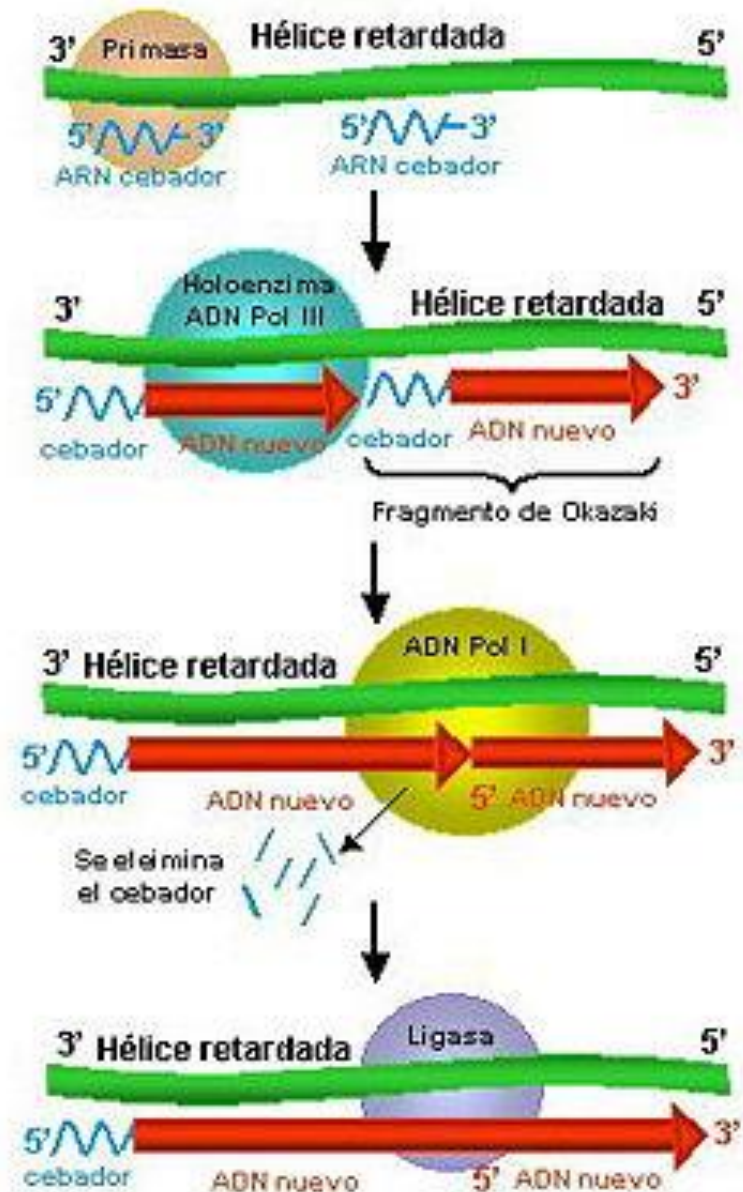
La **ligasa** une los fragmentos de ADN.



# Replicación procariotas

## Fin del proceso

La replicación termina cuando se unen todos los **fragmentos de Okazaki** de la hebra retardada



# Replicación procariotas

## Corrección de errores

1. Durante la replicación se puede producir un error en el apareamiento de bases con una tasa de 1/100.000 bases.
2. Parte de estos errores **se corrigen durante la replicación**. La **ADN polimerasa actúa como exonucleasa** y elimina los nucleótidos mal apareados y rellena el hueco con los nucleótidos correctos.
3. La **ADN ligasa** une los fragmentos resultantes.
4. A pesar de todo, **siempre quedan algunos errores (mutaciones)**.

# Replicación eucariotas

Es muy parecida a la de los procariontes, salvo en algunas diferencias debidas a las propias diferencias en el material genético de procariontes y eucariotas:

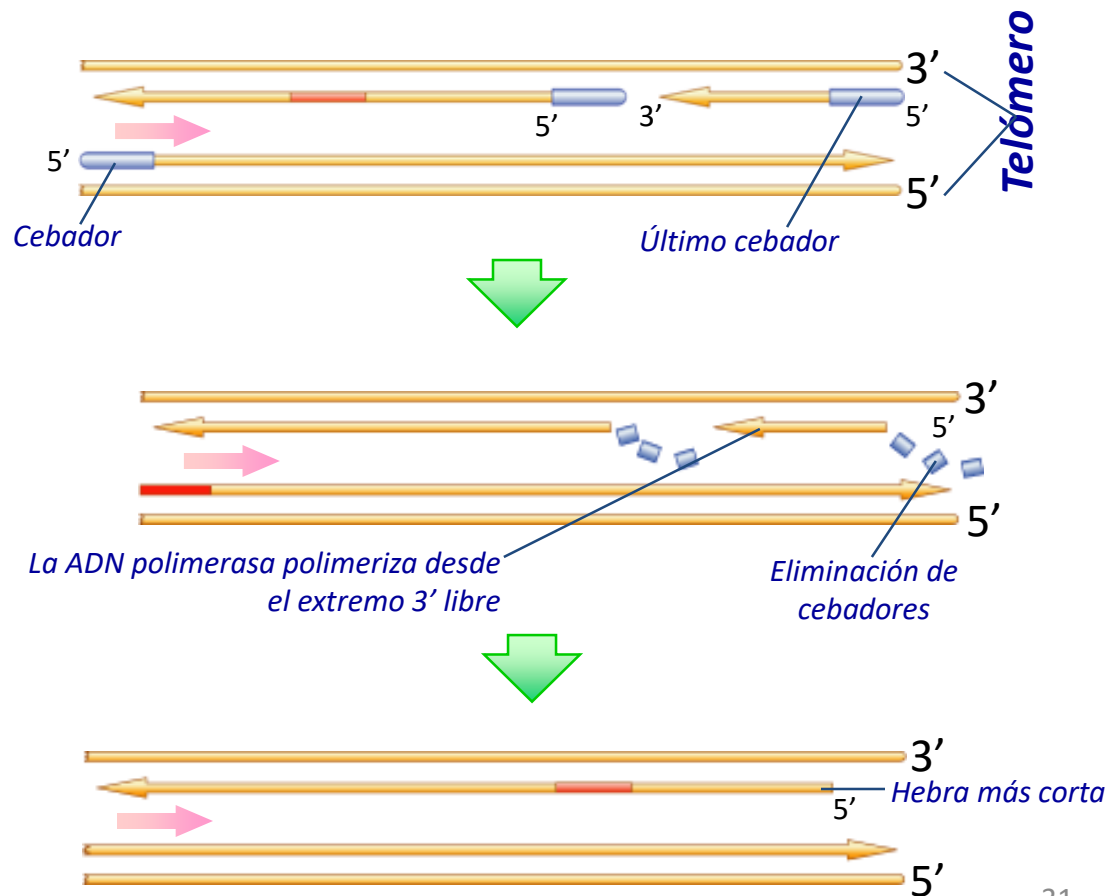
- ❑ El material genético de eucariotas esta dividido en varios cromosomas, mucho mas largos que el cromosoma procariota.
- ❑ La replicación se origina simultáneamente en muchos puntos: **los replicones** (puede haber mas de 6000 en un solo cromosoma).
- ❑ Existen cinco tipos de **ADN polimerasas** ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , y  $\epsilon$ ).
- ❑ El ADN eucariota está asociado a histonas, que se tienen que duplicar durante la duplicación para formar los nucleosomas.
- ❑ Los nuevos nucleosomas se incorporan a la hebra retardada y los viejos se quedan en la conductora.

# Envejecimiento y muerte celular

Cuando se elimina el último cebador, la ADN polimerasa no podrá rellenar el hueco, al no poder sintetizar en dirección 3' - 5'.

Debido a esto el extremo del cromosoma (telómero) se va acortando cada vez que la célula se divide.

Esto se asocia al **envejecimiento** y **muerte celular**.



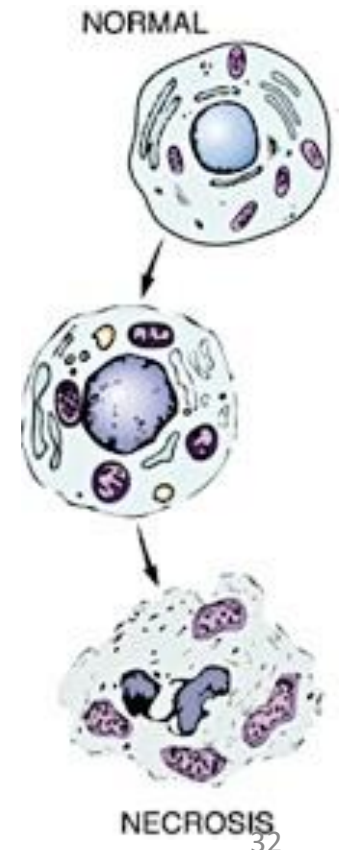
# Envejecimiento y muerte celular

## MUERTE CELULAR

Se puede dar de dos formas: Necrosis y apoptosis

### Necrosis:

- Se produce cuando la célula sufre un daño grave.
- Comprende un estado irreversible de la célula. No se puede mantener la integridad de la membrana plasmática y hay un escape de elementos citoplasmáticos, desnaturalización de las proteínas,...
- Todos estos cambios condenan a la célula a perder su función específica, y quedan restos celulares que serán fagocitados por los macrófagos.

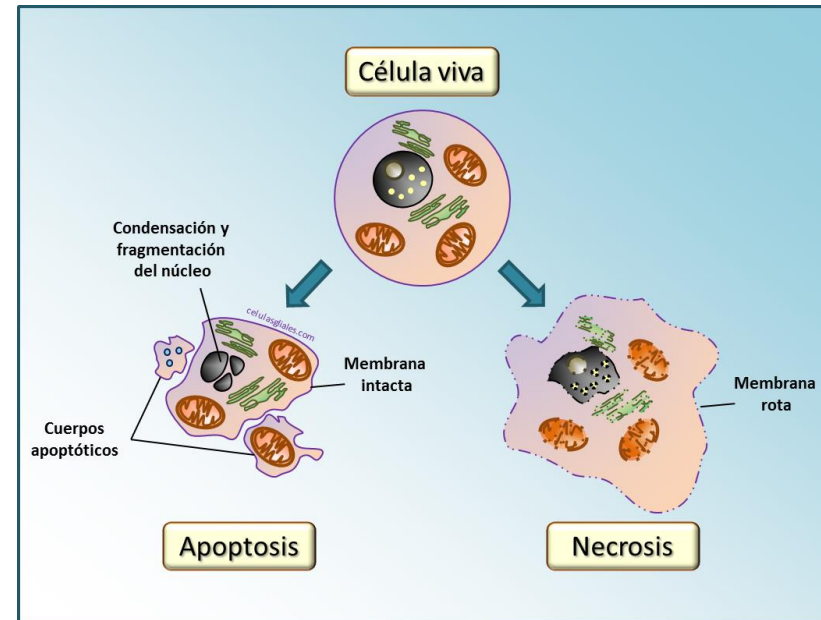




# Envejecimiento y muerte celular

## Apoptosis:

- Es una vía de destrucción o muerte celular programada o provocada por el mismo organismo, con el fin de controlar su desarrollo y crecimiento.
- Puede ser de naturaleza fisiológica y está desencadenada por señales celulares controladas genéticamente.
- Tiene una función muy importante en los organismos, pues hace posible la destrucción de las células dañadas, evitando la aparición de enfermedades como el cáncer, consecuencia de una replicación indiscriminada de una célula dañada.



# Mitosis

- Es la división del núcleo celular (fase M del ciclo celular).
- Proceso exclusivo de eucariotas.
- Se obtienen 2 células hijas, idénticas entre ellas y a la célula madre
- Significado biológico:
  - Se mantiene el número de cromosomas.
  - Se mantiene la información genética.
- Fases:
  - Profase y prometafase (profase tardía)
  - Metafase
  - Anafase
  - Telofase

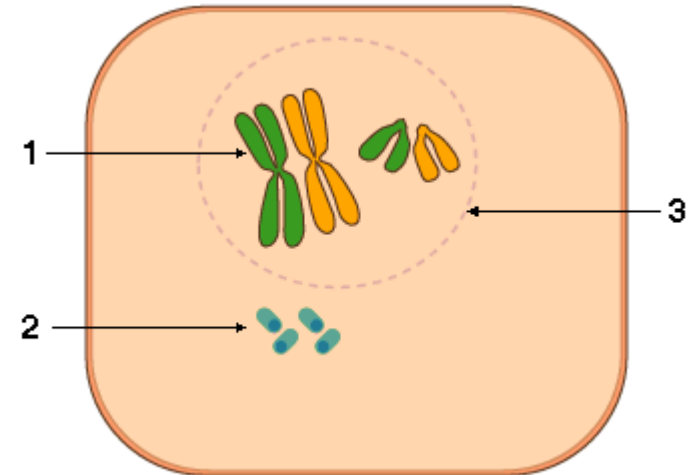
# Profase

## Profase temprana

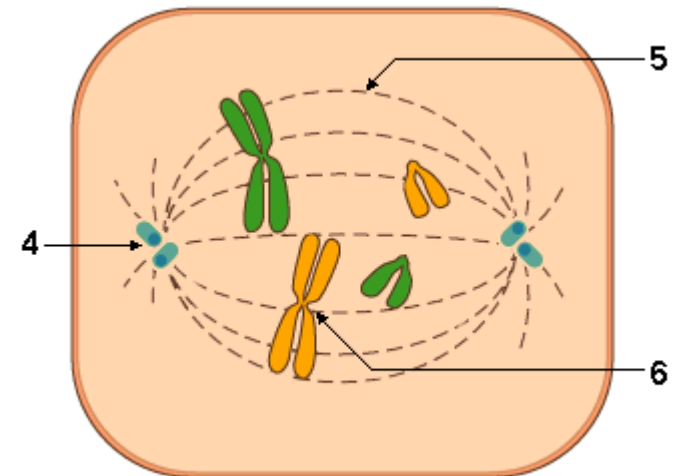
- Condensación de la cromatina (se hacen visibles los cromosomas(1).
- Desaparece la membrana nuclear y el nucléolo (2).
- El centrosoma ya esta duplicado (3).

## Prometafase (profase tardía)

- Migración de centriolos hacia los polos (en células animales) (4).
- Se forma de huso mitótico (5).
- Formación de cinetocoros a ambos lados del centómero (6)



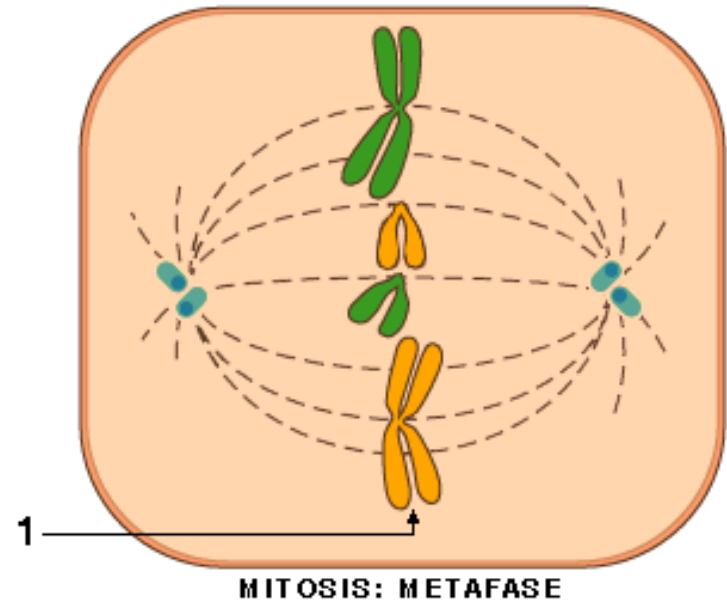
MITOSIS: PROFASE TEMPRANA



MITOSIS: PROFASE TARDÍA

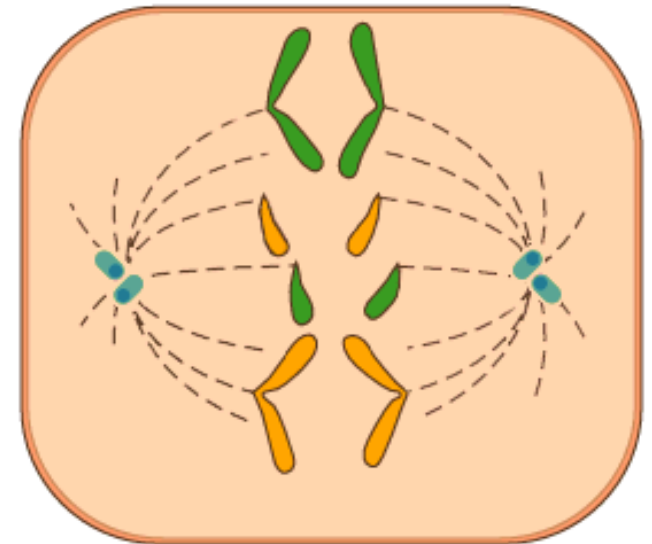
# Metafase

- Máximo grado de condensación en los cromosomas
- Formación completa de huso acromático.
- Cromosomas en plano ecuatorial empujados por microtúbulos cinetocóricos (1)
- Centrómeros perpendiculares a los centríolos.
- Las cromátidas se orientan hacia los polos de la célula

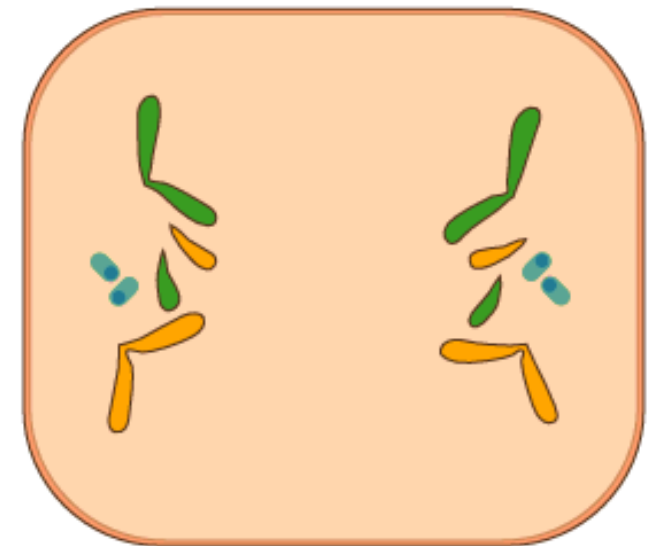


# Anafase

- Las cromátidas se separan.
- Son arrastradas por los microtúbulos cinetocóricos (despolimerización).
- Se alargan los microtúbulos polares por polimerización (se separan más los polos del huso acromático)
- Anafase termina cuando llegan las cromátidas a los polos.



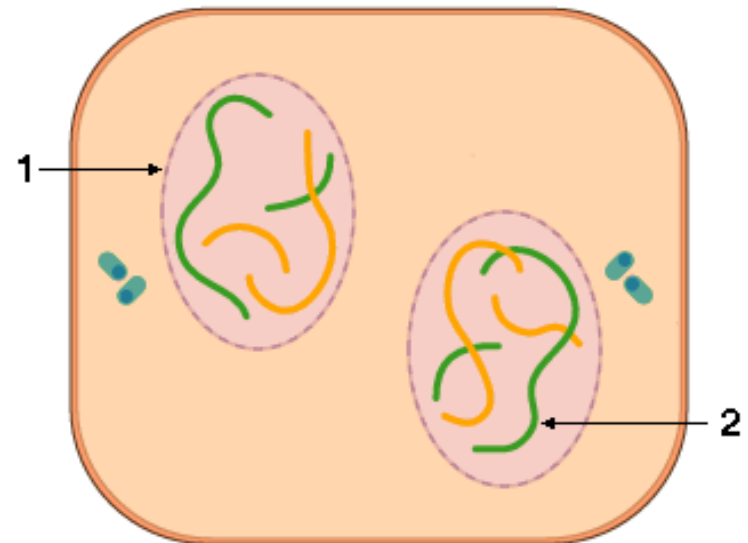
MITOSIS: ANAFASE TEMPRANA



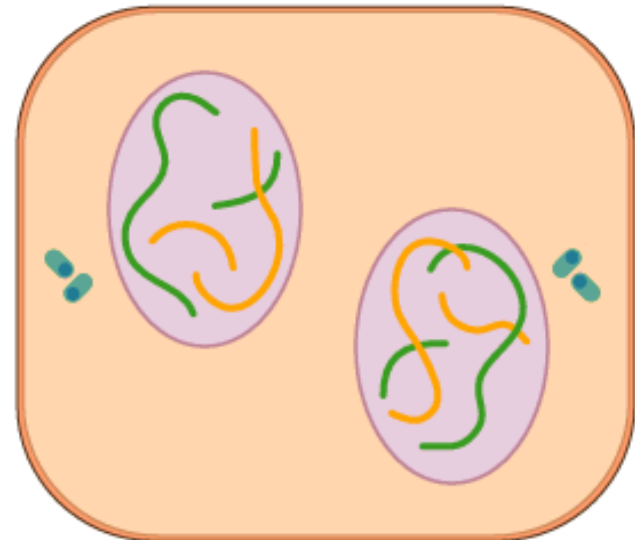
MITOSIS: ANAFASE TARDÍA

# Telofase

- Los cromosomas se desespiralizan y se transforman en cromatina (2)
- Los nucleolos reaparecen
- Aparece la membrana nuclear (1), quedando una célula con dos núcleos.
- Las membranas se forman a partir del retículo endoplásmico



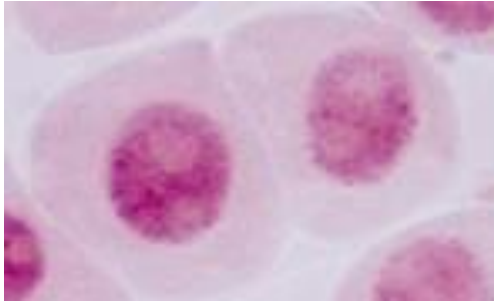
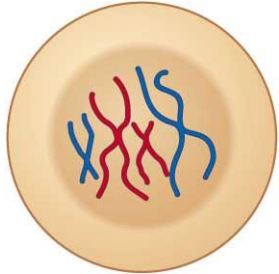
MITOSIS: TELOFASE TEMPRANA



MITOSIS: TELOFASE TARDIA

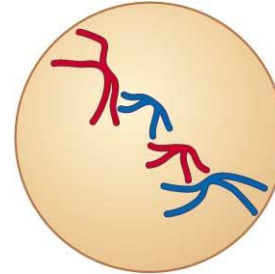
# Resumen

## PROFASE



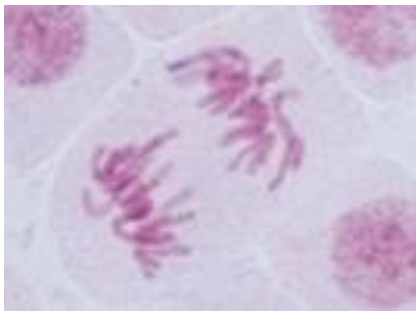
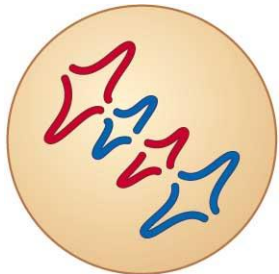
La cromatina se condensa. Los cromosomas se hacen visibles. La membrana desaparece.

## METAFASE



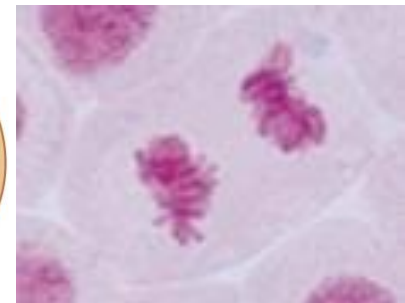
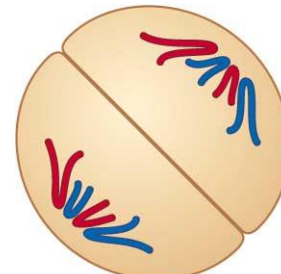
Los cromosomas muy condensados se disponen en el ecuador de la célula.

## ANAFASE



Las cromátidas hermanas se separan y se dirigen a polos opuestos de la célula.

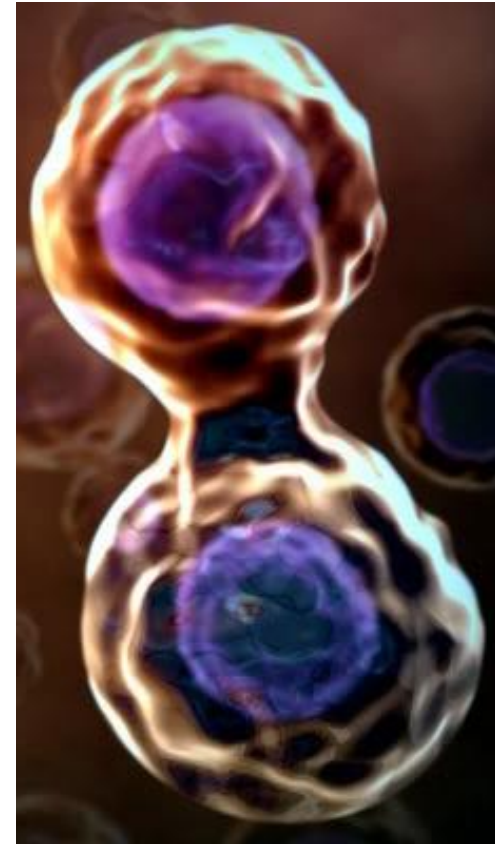
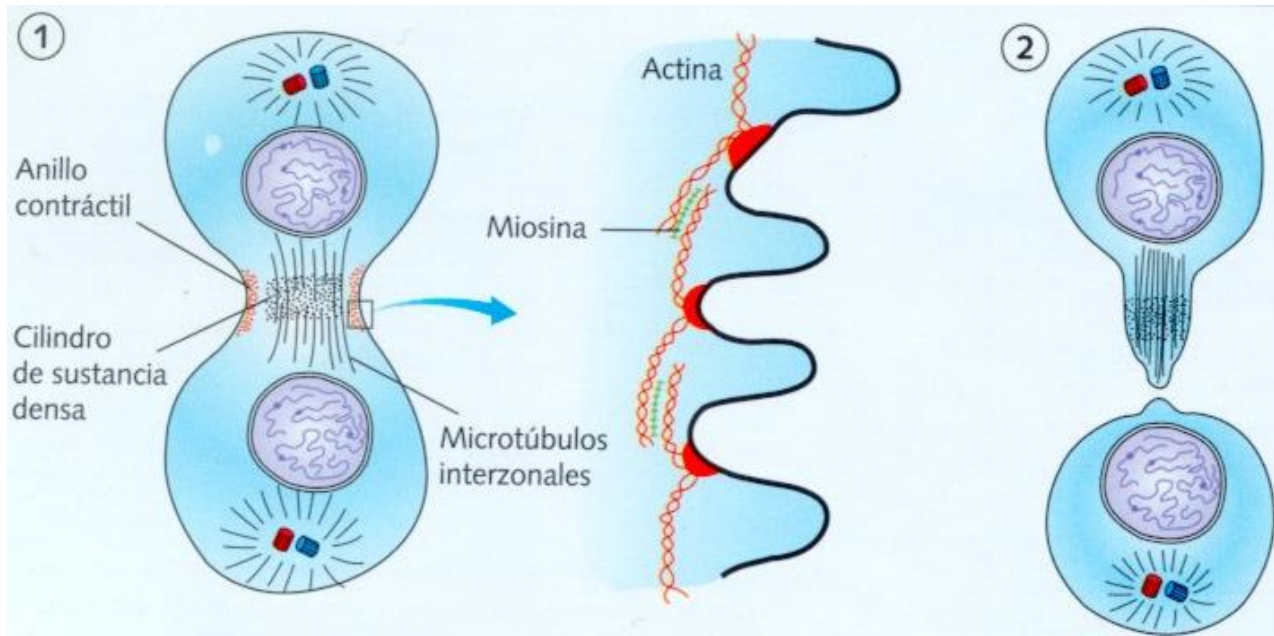
## TELOFASE



Los cromosomas hijos se rodean de una nueva membrana nuclear y se forman nuevos núcleos.

# Citocinesis

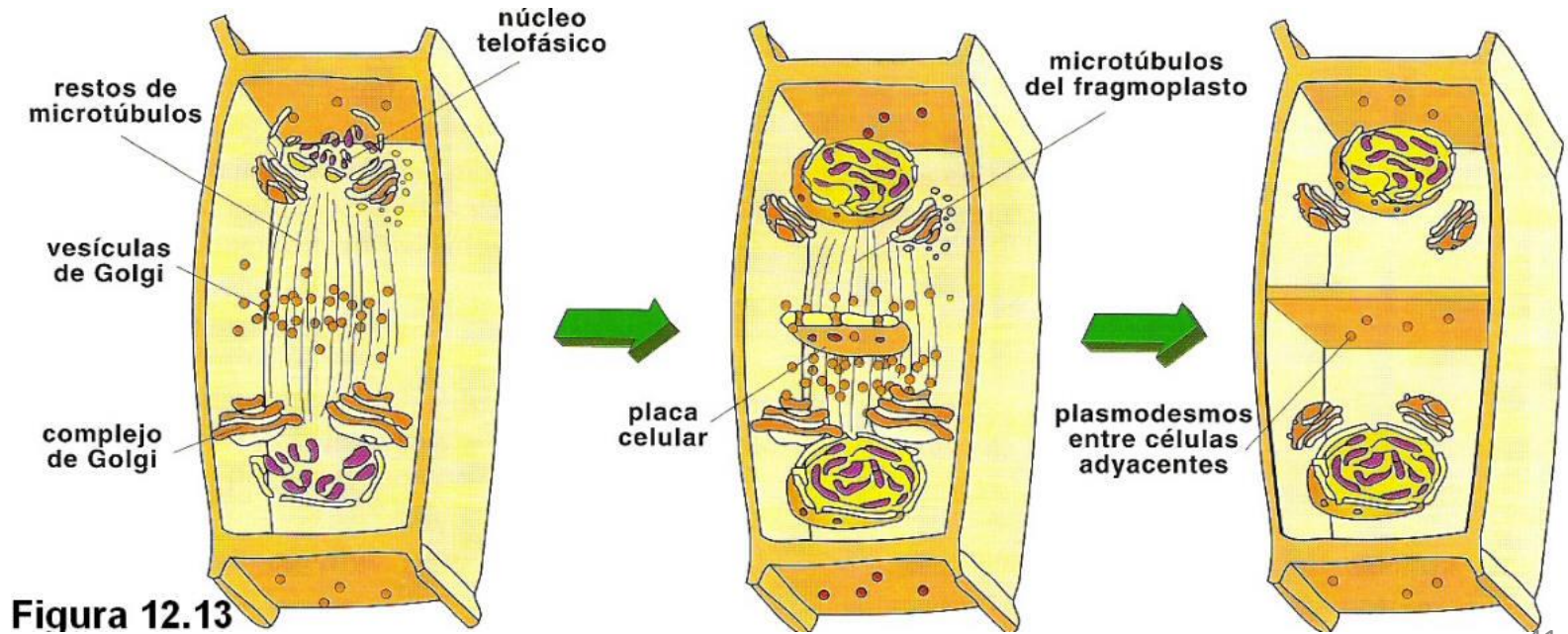
- Es la separación del citoplasma para dar las dos células hijas.
- Se reparten los orgánulos de forma equitativa.
- Es la última etapa de la división celular.
- En las **células animales** se debe a un anillo contráctil en placa ecuatorial: actina y miosina
- Se forma surco de segmentación (estrangulación de la célula)





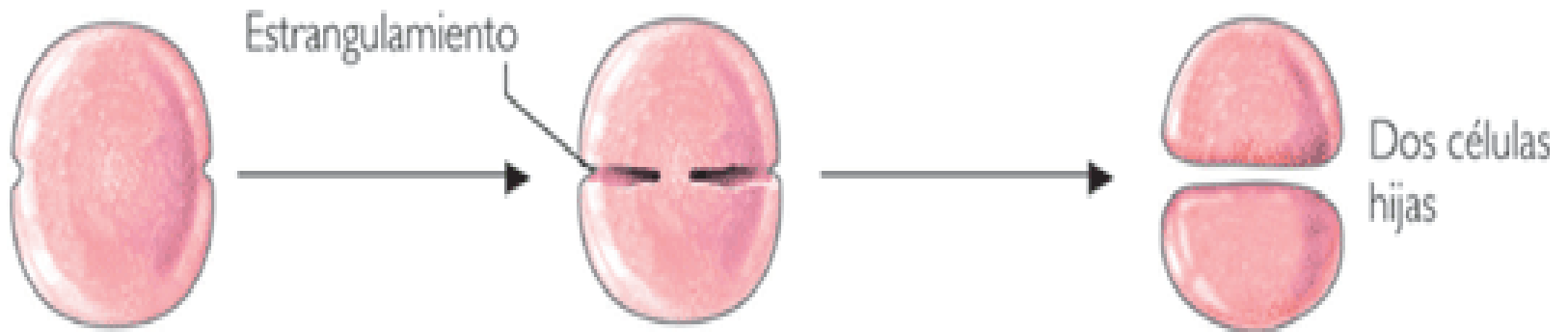
## Citocinesis en **células vegetales**:

- No puede haber estrangulamiento de la célula (pared celular)
- Formación de Fragnoplasto
- Unión de vesículas del aparato de Golgi.
- Quedan uniones entre los citoplasmas vecinos

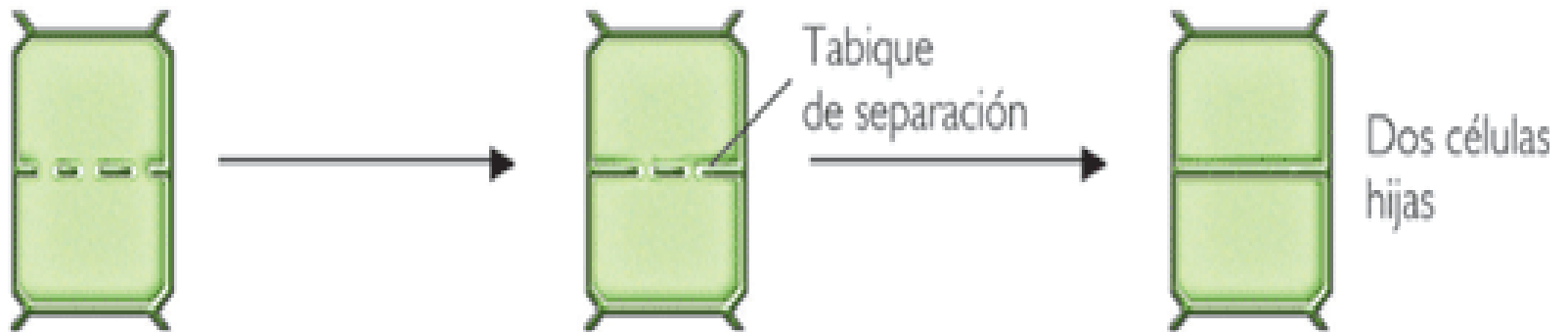


# Comparación citocinesis animal y vegetal

## Célula animal

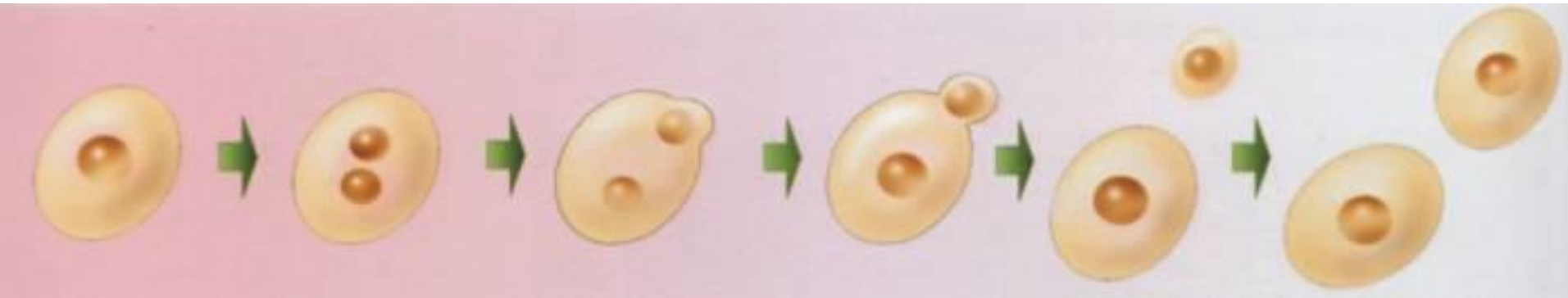


## Célula vegetal

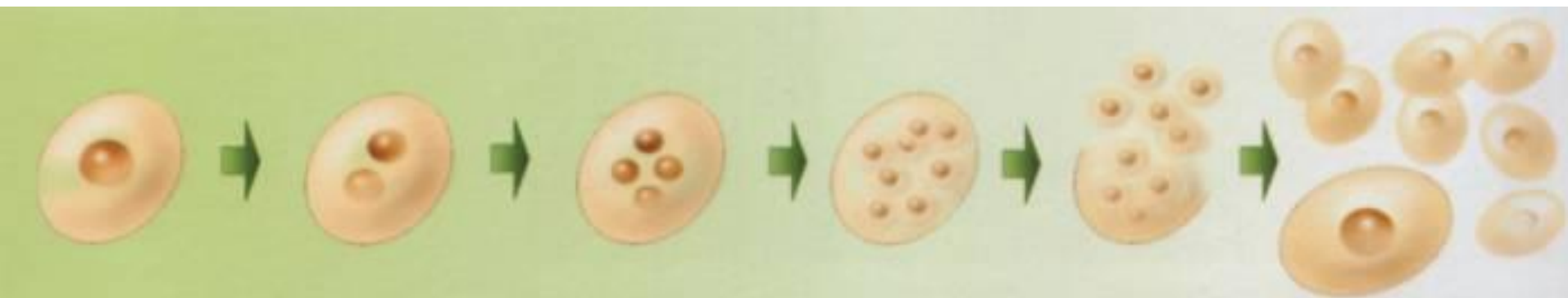


## Otros procesos de división celular

### Gemación



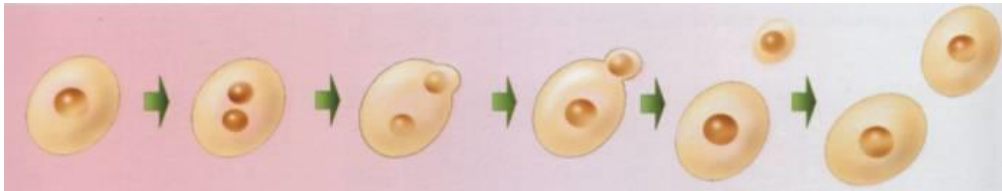
### Esporulación



## Otros procesos de división celular

- **GEMACIÓN:**

- Reparto asimétrico de citoplasma.
- La célula pequeña se llama yema (puede quedar unida a la madre).
- Típica de levaduras



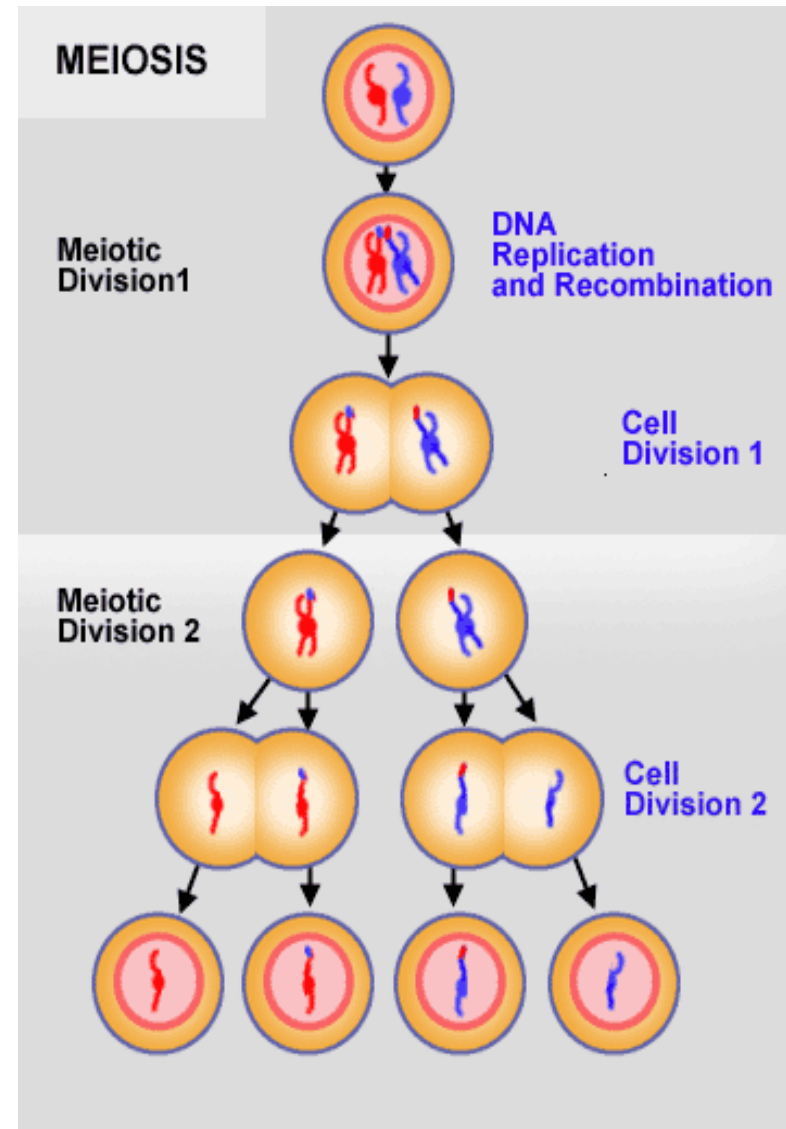
- **ESPORULACIÓN:**

- Varias mitosis sucesivas sin citocinesis.
- Se forman células multinucleadas.
- Posteriormente cada núcleo se rodea de citoplasma,
- Cada célula resultante es una espora.
- Típica de hongos y protozoos



# LA MEIOSIS

- Produce células haploides (gametos).
- A partir de una célula diploide (meiocito) se forman:
  - 4 células
  - Células haploides
  - Células con recombinación genética (diferentes entre sí)
- Dos partes:
  - Meiosis I (fase reduccional)
  - Meiosis II (similar a una mitosis convencional)



## FASES DE LA MEIOSIS

### DIVISIÓN MEIÓTICA I

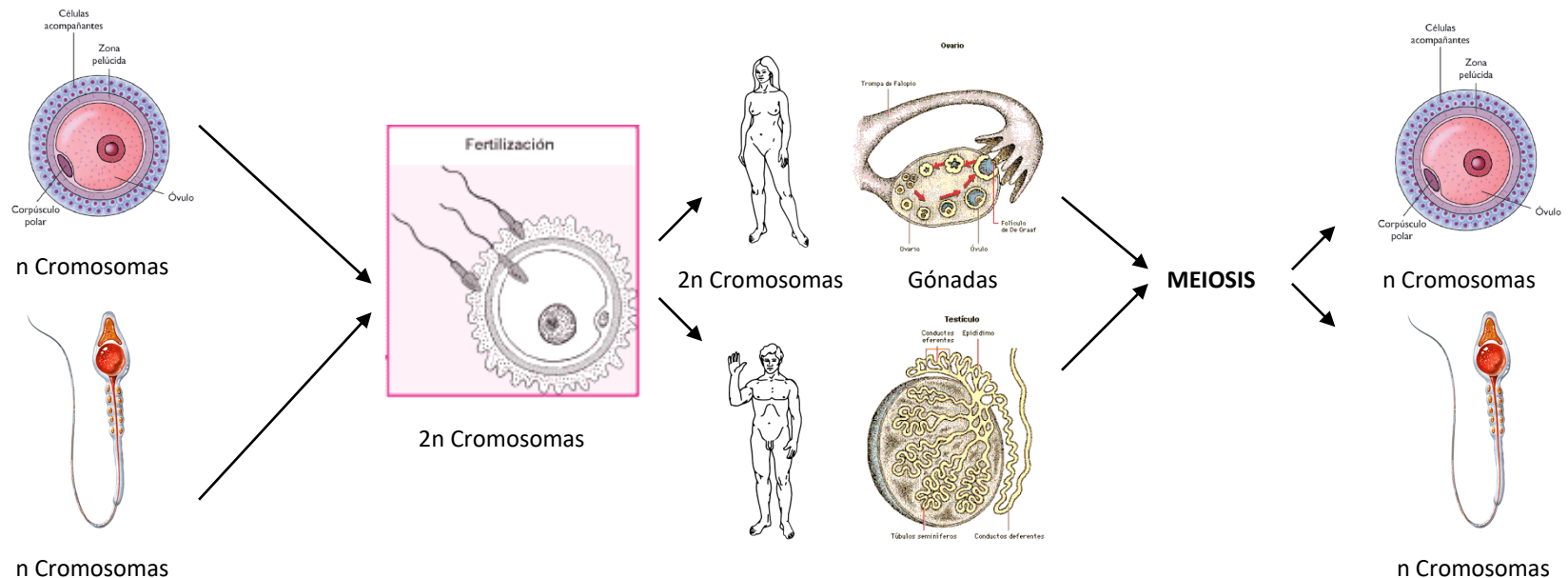
1. Profase I
  - Leptoteno
  - Cigoteno
  - Paquiteno
  - Diploteno
  - Diacinesis
2. Metafase I
3. Anafase I
4. Telofase I

### DIVISIÓN MEIÓTICA II

1. Profase II
2. Metafase II
3. Anafase II
4. Telofase II

# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- La fusión de los gametos en la reproducción sexual da lugar a un cigoto con el doble de cromosomas que cualquiera de los gametos.
- Si el individuo desarrollado a partir de ese cigoto produjera gametos también con el doble de cromosomas, sus descendientes presentarían el cuádruple de cromosomas, y así sucesivamente.



# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

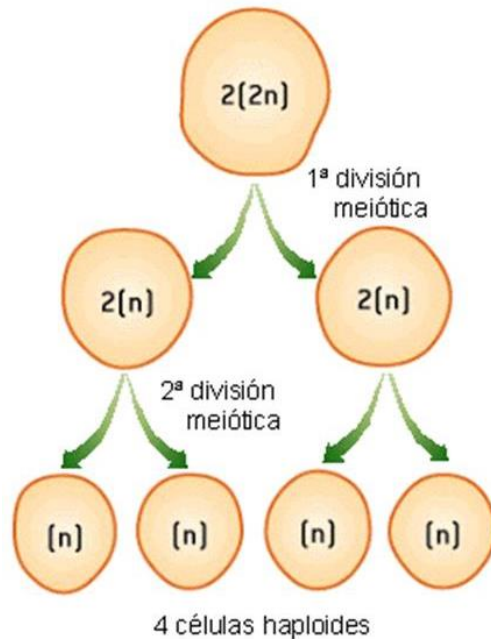
- Para evitar la duplicación cromosómica que se produciría de generación en generación es necesario que, en algún momento del ciclo biológico de las especies que se reproducen sexualmente, el número de cromosomas se reduzca a la mitad.
- ¿Cómo se produce esa reducción en el número de cromosomas?
- Esa **reducción cromosómica** tiene lugar en un proceso especial de división celular: la **meiosis**.



# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- En la meiosis tienen lugar dos divisiones consecutivas, denominadas respectivamente **primera y segunda división meiótica**.
- Se forman cuatro células haploides por cada célula materna diploide.
- En ambas divisiones meióticas se suceden las mismas fases: **profase, metafase, anafase y telofase**.



¿Este tipo de división será típico de organismos con reproducción sexual u organismos con reproducción asexual?

Tiene lugar en los organismos con reproducción sexual.

# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **Primera división meiótica:** la diferencia fundamental entre meiosis y mitosis tiene lugar en la **profase** de la primera división meiótica (**profase I**). En esta fase, de larga duración, los cromosomas homólogos se emparejan e intercambian material hereditario.

- **Segunda división meiótica:** se inicia tras una breve interfase, en la cual el ADN no se duplica.

Esta segunda división guarda muchas semejanzas con la división mitótica.

# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

Primera división meiótica:

Profase I: vamos a encontrarnos con 4 etapas.

Metafase I

Anafase I

Telofase I

Segunda división meiótica:

Profase II

Metafase II

Anafase II

Telofase II

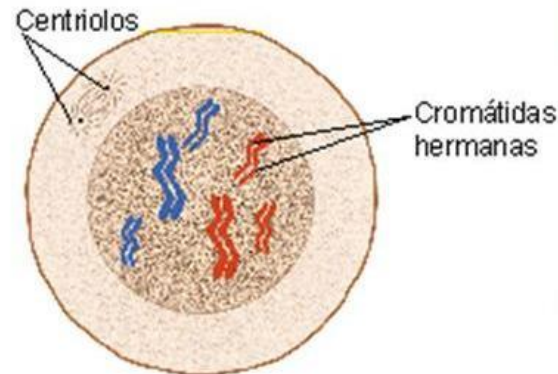
# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **Etapas de la profase I:**

- **1.** Los filamentos de ADN, ya duplicados, comienzan a condensarse.

Los cromosomas se hacen visibles y se observa que cada uno está replicado en dos cromátidas (cromátidas hermanas).



Los filamentos de ADN comienzan a condensarse. Los cromosomas se hacen visibles.

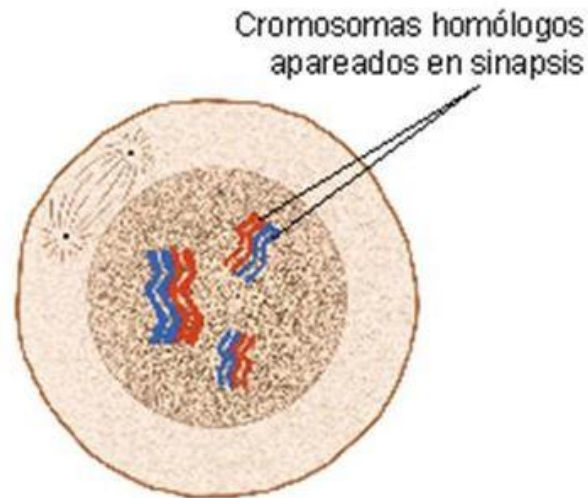
# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **Etapas de la profase I:**

- 2. Cada cromosoma se aparea longitudinalmente, gen a gen, con su homólogo correspondiente.

Este proceso se denomina sinapsis.



Cada cromosoma se aparea longitudinalmente, gen a gen, con su homólogo formándose sinapsis.

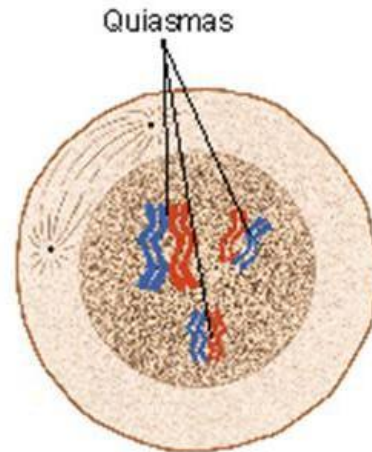
# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **Etapas de la profase I:**

- 3. Las dos cromátidas homólogas adyacentes se unen íntimamente en algunos puntos formando quiasmas.

En ellos tienen lugar roturas en los filamentos de las cromátidas homólogas e intercambios de segmentos de ADN (entrecruzamiento) entre ellas.



Las cromátidas homólogas se unen íntimamente en algunos puntos, donde tienen lugar roturas y entrecruzamientos de fragmentos de cromátidas.

# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

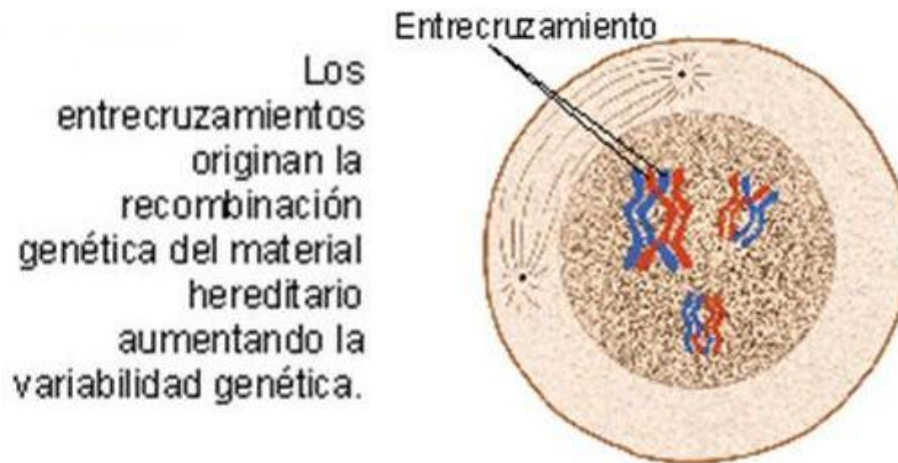
- **LA MEIOSIS**

- **Etapas de la profase I:**

- 4. El entrecruzamiento origina cromosomas con fragmentos intercambiados que llevan nuevas combinaciones de genes.

Así se produce la recombinación genética

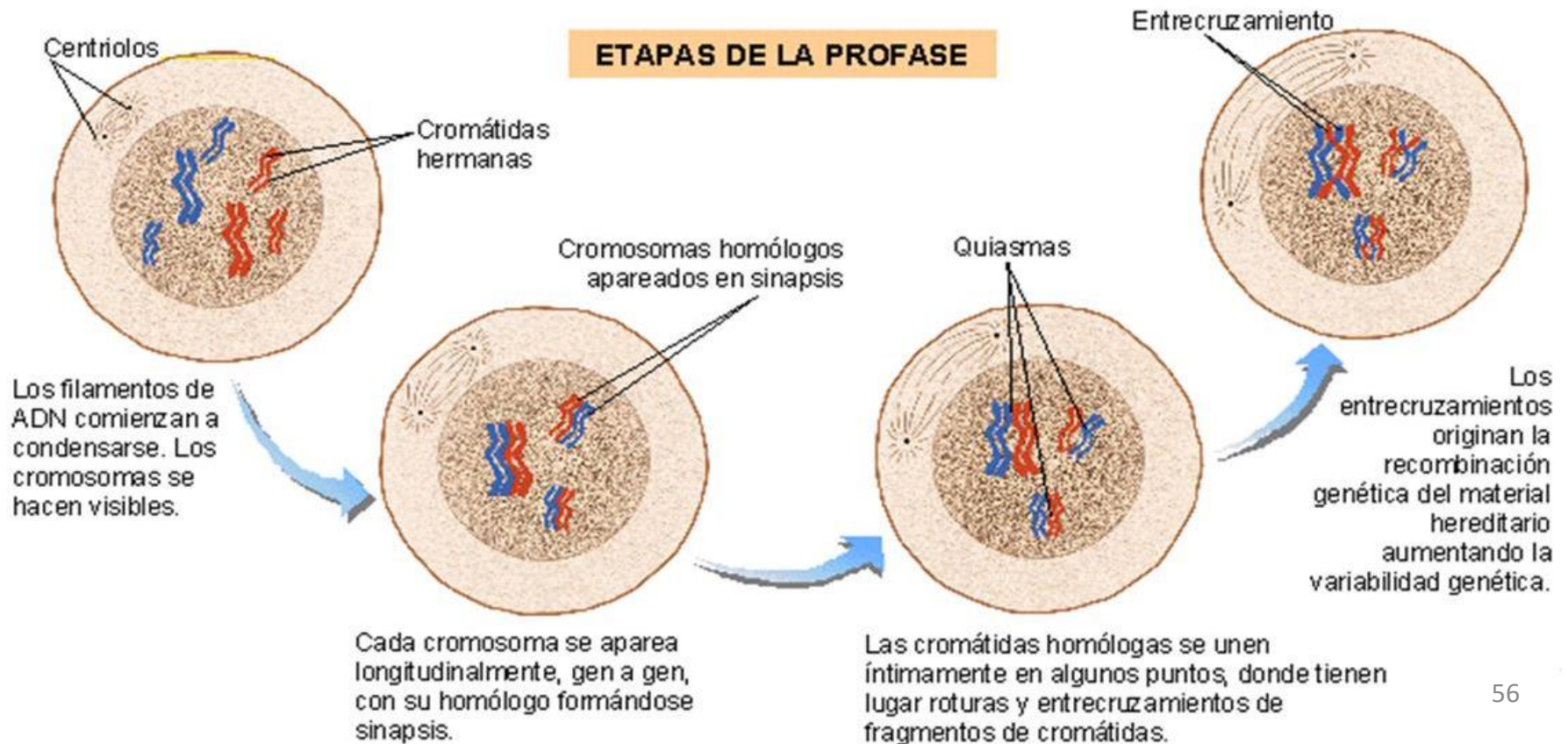
La consecuencia de la recombinación es el incremento de la variabilidad genética de las especies que se manifiesta en una mayor variedad de individuos en las poblaciones.



# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

## • LA PROFASE I DE LA MEIOSIS: Resumen

Etapa de larga duración, en la que los cromosomas homólogos se emparejan e intercambian material hereditario.



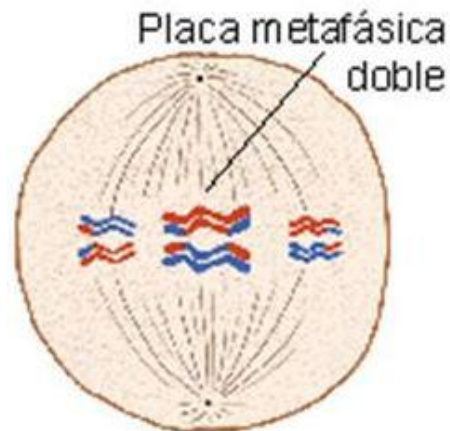


# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **Metafase I:**

- Los pares de cromosomas homólogos emigran al plano ecuatorial del huso, lo que da lugar a la **placa metafásica doble**, formada por pares de cromosomas homólogos



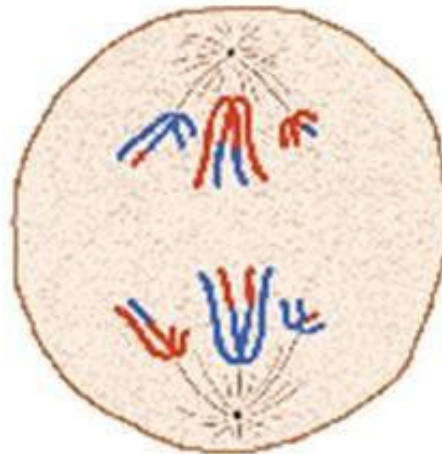
Metafase I

# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **Anafase I:**

- Se separan los cromosomas homólogos, yendo un cromosoma de cada par hacia un polo celular diferente.



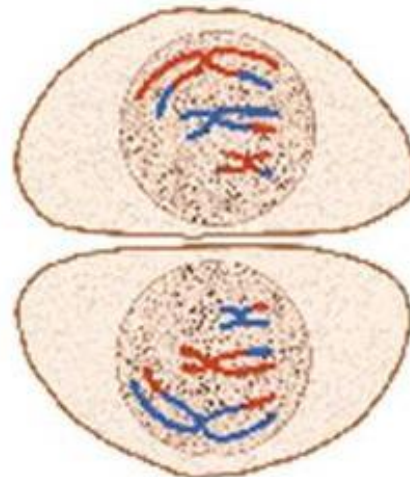
Anafase I

# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **Telofase I:**

- Se forman los núcleos de las dos células hijas, habiendo recibido cada una de ellas un solo juego completo de cromosomas homólogos todavía replicados en dos cromátidas.



Telofase I

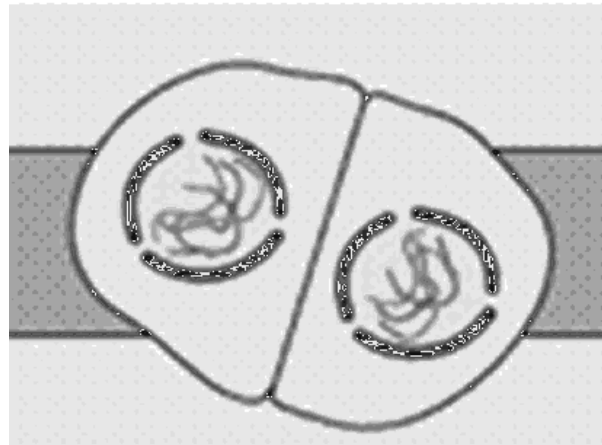
# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

- **2ª División meiótica:** Similar toda ella a una mitosis normal

- **Profase II:** Tras una breve interfase, los cromosomas se condensan nuevamente.

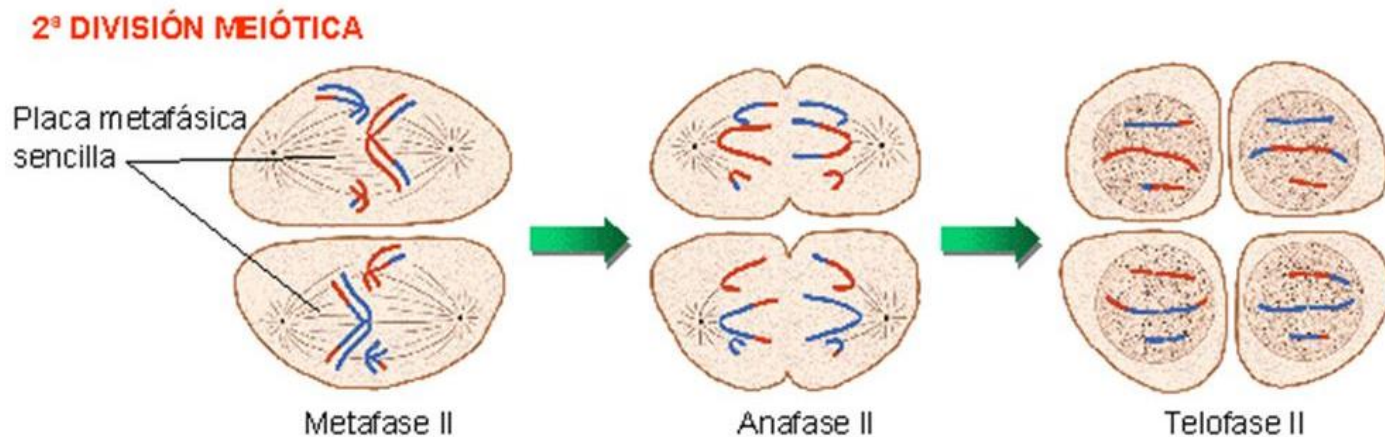
- Es similar a la profase de la Mitosis



# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS**

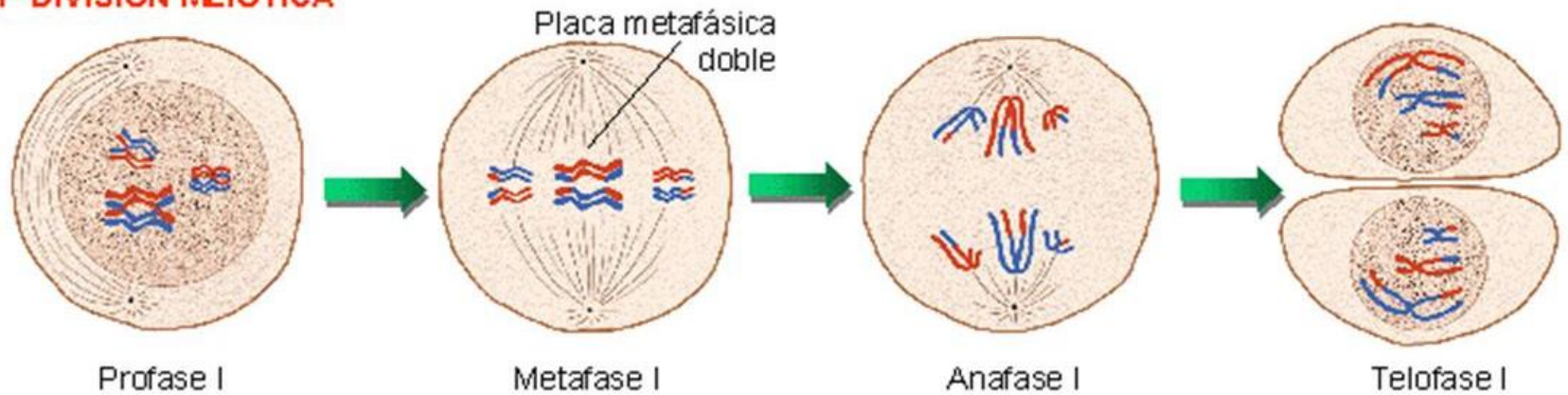
- **Metafase II:** los cromosomas de las células hijas se alinean en el plano ecuatorial, dando lugar a la **placa metafásica sencilla**.
- **Anafase II** se separan las cromátidas hermanas de cada cromosoma y emigran a su respectivo polo celular.
- **Telofase II:** se construyen los núcleos de las células hijas. Cada núcleo ha recibido un solo juego completo de cromosomas (formados por una única cromátida)



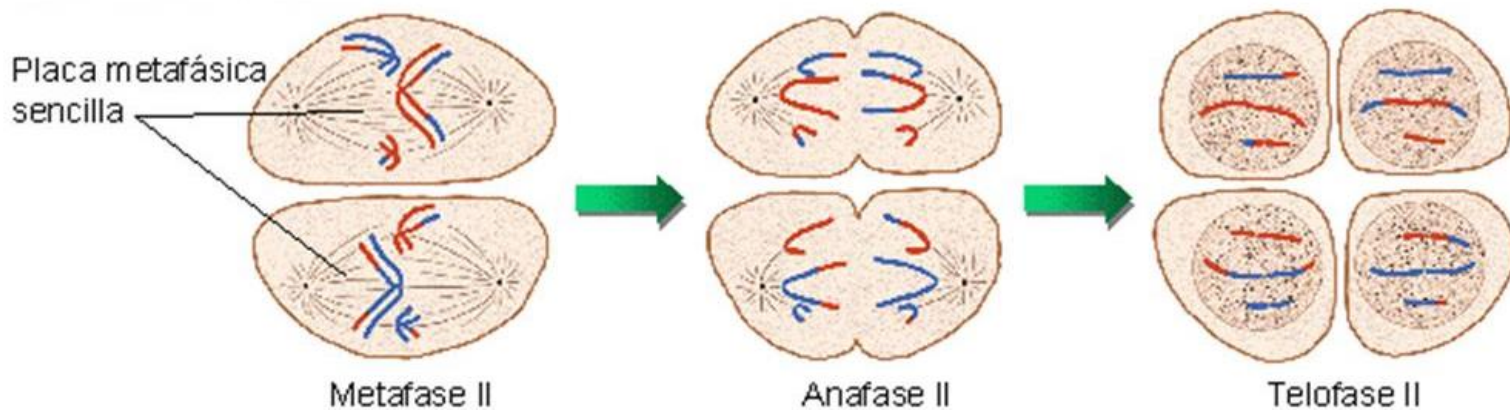
# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **LA MEIOSIS (Resumen)**

## 1ª DIVISIÓN MEIÓTICA



## 2ª DIVISIÓN MEIÓTICA



# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **Consecuencias de la meiosis**

- En la interfase previa a la primera división, los cromosomas de la célula madre se replican y aparecen formados por 2 cromátidas.
- Durante esta primera división, las parejas de homólogos se reparten entre las 2 células hijas. Estas células son haploides y sus cromosomas siguen formados por 2 cromátidas.
- En la interfase previa a la segunda división no hay periodo de síntesis y durante esta segunda división, las 2 cromátidas de cada cromosoma se reparten en las 2 células hijas.

# LA DIVISIÓN CELULAR POR MEIOSIS

- **Consecuencias de la meiosis**
  - En la meiosis, el material nuclear se ha replicado una sola vez, (antes de la primera división) y se ha dividido dos veces. El resultado final son **cuatro células haploides**; se ha reducido a la mitad el número de cromosomas del núcleo original diploide.
  - Debido al **entrecruzamiento** producido en la **profase I**, cada cromosoma tiene **información** procedente de **ambos progenitores**. Los núcleos producidos por meiosis contienen una **nueva combinación de genes**.
  - La consecuencia de la división es una mayor variedad de individuos en las poblaciones.



# RESUMEN DE MITOSIS Y MEIOSIS

Mitosis:

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

Meiosis:

[https://www.youtube.com/watch?v=MdmL9pM\\_kdE](https://www.youtube.com/watch?v=MdmL9pM_kdE)

# Mitosis vs Meiosis:

## Mitosis

- Conservativa ( $2n$ )  $\rightarrow$  ( $2n$ )
- Una división (2 células hijas)
- No suele haber apareamiento cromosomas homólogos (y no quiasma)
- Células no gaméticas
- Interviene en el crecimiento y la reproducción asexual

## Meiosis

- Reductiva ( $2n$ )  $\rightarrow$  ( $n$ )
- Dos divisiones (4 células hijas)
- Apareamiento cromosomas homólogos (y quiasma  $\rightarrow$  entrecruzamiento)
- Células gaméticas
- Imprescindible en la reproducción sexual

## Reproducción asexual

- Interviene un solo organismo
- Se obtienen copias idénticas
- Es propio de seres unicelulares pero también se da en otros grupos
- Se hace por **mitosis**
- No se genera variabilidad genética
- Es un proceso sencillo y rápido.
- Muy útil para la colonización de nuevos medios.
- La falta de variabilidad puede originar la extinción por falta de adaptación en caso de cambio del medio

## Reproducción sexual

- Intervienen dos organismos
- Se obtienen individuos con mezcla de las características de los dos progenitores.
- Se hace por **meiosis**
- Se forma un cigoto tras la fecundación
- Si se genera variabilidad genética:
  - a. Por la recombinación en la meiosis
  - b. Por la distribución al azar de los cromosomas
  - c. Por diferencias entre los genes de los gametos
- Es un proceso más lento y complicado que la reproducción asexual
- Permite adaptarse al medio en condiciones adversas.

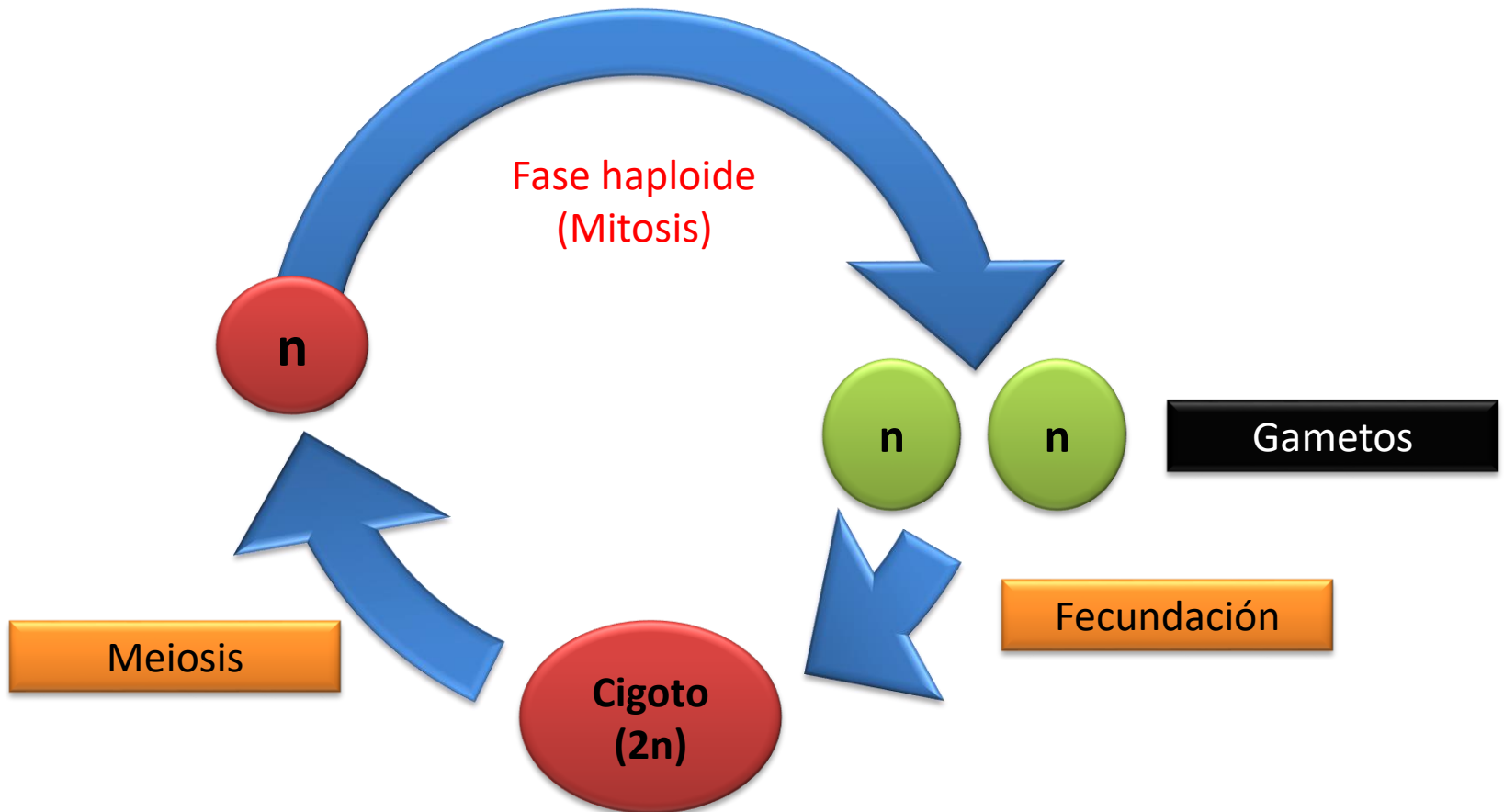
# CICLOS BIOLÓGICOS

El ciclo de vida se produce en individuos que poseen reproducción sexual, pues se inicia cuando dos gametos se unen y va hasta la producción de gametos del individuo formado, finalizando un ciclo y comenzando otro con la fecundación.

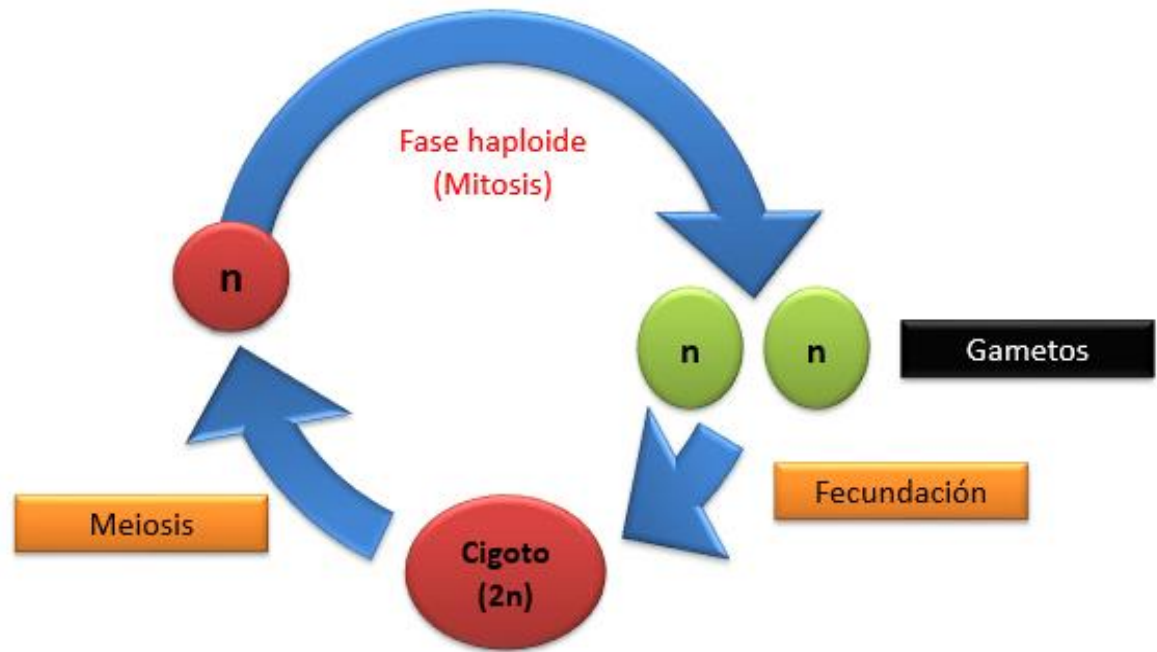
En las especies vivas podemos encontrar tres ciclos de vida: ciclo **haplonte**, ciclo **diplonte** y ciclo **haplodiplonte**.

# CICLOS BIOLÓGICOS

## Ciclo haplonte



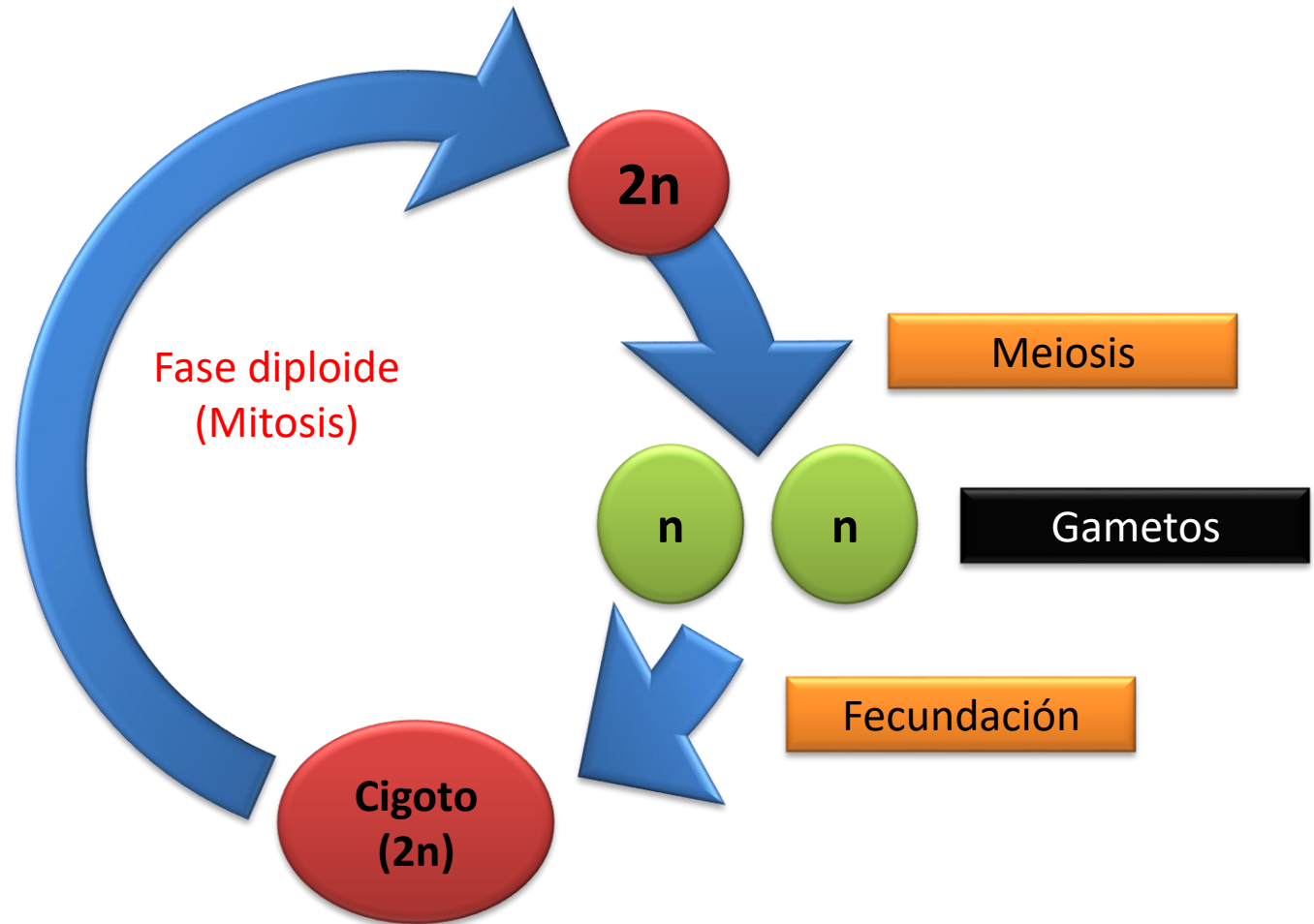
# Ciclo **haplonte**



- En este ciclo de vida el organismo adulto es haploide ( $n$ ) y produce gametos por mitosis.
- Mediante la fecundación originan un cigoto diploide que rápidamente sufre una meiosis para que el organismo mantenga la haploidía (estado de la célula con un solo juego de cromosomas) de la especie. Al quedar maduro sexualmente, producirá gametos por meiosis, comenzando otro ciclo y finalizando este.

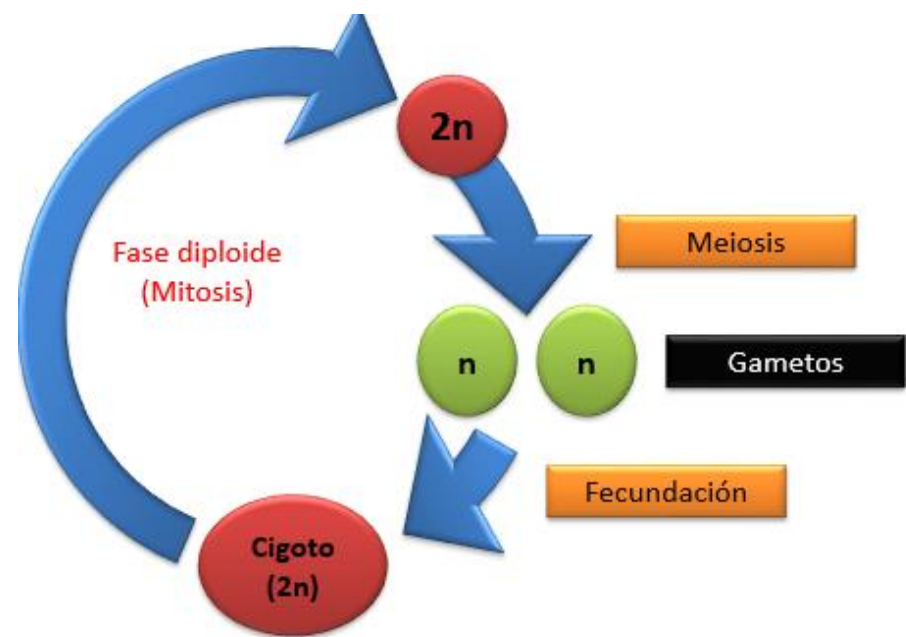
# CICLOS BIOLÓGICOS

## Ciclo diplonte





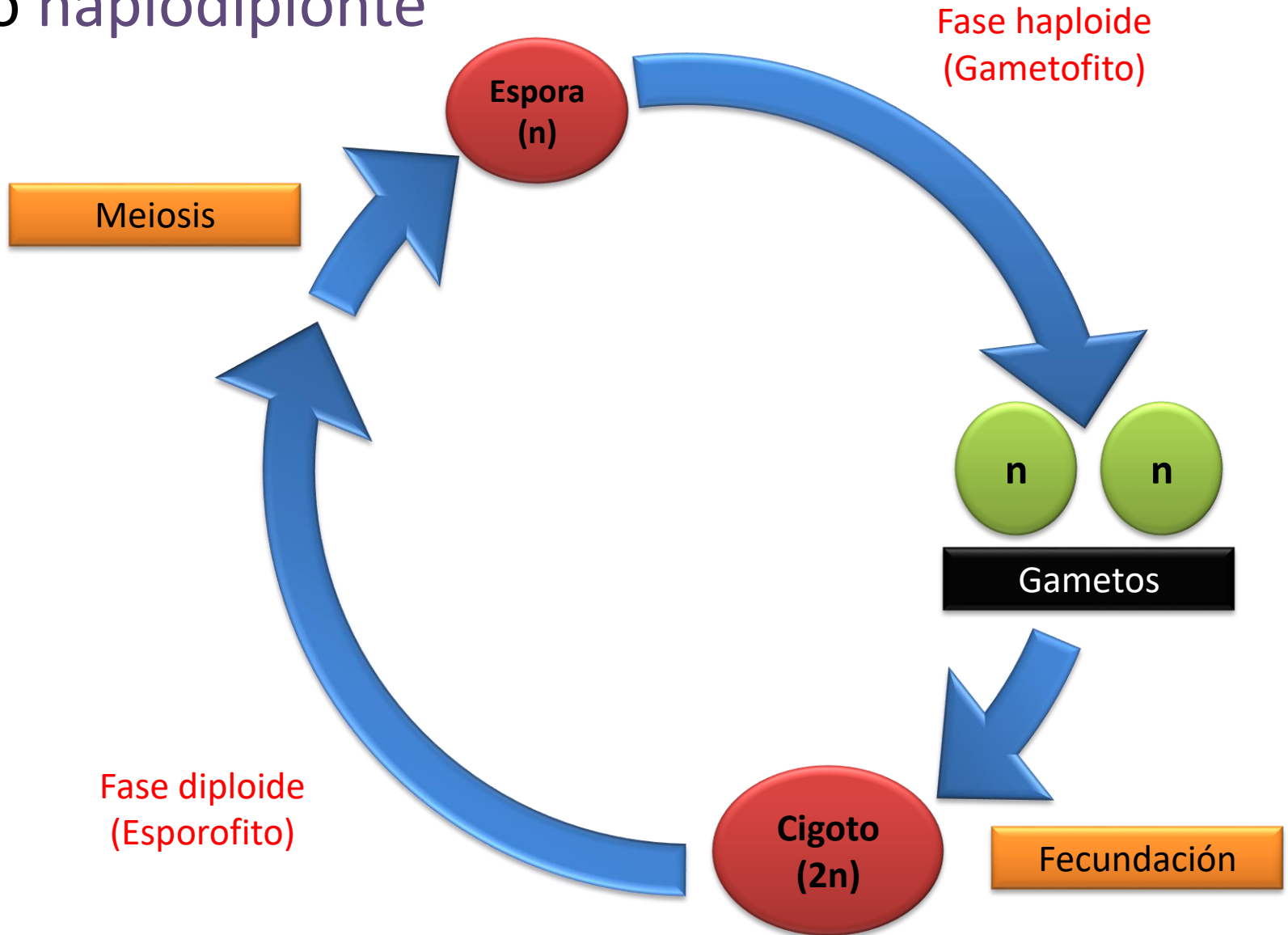
# Ciclo diplonte



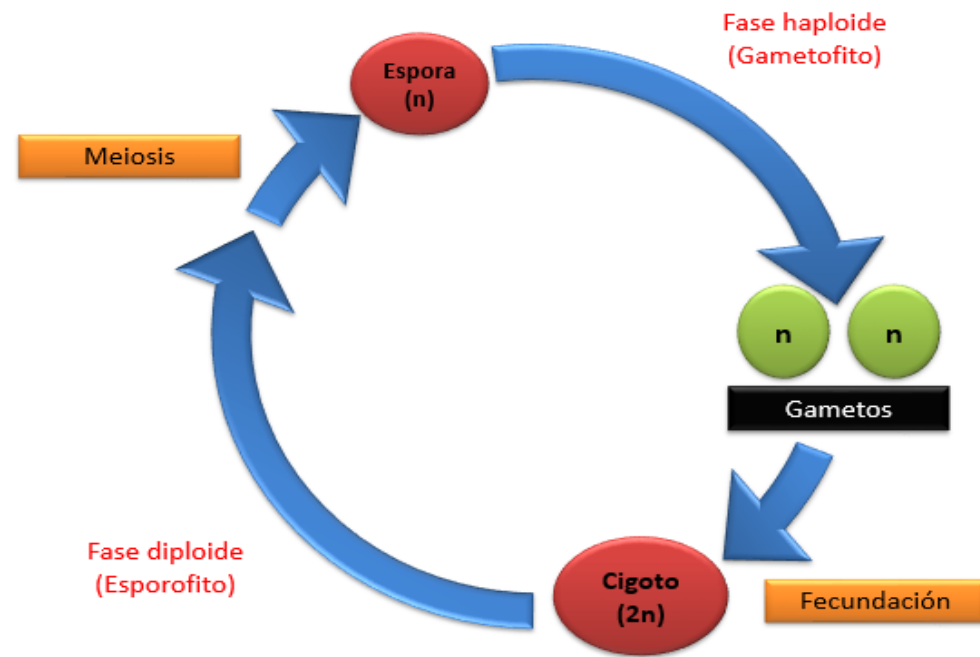
- Este ciclo de vida se produce en los seres humanos.
- En edad reproductiva, el cuerpo produce gametos por meiosis, que son las células sexuales con la mitad del número de cromosomas de la especie, es decir, son células haploides.
- La meiosis de este ciclo ocurre en la formación de gametos, por eso es llamada de meiosis gamética.
- De la unión de estos gametos se origina un cigoto diploide, y cuando alcanza la madurez sexual se producirán gametos por meiosis dando paso al siguiente ciclo de vida.

# CICLOS BIOLÓGICOS

## Ciclo haplodiplonte



# Ciclo haplodiplonte



- Este ciclo de vida se produce en la mayoría de las algas y su característica principal es la alternancia de generaciones, donde alterna una **fase haploide**, productora de gametos y **una diploide**, productora de esporas.
- La **fase diploide** recibe el nombre de esporofito y su duración varía según la especie considerada. El esporófito ( $2n$ ) posee células reproductoras de esporas. Las esporas son haploides, por lo que hay meiosis en su producción. Las esporas se liberan en el ambiente y cuando encuentran un lugar adecuado darán lugar a organismos haploides, productores de gametos. Estos productores de gametos son los gametófitos, y representan la generación gametofítica. Los gametos se funden, dando origen a un organismo diploide, el cigoto, que crece y se desarrolla, desencadenando de nuevo la fase esporofítica.