

# La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular: Nacimiento de una célula

---



2º de Bachillerato

**Biología**

**Contenidos**

## **La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular: Nacimiento de una célula**

*Como os conté, todo ha quedado en un susto, mi tío ya está en casa. Hoy he ido a verlo y me ha comentado sonriendo: ¡Tengo el corazón de un pez cebra!, he sonreído pero, la verdad no sabía muy bien a qué se refería...*

*- Bea, ¿sabes que le pasa al pez cebra?*

*- Me he dicho que no sabía y me ha contado esto que os relato:*

*- El pez cebra es un minúsculo pez óseo, que no mide más de seis centímetros de longitud, cuando se les secciona un trocito de corazón nadan, al principio, con dificultad, pero al mes han regenerado las células del miocardio y están como si nada hubiese ocurrido.*



Imagen 1. Autor: [Azul](#). Dominio público

El proceso de **división celular** es necesario en todos los organismos, en él a partir de una célula madre se originan células hijas, lo que permite, en organismos unicelulares, reproducirse, y en organismos pluricelulares, que se puedan reemplazar células muertas o que se formen nuevas para poder crecer. Este hecho podemos observarlo al ver el crecimiento de una planta a cámara rápida.

## Time Lapse of Plants Growing 2



¿Cuánto dura la división celular?

La duración de la división celular es **variable**.

- En células de embriones tempranos, la división celular puede tardar de diez minutos a una hora.
- Una bacteria, en condiciones óptimas, puede tardar en dividirse 15 ó 30 minutos.
- Una célula eucariota puede dividirse una vez al día, aunque hay células que se dividen muy lentamente, incluso algunas no lo hacen nunca.

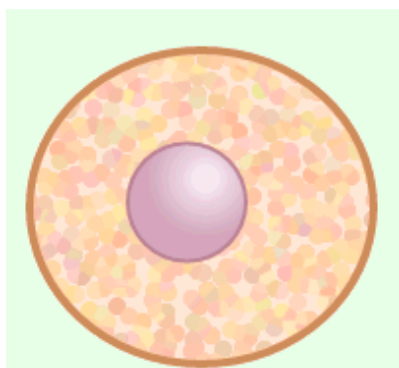
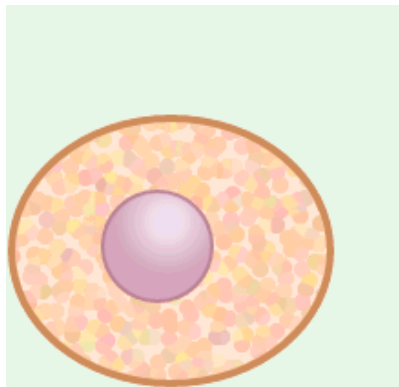
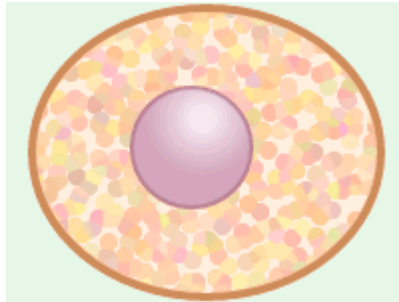
# 1. Tipos de reproducción celular

---

Podemos **clasificar**, de manera sencilla, el proceso de división celular en dos grandes grupos:

- Por el tamaño y número de las células hijas.
- Según el tipo celular y el genoma resultante.

Si clasificamos la división celular según **el tamaño y el número de células hijas** que se formen, podemos encontrar los siguientes tipos:



Imágenes 2 a 4. Autor: [Desconocido](#). Autorizado su uso educativo no comercial

*Importante*

Como has podido comprobar, estos procesos son muy sencillos, variando, básicamente, en el tamaño y número de las células hijas que se forman.

- La **bipartición** también se llama fisión binaria y es una forma de reproducción que se da en bacterias, levaduras, algas unicelulares y protozoos. La célula madre se divide en dos células hijas de igual tamaño.
- Durante el proceso de **gemación**, como puedes observar, se forman en la célula madre unos abultamientos o yemas que al crecer forman células de tamaños diferentes y que al desarrollarse originan nuevos seres, que pueden separarse del organismo o quedar unidos a él, iniciando así una colonia.
- En la **esporulación** el núcleo de la célula madre se divide varias veces y se rodea de citoplasma. La célula madre se rompe y se liberan numerosas esporas.

## Comprueba lo aprendido

Una vez que conoces estos tipos de división sabrás decir si son verdaderas o falsas estas afirmaciones:

Todas las células hijas son exactamente iguales al progenitor:

☐ Verdadero ☐ Falso

### Verdadero

Estos tres tipos de reproducción son de tipo **asexual**. Los descendientes son genéticamente idénticos al progenitor, es decir tienen la misma información en su ADN.

La bipartición es un tipo de reproducción celular que forma dos células separadas con aproximadamente el mismo tamaño:

☐ Verdadero ☐ Falso

### Verdadero

Como ves en la animación, a partir de una célula madre por bipartición se obtienen dos hijas de tamaño similar.

Son formas de reproducción características de organismos pluricelulares:

☐ Verdadero ☐ Falso

### Falso

Son características de seres unicelulares.

Según el **tipo celular** y el **genoma resultante** podemos distinguir **mitosis y meiosis**.

En un **organismo pluricelular**, como el nuestro, podemos hacer una clasificación de las células en función del número de cromosomas que tengan.

- Las **células diploides (2n)** son las células que tienen un número doble de cromosomas —es decir, poseen dos series de cromosomas—. Reciben el nombre de células somáticas; son todas las que forman nuestro cuerpo menos las reproductoras, los óvulos y los espermatozoides).
- Por otro lado tenemos las **células haploides** —que las representamos con la letra **n**—. Son células que contienen la mitad del número normal de cromosomas que hay en las células diploides. Son las células reproductoras.

Imagina una célula de la piel. Cuando nos hacemos una herida tenemos que regenerar el tejido dañado con células que sean iguales a las que perdimos, conservando el número de cromosomas. Para ello, las

células sufrirán un proceso llamado **mitosis**, formando células exactamente iguales a la célula inicial. Este vídeo puede darnos idea del proceso.

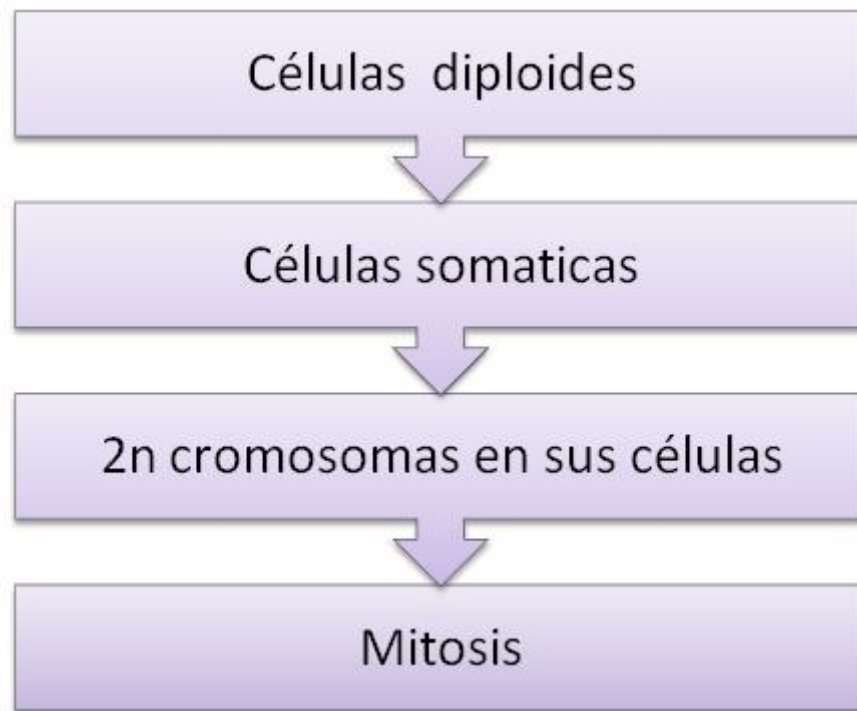


Imagen 5. Elaboración propia



En el ser humano todas las células somáticas tienen 46 cromosomas.

¿Por qué las células reproductoras deben dividirse de otra manera?

La especie humana se caracteriza por presentar en sus células 46 cromosomas. Si todas las células presentasen esa dotación, incluso los óvulos y los espermatozoides, ocurriría que al unirse formarían una célula de 92 cromosomas, lo que se aleja mucho de la dotación de cromosomas que caracteriza a la especie humana.





Fuente: [ITE](#). Autorizado su uso educativo no comercial

Para que se mantenga el número de cromosomas de una especie las células reproductoras se formarán mediante un proceso de división llamado **meiosis**, que generará células con la mitad de cromosoma; tendrán entonces, ovulo y espermatozoides, 23 cromosomas. Al unirse generaran una nueva célula de 46, manteniéndose el número de cromosomas de la especie humana.

## Comprueba lo aprendido

¿Cuál de los siguientes procesos está relacionado con la reproducción sexual de los organismos pluricelulares?

- ☐ Bipartición.
- ☐ Mitosis.
- ☐ Meiosis.

Incorrecto. Es un proceso asexual.

No, no es correcto. Es un proceso de reproducción de células somáticas

Correcto. Por meiosis se forman gametos, células reproductoras.

### Solution

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta

¿Qué proceso se necesita para obtener células hijas con la mitad de la dotación genética que las célula madre?

- ☐ Esporulación.
- ☐ Meiosis.
- ☐ Mitosis.

No es correcto.

Muy bien.

No es correcto. Se forman células hijas con la misma dotación genética.

**Solution**

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto

## 1.1. Ciclo celular

La **vida de las células** se considera al periodo que va desde que nace de otra célula hasta que vuelve a dividirse o muere.

*Importante*

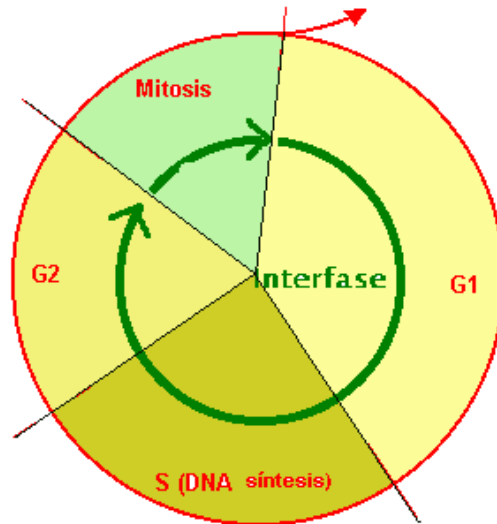


Imagen 6. Autor: Lourdes Luengo. Licencia Creative Commons

Se llama **ciclo celular** a la secuencia cíclica de procesos en la vida de una célula eucariota que conserva la capacidad de dividirse.

El ciclo celular es como un reloj que marca las distintas fases por las que pasa una célula a lo largo de su vida aunque, como ahora veremos, no todas las células lo realizan.

Podemos dividir el ciclo celular en dos grandes fases:

- **Periodo de interfase**, que se subdivide en fase G1, fase S y fase G2 ).
- **Fase M.**

Recuerda; para que se produzca cada una de esta etapas hace falta que se complete la anterior.

En esta [animación](#) puedes apreciar un ciclo celular con sus diferentes etapas. Observa que el tiempo que dura la interfase es mucho mayor que el que dura la fase M.

De las cuatro fases que aparecen en el ciclo, dos son las más importantes, la **fase S**, en la que se duplica el ADN, con el fin de crear una copia para cada célula hija, y la **fase M**, en la que se distribuye de manera equitativa el material genético y el contenido del citoplasma entre las dos células hijas.

### *Ejercicio resuelto*

El **tiempo que dura el ciclo celular** depende del tipo de célula, pero además existen factores, como el tamaño, la presencia de nutrientes, la temperatura, el pH o lesiones en el material genético, que no permiten que el ciclo celular continúe.

¿Qué ocurre si este ciclo se realiza sin control?



## Mostrar retroalimentación

Es necesario un **control en el ciclo celular**, para que las células no se dividan de manera descontrolada y mueran cuando deban hacerlo.

Si no hay control, la división celular hará que aumente el número de células, ya sea por aumento del número de células en proliferación, por disminución del número de células que mueren, o por ambos hechos a la vez, lo que puede provocar la acumulación de células formando un tumor.

- Tío, ¿y si ese reloj que marca el ciclo celular deja de funcionar correctamente? Mi reloj de pulsera a veces va mal y yo ese día ando de cabeza.

- Es necesario que funcione correctamente y que cada fase ocurra en su momento. En el año 2001 se concedió el Premio Nobel en Fisiología o Medicina a tres investigadores por sus estudios sobre la naturaleza del ciclo celular; en ellos se identificaba la naturaleza de las moléculas que regulan este ciclo en organismos eucariotas.

- La gran importancia de estos estudios reside en las implicaciones biomédicas, ya que defectos en el control del ciclo celular pueden resultar en el tipo de alteraciones cromosómicas que se observan en células cancerosas. A largo plazo, estos aportes pueden generar nuevas perspectivas para el tratamiento del cáncer.



*Importante*

El ciclo celular está cuidadosamente regulado y son las células las que controlan el comienzo de cada una de las cuatro fases para evitar que se den fallos.

Existen, en el reloj del ciclo celular, tres **puntos de control** (check point) que aseguran la fidelidad del proceso. Estos puntos están regulados por proteínas llamadas **ciclinas** y proteínas **quinasas dependientes de ciclinas (CdK)** que permiten el progreso a la

procedimientos ~~químicos~~ dependientes de ~~tiempo~~ (check), que permiten el progreso a la siguiente fase siempre que la anterior haya sido completada con precisión.

El primer punto se llama **Punto R de restricción** y es el encargado de regular el paso de la fase **G1 a la fase S**. En este punto la célula analiza si debe seguir o no en el ciclo celular; se evalúa si el tamaño celular es correcto y si hay daño en el ADN.

Si la **evaluación es negativa**, la célula se para en este momento y entran en un **estado de reposo** denominado **G0**. Hay células que permanecen indefinidamente en este estado, mientras que otras, cuando son estimuladas, pueden abandonar la fase G0 y pasar de nuevo a G1, continuando el ciclo.

El segundo check point se llama **punto de control G2** y controla el paso de la fase G2 a la fase M; así se garantiza que sólo entren en mitosis las células que han pasado por la fase S y en ella hayan duplicado su material genético.

El tercero es el **punto de control M**, y controla que se formen las estructuras necesarias para que la célula se divida con precisión.

Si quieres ver una animación interactiva, muy interesante, de los puntos del control del ciclo celular, pincha en este [enlace](#).

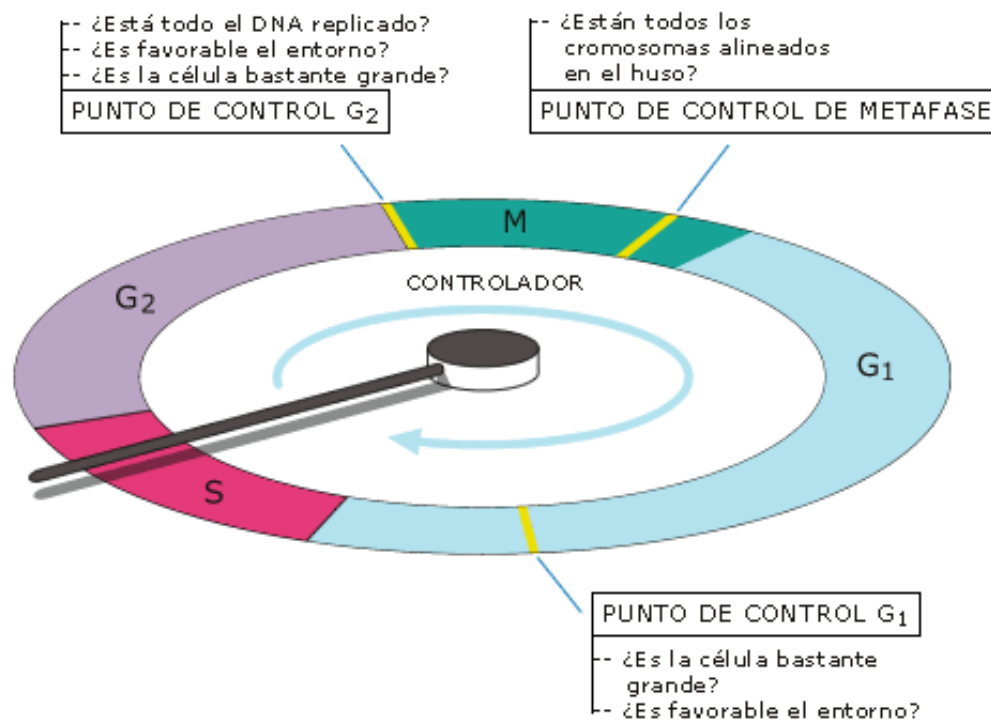


Imagen 7. Autor: [Desconocido](#). Autorizado su uso educativo no comercial

*Para saber más*

No todas las células realizan el ciclo celular a la misma velocidad; entre las células del organismo adulto encontramos algunas que se dividen rápidamente y otras, como las células hepáticas, conservan aunque no la utilizan, su capacidad de división.

Algunos tipos celulares están diferenciados de forma terminal y no pueden volver a proliferar a lo largo de toda la vida del individuo: es el caso de las células del músculo esquelético y cardíaco y las neuronas. ¡Pero también tenemos células que no paran de

esquelético y cardíaco y las neuronas. Pero también tenemos células que no paran de dividirse, por ejemplo las células encargadas de la formación de la sangre y las células del intestino!

## Curiosidad

¿Sabes qué ocurriría si se localiza un daño en el ADN?, ¿Crees que se realizará el ciclo celular?

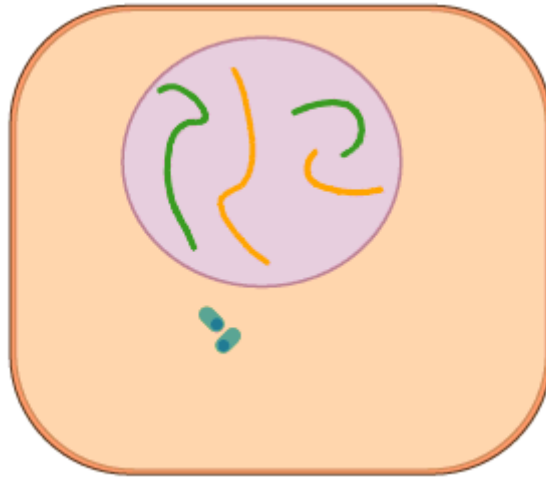
En el momento que se detecta que existe un daño en el ADN, el punto de control envía una señal que detiene el ciclo celular hasta que el ADN es reparado. Si no es posible repararlo, la célula queda marcada para entrar en [apoptosis](#) o muerte celular. Como verás en el vídeo, esta capacidad de suicidio celular está perdida en muchas células cancerígenas que tienen dañado el ADN, por lo que continúan, aún presentando daños, dividiéndose.

### Apoptosis (Español)



## 1.2. Interfase

La **interfase** es la etapa más larga del ciclo celular, en la que se da el crecimiento de la célula y una amplia actividad metabólica y como ya sabes se divide en tres fases. Esta gráfica muestran una imagen sencilla de como se podría representar un periodo de interfase durante el ciclo celular.



**INTERFASE**

Imagen 8. Autor: Desconocido. Autorizado su uso educativo no comercial

### Comprueba lo aprendido

Con los conocimientos que has adquirido sobre ciclo celular. ¿Puedes decir si son verdaderas o falsas estas afirmaciones?

La interfase es el proceso más corto del ciclo celular:

☐ Verdadero ☐ Falso

**Falso**

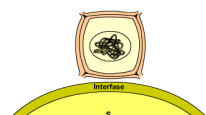
Recuerda que el ciclo celular está formado por dos etapas llamadas **interfase y fase M**. La etapa más larga es la interfase y, por ejemplo, en una célula que tenga un ciclo celular de 20 horas, la interfase durará 19, mientras que sólo una hora será lo que dure la fase M.

El orden en el que ocurren las etapas de la interfase es S, G1 y G2.

☐ Verdadero ☐ Falso

**Falso**

Las fases sucesivas que comprenden la **interfase** se denominan fase **G1, S y G2**. El nombre de G1 y G2 procede de la palabra inglesa "gap" que quiere decir intervalo.



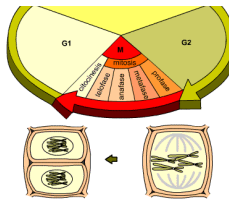


Imagen 9. Autor:  
Desconocido. Autorizado  
su uso educativo no  
comercial

Es necesario que se produzcan controles antes de pasar de una etapa a otra dentro de la mitosis:

☐ Verdadero ☐ Falso

#### Verdadero

Es cierto que se necesitan controles que aseguren que el proceso se está realizando de la manera correcta. Estos controles reciben el nombre de puntos de regulación, y son El punto R de restricción, el punto de control G1 y el punto de control M.

*Importante*

Ya sabes el nombre de las tres etapas que pueden diferenciarse en la interfase: **fase G1, fase S, fase G2**. En estas etapas no hay reposo, por el contrario tiene lugar una intensa actividad metabólica.

#### Fase G1

Suele ser la etapa más larga de todo el ciclo celular. Empieza inmediatamente después de que ha terminado la mitosis y va a continuarse con la fase S, en ella se **replican orgánulos** y estructuras del citoplasma y como consecuencia **la célula crece** y vuelve a tener el volumen celular normal, ya que éste se había reducido al dividirse la célula a la mitad durante la mitosis. Se produce una intensa **actividad metabólica** ya que se **sintetizan ARN y proteínas** esenciales para la replicación del DNA.

Las células en G1 pueden detener su progresión en el ciclo y entrar en un estado de reposo especial llamada **fase G0**, que puede durar días, semanas o años. Algunas células —como las fibras musculares esqueléticas— no abandonan nunca esta fase; mientras que otras, como las de la médula ósea, que deben dividirse muy rápidamente, ni siquiera entran en ella.



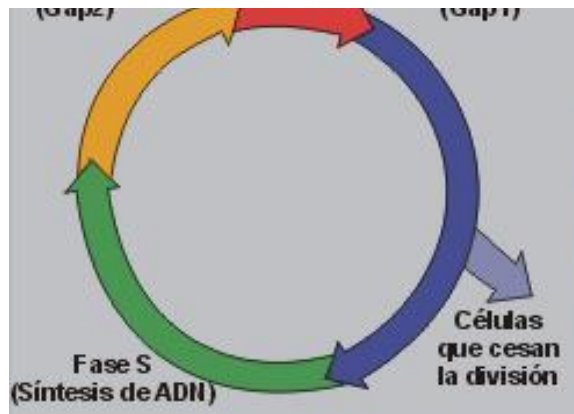


Imagen 10. Elaboración propia

### Fase S

También se llama fase de síntesis. Es un periodo corto durante el cual se **replica el ADN** y que se completa poco antes de que comience la mitosis, con el único fin de que las células hijas tengan cada una copia idéntica del genoma.

Fíjate, antes de esta fase, las células autosómicas contienen la cantidad diploide ( $2n$ ) del ADN; durante la fase S **la cantidad de ADN se duplica** ( $4n$ ) como preparación para la división celular. Por tanto, en esta fase, cada cromosoma se duplica, y los cromosomas idénticos resultantes (cromátidas) permanecen unidos entre sí por los centrómeros.

### Fase G2

Ocurre justo antes de la mitosis y en ella las células se preparan para la actividad mitótica: se produce una **segunda fase de crecimiento**, se **acumula energía** y se **crean las proteínas** esenciales para la división celular.

En esta etapa, los cromosomas formados por dos cromátidas empiezan a condensarse.

El vídeo que aparece a continuación está en inglés y el sonido es muy malo, por lo que es conveniente que le quitéis el volumen, pero lo más interesante de él es como nos muestra el proceso más importante de la interfase, la **duplicación del material genético** (recuerda, en la ifase S!), con el fin de pasar a cada célula hija la misma información genética.

### Citología ciclo celular



## Ejercicio resuelto

Durante todo este proceso de interfase, el más largo del ciclo celular, se destaca la importante actividad metabólica que ocurre en la célula con el fin de prepararla para entrar en la fase M, donde se dividirá el núcleo y el citoplasma celular.

Si representamos en una gráfica como va variando el ADN que aparece en el núcleo de la célula durante la fase de interfase, obtenemos una representación como la que aquí aparece.



Imagen 11. Elaboración propia

¿Puedes interpretarla?

### Mostrar retroalimentación

Observa la gráfica, en las dos primeras horas la cantidad de ADN que hay en la célula es de 50, al final de la segunda hora esta cantidad aumenta hasta llegar a 100 al final de la tercera hora, lo que indica que el ADN se ha duplicado, por tanto la célula estará en fase S.

Al final de la cuarta hora, vuelve la cantidad de ADN celular a ser 50, lo que nos lleva a pensar que se ha dado una división de este material genético. La fase en la que se produce el reparto del ADN entre dos células hijas es la fase M.

## Curiosidad

La fase S es el único momento en el que la célula duplica su material genético, formándose dos copias idénticas del ADN que existía en la fase G1. ¿Cómo se dispone este ADN duplicado en la célula?

Una vez ha terminado la fase S, la célula entrará en fase G2, para terminar entrando en la fase M.

En la fase M el ADN se organiza formando cromosomas, los cuales quedan formado por dos filamentos cromosómicos idénticos llamados **cromátidas**, unidos por una zona llamada **centrómero**.

## Comprueba lo aprendido

¿Cuál es la etapa del ciclo celular en la que cada cromosoma está compuesto de **dos cromátidas** preparadas para que se produzca la mitosis?

- ☐ G1.
- ☐ S.
- ☐ G2.

No es correcta, aquí se forma ARN y se sintetizan las proteínas que intervendrán en la síntesis del ADN.

¡Muy bien!

No es correcta, en esta fase no se da la síntesis de ADN pero sí de materiales necesarios para el desarrollo celular y de las proteínas que participarán en la fase M.

### Solution

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto

En la **fase G0** o fase de reposo del ciclo celular:

- ☐ La célula se prepara para dividirse.
- ☐ Puede incluirse en el final de la fase G1 y hay células que se encontrarán en esta etapa toda la vida.
- ☐ Representa el punto en el que algunas células detienen su ciclo y, como ya sabes, puede incluirse en fase G1.

No es correcto. La célula tras la fase G2 entrará en la fase M, donde se dará la división celular.

Es una fase intermedia del ciclo celular.

¡Correcto!

### Solution

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto

En la **fase G2**:

- ☐ Se dan los últimos preparativos para la división celular.
- ☐ La célula duplica su ADN.
- ☐ Se encuentran células como las del músculo esquelético, que no se dividen.

Muy bien.

¡No! Recuerda que eso es en la fase S.

No es correcto. Estas células, así como las neuronas, detienen su ciclo en fase G0.

### Solution

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto



-----

## 2. Fase M

La fase M del ciclo celular es la fase en la que se produce la división de una célula madre en dos células hijas idénticas. Esta fase incluye la mitosis y la citocinesis.

### Importante

Durante la **fase M** ocurren dos procesos muy importantes:

1. Los cromosomas recién replicados se han de alienar, separar y desplazar: **mitosis o cariocinesis.**
2. El citoplasma se segmenta asegurando el reparto no solo de un conjunto completo de cromosomas, sino también de orgánulos: **citocinesis.**

### Ejercicio resuelto

La imagen que ves a continuación puede ser representativa de un ciclo celular de células eucariotas.

¿Podrías explicar el significado de este esquema?



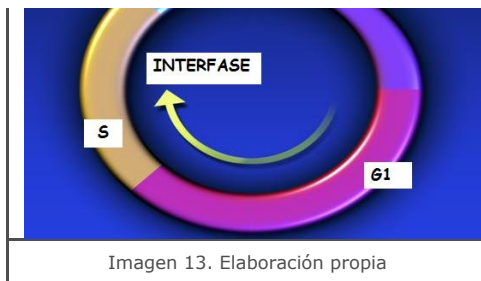
Imagen 12. Elaboración propia

### Mostrar retroalimentación

Este esquema, puede ayudar a una representación clara del ciclo celular. Podríamos decir que la etapa de mayor duración es la interfase, en ella tres etapas: G1, S y G2, Tras ellas aparece la fase de división del material genético y del citoplasma, dentro de la fase M.

Su esquema podría quedar así:





## 2.1. Mitosis

La **mitosis** fue descrita por primera vez en 1848 por el botánico alemán **Wilhelm Hofmeister** cuando estudiaba el desarrollo embrionario en plantas superiores, pero el descubrimiento se le atribuye a **Walther Flemming** el cual, entre 1879 y 1882, visualizó los cromosomas en división y describió la manera como se replicaban. Con la ayuda de este vídeo puedes hacerte una idea de cómo ocurre y para qué sirve el proceso de mitosis.



Tiene lugar en **células eucariotas somáticas animales y vegetales** y su significado biológico es **obtener células hijas con idéntica información genética que las células madres**, así como permitir la **reproducción de seres unicelulares**, y el **crecimiento y regeneración** de tejidos de los seres pluricelulares.



En la **mitosis**, las células eucariotas **distribuyen equitativamente entre las células hijas los cromosomas**, y aunque es un proceso continuo, para su estudio y reconocimiento, se divide en cuatro fases llamadas:

- **Profase.**
- **Metafase.**
- **Anafase.**
- **Telofase.**

Este proceso asegura que la información genética se transmita sin cambios de unas células a otras.

En las distintas fases de la mitosis —profase, metafase, anafase y telofase— se van sucediendo una serie de procesos que llevarán a la célula a permitir el reparto equitativo del material genético entre las dos células hijas. De manera sencilla es como se aprecia en la **animación**.

A continuación aparecen los cambios más representativos que se dan en cada etapa y las diferencias, que durante este proceso se dan, en células animales y vegetales:

### **Profase**

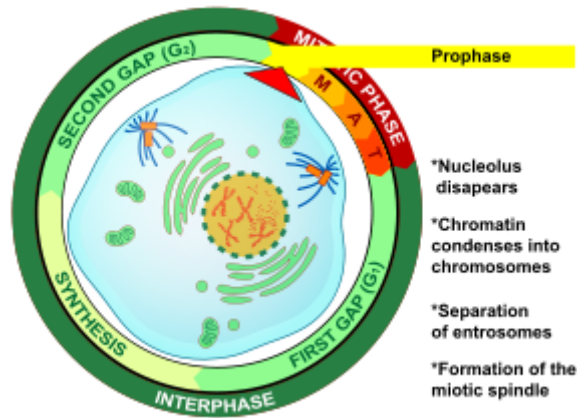


Imagen 14. Autor: [LadyofHats](#). Dominio publico.

Los cromosomas **se condensan** y se hacen visibles, se aprecia que están formados por dos cromátidas unidas por el centrómero.

Se forma el **huso acromático** gracias a los centriolos, duplicados en la fase S, que se van distanciando, y entre ellos se establecen microtúbulos, algunos de los cuales, llamados **fibras cinetocóricas**, se unen a los centrómeros de los cromosomas.

Las **células vegetales**, al no tener centriolos, forman microtúbulos desde dos zonas densas del citoplasma llamadas centro organizador de microtúbulos (COM).

El nucléolo desaparece.

Al final de esta etapa, en la prometafase, la **envoltura nuclear** se disuelve y **desaparece**.

### Metafase

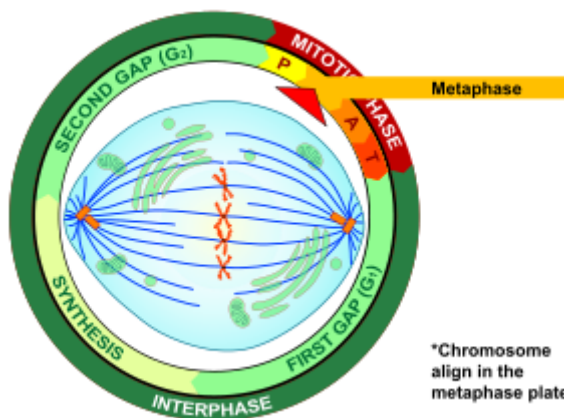


Imagen 15. Autor: [LadyofHats](#). Dominio publico.

El huso, completamente formado, nos permite distinguir fibras cinetocóricas, polares y astrales.

Los microtúbulos mueven a los cromosomas, los cuales se desplazan hacia el **ecuador de la célula**, situándose todos en la **placa ecuatorial**.

### Anafase

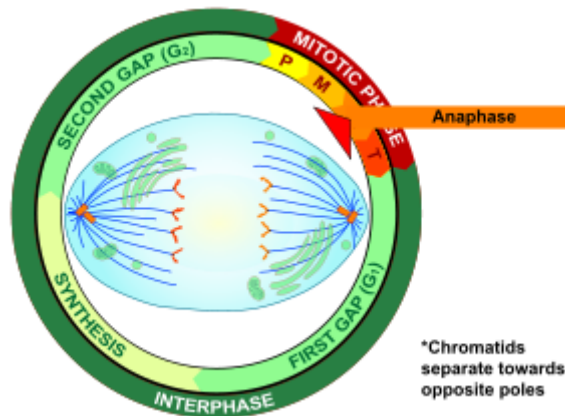


Imagen 16. Autor: [LadyofHats](#). Dominio publico

Cada **centrómero se divide y** las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan, convirtiéndose cada cromátida en un cromosoma.

Las dos **cromátidas** de cada cromosoma son arrastradas, por las fibras cinetocóricas, hacia **polos opuestos**.

### Telofase

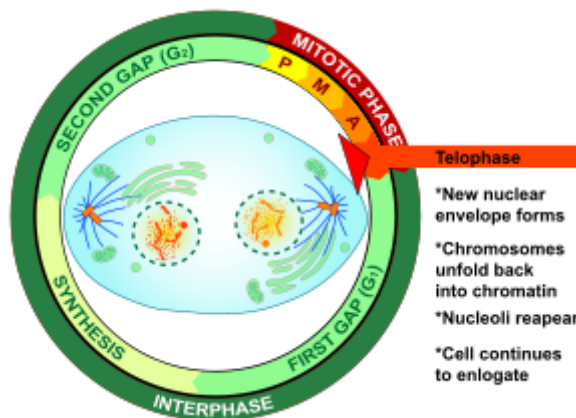


Imagen 17. Autor: [LadyofHats](#). Dominio publico

**Los cromosomas**, formados ahora por una sola cromátida, **alcanzan los polos** y empiezan a **descondensarse**.

Vuelve a formarse la membrana nuclear. **Reaparece el nucléolo**.

*Es muy interesante este proceso de división. Investigando en la red he descubierto imágenes reales de mitosis celulares. Aquí te pongo el enlace para que disfrutes:*

- [Imágenes de mitosis](#).



Aunque el proceso de división celular está muy controlado, a veces pueden darse fallos, especialmente durante las primeras divisiones celulares del cigoto. Este hecho puede ser muy peligroso, ya que todas las células que se formen de la célula madre defectuosa heredaran la anomalía.

El efecto de estas anomalías genéticas depende de la naturaleza específica del error. Puede ir desde una anomalía imperceptible a la muerte del organismo.

## Comprueba lo aprendido

Las siguientes afirmaciones, ¿son verdaderas o son falsas?

Decir microtúbulos cinetocóticos o decir polares, es decir lo mismo:

☐ Verdadero ☐ Falso

### Falso

Son conceptos diferentes, fíjate,: En el huso metafásico se observan tres categorías de microtúbulos: **astrales** —que sitúan a cada centrosoma en un polo de la célula—, **polares** —que tienden a separar los dos polos de la célula— y **cinetocóricos** —que se unen a los cromosomas y dirigen sus movimientos durante la mitosis.

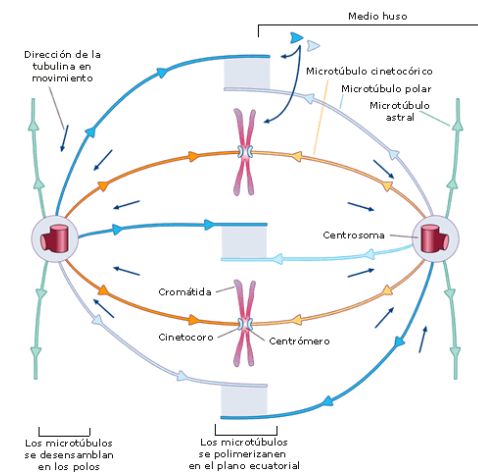


Imagen 18. Autor: Desconocido. Autorizado su uso educativo no comercial

La anafase se inicia con la separación simultánea de todos los cromosomas en sus correspondientes cromátidas:

☐ Verdadero ☐ Falso

### Verdadero

Durante la **anafase**, se comienza con la **separación de las dos cromátidas** de manera simultánea en todos los cromosomas. A continuación, cada juego de cromosomas, arrastrados por el huso mitótico, se dirige en unos pocos minutos hacia cada uno de los polos opuestos de la célula. Mira en la imagen como en metafase se alinean los cromosomas en la placa ecuatorial y en la anafase empiezan a separarse las cromátidas.

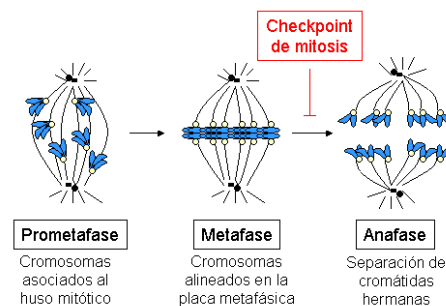


Imagen 19. Autor: Silvia3. Licencia Creative Commons



## *Para saber más*

---

Puedes repasar todo lo que has aprendido sobre la mitosis en estas páginas:

- [Educastur.](#)
- [Proyecto Biosfera.](#)



## 2.2. Citocinesis

---

### *Importante*

La **citocinesis** consiste en la **división del citoplasma**, el cual se reparte entre las dos células hijas.

En **células animales** se forma a entre los dos núcleos un **anillo contráctil** formado microfilamentos de actina y miosina, que va estrangulando a la célula formando una estructura con forma de reloj de arena.

Al estrecharse el anillo, se forma un **surco de segmentación** que termina por separar a las dos células hijas. En este vídeo puedes apreciar diferentes células en división, en las que comienza a formarse el anillo contráctil seguido del surco de segmentación.



En **células vegetales** no se puede producir estrangulamiento, ya que la pared de celulosa no lo permite, por lo que se va formando un tabique que separará a las dos células hijas, llamado **fragmoplasto**. El fragmoplasto se forma al unirse vesículas, cargadas con componentes de la pared celular y que proceden del aparato de Golgi, con restos de microtúbulos que formaron la placa ecuatorial.

En este vídeo aparece la división de una célula vegetal; la formación del fragmoplasto se representa con una línea roja.

## Mitose em célula vegetal



Las dos células hijas formadas mantendrán la comunicación gracias a conexiones, a través del fragmoplasto, llamadas **plasmodesmos**.

### Comprueba lo aprendido

En relación al vídeo que acabas de ver sobre la mitosis en una célula vegetal, ¿puedes decir si son ciertas o no estas afirmaciones?

A los seis segundos de comenzar el vídeo los cromosomas se condensan, señal de que comienza una **profase**:

☐ Verdadero ☐ Falso

#### Verdadero

En la **profase**, la **envoltura nuclear** empieza a romperse y los **nucléolos** van desapareciendo progresivamente. Además, debido al superenrollamiento de la cromatina, se produce una **condensación** del material genético y los cromosomas se van haciendo cada vez más visibles.

Una señal inequívoca de que se produce esta mitosis en una célula vegetal es la presencia, en todo el vídeo, de centriolos:

☐ Verdadero ☐ Falso

#### Falso

Se caracteriza la célula vegetal por **no tener centriolos**, estos orgánulos son exclusivos de células animales. Si te fijas bien, en ningún momento se observan centriolos en el vídeo.

Durante el segundo 49, la estructura que se forma es exclusiva de células vegetales, y se llama **fragmoplasto**:

☐ Verdadero ☐ Falso

#### Verdadero

En las **células vegetales** aparece un sistema de fibras formado por microtúbulos en forma de barril: el fragmoplasto. En el plano ecuatorial se depositan pequeñas vesículas que provienen del aparato de Golgi y contienen sustancias para formar una nueva pared celular. Las paredes celulares de las células vegetales se estiran y se

nueva pared celular. Los bordes celulares de las células vegetales se estiran y se rompen, permitiendo a las células hijas crecer. Si viésemos una **célula animal**, el proceso sería distinto: durante la citocinesis, en lugar del fragmoplasto, se forma entre los dos núcleos un anillo contráctil —comienza a apreciarse en el segundo 59 del vídeo— que evolucionará para formar un surco de segmentación que separará a las dos células hijas.



## *Ejercicio resuelto*

¿Por qué crees que en las células vegetales, durante la citocinesis, no es posible la formación del surco de segmentación que aparece en las células animales?

En esta imagen se aprecian diferentes etapas por las que pasa una célula vegetal de un meristemo de cebolla durante su ciclo celular; como ves, la citocinesis supone la creación de la pared celular que separará las dos células hijas.

Interfase



Profase



Profase



Metafase



Metafase



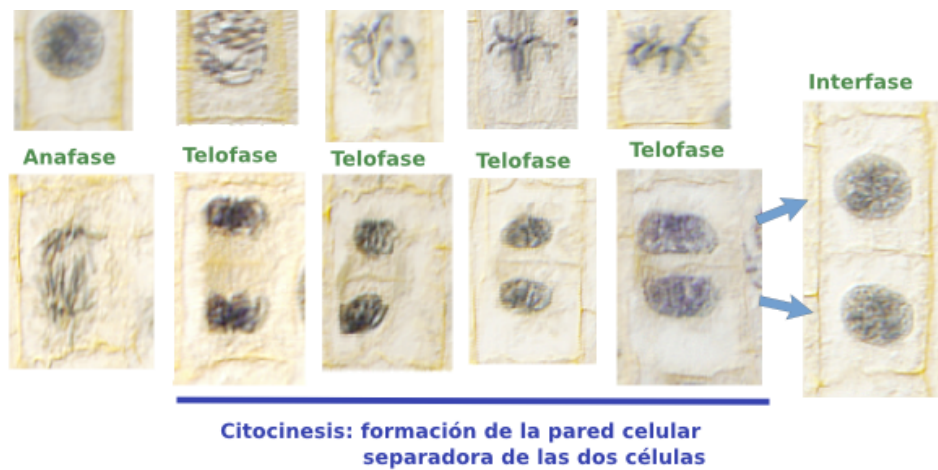


Imagen 20. Autor: [Desconocido](#). Licencia Creative Commons

### Mostrar retroalimentación

Como sabes, las células vegetales presentan una pared celular rígida que impide que puedan estrangularse por la formación del anillo contráctil y dividirse en dos.

El proceso de citocinesis en las plantas tiene un proceso de división que consiste en la formación del **fragmoplasto**; para ello, se produce una acumulación de vesículas procedentes del aparato de Golgi, que contienen sustancias de la pared celular, en la zona media de la célula. Las vesículas se fusionan y entran en contacto con las paredes laterales de la célula.

### 3. Meiosis

---

#### Curiosidad

La meiosis fue descubierta y descrita por primera vez en los huevos del erizo de mar en 1876, observándose este proceso a nivel de cromosomas en 1883, en los huevos de gusanos parásitos del género *Áscaris*.

#### Importante

El término **ploide** se refiere al número de juegos de cromosomas en una célula.

- **Haploide** (n): un juego de cromosomas, como óvulos y espermatozoides.
- **Diploide** (2n): dos juegos de cromosomas, como son la mayoría de plantas y animales.

La palabra **meiosis** quiere decir división y es un proceso que sólo afecta a las **células germinales** —que son células diploides—, a partir de las cuales se forman los gametos o células reproductoras —son células haploides.

En este proceso, como hemos visto, pasamos de células diploides (2n) a formar células haploides (n), lo que implica la necesidad de que se produzca un mecanismo de reducción cromosómica.

- La verdad, si todo esto es mucho más complejo que la mitosis, alguna razón habrá para que se tenga que dar un proceso meiótico para obtener células reproductoras.

- Tienes razón, Bea. Fíjate, en la reproducción asexual, generada por **mitosis**, se obtenían individuos genéticamente idénticos a los progenitores. En la reproducción sexual, en la que intervienen los gametos formados por **meiosis**, se produce una gran variabilidad en la descendencia, ¿se te ocurren las causas?

- Bueno, como los individuos se forman con información procedente del padre y la madre, creo que se mezclará la información.

- Eso es, durante la meiosis se da una recombinación al azar de los genes entre cromátidas de cromosomas homólogos —que son los que llevan información sobre los mismos caracteres, y uno procede del padre y otro de la madre, generando diferentes cromosomas, pero también esta variabilidad se encuentra en la formación de los gametos, los cromosomas se reparten al azar y solo reciben uno de cada tipo. Cuando se unen las células reproductoras para formar un nuevo individuo también se juega el azar sobre qué gametos se unirán. Imagina, Bea, por ejemplo en la especie humana, cada uno de nosotros tenemos dos juegos completos de 23 cromosomas, un juego que hemos recibido de nuestra madre y otro que heredamos de nuestro padre. Como los cromosomas de los dos juegos son distintos, y en la meiosis se reparten al azar, una persona puede dar lugar a muchísimos gametos diferentes; en concreto, 223. Cuando se unan las células reproductoras se pueden dar tantas combinaciones que resulta casi imposible que de una pareja nazcan dos hijos genéticamente iguales.

En este vídeo te puedes hacer una idea de esta enorme variabilidad, no te preocupes si algo no lo entiendes, a continuación vamos a detallar todo el proceso.

## GENETIC DIVERSITY



### *Ejercicio resuelto*

Sabemos que en la reproducción sexual se generan individuos genéticamente diferentes...



Imagen 21. Elaboración propia

¿Puedes decir qué representa la meiosis en la reproducción y variabilidad de las especies?

#### **Mostrar retroalimentación**

Mediante el proceso de meiosis se producen gametos, se mantiene constante el número de cromosomas de una especie y, gracias a nuevas combinaciones genéticas, se produce la variabilidad de la especie. Esta variabilidad de la especie permite la adaptación de los individuos si se producen cambios ambientales.

## Importante

El proceso de meiosis comprende dos divisiones sucesivas denominadas **primera división meiótica (meiosis I)** y **segunda división meiótica (meiosis II)**. Durante la meiosis I se produce una división **reduccional**, ya que las células hijas formadas presentarán la mitad de cromosomas que la célula madre.

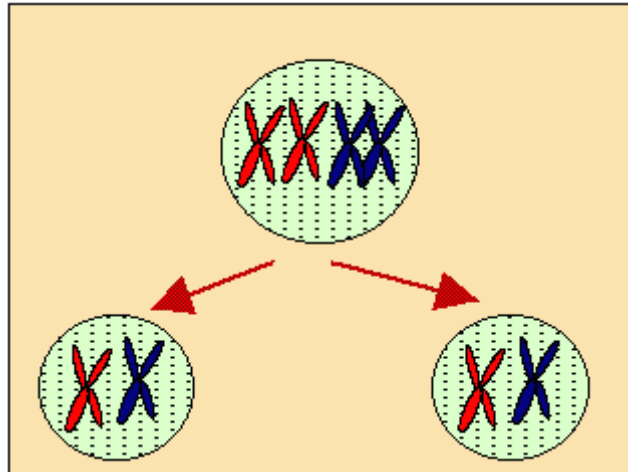


Imagen 22. Autor: Lourdes Luengo. Licencia Creative Commons

La segunda división meiótica es **ecuacional**, ya que se mantiene el mismo número de cromosomas que presenta la célula de la que provienen.

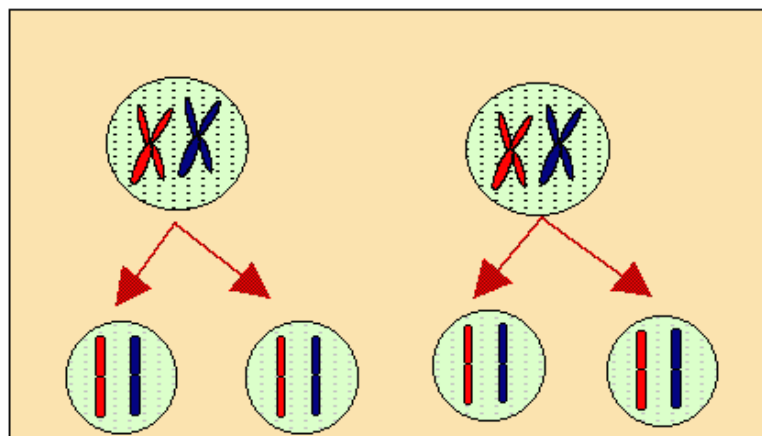


Imagen 23. Autor: Lourdes Luengo. Licencia Creative Commons

## Para saber más

¿Quieres repasar estos contenidos? Pincha en el siguiente [enlace](#).

En esta página de [El proyecto biológico](#) también podrás hacer ejercicios sencillos para repasar.

### 3.1. Primera división meiótica

- He vuelto a ver a mi tío y como ya sabe la importancia que para mí tiene la biología, nada más llegar nos hemos puesto a hablar sobre un asunto que no terminamos el otro día: la meiosis. He estado estudiando y ya conozco sus diferencias con la mitosis, y por qué debe hacerse. También que tiene dos divisiones sucesivas: la primera división meiótica y la segunda división meiótica

- Tío Paco, si la primera división es reduccional, esto quiere decir que el número de cromosomas se reduce de diploide ( $2n$ ) a haploide ( $n$ ) y por tanto en la especie humana durante esta primera división meiótica se pasará de una célula que tenga 46 cromosomas, a dos con 23 cromosomas, ¿no?

- Ah, no tan rápido Bea, si ocurriera sólo una reducción normal todas las células que obtendríamos serían iguales, y me has comentado que una ventaja de la división celular por meiosis es la variabilidad.

- ¿¿¿¿???, pillada. No he sabido contestarle. Mi tío ha empezado a sonreír y me ha dicho, mira este divertido vídeo, te va a servir.



- Ahora mismo voy a informarme de todo este proceso. ¿Será así realmente?

#### Importante

La primera división meiótica comprende cuatro fases llamadas **profase I**, **metafase I**, **anafase I** y **telofase I**, y termina cuando se forma la membrana celular y se originan dos células hijas.

La más larga y compleja es la **Profase I** y para su estudio la dividimos en cinco subfases llamadas:

- Leptoteno.
- Zigoteno.
- Paquiteno.
- Diploteno.
- Diacinesis.



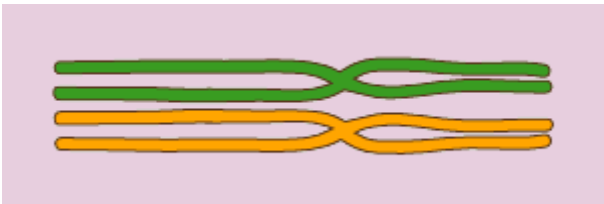
¿Quieres fijar bien en tu memoria el orden cronológico de estas etapas? No dejes de hacer estos [ejercicios](#).

## Profase I

Al igual que en la mitosis, en esta fase se comienzan a observar los **cromosomas**, al espiralizarse el ADN.

Se **duplican los centriolos** y **desaparecen el nucléolo y la membrana nuclear**. Pero a diferencia de la profase mitótica, los cromosomas homólogos se juntan y entre ellos tiene lugar un intercambio de fragmentos de ADN.

La profase I es la etapa más compleja de toda la meiosis, y para su estudio se puede dividir en las cinco fases llamadas, como antes vimos, leptoteno, zigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis.

<b>Leptoteno</b>	Los cromosomas individuales se <b>condensan</b> en largos filamentos y se empiezan hacer visibles. Cada uno de ellos está formado por un armazón proteico unido a la envoltura nuclear. En ellos se observan las dos cromátidas estrechamente unidas, que no se distinguen hasta el final de la profase I.
<b>Zigoteno</b>	En esta etapa los dos cromosomas homólogos de cada pareja se aparean longitudinalmente gen a gen. A este proceso se le denomina <b>sinapsis</b> y se realiza mediante una estructura proteica denominada <b>complejo sinaptonémico</b> . A cada pareja de cromosomas homólogos apareados se les denomina <b>bivalentes o tétradas</b> (contiene 4 cromátidas).
<b>Paquiteno</b>	<p>En este período se produce el <b>sobrecruzamiento, entrecruzamiento o crossing-over</b> entre cromátidas homólogas, es decir cromátidas no hermanas pertenecientes a la misma pareja de cromosomas homólogos. Durante el entrecruzamiento, un fragmento de una cromátida puede separarse e intercambiarse por otro fragmento de su correspondiente homólogo y, como consecuencia, se produce un intercambio de genes o recombinación genética, con ello aumenta la variabilidad. En esta animación las cromátidas de los cromosomas amarillos y verdes intercambian fragmentos.</p>  <p>Imagen 24. Autor: <a href="#">Desconocido</a>. Autorizado su uso educativo no comercial</p>
<b>Diploteno</b>	Los cromosomas homólogos comienzan a separarse, aunque permanecen unidos por unos puntos, llamados <b>quiasmas</b> , que se corresponden con los lugares donde se produjo la recombinación. En este punto la meiosis puede sufrir una pausa, como ocurre en el caso de la formación de los óvulos humanos, que continuará al alcanzar la madurez sexual. A este estado de latencia se le denomina <b>dictioteno</b> .
<b>Diacinesis</b>	En esta etapa se observan por primera vez las dos cromátidas que forman cada cromosoma, que están unidas por el centrómero. Los pares de cromosomas homólogos permanecen unidos por los quiasmas que se establecen entre cromátidas homólogas. Al final de la diacinesis cesa la síntesis de ARN y desaparece el nucléolo.

Mira el resumen de estas etapas en la siguiente [animación](#).

## Importante

El **complejo sinaptonémico** es una estructura proteica formada por dos elementos laterales y uno central que se van cerrando a modo de cremallera, y que garantiza el perfecto apareamiento entre cromosomas homólogos durante la fase de zigoteno de la primera división meiótica. Mantiene a los cromosomas homólogos unidos y alineados el uno con el otro para la formación de los quiasmas en la recombinación que se realiza durante la posterior fase llamada paquiteno.

En dicho apareamiento también está implicada la secuencia de genes de cada cromosoma, que evita el apareamiento entre no homólogos. El complejo sinaptonémico se une a la cromatina por las regiones de asociación específica (SARs).

## Comprueba lo aprendido

Sabemos que durante la meiosis tiene lugar el sobrecruzamiento cromosómico, de capital importancia genética.

El sobrecruzamiento cromosómico es el fenómeno citológico que tiene lugar durante la mitosis y produce el intercambio de segmentos cromosómicos:

☐ Verdadero ☐ Falso

### Falso

El sobrecruzamiento es un proceso exclusivo de la meiosis, ocurre durante la profase I, concretamente en el periodo denominado paquiteno, y produce el intercambio de segmentos cromosómicos. Fíjate en esta representación de lo que ocurriría, en relación a los caracteres color de pelo y color de ojos, si el proceso de formación de células reproductoras se hiciese por mitosis o por meiosis.

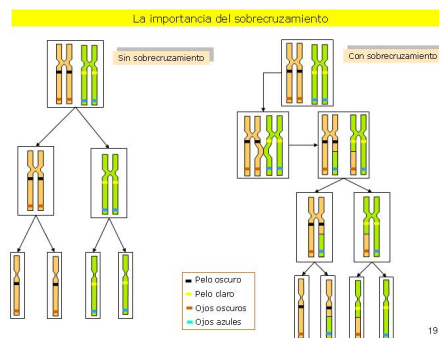


Imagen 25. Autor: J. L. Sánchez Guillen.

Autorizado su uso educativo no comercial

Como ves, por **mitosis**, solo tendremos individuos de ojos y pelo oscuros, y de pelo rubio y ojos azules, en cambio por **meiosis**, al producirse el sobrecruzamiento, se intercambian fragmentos de cromosoma, y la variabilidad es mayor, ya que pueden aparecer individuos de pelo y ojos oscuros, de pelo oscuro y ojos claros, de pelo rubio y ojos oscuros o de pelo rubio y ojos azules.

La meiosis tiene lugar en todos los procesos biológicos en los que se da un proceso sexual.

☐ Verdadero ☐ Falso

### Verdadero

La meiosis consiste en **dos divisiones celulares sucesivas** que dan lugar a **cuatro células haploides ( $n$ )**, denominadas gametos (óvulos o espermatozoides), a partir de una única célula diploide ( $2n$ ), llamada gametogonia o célula madre de gametos (ovogonia o espermatogonia).

El lugar por el que se unen las cromátidas de cromosomas homólogos se llaman quiasmas:

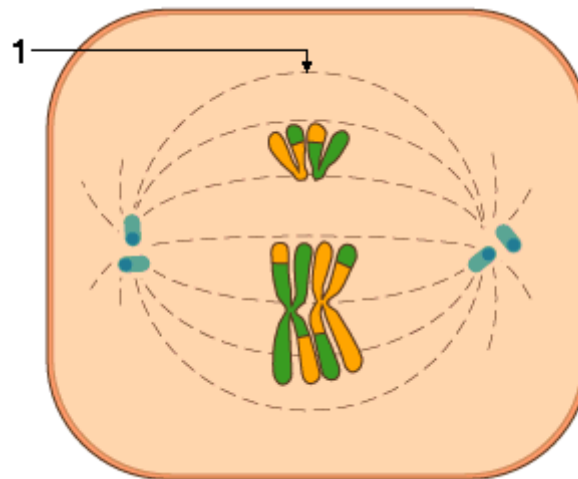
☐ Verdadero ☐ Falso

**Verdadero**

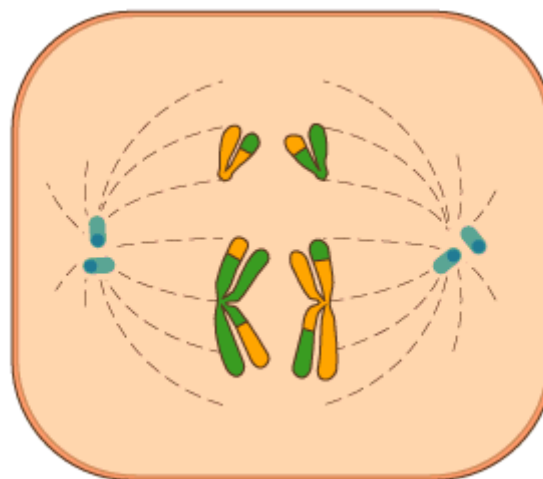
En este punto las cromátidas hermanas se fragmentan transversalmente dando lugar a un intercambio de ADN entre ellas. La consecuencia de este intercambio es la recombinación genética.

### Metafase I

Los pares de cromosomas homólogos se sitúan en la parte media de la célula formando la placa ecuatorial.



**DIVISIÓN 1: METAFASE**



**DIVISIÓN 1: ANAFASE TEMPRANA**

Imágenes 26 y 27. Autor: [Desconocido](#). Autorizado su uso educativo no comercial

### Anafase I

En esta etapa los cromosomas homólogos se separan y migran. Al final de la anafase I tenemos dos juegos de cromosomas separados en los polos opuestos de la célula, uno de cada par, por lo que es en esta fase cuando se reduce a la mitad el número de cromosomas.

¡Es muy importante este hecho, a diferencia de lo que sucedía en la mitosis, los que se desplazan hacia los polos de las células son cromosomas enteros en lugar de cromátidas!

### Telofase I

Se regeneran nuevamente el núcleo y a continuación se inicia la citocinesis, en ella una vez que se han formado los dos núcleos (marcado con el número 1) se divide su citoplasma en dos formándose dos células hijas que van a entrar en la segunda división meiótica.

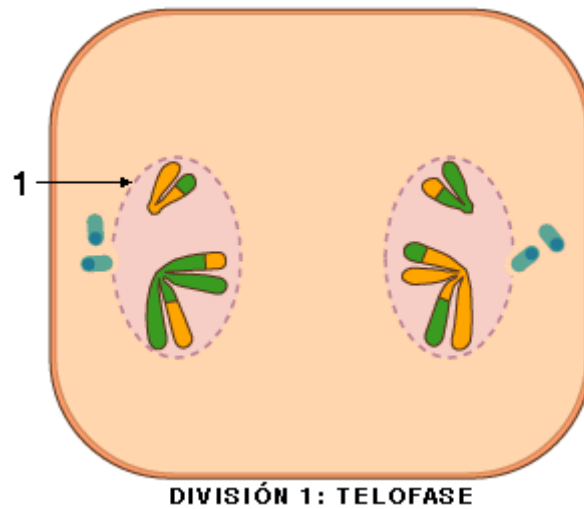


Imagen 28. Autor: [Desconocido](#). Autorizado su uso educativo no comercial

## Ejercicio resuelto

¿Cuál es la diferencia esencial entre la **anafase de la mitosis** y la **anafase de la primera división meiótica**?

### Mostrar retroalimentación

Como sabes, en la mitosis son las cromátidas hermanas las que se separan bruscamente, en cambio en la anafase de la meiosis lo que se desplaza hacia los polos son cromosomas completos.

## 3.2. Segunda división meiótica

Ya sabes lo que ocurre durante la primera división meiótica —recuerda que es la reduccional y por tanto, pasamos de tener una célula diploide a tener dos con la mitad del número de cromosomas dobles— y una vez que ha terminado comienza la segunda división meiótica o ecuacional.

Mira en esta [animación](#) todo el proceso que hemos visto hasta ahora.

### Importante

La **segunda división meiótica** va a permitir, después de una breve interfase en la que no se sintetiza ADN, que se formen cuatro células haploides.

### Reflexiona

Como sabes, el motivo por el que a la primera división meiótica se la llama reduccional, es porque da origen a dos células haploide a partir de una sola célula diploide. A la segunda división meiótica se la llama también ecuacional, ¿puedes decir por qué la llaman así?

### Mostrar retroalimentación

El motivo de llamar a la segunda división ecuacional es porque las dos células haploides ( $n$ ) procedentes de la primera división meiótica se dividen originando cada una de ellas dos células hijas haploides ( $n$ ).

¿Cómo transcurre esta **segunda división meiótica**?

El proceso es muy sencillo, ya que es bastante similar a las fases de la mitosis. Para facilitar su estudio se estudian cinco etapas llamadas: profase II, metafase II, anafase II, telofase II y citocinesis. Observa, antes de estudiarlo como transcurre, el proceso.

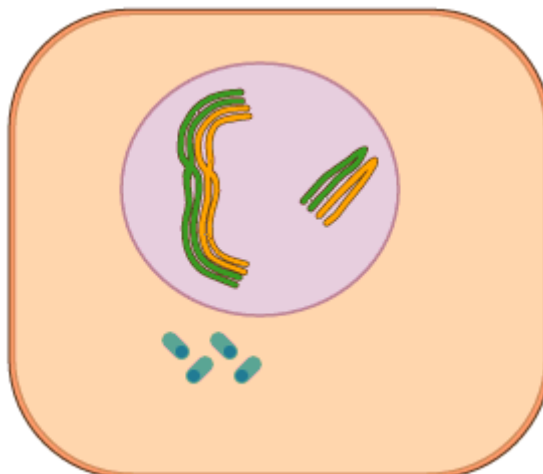


Imagen 29. Autor: [Desconocido](#). Autorizado su uso educativo

Durante la meiosis II encontramos las siguientes etapas:

- **Profase II**: desaparecen las membranas nucleares y se forman dos nuevos husos acromáticos.
- **Metafase II**: los cromosomas se sitúan en la placa ecuatorial.
- **Anafase II**: se rompen los centrómeros y cada cromátida se desplaza hacia un polo opuesto.
- **Telofase II**: se condensan los cromosomas, y alrededor de los nuevos núcleos se forman las membranas nucleares.

Una vez formados los núcleos comienza la división del citoplasma, la **citocinesis**, tras la cual se obtienen **cuatro células hijas haploides**, cada una de ellas con la mitad de los cromosomas y con una composición genética diferente gracias al proceso de sobrecruzamiento.

## Comprueba lo aprendido

Mira atentamente este vídeo en el que se compara el proceso de mitosis y el de meiosis, a continuación responde a las siguientes cuestiones.

### Mitosis and Meiosis animation



¿Los descendientes obtenidos por el proceso de meiosis son genéticamente diferentes, por lo que tienen mayor capacidad de adaptación al medio?

Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

#### Verdadero

Muy bien, al generar individuos distintos, permitirá una mayor tasa de supervivencia si las condiciones ambientales cambian.

¿En la meiosis II se produce el sobrecruzamiento, con intercambio de material genético, que asegura la variabilidad genética de los gametos?

☐ Verdadero ☐ Falso

#### Falso

Este proceso, también llamado **sobrecruzamiento o crossing-over**, se produce durante la **meiosis I**, en la etapa **Profase I**.

¿En la anafase de la mitosis se separan cromátidas y en la anafase I de la meiosis

¿En la meiosis los cromosomas homólogos se separan? ¿En la mitosis los cromosomas homólogos se separan?

☐ Verdadero ☐ Falso

**Verdadero**

Es una de las diferencias entre mitosis y meiosis.

¿En la meiosis, las células hijas tienen  $2n$  cromosomas pero son haploides?

☐ Verdadero ☐ Falso

**Falso**

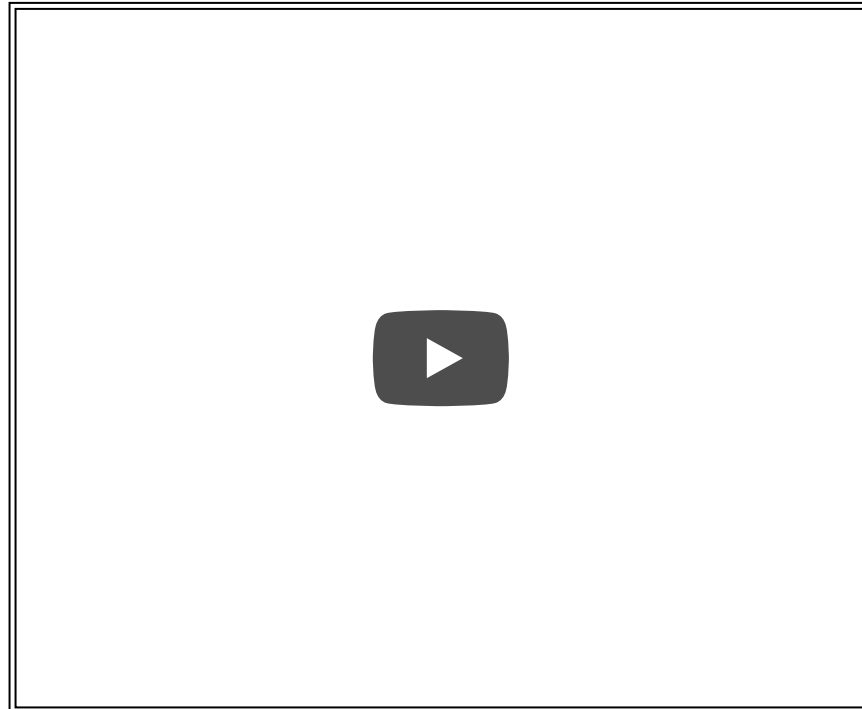
Se dice que una célula es **haploide**, y se representa por la letra **n** cuando sólo tienen la mitad de cromosomas que la célula diploide ( $2n$ ).

¿En la meiosis se producen cuatro células haploides y en la mitosis dos diploides?

☐ Verdadero ☐ Falso

**Verdadero**

Muy bien. Recuerda todo el proceso viendo esta animación:



*Para saber más*

Seguro que quieres tener todos estos conceptos bien afianzados. Es muy importante que consigas asociar las fases con los cambios que se producen en la célula cuando están ocurriendo, para que te sea muy fácil, visita estos recursos que ofrecen imágenes en las que debes [reconocer estructuras](#) y [ejercicios resueltos](#).

## Ejercicio resuelto

La figura que aparece a continuación presenta un número de cromosomas  $2n = 4$ .

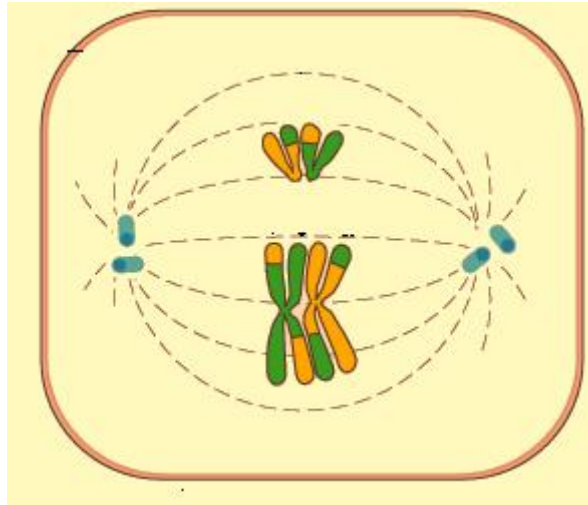


Imagen 30. Autor: Desconocido. Autorizado su uso educativo no comercial

¿A qué tipo de división celular pertenece la figura? ¿Qué etapa representa? ¿Qué está ocurriendo en esta etapa?

### Mostrar retroalimentación

Como puedes ver, la imagen representa un proceso de **meiosis**, en concreto se esquematiza la **metafase I** de la meiosis.

En esta etapa los bivalentes se sitúan en el ecuador de la célula.

El resultado final de todo el proceso de meiosis originará cuatro células haploides ( $n=2$ )



## 4. Formación de células reproductoras

Al proceso de formación de células reproductoras (los gametos) se le llama **meiosis gametogénica** o **gametogénesis**. Mediante este proceso, el número de cromosomas que existe en las células germinales se reduce de diploide a haploide, es decir, a la mitad del número de cromosomas que contiene una célula normal de la especie de que se trate.

En el caso de los humanos, si el proceso tiene como fin producir espermatozoides, se le denomina **espermatogénesis** y se realiza en los testículos. En caso contrario, si el resultado son óvulos, se denomina **ovogénesis** y se realiza en los ovarios.

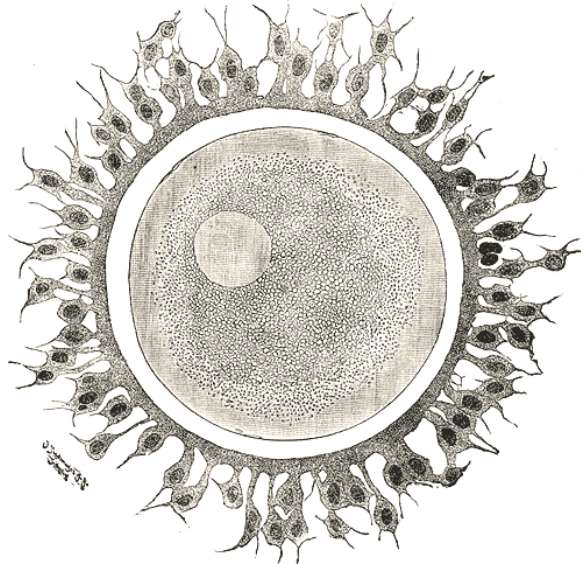


Imagen 31. Autor: [Linnea](#). Dominio público



Imagen 32. Autor: [Desconocido](#). Dominio público

*Importante*

En la **ovogénesis**, las células que sufrirán meiosis son diploides, y se llaman **ovocitos primarios**, que se han formado por mitosis a partir de una célula madre, también diploide, llamada **ovogonia**.

Ovogénesis

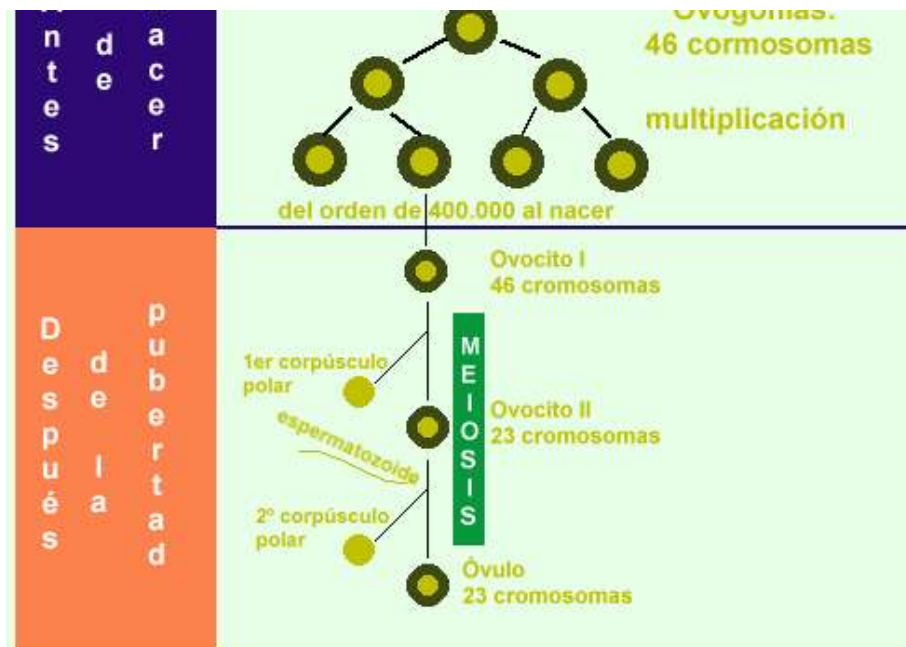


Imagen 33. Autor: Desconocido. Autorizado su uso educativo no comercial

Tras la primera división meiótica se produce una célula llamada **ovocito de segundo orden** de gran tamaño, ya que se queda con casi todo el citoplasma, y otra de pequeño tamaño llamada **corpúsculo polar**.

La segunda meiosis se forma se forma un **óvulo** y tres corpúsculos polares; normalmente, éstos se desintegran.

## Curiosidad

En estado embrionario, el número de oocitos que se presentan antes de nacer es de unos 5 millones. Las mujeres nacen con un número finito —aproximadamente, un millón— de oocitos que aparecen rodeados por una pequeña cantidad de fluido y otras células que lo nutren formando un folículo.

La mujer en la pubertad tiene en sus ovarios unos 400.000 óvulos, de los cuales maduran a lo largo de su vida reproductiva unos 400, el resto, debido a que no se utilizan, se pierden.

## Comprueba lo aprendido

Observa con atención este vídeo —aunque está en inglés es fácil de entender— y contesta si son verdaderas o no las siguientes cuestiones relacionadas con la ovogénesis.

## Ovogenesis



El lugar donde se forman los óvulos es en las gónadas femeninas, llamadas ovarios:

☒ Verdadero ☐ Falso

**Verdadero**

El ovario es un órgano par que pertenece al aparato reproductor femenino en el que se produce el proceso de gametogénesis.

La célula madre se divide por meiosis y forma ovogonias:

☐ Verdadero ☒ Falso

**Falso**

No es correcto. La célula madre se divide por mitosis, generando ovogonias. A esta fase se la llama fase de proliferación o multiplicación.

Los ovocitos de primer orden son diploides ( $2n$ ) y tras una primera división meiótica, en la que hay un reparto no equitativo del citoplasma, se forma un corpúsculo polar, de pequeño tamaño y un ovocito secundario:

☐ Verdadero ☒ Falso

**Verdadero**

Así es. Esta fase se llama de maduración. Una vez que el ovocito primario ha completado su crecimiento está ya preparado para atravesar las dos divisiones de la meiosis y transformarse en una célula haploide con  $n$  cromosomas: la ovótida.

Los óvulos son más pequeños, en comparación, que los espermatozoides:

☐ Verdadero ☒ Falso

**Falso**

El óvulo es una célula de gran tamaño, que almacena en su interior sustancias nutritivas.

El proceso de formación de espermatozoides es bastante similar al de formación de óvulos. Este proceso, llamado **espermatoogénesis**, ocurre en las gónadas masculinas, los testículos, que son órganos compuestos por numerosos túbulos seminíferos que convergen en conductos comunes que llevan el esperma maduro al exterior.

## Importante

En el proceso de [formación de espermatozoides](#) podemos identificar las siguientes etapas:

- **Fase de proliferación o multiplicación:** las espermatogonias son células diploides ( $2n$ ) que se encuentran pegadas a la pared del túbulo seminífero, que se dividen por mitosis.
- **Fase de crecimiento:** las espermatogonias experimentan una etapa de crecimiento y pasan a denominarse espermatocitos primarios o de primer orden.
- **Fase de maduración:** los espermatocitos primarios van a sufrir la primera división meiótica y se transforman en espermatocitos secundarios. La segunda división meiótica produce unas células haploides llamadas espermátidas; por cada espermatocito primario se producen cuatro espermátidas.
- **Fase de diferenciación:** las espermátidas sufren cambios y quedarán convertidas en espermatozoides, formados por cabeza, pieza intermedia y la cola o flagelo.

Puedes comprobar lo que llevas aprendido realizando estos [ejercicios](#).

## Ejercicio resuelto

Mira la siguiente imagen correspondiente a un proceso de espermatogénesis.



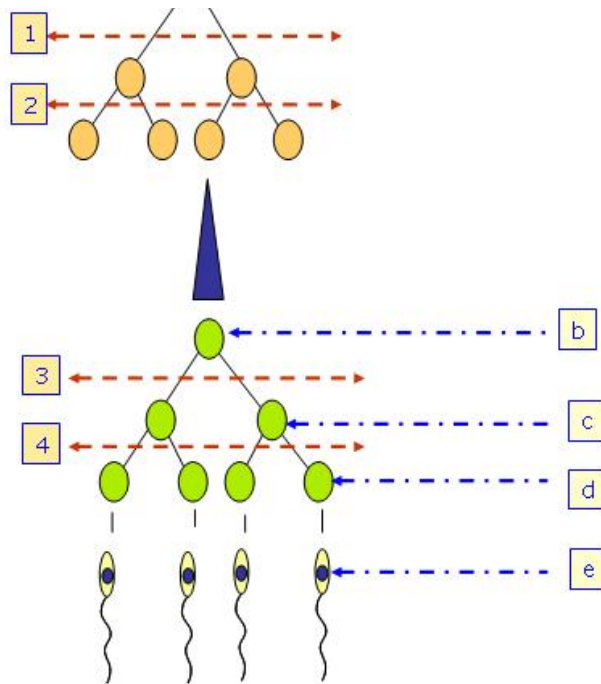
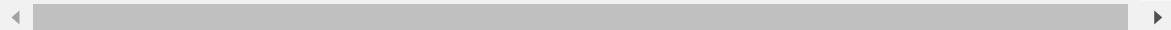


Imagen 34. Autor: J. L. Sanchez Guillén. Autorizado su uso educativo no comercial

¿Puedes poner el nombre a cada una de los procesos?

### Mostrar retroalimentación

- a. Espermatogonias.
- 1. Mitosis.
- 2. Fase de crecimiento
- b. Espermatocitos 1er orden.
- 3. Segunda división meiótica.
- c. Espermatocitos 2º orden.
- d. Espermátidas.
- e. Espermatozoides.



## Actividad de lectura

Lee este fragmento de un artículo, aparecido en la web [elmundo.es](http://elmundo.es), relacionado con la formación de espermatozoides a partir de células madres.

*Por primera vez, investigadores de la Universidad de Stanford (Estados Unidos) y de los Institutos Nacionales de la Salud del mismo país, han conseguido crear espermatozoides humanos a partir de células madre embrionarias, un logro científico que conducirá a los científicos a un mejor conocimiento de las causas de la infertilidad.*

*Éste es un avance muy importante que permitirá a los investigadores estudiar detalladamente la formación de los espermatozoides y tener un mejor conocimiento sobre los orígenes de la infertilidad en los hombres. Este conocimiento más profundo permitirá que los científicos desarrollen nuevos métodos para ayudar a las parejas que*

permite que los científicos desarrollen nuevos métodos para ayudar a las parejas que sufren de infertilidad y lograr que puedan tener su propio hijo, suyo genéticamente.

También permitirá a los científicos estudiar cómo las células que intervienen en la reproducción son afectadas por toxinas; por ejemplo, por qué los chicos que padecen de leucemia y reciben tratamiento de quimioterapia pueden perder su fertilidad para el resto de su vida, y quizás se pueda hallar una solución para este problema.

Además, el equipo cree que al estudiar el proceso de formación de los espermatozoides, se podría llegar a comprender mucho mejor cómo las enfermedades genéticas son transmitidas a las generaciones siguientes.

¿Qué proceso han tenido que seguir para poder formar, en laboratorio, espermatozoides a partir de células madre?

### **Mostrar retroalimentación**

Como sabes, la **espermátogénesis** es el mecanismo encargado de la producción de espermatozoides y combina procesos de reproducción por **mitosis** y por **meiosis**.

Mediante este proceso, el número de cromosomas que existe en las células germinales se reduce de diploide a haploide y comienza a partir de que una célula madre se diferencia para dar una espermatogonia. A continuación, mediante la fase de multiplicación realizada por mitosis, las espermatogonias se dividen y entran en fase de crecimiento, generando espermatocitos de primer orden, aun diploides.

Una vez obtenidos, entran en fase de maduración, por meiosis se forman espermatocitos de 2º orden que terminarán diferenciándose para dar espermatozoides (haploides).

Si deseas ampliar la información sobre la fabricación "in vitro" de espermatozoides, visita este [enlace](#), en el que se narran los logros conseguidos en laboratorio para fabricar espermatozoides de ratón a partir de espermatogonias.

# Resumen

## Importante

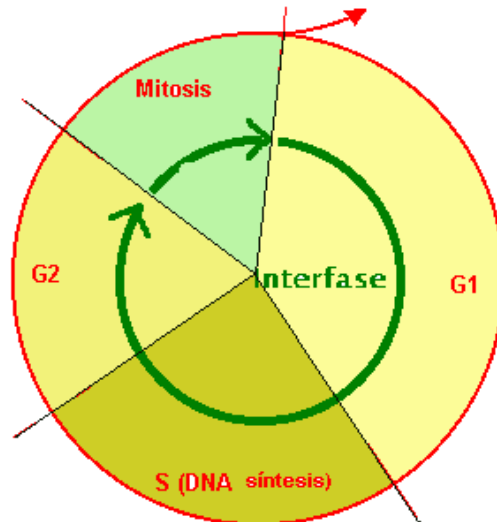


Imagen 6. Autor: [Lourdes Luengo](#). Licencia Creative Commons

Se llama **ciclo celular** a la secuencia cíclica de procesos en la vida de una célula eucariota que conserva la capacidad de dividirse.

## Importante

La **interfase** consta de tres fases en las que tiene lugar una intensa actividad metabólica.: **fase G1**, **fase S**, **fase G2**.

**Fase G1.** Empieza inmediatamente después de que ha terminado la mitosis y va a continuarse con la fase S, en ella se **replican orgánulos** y estructuras del citoplasma y como consecuencia **la célula crece** y vuelve a tener el volumen celular normal, ya que éste se había reducido al dividirse la célula a la mitad durante la mitosis. Se produce una intensa **actividad metabólica** ya que se **sintetizan ARN y proteínas** esenciales para la replicación del DNA.



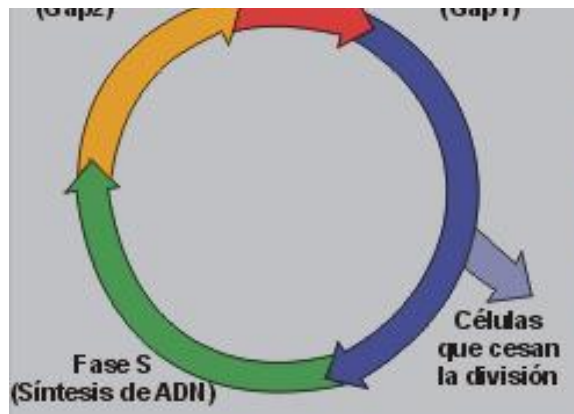


Imagen 10. Elaboración propia

**Fase S.** También se llama fase de síntesis. Es ella se **replica el ADN** y que se completa poco antes de que comience la mitosis, con el único fin de que las células hijas tengan cada una copia idéntica del genoma.

**Fase G2.** Ocurre justo antes de la mitosis y en ella las células se preparan para la actividad mitótica: se produce una **segunda fase de crecimiento**, se **acumula energía** y se **crean las proteínas** esenciales para la división celular. En esta etapa, los cromosomas formados por dos cromátidas empiezan a condensarse.

## Importante

Durante la **fase M** ocurren dos procesos muy importantes:

1. Los cromosomas recién replicados se han de alienar, separar y desplazar: **mitosis o cariocinesis.**
2. El citoplasma se segmenta asegurando el reparto no solo de un conjunto completo de cromosomas, sino también de orgánulos: **citocinesis.**

## Importante

En la **mitosis**, las células eucariotas **distribuyen equitativamente entre las células hijas los cromosomas**, y aunque es un proceso continuo, para su estudio y reconocimiento, se divide en cuatro fases llamadas:

- **Profase.**
- **Metafase.**
- **Anafase.**
- **Telofase.**

Este proceso asegura que la información genética se transmita sin cambios de unas células a otras.



## Importante

El término **ploide** se refiere al número de juegos de cromosomas en una célula.

- **Haploide** ( $n$ ): un juego de cromosomas, como óvulos y espermatozoides.
- **Diploide** ( $2n$ ): dos juegos de cromosomas, como son la mayoría de plantas y animales.

La palabra **meiosis** quiere decir división y es un proceso que sólo afecta a las **células germinales** —que son células diploides—, a partir de las cuales se forman los gametos o células reproductoras —son células haploides. En este proceso por tanto pasamos de células diploides ( $2n$ ) a células haploides ( $n$ ).

## Importante

El proceso de meiosis comprende dos divisiones sucesivas denominadas **primera división meiótica (meiosis I)** y **segunda división meiótica (meiosis II)**. Durante la meiosis I se produce una división **reduccional**, ya que las células hijas formadas presentarán la mitad de cromosomas que la célula madre.

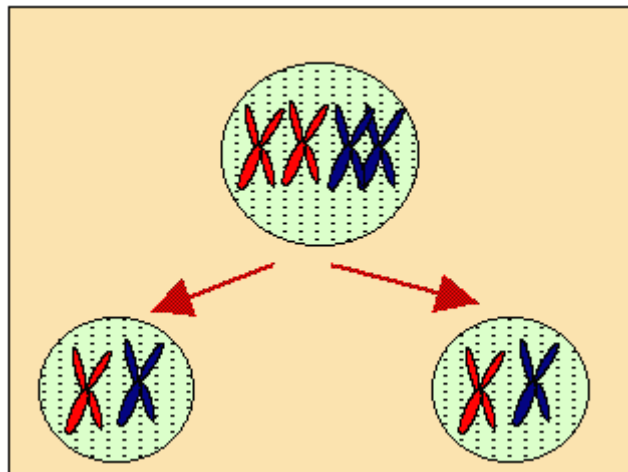


Imagen 22. Autor: [Lourdes Luengo](#). Licencia Creative Commons

La segunda división meiótica es **ecuacional**, ya que se mantiene el mismo número de cromosomas que presenta la célula de la que provienen.



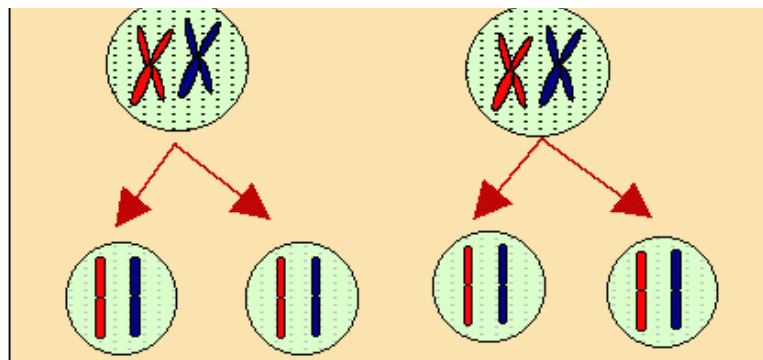


Imagen 23. Autor: [Lourdes Luengo](#). Licencia Creative Commons

# Imprimible

---

Descargar imprimible.

# Not Found

The requested URL /adistancia/Aviso\_Legal\_Andalucia\_v04.htm was not found on this server.

