

### 6) EL CICLO CELULAR. LA MITOSIS

La vida de una célula consta de dos etapas diferentes: **interfase** y **división**

La interfase es una etapa muy larga en la cual tiene lugar el crecimiento de la célula y el desarrollo de las actividades metabólicas normales. La división es una etapa corta. El conjunto de ambas componen el **ciclo celular**.

#### PERIODOS DE LA INTERFASE

La interfase es de gran importancia para la célula. No es un momento de reposo, pues en ella tiene lugar una gran actividad metabólica. La interfase se puede subdividir para su estudio en tres periodos:  $G_1$ , S y  $G_2$ .

**El periodo  $G_1$**  sigue a la mitosis anterior y corresponde a la fase de desarrollo de la célula. Los cromosomas se encuentran esparcidos en el interior del núcleo celular asociados a las histonas formando las **fibras nucleosómicas**. Los genes se transcriben de acuerdo con las necesidades metabólicas que presenta la célula en cada momento. En el citoplasma se suceden los diferentes procesos metabólicos y los orgánulos celulares se forman también en este periodo.

**El periodo S** es el de síntesis de ADN. En él, la doble hélice se abre en diversos puntos llamados **ojos de replicación**, es en ellos donde se produce la síntesis del ADN. Simultáneamente se transcriben los genes necesarios.

**El periodo  $G_2$**  es el que antecede a la mitosis. En este periodo los cromosomas están ya duplicados, es decir, están formados por dos **cromátidas** con uniones a nivel del **centrómero**.

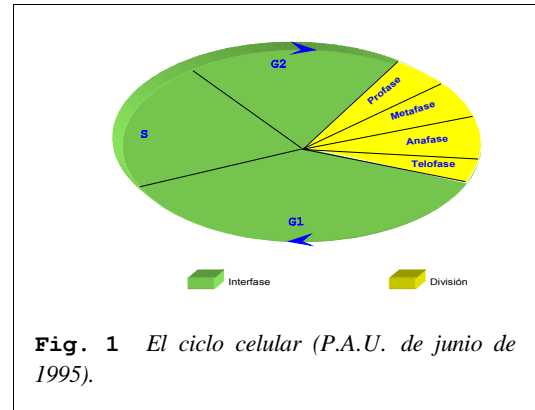


Fig. 1 El ciclo celular (P.A.U. de junio de 1995).

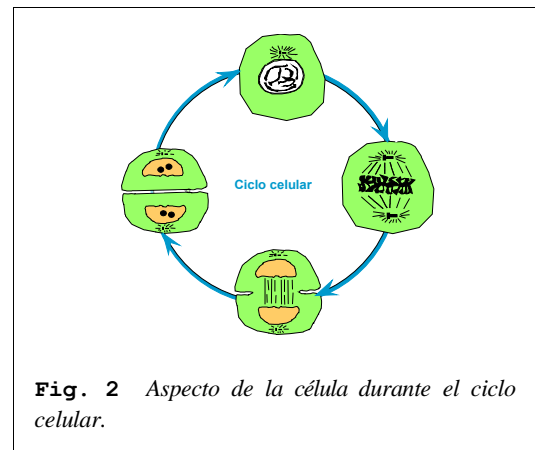


Fig. 2 Aspecto de la célula durante el ciclo celular.

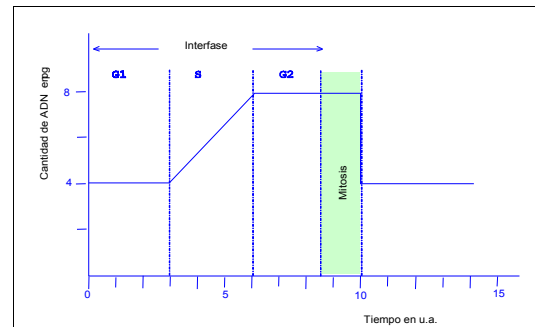


Fig. 3 Variación de la cantidad de ADN de una célula durante un ciclo celular completo.

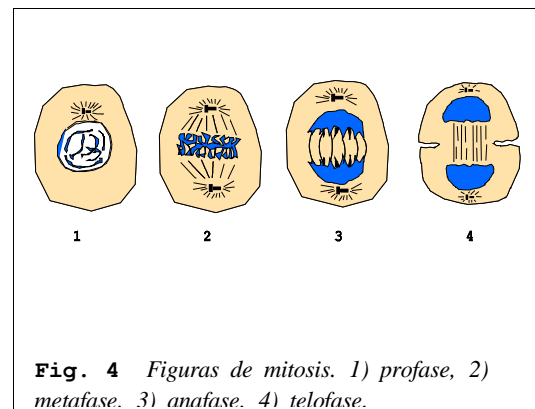


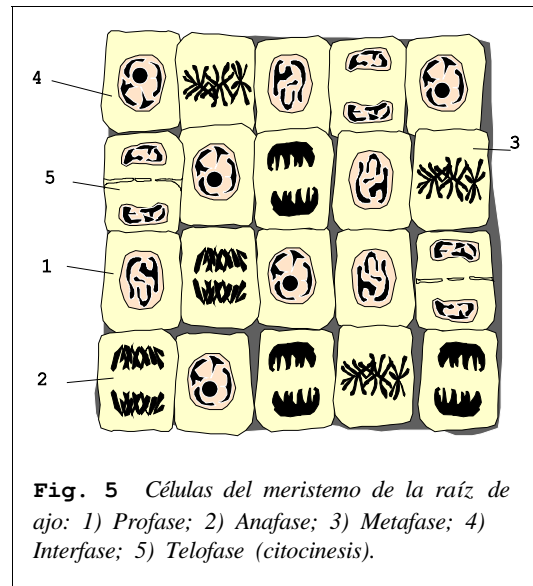
Fig. 4 Figuras de mitosis. 1) profase, 2) metafase, 3) anafase, 4) telofase.

## LA DIVISIÓN CELULAR

La división celular es un proceso biológico que en los seres unicelulares permite su **multiplicación** y en los pluricelulares el **crecimiento**, el **desarrollo**, la **regeneración** de órganos y tejidos y las funciones de **reproducción**.

En una división celular típica, la célula inicial, **célula madre**, divide su núcleo en dos núcleos hijos con la misma información genética que, además, es la misma que la de la célula madre. Al dividirse la célula, el citoplasma y los diferentes orgánulos celulares quedan repartidos y durante la posterior interfase se producirán nuevos orgánulos a partir de los que cada célula hija ha recibido. Por consiguiente, en una división celular hay que distinguir dos aspectos distintos:

- División del núcleo: **cariocinesis** o **mitosis**.
- División del citoplasma: **citocinesis** o **citodieresis**.



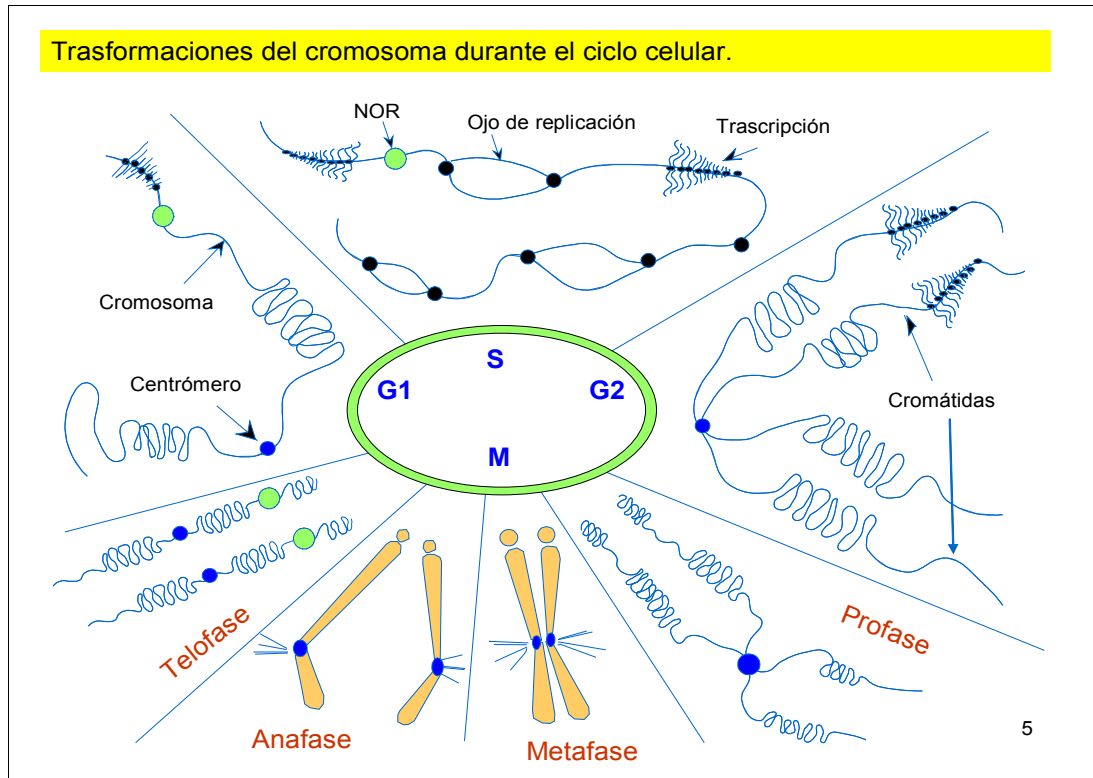
A partir de la fase M o de mitosis, la célula puede entrar de nuevo en la fase G<sub>1</sub> y dividirse otra vez o en entrar en la llamada fase G<sub>0</sub> en la que sufre una serie de transformaciones que conducen a la **diferenciación celular**. Por ejemplo, las células epiteliales se dividen continuamente pero las células que dan lugar a las neuronas entran en fase G<sub>0</sub> se diferencian, se transforman en neuronas y ya no se dividen. Otros tipos celulares como los hepatocitos están en fase G<sub>0</sub> pero si son debidamente estimulados pueden recuperar la capacidad de división y pasar de G<sub>0</sub> a G<sub>1</sub>.

## DURACIÓN DEL CICLO CELULAR

La duración de los periodos G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub> y de la mitosis (M) depende del tipo de célula que se trate. Así, en células del epitelio humano la duración es de 8 horas, en otros tipos de células puede ser de varios días o incluso meses. También depende de las condiciones fisiológicas y de determinados factores y, en particular, la temperatura.

Un caso típico de duración de un ciclo celular es el de los cultivos de células HeLa en las que un ciclo celular dura 20 horas y cada fase tiene la siguiente duración:

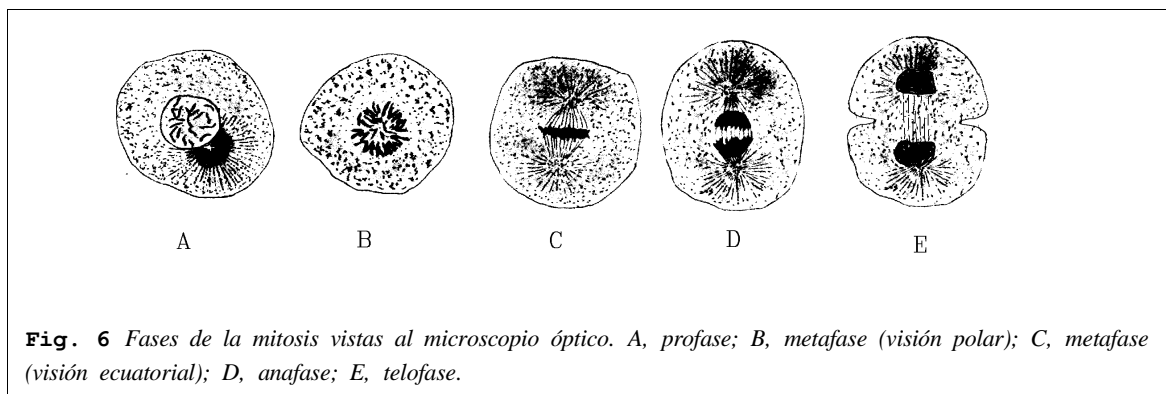
G<sub>1</sub>..... 8 horas  
 S ..... 6 horas  
 G<sub>2</sub>..... 5 horas  
 M..... 1 hora



### LA MITOSIS. FASES

Aunque la mitosis es un proceso continuo se acostumbra a dividirlo, para su estudio y reconocimiento, en cuatro fases distintas llamadas: profase, metafase, anafase y telofase.

Es de destacar, que, aunque el estudio lo haremos en una célula animal, este proceso se produce de una manera similar en las células vegetales. Las diferencias se irán indicando a lo largo de la explicación.



**Fig. 6** Fases de la mitosis vistas al microscopio óptico. A, profase; B, metafase (visión polar); C, metafase (visión ecuatorial); D, anafase; E, telofase.

## PROFASE

Es la fase más larga (1 a 2 horas en el ápice de raíz) y en ella se suceden una serie de fenómenos tanto en el núcleo como en el citoplasma.

La envoltura nuclear empieza a fragmentarse y los nucleolos van desapareciendo progresivamente.

Debido al superenrollamiento de la cromatina se produce una condensación del material genético y los cromosomas se van haciendo cada vez más visibles. Puesto que el ADN se replicó en el periodo S de la interfase, cada cromosoma está formado por dos cromátidas unidas por el centromero.

En las células animales el par de centriolos se ha dividido en interfase y ha dado lugar a dos pares de centriolos que constituirán los focos de unas ordenaciones radiales de microtubulos: los **ásteres**. Los dos ásteres que al principio están juntos se separan a polos opuestos de la célula y los haces de microtubulos que surgen de ellos se alargan y forman un **huso mitótico o huso acromático bipolar**. Las células vegetales no tienen centriolos y el huso acromático se forma a partir del **centrosoma**. Estos husos sin centriolo se llaman **husos anastrales** y están menos centrados en los polos.

Los túbulos del huso se forman a partir de las moléculas del citoesqueleto. Éste se desorganiza y la célula adquiere una forma más redondeada.

## METAFASE

Es una fase corta (5 a 15 minutos en el ápice de la raíz del ajo). El huso mitótico ya está perfectamente desarrollado. Los cinetócoros de los cromosomas interaccionan por medio de unos microtúbulos con los filamentos del huso y los cromosomas son alineados en la placa ecuatorial de la célula o **placa metafásica**. En esta fase los cromosomas se encuentran todos en la zona

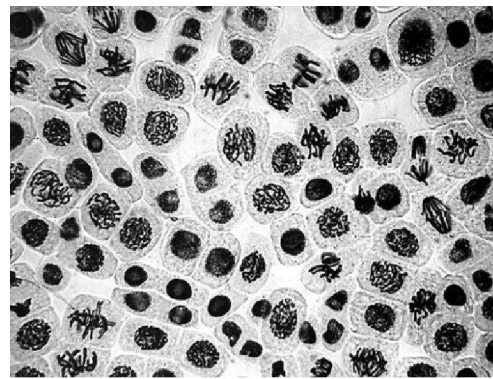


Fig. 7 Células en diversas fases del ciclo celular (M.O.).

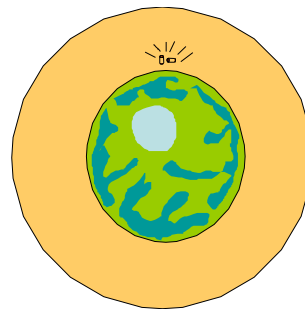


Fig. 8 Interfase.

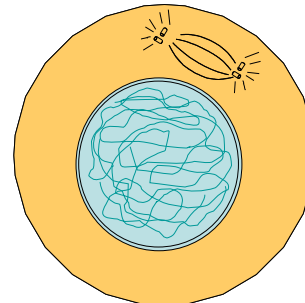


Fig. 9 Inicio de la profase.

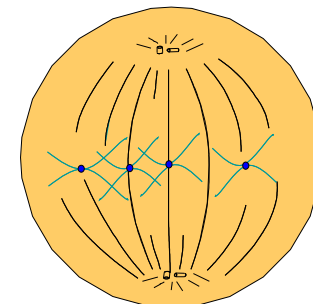


Fig. 10 Metafase.

ecuatorial, orientados perpendicularmente a los microtúbulos que forman el huso acromático constituyendo la denominada **placa ecuatorial**.

Esta es la fase más adecuada para la observación de los cromosomas. Para ello se rompe la célula, por ejemplo: mediante choque osmótico, si ello es posible, y los cromosomas se tiñen, se aplasta para que se extiendan y a continuación se fotografían.

### ANAFASE

Es la fase más corta (2 a 10 minutos en el ápice de raíz). Los cinetócoros se separan y cada cromátida es arrastrada hacia un polo de la célula. El movimiento parece ser que se produce por un desensamblaje de los microtúbulos. Al desplazarse cada cromátida, sus brazos se retrasan formando estructuras en V con los vértices dirigidos hacia los polos.

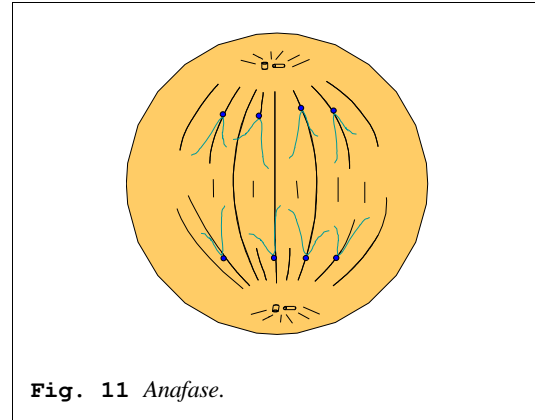


Fig. 11 Anafase.

### TELOFASE

Su duración en el ápice de raíz de ajo es de 10 a 30 minutos. Los cromosomas son revestidos por fragmentos del retículo endoplasmático que terminarán soldándose para constituir la envoltura nuclear. Poco a poco los cromosomas van descondensándose y se desfiguran adquiriendo el núcleo un aspecto cada vez más interfásico, los nucleolos comienzan a reaparecer. Los microtúbulos del huso se agrupan en haces por la aparición en la región media de cilindros de una sustancia densa y pierden sus conexiones con los polos. Finalmente los cilindros se fusionan en un solo haz y la célula se divide en dos.

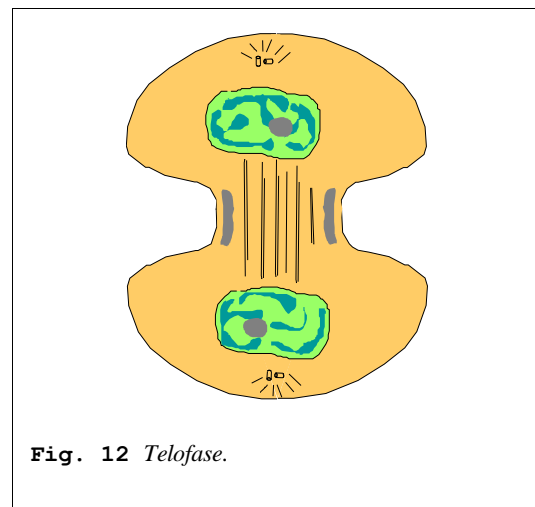
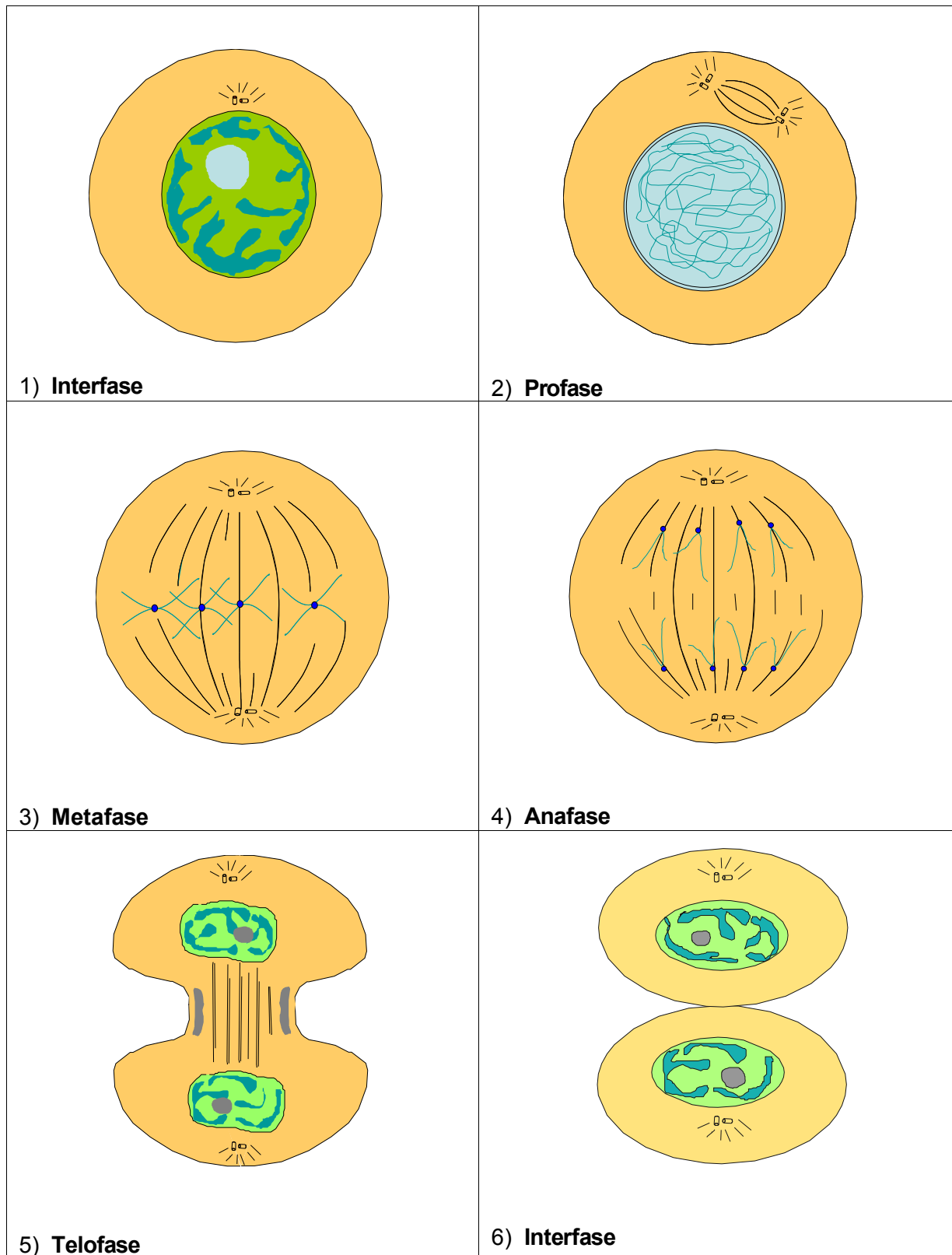


Fig. 12 Telofase.

### ESQUEMA GENERAL DE LA MITOSIS



**CITOCINESIS**

La división del citoplasma se inicia ya al final de la anafase y continúa a lo largo de la telofase. Se produce de manera distinta en las células animales y en las vegetales. En las células animales tiene lugar por simple estrangulación de la célula a nivel del ecuador del huso. La estrangulación se lleva a cabo gracias a proteínas ligadas a la membrana que formarán un anillo contráctil. En las células vegetales aparece un sistema de fibras formado por microtúbulos en forma de barril: el **fragmoplasto**. En su plano ecuatorial se depositan pequeñas vesículas que provienen de los dictiosomas del aparato de Golgi. Estas vesículas contienen sustancias pécticas que formarán la **lámina media**. Todo ello crece de dentro a fuera. La división no es completa entre ambas células hijas, manteniéndose algunos poros de comunicación: los **plasmodesmos**, al quedar capturados entre las vesículas elementos del retículo. Posteriormente se depositan el resto de las capas que forman la pared celular. Es más, cada célula hija depositará a su alrededor una nueva pared celular. Las paredes celulares de las células vegetales se estiran y se rompen permitiendo a las células hijas crecer.

Por último indicar que en algunos hongos a la cariocinesis no le sucede la citodiéresis. Se forman así masas, llamadas **plasmodios**, que contienen una gran cantidad de núcleos envueltos en una sola membrana.

**SIGNIFICADO BIOLÓGICO DE LA MITOSIS**

- **A nivel genético** representa un sistema de reparto equitativo e idéntico de la información genética. Ambas células hijas tendrán la misma información genética, que es la misma que poseía la célula madre.

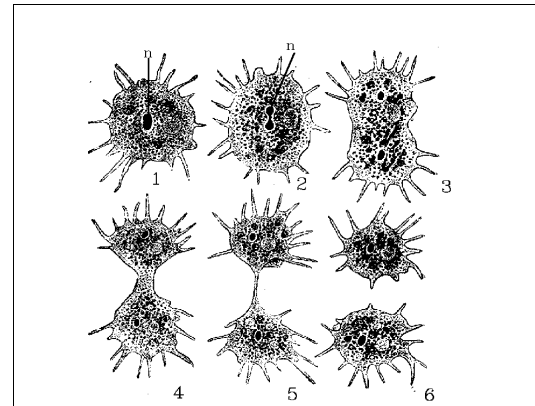


Fig. 13 Citocinesis en una célula animal.

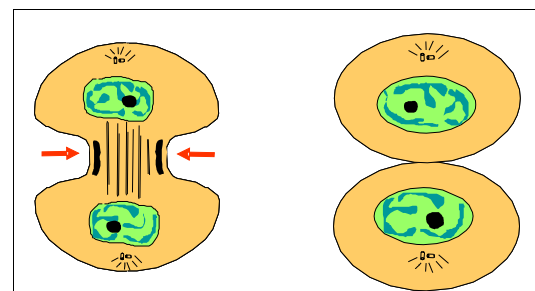


Fig. 14 Citocinesis en una célula animal.

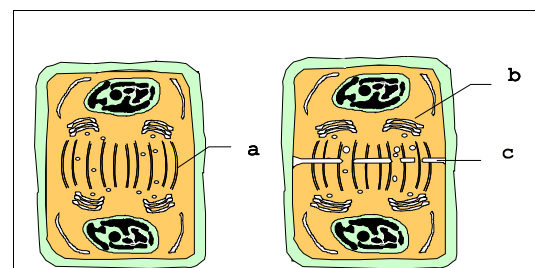


Fig. 15 Citocinesis en una célula vegetal. a) Fragmoplasto; b) dictiosoma; c) lámina media.

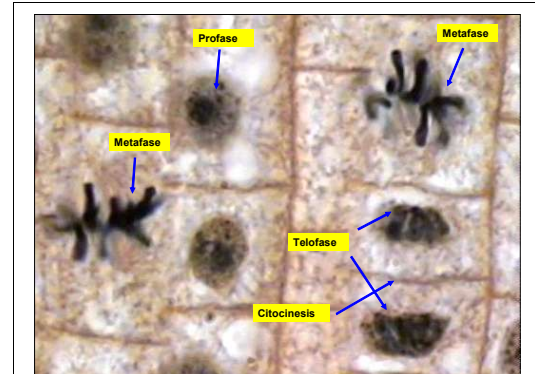
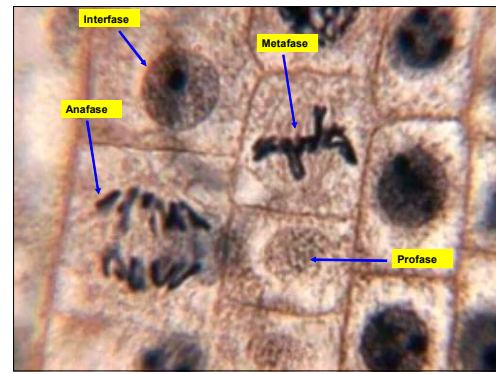


Fig. 16 Figuras de mitosis.

- **A nivel celular** la mitosis permite la perpetuación de una estirpe celular y la formación de colonias de células (**clones celulares**).

- **A nivel orgánico** la mitosis permite el crecimiento y desarrollo de los tejidos y de los órganos de los seres pluricelulares y la reparación y regeneración de los mismos. De esta manera, todas las células de un organismo pluricelular, a excepción de las células sexuales, dispondrán de idéntica información genética.



**Fig. 17** Figuras de mitosis.