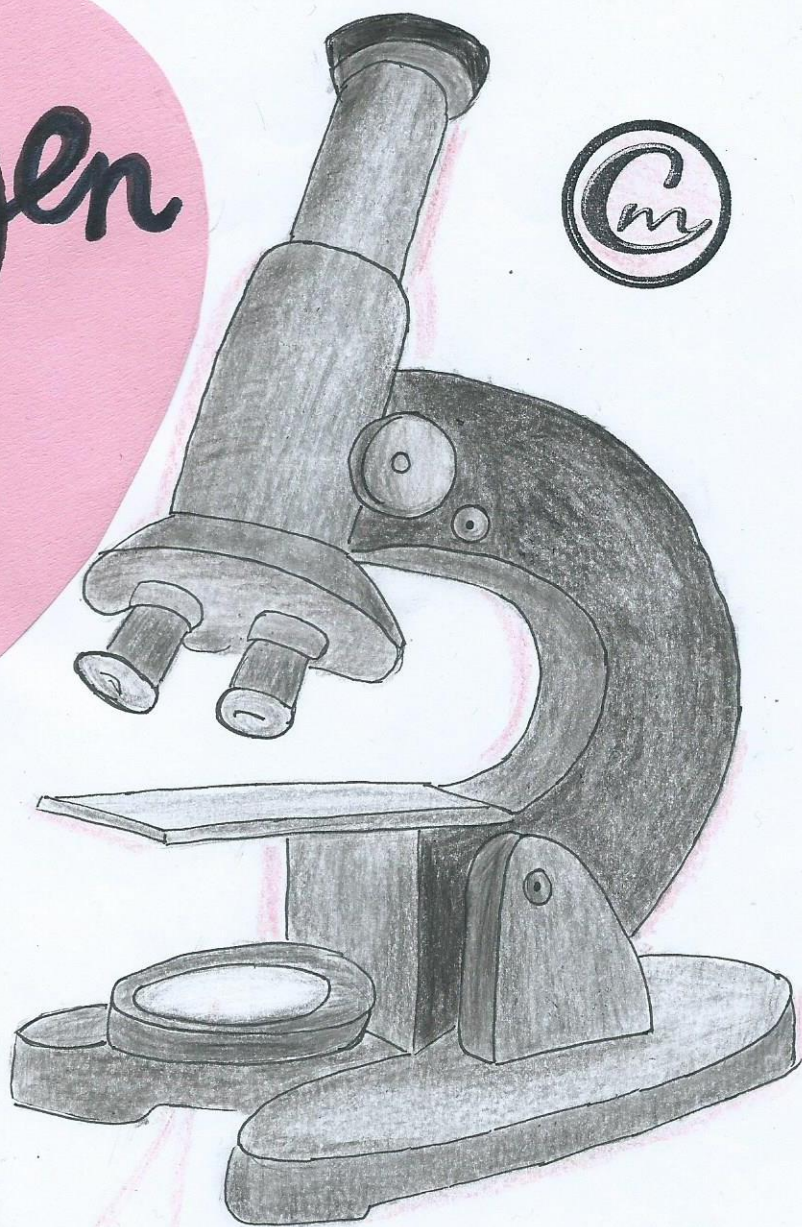
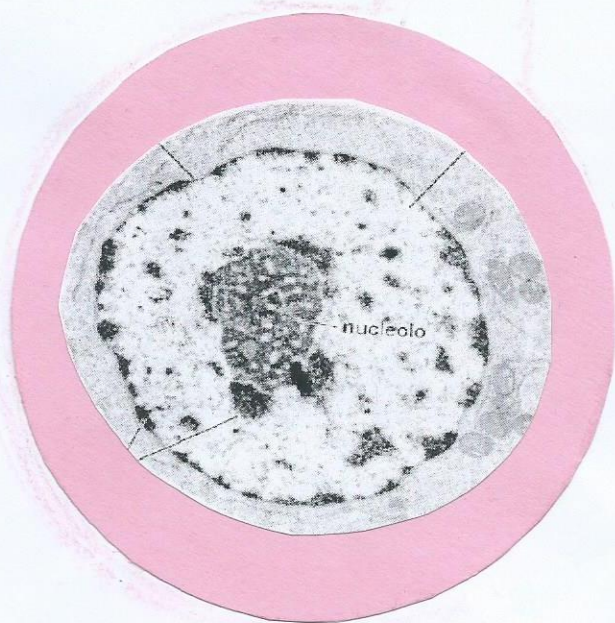


# El origen de la vida



## LA CÉLULA



Daniel Ferrando  
Gabriela Lastra  
María Lorenzo  
Paula Núñez

LA  
CÉLULA

# Índice



|                                           |           |
|-------------------------------------------|-----------|
| 1. Introducción a la célula               | Página 2  |
| 2. La célula                              | Página 4  |
| • Teoría celular                          | Página 4  |
| • Célula procariota                       | Página 5  |
| • Célula eucariota                        | Página 6  |
| • Síntesis de proteínas                   | Página 10 |
| • Evolución celular                       | Página 11 |
| • Forma y tamaño de las células           | Página 12 |
| • Bipartición                             | Página 13 |
| • Ciclo celular                           | Página 14 |
| • Estructura del núcleo. Cromosomas       | Página 16 |
| • Mitosis                                 | Página 18 |
| • Meiosis                                 | Página 20 |
| 3. ANEXO. Ejercicios y esquemas           | Página 23 |
| • Información adicional                   | Página 26 |
| - Permeabilidad/especificidad de membrana | Página 29 |
| - Respiración celular y fotosíntesis      |           |
| • Respuestas de los ejercicios            | Página 33 |
| • Esquemas                                | Página 35 |
| - Esquema mental de todo el tema          | Página 46 |
| • Imágenes y tablas                       | Página 47 |
| 4. Glosario de términos                   | Página 49 |
| 5. Bibliografía                           | Página 51 |

# La célula

- Los humanos somos los únicos que hemos desarrollado un cerebro que es capaz no solo de entender el abecedario genético compuesto por las 4 bases del ADN, sino reescribirlo gracias al CRISPR.
  - Esta se ha aplicado para corregir defectos genéticos en embriones humanos y se está estudiando en pacientes con cáncer de pulmón y otros posibles tumores.
  - El equipo de Zhang ha desarrollado una versión de CRISPR que es capaz de modificar el ARN, ácido nucleico que transcribe las instrucciones del ADN. Muchas enfermedades raras se desencadenan por una sola letra del ADN mal situada en la secuencia.
  - Los investigadores han usado su editor llamado Repair, para corregir en células humanas mutaciones que causan anemia de Fanconi y un tipo de diabetes.
  - El sistema tiene una tasa de éxito del 20% al 40% y el equipo han reducido el número de erratas que introduce en el ARN de más de 18000 a apenas 20.
- "la nueva técnica de edición genética corrige enfermedades en células humanas" El País (2017)

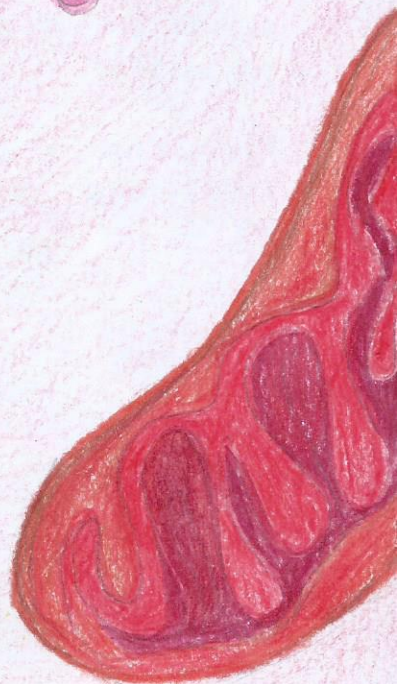
# MODIFICACIÓN GENÉTICA

Consiste en degradar proteínas del ADN gracias a la intervención de enzimas y así conseguir la modificación del gen. El nuevo organismo con genes insertados tendrá la información genética de una o más características.



¿Crees que realmente modificar los genes puede llegar a ser beneficioso? ¿Qué consecuencias crees que puede conllevar?

¿Qué beneficios y desventajas podrían llegar a causar si se elaboran estas manipulaciones? Coméntalo con tus compañeros para llegar a una conclusión.



# • La célula •

La **célula** es la unidad anatómica y fisiológica de los seres vivos; tienen la capacidad de realizar las tres **funciones vitales**.

## • Teoría celular •

La elaboración de esta teoría no hubiera sido posible sin los aportes que, durante los últimos cuatro siglos, realizan investigadores como **Leeuwenhoek**, **Robert Hooke**, en el siglo **XVII**.

Sin embargo, la teoría celular como tal fue elaborada ya en el siglo **XIX** por el botánico **Matthias Jakob Schleiden** y el zoólogo **Theodor Schwann**, enunciaron los dos primeros postulados (unidad estructural y funcional de la célula).

Maís tarde, **Rudolf Virchow**, completaría la teoría sentenciando su famoso "Omnis cellula ex cellula", que quiere decir que toda célula procede de otra preexistente (unidad reproductora).

Finalmente, y gracias a las observaciones del español **Ramón y Cajal**, se le otorgó carácter universal a la teoría celular.

(Arcamí, José, Biología 2 Bachillerato (2011))

### Postulados de la teoría celular

1º **unidad estructural**: todos los organismos se encuentran formados por una o más células.

2º **unidad funcional**: la célula es la unidad anatómica y fisiológica de los seres vivos.

3º **unidad reproductora**: toda célula procede, por división, de otra anterior.

4º **unidad hereditaria**: el material hereditario contiene las características genéticas de una célula pasa de la célula madre a la hija.

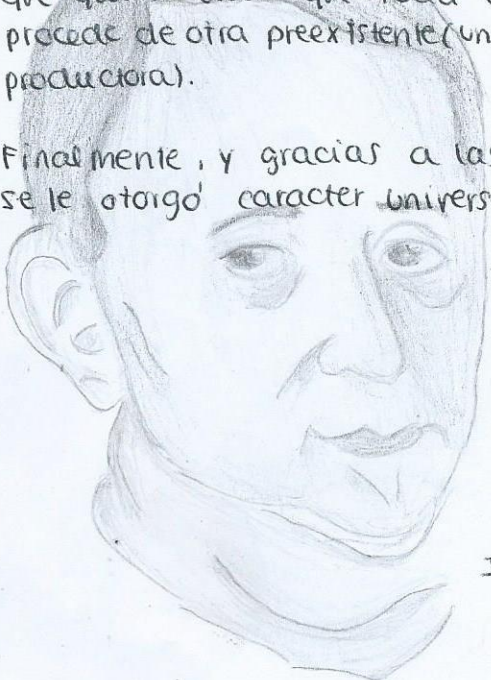


Imagen 1: Robert Hooke, científico del siglo XVII que inventó el primer microscopio.

# CÉLULA PROCARIOTA



Las **células procariotas** son aquellas que carecen de núcleo en el que almacenar el material genético, se encuentra disuelto en el citoplasma, específicamente en el **nucleoide**. En el resto del citoplasma, destaca el gran número de ribosomas.

**Apéndices:** repliegues de la membrana, que facilitan el movimiento de la célula (cilios y flagelos); las **spilusias** sirven para la reproducción (parasexual) y la **fimbria** para adherirse.

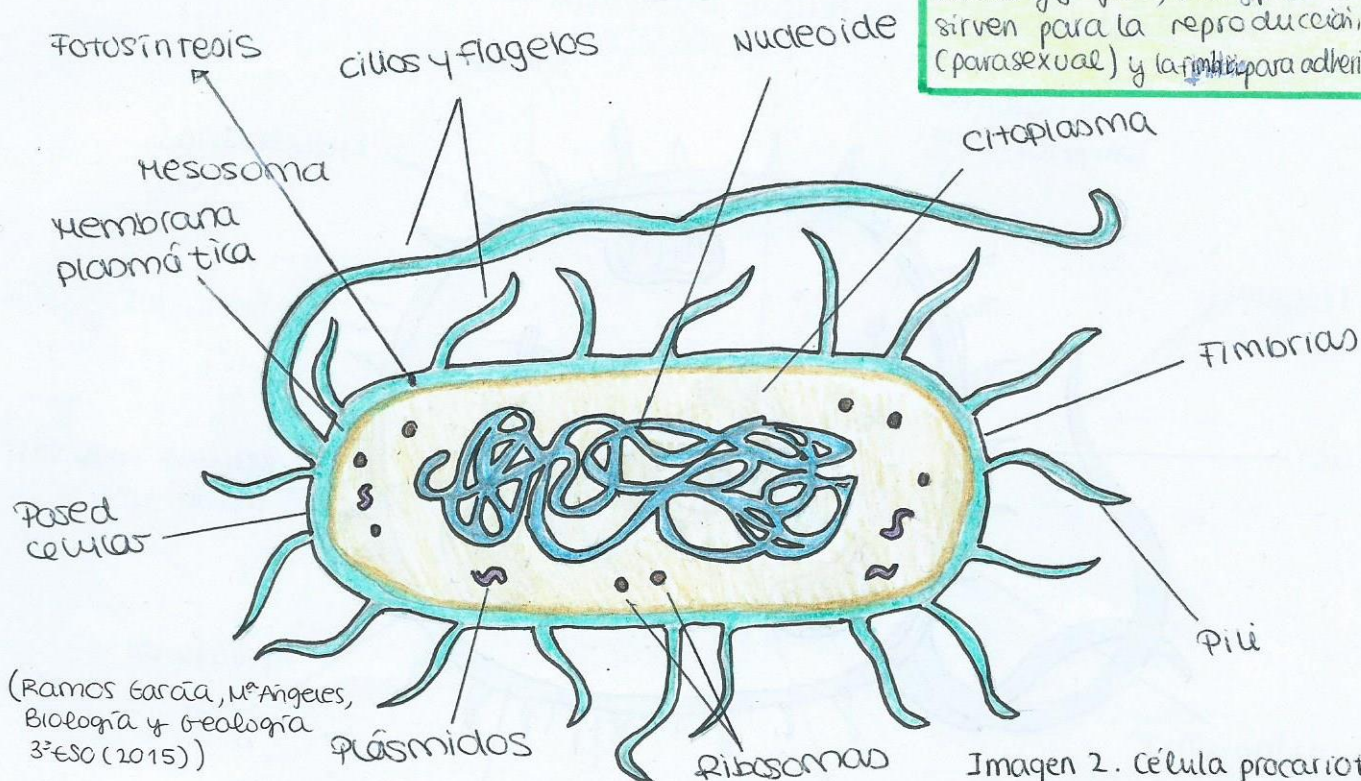


Imagen 2. Célula procariota

Todas las células presentan las siguientes estructuras (célula procariota):

- **Membrana plasmática.** Actúa como una barrera de protección semipermeable, además, da forma a la célula, y a diferencia de las células eucariotas no presenta colesterol. Sus principales funciones son:
  - Intercambio de sustancias, gracias a la especificidad de membrana.
  - Reconocimiento de la información.
  - Reconocimiento y adhesividad celular.

## ! IMPORTANTE

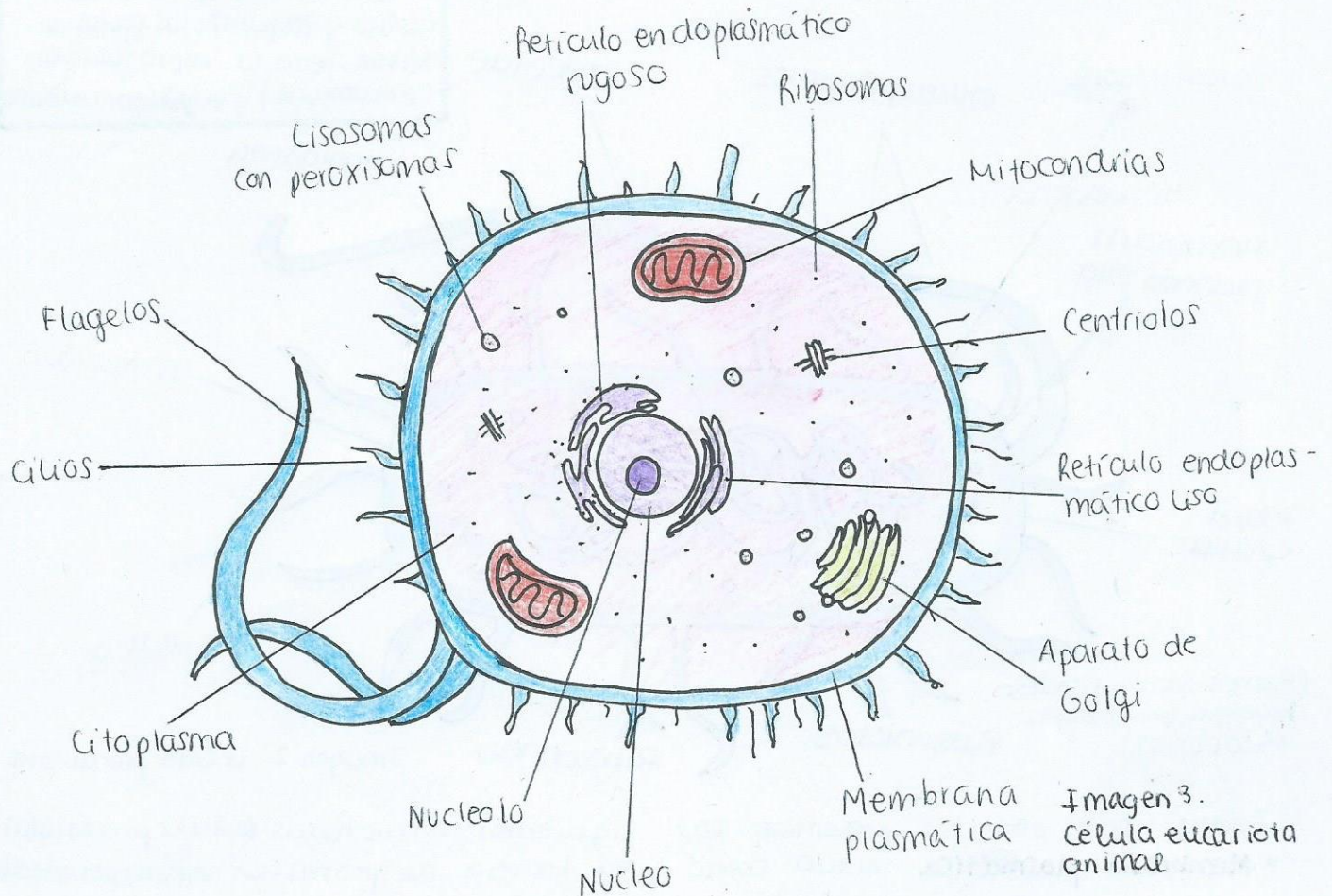
El elemento principal de la membrana es la **bicapa lipídica**, asociados a ella varios tipos de proteína, que facilitan los transportes tras membrana.

- **Citoplasma** es el conjunto del fluido acuoso (Citosol) con los orgánulos celulares, aunque la célula procariota no presenta ninguno. Sin embargo se pueden diferenciar dos claras regiones, el nucleoide, donde se encuentra la mayor parte del material genético.

(Arcanú, José; Biología 2 Bachillerato (2011))

# CÉLULA eucariota

## • célula animal



El centrosoma está formado por una pareja de centriolos, y es el único orgánulo que aparece en la célula animal y no en la vegetal, además de los cilios y flagelos, aunque en muy raras ocasiones se pueden dar en vegetales. La función principal de los centrosomas es la de organizar el citoesqueleto y darle movilidad (cilios y flagelos). Además, intervienen en el reparto del material genético en la división celular.

### DIFERENCIAS ENTRE PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

**PROCARIOTA** No poseen sistema de endomembranas que rodeen el núcleo o que cumplan sus propias funciones en la célula.  
Tienen una superficie aproximada de entre 1 a 1  $\mu\text{m}$

**EUCARIOTA** poseen un núcleo donde se almacena el ADN, además de un conjunto de orgánulos membranosos.  
Tienen una superficie aproximada de entre 100 y 10  $\mu\text{m}$

# CÉLULA VEGETAL



La célula vegetal es característica principalmente por tener cloroplastos en su citoplasma. Se encargan de realizar la fotosíntesis y por tanto, dar característica de autótrofo a la célula. Además, a diferencia de la célula animal, tiene una pared celular de celulosa que da forma a la célula, además de protección. También contiene vacuolas, grandes vesículas con reservas nutritivas, agua, sales minerales y deshecho.

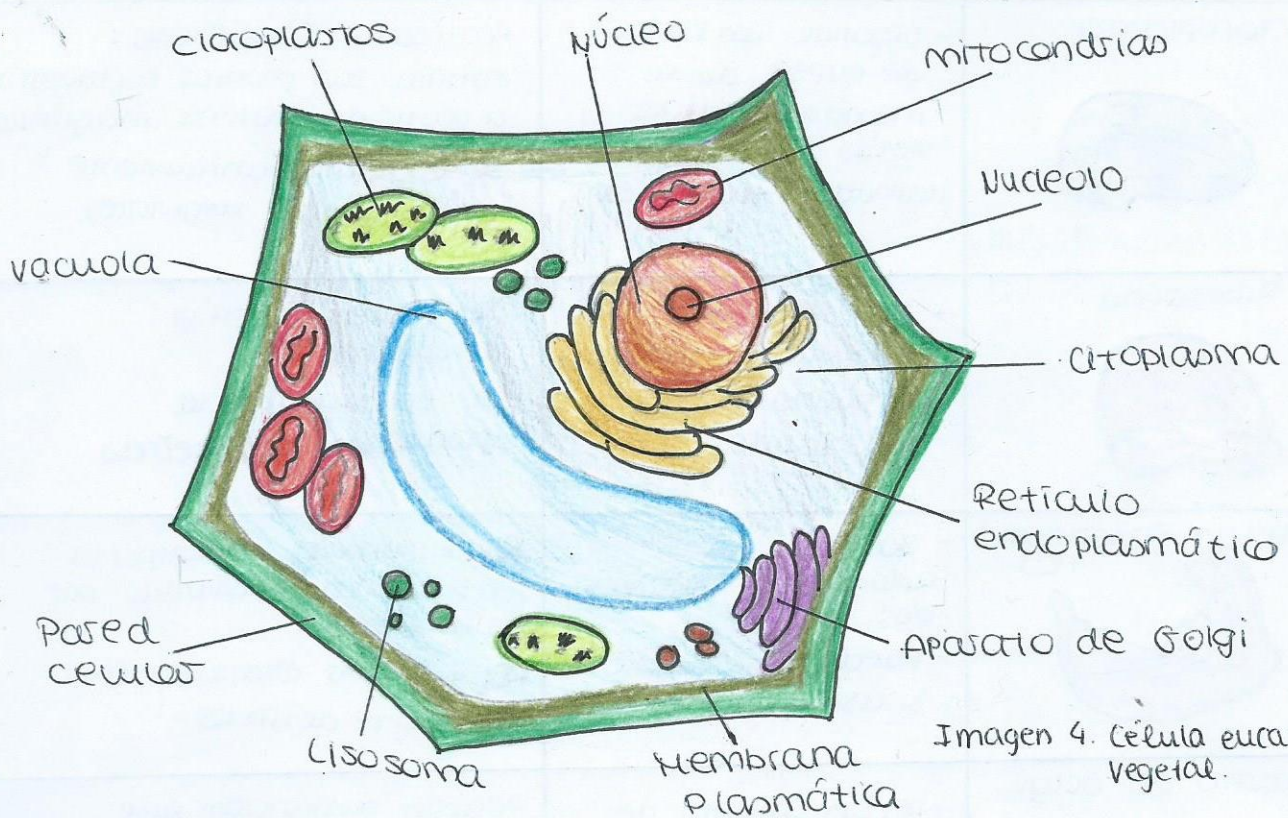


Imagen 4. Célula eucariota vegetal.

## [LA FOTOSÍNTESIS]

La fotosíntesis es un proceso mediante el cual las plantas producen sustancias orgánicas a partir de inorgánicas como el agua,  $CO_2$  y sales minerales. Se realiza en las hojas y tallos verdes de la planta, en unas estructuras especiales. Los cloroplastos, que contienen clorofila. El proceso ocurre mientras la planta recibe luz solar o artificial. Hay dos fases: la luminosa y la oscura. La luminosa cuando hay luz y la oscura es cuando no la hay. Ver más en el anexo, p. 29\*

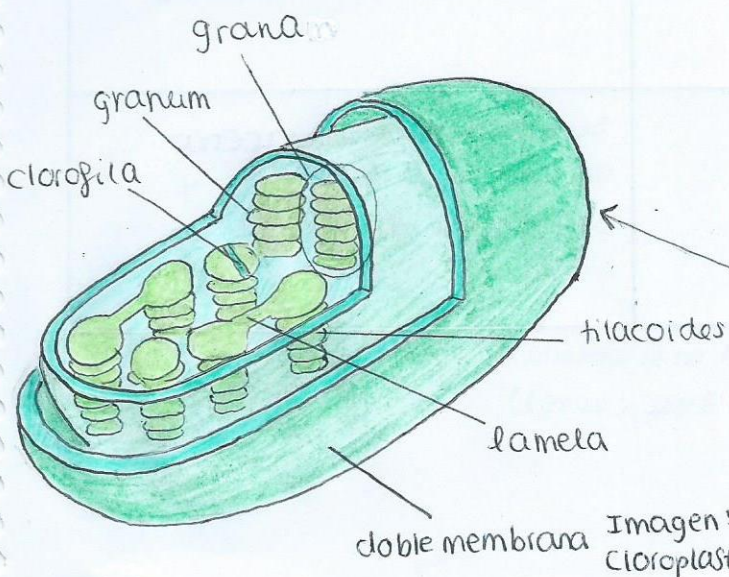


Imagen 5. Cloroplasto

(Apuntes Sergio Garza)

# ORGÁNULOS CELULARES

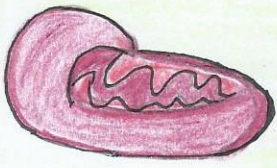
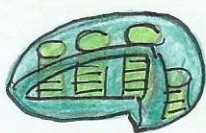
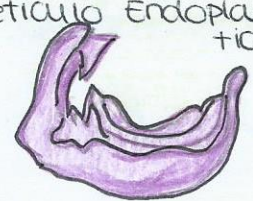
| ORGÁNULO                                                                                                                                  | DEFINICIÓN                                                                                                                                       | FUNCIÓN                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Mitocondria</p>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Orgánulo con estructura de eufse, que está compuesto por una doble membrana</li> </ul>                  | <p>Su función es realizar la <b>respiración celular</b>.</p> <p>Es un proceso mediante el cual la célula obtiene energía para llevar a cabo sus funciones vitales.</p> |
| <p>Cloroplasto</p>  <p><b>SOLO EN CÉLULA VEGETAL</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Orgánulo con forma de eufse, doble membrana y unos sacos apilados llamados <b>tilacoides</b></li> </ul> | <p>Realiza la <b>fotosíntesis</b>: fabrica sus propios nutrientes a partir de materia inorgánica</p> <p>Se encuentra únicamente en las células vegetales.</p>          |
| <p>Ribosoma</p>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Son pequeñas partículas sin membrana, compuestas por dos subunidades.</li> </ul>                        | <p>Se encuentran en el citoplasma.</p> <p>Se encargan de la <b>producción de proteínas</b></p>                                                                         |
| <p>Reticulo Endoplasmático</p>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Son unos sacos aplanados e interconectados</li> <li>- Puede ser rugoso o liso</li> </ul>                | <p><b>RER</b> → almacena y transporta las proteínas fabricadas por los ribosomas</p> <p><b>REL</b> → síntesis almacenamiento y transporte de lípidos</p>               |
| <p>Apasato de Golgi</p>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un conjunto de cisternas apiladas</li> </ul>                                                         | <p>Reciben sustancias que provienen del RER y las empaquetan en <b>vesículas</b></p>                                                                                   |
| <p>Vacuola</p>  <p><b>SOLO EN CÉLULA VEGETAL</b></p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es una vesícula rodeada de una membrana</li> </ul>                                                      | <p>Su función es <b>almacenar</b> agua sales minerales y sustancias de reserva</p>                                                                                     |

Tabla 1. Orgánulos celulares: definición y función en la célula.

(Ramos García, M<sup>a</sup> Ángeles, Biología y Geología 3ºESO (2015))



| ORGÁNULO                                                                                                                                    | DEFINICIÓN                                                                           | FUNCIÓN                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Lisosoma</p>                                            | <p>Vesículas rodeadas de una membrana, contienen enzimas digestivas</p>              | <p>Degradar moléculas grandes e dañinas en sustancias nutritivas, más sencillas e inofensivas</p>                                                                  |
| <p>Pared celular</p>  <p><b>SÓLO EN CÉLULA VEGETAL</b></p> | <p>Gruesa capa protectora que cubre la membrana plasmática. Formada por celulosa</p> | <p>Proporcionar rigidez a la célula y darle una forma poligonal.</p> <p>Sólo está presente en las células vegetales.</p>                                           |
| <p>Centrosoma</p>  <p><b>SÓLO EN CÉLULA ANIMAL</b></p>    | <p>Formado por una pareja de centriolos</p>                                          | <p>Centro de organización del citoesqueleto. Participa en la división celular y la formación de cilios y flagelos</p> <p>Sólo están presentes en cel. animales</p> |

(Ramos García, M. Ángeles, Biología y Geología 3º ESO (2015))

## **Actividades**

1. Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas; corrige las que sean erróneas.

- Todas las células eucariotas presentan mitocondrias.
- El retículo endoplasmático liso se encarga de la síntesis de proteínas.
- La pared celular es una barrera protectora de las células animales.
- Las células vegetales no presentan centrosomas.
- Las células vegetales no realizan la fotosíntesis, son las células animales.

2. Las células procariotas presentan grandes diferencias frente a las células eucariotas. Por ejemplo, las procariotas no tienen un núcleo en el que almacenar el material genético, a diferencia de las eucariotas, que sí tienen.

Con tus compañeros, realiza una tabla o pequeño esquema enunciando todas las diferencias anatómicas y funcionales.

# SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

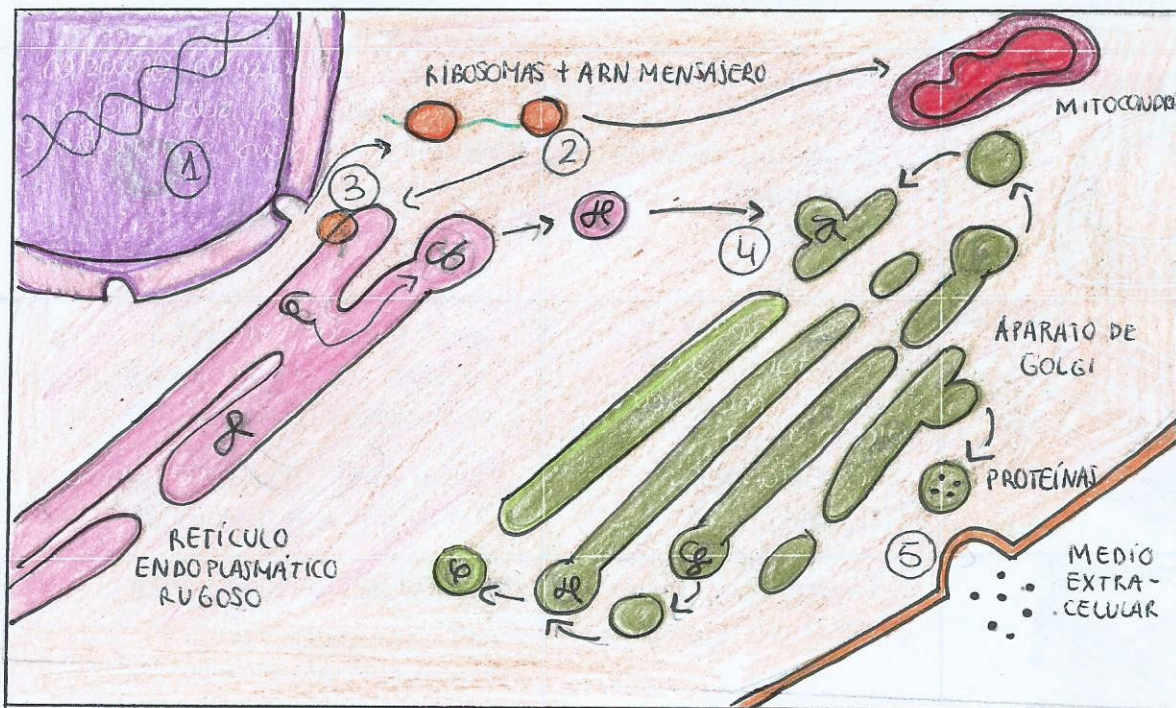


Imagen 6. Síntesis de proteínas

1. Se produce una copia de un fragmento de ADN (ARN mensajero)
2. La copia de ADN sale del núcleo al citoplasma para unirse a los ribosomas.
3. Los ribosomas introducen en el RER las proteínas que producen
4. Las proteínas se empaquetan en vesículas que se dirigen al aparato de Golgi.
5. Finalmente las vesículas expulsan las proteínas maduras al exterior para ser utilizadas en la célula.



Los aminoácidos son los monómeros, que gracias a los ribosomas y los enlaces darán lugar a las proteínas.



## SABÍAS QUE...

Las mitocondrias producen la energía necesaria para todos los procesos celulares

Incluso producen energía en forma de calor que es totalmente inútil para el ecosistema

(Ramos García, M<sup>a</sup> Ángeles; Biología y Geología, 3<sup>o</sup> ESO (2015))

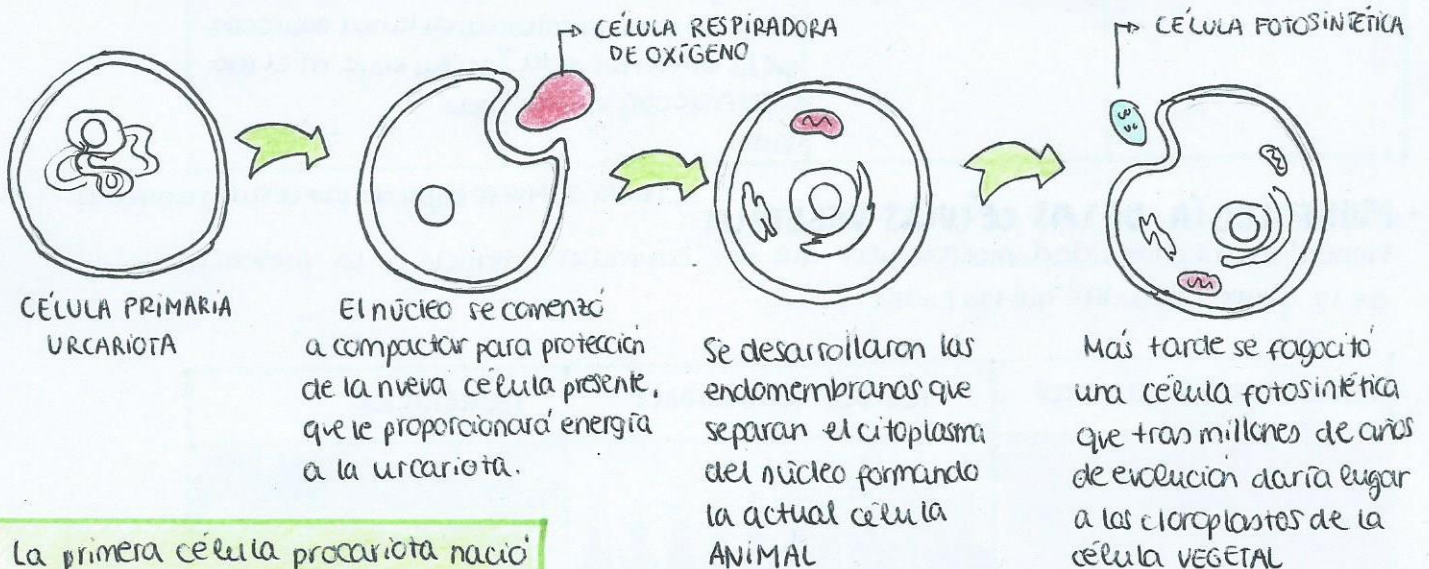
# EVOLUCIÓN CELULAR



## TEORÍA ENDOSIMBIÓTICA

Una **simbiosis** es la relación interespecífica en la cual ambos organismos se benefician el uno del otro. La relación que mantienen es tan importante que uno no podría sobrevivir sin el otro, convirtiéndose en un mutualismo permanente. La endosimbiosis, por tanto, se refiere a una simbiosis en la que uno de los organismos vive dentro del otro, haciéndose totalmente dependiente.

La propuesta de esta teoría fue formulada por **Margulis** a mitad del siglo **XX**, y consiste en que las células eucariotas se originaron a partir de una primitiva célula urcariota, que en algún momento fagocitaría a otras células u organismos bacterianos, estableciéndose así, entre ambos, una relación endosimbiótica.



La primera célula procariota nació en un ambiente atmosférico reductor, sin apenas oxígeno y con una gran cantidad de vapores de azufre y nitrógeno. Estas células eran **anaeróbicas**, es decir, no necesitan  $O_2$  para vivir, sino que realizaban la fermentación, muy similar a la de las bacterias actuales.

La ventaja principal entre una respiración anaeróbica y la aeróbica es que gracias al  $O_2$ , en la respiración celular se producen de 36 a 38 moléculas de ATP, mientras que con la fermentación de la glucosa se obtienen tan solo 2 moléculas.

Muchas de las células anaeróbicas se extinguieron o se adaptaron al  $O_2$ .

## PRUEBAS QUE AFIRMAN ESTA TEORÍA

- Las mitocondrias y los cloroplastos tienen una doble membrana, que podrían haber sido la membrana de la antigua urcariota y la vesícula con la que se fagocitó. Además, tienen sus propias ribosomas, características de las células procariotas (70S) además de un ADN circular bicatenario, en vez de tenerlo compactado, o no tenerlo, como el resto de orgánulos y depender del núcleo celular.
- Se cree que los cílios y flagelos tienen también un origen bacteriano, de las células espiroquetas que tienen una gran movilidad, principal función de los cílios y flagelos.
- El tamaño de las mitocondrias y de los cloroplastos es también muy similar al de las células procariotas, entre 1 y 10  $\mu m$ , aproximadamente.

(Arcamú, Jose, Biología 2 Bachillerato (2011))

# FORMA Y TAMAÑO DE LAS CÉLULAS

## MORFOLOGÍA DE LAS CÉLULAS ANIMALES

| TEJIDO EPITELIAL                                                                   | TEJIDO MUSCULAR                                                                                                 | TEJIDO CONECTIVO                                                                                                                                                                                 | TEJIDO NERVIOSO                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |
| Sus células pueden presentar formas aplanadas, cúbicas, prismáticas o calciformes. | Las células musculares, tanto escasas como estrías, tienen un aspecto alargado, por lo que se denominan fibras. | Sus células tienen una gran variedad morfológica; por ejemplo, los eritrocitos del intestino delgado muestran forma de disco, mientras que los osteocitos de la superficie ósea son estrechados. | Generalmente, sus células muestran un aspecto estrellado. Aunque también hay de tipo piramidal (corteza cerebral) o en candelabro (neuronas de Purkinje en el cerebelo). |

Tabla 3. Morfología de las células animales.

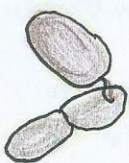
## MORFOLOGÍA DE LAS CÉLULAS VEGETALES

Tienen menor diversidad morfológica que las animales, debido a la presencia de la pared celular que las rodea.

| TEJIDOS PARENQUIMÁTICOS                                     | TEJIDOS CONDUCTORES                                                         | SECRETORIOS                                       |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                             |                                                                             |                                                   |
| Las células en estos tejidos son poliédricas o prismáticas. | Los tipos celulares son alargados y reciben el nombre de fibras o traqueas. | En estos tejidos abundan las células redondeadas. |

Tabla 4. Morfología de las células vegetales.

## MORFOLOGÍA DE LOS ORGANISMOS PROCARIOTAS



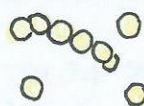
Bacilos



Vibrios



Espirilos



Cocos

Las células musculares están en constante movimiento. ¿Crees que en sus mitocondrias se produce la misma energía que en el resto de células somáticas? Justifica tu opinión y coméntalo con tus compañeros.

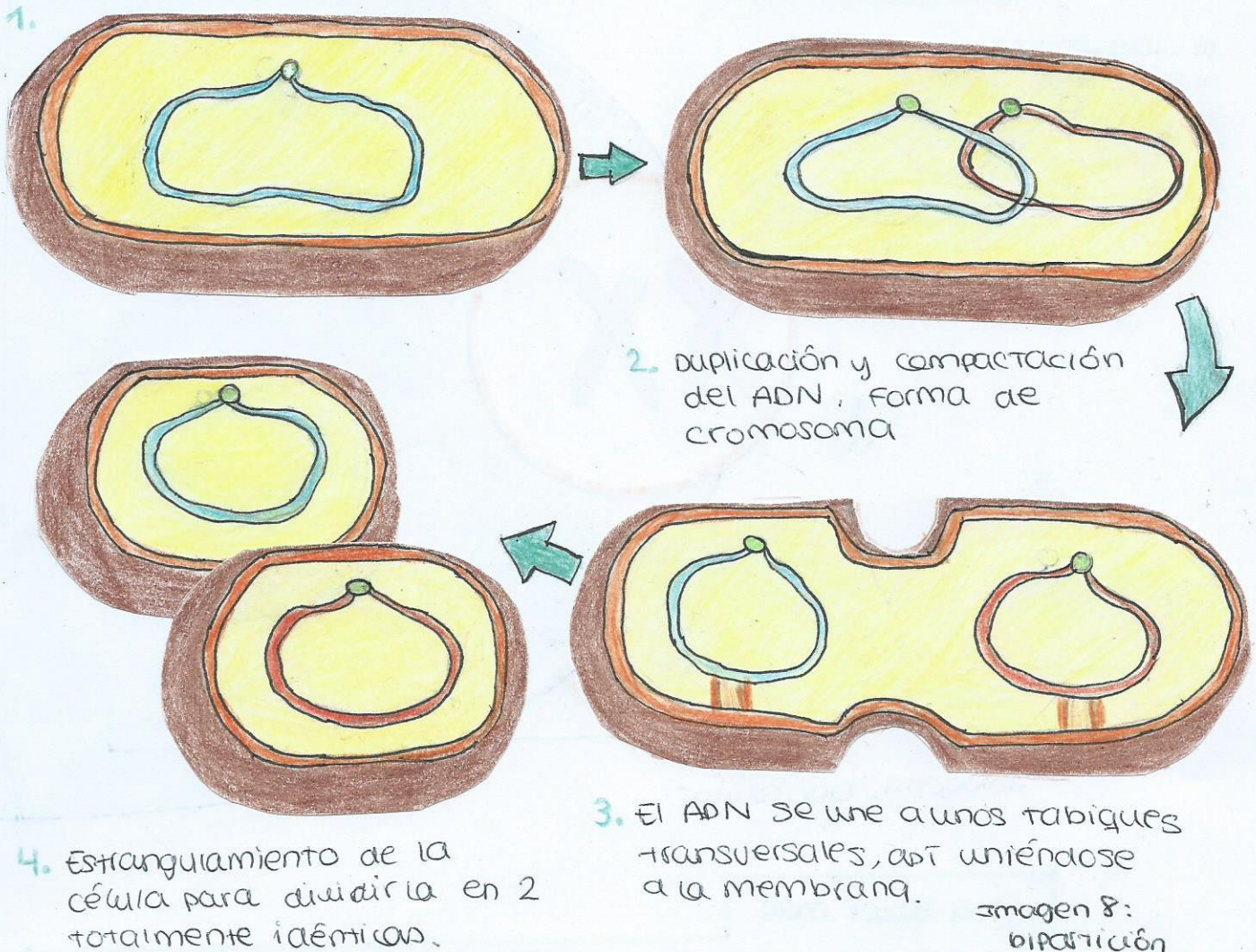
Imagen 7: morfología de los organismos procariotas

(Arcanú, José, Biología 2 Baduillerato (2011))

# BIPARTICIÓN: AMITOSIS



Las células procariotas se reproducen por bipartición (fisión binaria) (aprox 20 minutos) en las que se producen mutaciones, fallos en la genética. Pueden resultar beneficiosos ya que, como la reproducción es asexual, por transmisión de plásmidos, sin estos fallos no habría ningún tipo de variabilidad genética y daría lugar a la extinción de las especies.

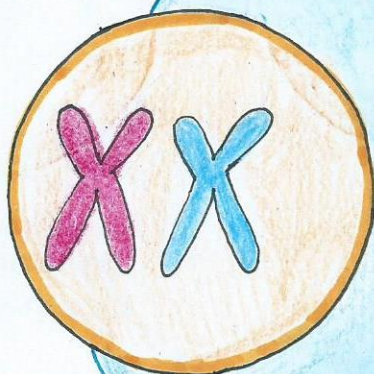


¿A qué tipo de reproducción pertenece la bipartición, en que consiste y en su última fase a que da lugar?

# CICLO CELULAR

**G<sub>1</sub>** es la primera fase y en ella se empiezan a "leer" los genes de la célula. Cuando ya han sido reconocidos pasan a una fase R<sub>1</sub> o de restricción en la que se analiza la célula mediante enzimas, y en caso de que la célula no tenga las condiciones necesarias, se pasará a una fase G<sub>0</sub> en la que se produce una necrosis o muerte celular.

El **CICLO CELULAR** comprende una sucesión cíclica de fases que conducen al crecimiento celular y a su división para originar dos células hijas.

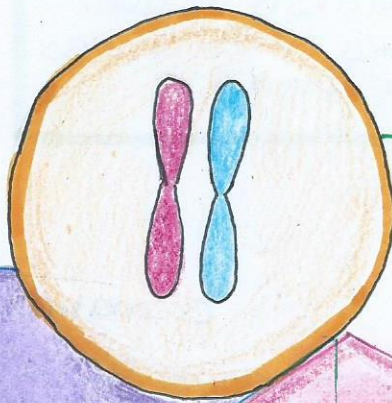


**S** (o de síntesis) en caso de que restricción (la R<sub>1</sub>) sea positiva la célula replica su ADN dando lugar a dos cromátidos hermanos, totalmente idénticos.

Imagen 9: ciclo celular

## Para saber más

- Hay células nucleares como las hepáticas (componentes del hígado) es decir, no dividen el citoplasma se queda en forma de plasmotio.
- Cuando una célula pierde el control sobre su propio ciclo se originan células cancerígenas dando lugar a un tumor. Si estas células acaban dañando a células próximas el tumor se convierte en un cáncer.

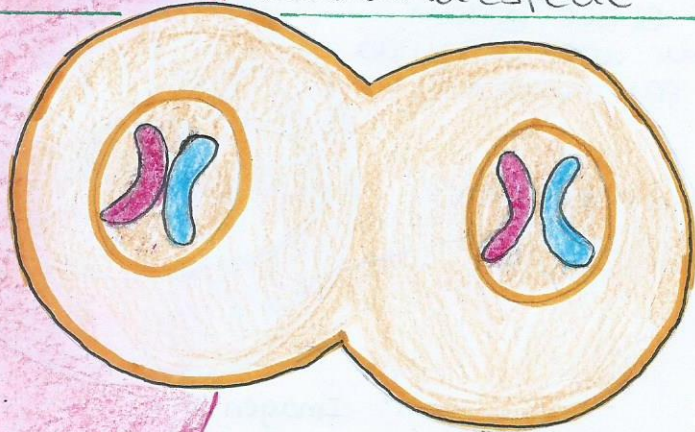


G1

**Citocinesis** → división del citoplasma (con euc acaba la división celular)

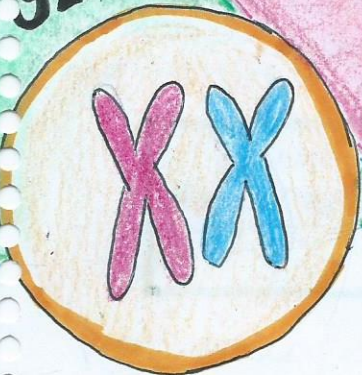
**MITOSIS** → (carioinesis) consiste en la división nuclear de las células somáticas.

**Meiosis** es otro tipo de carioinesis que ocurre en las células germinales. Permite variabilidad genética gracias a las combinaciones de genes además de mutaciones que favorecen a la adaptación del medio de la especie



M

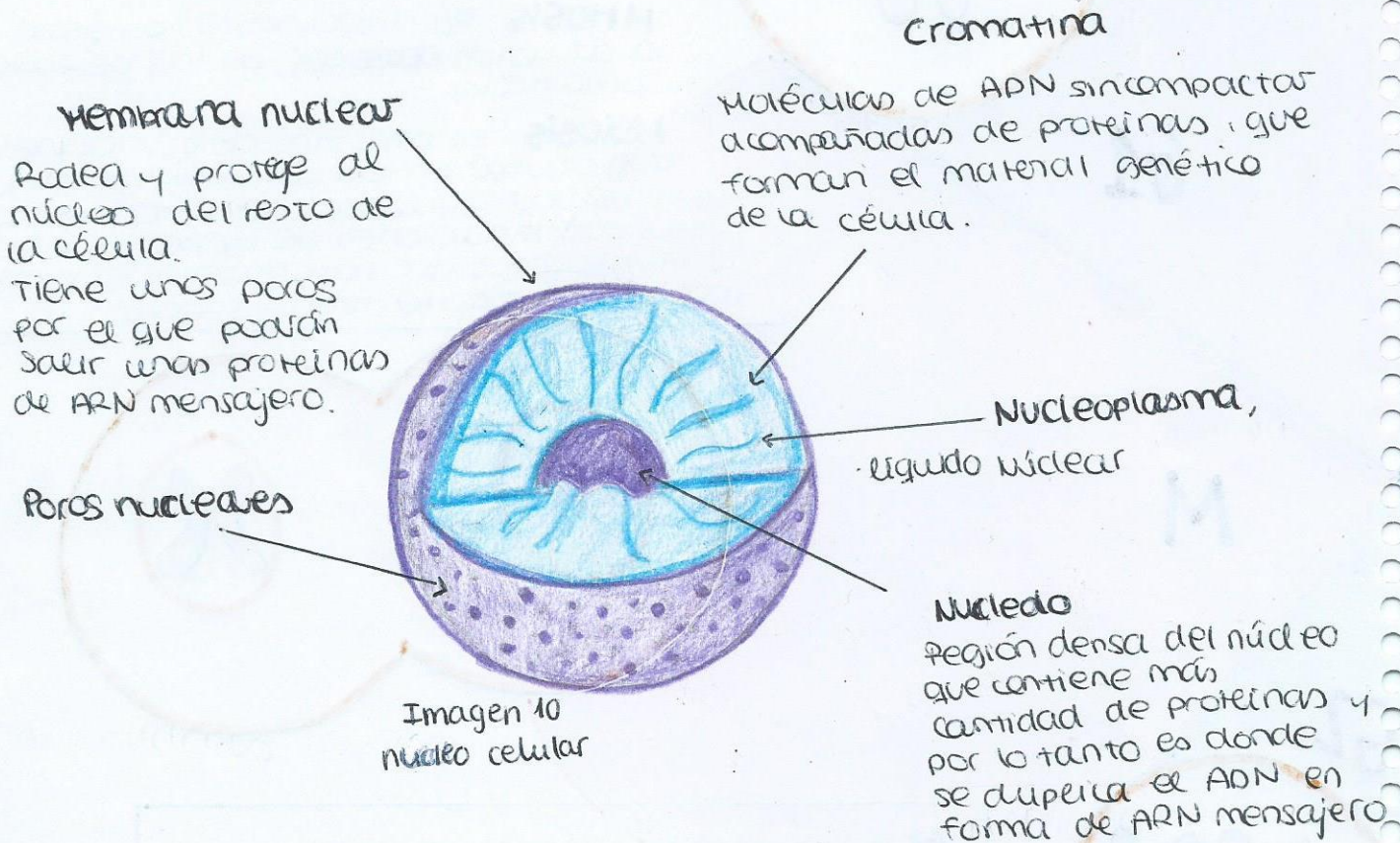
G2



**G2** En esta fase el ADN se empezará a compactar junto a proteínas y se volverá a la fase M. Se produce otra fase de restricción (R2) en la que se comprueba la relación S/V, que es bastante baja debido a que la superficie aumenta a ritmo más lento que el volumen y llega un momento en que la célula no se puede abastecer por sí misma. Si la restricción es positiva se produce una mitosis, en cambio si no es así se produce una apoptosis celular programada.

# Estructura del núcleo

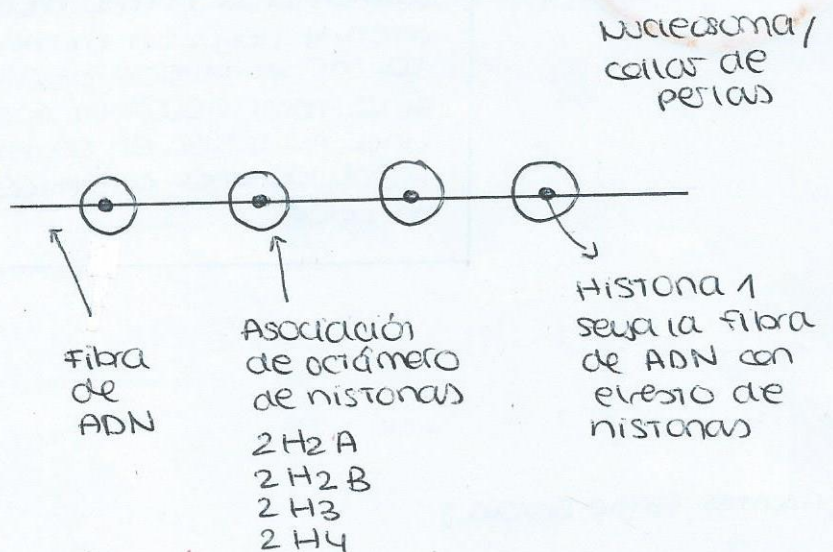
El núcleo celular es el orgánulo membranoso, el que contiene el ADN, el material genético de las células eucariotas, actúa como sistema de defensa.



Durante la interfase se empieza a compactar el ADN gracias a las histonas (proteínas que asocian la cromatina formando el nucleosoma)

## Para saber más

Aires de llegar a ser la estructura básica del nucleosoma, para por otra parte en la que es llamada solenoide (o fibra de 30nm)



# CROMOSOMAS



cromátidas hermanas

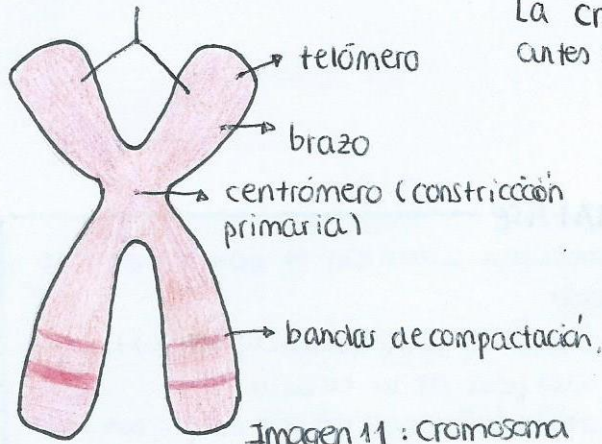
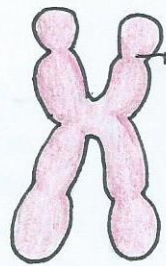


Imagen 11 : Cromosoma

La cromátida se condensa para formar los cromosomas antes de la división celular.



constricción secundaria, en ellas se encuentra una estructura proteica, el cinetocoro, que constituye los puntos desde los que se polimerizan los microtúbulos.

Las cromátidas hermanas son producidas en la fase S del ciclo celular y son una idéntica a la otra, proceden de cadenas de ADN totalmente iguales

## TIPOS DE CROMATINA

- **Eucromatina**. Es la más abundante en la interfase y se compone de la menos compactada
- **Heterocromatina**: es la cromatina en el mayor grado de compactación y aparece en la interfase como agrupaciones condensadas llamadas: los cromocentros.

## TIPOS DE CROMOSOMAS

metacéntricos



El centrómero ocupa una posición central

submetacéntricos acrocéntricos telocéntricos.



El centrómero está ligeramente hacia arriba



Uno de los brazos es muy corto mientras que el contrario es muy largo



No existe centrómero superior y no están presentes en la especie humana

La mayoría de los organismos, tanto animales como vegetales son diploides ( $2n$ ), es decir, tienen en sus células dos juegos de cromosomas. Estos forman parejas de **cromosomas homólogos**, que contienen información genética para los mismos caracteres. En estos organismos sus células reproductoras o gametos (óvulos y espermatozoides) solo presentan un juego de cromosomas y por tanto son células haploides ( $n$ ). En el caso de la especie humana en sus células tienen 23 pares de cromosomas (46 cromosomas), 23 cromosomas procedentes de la célula haploide paterna y 23 de la materna.

Al conjunto de todos los cromosomas de una célula se denomina cariotipo. Dentro de los cromosomas homólogos se distinguen dos tipos de cariotipo:

- **Cromosomas autosomas**: característicos del soma o cuerpo.
- **Cromosomas sexuales o heterocromosomas**: responsables por número, de la determinación del sexo. Los cromosomas sexuales en humanos son el X y el Y.

# MITOSIS

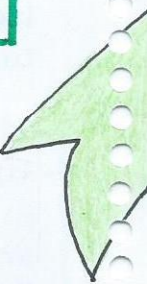
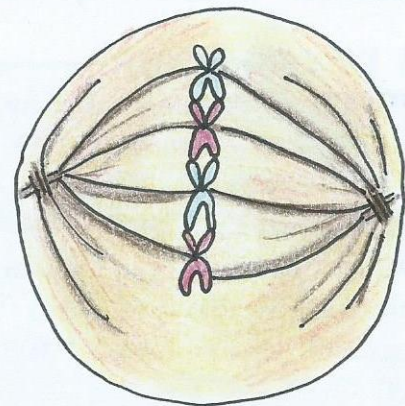
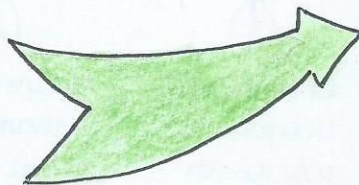
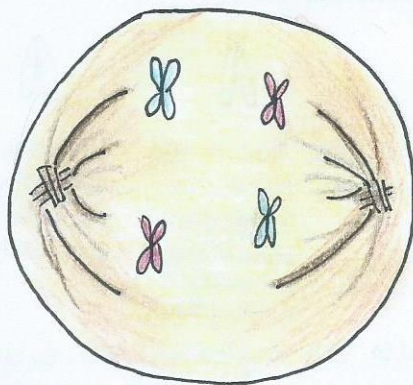
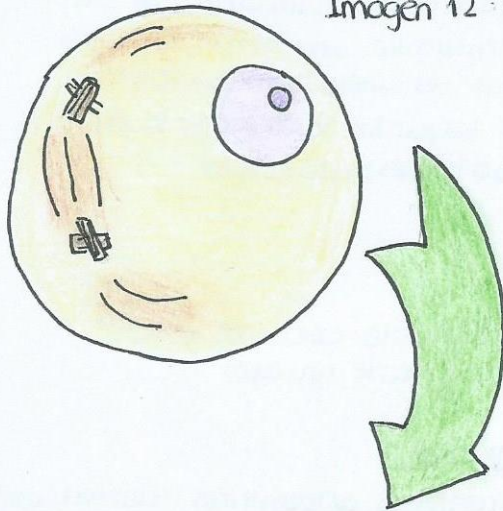
La mitosis, también llamada cariocinesis, tiene por objeto repartir de manera equitativa el material genético, que se ha duplicado en la fase S, entre las dos células hijas que se van a producir.

CELULA TRAS LA INTERFASE.  
Muy baja relación S/V

Imagen 12 - Mitosis

## METAFASE

- Los cromosomas alcanzan el mayor grado de condensación.
- El huso cromático está formado y se extiende entre los dos polos de la célula.
- Los microtúbulos cinetocóricos empujan a los cromosomas para situarlos en el medio del huso, donde forman la placa ecuatorial o metafase.



## PROFASE

- Se produce una condensación de la cromatina.
- En las células con centríolos, comienzan a separarse hasta que se sitúan en los polos opuestos de la célula. A medida que se separan los centríolos, se forman entre ellos - por polimerización de los microtúbulos - los microtúbulos de ambos polos, que constituyen el huso acromático.
- La membrana nuclear y el nucleolo desaparecen.
- En los centrómeros de cada cromosoma se forman los cinetocoros, a partir de los cuales se originan los microtúbulos cinetocóricos.

## CITOESQUELETO

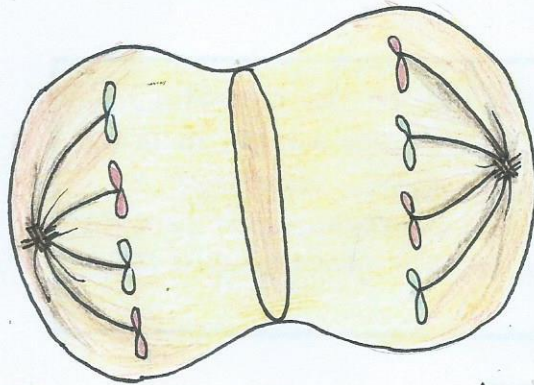
Es el conjunto de filamentos proteicos situados en el citosol.

### • Microfilamentos de actina

- contribuye en la síntesis del anillo de estrangulamiento en la citocinesis
- movimiento ameboide (glóbulos blancos)
- se encuentra en los enterocitos intestinales.

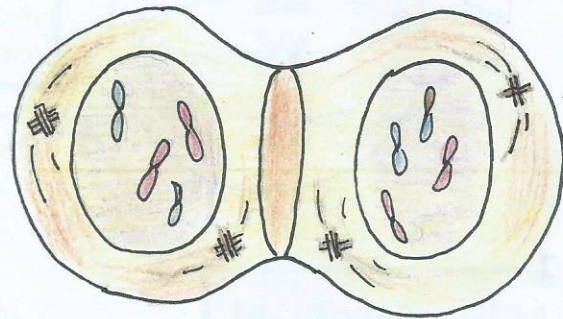
### • microtúbulos : funciones:

- formación del huso acromático en la profase
- dar forma a la célula, además de movilidad.



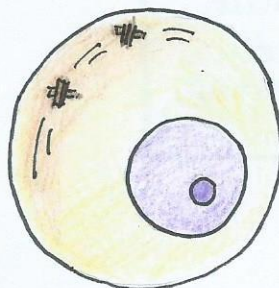
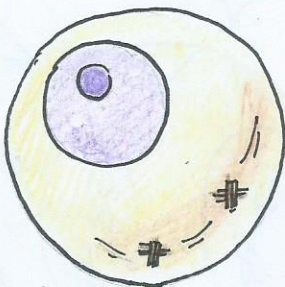
### ANAFASE

- Las dos cromátidas de cada cromosoma inician, de forma simultánea, un movimiento de separación hacia polos opuestos arrastrados por los microtúbulos cinetocóricos.
- Se comienzan a polimerizar los filamentos de actina dando lugar al anillo contráctil que facilitará la citocinesis.



### TELOFASE

- Los nucléolos reaparecen y los cromosomas comienzan a descondensarse, con lo que dejan de ser visibles.
- La membrana nuclear reaparece alrededor de cada grupo de cromosomas.
- Durante esta fase comienza la citocinesis, el anillo contráctil va uniéndole la membrana haciéndole cada vez más pequeño.



### CITOCINESIS

La célula sufre una estrangulación hasta dividir el citoplasma entre dos células hijas. En las células, ya que no poseen centrosomas, el estrangulamiento no se produce, sino que se crea una nueva pared celular entre ambas células hijas.

# MEIOSIS

La meiosis es un tipo de división celular que tiene la finalidad de producir células haploides, es decir, con la mitad de ADN. Estas células son los gametos de los organismos que se reproducen sexualmente.

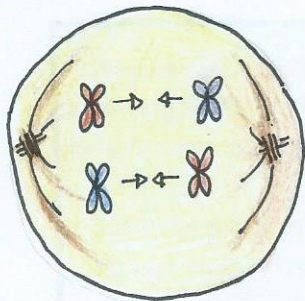
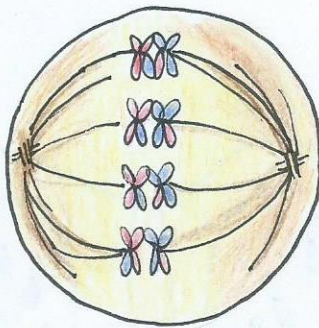


Imagen 13  
Meiosis

## PROFASE I

Los cromosomas se condensan, cada uno en dos cromátidas y se produce un **sobrecruzamiento** en el que se mezcla la información genética de las parejas de cromosomas homólogos. El resultado genético de este proceso es la **recombinación genética**, que asegura que las células hijas sean genéticamente distintas a la madre.

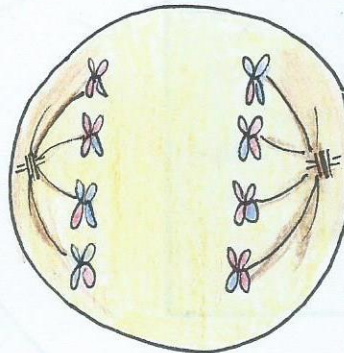


## METAFASE I

Los centrómeros de cada par homólogo se disponen en lados opuestos de la placa, pero las cinetocoros de las cromátidas que pertenecen al mismo cromosoma están fusionados y se orientan hacia el mismo polo.

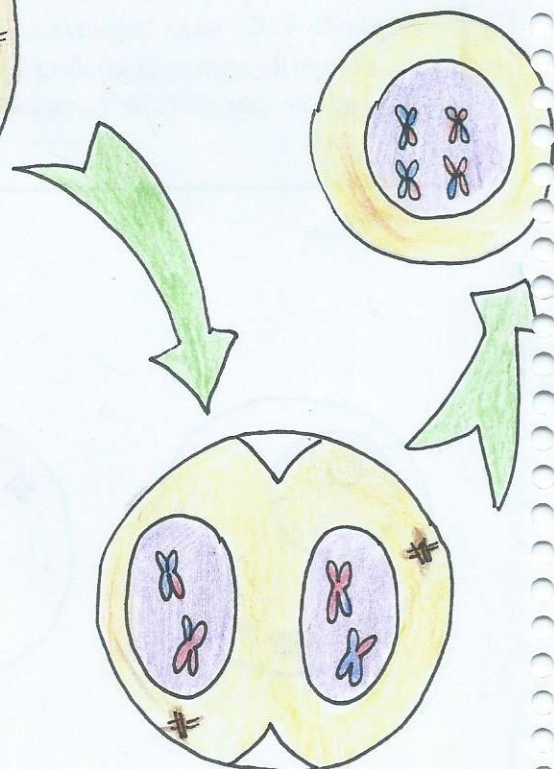
## ANAFASE I

Arrastrados por los filamentos del huso, los cromosomas homólogos se separan y se dirigen a los polos opuestos de la célula. Se produce una aleatoriedad a la hora de separar los, por lo que hay más variabilidad.



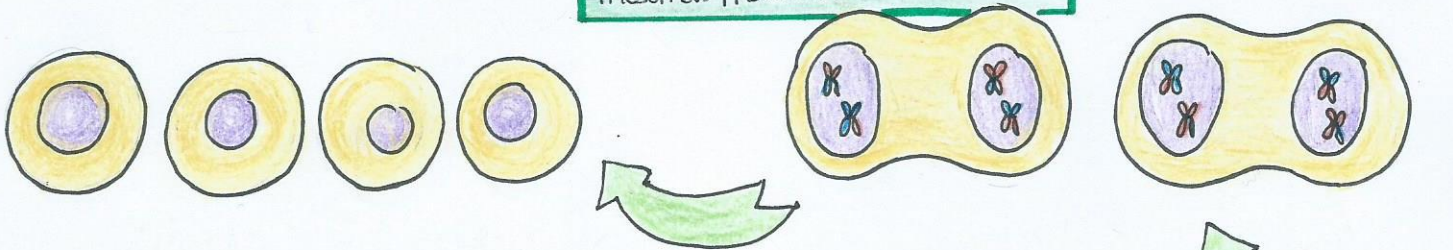
## TELOFASE I Y CITOCINESIS

Reaparece la membrana nuclear y el nucleolo, mientras que los cromosomas sufren una pequeña descondensación. Se obtienen dos células hijas con la mitad de cromosomas que tenía la célula madre ( $n$ ) y con dos cromátidas cada uno.



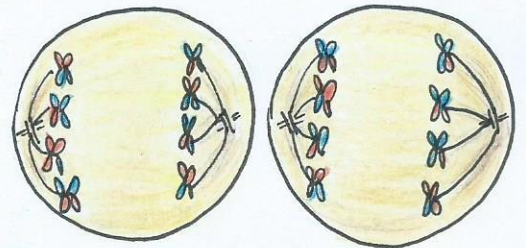
## TELOFASE II

Se forma la membrana nuclear alrededor de los cromosomas, que se descondensan. Se produce la citocinesis y se obtienen cuatro células hijas, cada una de las cuales tiene la mitad de los cromosomas maternos.



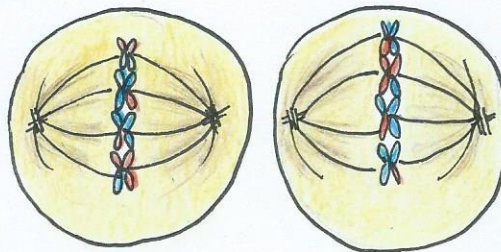
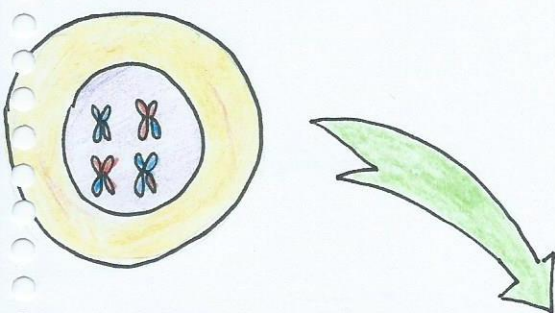
## ANAFASE II

Se separan los centrómeros y cada cromátida emigra hacia polos opuestos.



## PROFASE II

Desaparece la membrana nuclear, los cromosomas se condensan y se forma el huso cromático.



## METAFASE II

Los cromosomas se sitúan en la placa ecuatorial. Cada uno está formando dos cromátidas unidas por el centrómero y cada una tiene asociado un cinetocoro.



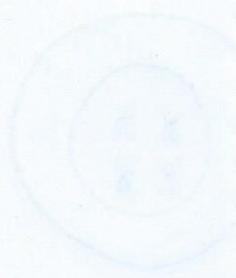
**FIGURE 1**

Diagram illustrating the initial state of a cell. The cell contains a nucleus with a nucleolus. The diagram shows the cell before the start of mitosis.



**FIGURE 2**

Diagram illustrating the state of a cell during mitosis. The cell contains two chromosomes, each consisting of two sister chromatids. The diagram shows the cell before the start of mitosis.



**FIGURE 3**

Diagram illustrating the state of a cell during mitosis. The cell contains two chromosomes, each consisting of two sister chromatids. The diagram shows the cell before the start of mitosis.

**FIGURE 4**

Diagram illustrating the state of a cell during mitosis. The cell contains two chromosomes, each consisting of two sister chromatids. The diagram shows the cell before the start of mitosis.

Cm

ANEXO

ejercicios y  
esquemas

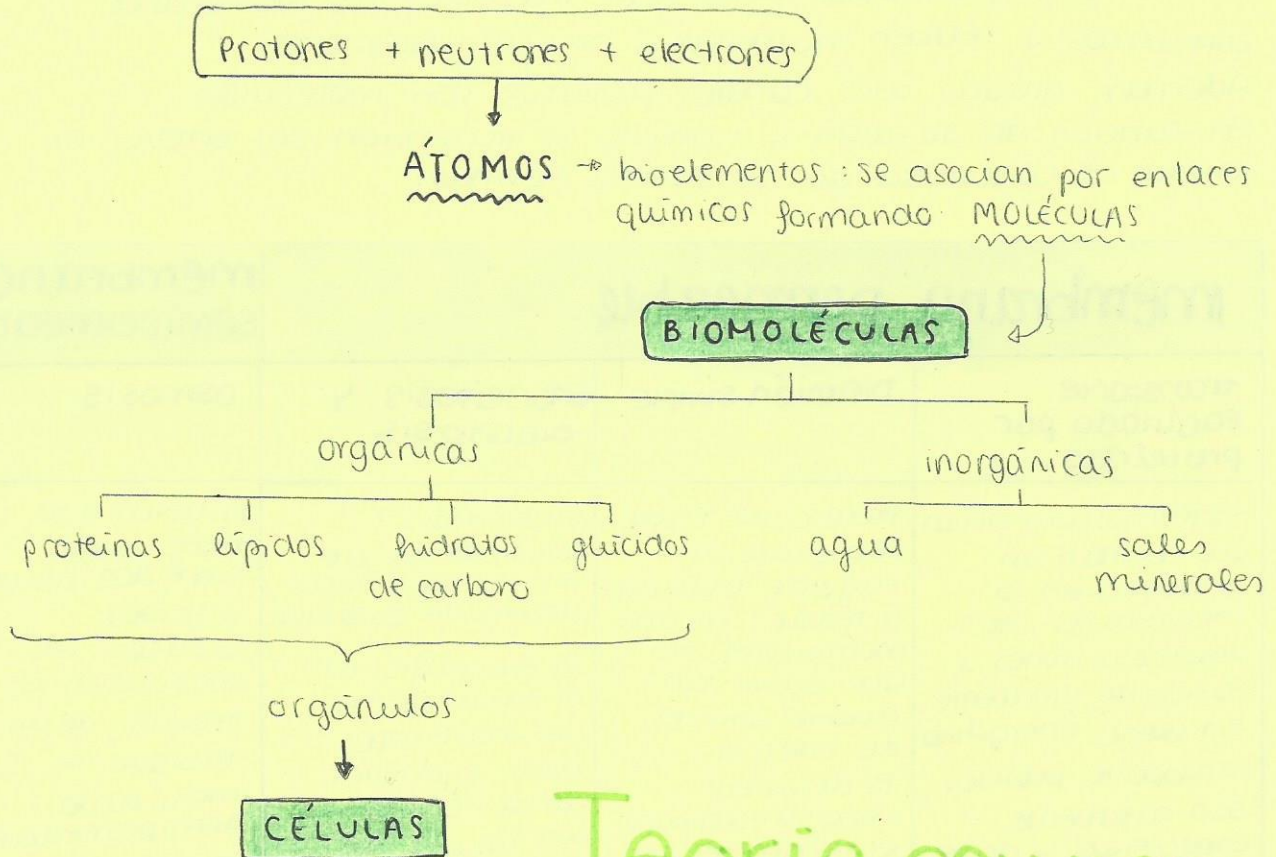
[Este anexo contiene  
información muy im-  
portante adicional  
a la teoría y/o ma-  
terial explicativa]

3

OX97A

Y-2010809  
2010809

# Organización de la materia



## Teoría celular

**A. van Leeuwenhoek**



Elaboró un microscopio sencillo para observar microorganismos

**J.E. Purkinje**



denominó "protoplasma" al citoplasma

**M. Schleiden**



"Todos los tejidos celulares están formados por células"

**T. Schwann**



Propuso que la célula es la unidad funcional de los seres vivos

**L. Hargulis**



Postuló cómo se originaron las células eucariotas

**R. Hooke**



denominó células a los huecos que vio en las láminas de corcho

**R. Brown**



descubrió el núcleo celular

**R. Virchow**



"Toda célula procede de otra célula"

**Ramón y Cajal**



descubrió el carácter celular e individualizado de las neuronas

# Especificidad de membrana

- la membrana plasmática tiene unos receptores de membrana específicos y reciben hormonas o neurotransmisores.
- Además, gracias a los canales proteicos (las moléculas), en función de su carga y tamaño se transmiten del exterior al interior o viceversa de diferentes formas:

| membrana permeable                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                           | membrana semipermeable                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| transporte facilitado por proteínas                                                                                                                                                                                                                                                | Difusión simple                                                                                                                                                                                                                        | Endocitosis y exocitosis                                                                                                                                                                  | ósmosis                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Estructuras proteicas que forman un conducto en la membrana, se desplazan iones a favor de gradiente sin gasto energético (Transporte pasivo). Son altamente específicos y no se saturan (Transporte activo) En contra de gradiente, químico o eléctrico, fuente de energía</p> | <p>Proceso por el cual se produce un flujo de moléculas a través de una membrana sin que exista un aporte externo de energía. Es de vital importancia para el transporte de moléculas pequeñas a través de las membranas celulares</p> | <p>Endocitosis → movimientos de materiales hacia dentro de la célula. La exocitosis es el movimiento de materiales para el exterior de la célula, por la vía de vesículas membranosas</p> | <p>difusión que tiene lugar entre dos líquidos o gases capaces de mezclarse a través de un tabique o membrana semipermeable. En una membrana con características de semipermeabilidad. La ósmosis consiste en igualar concentraciones</p> |

Tabla 2. Especificidad de membrana

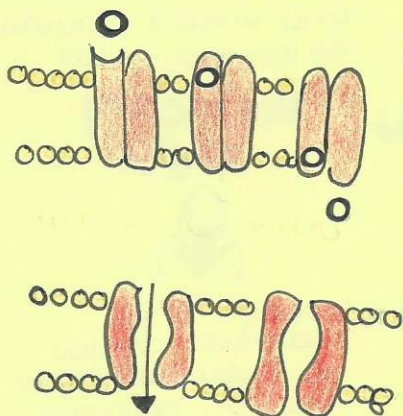
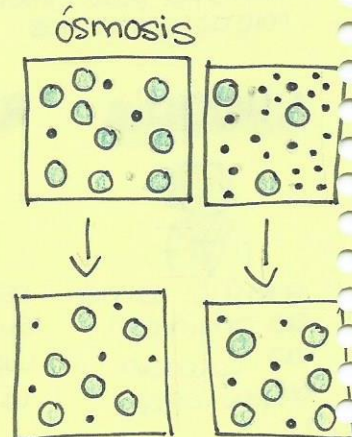
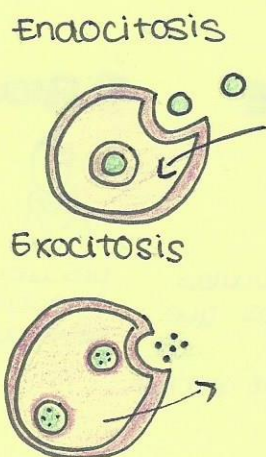
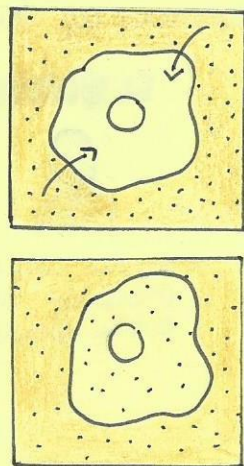


Imagen 14. Transporte facilitado por membrana, Difusión simple



1. Une las partes de la membrana plasmática con su letra correspondiente

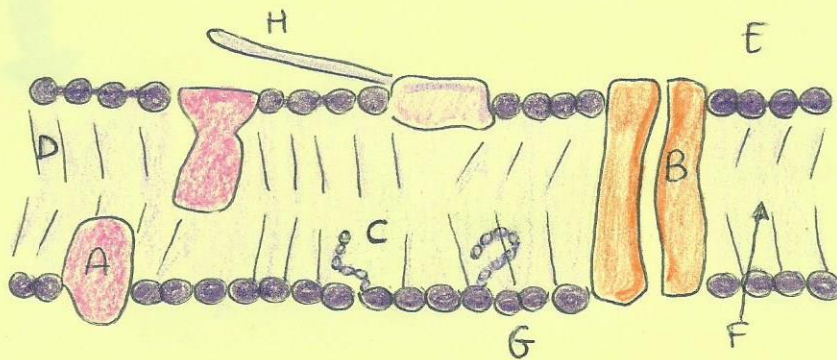
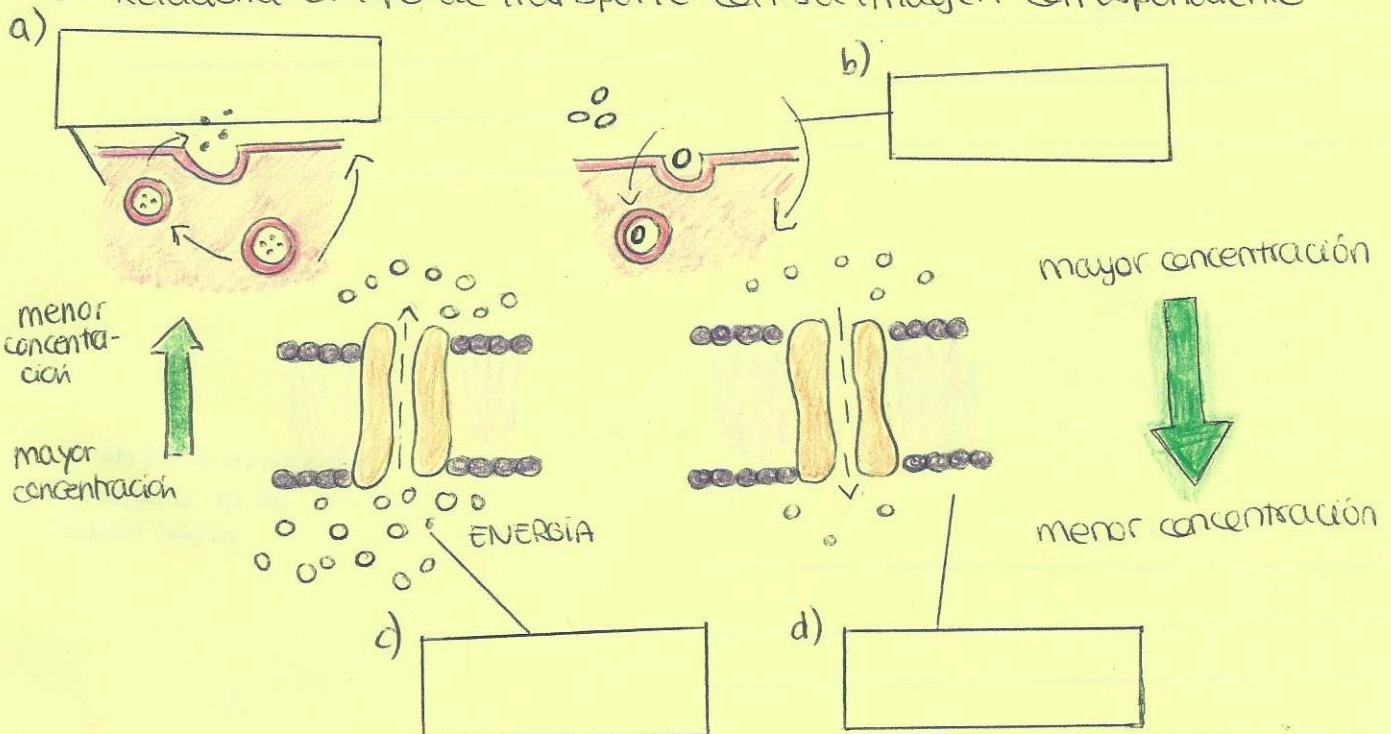


Imagen 15. Membrana plasmática

- 1 Fosfolípidos
- 2 Proteínas
- 3 canal
- 4 colesterol

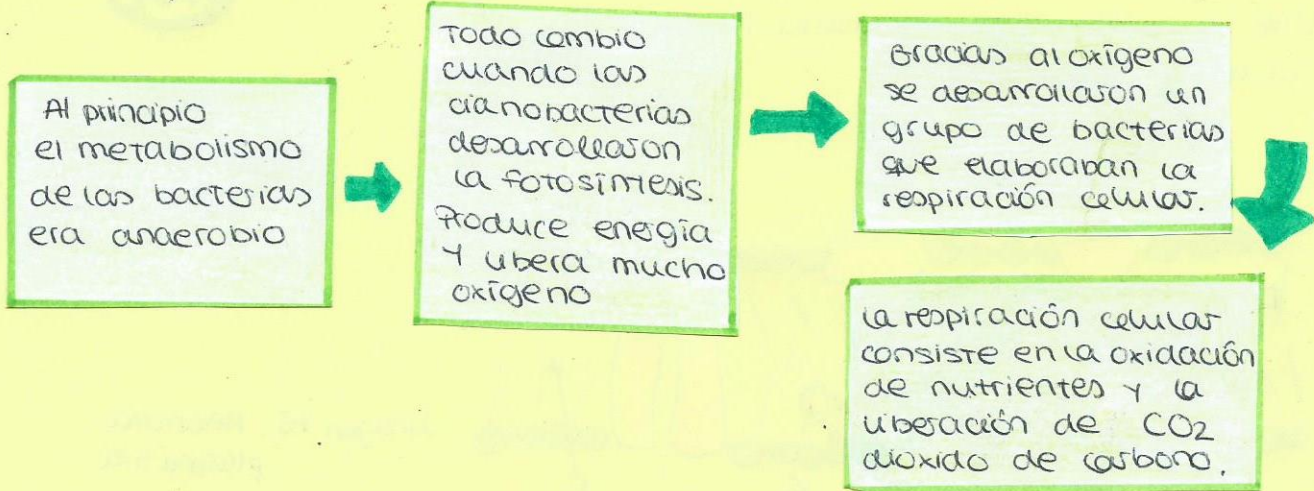
- 5 líquido extracelular
- 6 citosol
- 7 espacio intracelular
- 8 proteína periférica

2. Relaciona el tipo de transporte con su imagen correspondiente



Opciones

Endocitosis / Exocitosis / Transporte pasivo / Transporte activo



• Explica las fases de la Teoría endosimbiótica:

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

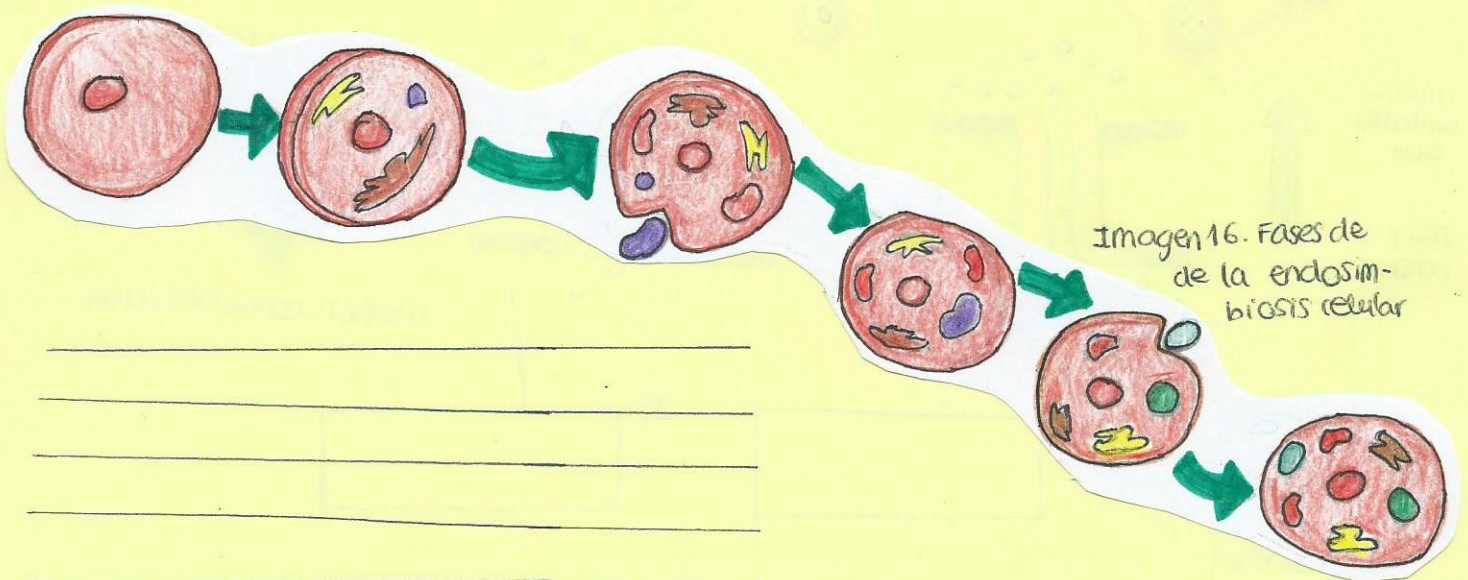


Imagen 16. Fases de de la endosimbiosis celular

---

---

---

---

---

---

---

---

# RESPIRACIÓN CELULAR

En

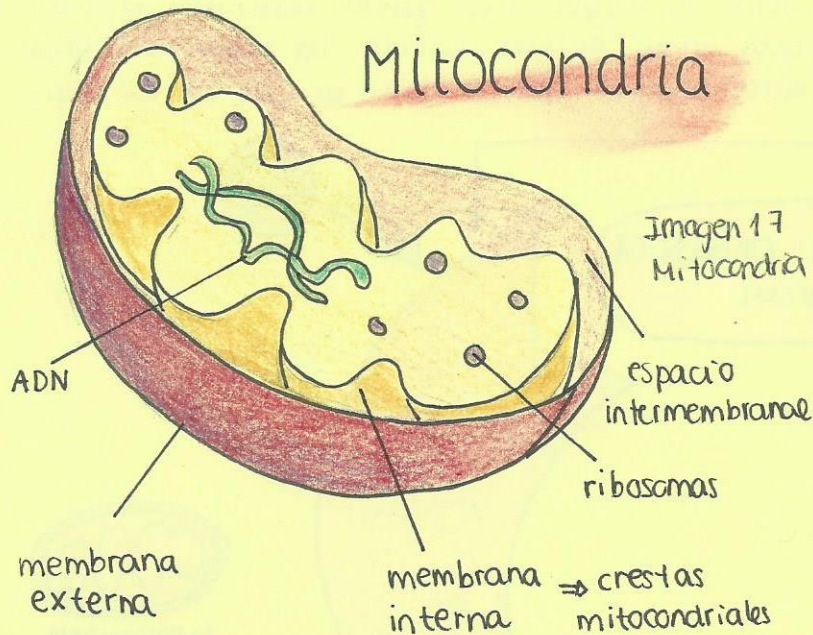
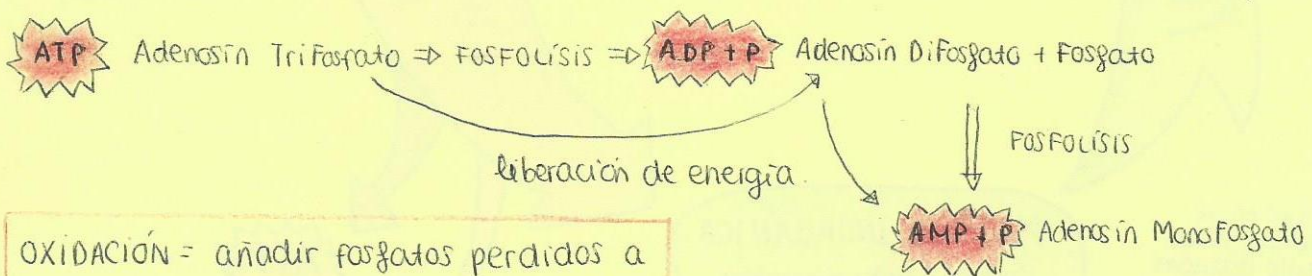


Imagen 17 Mitocondria

La función principal de las mitocondrias es la de oxidar materia orgánica (principalmente glucosa) para la obtención de energía, que es acumulada en forma de ATP (adenosín trifosfato), un acoplador energético.

Para ello se producen una serie de reacciones químicas en las que se rompen enlaces de fósforo (fosforólisis) y así es posible utilizar la energía.



OXIDACIÓN = añadir fosfatos perdidos a partir del oxígeno y la materia orgánica

\* No toda la energía es acumulada en forma de ATP, mucha se pierde en forma de calor, un tipo de energía totalmente inútil a nivel de ecosistema.

# FOTOSÍNTESIS

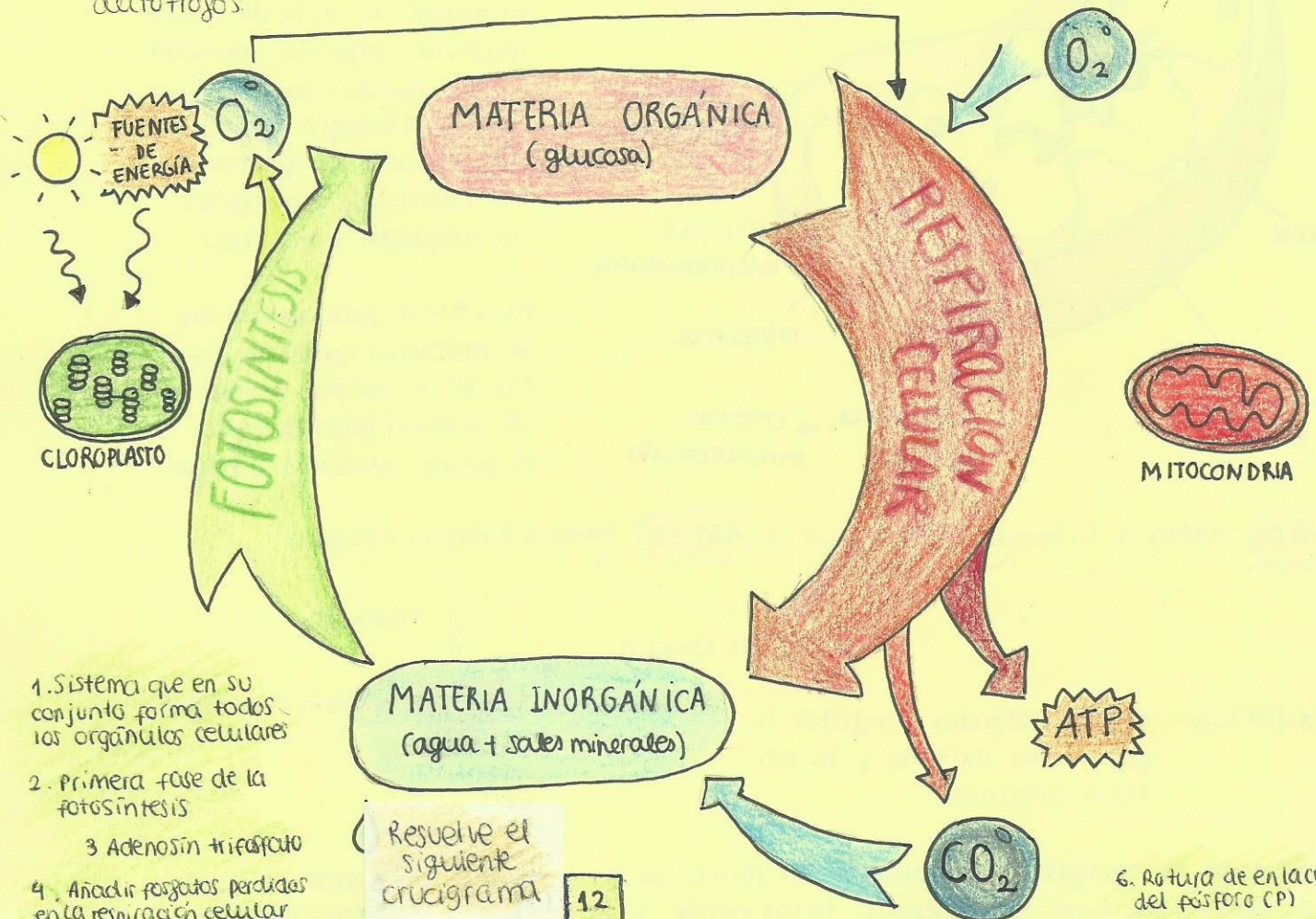
La FOTOSÍNTESIS es un proceso en el que se transforma la materia inorgánica del entorno (agua y sales minerales principalmente) en materia orgánica para ser utilizada en la respiración celular y para mantenimiento de estructuras propias del organismo.

Este proceso es realizado por los órganos fotosintetizadores de la célula, los CLOROPLASTOS, que contienen unas membranas vesículas llamadas TILACOIDES, donde se encuentran unos pigmentos verdes (que dan color a plantas, algas, etc.), la CLOROFILA.

Fases { 1- Fase lumínica: se realiza en la membrana de los tilacoides gracias a luz solar.  
2- Fase oscura: se realiza en el estroma o matriz del cloroplasto y no necesita la fuente externa (CICLO DE CALVÍN)

Durante la fotosíntesis, el agua utilizada ( $H_2O$ ) da lugar a oxígeno y electrones sobrantes, que serán captados por una molécula reducida (que está falta de electrones) y que dará lugar a una glucosa (materia orgánica).

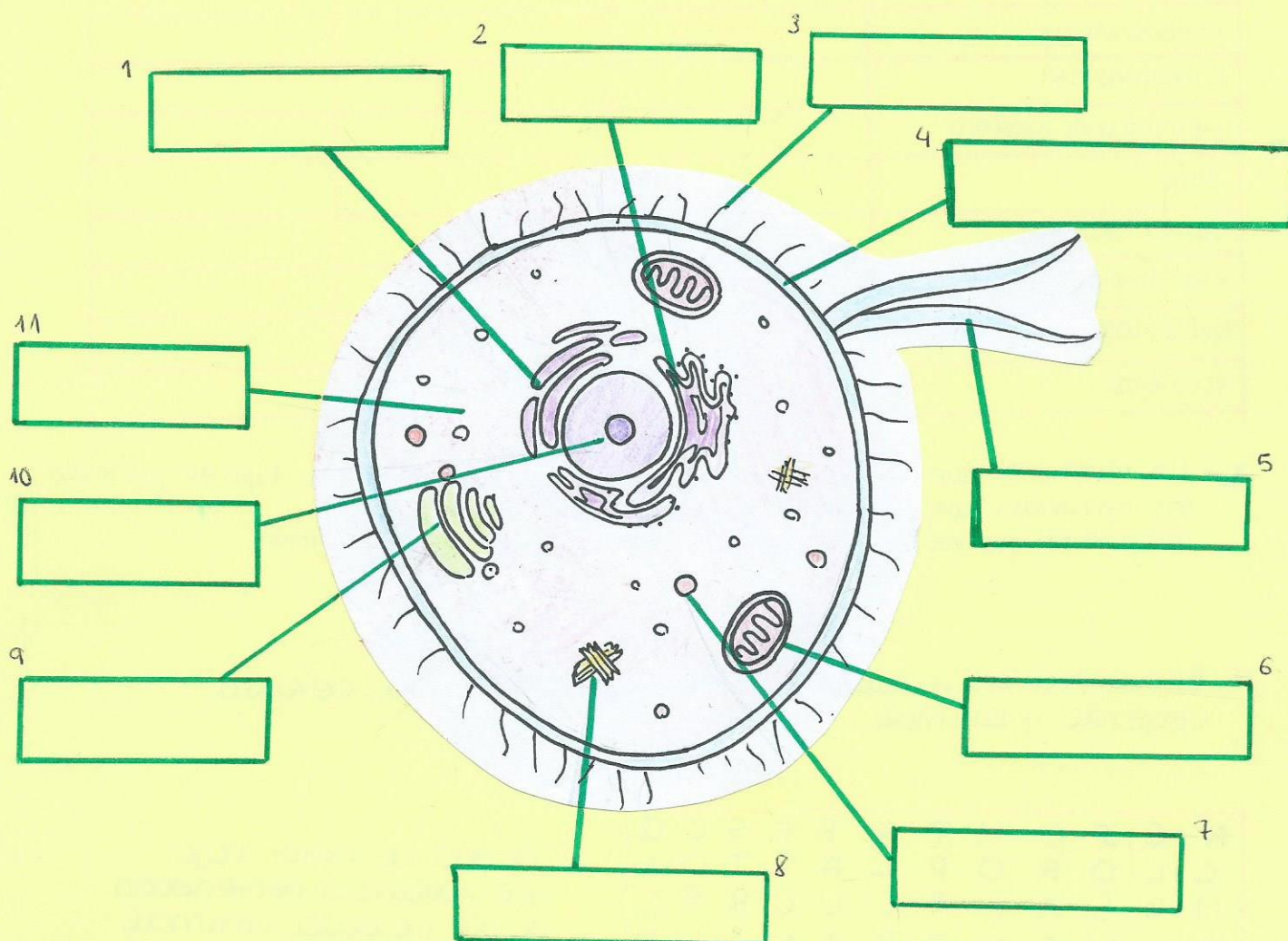
Pero no todas las células fotosintéticas utilizan la energía solar como fuente de energía para la fotosíntesis, otras, como las algas de los fondos oceánicos, utilizan como fuente la energía acumulada en sus enlaces químicos. Por tanto, estos organismos son llamados QUIMIOAUTÓTROFOS, y los que utilizan la luz son los fotoautótrofos.



1- la célula es la unidad anatómica y funcional de los seres vivos.

Cm

a) identifica y nombra los orgánulos señalados.



b) ¿A qué tipo de célula corresponde el dibujo?

c) Indica que orgánulos son únicos de este tipo de célula. Explícalos.

2.- Contesta Sí o No de acuerdo con lo que corresponda en cada casilla.

|                         | Célula procariota | Eucariota animal | Eucariota vegetal |
|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Membrana plasmática     |                   |                  |                   |
| Citoesqueleto           |                   |                  |                   |
| Retículo endoplasmático |                   |                  |                   |
| Lisosomas               |                   |                  |                   |
| Mitocondrias            |                   |                  |                   |
| Cloroplastos            |                   |                  |                   |
| Membrana nuclear        |                   |                  |                   |
| ADN                     |                   |                  |                   |
| Pared celular           |                   |                  |                   |
| Ribosomas               |                   |                  |                   |
| Núcleolos               |                   |                  |                   |
| Vacuolas                |                   |                  |                   |

3.- Los lisosomas son un tipo de vesículas que contienen un tipo de proteínas, las enzimas, que degradan sustancias de deshecho.  
Describe el proceso de producción (síntesis) de los lisosomas.

4. Encuentra las palabras correspondientes a la célula vegetal y animal.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R | C | J | O | M | P | A | R | E | S | C | Q |
| C | L | O | R | O | P | L | A | S | T | O | A |
| M | G | S | A | V | A | C | U | O | R | E | S |
| S | C | M | E | M | B | R | A | N | A | L | N |
| A | M | O | S | O | S | I | L | Q | W | C | S |
| Z | B | H | I | O | A | B | A | M | R | U | E |
| A | X | M | I | G | M | O | K | E | O | N | S |
| R | O | L | I | S | L | S | D | M | P | S | E |
| S | I | V | A | C | U | O | L | A | J | R | U |
| C | R | I | B | O | S | M | G | B | J | Q | D |
| J | S | A | D | N | W | A | R | N | R | U | V |
| U | A | O | L | E | A | Y | X | N | V | Q | P |

a) Rodea de color rojo que palabras pertenecen a la célula animal

b) Rodea de azul las que pertenecen a la vegetal

c) Y pinta de otro color que palabras están presentes en las dos células

# Respuestas

## de los EJERCICIOS



- ¿Crees que realmente modificar los genes puede llegar a ser beneficioso?  
¿Qué consecuencias crees que puede conllevar? (página 3)  
(Estas preguntas son muy ambiguas, ya que consisten en dar vuestra opinión, pero estas son algunas respuestas válidas).
- Sí, porque se puede utilizar para evitar enfermedades de tipo hereditario.
- No, porque se podría utilizar para cambiar totalmente la genética de los futuras personas, por ejemplo, si se cambiasen todos los genes para que a partir de entonces todo el mundo tuviese los ojos claros, no podrían soportar la radiación solar en zonas muy cálidas.

- ¿Qué beneficios y desventajas podrían llegar a causar si se elaborasen estas manipulaciones?

Beneficios:

- evitar cánceres o enfermedades hereditarias
- También se puede utilizar en plantas y animales y por lo tanto se conseguirán mejores y más productos alimenticios.

- Ejercicio 1 de la página 9

- a) Verdadero
- b) Falso. Se encarga de la síntesis de lípidos
- c) Falso. La pared vegetal o celular de celulosa está presente en las células vegetales
- d) Verdadero
- e) Falso. Las células vegetales realizan la fotosíntesis, no las animales.

- Ejercicio 1 de la página 13

Pertenece a la reproducción asexual, que consiste en la duplicación del ADN seguida del citoplasma (citocinesis) dando lugar a 2 células hijas.

- Ejercicio 2, página 27

- a) Exocitosis
- b) Endocitosis
- c) Transporte activo
- d) Transporte pasivo

- Ejercicio 2 de la página 9

Células procariontes

- No tienen sistemas de endomembranas
- tienen un tamaño de entre 1 y 10  $\mu\text{m}$

Células eucariontes

- Tienen orgánulos
- Su tamaño está comprendido entre 10 y 100  $\mu\text{m}$
- Los cloroplastos y mitocondrias tienen una doble membrana que incrementa la eficiencia celular.

- Ejercicio 1, página 27

- |                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| a) Proteínas.   | e) Líquido extracelular |
| b) Canal.       | f) Intracelular         |
| c) Colesterol   | g) Citosol              |
| d) Fosfolípidos | h) Proteína periférica  |

• Ejercicio de la página 28 (teoría endosimbiótica)

La teoría endosimbiótica consiste, en resumen, en la fagocitosis de células más pequeñas que acaban por ser vitales para la célula fagocitadora, que acaba evolucionando hasta ser una célula eucariota.

Las mitocondrias y los cloroplastos fueron unas de estas células arqueas y que mantienen un mutualismo muy importante para las células y organismos.

• Crucigrama, página 30

- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| 1. Endomembrana    | 7. Fotosíntesis      |
| 2. Luminica        | 9. Cloroplastos      |
| 3. ATP             | 8. Tilacoides        |
| 4. Oxidación       | 10. Quimioautótrofos |
| 5. Ciclo de Calvin | 11. Energía          |
| 6. Fosfolisis      | 12. Mitocondria      |

• Ejercicio 2, página

- Membrana plasmática: todas
- Citoesqueleto: eucariota animal
- Retículo endoplasmático: eucariotas
- Lisosomas: eucariotas
- Mitocondrias: eucariotas
- Cloroplastos: eucariota vegetal
- Membrana nuclear: eucariotas
- ADN:
- Pared celular: eucariota vegetal
- Ribosomas: todas
- Nucleólos: eucariotas
- Vacuolas: eucariota vegetal

• Ejercicio 3, página 32

El ADN realiza una copia del mismo en forma de ARN mensajero, que sale del núcleo celular por los poros de la membrana, hasta el citoplasma.

Los ribosomas leen el ARN en el retículo endoplasmático rugoso, donde empieza a madurar en forma de proteína.

Esta proteína se desplaza hasta el Aparato de Golgi gracias a una vesícula formada en el retículo. Ya en el Aparato de Golgi, la proteína acaba de madurar, tomando la característica de enzima y saliendo al exterior del Aparato por exocitosis, siendo ya un lisosoma.

• Ejercicio 1, página 31

- a)
1. Retículo endoplasmático liso
  2. Retículo endoplasmático rugoso
  3. Cilios
  4. Membrana plasmática
  5. Flagelos
  6. Mitocondria
  7. Ribosoma/lisosoma

8. Centríolo

9. Aparato de Golgi

10. Núcleo celular

11. Citoplasma

b) célula animal

c) los centrosomas, el citoesqueleto y los cilios y flagelos. \* ver en páginas 8 y 9 \*

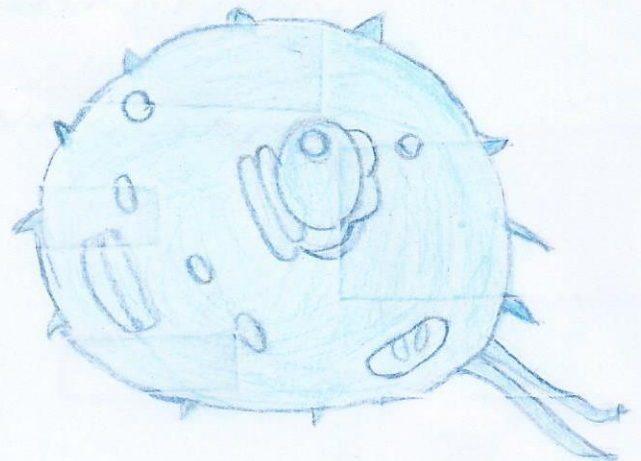
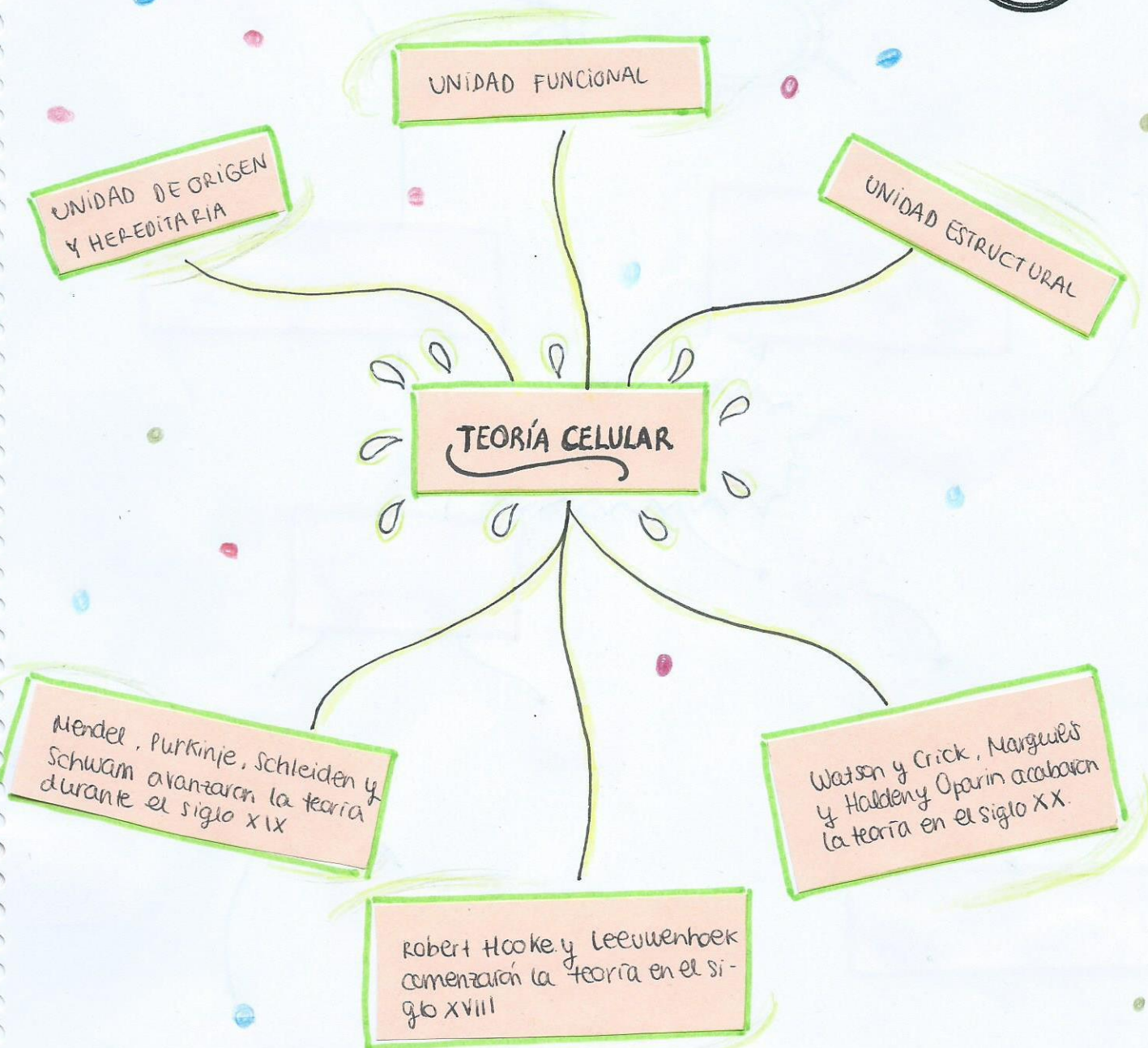
• Ejercicio 4, página 32

a) cilios,

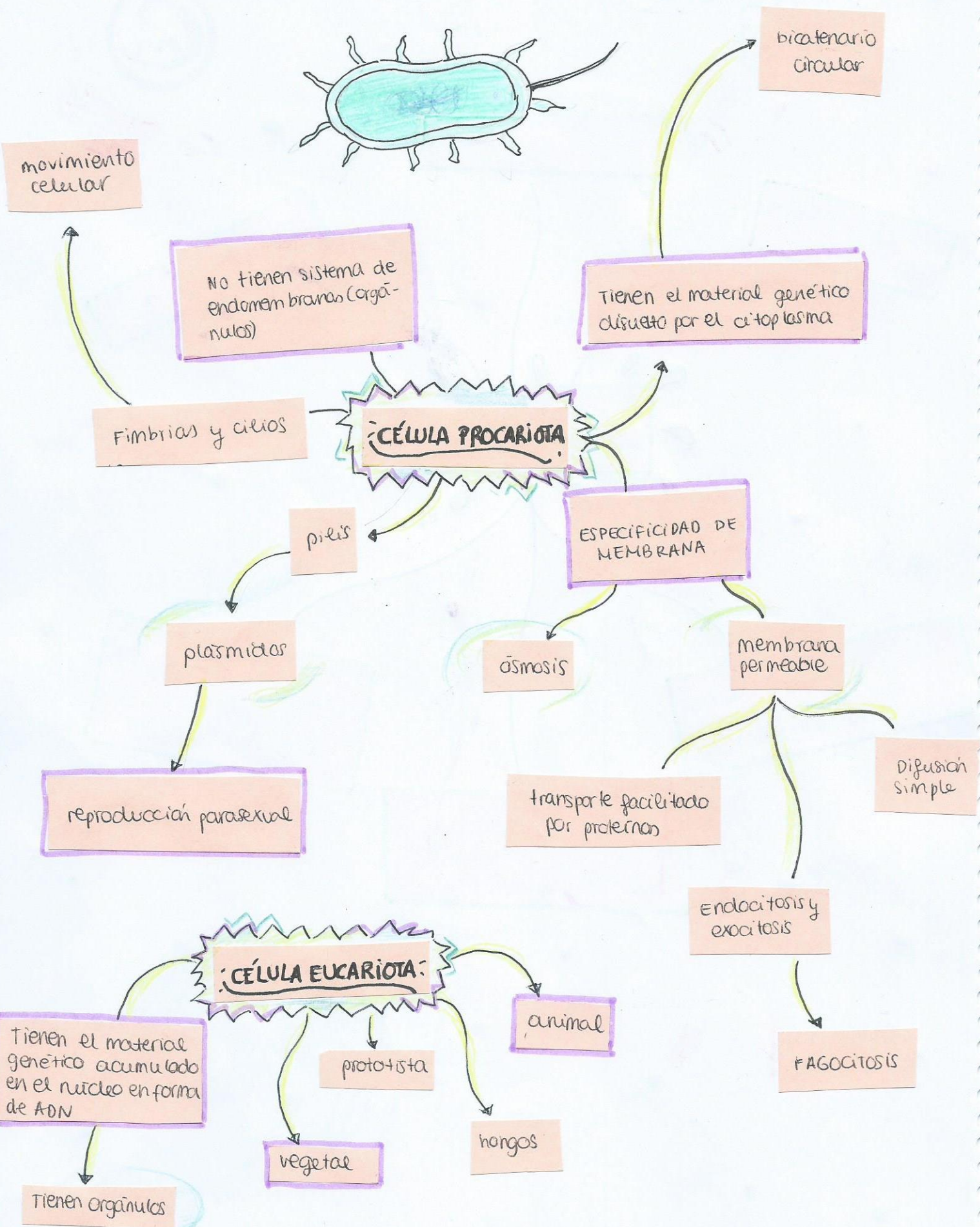
b) cloroplasto

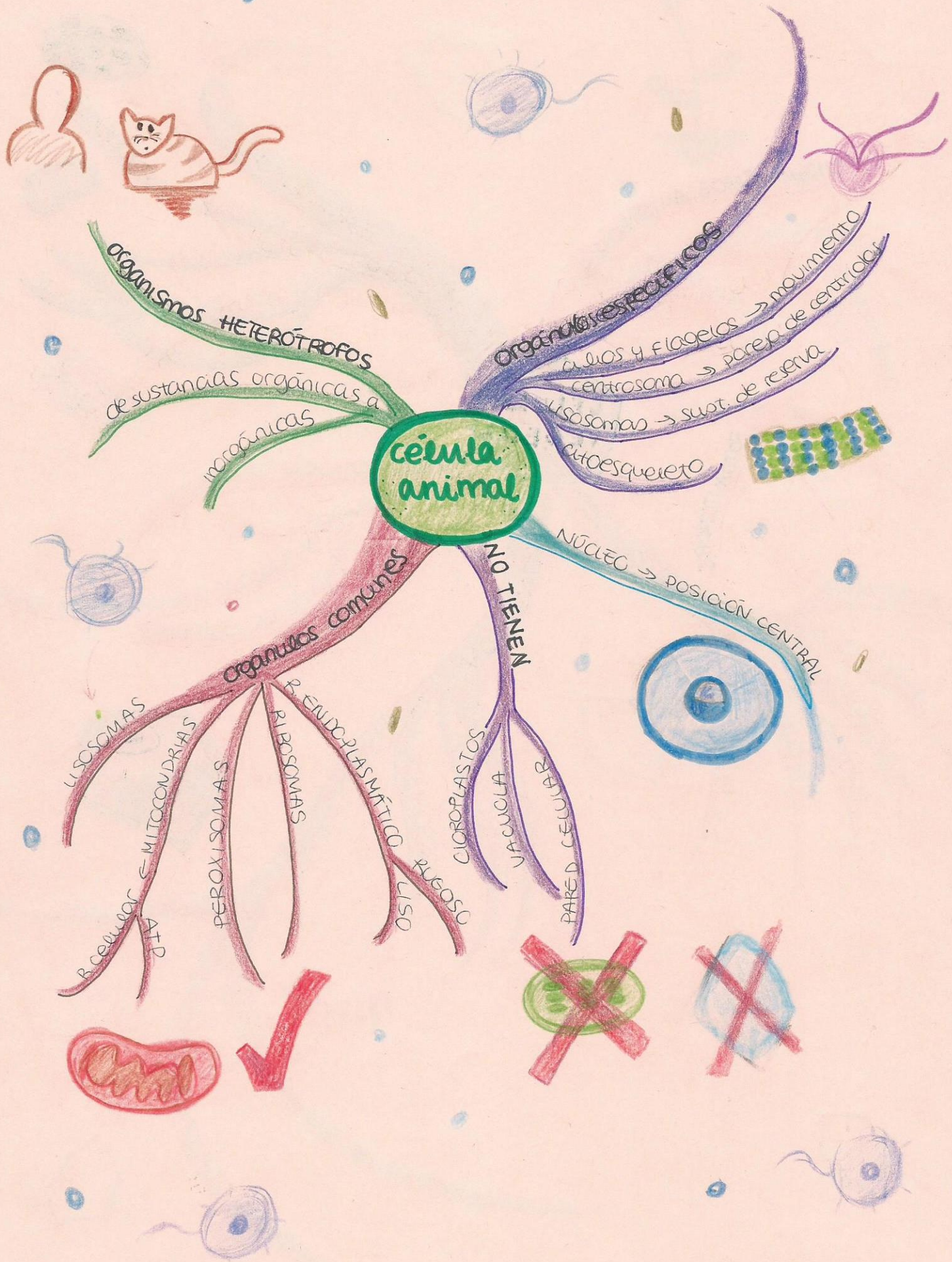
c) núcleo, membrana, lisosoma, ribosoma, golgi, ADN y ARN

# esquemas



## tipos de célula









Lynn Margulis

No consumidoras  
ni productoras  
de oxígeno

Primeras bacterias:  
anaerobias

Obtener cantidad  
enorme de energía

Teoría Endosimbiótica

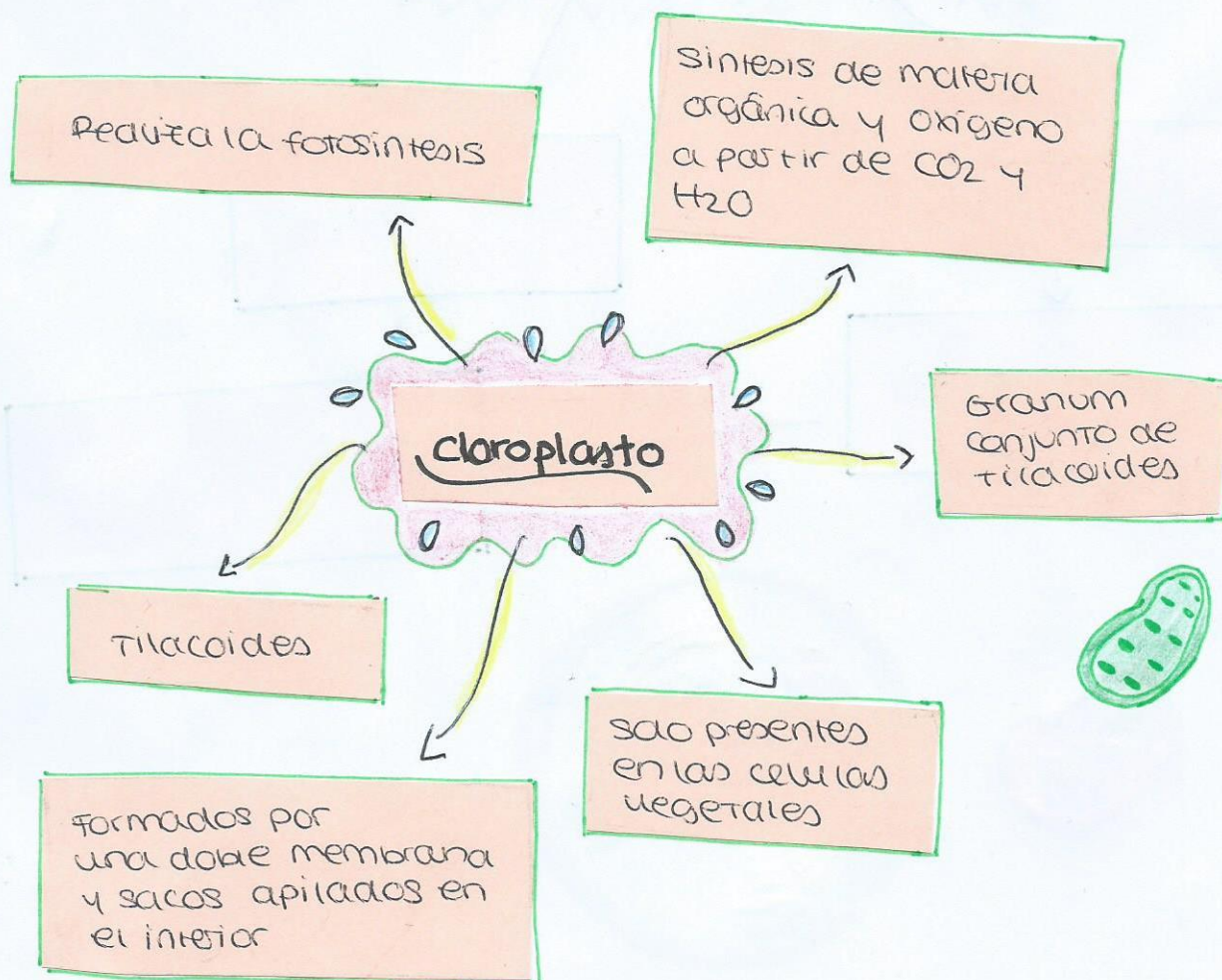
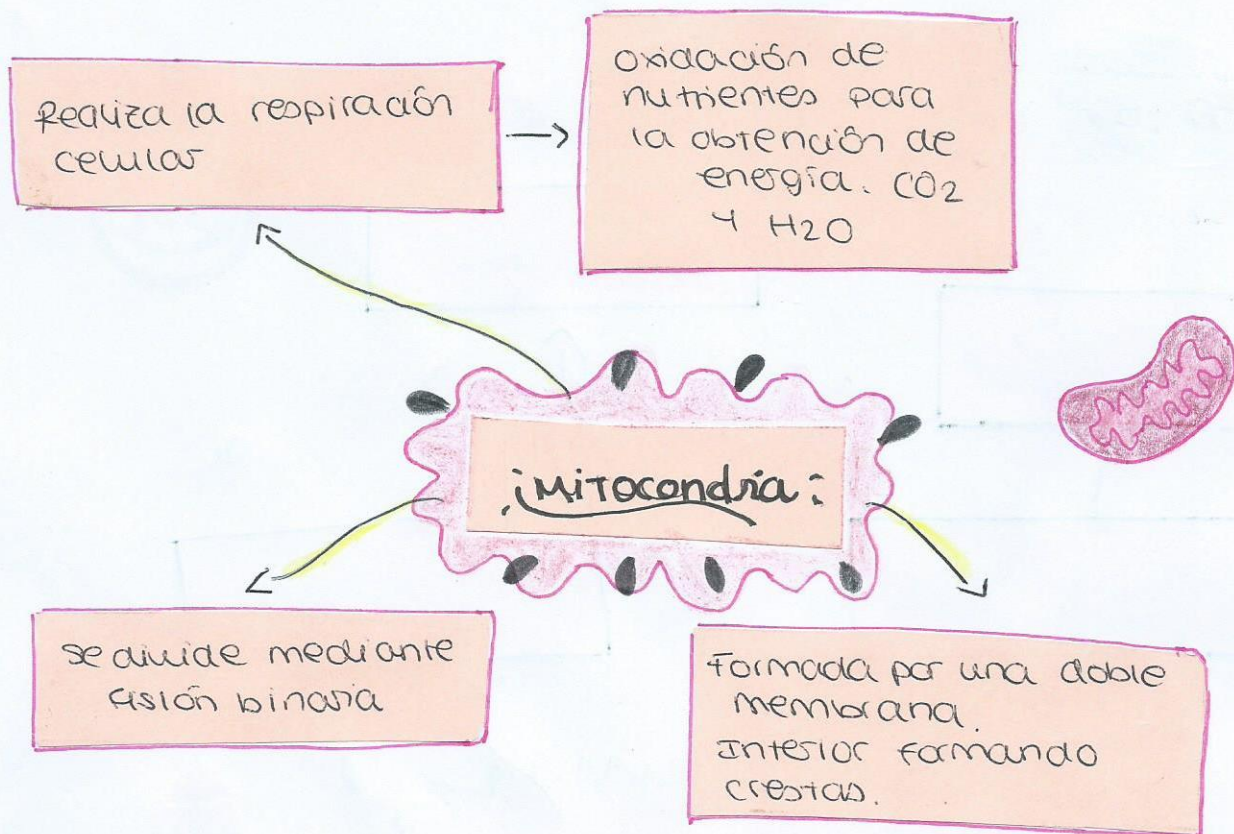
Cianobacterias,  
bacterias aeróbicas

se inicia un  
proceso llamado  
FOTOSÍNTESIS

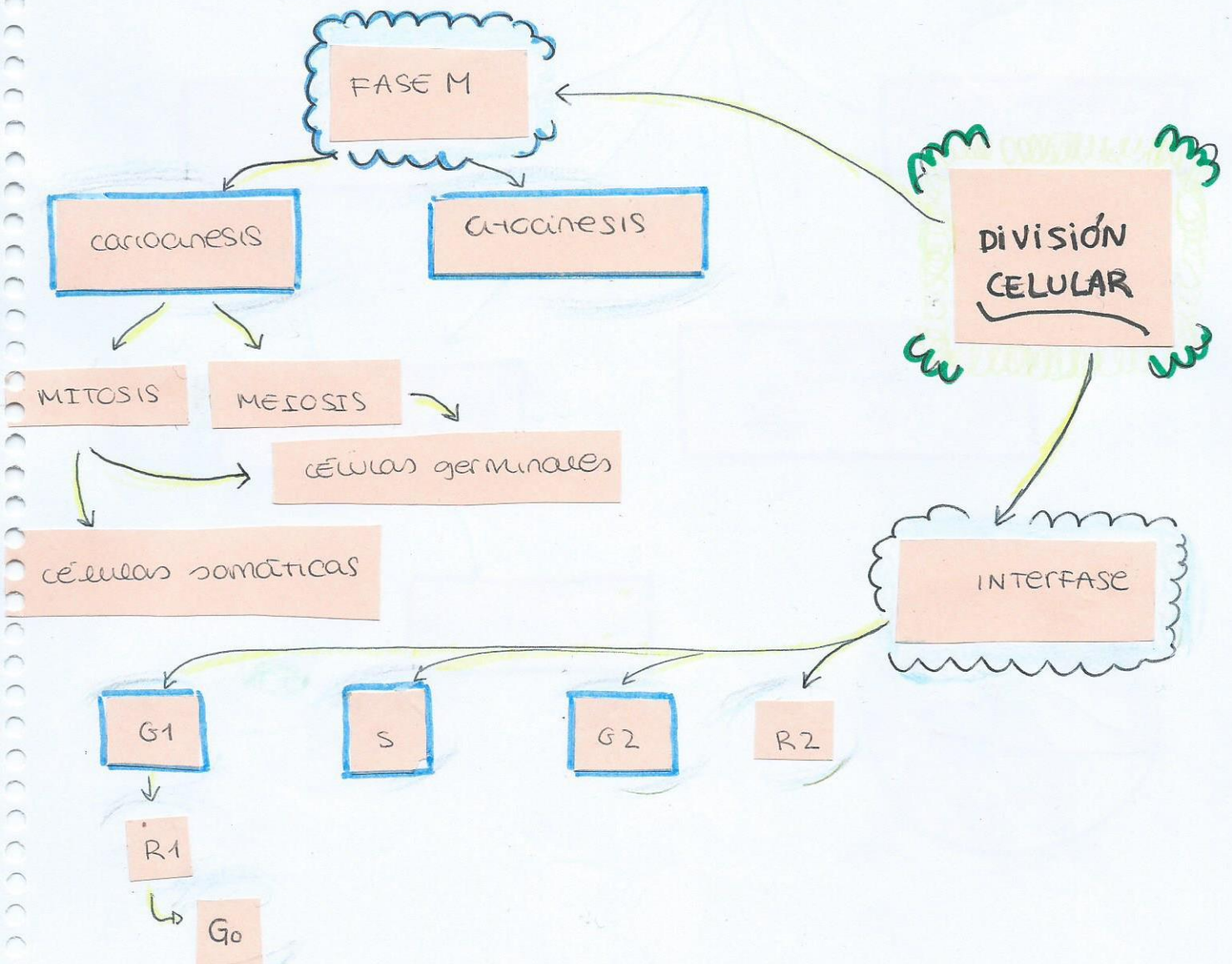
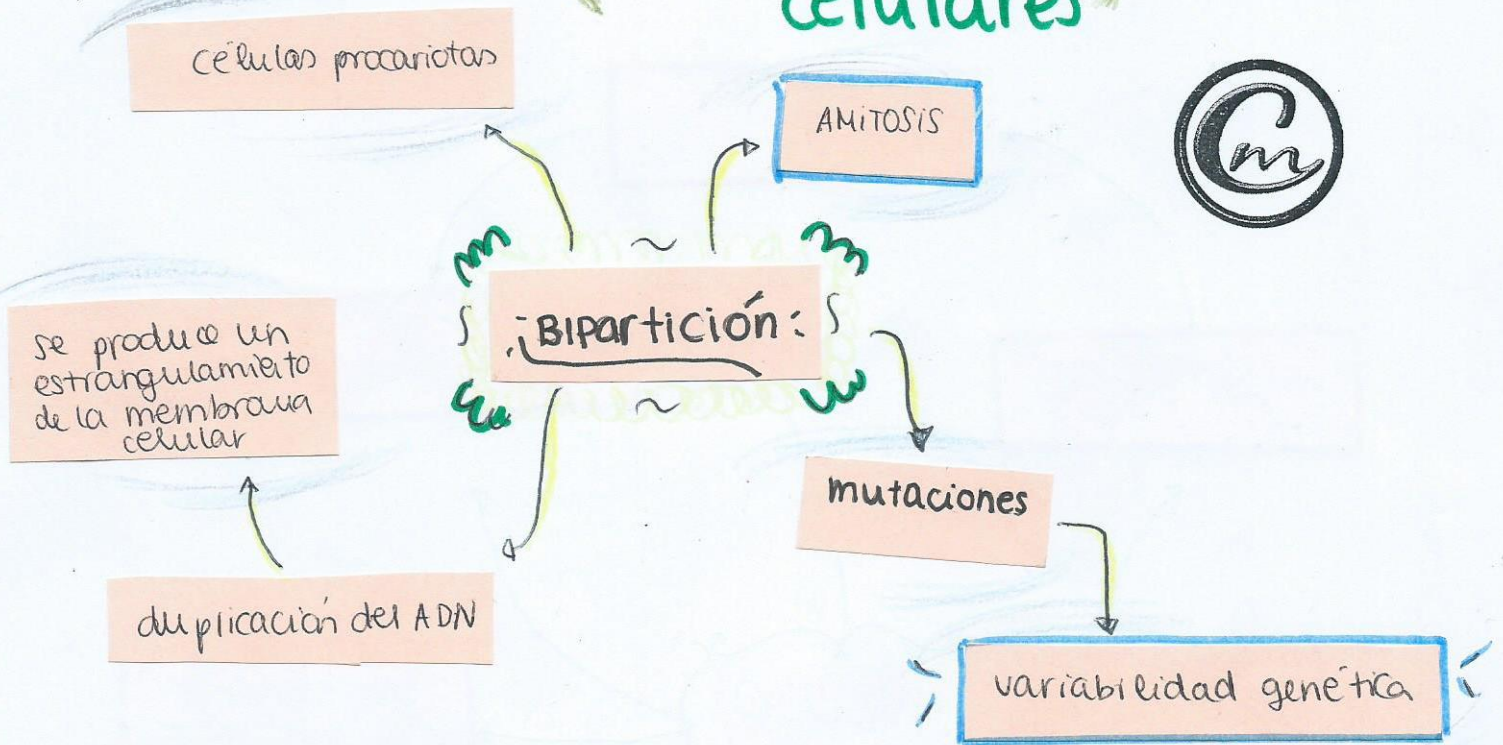
Productoras y  
consumidoras de  
oxígeno

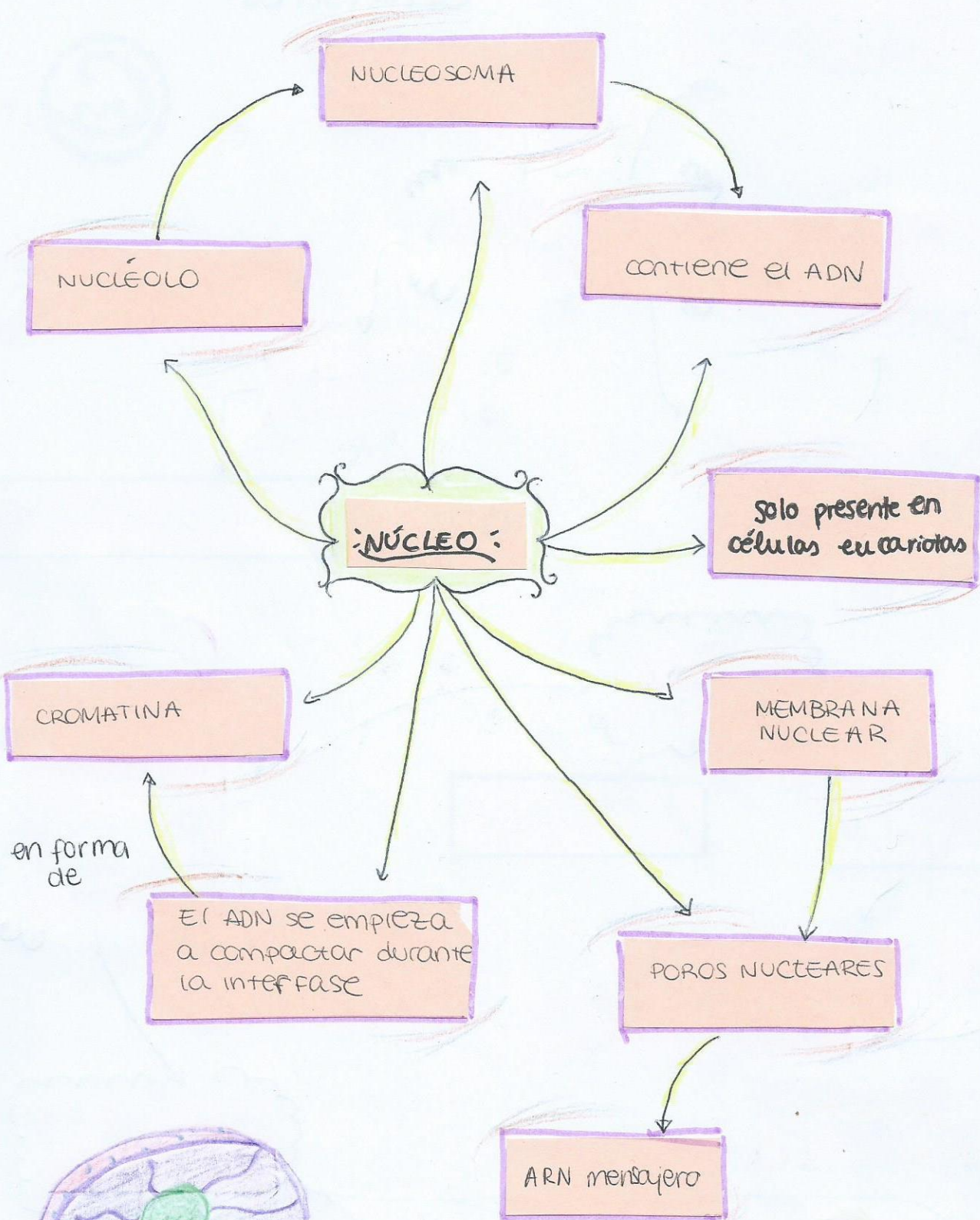
se inicia un proceso  
llamado respiración  
celular.

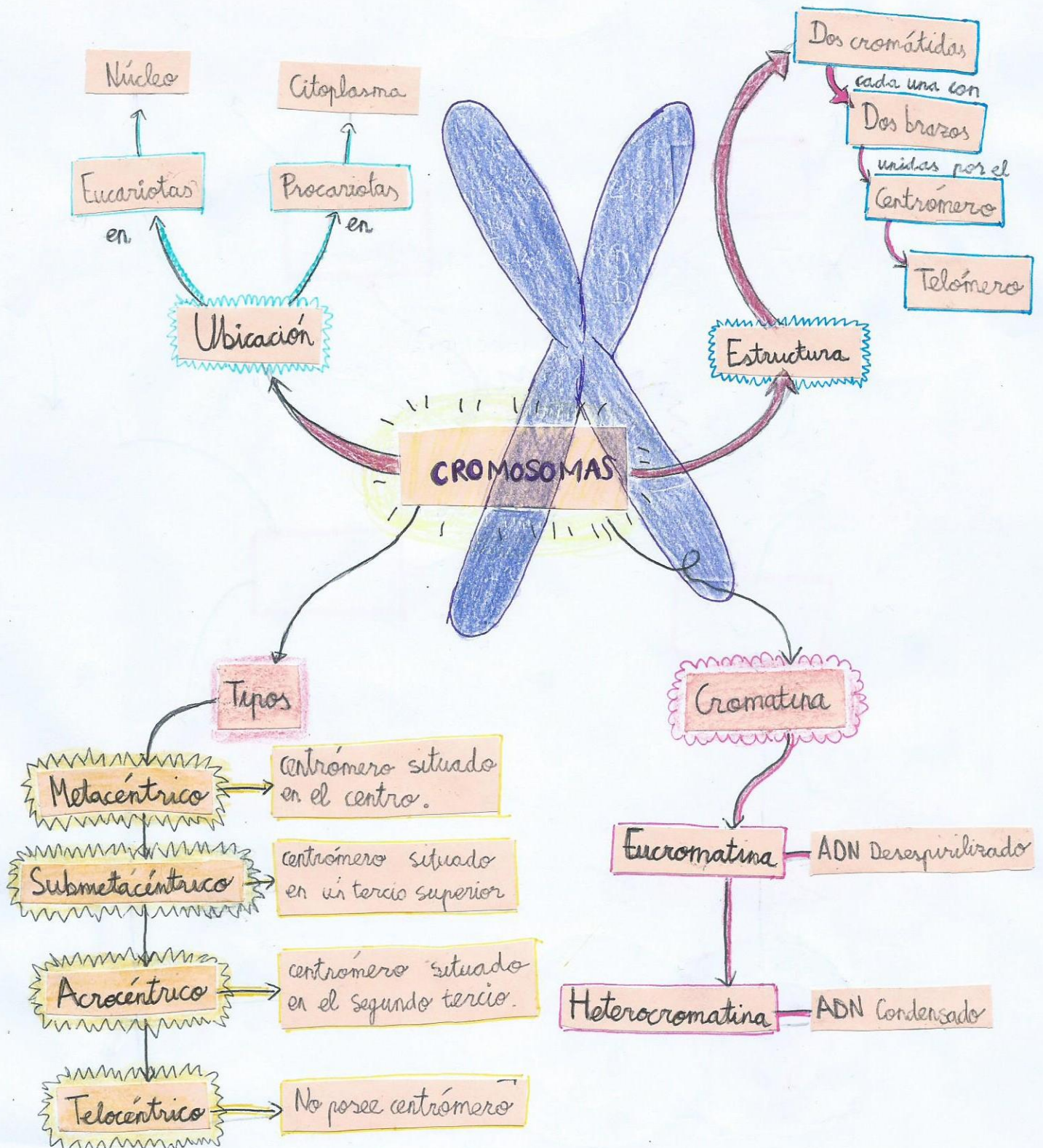


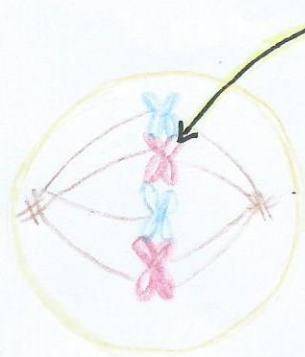


# Reproducciones celulares









Placa ecuatorial

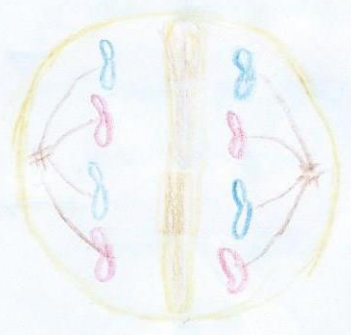
Los microtúbulos se extienden hasta el centro de la célula

Metáfase

Filamentos de actina

anillo contráctil

separación hacia los polos arrastrados por microtúbulos



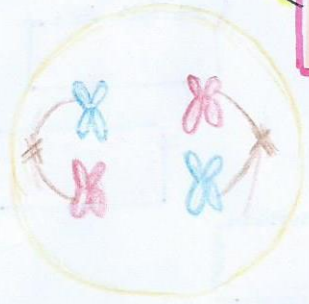
MITOSIS

Profase

Anafase

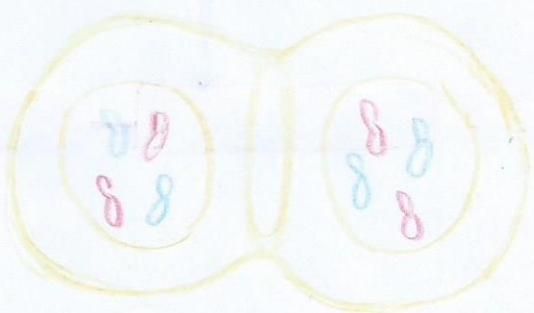
Telófase

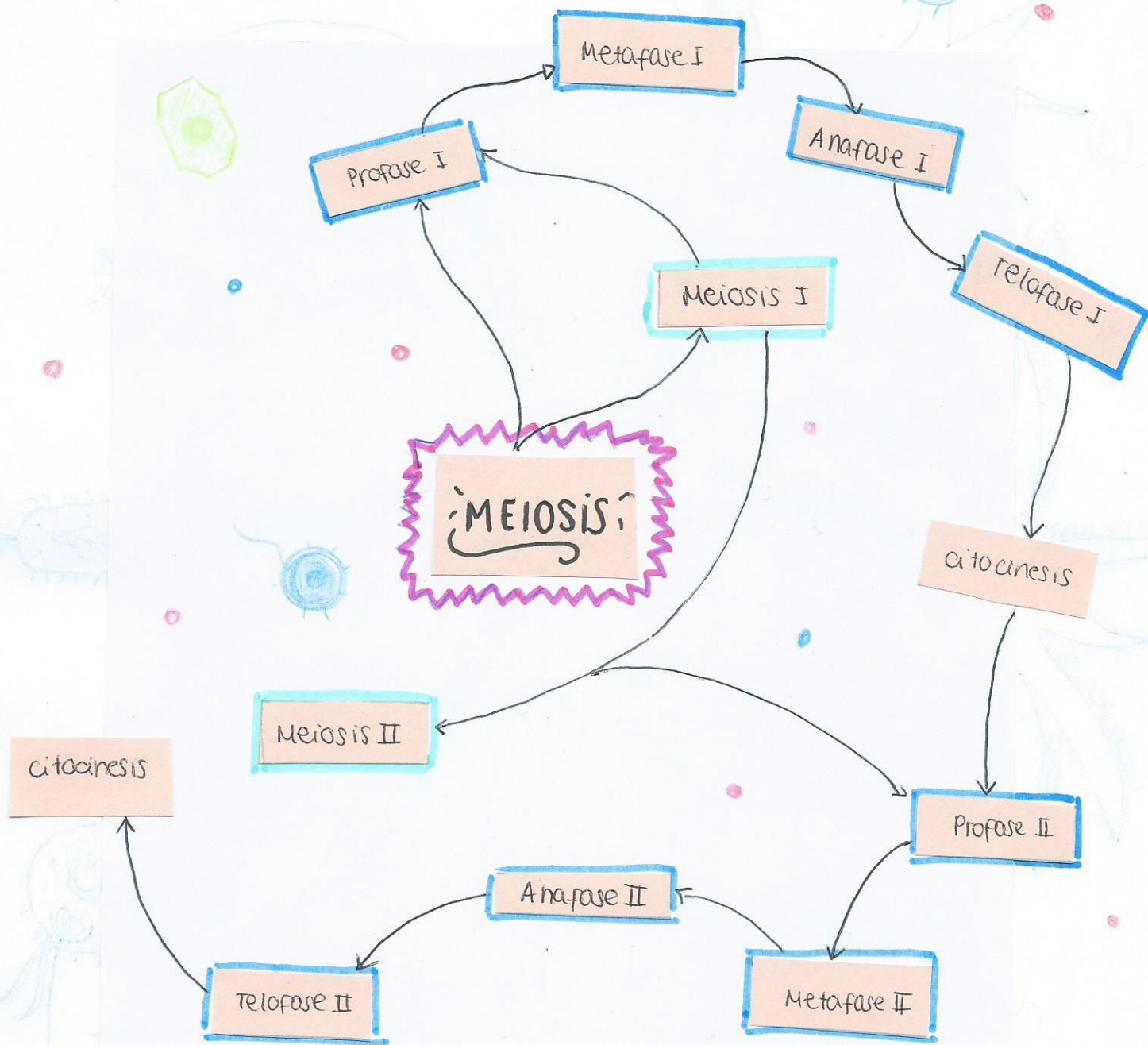
Disposición en cromosomas homólogos

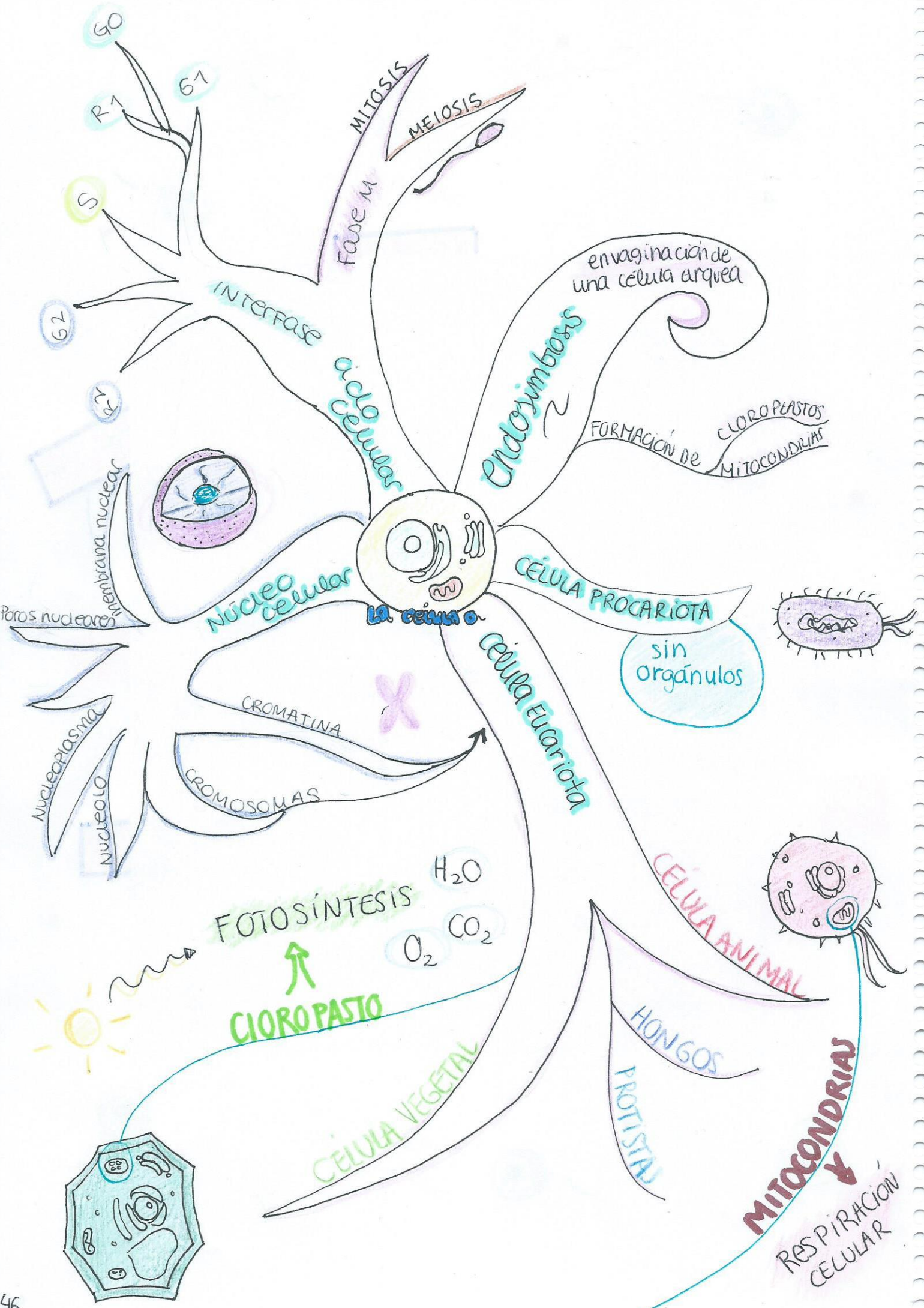


comienza la citocinesis

reaparecen los nucleólos y los cromosomas se descondensan







# Imágenes y Tablas



- Imagen 1 → Robert Hooke, científico del siglo XVIII inventó el microscopio

Imagen 2 → célula procariota, célula más primitiva, no contiene orgánulos

Imagen 3 → célula animal, célula que se encuentra en los animales

Imagen 4 → célula vegetal, célula que se encuentra en los vegetales, capaces de realizar la fotosíntesis

Imagen 5 → cloroplasto, formado por tilacoides, realizan la fotosíntesis

Imagen 6 → síntesis de proteínas

Imagen 7 → morfología de los organismos procariotas

Imagen 8 → bipartición, reproducción en células procariotas

Imagen 9 → ciclo celular

Imagen 11 → cromosomas, explicación y desarrollo

Imagen 10 → núcleo celular, donde se encuentra el ADN celular

Imagen 12 → Fases de la mitosis → profase, metafase, anafase y telofase

Imagen 13 → Fases de la meiosis → Profase I, metafase I, anafase I, y telofase I

Imagen 14 → transporte facilitado por membrana, difusión simple, ósmosis, endocitosis, exocitosis

Imagen 15 → membrana plasmática → elementos que la componen.

Imagen 16 → Fases de la teoría endosimbiótica, invaginación de arquea por una procariota formando la célula aeróbica.

Imagen 17 → mitocondria, orgánulo responsable de la respiración celular

- Tabla 1 → orgánulos celulares, definición y función en la célula
- Tabla 2 → Especificidad de membrana (tipos)

# EXPOSICIÓN Y DEMOSTRACIÓN



Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

Exposición y demostración de los resultados de la investigación.

# GLOSARIO de términos



## **ADN** (Ácido desoxirribonucleico)

sustancia química que se encuentra en el núcleo de las células y se encarga de la transmisión de herencia genética.

**ANAEROBIO** se dice de los seres vivos que no necesitan oxígeno del aire para vivir, como, por ejemplo, algunas bacterias.

**BICAPA LIPÍDICA** componente de toda membrana plasmática (celular) formada por dos capas de fosfolípidos, un tipo de lípidos.

**CIANOBACTERIAS** son un grupo de bacterias que engloba a todas ellas capaces de realizar la fotosíntesis.

**COLESTEROL** sustancia grasa que se forma principalmente en el hígado y que procede de los alimentos que tomamos.

**ENZIMAS** molécula compuesta por proteínas que intervienen en los procesos químicos de los seres vivos.

**FAGOCITOSIS** es una función de las células especializadas del sistema inmunitario, capaces de remover cuerpos extraños y combatir infecciones.

**MATERIAL GENÉTICO** se emplea para almacenar información genética de una forma de vida orgánica y está almacenando en el núcleo de la célula.

**MOLECULA** agrupación ordenada y definida de átomos que constituye la parte más pequeña en que puede dividirse una sustancia conservando todas sus propiedades.

**MONERAS** células que carecen de orgánulos y envoltura nuclear (procariontes)

**ORGÁNULO** unidad estructural y funcional de una célula.

**PROTEÍNA** tipo de molécula orgánica, formada por una o varias cadenas de aminoácidos.

**PSEUDÓPODO** extensión del citoplasma celular que engloba materiales o partículas externas y tiene funciones locomotoras, alimentarias o de defensa.

**PROTISTA** dicho de un ser vivo: constituido por una célula eucariota.

**SIMBIOSIS** asociación de individuos animales o vegetales de diferentes especies, sobre todo si los simbiotes sacan provecho de la vida en común.

**SÍNTESIS** proceso de obtención de un compuesto a partir de sustancias más sencillas.

**VESÍCULA** órgano en forma de saco o vejiga que contiene una sustancia.

# Bibliografía



## Libros

- Ramos García, M<sup>a</sup> Ángeles (2015) Madrid, España.  
"Biología y Geología, 3º ESO". Mc GrawHill Education, Smartbook.
- Ramos García, M<sup>a</sup> Ángeles (2015) Madrid, España.  
"Biología y Geología, 4º ESO". Mc GrawHill Education, Smartbook.
- Arcamí, José (2011) Madrid, España.  
"Biología 2, Bachillerato" Ediciones SM

## Enlaces y videos

- "Eukaryotes - The City of Animal Cells: Crash Course Biology #4", Crash Course  
Disponible en <https://youtu.be/cj8dDTH6JBY> (2012)
- "Plant Cells: Crash Course Biology #6", Crash Course  
Disponible en <https://youtu.be/9UvIqAVCoqY> (2012)
- "In Da Club - Membranes & Transport: Crash Course Biology #5", Crash Course.  
Disponible en <https://youtu.be/dPKvHrD1eS4> (2012)
- "ATP & Respiration: Crash Course Biology #7", Crash Course  
Disponible en [https://youtu.be/00jbG\\_cfGUQ](https://youtu.be/00jbG_cfGUQ) (2012)
- "Photosynthesis: Crash Course Biology #8", Crash Course  
Disponible en <https://youtu.be/sQK3Yr4Sc> (2012)
- "Mitosis: Splitting Up is Complicated - Crash Course Biology #12", Crash Course  
Disponible en <https://youtu.be/LOk-enzoeOM> (2012)
- "Meiosis: Where the Sex Starts - Crash Course Biology #13", Crash Course  
Disponible en <https://youtu.be/qCLmR9-YY7o>
- "La nueva técnica de edición genética corrige enfermedades en células humanas"  
Disponible en [https://elpais.com/elpais/2017/10/25/ciencia/1508946003\\_990505.html](https://elpais.com/elpais/2017/10/25/ciencia/1508946003_990505.html)  
Periódico "el País" (2017)