

[illegible]

# **Tema 1. Citología vegetal**

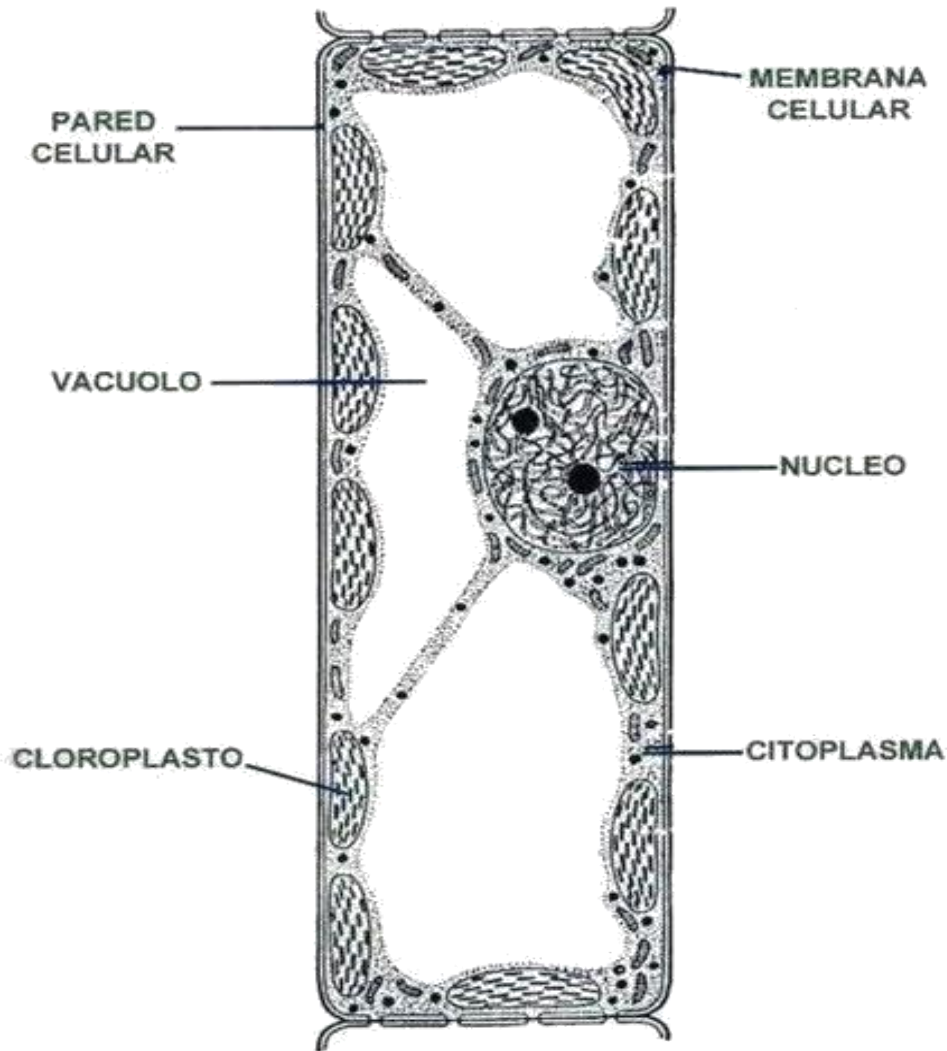
## **Sumario**

Modificaciones químicas y estructurales de la pared celular. Importancia económica. La estructura y funciones de las inclusiones celulares. Importancia. Descripción y localización de los orgánulos celulares en los tejidos y órganos vegetales.

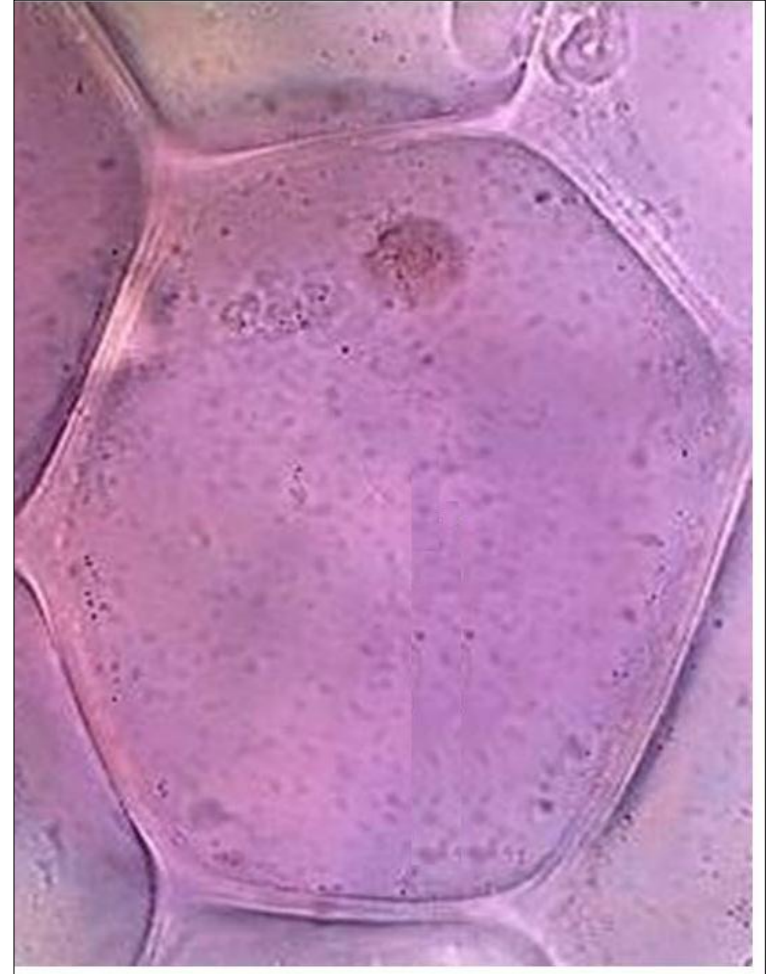
# Plantas

- Organismos pluricelulares
- Presencia de célula eucariota con pared celular y plastidios con pigmentos fotosintéticos.
- Nutrición autótrofa por fotosíntesis.
- Viven fijas a un sustrato.
- Diferenciación celular dirigida a la formación de órganos formados por tejidos especializados.

# Estructura microscópica de la célula vegetal

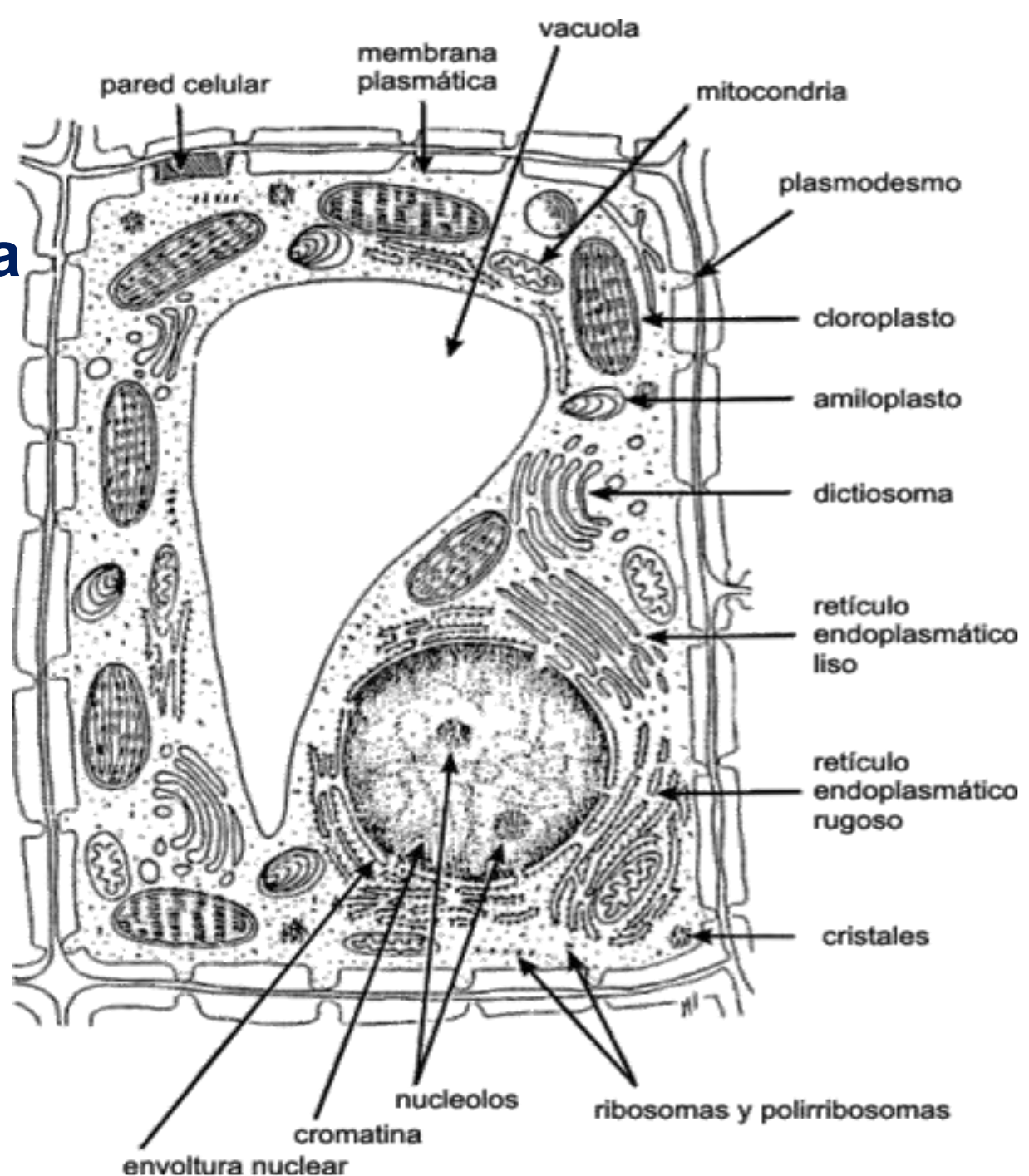


**Esquema de una  
célula vegetal**

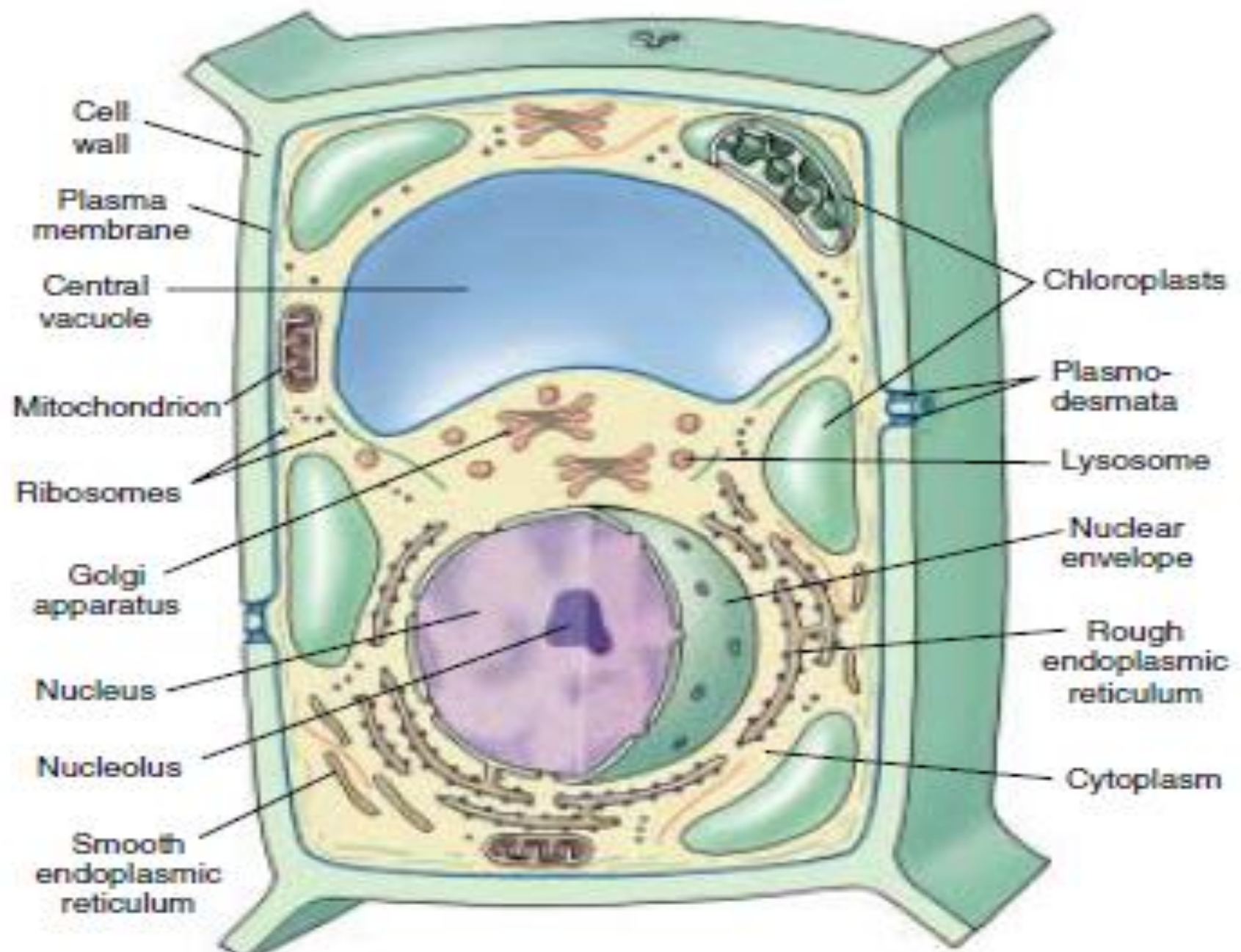


**Foto de una célula  
vegetal**

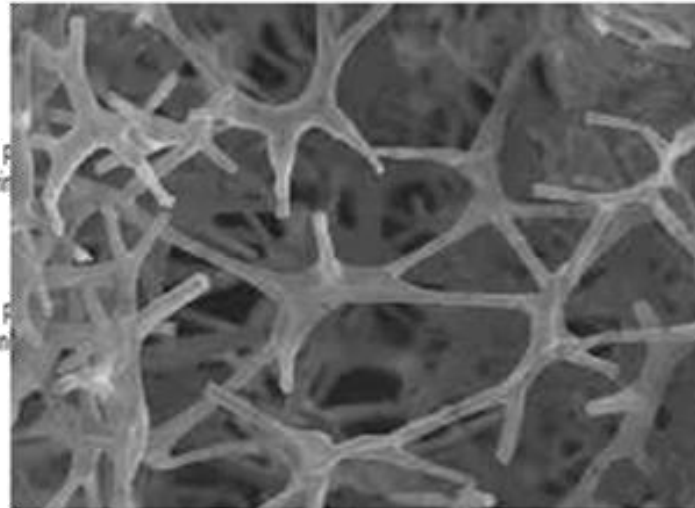
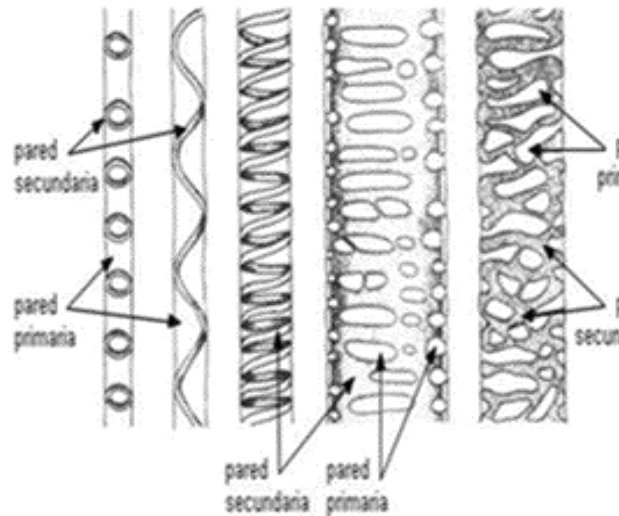
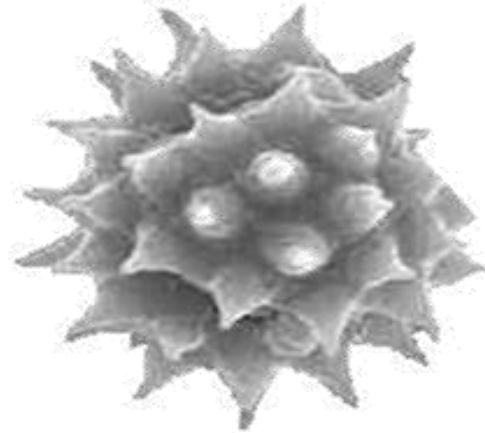
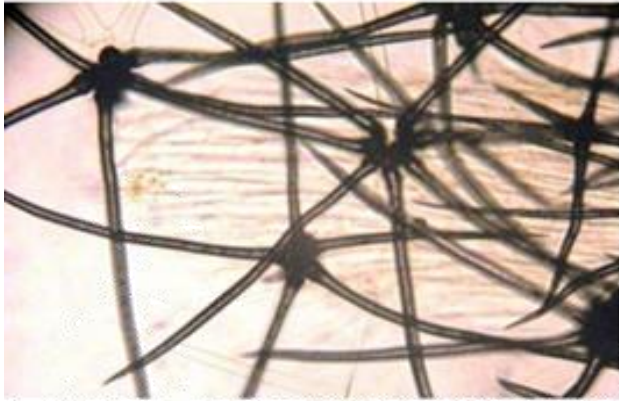
# Estructura submicroscópica de la célula







# Formas de las células vegetales



# Origen de la Pared celular

La formación de la pared comienza con la formación del fragmoplasto (placa celular que aparece en la parte media de la célula en división), constituido por la acumulación de vesículas del retículo endoplasmático, de golgi, microtúbulos unidos al huso. Las membranas de golgi al fusionarse dan lugar a los plasmodesmos, puente entre las dos células hijas. A ambos lados de la placa celular se desarrolla celulosa la cual da lugar a la pared primaria de la células hijas, a la placa central no celulósica se denomina lámina media.

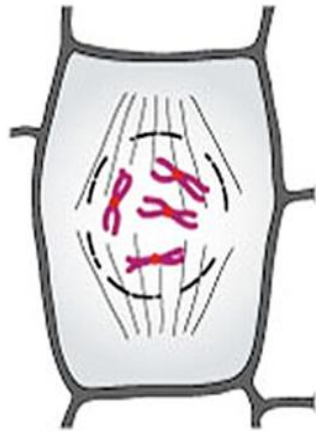


# La división de la célula vegetal

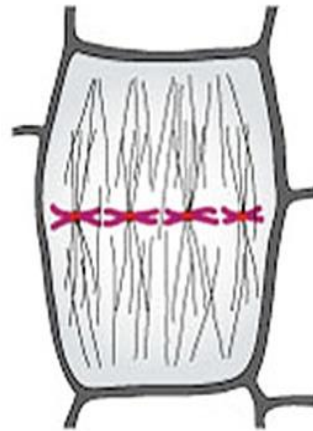
Interphase



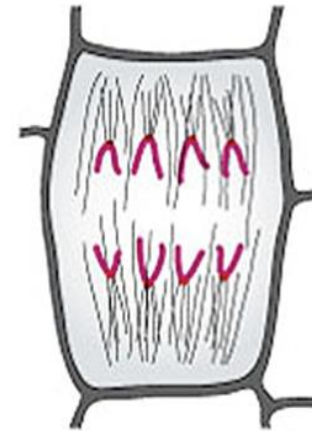
Mitosis



Prophase



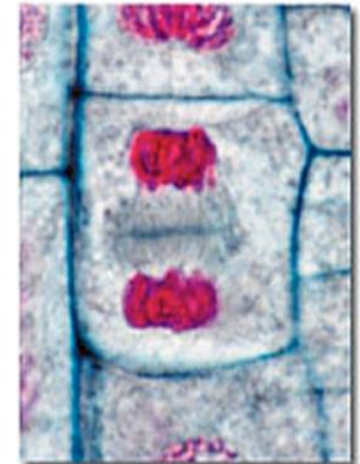
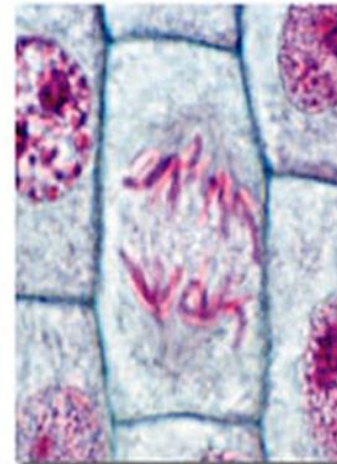
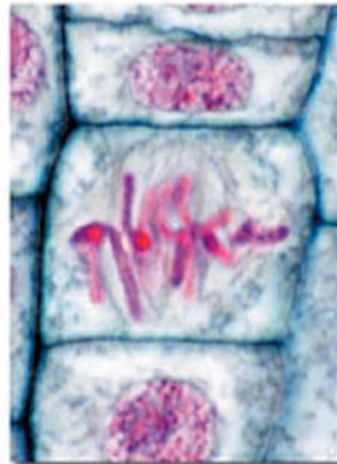
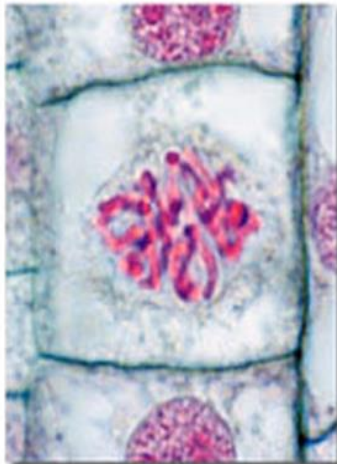
Metaphase

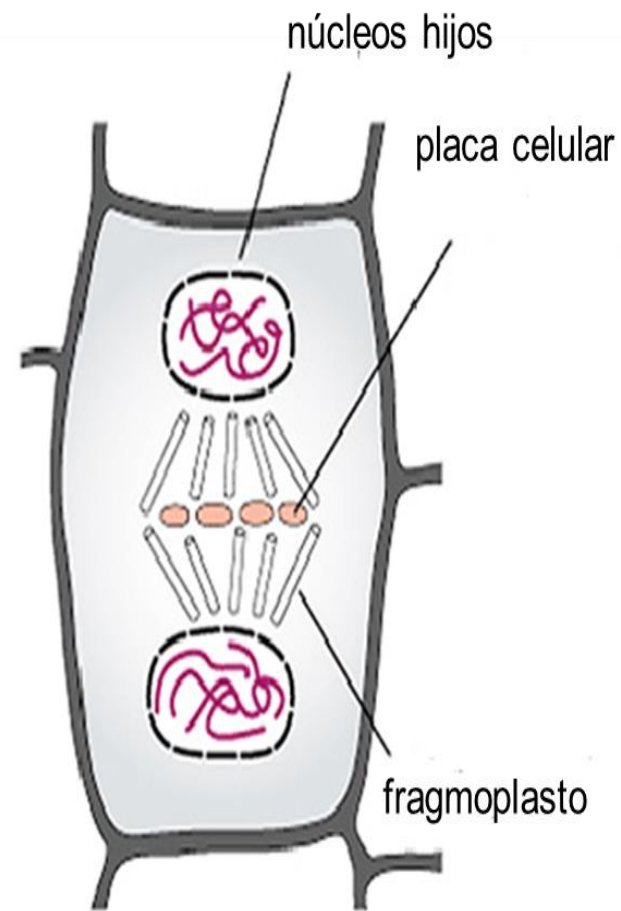


Anaphase

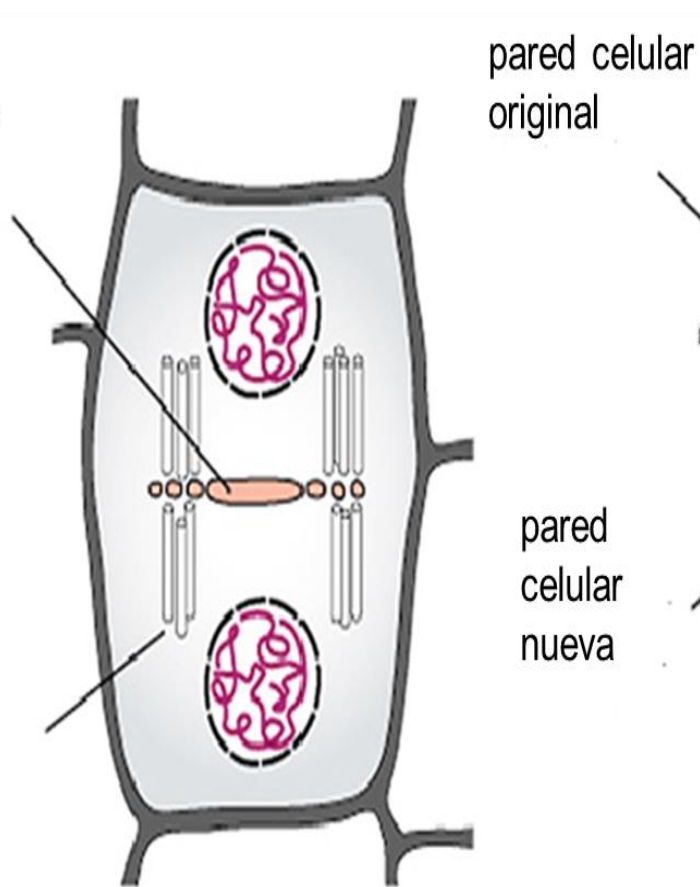


Telophase

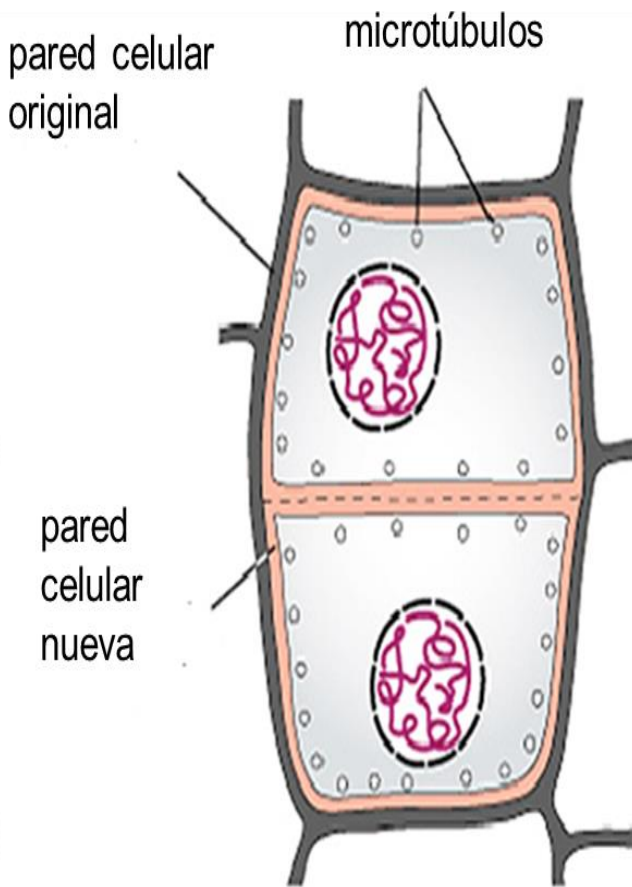




(a)

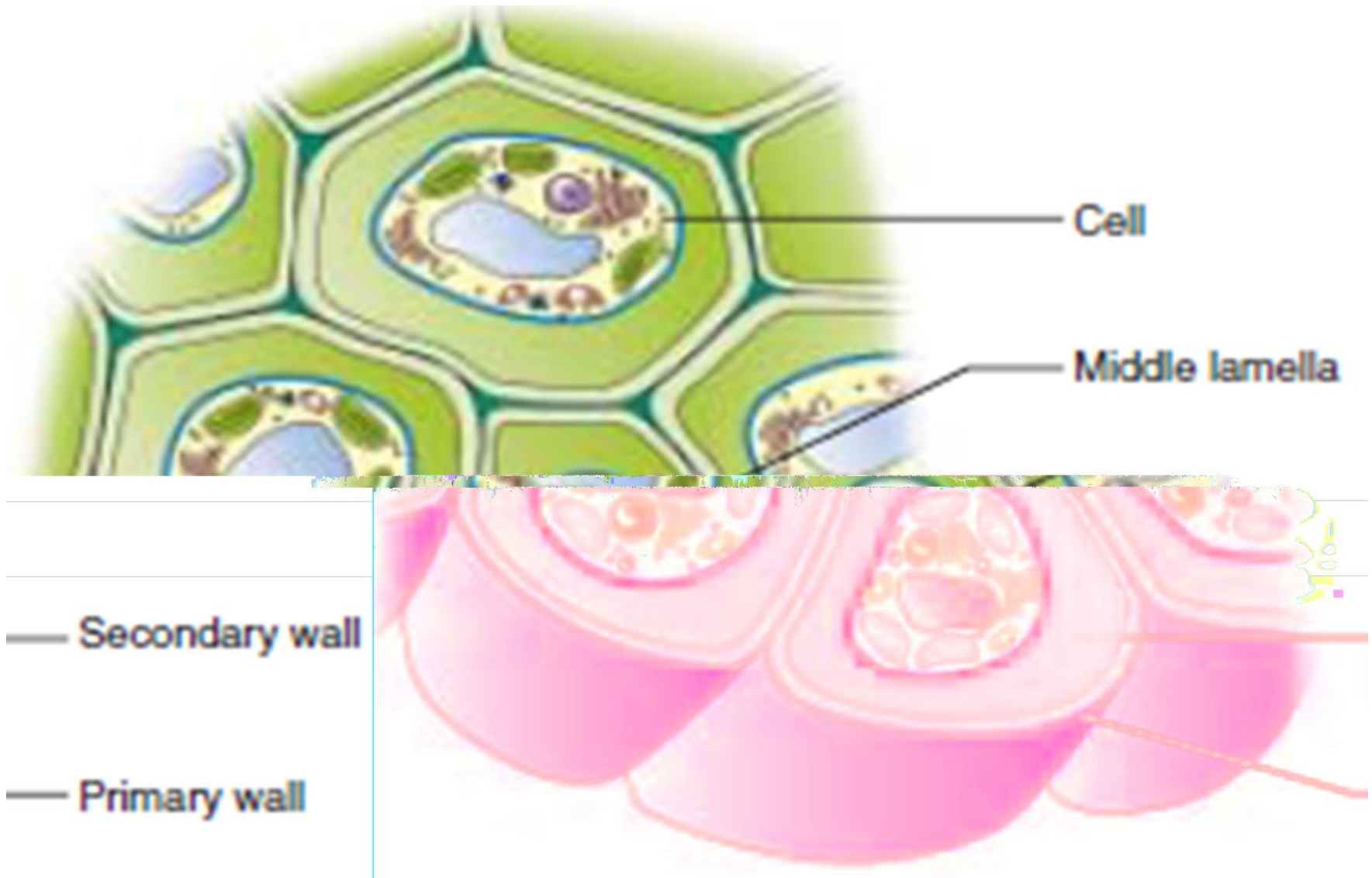


(b)



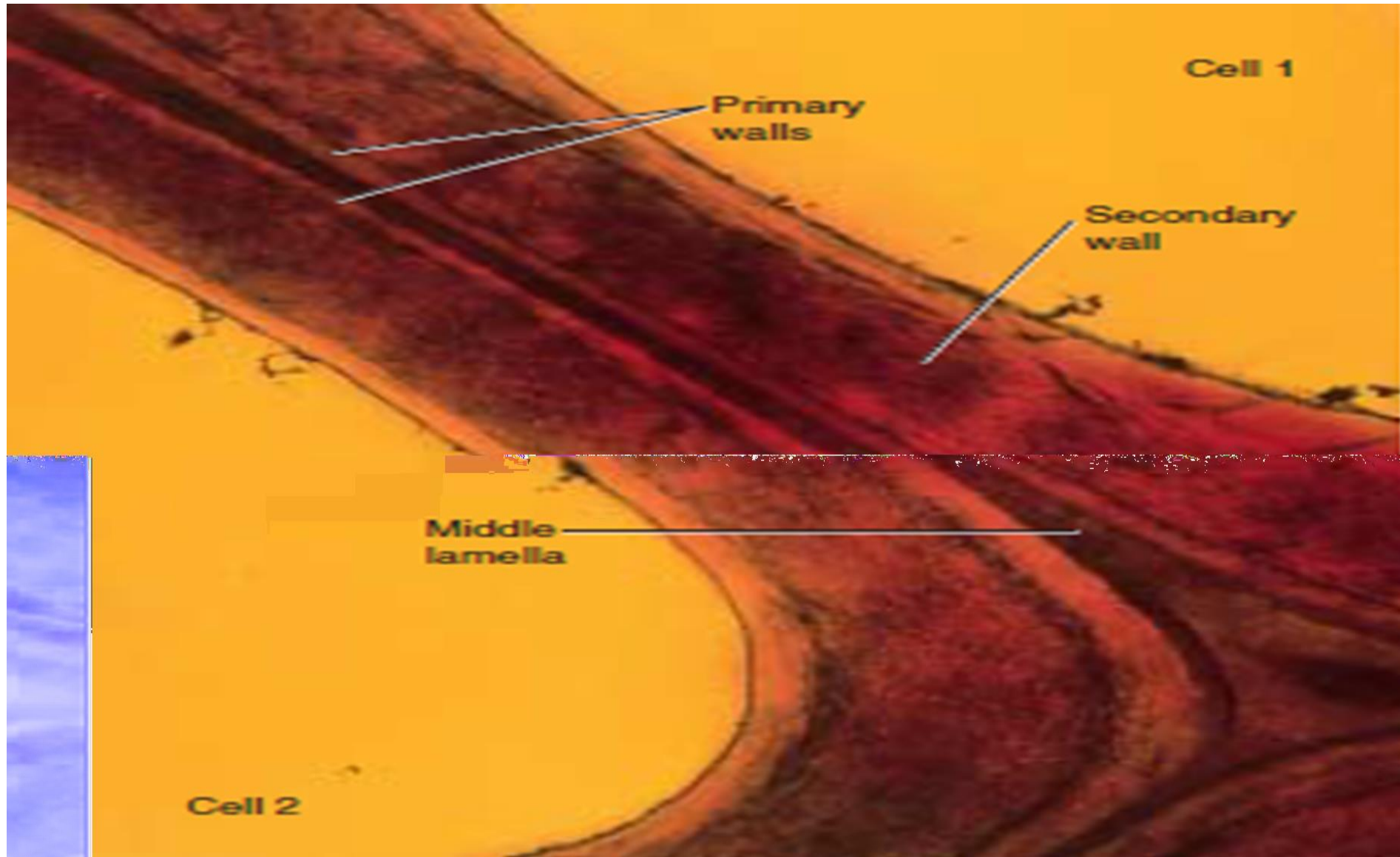
(c)

# Pared celular





# Pared celular





# Composición química de la pared celular

**Polisacáridos:** Son los componentes más abundantes de todas las paredes celulares. Están formados por azúcares, formando largas cadenas.

Celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas.

# Composición química de la pared celular

## **Celulosa:**

- Es el componente más abundante.
- Polímero formado por cadenas lineales de unidades de glucosa.
- Aparece en forma de agregados fibrilares cristalinos que le confieren a la pared la mayor parte de su enorme resistencia.



Las fibras del algodón representan la forma natural más pura de la celulosa, conteniendo más del 90 % de este glúcido.

# Composición química de la pared celular

## Hemicelulosa:

- Se encuentra en la pared de forma amorfa y paracristalina.
- Es un polisacárido formado por pentosas y exosas.
- Su función fundamental es **aglutinar las fibras de celulosa para dar a la pared plasticidad y elasticidad.**



# Composición química de la pared celular

## Sustancias pécticas:

- Se encuentra formando parte de la lámina media o en la zona externa de la pared secundaria.
- Su función es aglutinar la fibras de celulosa.

# Composición química de la pared celular

## Proteínas:

- Formadas por una o varias cadenas polipeptídicas.
- Son las moléculas orgánicas más abundantes de la célula. Constituyen el 10% del peso seco de la pared primaria.
- Actúan como elementos estructurales.
- Participan en la resistencia a invasores patógenos.

# Composición química

## Lámina media: pectinas

### Pared primaria:

- celulosa
- hemicelulosa
- pectinas
- proteínas (glicoproteínas
- y enzimas)
- calosa
- agua
- +
- lignina, suberina o cutina

### Pared secundaria:

- celulosa
- hemicelulosa
- proteínas
- (glicoproteínas y
- enzimas) (-)
- lignina, suberina o
- cutina

# Estructura microscópica de la pared celular

## Lámina media:

- Es el elemento que mantiene unidas a las células para formar los tejidos.
- Constituye la sustancia intercelular.
- Es amorfa y coloidal.
- Constituida por pectatos de calcio, magnesio y sustancias proteicas.

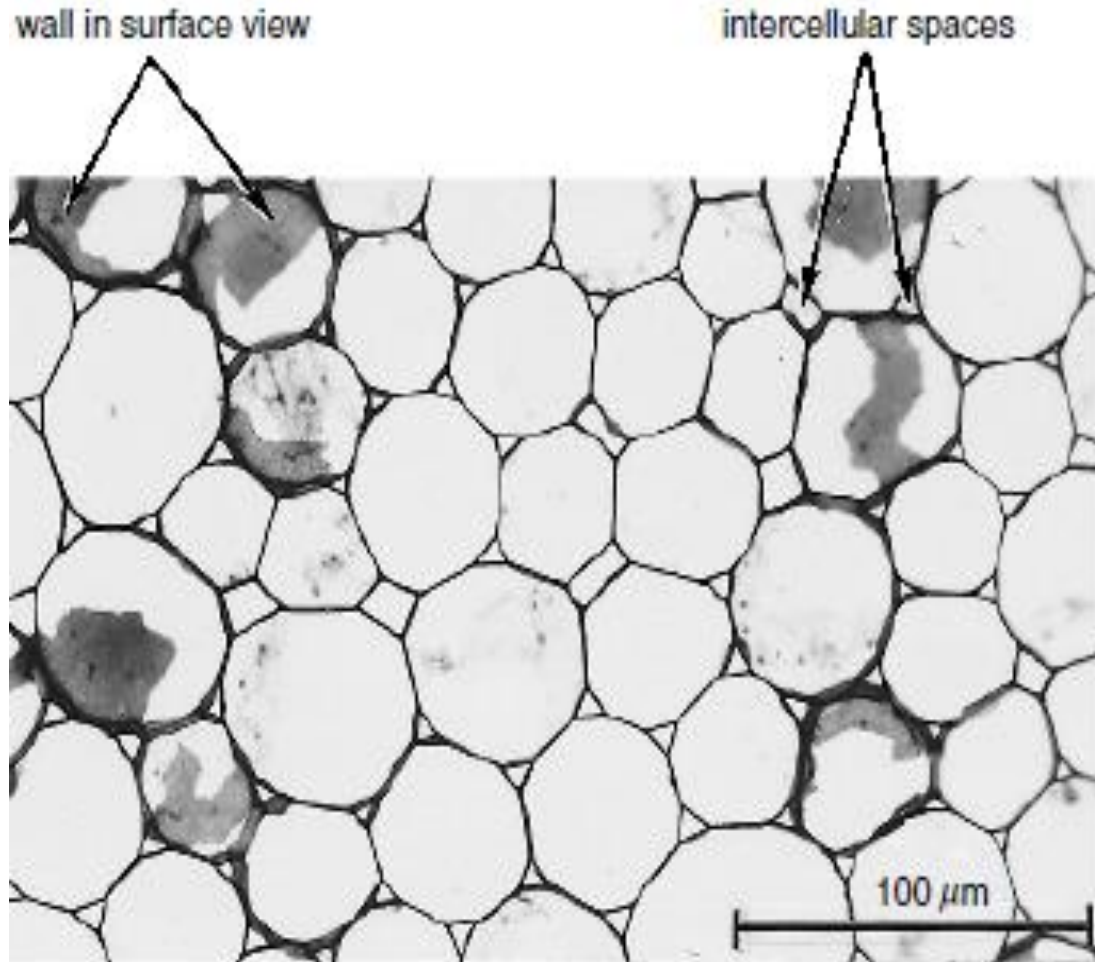


# Estructura microscópica de la pared celular

## Pared primaria:

- Se forma a ambos lados de la lámina media.
- Presente en células en crecimiento. Es la verdadera pared de la célula, a veces la única.
- Formada por celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas, proteínas, calosa, agua. Puede lignificarse, suberificarse, cutinizarse y está asociada a protoplasmas vivos.
- No es continua, pues mantiene comunicación con las células vecinas por los campos de punteaduras.

# Estructura microscópica de la pared celular



Células con finas  
paredes primarias y  
espacios intercelulares

**Paredes  
primarias  
delgadas.**



**Células jóvenes  
como las  
meristemáticas.**

**Paredes  
primarias  
gruesas.**



**Células adultas  
como las  
colenquimáticas.**

# Estructura microscópica de la pared celular

## Pared secundaria:

- Se desarrolla en la superficie interna de la pared primaria cuando la célula ha culminado su crecimiento.
- Es característica en células de conducción y sostén.
- Puede presentar de 3 a 5 capas, está compuesta por celulosa, hemicelulosa, proteínas y en ella se depositan otras sustancias como **lignina, suberina y cutina** que son polímeros que protegen a la célula de la desecación.



# Estructura microscópica de la pared celular

## Pared secundaria:

- **Cera:** son ésteres de ácidos grasos que recubren células epidérmicas.
- **Sales minerales** forman incrustaciones en las paredes celulares.
- No es continua, aparecen en ella punteaduras simples o areoladas.

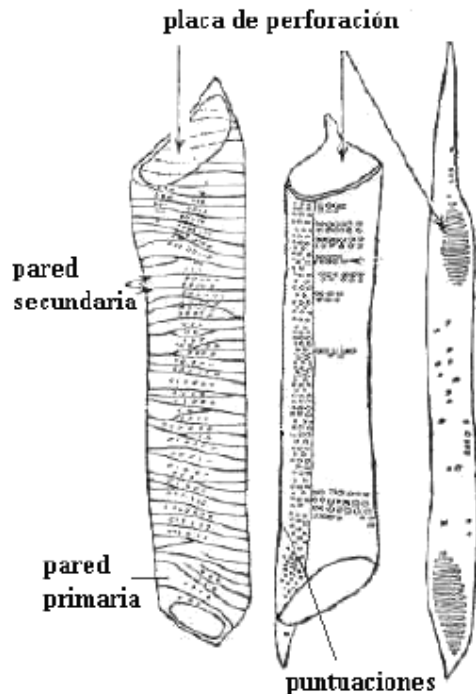
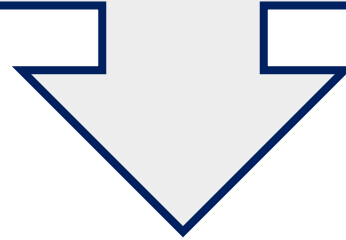
## Pared secundaria

Estas sustancias son las que posibilitan las modificaciones secundarias más importantes en la célula vegetal, es decir: **lignificación, suberificación, cutinización, cerificación.**

Otras sustancias muy específicas en determinados grupos de plantas.

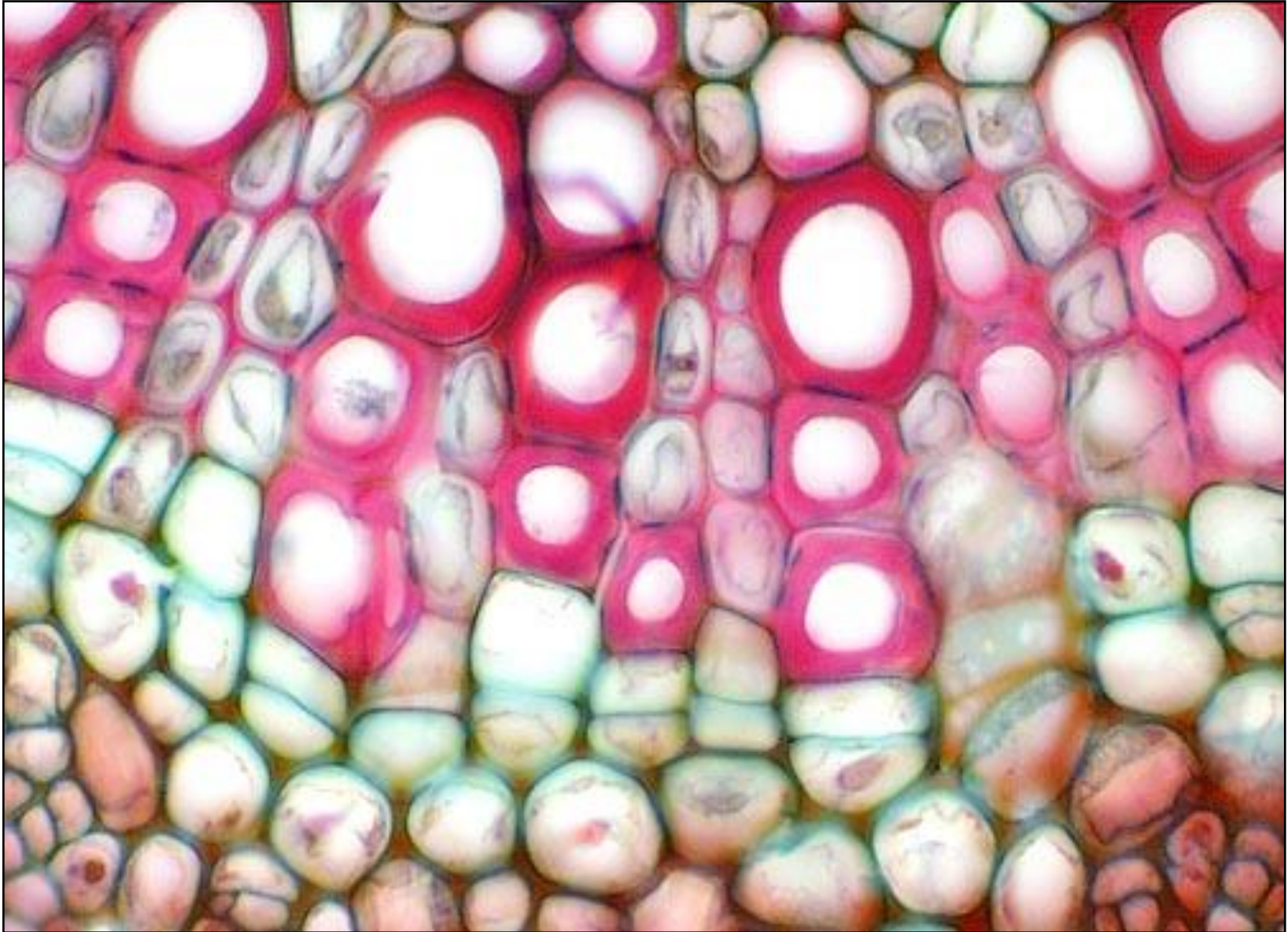
- Algas pardas: ácido algínico (alginatos)
- Algas rojas: compuestos agaroides (agar y carragenina)
- Algas verdes: carbonato de calcio.
- Diatomeas: sílice

**Las células que presentan paredes secundarias gruesas carecen de protoplasma**

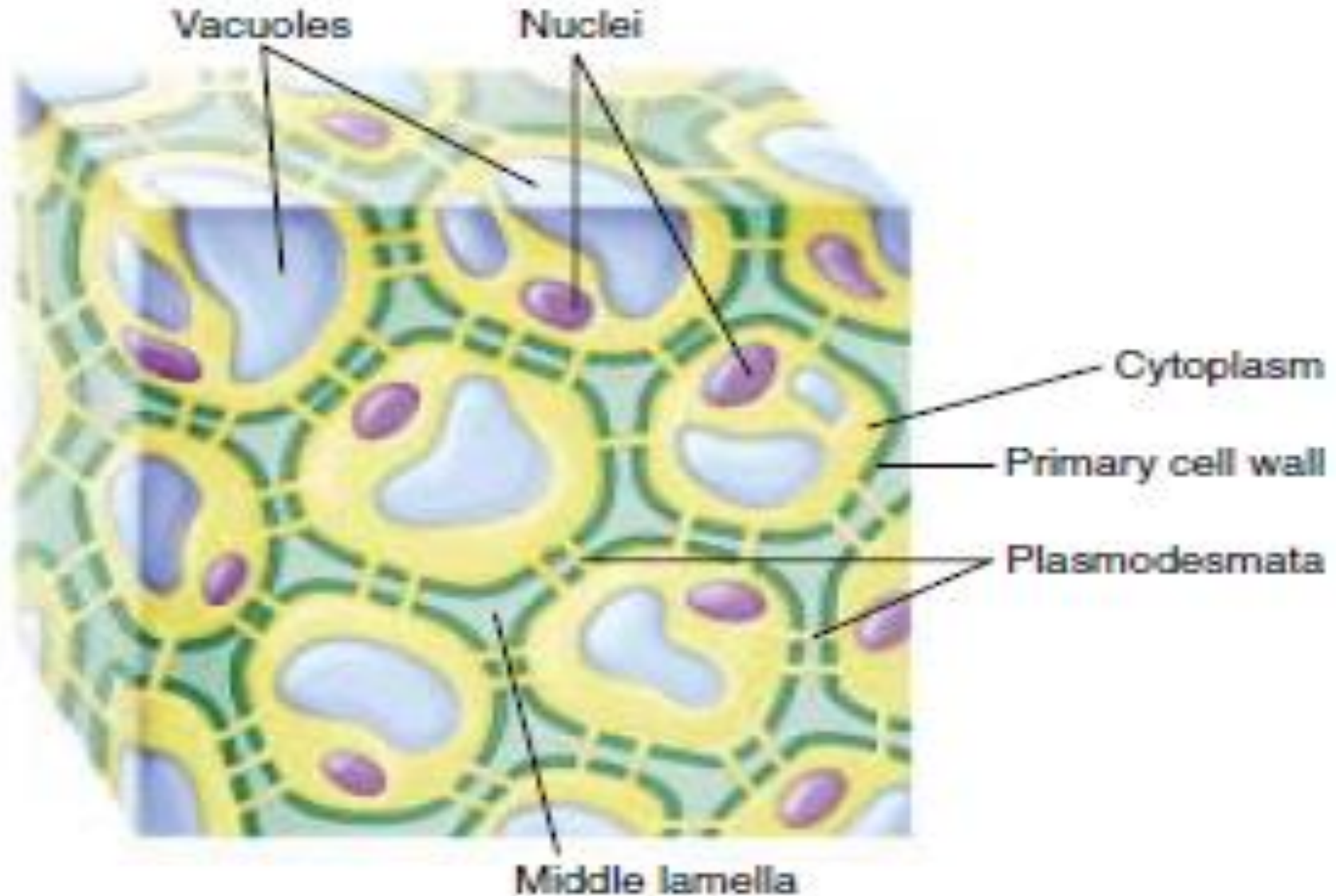


- **Fibras**
- **Tráqueas**
- **Traqueidas**

Células muertas con paredes secundarias en rojo. (MO)

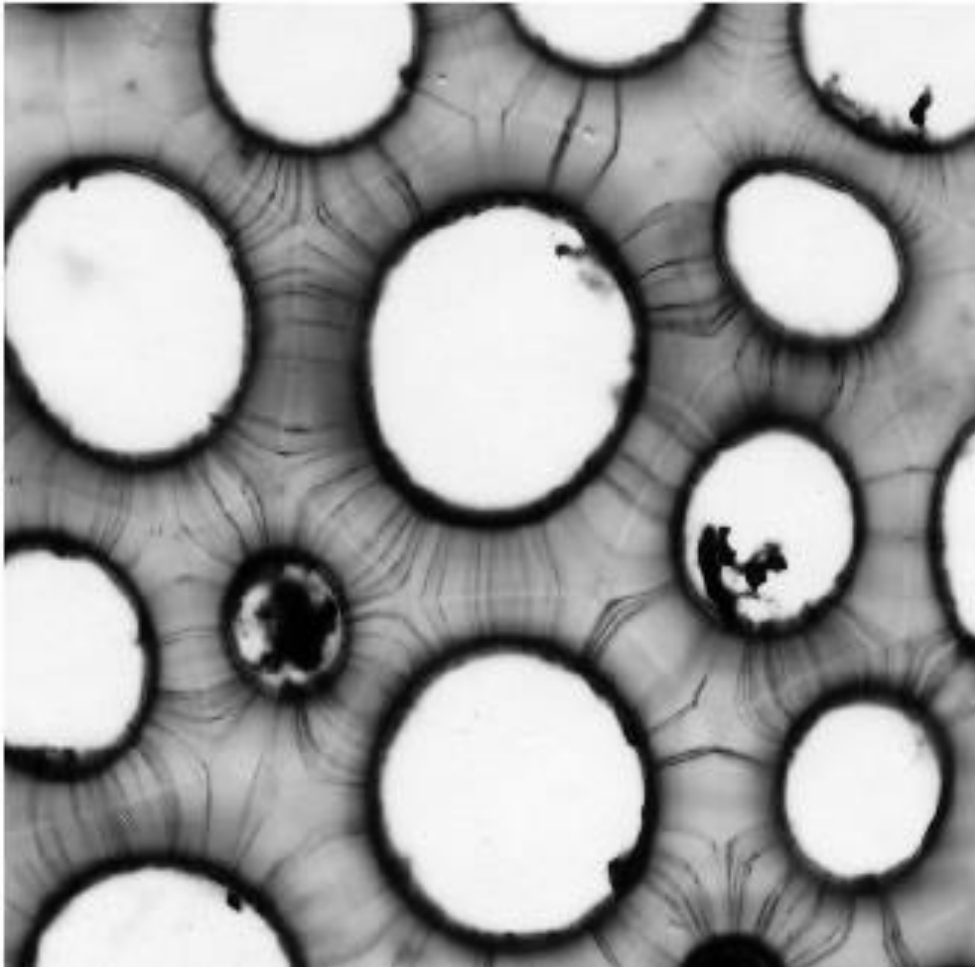


# Los plasmodesmos en la pared





# Los plasmodesmos en la pared



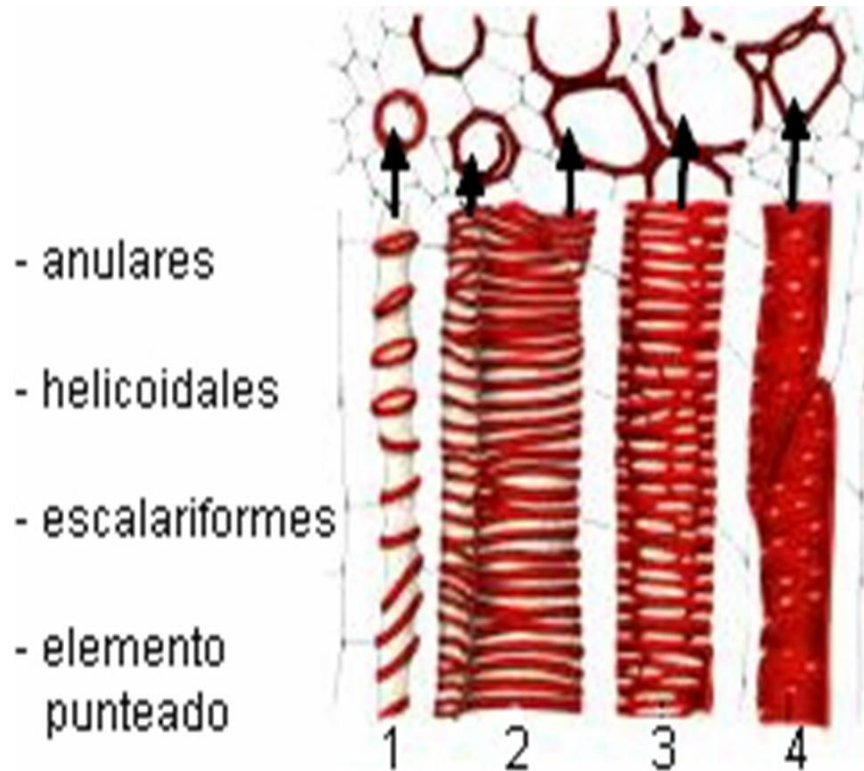
Plasmodesmos en células  
de paredes primarias  
gruesas del endospermo de  
semillas (X 620.)

# Modificaciones estructurales de la pared celular

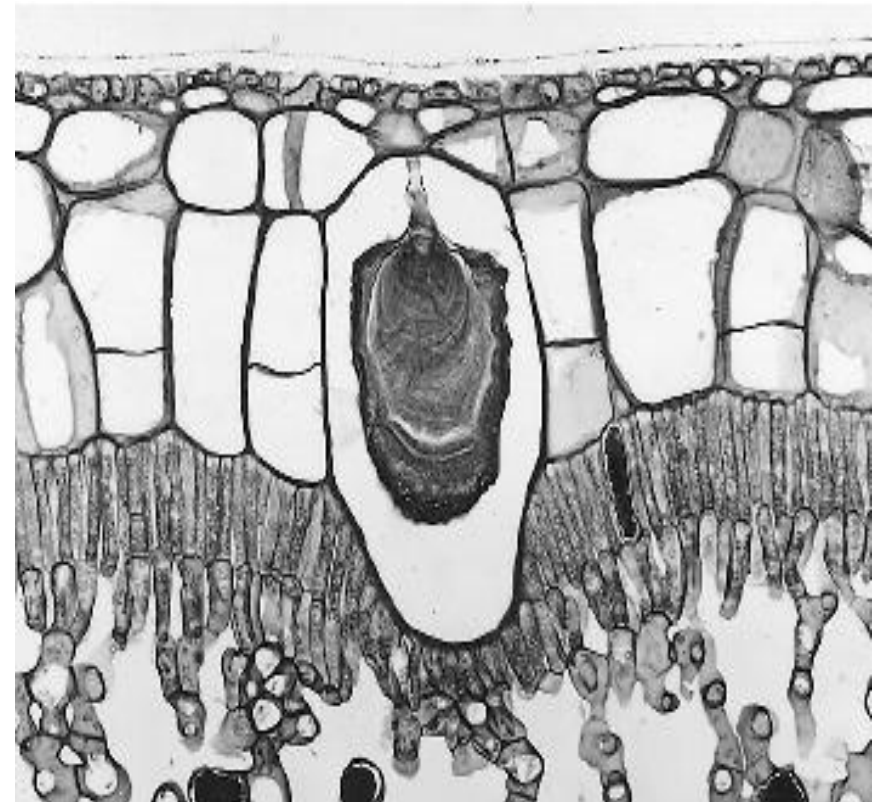
- **Engrosamientos:** Son espesamientos discontinuos localizados en espacios limitados de la pared celular constituyendo prominencias situadas dentro de las células o en la parte externa de ellas. Estos espesamientos aportan resistencia mecánica a la célula.
- **Cistolitos:** Concreciones de carbonato de calcio que se forman sobre determinadas paredes. Generalmente se encuentran unidos a la pared por un pedicelo de sílice.



# Modificaciones estructurales de la pared celular: engrosamientos



## Tráqueas

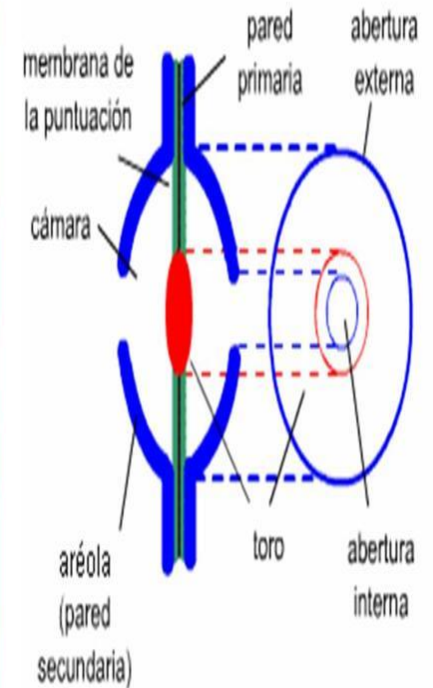
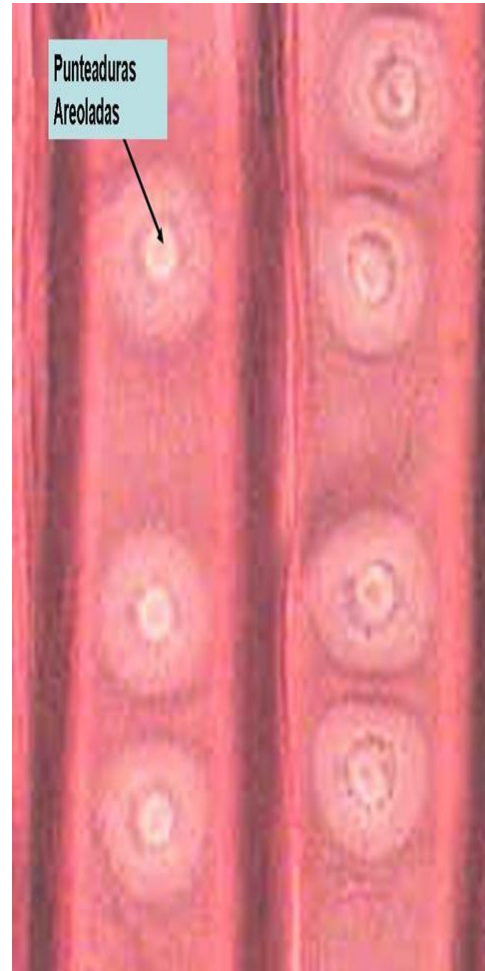
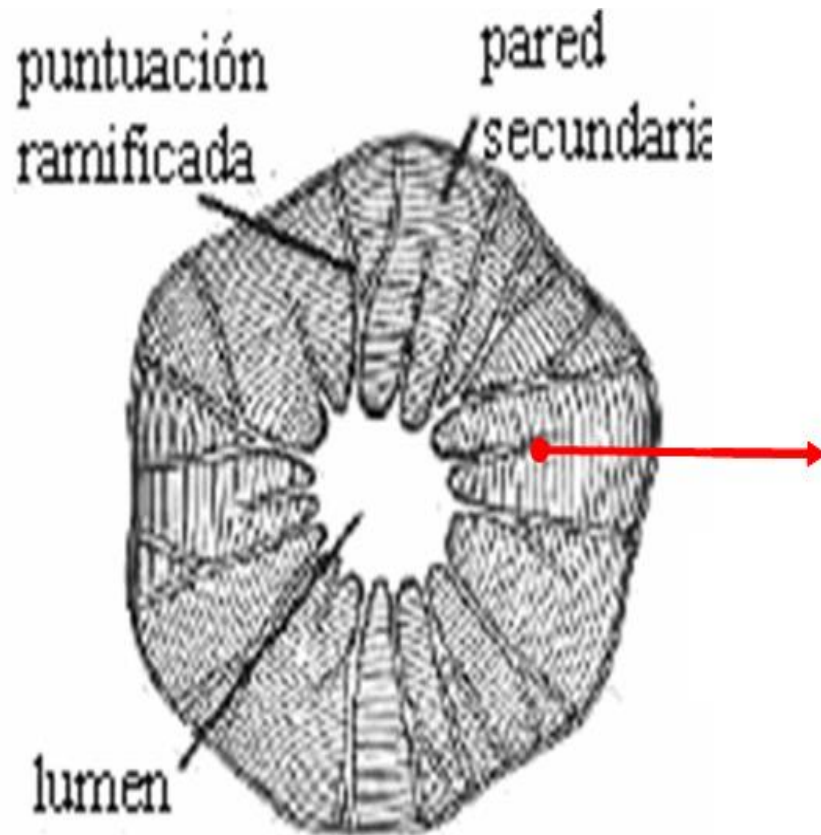


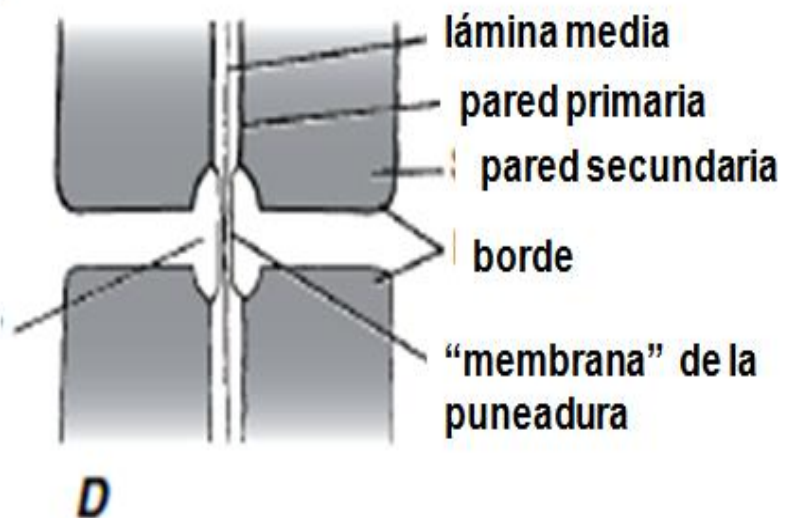
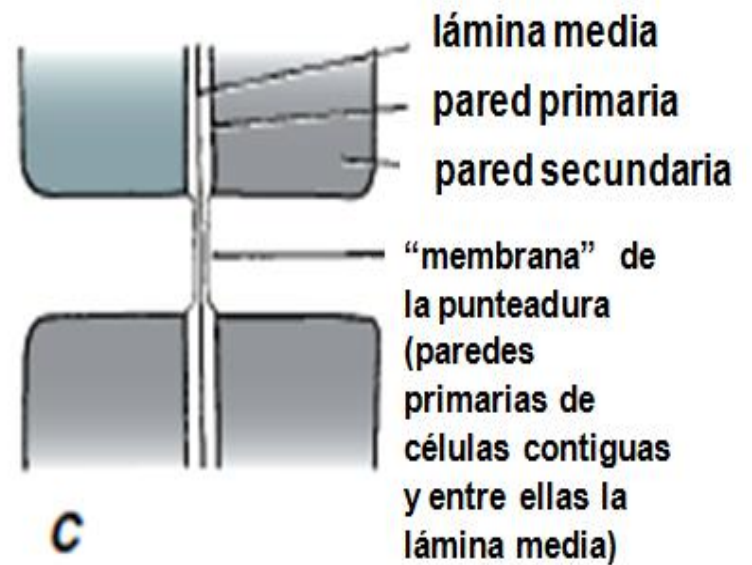
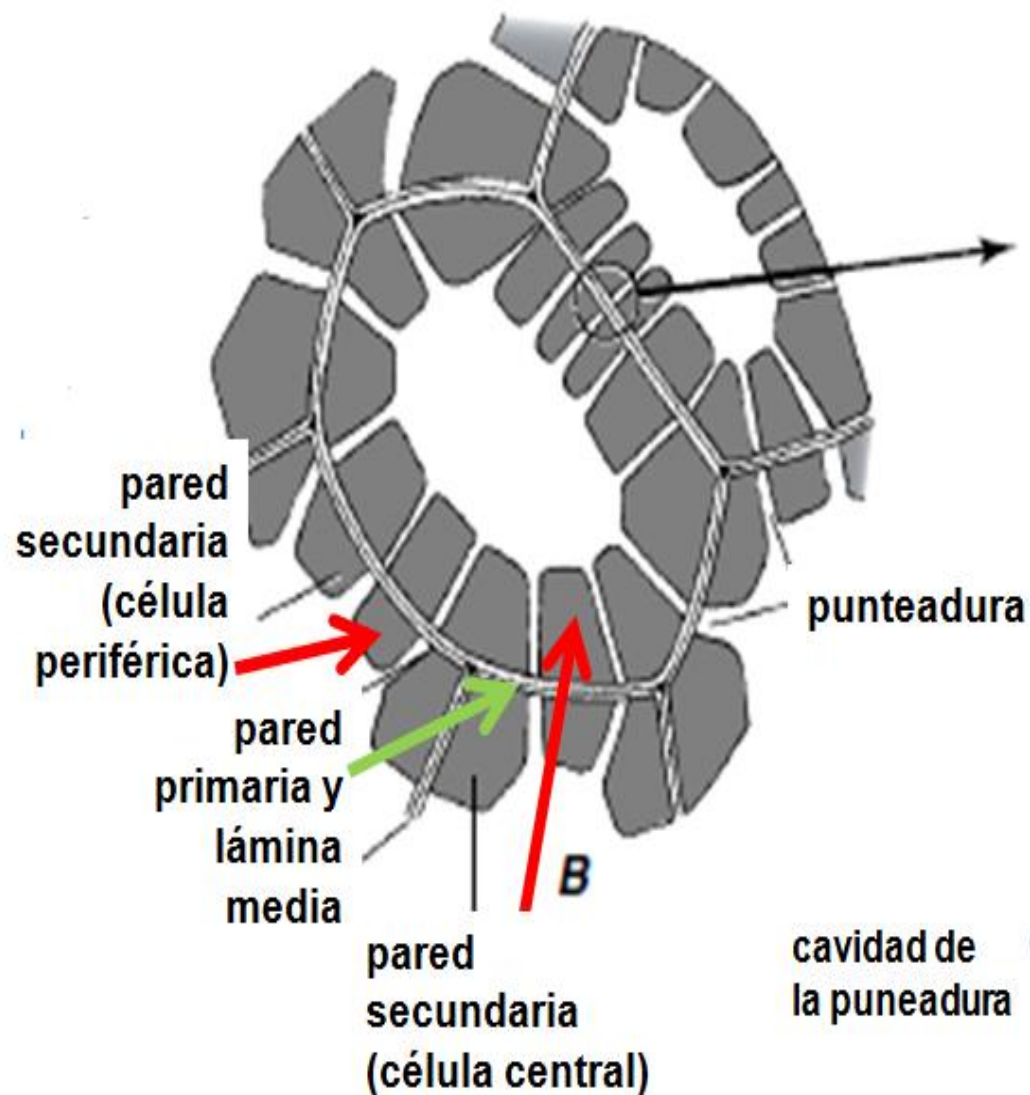
Cristal de carbonato de calcio (cistolito) en sección transversal de hoja de *Ficus elastica* en célula agrandada de la epidermis superior

# Modificaciones estructurales de la pared celular

- **Punteaduras:** Son lugares no engrosados de la pared celular. El carácter más distintivo de las punteaduras es que la membrana secundaria se encuentra totalmente interrumpida a nivel de la puntuación en la zona de la punteadura. Las punteaduras permiten la comunicación entre células contiguas, se encuentran atravesadas por estructuras filamentosas citoplasmáticas denominadas plasmodesmos.

# Modificaciones estructurales de la pared celular







**La estructura de la pared celular la hace tan resistente como una fibra de vidrio.**

**La celulosa es la biomolécula más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre.**

**La pared celular juega un rol importante en la absorción, el transporte y la secreción de sustancias en las plantas.**

**La celulosa constituye la materia prima del papel y de los tejidos de fibras naturales. También se utiliza en la fabricación de celuloide, seda artificial, barnices y se utiliza como aislante térmico y acústico.**

# Importancia de la pared celular

- La pared celular proporciona a la célula la **rigidez** característica, dada la presencia de **celulosa**.
- La presencia de **punteaduras** en la pared permite la **comunicación** con otras células mediante los plasmodesmos y también permite que a esta entren grandes cantidades de agua, alcanzando la **turgencia**, lo cual contribuye de conjunto con la rigidez a dar **forma y sostén** a las células y a mantener la forma erecta de las plantas, sobre todo las herbáceas, de igual modo las punteaduras permiten la secreción de sustancias que contribuyen a la defensa contra agentes patógenos.

# Importancia de la pared celular

- La presencia de **hemicelulosa y sustancias pécticas** permiten la **elasticidad y la plasticidad** de la pared por cuanto esta puede **crecer y elongarse** junto a la célula en cuestión.
- La presencia de **sustancias pécticas** en la lámina media contribuye a mantener **unidas a las células** en un tejido.
- Determinan la existencia de vasos conductores, dada la presencia de los **engrosamientos** en estos tipos de células
- Contribuye en la regulación del intercambio con el medio que rodea la planta.



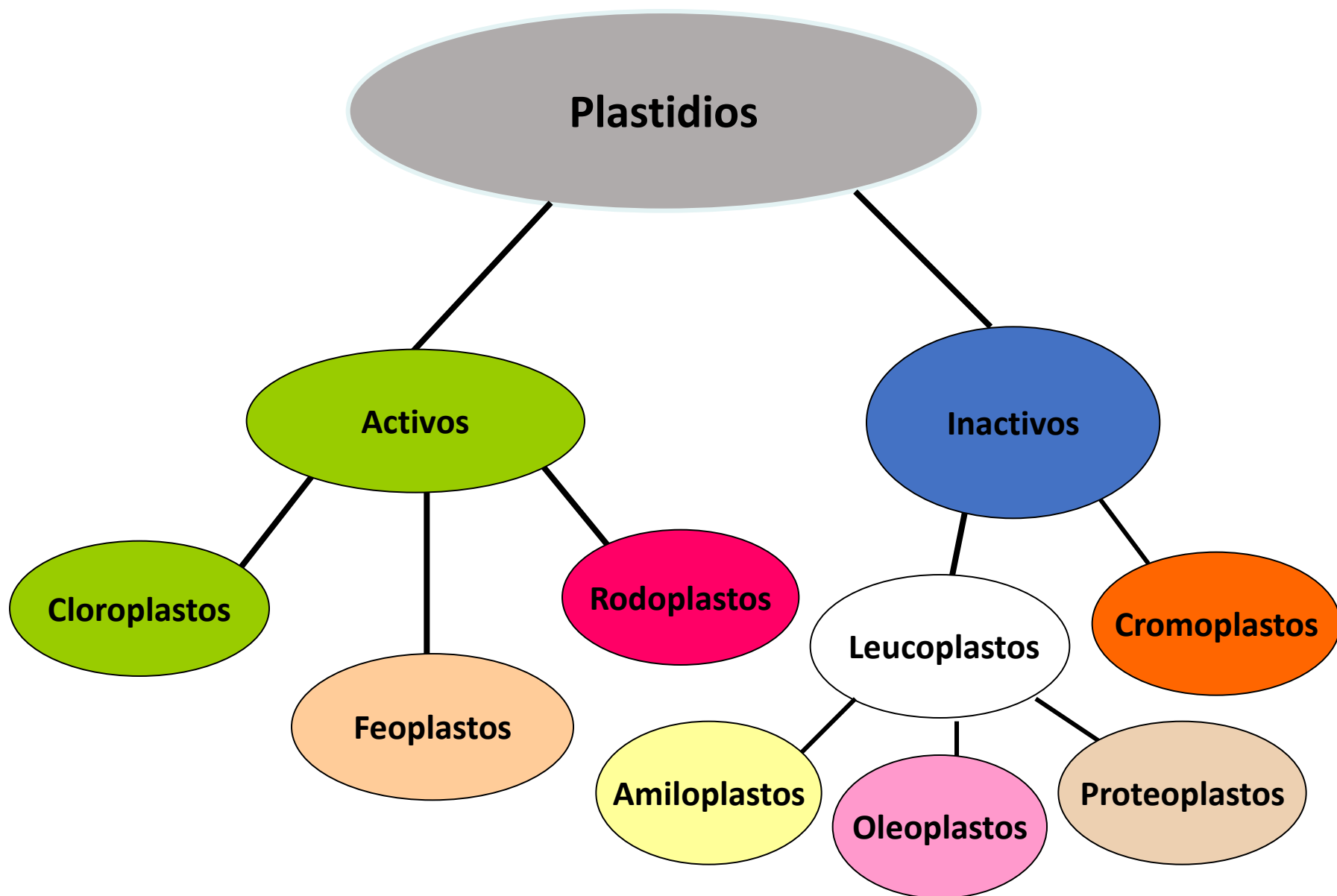
**Plastidios y cloroplastos,  
¿sinónimos?**

# Plastidios en las plantas

- Son orgánulos relativamente grandes, de forma elipsoidal, y generalmente numerosos.
- Se encuentran limitados del resto del citoplasma por dos membranas estructuralmente distintas.

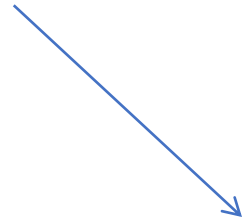
Otras características:

- A menudo están coloreados por pigmentos de carácter liposoluble.
- Poseen ADN y ARN.
- Son notablemente dispares.

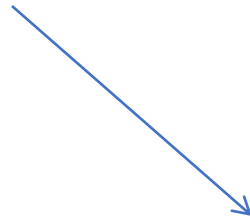


# Origen de los plastidios

Partículas iniciales



Proplastidios



Plastidios

# Desarrollo del cloroplasto a partir de proplastidio

- **Fase proplastidio:** El proplastidio 0,5 micra comienza a formar una membrana interna que se invagina con una disposición específica.
- **Fase de diferenciación:** El proplastidio crece, las invaginaciones se desprenden formando vesículas aplanadas y cuando este alcanza las 3 micras las vesículas se disponen una sobre otra en forma de pila de moneda que reciben el nombre de grana.

# Desarrollo del cloroplasto a partir de proplastidio

- **Fase de maduración:** Aparecen los pigmentos, clorofilas, carotenos y xantofilas para lo que es necesario la presencia de luz.

# Leucoplastos

- Son plastos incoloros
- Se localizan en las células vegetales de órganos no expuestos a la luz, tales como raíces, tubérculos, semillas y órganos que almacenan almidón.

# Clasificación de los leucoplastos

Atendiendo a la sustancia de reserva que elaboren y almacenen:

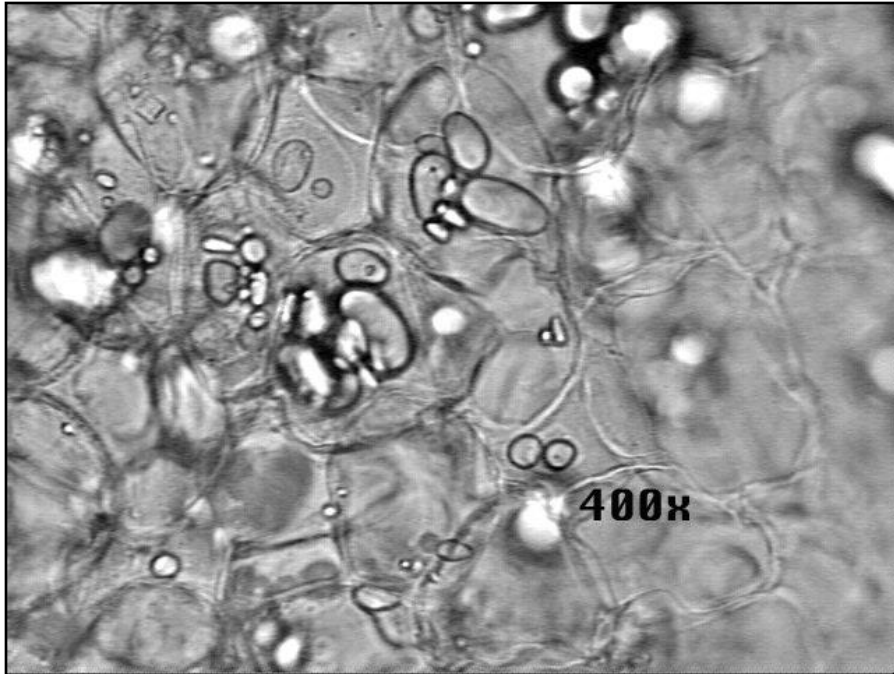
- Amiloplastos (almidón)
- Elaioplastos (grasas)
- Proteinoplastos (proteínas)
- Estatolitos



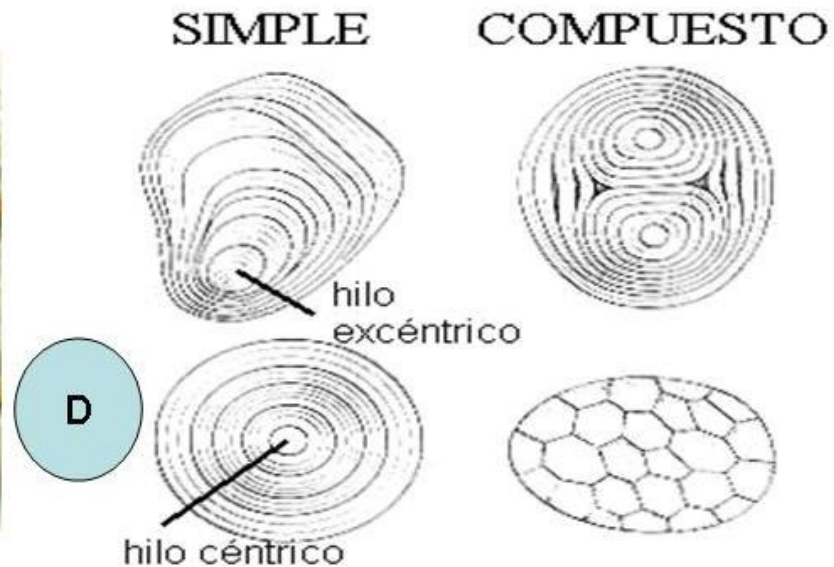
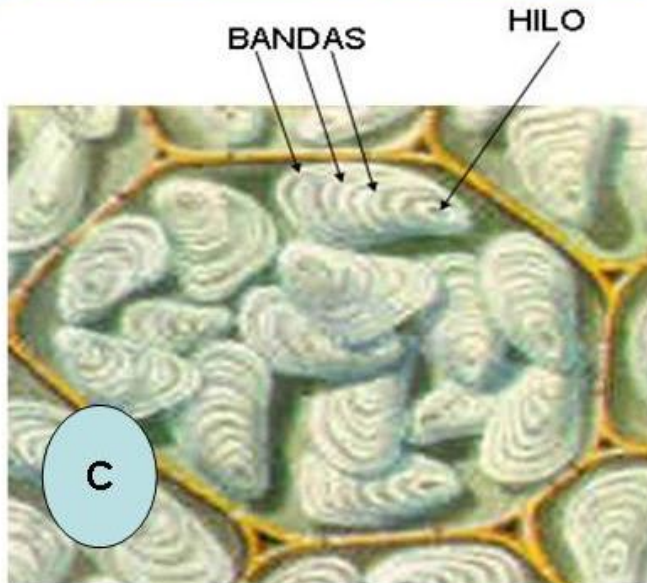
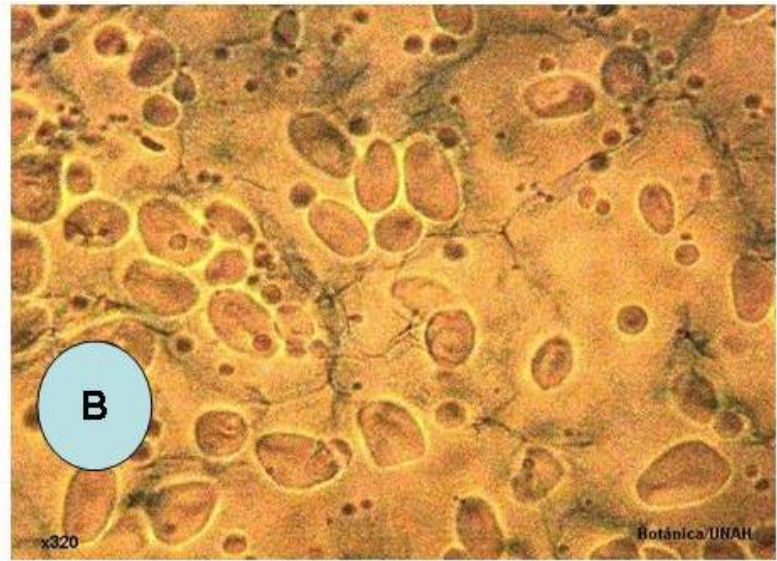
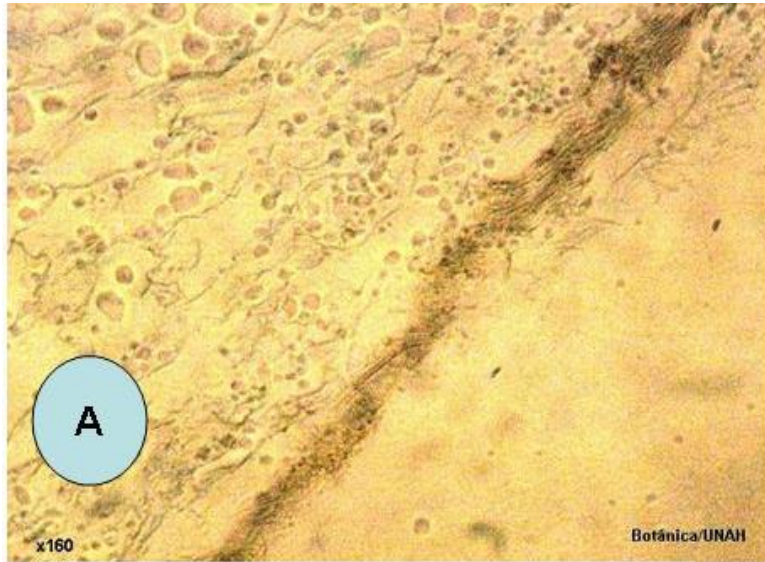
# Amiloplastos

- Se encuentra en los meristemas, en los tejidos de almacenamiento como cotiledones, endospermo, tubérculos.
- Tienen forma muy variada, esféricos, ovales, alargados.
- Muestran una deposición en capas alrededor de un punto, el hilio, que puede ser céntrico (gramíneas y leguminosas) o excéntrico (Solanum). Cuando hay más de un hilio se forman granos compuestos (Avena, Oryza).

# Amiloplastos y gránulos de almidón

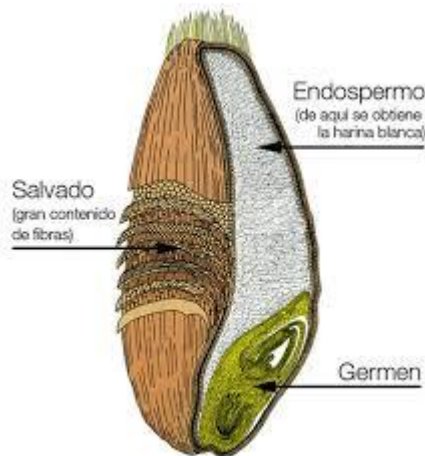


# Inclusiones en los Plastidios: Granos de ALMIDÓN





# Órganos que poseen amiloplastos



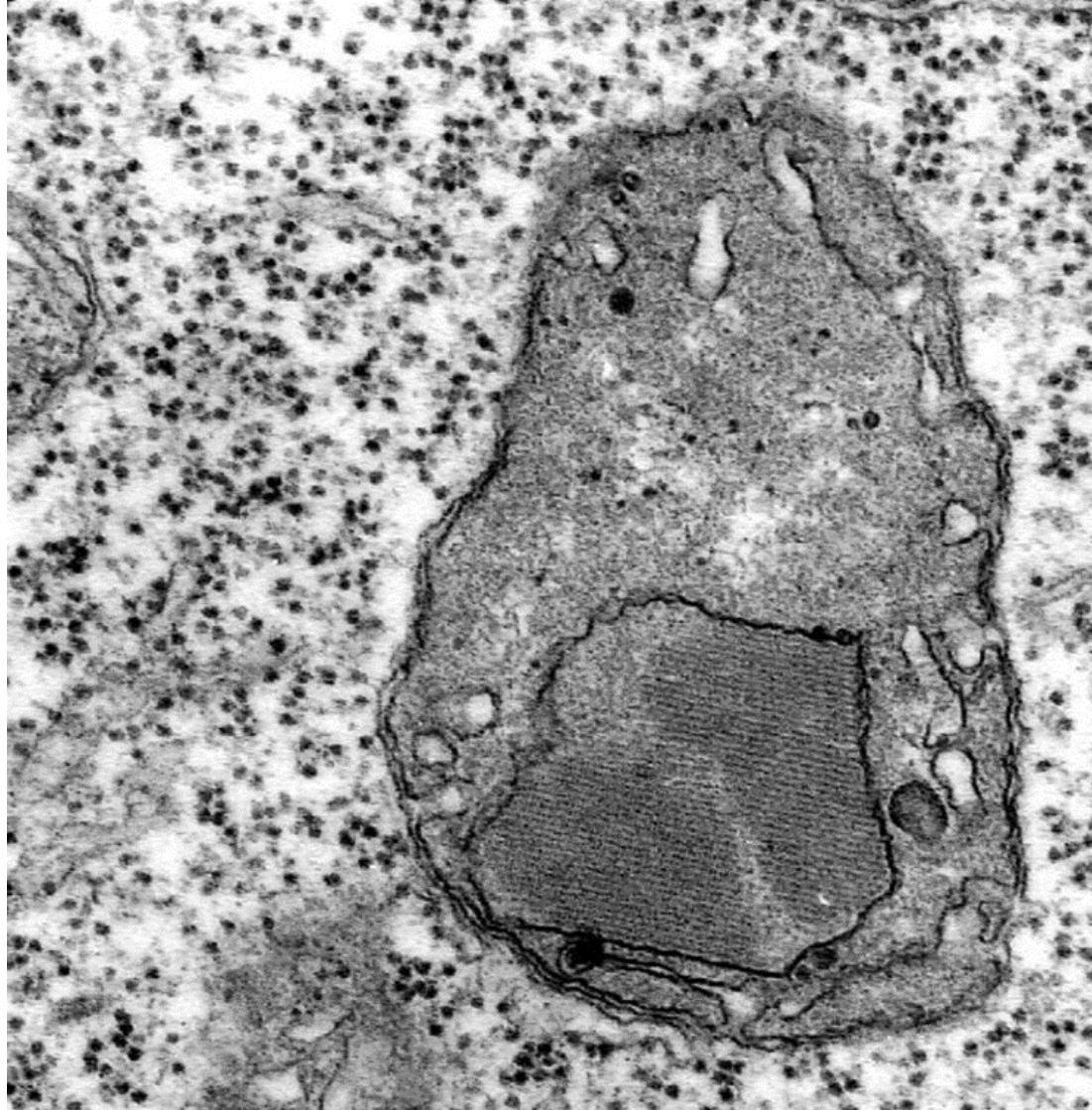
## **Elaioplastos (grasas)**

- Son plastidios que almacenan aceites o grasas. Se encuentran en criptógamas (hepáticas) y en algunas monocotiledóneas.

## **Proteinoplastos (proteínas)**

- Almacenan proteínas sometidas a déficit hídrico pueden contener cristales de proteína.

# Proteinoplasto (cristal de proteína)





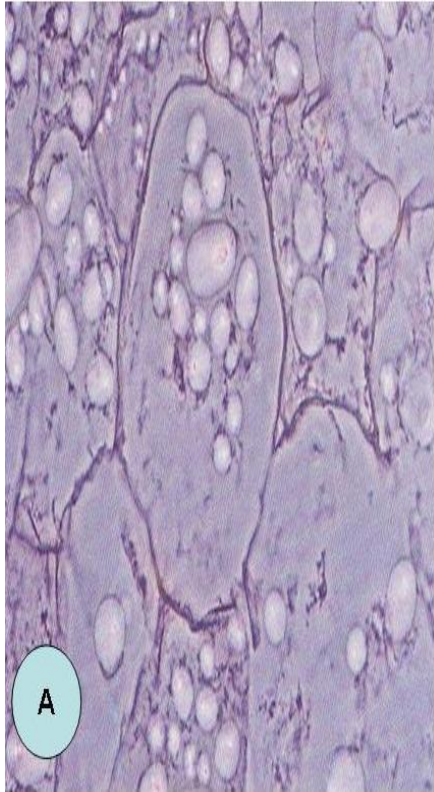
# Estatolitos

- Son orgánulos celulares suficientemente grandes para moverse dentro del citoplasma en respuesta a la acción de la gravedad, pueden ser muy variados. En el alga Chara son vesículas con cristales de sulfato de bario, mientras que en las angiospermas son amiloplastos.

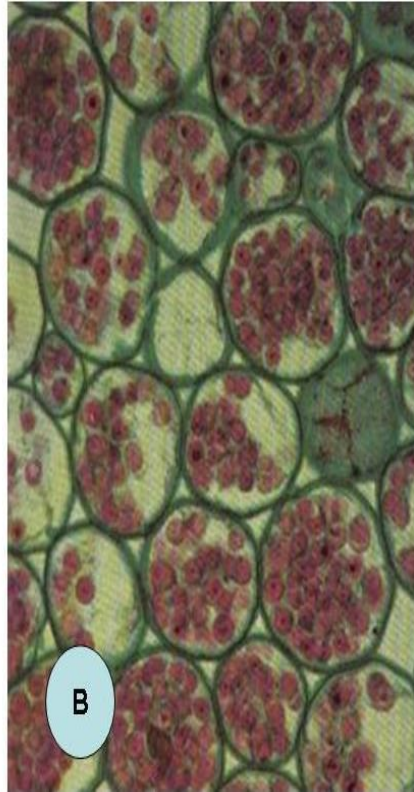
# **Cromoplastos (sólo en las células de plantas y algas)**

- Se presentan en algunos órganos vegetales (frutas, raíces y flores).
- Sintetizan y almacenan pigmentos. Su presencia en las plantas determina su color.
- El color de los cromoplastos se debe a la presencia de ciertos pigmentos.
- Por ejemplo, el tomate y las zanahoria contienen muchos pigmentos carotenoides.

# Cromoplastos



Amyloplastos



Cromoplastos



Cromoplastos en células  
de zanahoria

# Pigmentos vegetales

- Principales las **clorofilas**: color verde
- Accesorios **carotenoides**: rojo, naranja y amarillo.
- **Ficobilinas**: ficocianina azul cianofitas y ficoeritrina rojo algas rojas.
- **Xantofilas**: amarillo luteína girasol, zeaxantina maíz, fucoxantina algas pardas.
- Compuestos **flavenoides**: su coloración varía antocianina (cianidina) color rojo de la rosa, flavonas.

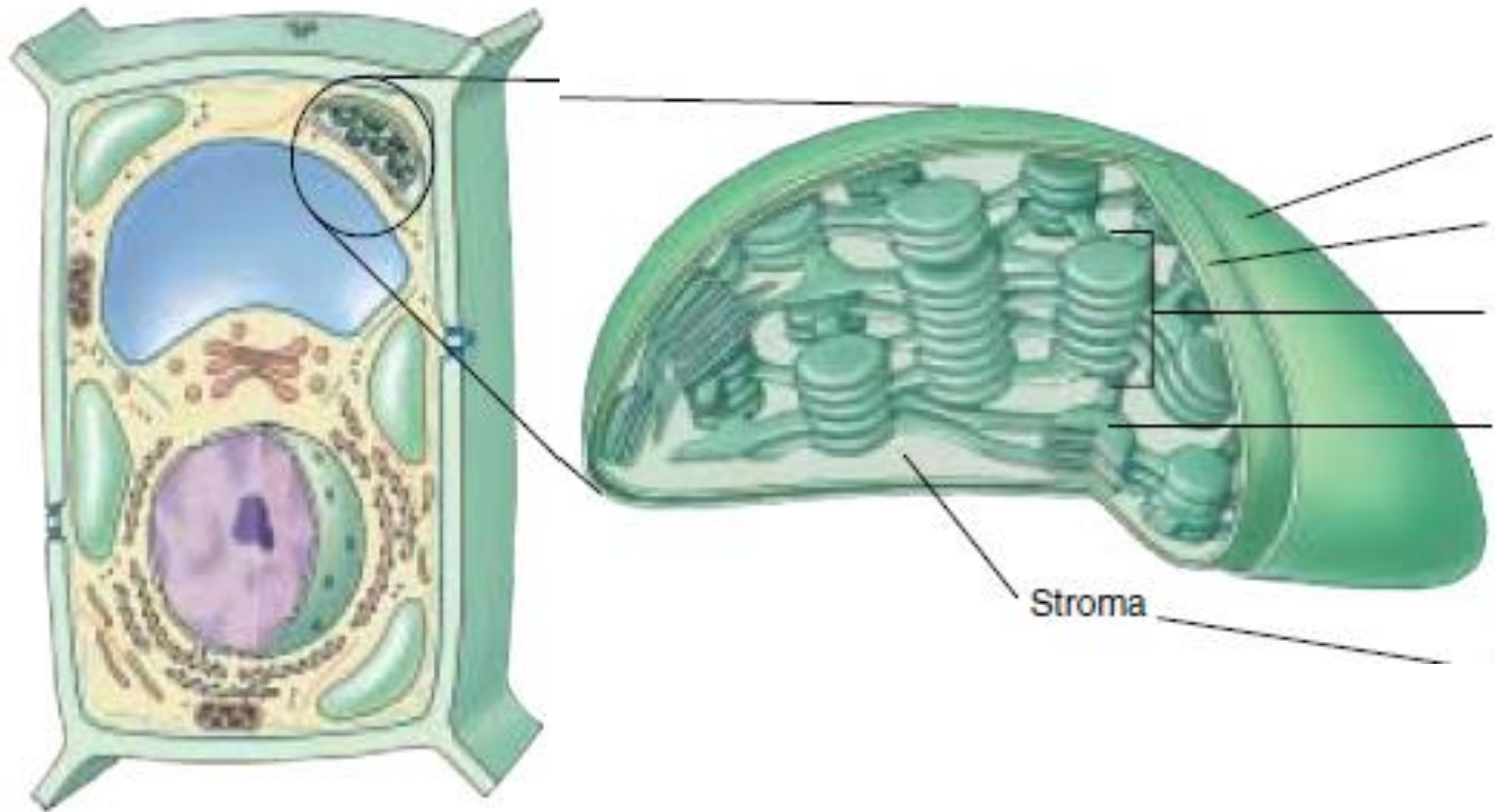
# Cloroplasto

- Son los plastos más abundantes y de mayor importancia biológica.
- En ellos se realiza la fotosíntesis, de ahí el color verde de los tallos y las hojas.

# El cloroplasto. Estructura submicroscópica

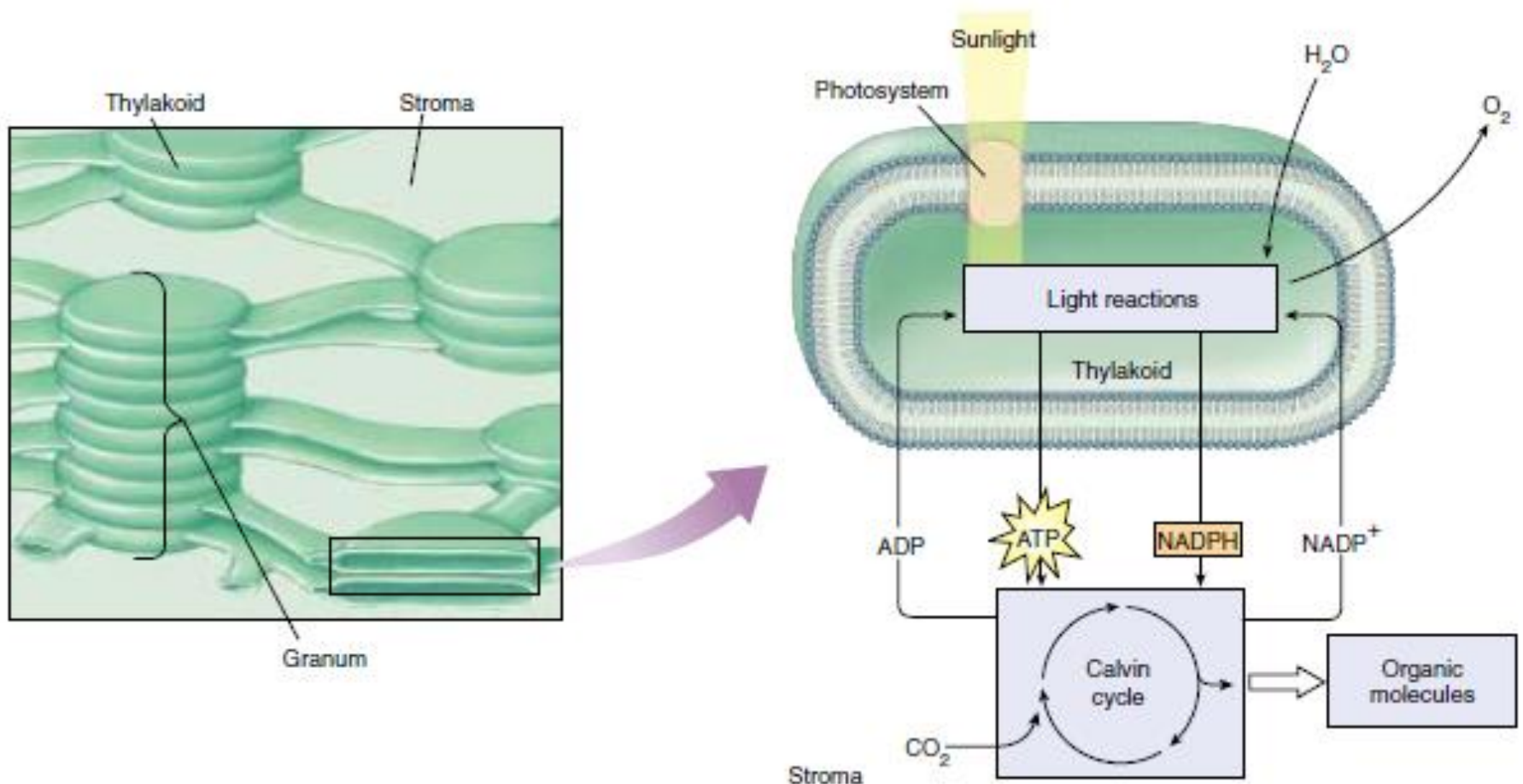
- **ESM:** Delimitado por una doble membrana lipoprotéica, internamente se presenta el sistema lamelar (formado por invaginaciones de la membrana interna que forman discos que se apilan como monedas a lo que se le llama granas, entre las granas se encuentran sacos aplanados que las unen y se llaman tilaciodes del estroma) que se encuentra en el estroma, donde existen proteínas, gránulos de almidón, lípidos, ADN, ARN, ribosomas .
- Función: La **fotosíntesis**.

# El cloroplasto. Su estructura

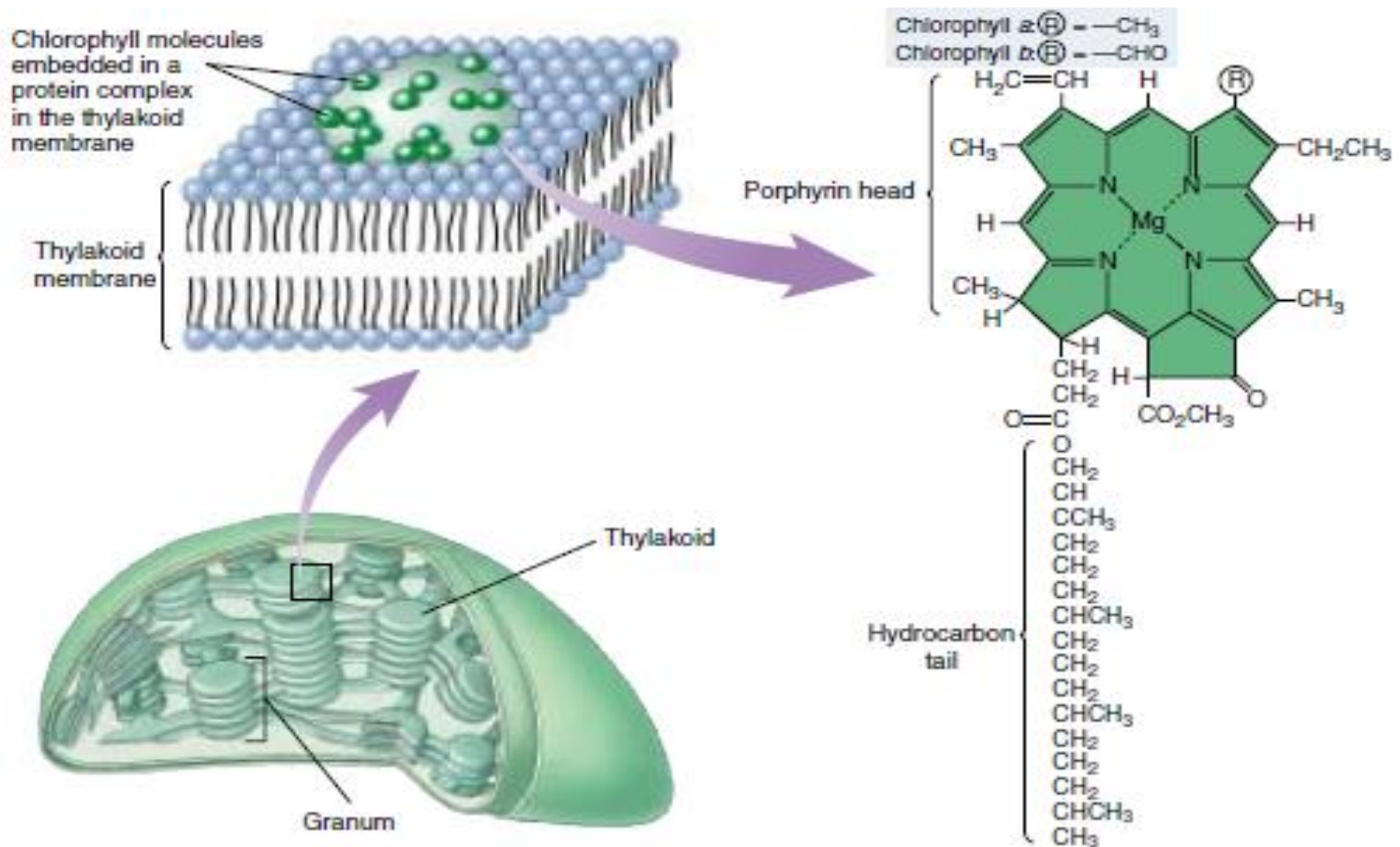




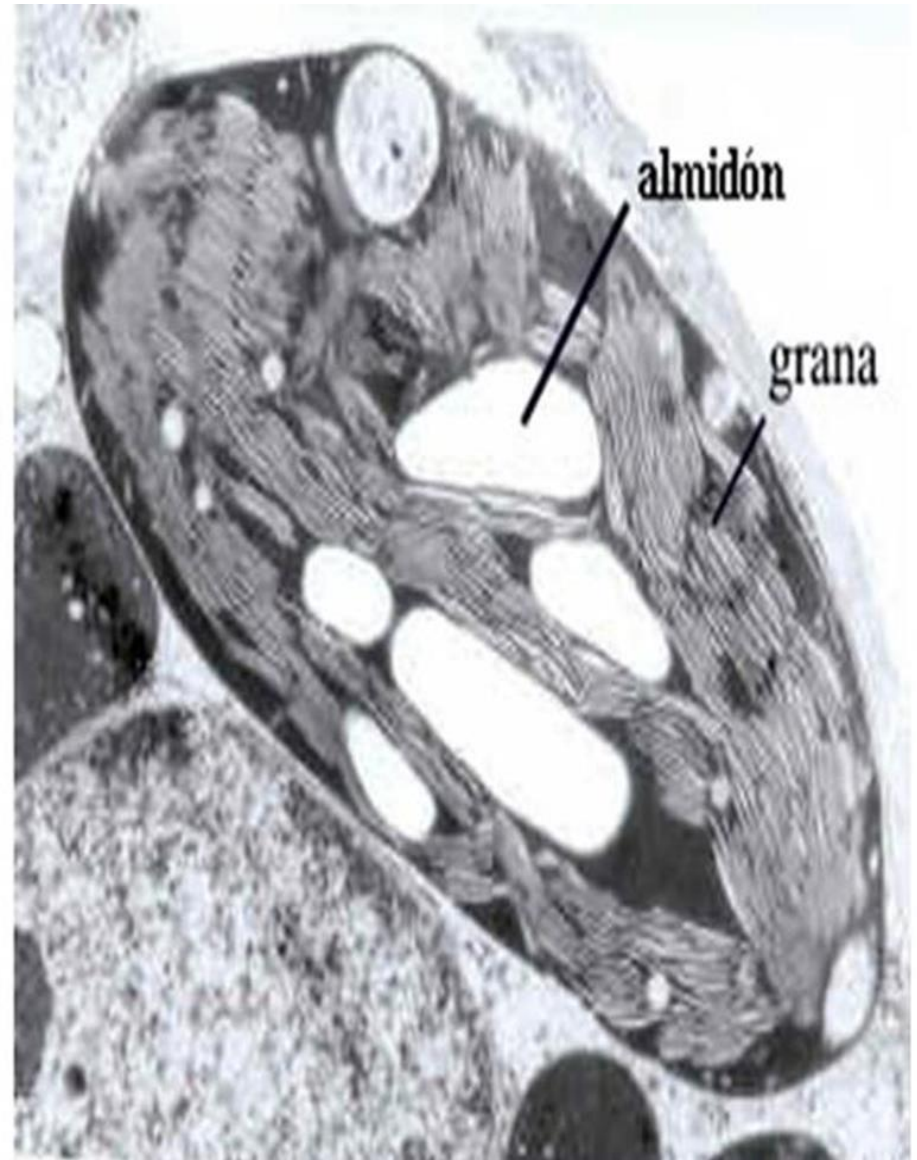
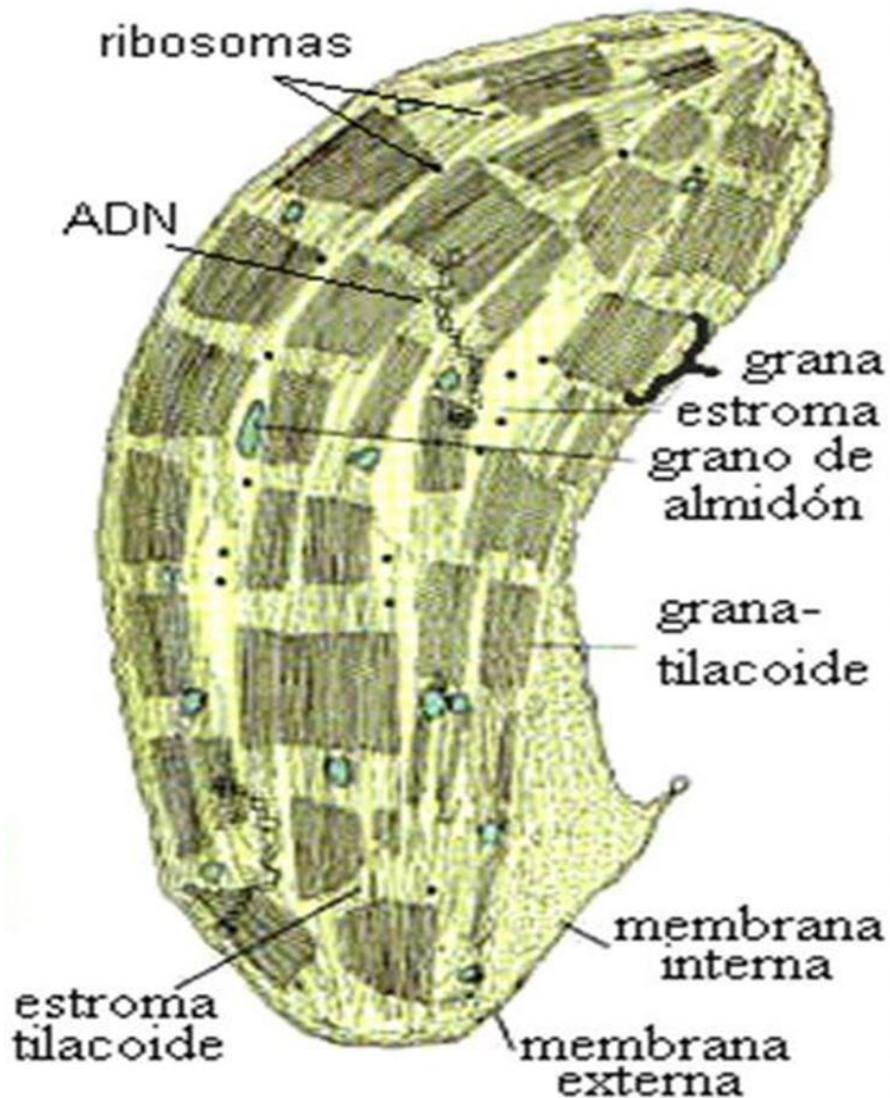
# Los tilacoides del grana



# Moléculas de clorofila en la membrana del tilacoide

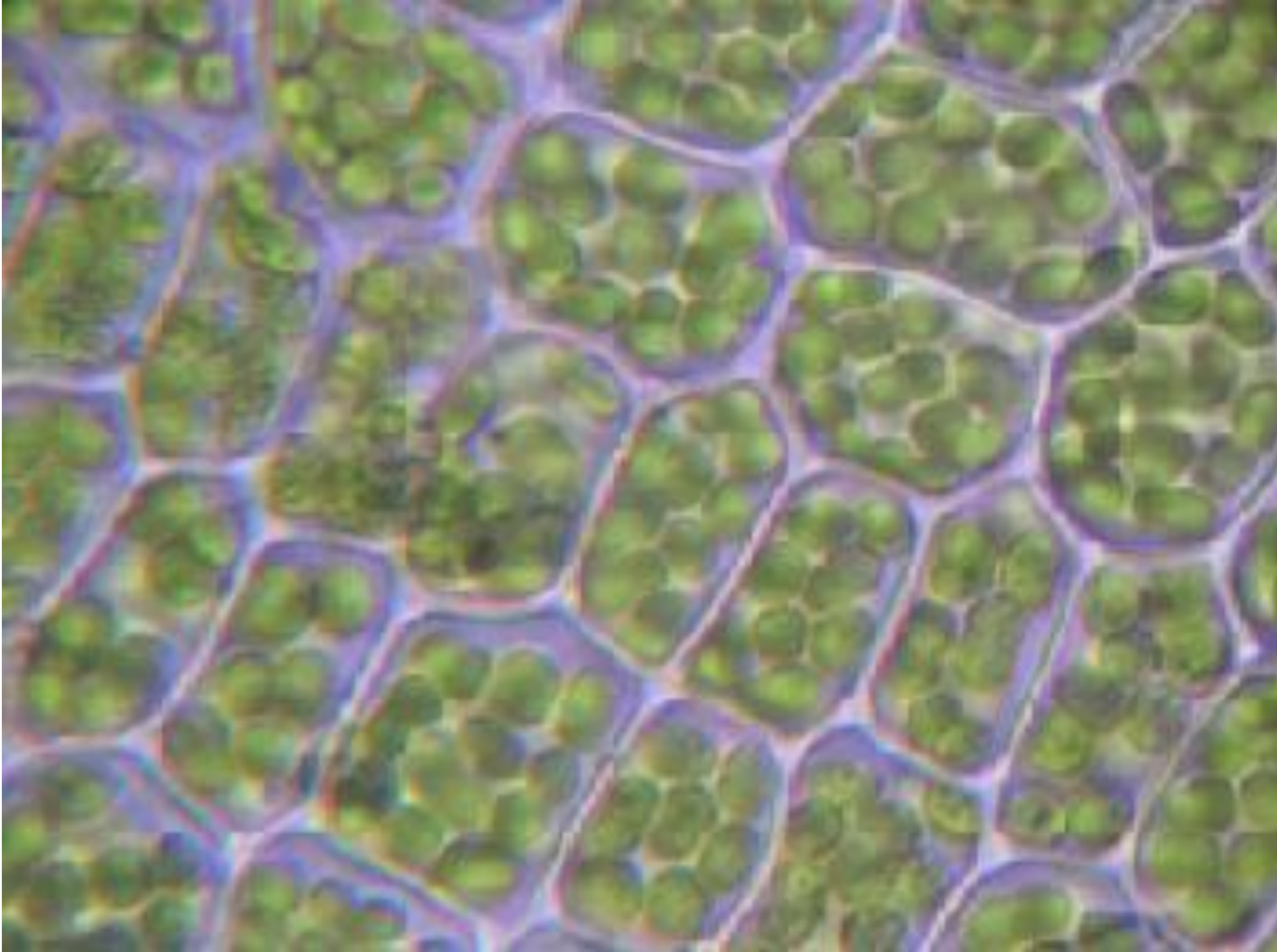


# Plastidio activo: el cloroplasto

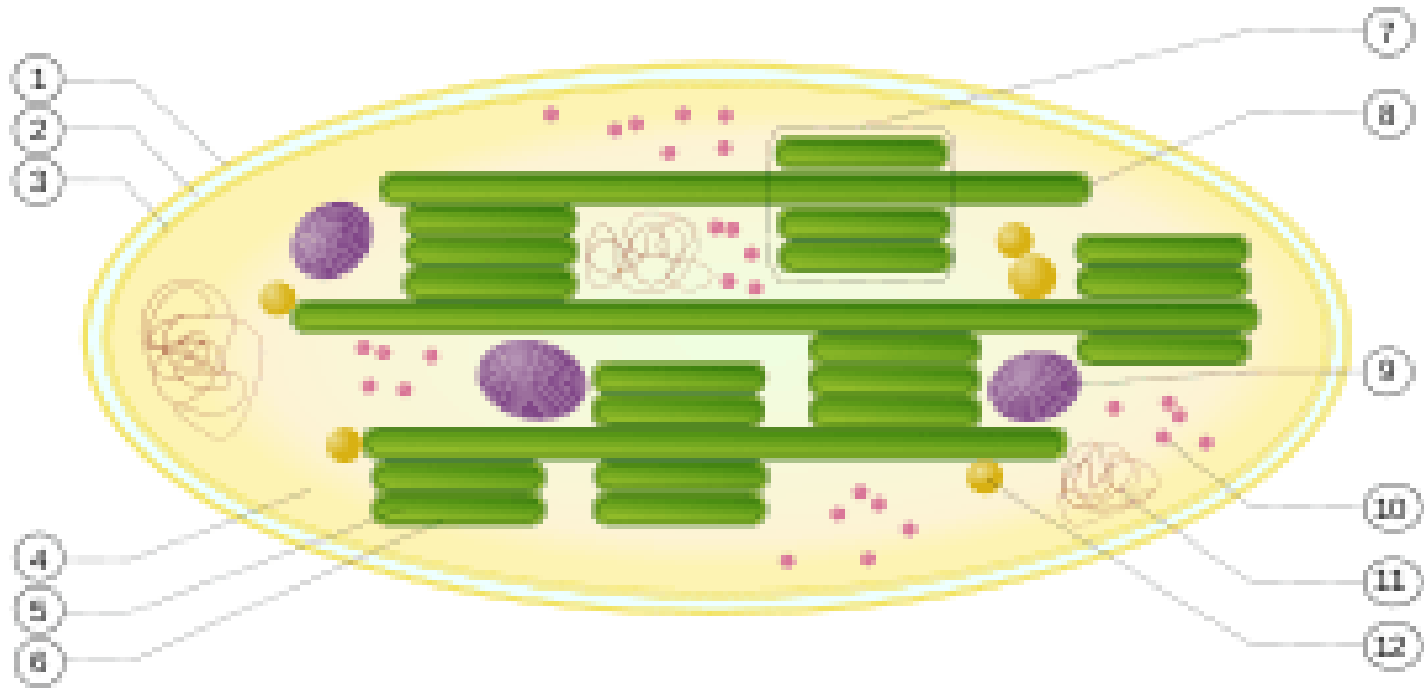




# Células con cloroplastos



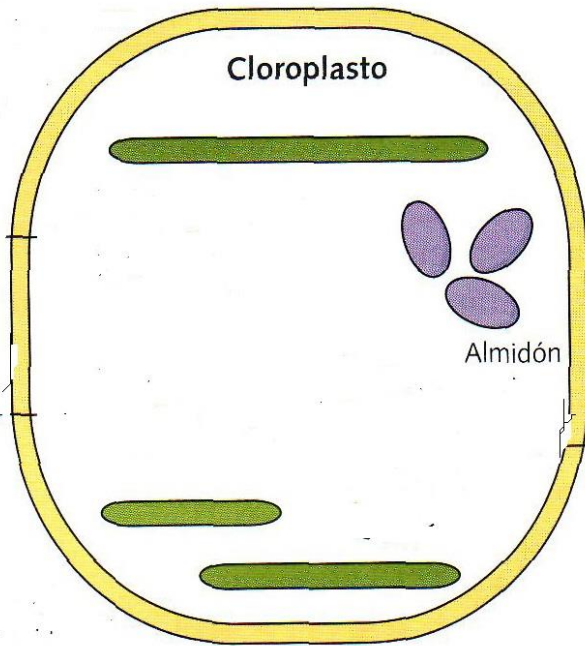
# Estructura del cloroplasto con granas



1. Membrana externa
2. Espacio intermembrana
3. Membrana interna
4. Estroma (fluido acuoso)
5. Lumen tilacoidal (interior del tilacoide)
6. Membrana tilacoidal

7. **Grana** (tilacoides apilados)
8. Tilacoide (Lamela)
9. Almidón
10. Ribosoma
11. Plastoma (ADN de plasto)
12. Plastoglóbulo (gotas de lípidos)

# Estructura del cloroplasto agranal



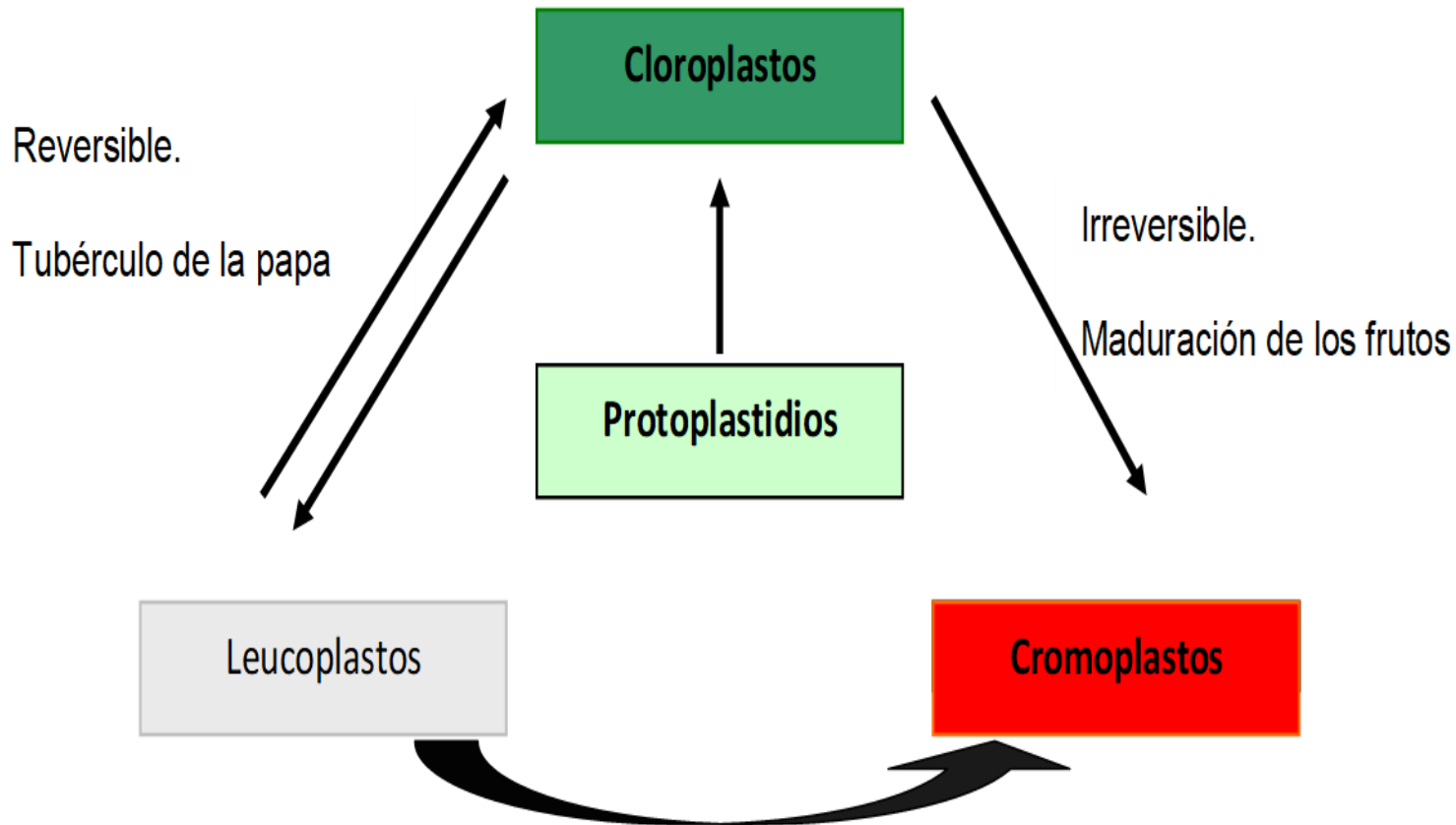
- Cloroplastos que no poseen estructura lamelar, por lo que no forma grana. Las plantas que lo presentan, poseen los dos tipos de cloroplastos y estas son mayormente plantas tropicales adaptadas a condiciones especiales de alta iluminación y sequía. Por ejemplo, la caña de azúcar y el maíz.
- Se ha comprobado que estas plantas poseen una alta eficiencia fotosintética, sobre todo para la fijación del dióxido de carbono.
- A este fenómeno se le conoce como **dimorfismo cloroplástico**.

# Importancia de los cloroplastos

- Dado la realización del proceso fotosintético, se cantidades de dioxígeno utilizado en el proceso de respiración de las obtienen grandes plantas y otros organismos.
- Mediante la realización de este proceso la planta elabora sus propios alimentos al convertir la energía luminosa en energía química, colocándose la planta en la base de la cadena de alimentación y garantizando la alimentación de otros organismos heterótrofos.



# Relación entre los platidios



# Vacuola

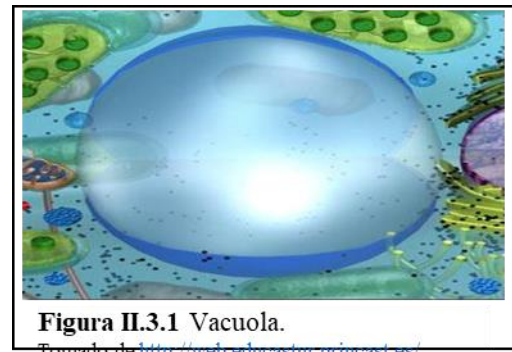


Figura II.3.1 Vacuola.

Tomado de <http://web.educastur.princast.es/>

**ESM:** Delimitada por una membrana (tonoplasto) y contiene en su interior el jugo vacuolar.

En ellas se acumulan sustancias de producto del metabolismo celular, que suelen ser diferentes en las distintas especies, en los distintos órganos de la planta y a veces entre un tejido y otro. En las células adultas están muy llenas de jugo celular y ocupan gran parte del citoplasma, llegando a ocupar entre el 70 y el 90 % del volumen celular, teniendo una importancia fundamental en la tonicidad de la célula.

# Vacuola

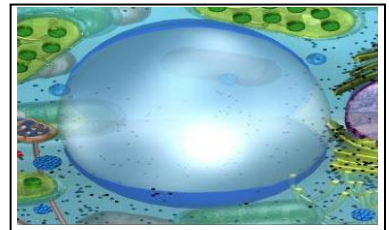
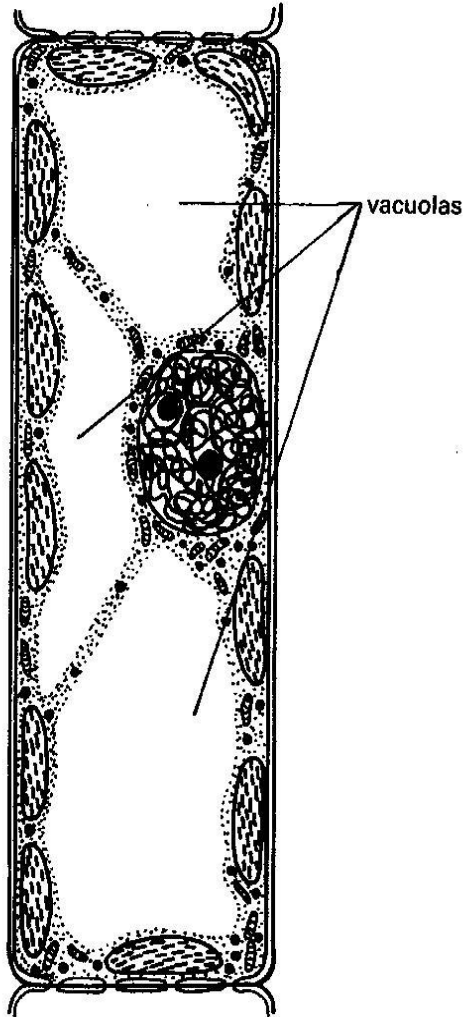


Figura II.3.1 Vacuola.

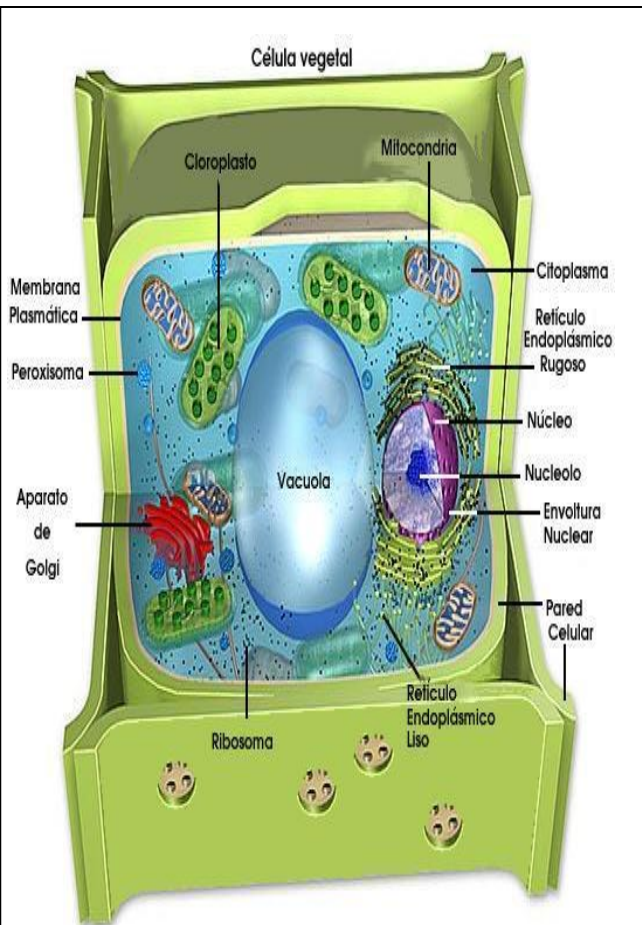
Tomado de <http://web.educastur.principal.es/>



Volumen ocupado por las vacuolas en una célula parenquimatosa adulta.  
(Según Álvarez Zayas y otros)

En las células adultas están muy llenas de jugo celular y ocupan gran parte del citoplasma, llegando a ocupar entre el 70 y el 90 % del volumen celular.

# Origen de las vacuolas vegetales



**Figura II.1.2.** Estructura típica de la célula vegetal.

Tomado de <http://www.profesorenlinea.cl/>

Desde hace mucho tiempo se ha considerado que las vacuolas se forman del retículo endoplasmático. Cuando se evidenció que eran muy parecidas a los lisosomas de las células animales se llegó a la conclusión, de que las vacuolas de por lo menos algunas células vegetales tenían un origen similar al de los lisosomas animales.

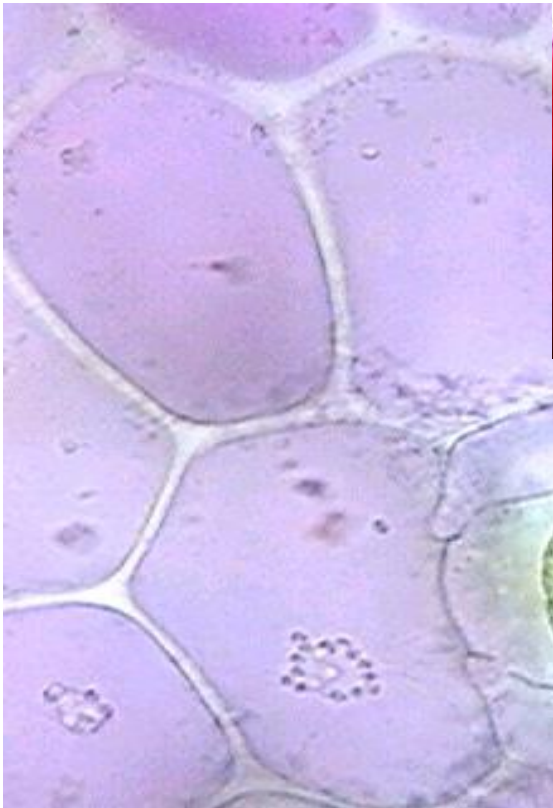
# La vacuola. Contenido del jugo

**El principal componente del líquido vacuolar es el agua.**

**Contiene además:**

- Iones inorgánicos tales como Ca, K, Cl, Na y  $\text{HPO}_4$ , azúcares, ácidos orgánicos y aminoácidos.
- A veces la concentración de un determinado material es suficientemente grande como para formar cristales, por ejemplo, de oxalato de calcio, que pueden adoptar distintas formas: drusa, con forma de estrellas, y rafidios, con forma de agujas. Algunas vacuolas son ácidas, como por ejemplo la de los cítricos
- Pigmentos antociánicos
- Alcaloides
- Taninos

# Vacuola de células epidérmicas con pigmentos antociánicos



Células de la epidermis  
de hoja de cordobán



Células papilosas de pétalos



# Contenido vacuolar

Pigmentos antociánicos presentes en frutos.



Frambuesa



Zarzamora



# Contenido vacuolar

## Hidratos de carbono: ejemplo:

- La sacarosa en la remolacha azucarera.
- Monosacáridos glucosa y fructosa en muchos frutos.
- Polisacáridos almidón en el tallo de la papa.

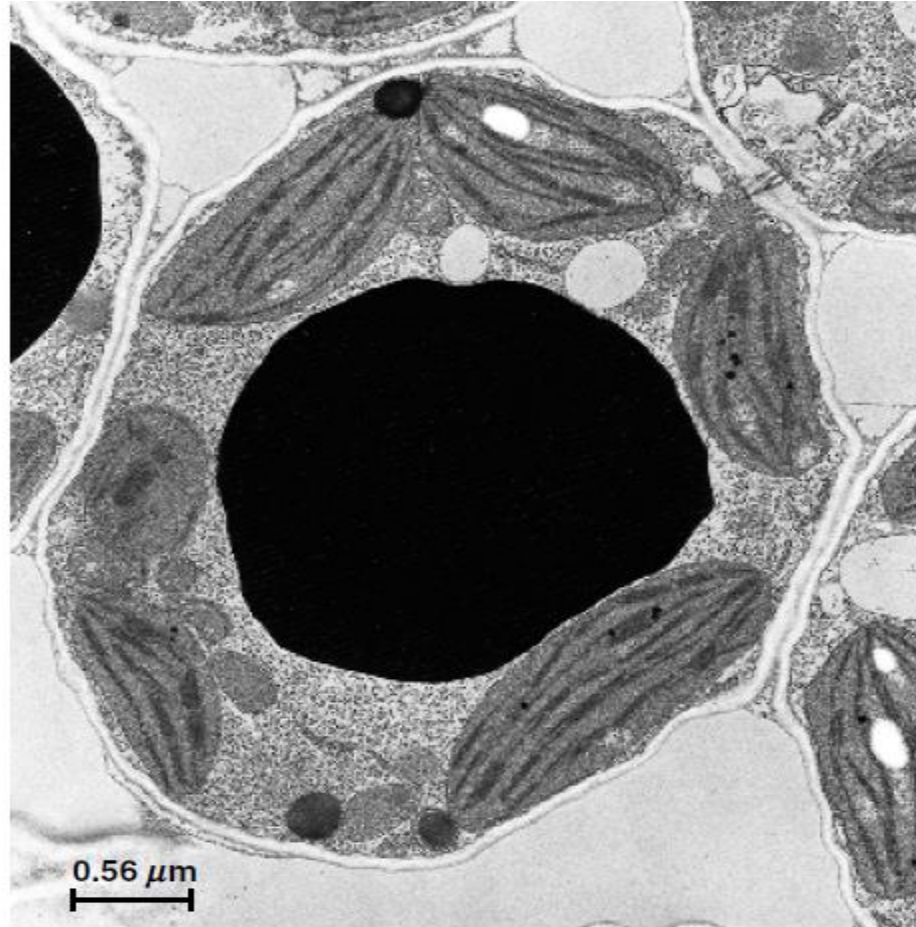


**Remolacha**



**Papa o patata**

# Contenido vacuolar



Célula con taninos en la vacuola

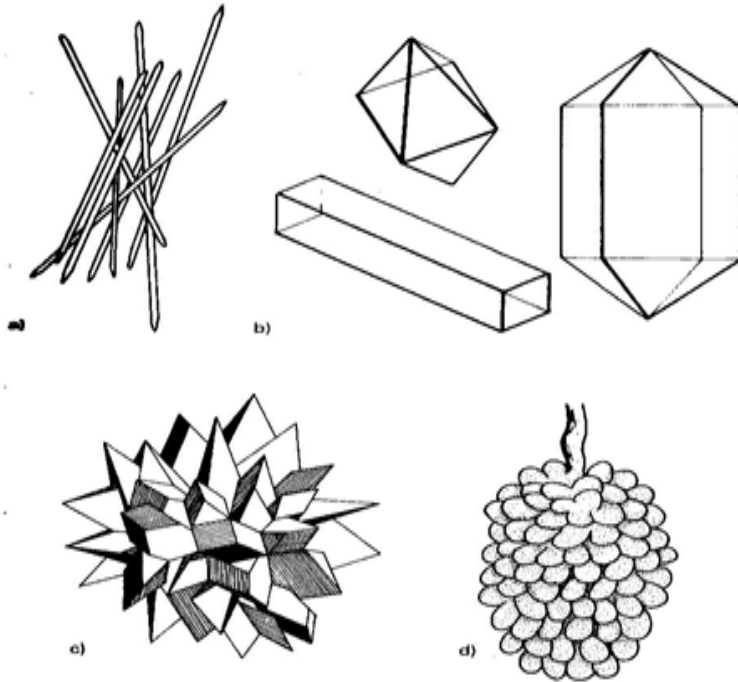
# Función de la vacuola

- Constituye la zona de **acumulación de productos metabólicos absorbidos o elaborados por las células.**
- Gracias al contenido vacuolar y al tamaño, la célula, el consumo de nitrógeno del citoplasma, consigue una gran superficie de contacto entre la fina capa del citoplasma y su entorno. El incremento del tamaño de la vacuola da como resultado también el incremento de la célula. Una consecuencia de esta estrategia es el desarrollo de una presión de turgencia, que permite mantener a la célula hidratada, y el **mantenimiento de la rigidez del tejido, unas de las principales funciones de las vacuolas y cloroplasto.**

# Función de la vacuola

- Otras de las funciones es la de la desintegración de macromoléculas y el reciclaje de sus componentes dentro de la célula. Todos los orgánulos celulares, ribosomas, mitocondrias y plastidios pueden ser depositados y degradados en las vacuolas. Debido a su gran actividad digestiva, son comparadas a los orgánulos de las células animales denominados lisosomas.
- También aíslan del resto del citoplasma productos secundarios tóxicos del metabolismo, como la nicotina (un alcaloide).

# Cristales



- Son compuestos que se almacenan como productos finales del metabolismo en las células.
- Estos se forman en el citoplasma, pero no entorpecen la actividad celular.