

TEJIDOS DE CONDUCCIÓN

XILEMA y FLOEMA

Xilema

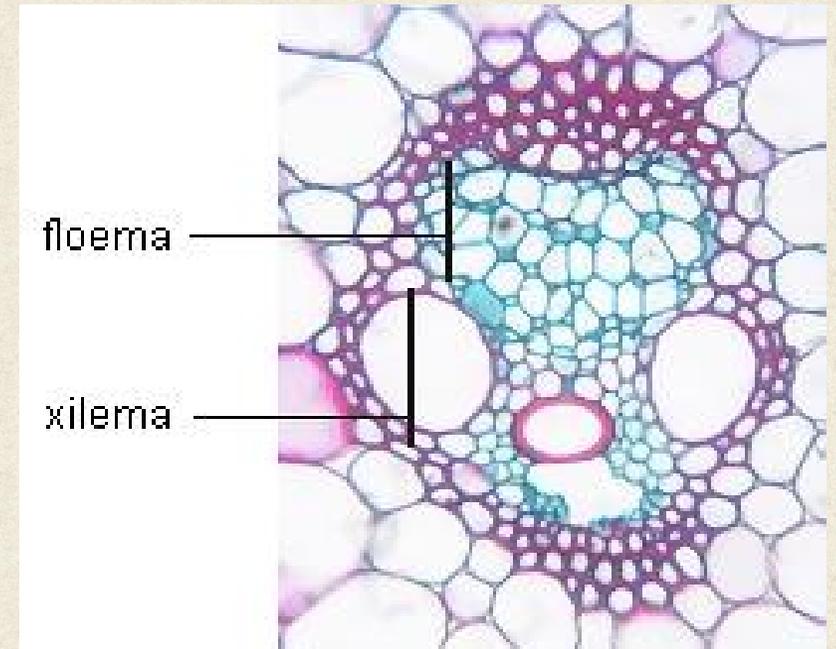
Función: **conducción de agua y minerales** desde la raíz hasta las hojas.

Etimológicamente deriva de “*xilos*”, madera.

El xilema forma la parte dura de la planta o madera.

Floema

Líber o tejido criboso **transporta los productos de la fotosíntesis, azúcares y materias orgánicas elaboradas** a través de la planta, desde su sitio de producción hasta donde serán consumidas o reservadas.



Xilema

Origen:

El **xilema 1rio** (protoxilema y metaxilema) deriva del **procámbium** (meristemas apicales).

El **xilema 2rio** deriva del **cámbium vascular** (meristema secundario, sólo cuando hay crecimiento secundario).

Tipos celulares vasculares y no vasculares

➤ Tipos vasculares:

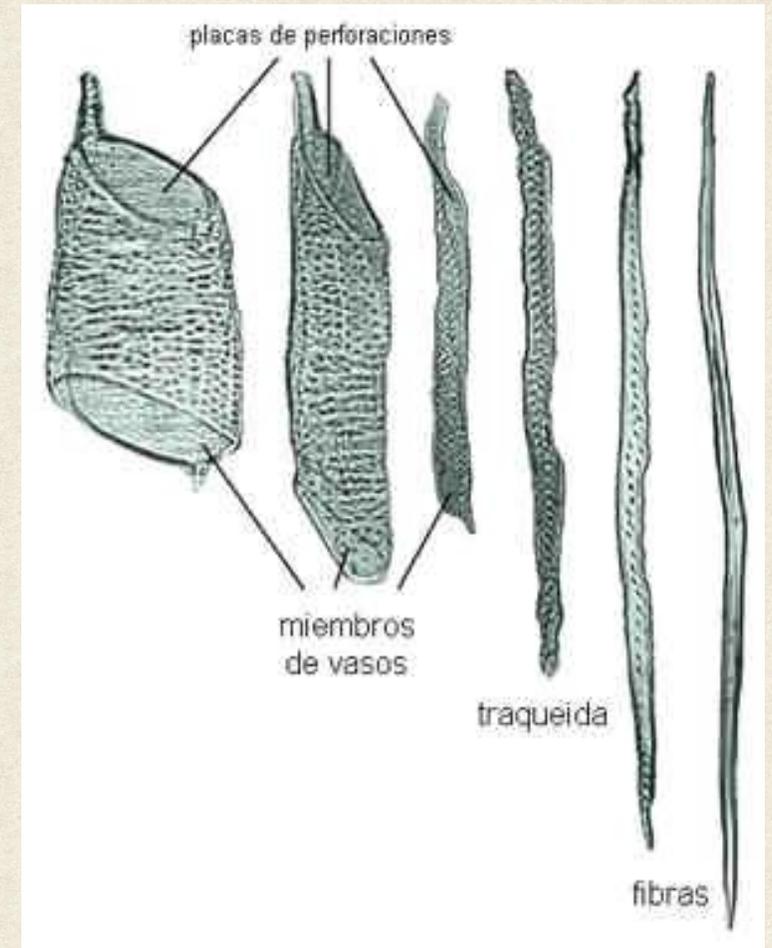
Tráqueas o vasos leñosos: **elementos de los vasos o células traqueales**

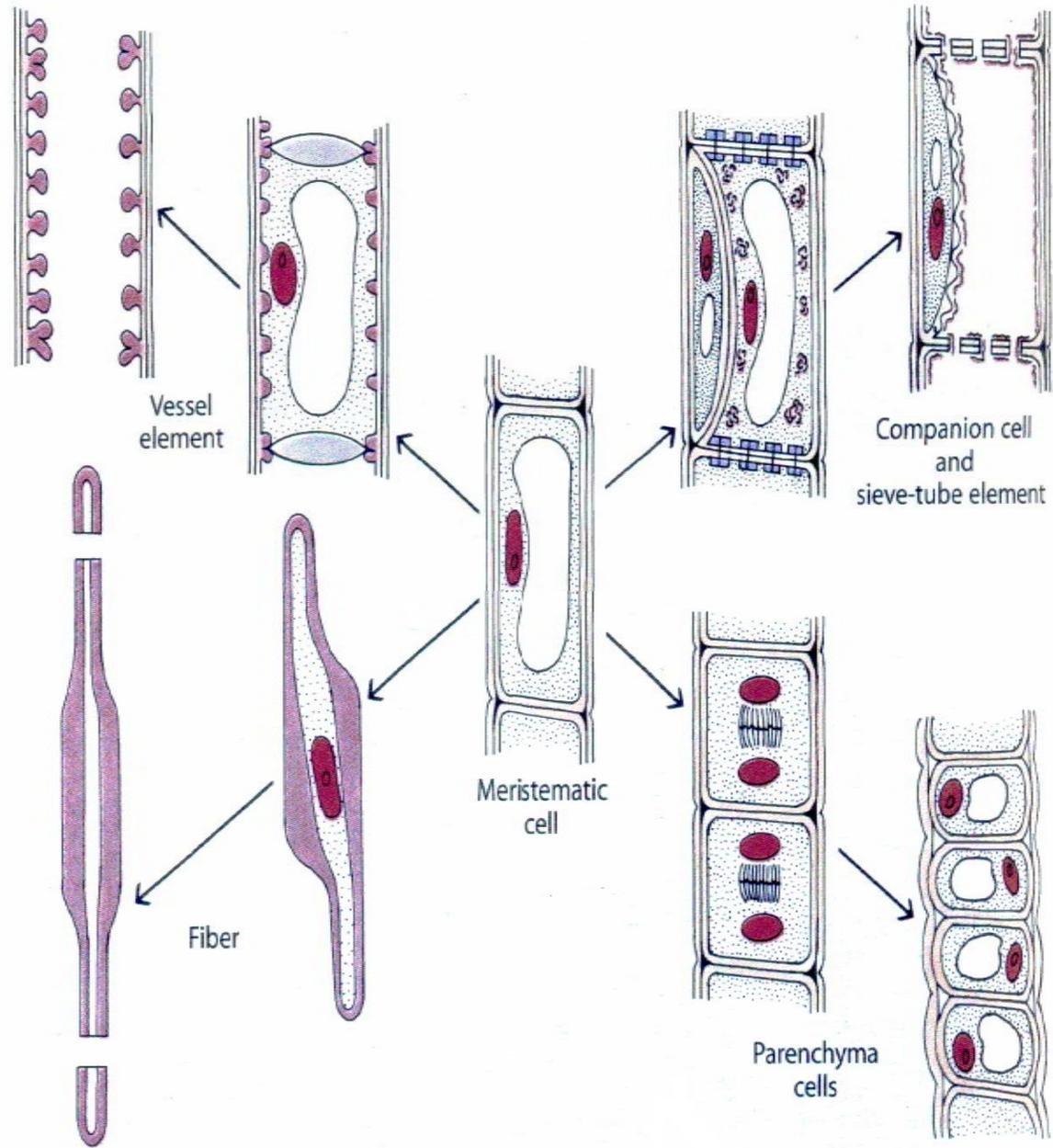
Traqueidas

➤ Tipos no vasculares:

Parenquima xilemático: **células parenquimáticas**,
parénquima axial y radiomedular

Fibras leñosas, esclerenquimáticas





Células conductoras o elementos traqueales

Elementos muertos a la madurez, sirven para la conducción vertical y el sostén.

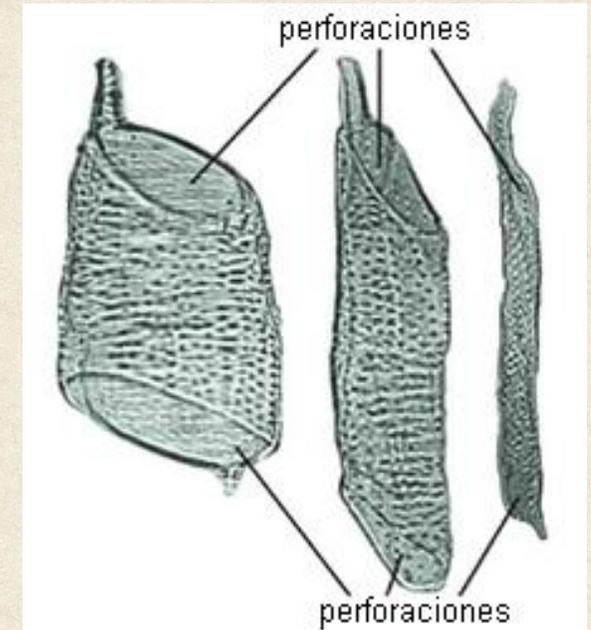
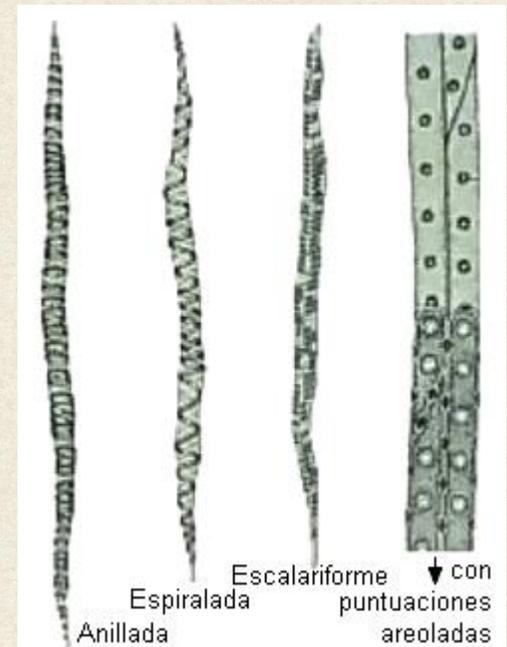
TRAQUEAS Y TRAQUEIDAS ambos tienen **paredes secundarias** gruesas, impregnadas con **lignina** (se tiñen de rojo con safranina).

Traqueidas

- Células largas, imperforadas, sus paredes terminales conectan filas de células.
- Se comunican entre sí por puntuaciones areoladas, y por puntuaciones simples con las células parenquimáticas de los radios del sistema horizontal.
- Primitivas, se encuentran en las **GIMNOSPERMAS**, (excepto Gnetales) plantas vasculares antiguas

Tráqueas

- conductos multicelulares, formados por los llamados **elementos de vasos**
- Elementos vasales cortos, anchos y con perforaciones perpendiculares al eje mayor, placas con perforaciones simples: **más avanzadas**.
- Elementos vasales largos, angostos y con perforaciones oblicuas, placas perforadas: **menos avanzadas**



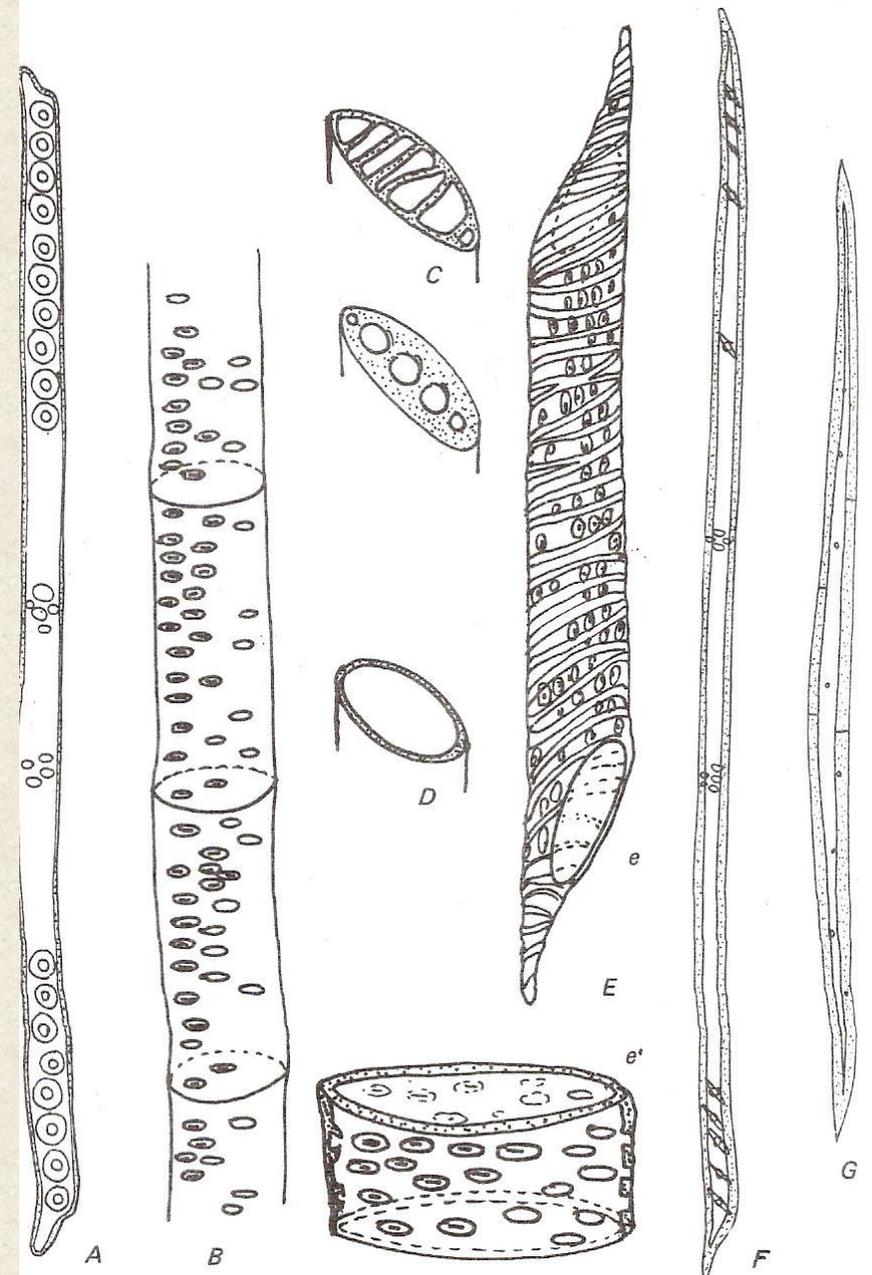
Fibrotraqueidas

- Elementos unicelulares alargados, paredes más gruesas que las traqueidas
- Extremos aguzados, puntuaciones areoladas con cámaras muy pequeñas, aspecto intermedio entre las traqueidas y las fibras

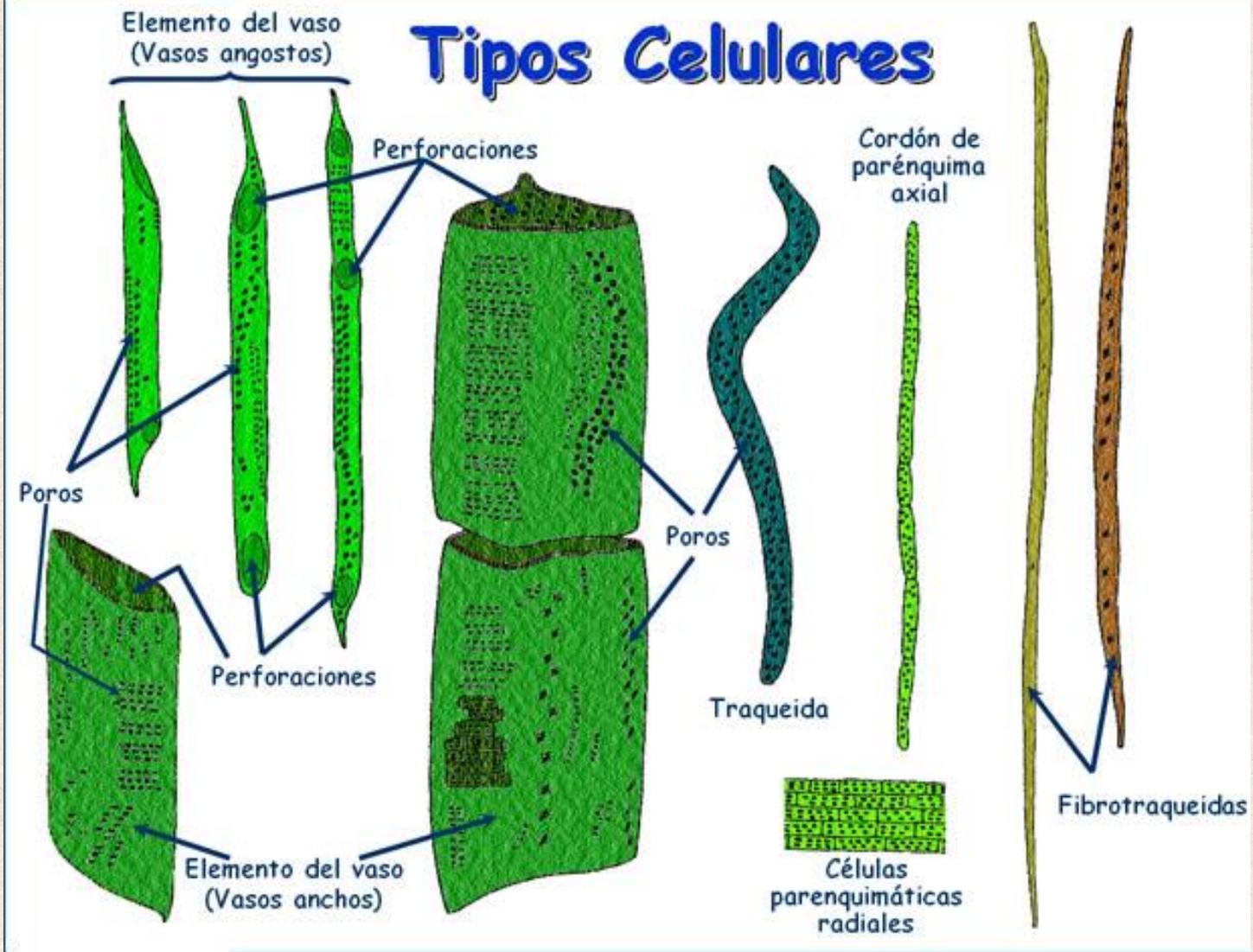
Fibras xilemáticas

- Son las **fibras típicas**, las más evolucionadas pueden tener protoplasto vivo.
- Se distinguen: Fibrotraqueidas y **Fibras libriformes**: más largas y con paredes muy gruesas, puntuaciones simples

Elementos xilemáticos. A. traqueida. B. traquea o vaso. C. placas perforadas compuestas. D. placa perforada simple. E. elementos vasales largo y corto. F. Fibrotraqueida. G. fibra libriforme.



Tipos Celulares



Tráqueas

Se encuentran sólo en **angiospermas** (mono y dicotiledóneas)

En **gimnospermas** hay **traqueidas**

❑ **Tipos de Tráqueas:** según los engrosamientos de las paredes celulares de los elementos de los vasos que las forman.

➤ En **xilema primario** (favorecen la extensibilidad).

Anulares: engrosamientos en anillo.

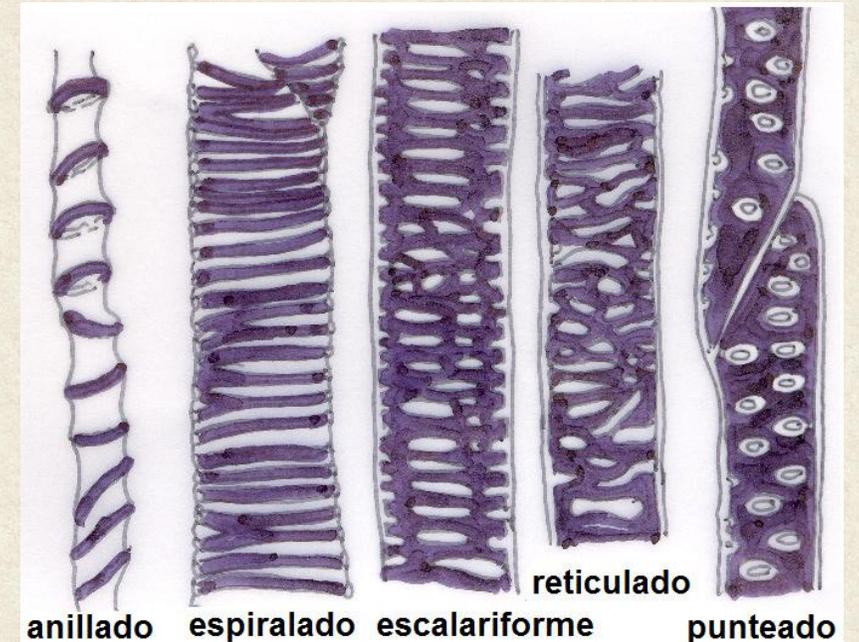
Helicadas: engrosamientos en hélice.

➤ En **xilema secundario**.

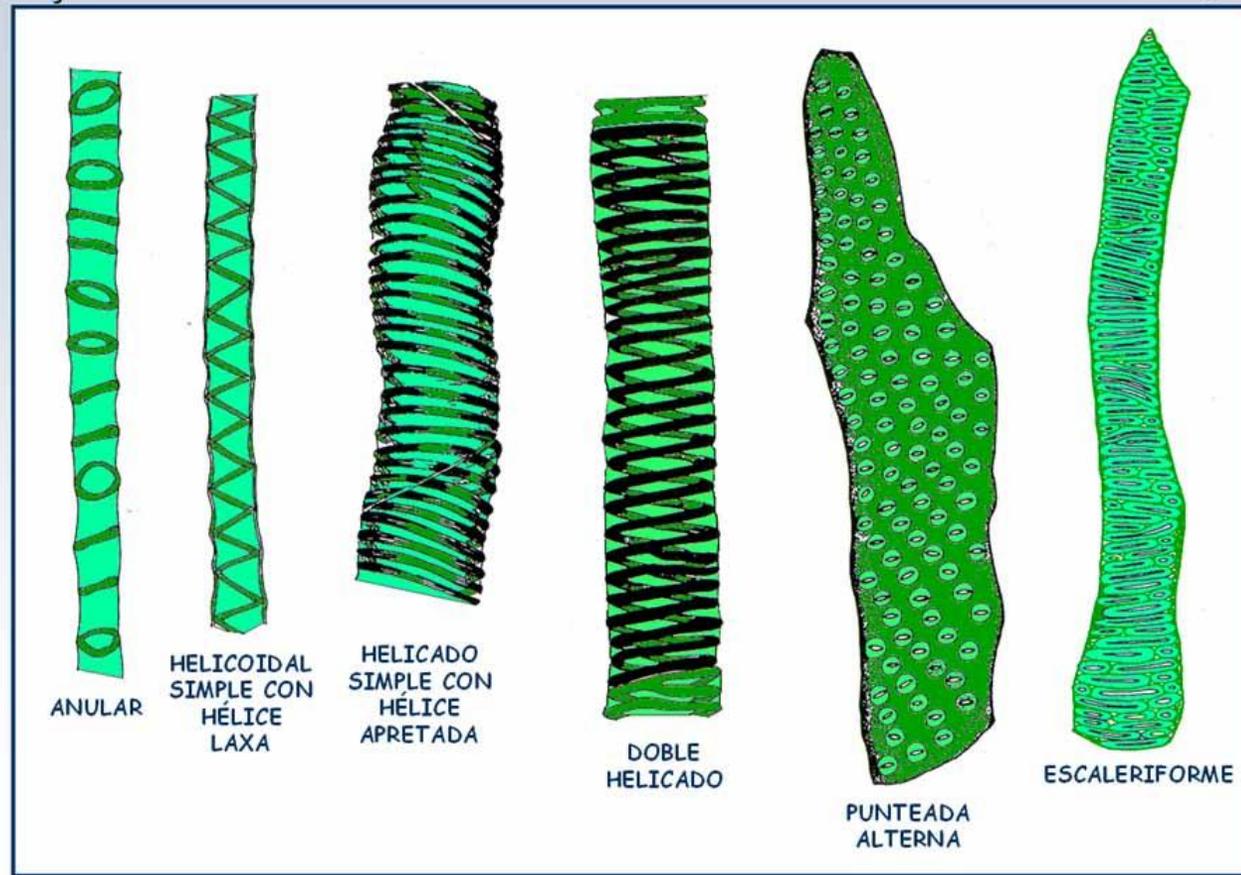
Reticuladas: formando una red.

Punteadas: engrosamiento casi completo con punteaduras (areoladas o no).

Escalariformes: con punteaduras alargadas

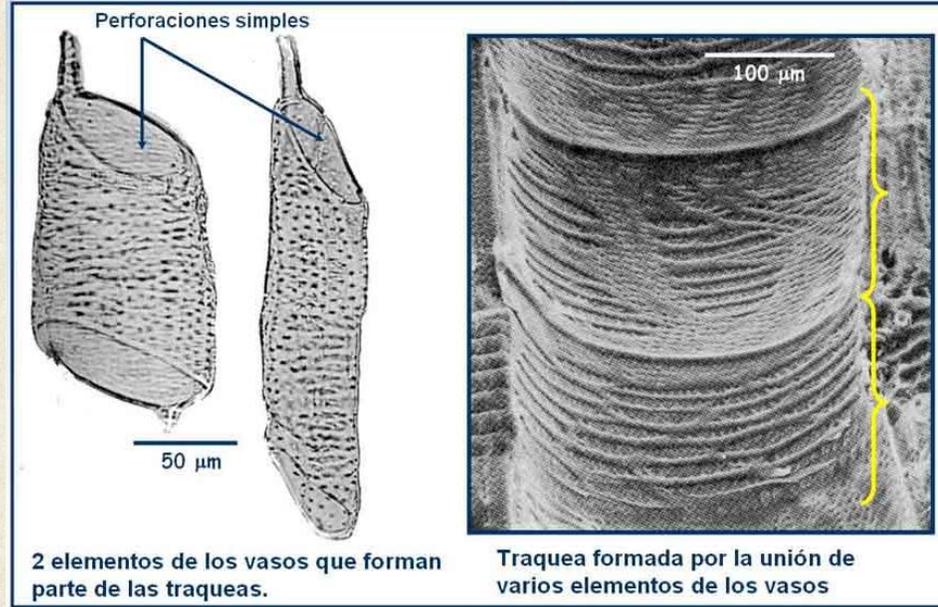


Tipos de Elementos de los Vasos (1)



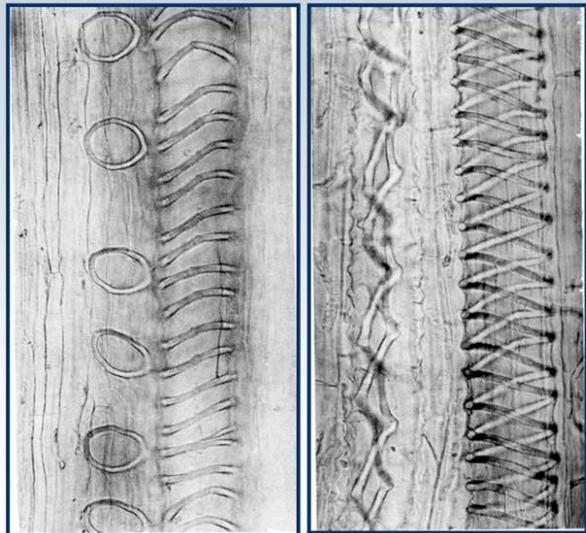
En plantas herbáceas y en tallos que aún no alcanzaron el crecimiento secundario, los miembros de vasos generalmente presentan paredes con engrosamientos anillados o anulares, espiralados o helicados, o reticulados

Las Tráqueas



Fotos al MEB

Tipos de Elementos de los Vasos (2)

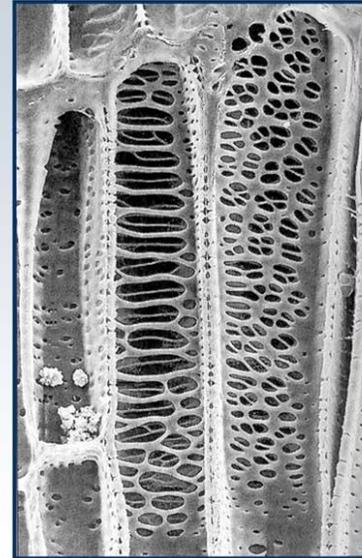


(A) (B)

(C)

- (A) Anular
- (B) Helicado laxo
- (C) Doble helicado

Tipos de Elementos de los Vasos (3)



(C) (A) (B)

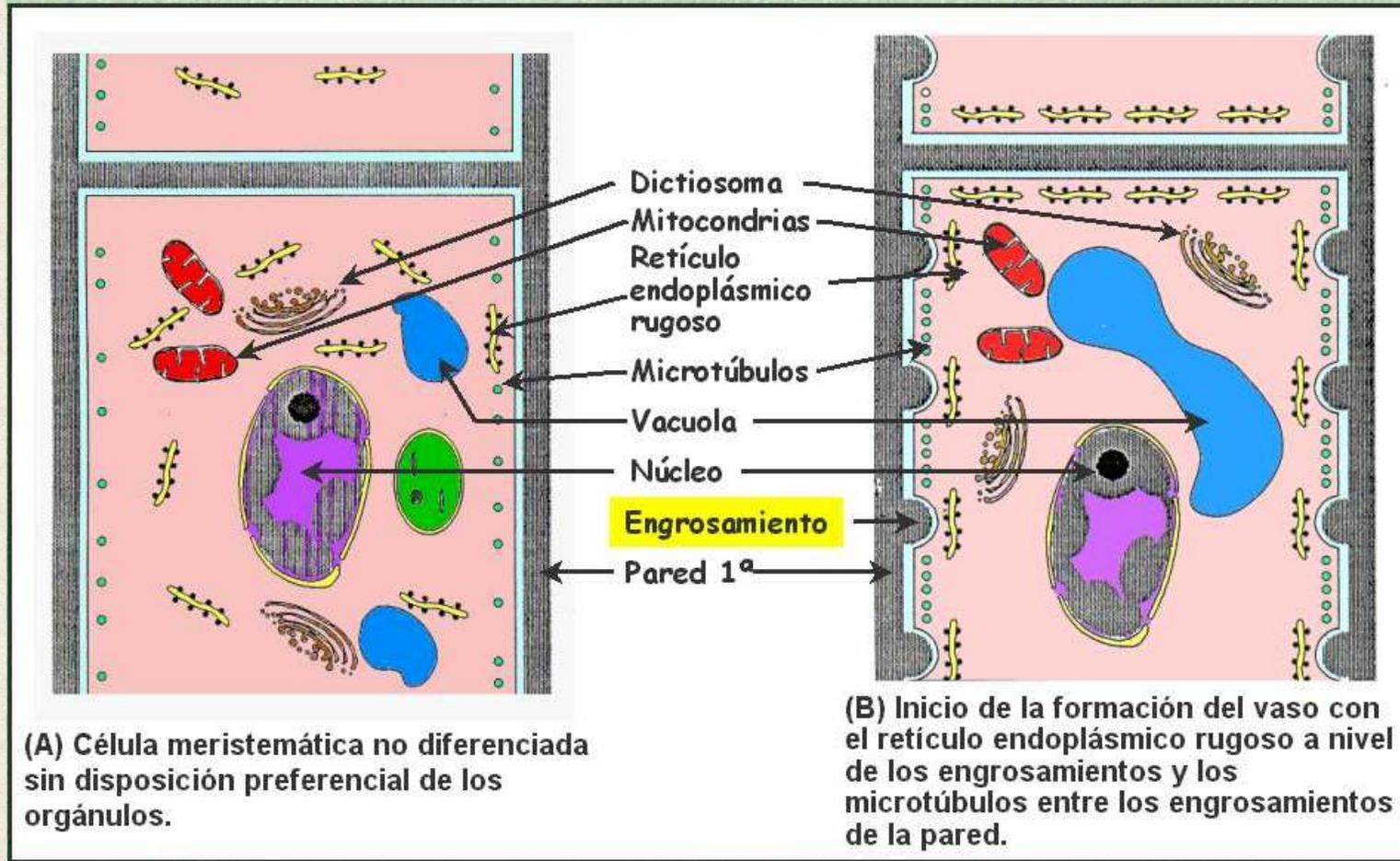
- (A) Mixto escaleriforme-reticulado
- (B) Reticulado
- (C) Células de parénquima

Diferenciación

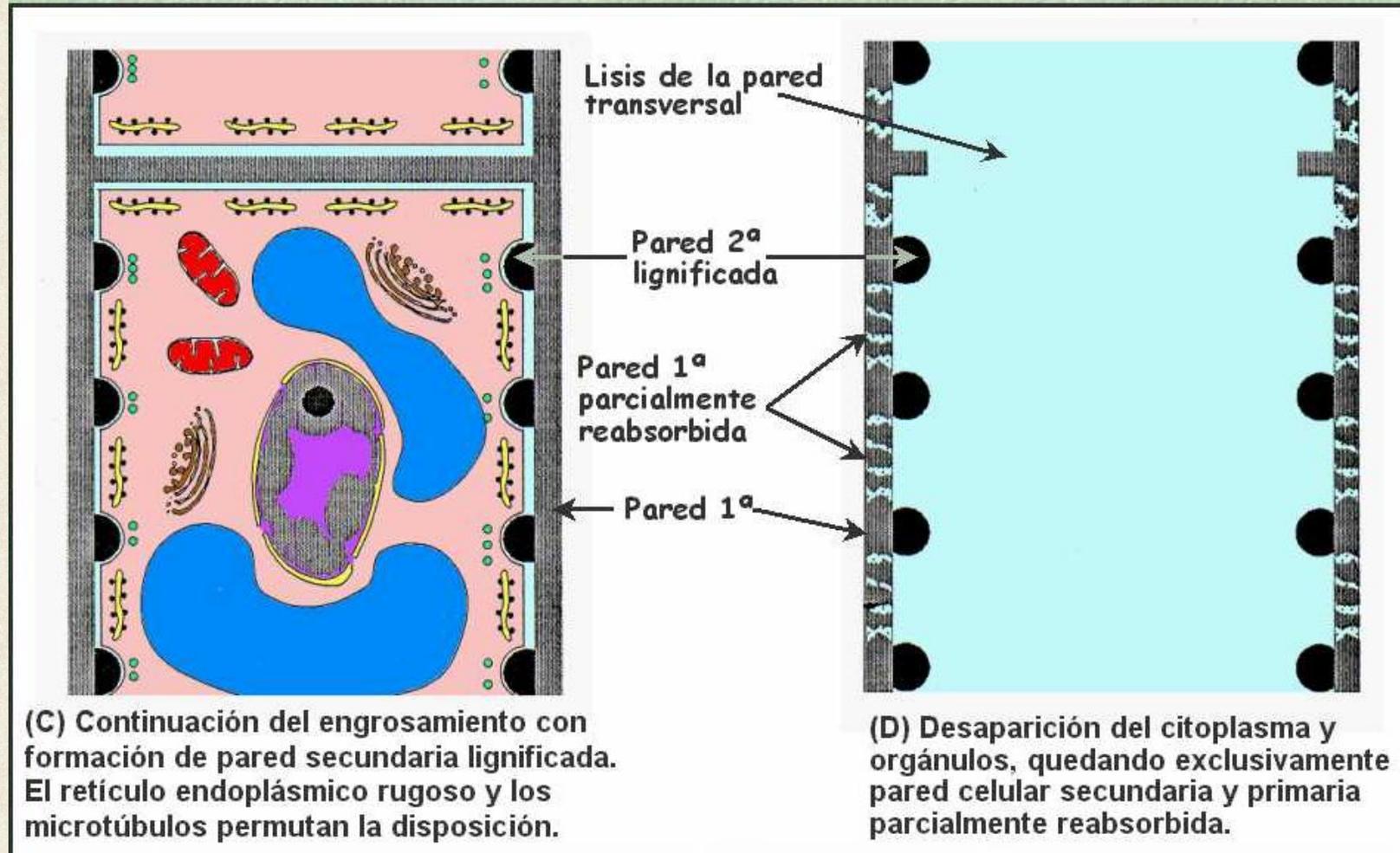
Engrosamiento por depósito de *pared primaria*.

Aumento del engrosamiento por depósito muy lignificado de *pared secundaria*.

Diferenciación de las tráqueas-1



Diferenciación de las tráqueas-2



Desarrollo, en las paredes transversales, de **perforaciones** que favorecen el transporte de líquidos entre las células que forman los tubos o vasos

Tipos de Perforaciones-1

Tipos de perforaciones

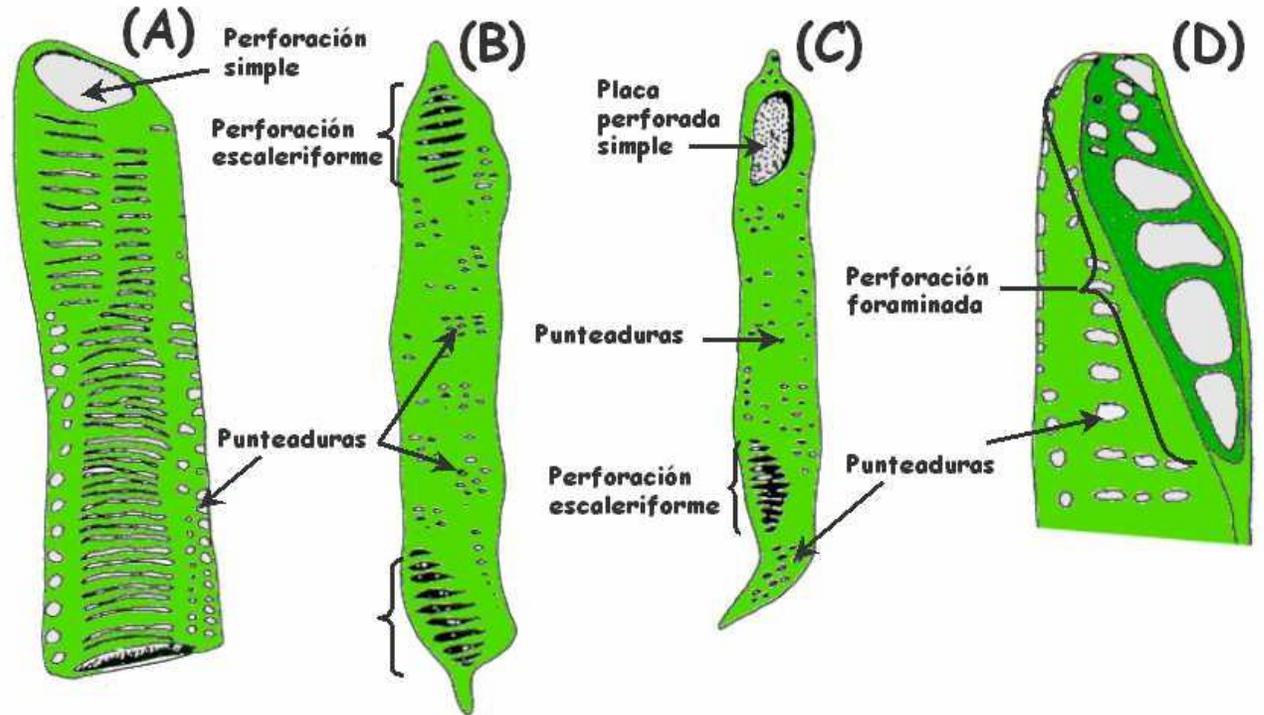
Placa perforada simple, una única y gran perforación resultado de la fusión de muchas más pequeñas, normalmente horizontal.

Placas perforadas compuestas, normalmente oblicuas.

Escalariiformes

Reticuladas

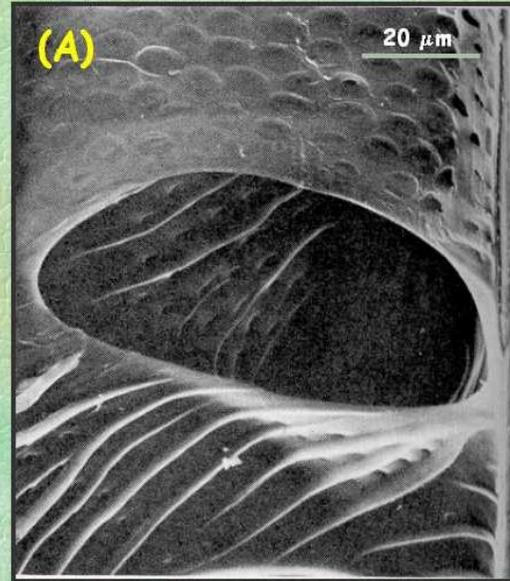
Foraminadas (perforaciones más o menos circulares)



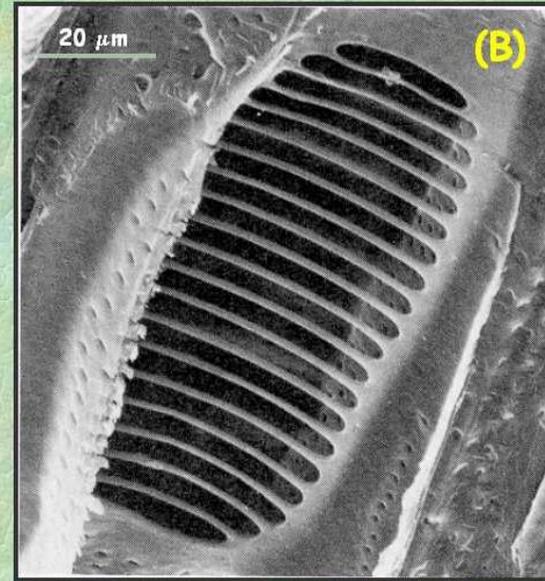
- (A) Placas terminales transversales, perforadas simples, y paredes longitudinales de tipo mixto.
(B) Placas terminales transversales oblicuas de tipo escaleriforme y con punteaduras en las paredes laterales.
(C) Vaso similar al anterior con una pared terminal perforada simple (arriba) y otra compuesta (abajo)
(D) Pared terminal oblicua del tipo foraminado compuesto.



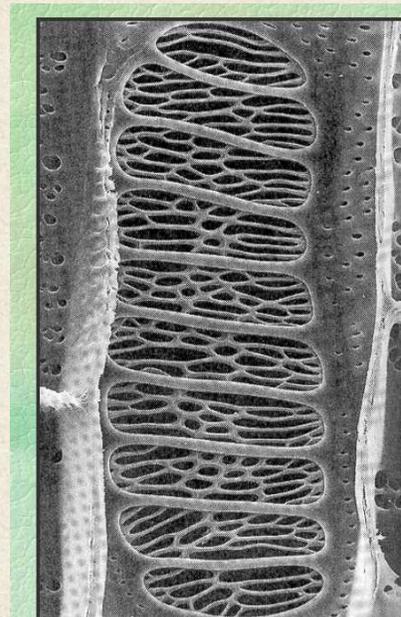
Tipos de Perforaciones-2



(A) Perforación simple



(B) Perforación escaleriforme

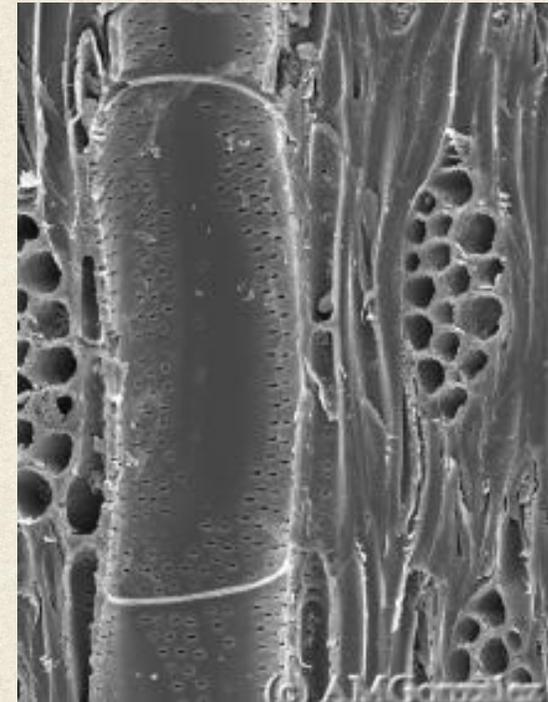
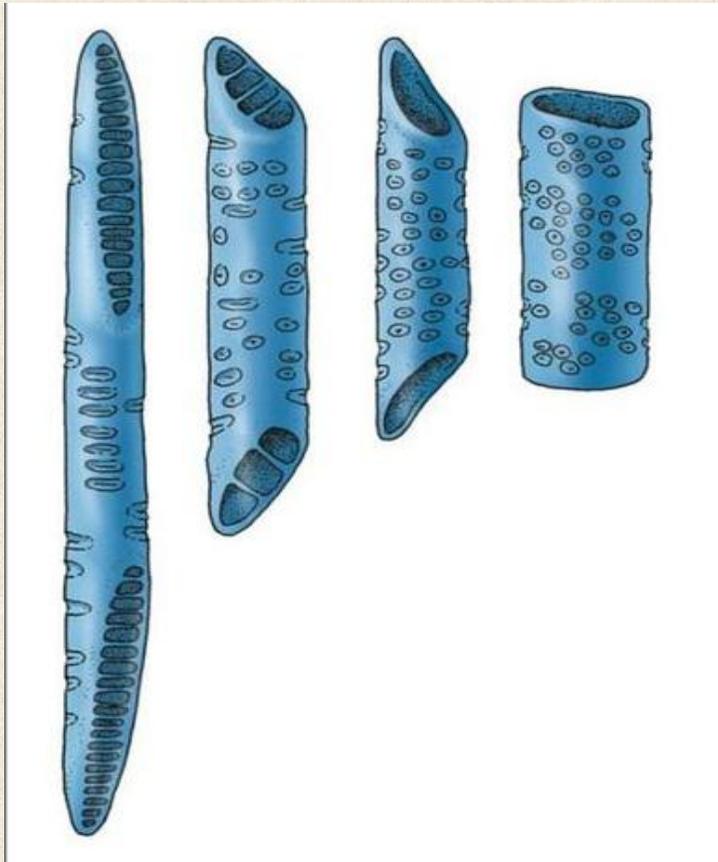


Tipos de Perforaciones-3

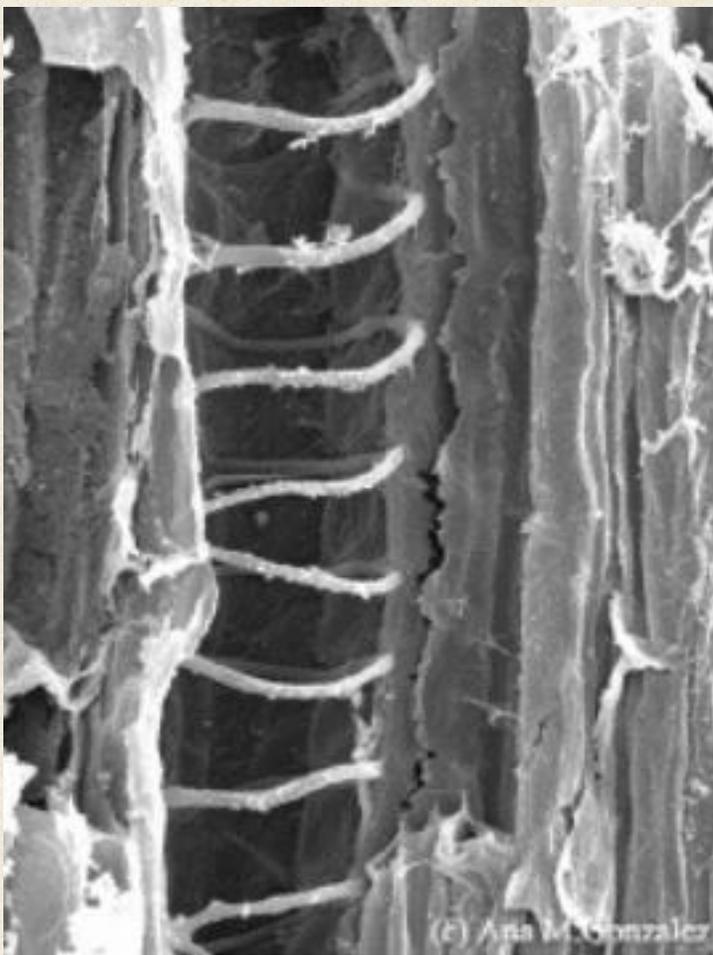
(A) Perforación entre dos elementos de un vaso. La primera es de tipo escaleriforme y la de atrás reticulada (x700)

Los **miembros de vaso** se observan en las Angiospermas, amplio grupo vegetal de más reciente evolución.

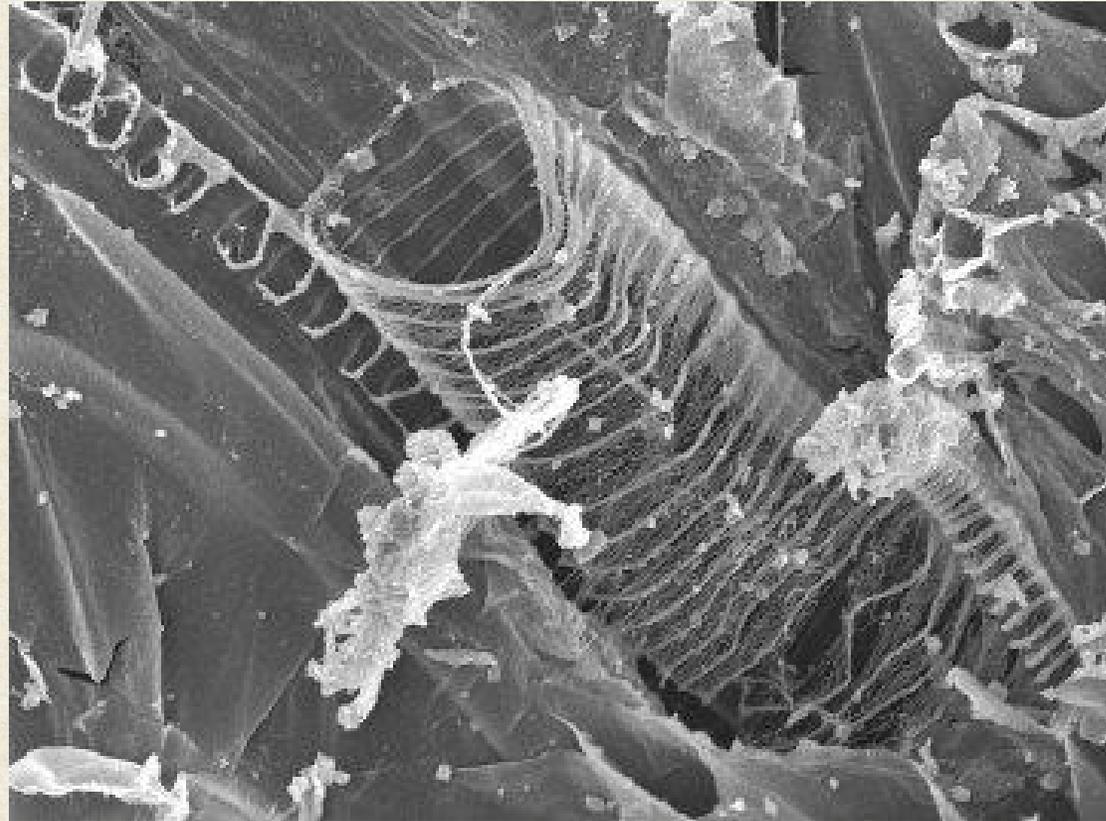
Son **células cortas**, anchas, de paredes secundarias gruesas, son elementos perforados: sus paredes terminales pueden estar totalmente perforadas (**placa de perforación simple**) o estar dividida por barras (**placa de perforación escaleriforme**) o formar una red (**placa de perforación reticulada**)



Corte longitudinal del miembro de vaso en el xilema de lapacho, *Handroanthus impetiginosus* (Bignoniaceae) (MEB 450x)



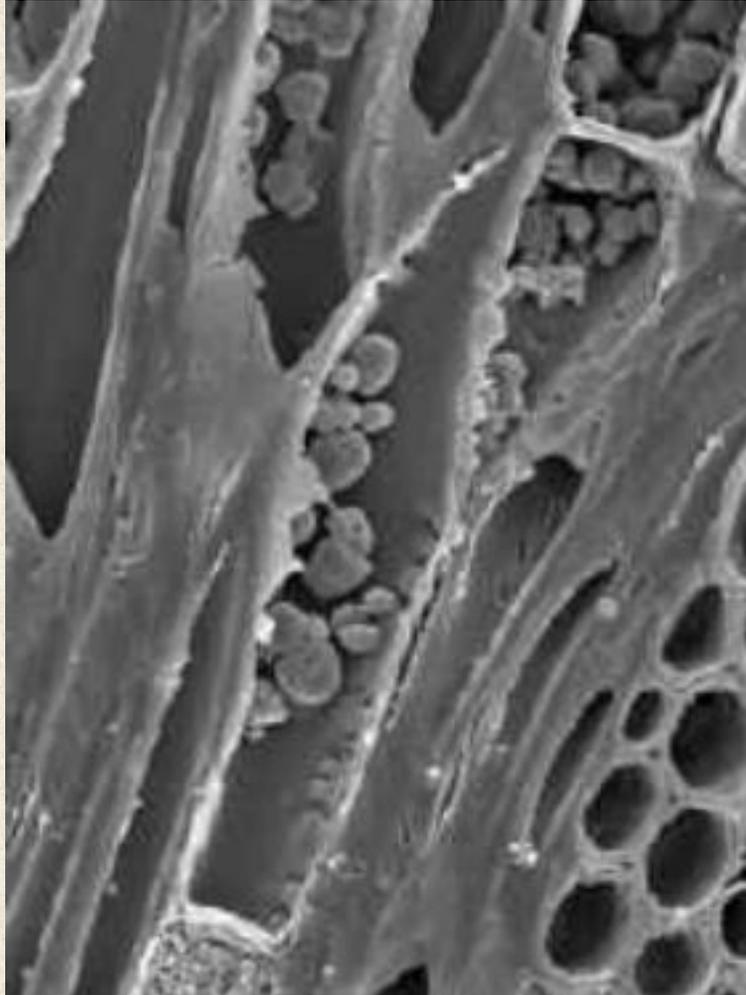
Nymphoides indica, sanguinaria, estrella de agua (Menyanthaceae). Vaso anillado. MEB 1200x



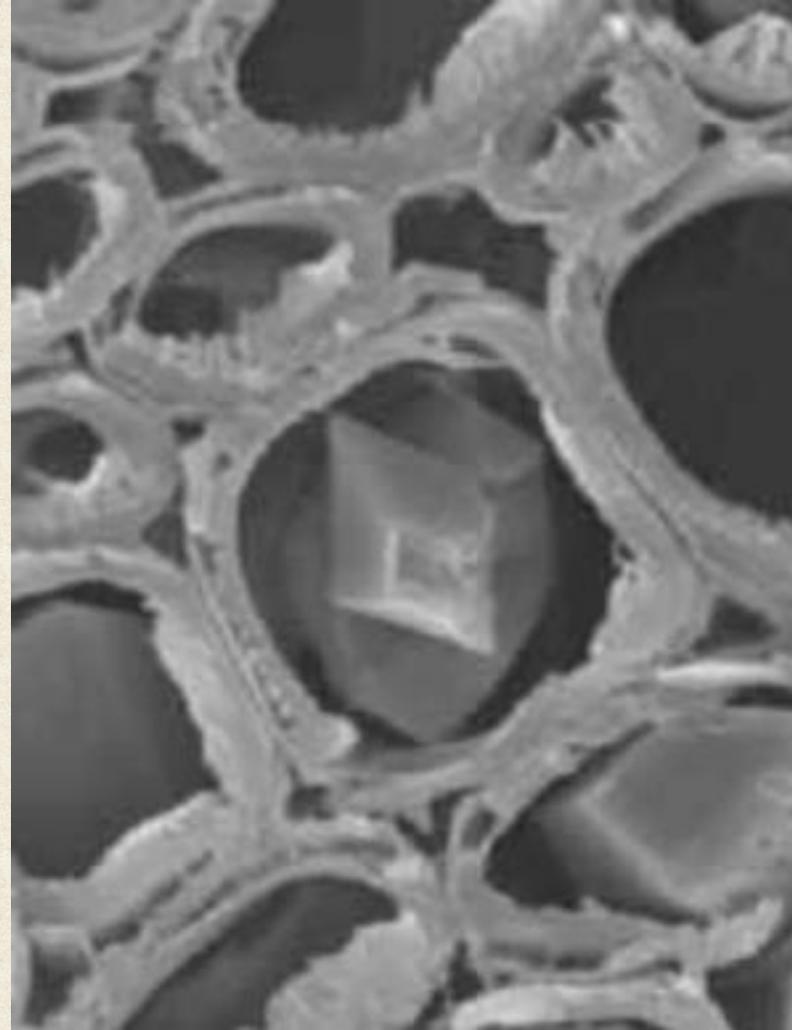
Miembros de vasos de *Eichornia crasipes* (Pontederiaceae), lirio acuático, camalote. MEB 800x

En los registros **fósiles** primero aparecieron las traqueidas, posteriormente lo hicieron los miembros de vaso. La tendencia **evolutiva** lleva a paredes terminales totalmente perforadas en los vasos.

Elementos de almacenamiento: células parenquimáticas, de paredes gruesas, secundarias, pueden presentar cristales y otros contenidos celulares.



Parénquima con almidón en leño de Guayaibí
Patagonula americana (Boraginaceae)

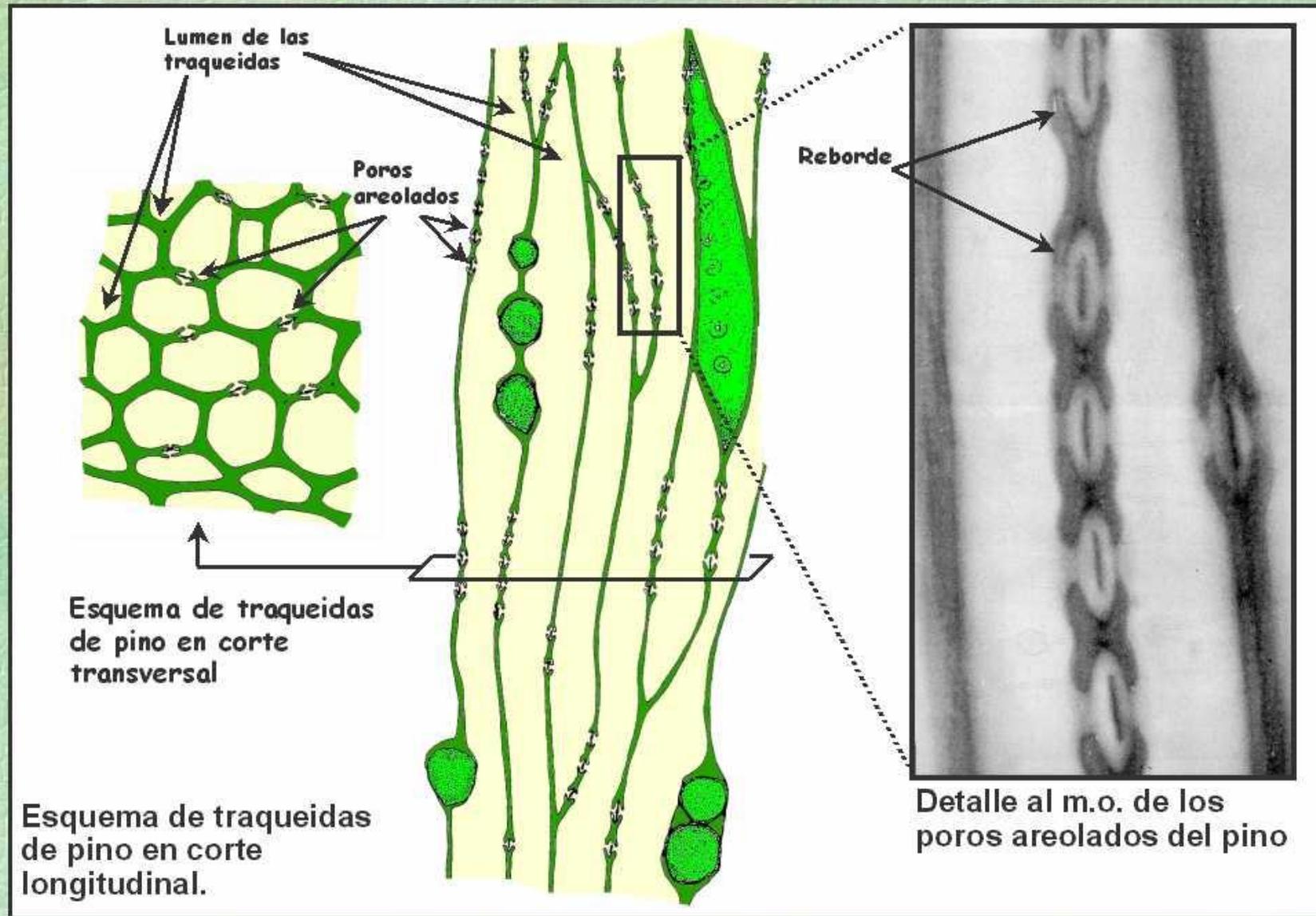


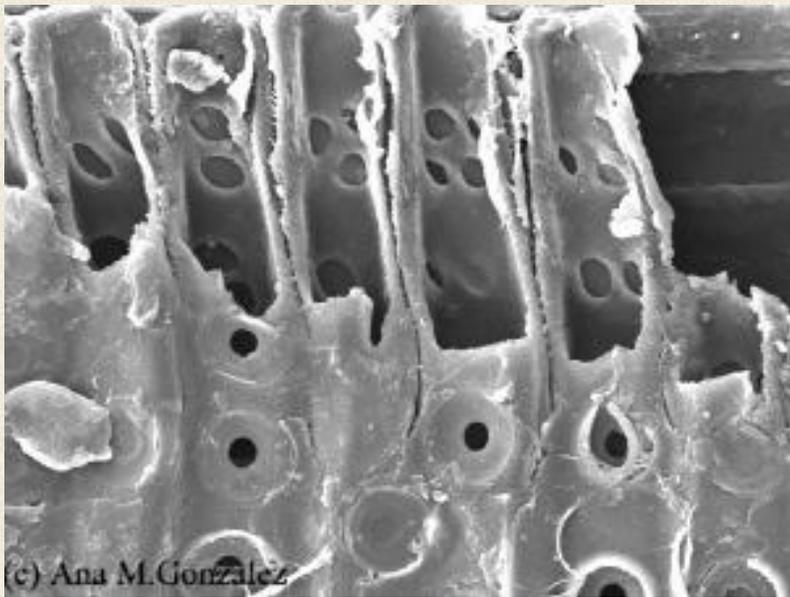
Parénquima de paredes gruesas y con cristal en
leño de Virapitá, *Peltophorum dubium* (Fabaceae)

Traqueidas

- ✓ Se encuentran en el xilema de todas las plantas.
- ✓ Son el único elemento conductor en las **criptógamas vasculares** y en las **gimnospermas**.
- ✓ Células alargadas, de gruesas paredes y con extremos romos.
- ✓ Al superponerse unas con otras forman **tubos más estrechos y menos largos que las tráqueas**, de recorrido más *irregular*.
- ✓ Los tabiques transversales **no están perforados**.
- ✓ Las paredes laterales, muy **llenas de punteaduras**, no pierden la pared primaria.

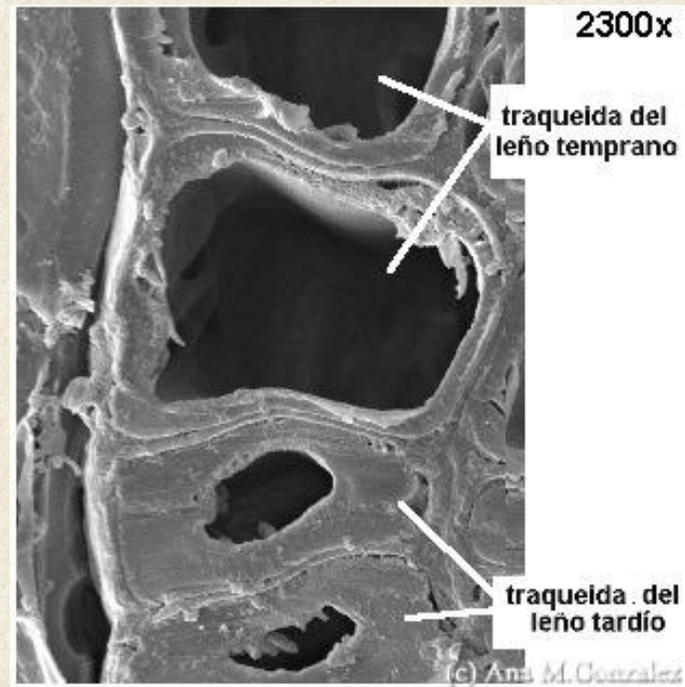
Las Traqueidas



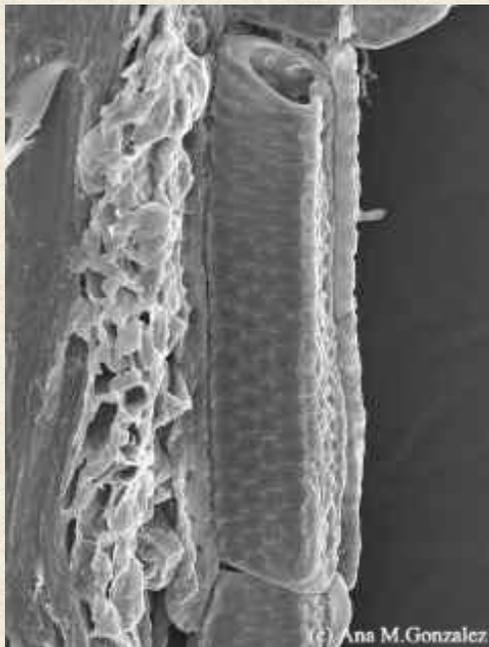


Traqueidas de *Pinus sp.* en corte longitudinal MEB 850x.

Note las **puntuaciones areoladas** en la pared frontal y **puntuaciones simples** en la pared posterior que conecta con células parenquimáticas de un radio medular.



Traqueidas de *Pinus sp.* en corte transversal. MEB 2000x



Miembro de vaso en el xilema del quebracho blanco, *Aspidosperma*, (Apocynaceae), MEB 700x



CT del miembro de vaso en el xilema de lapacho MEB 750x

Elementos de sostén: fibras en las Angiospermas y fibrotraqueidas en Gimnospermas

Fibras leñosas

Elementos de sostén de los tejidos vasculares.

Parecidas a las traqueidas pero más largas y de paredes más gruesas.

Poseen escasas punteaduras.

Filogenéticamente se originaron a partir de las traqueidas.

Derivan del procámbium y del cámbium vascular.

Las fibras libriformes faltan en leños formados sólo por traqueidas (Gimnospermae) o por vasos semejantes a las traqueidas (Gnetales).

En el leño de Angiospermae, que presenta vasos, están muy especializadas como elementos de sostén.



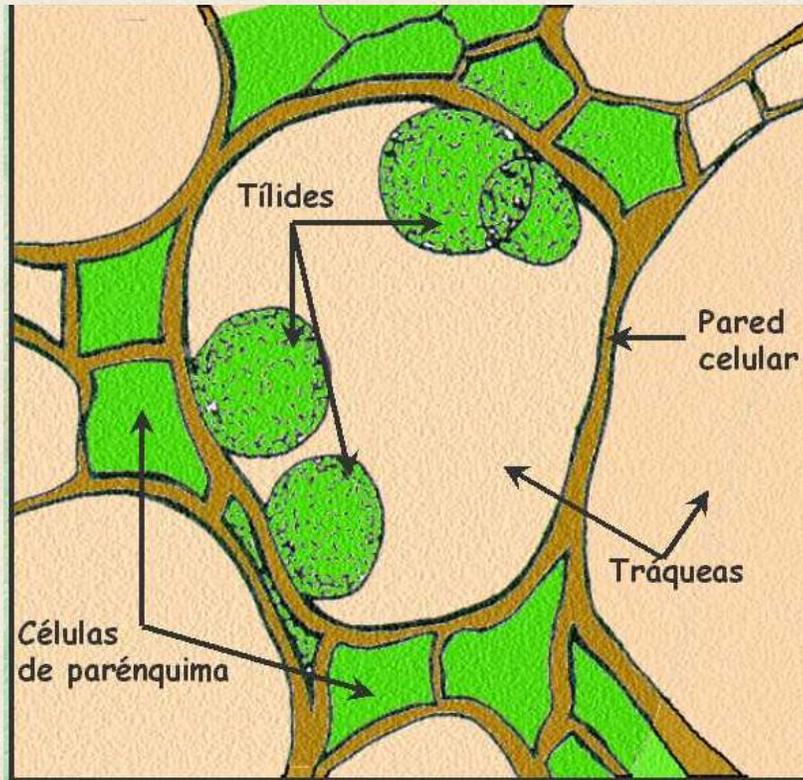
Parénquima leñoso

Células parenquimáticas típicas, con abundante retículo endoplásmico rugoso. Se comunican con las tráqueas y traqueidas a través de punteaduras semiareoladas.

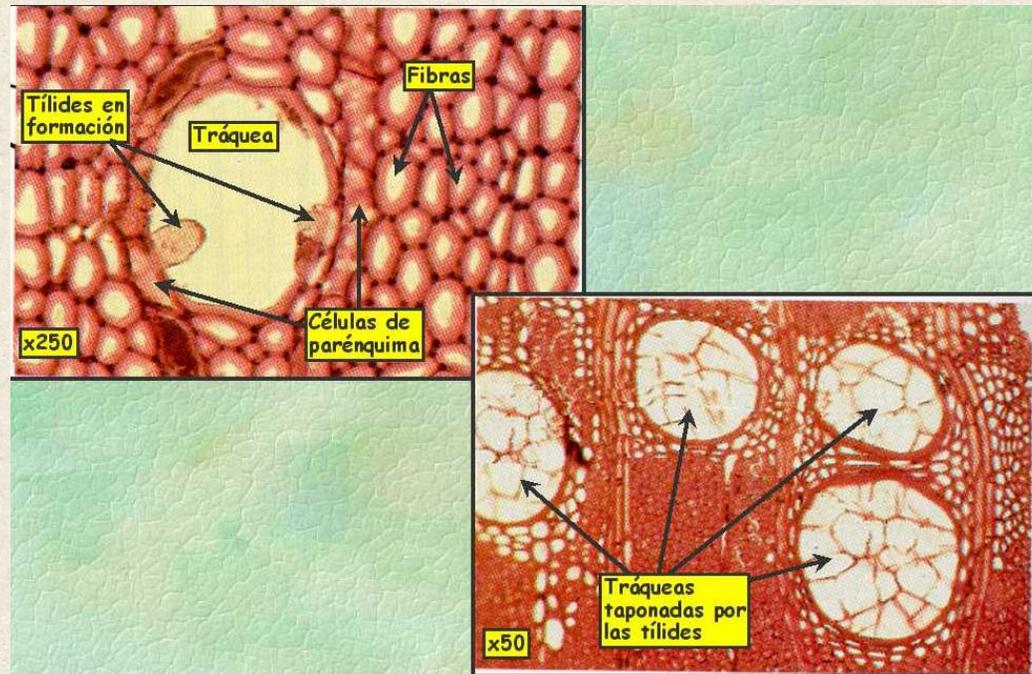
Proporcionan solutos a los elementos conductores (aminoácidos, hormonas, sales minerales).

Algunas almacenan sustancias de reserva.

Tílides: proyecciones de las células parenquimáticas dentro de los elementos conductores.



Las Tílides

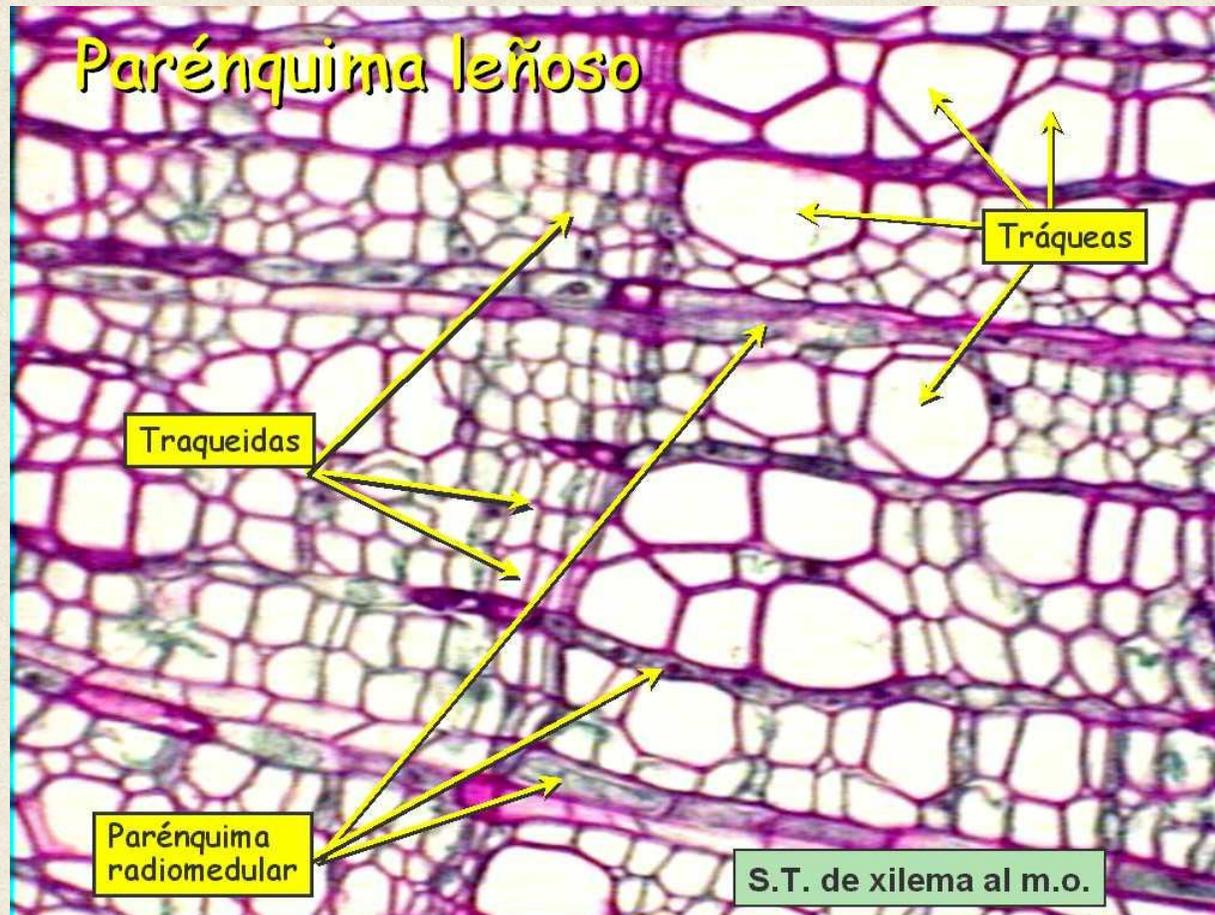


Tipos de parénquima leñoso:

En el *xilema primario* las células parenquimáticas son alargadas en el sentido longitudinal del órgano.

En el *xilema secundario* hay dos clases:

- **Parénquima axial.** Deriva de las *fusiformes iniciales* del cámbium vascular. Sus células se disponen paralelas a los elementos conductores.
- **Parénquima radial.** Deriva de las células *iniciales radiales* del cámbium vascular.



Xilema Primario

El **xilema primario**:

Se origina del **procámbium** al inicio de la diferenciación de tallo, raíz y hojas. El primero en aparecer es el **PROTOXILEMA** y más tarde el **METAXILEMA**.

PROTOXILEMA: Presenta pocas tráqueas, traqueidas (anulares, helicoidales y anulo-espirales) y mucho parénquima.

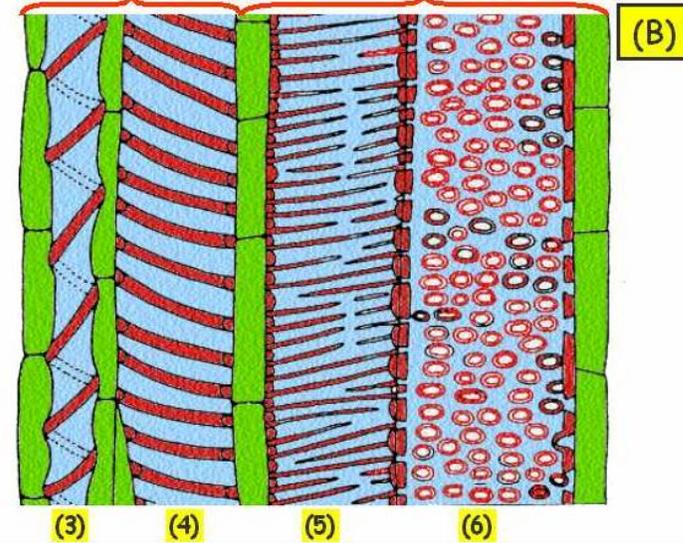
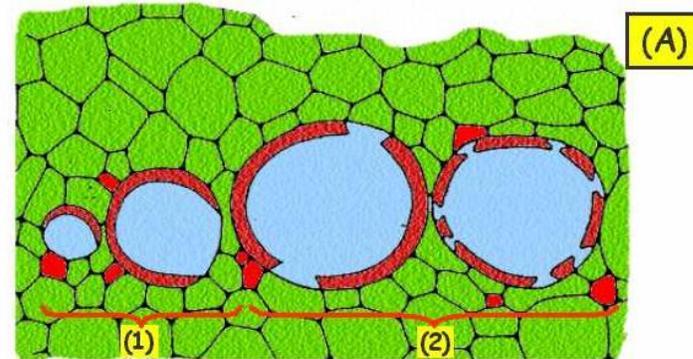
METAXILEMA. Mucho más tardío. Contiene mayor número de tráqueas, que son más gruesas y lignificadas (con engrosamientos helicoidales, reticulares o punteados).

Xilema 1°

Tipos de Xilema 1°

1. Protoxilema
2. Metaxilema
3. Vaso helicoidal
4. Vaso anular
5. Vaso escalariforme
6. Vaso punteado

Detalles de la estructura del xilema primario en cortes transversal (A) y longitudinal (B)



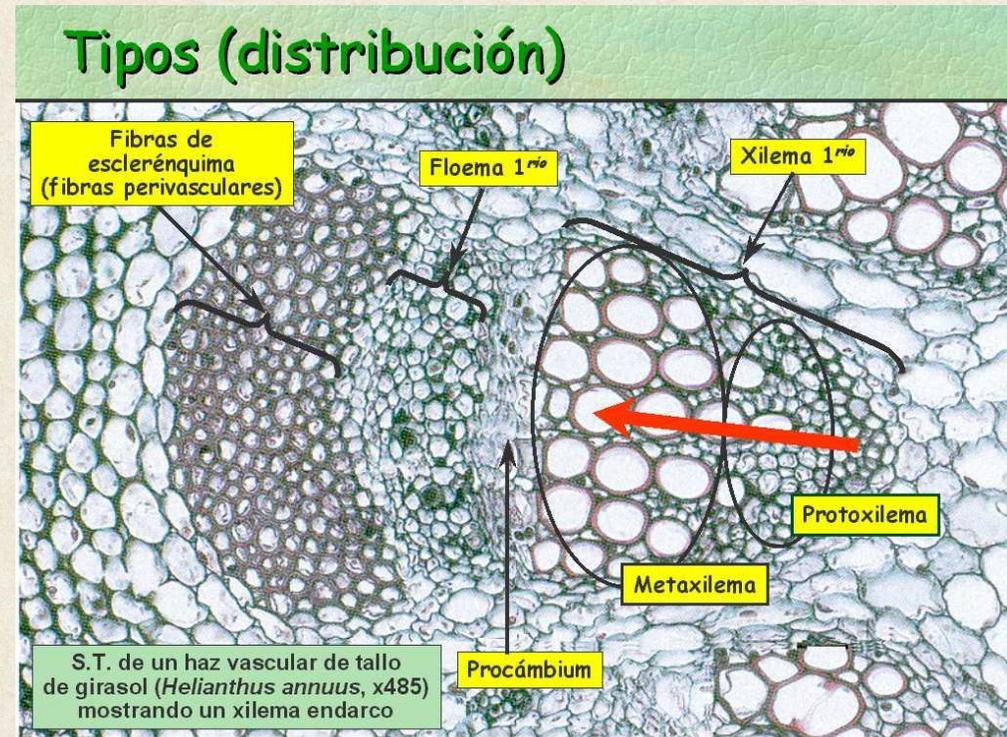
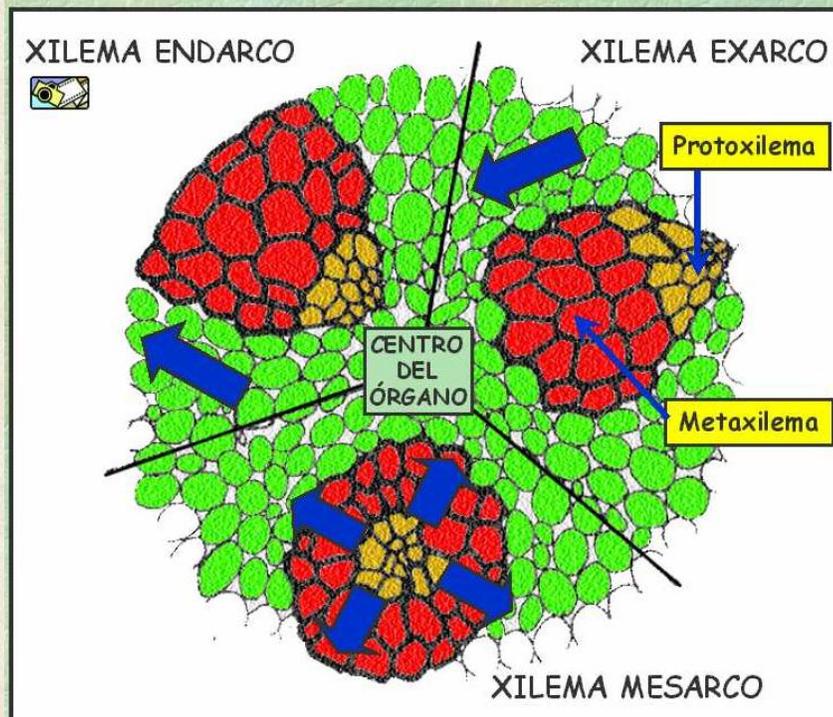
Sección longitudinal del xilema 1° (protoxilema) de un tallo de *Cucurbita* sp. mostrando tráqueas anulares y helicoidales.

- (A): Tráquea anular
- (B): Tráqueas helicoidales
- (C): Parénquima leñoso

Tipos (por su localización):

- **Xilema EXARCO**: se diferencian primero los vasos más alejados del centro del órgano: crece centrípetamente (en raíces de todas las plantas vasculares).
- **Xilema ENDARCO**: se diferencian primero los vasos más internos: crece centrífugamente (en tallos de plantas superiores).
- **Xilema MESARCO**: se diferencian los vasos centrales y luego crece en círculos (en hojas de plantas superiores y en tallos de las inferiores).

Tipos de Xilema 1° (distribución)



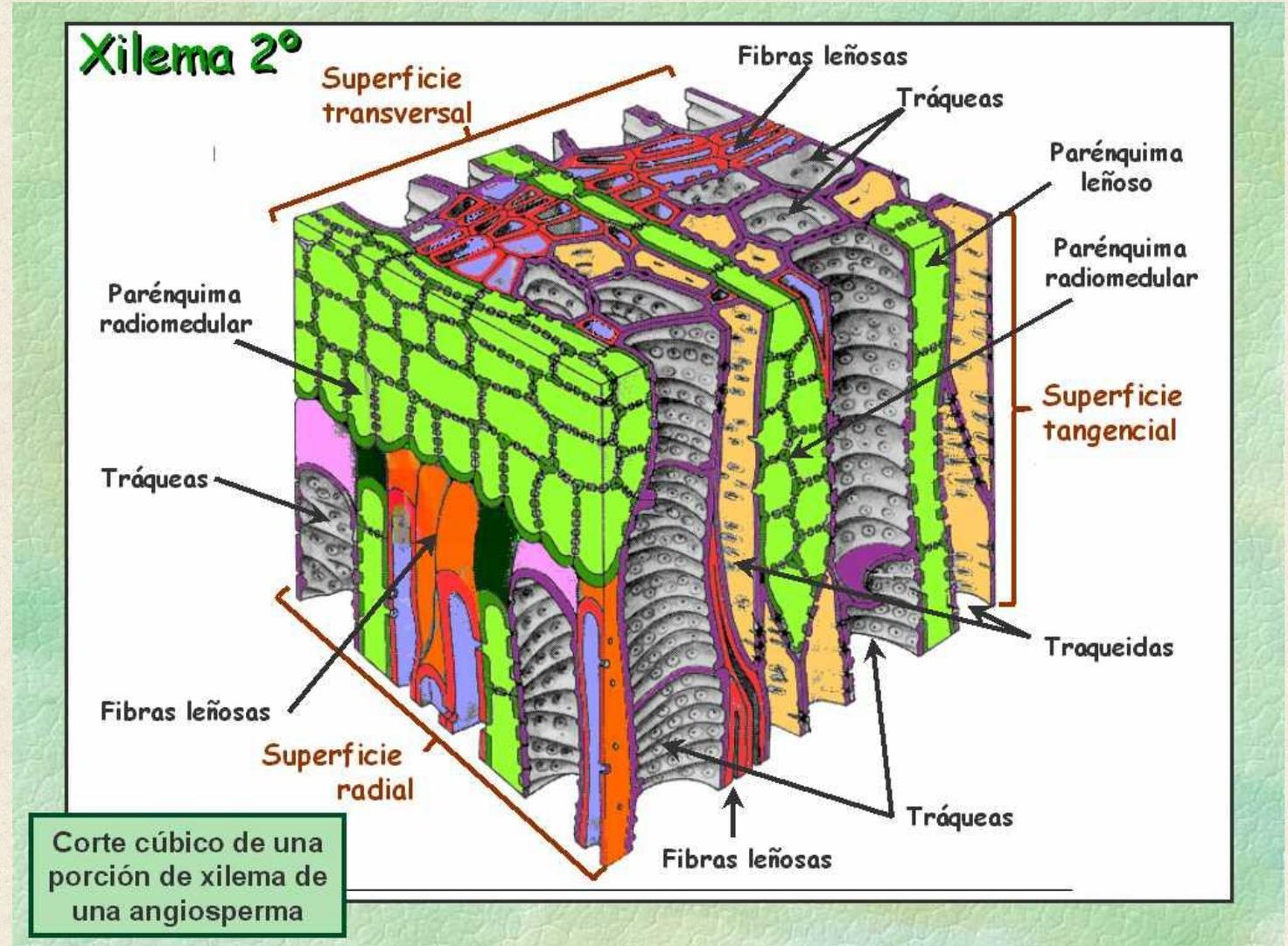
Xilema Secundario

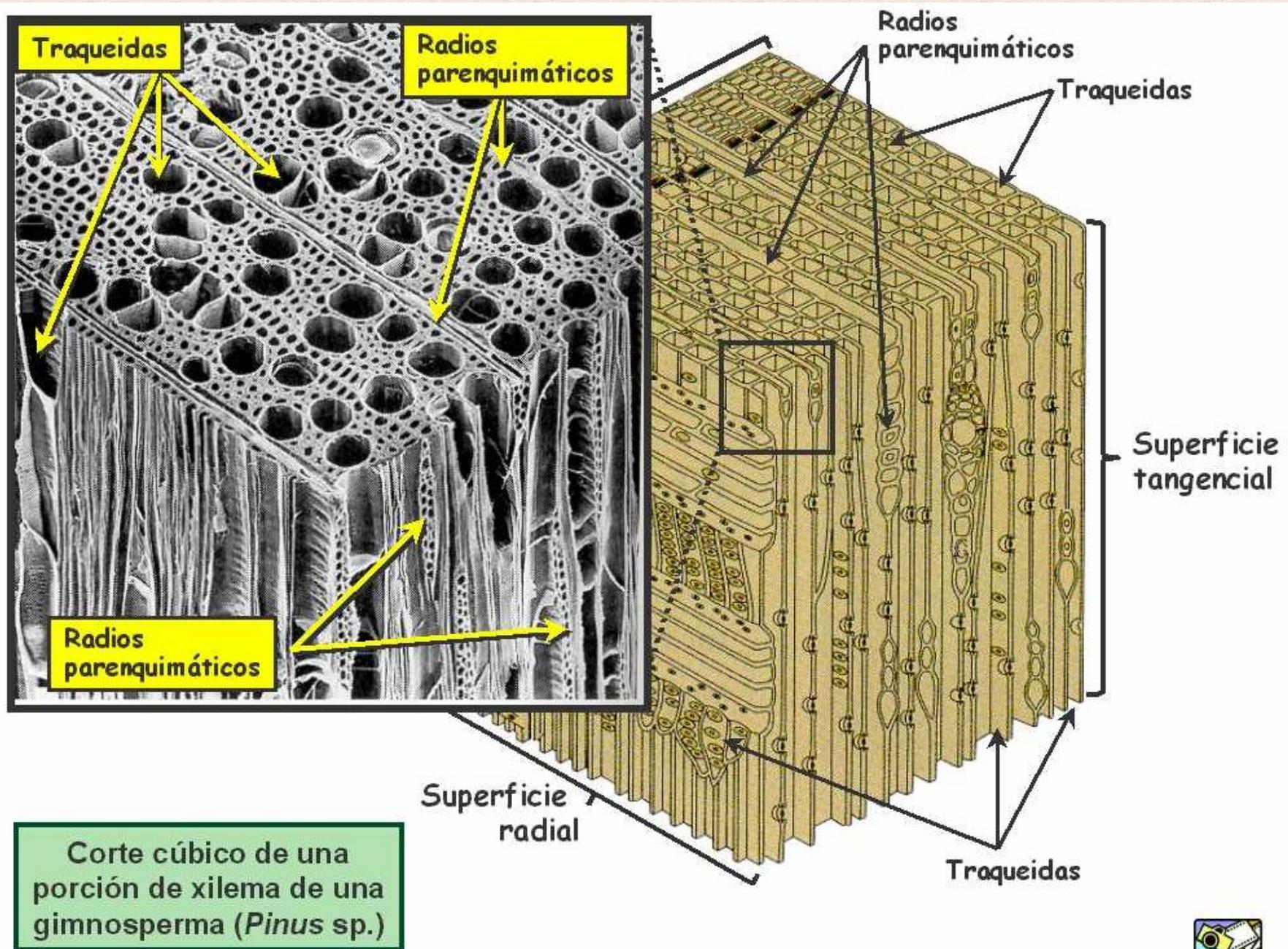
El xilema secundario:
deriva del **cambium vascular**.

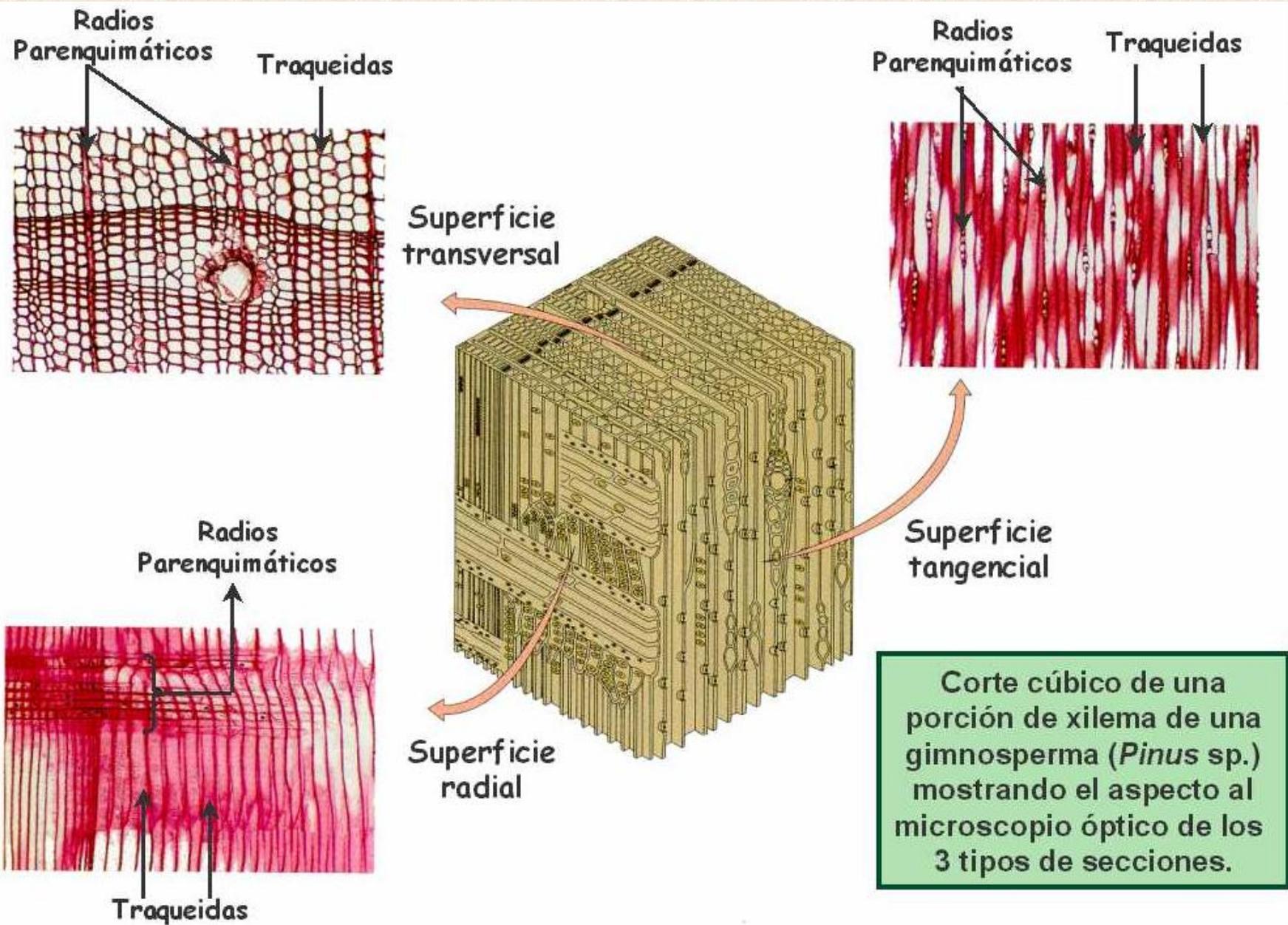
Se distinguen dos tipos:

- El **sistema vertical o axial** derivado de las células iniciales fusiformes.

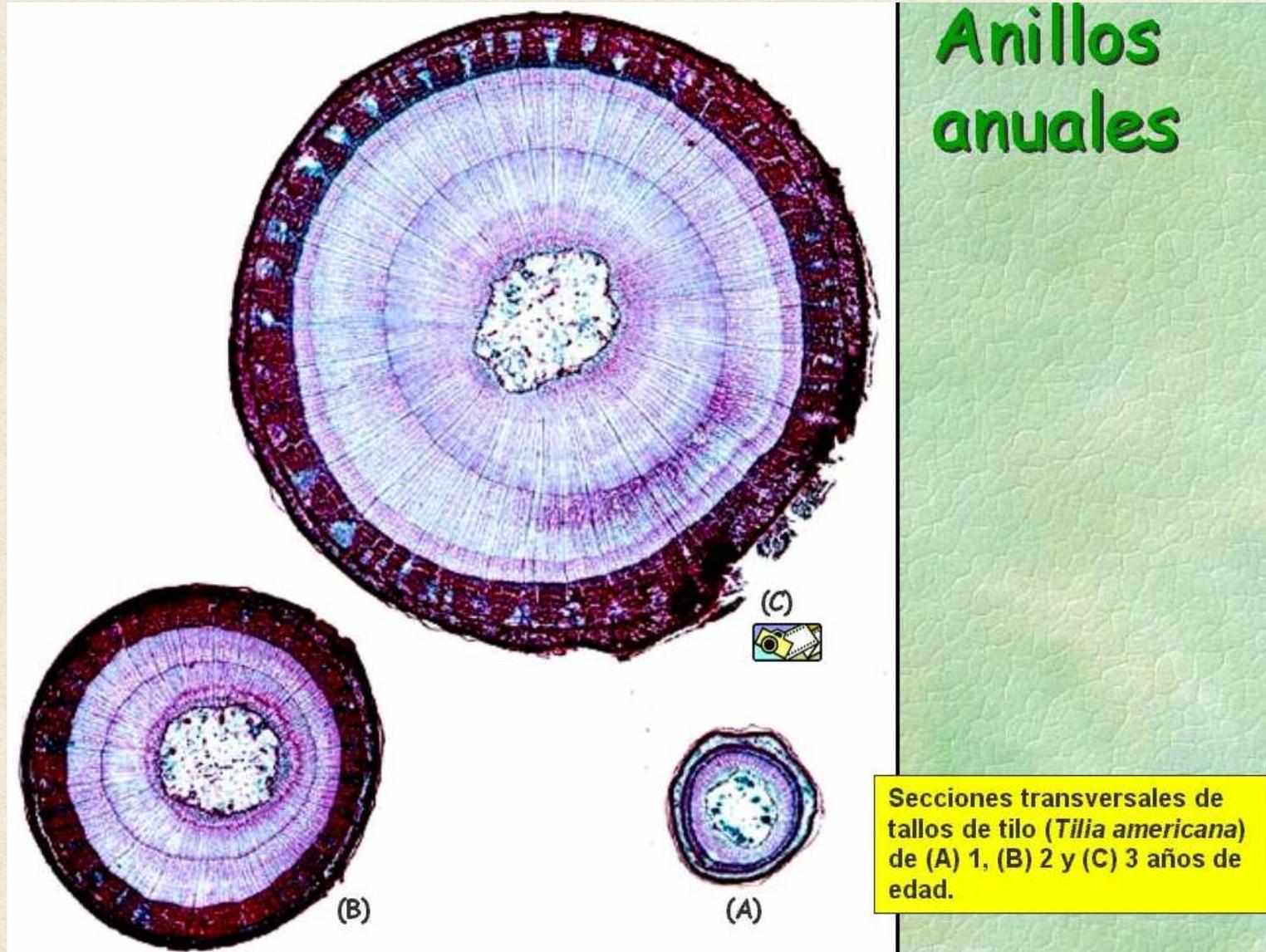
- El **sistema horizontal o radiomedular** derivado de las células iniciales radiales. Anualmente el cambium produce nuevas células xilemáticas y floemáticas.



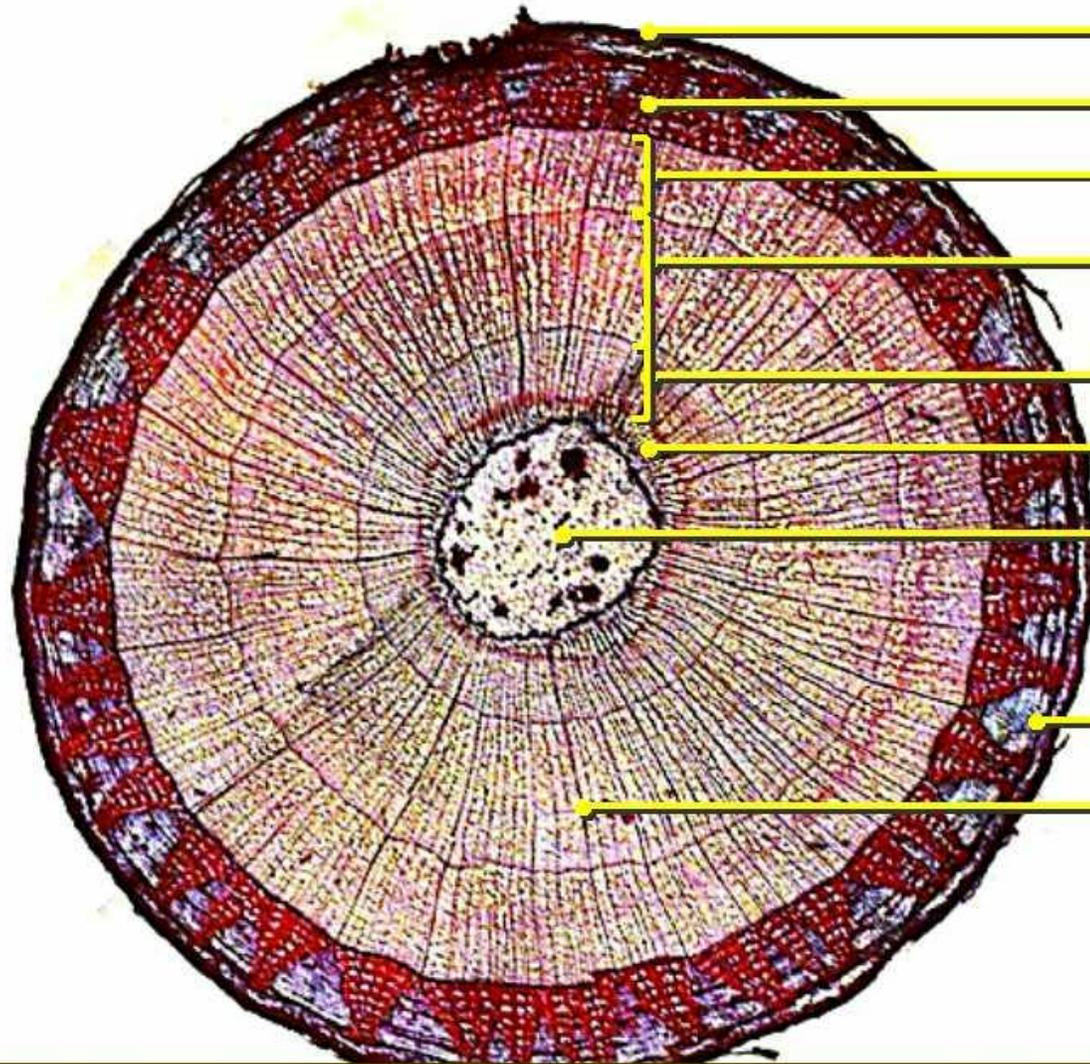




Anillos de crecimiento: las diferencias en el volumen de los elementos vasculares formados en primavera (más anchos) y en otoño (más angostos), determinan la imagen de anillos de crecimiento anuales



Anillos de crecimiento



- Súber
- Floema 2°
- Xilema 2° de 3^{er} año
- Xilema 2° de 2° año
- Xilema 2° de 1^{er} año
- Xilema 1°
- Parénquima medular
- Parénquima cortical
- Radio medular

Sección transversal de un tallo de tilo (*Tilia americana*) de 3 años de edad.

Floema

Es un **tejido complejo** formado por:

❑ **Elementos vasculares**

✓ **Elementos cribosos**: especializados en la conducción de la savia elaborada.

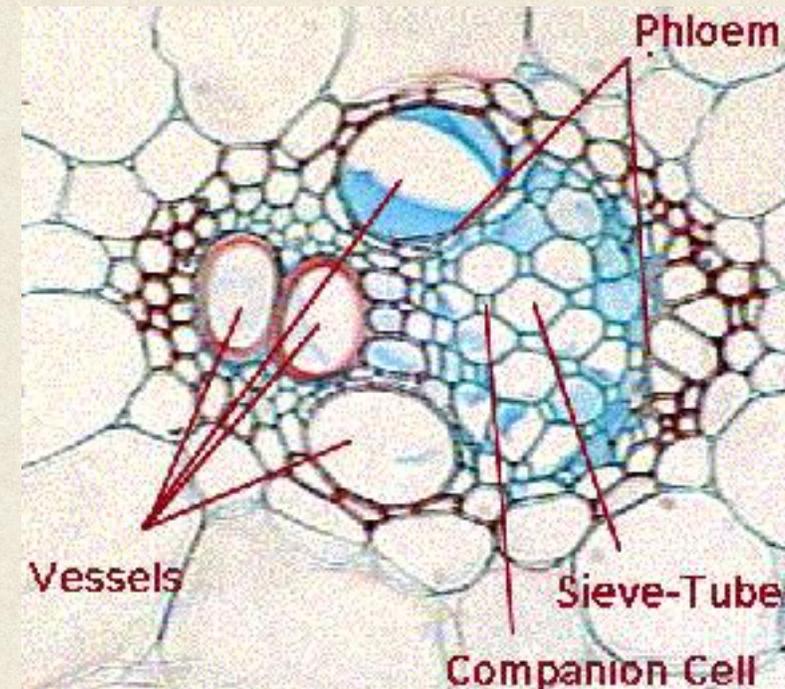
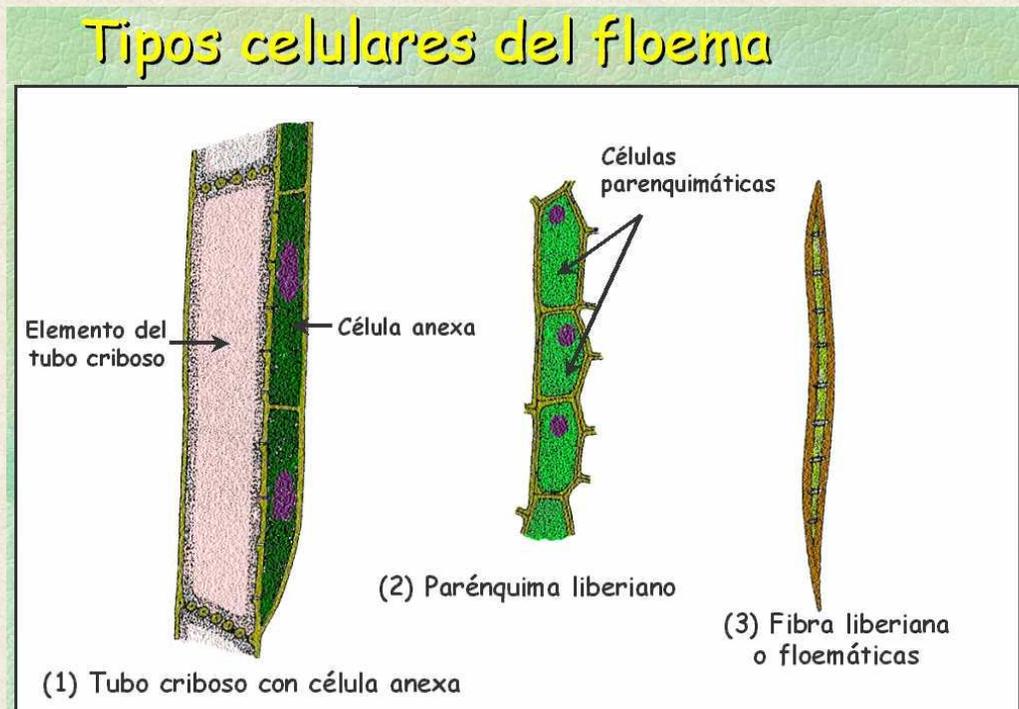
❑ **Elementos no vasculares**

✓ **Células acompañantes**: células parenquimáticas especializadas.

✓ **Células parenquimáticas**: función reservante.

✓ **Fibras floemáticas**: función mecánica.

✓ **Células secretoras**: en ciertas plantas (ej.: canales resiníferos).



Origen

✓ El **floema primario** se origina a partir del **procámbium**, durante el crecimiento primario.

✓ Primero el **protofloema** y más tarde el **metafloema**.

✓ El **floema secundario** se origina del **cámbium vascular**, durante el crecimiento secundario.

El Floema. Tipos Celulares vasculares y no vasculares.

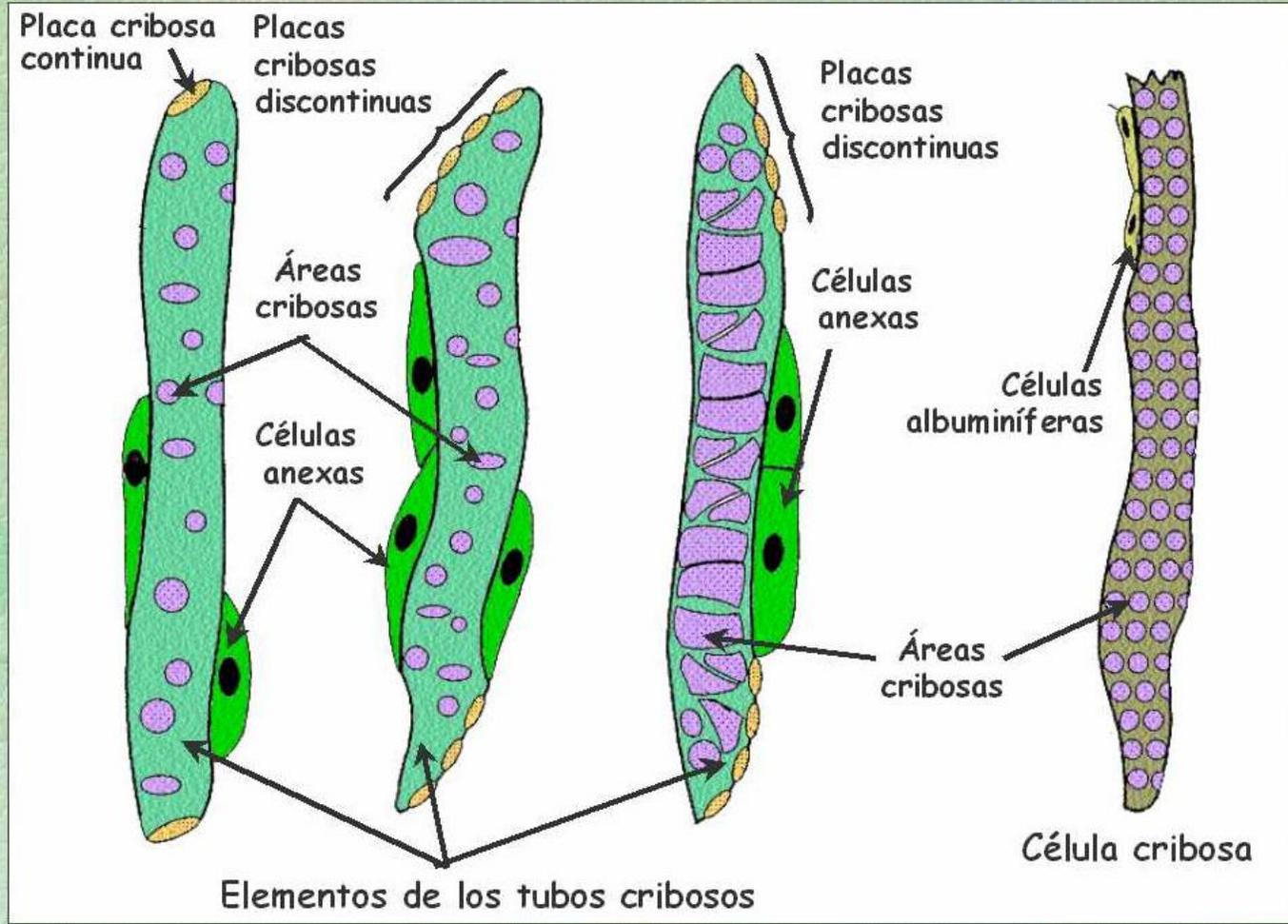
Elementos cribosos (vasculares):

- **Tubos cribosos**: resultan de la superposición de células de forma cilíndrica unidas unas a otras a través de sus bases, que están atravesadas por **cribas**, formando **placas cribosas**. Estas células se denominan **elementos de los tubos cribosos**.

- **Células cribosas**: similares a los elementos de los tubos cribosos, pero se superponen sin que las paredes basales formen verdaderas placas cribosas sino tan sólo **áreas cribosas**.

El floema secundario contiene parénquima en disposición radial. Las células de sostén son fibras y esclereidas.

Células Vasculares del Floema



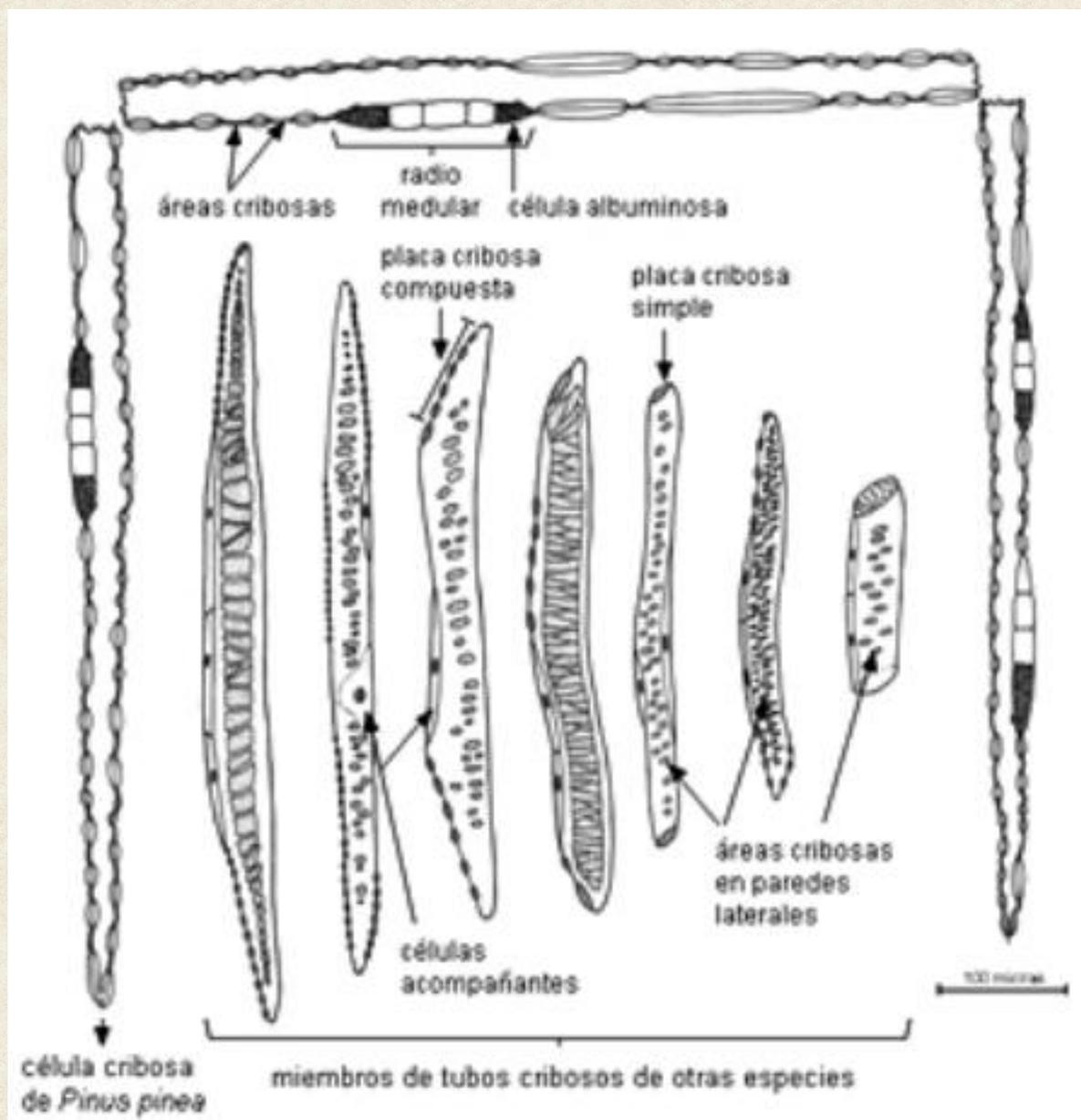
Elementos no vasculares:

Células anexas: acompañan a los tubos cribosos.

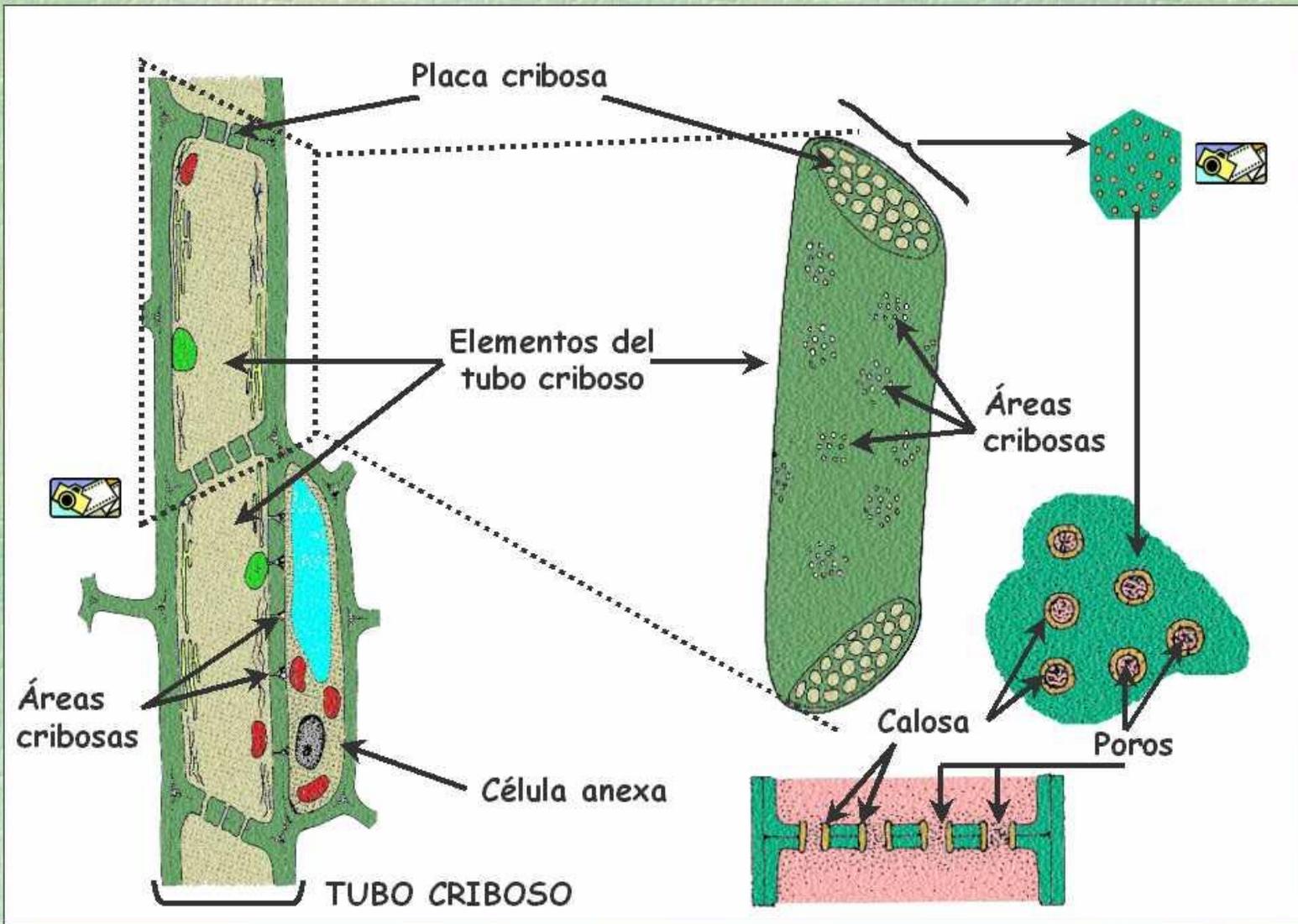
Células albuminíferas: acompañan a las células cribosas.

Parénquima liberiano axial y radiomedular.

Fibras esclerenquimáticas liberianas.



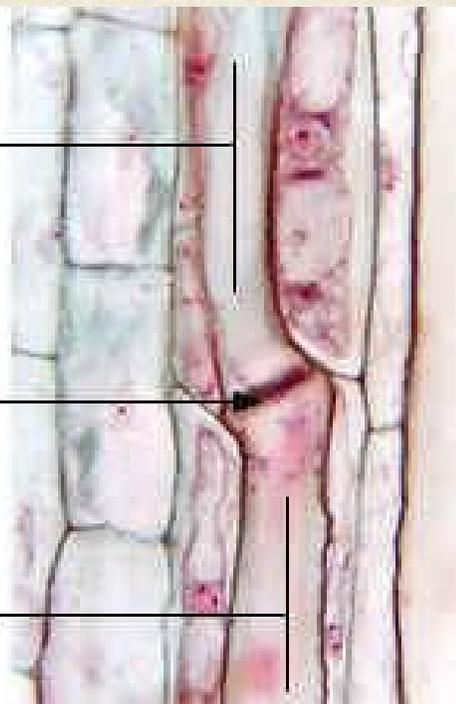
Los Tubos Cribosos



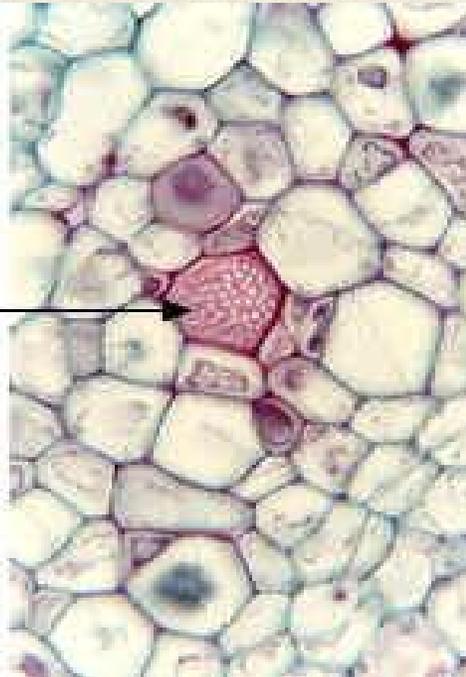
elemento
criboso

placa
cribosa

elemento
criboso

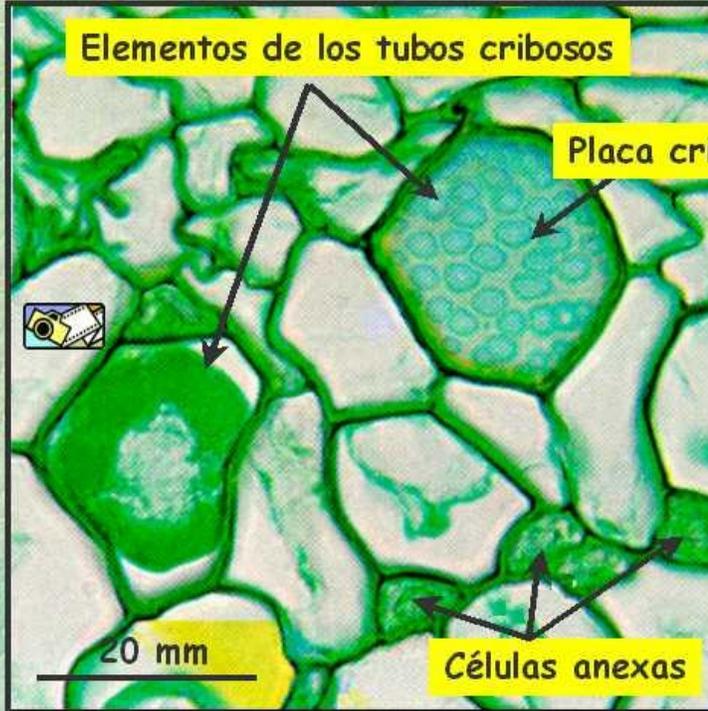


placa
cribosa



Los Placas Cribosas

Elementos de los tubos cribosos



Placa cribosa inmadura

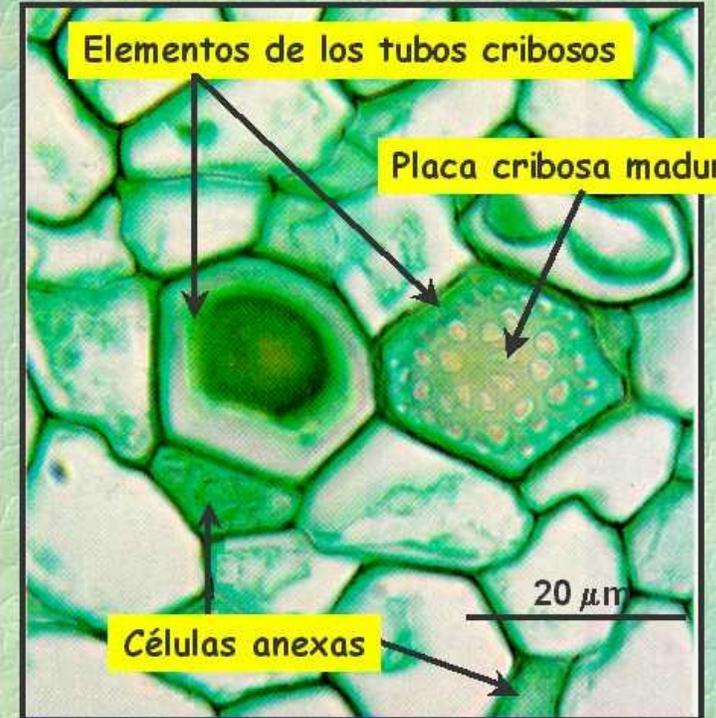
Células anexas

20 mm

Detalles del floema de un tallo de *Cucurbita maxima* visto en secciones transversales. Se observa la presencia en cada una de las fotografías de dos elementos de los tubos cribosos y de varias células anexas.

Elementos de los tubos cribosos

Placa cribosa madura



Células anexas

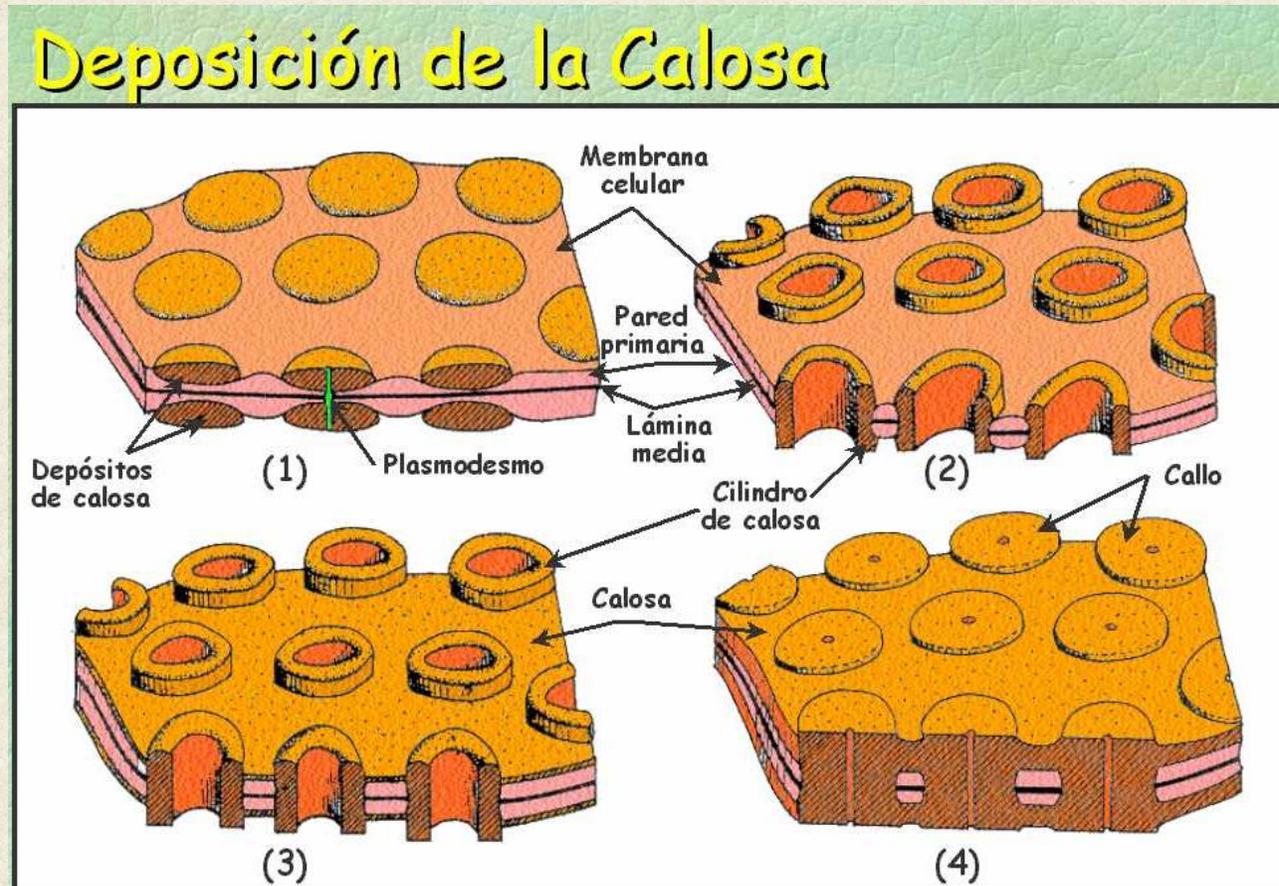
20 μm

Formación de la Calosa

Calosa: polímero formado de glucanos (monómeros de glucosa unidos por enlaces β 1-3).

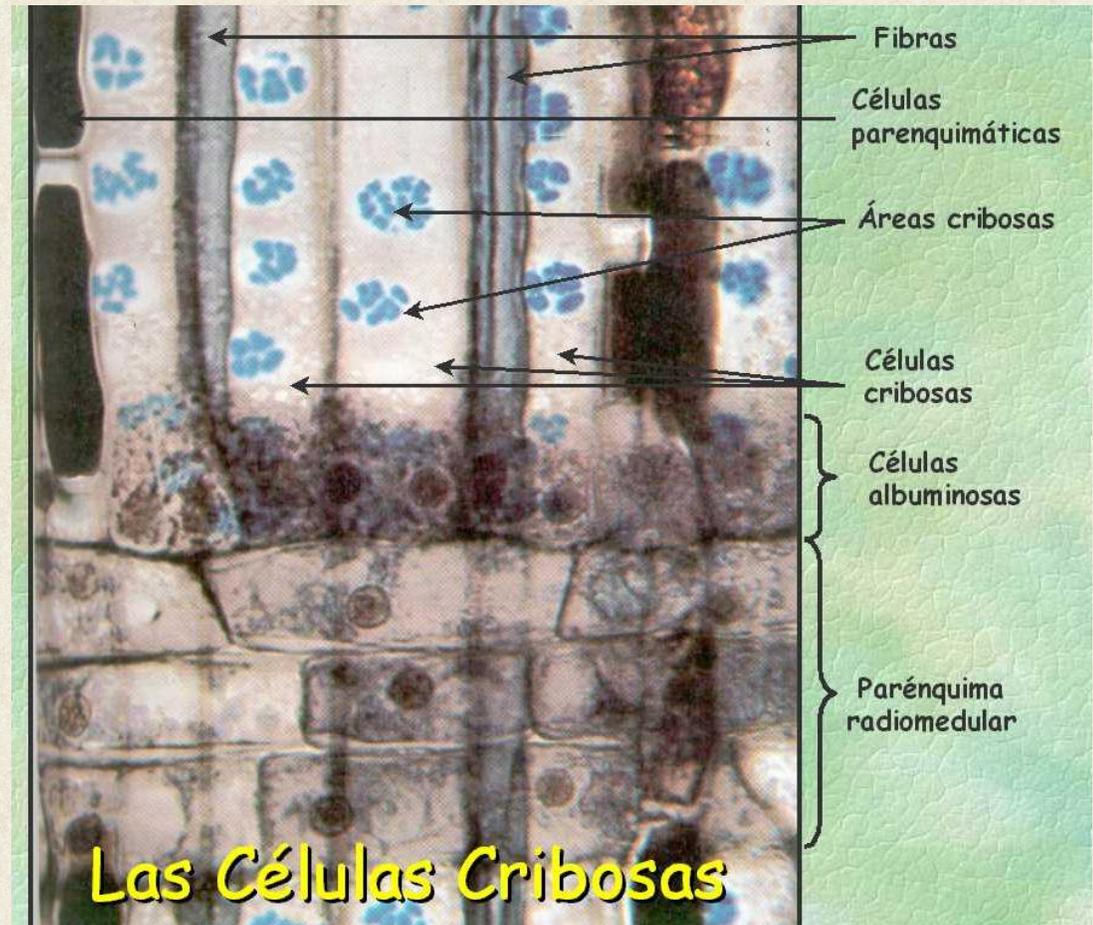
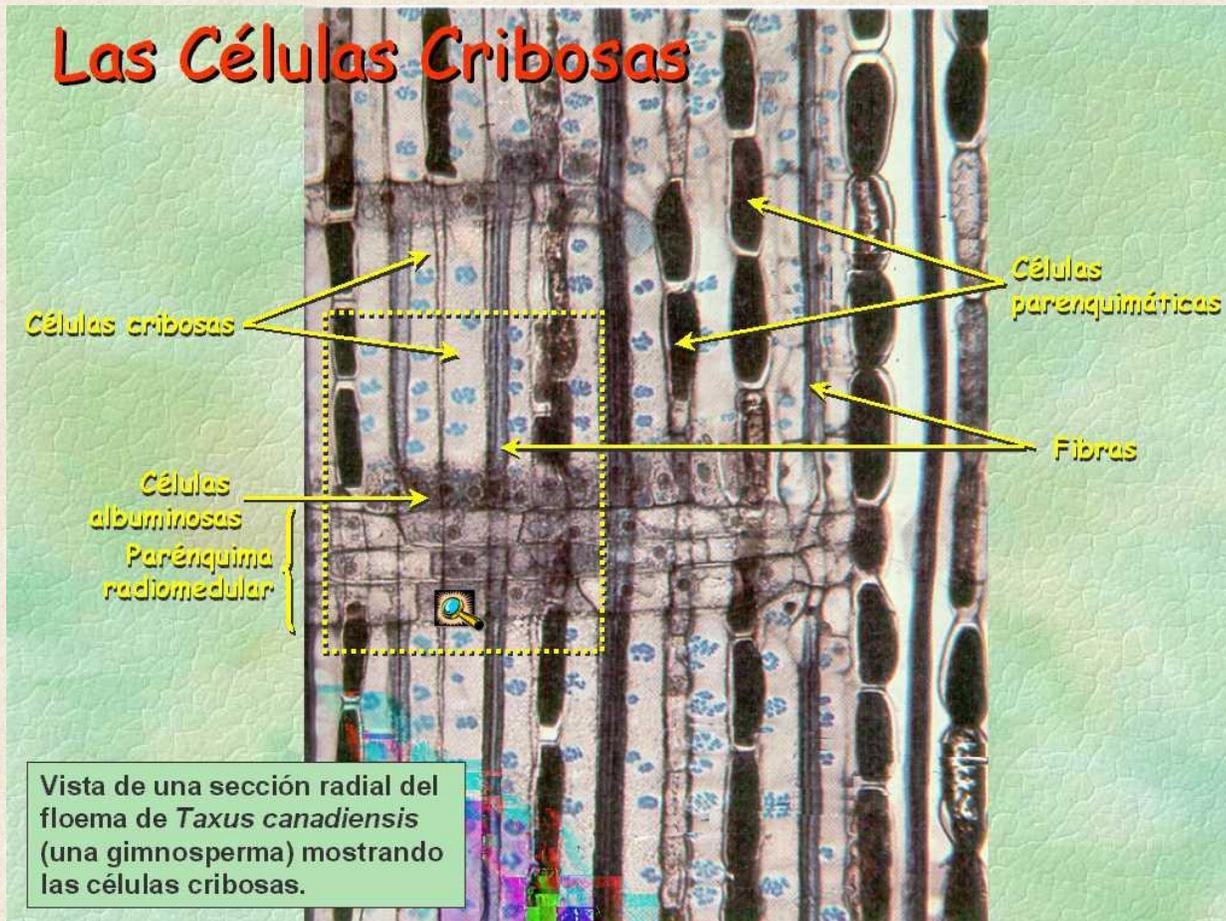
Durante la época de reposo de la planta (invierno), las placas cribosas se taponan por depósito de calosa, interrumpiéndose así las comunicaciones entre los tubos cribosos y entre éstos y las células anexas.

Durante la primavera se disuelve enzimáticamente la calosa. Esto se realiza un máximo de 2-3 veces por tubo criboso.



Las Células Cribosas. Caracteres generales.

- Células largas y delgadas con extremos puntiagudos o paredes terminales muy oblicuas.
- Se disponen superponiéndose unas a otras.
- Sólo presentan **áreas cribosas** (nunca placas cribosas).
- En gimnospermas y criptógamas vasculares hay sólo células cribosas como elementos conductores del floema.



Floema Primario

➤ Floema primario:

Se origina durante el crecimiento primario de la planta. Hay dos tipos: **protofloema** y **metafloema**.

➤ Protofloema:

- Aparece en primer lugar, en partes de la planta que están creciendo.
- Contiene tubos cribosos típicos en angiospermas aunque sin células anexas.
- En gimnospermas y criptógamas vasculares hay células cribosas.
- Deja rápidamente de ser funcional y es destruido a medida que el órgano va creciendo.

➤ Metafloema.

- Se desarrolla cuando ha finalizado la elongación del órgano.
- Presenta tubos cribosos y células cribosas de mayor longitud y grosor que las del protofloema.
- Los tubos cribosos tienen ya placas cribosas.
- Las áreas cribosas están más desarrolladas que en el protofloema.
- No tiene fibras asociadas.
- Es funcional toda la vida en monocotiledóneas sin crecimiento secundario y en algunas dicotiledóneas herbáceas.
- Es sustituido por el **floema secundario** cuando hay crecimiento en grosor (dicotiledóneas).

Floema secundario

- Presenta un desarrollo completo de las **células cribosas** y sus **células albuminíferas** en *gimnospermas*, y de los **tubos cribosos** y las **células anexas** en *angiospermas*.
- El parénquima asociado adquiere también desarrollo completo:
- ***Parénquima axial. Parénquima radiomedular.***
- Los radios de floema se disponen a continuación de los del xilema: **radios medulares.**
- En angiospermas, el floema secundario puede ser ***estratificado*** o ***no estratificado***.
- No forma anillos de crecimiento.