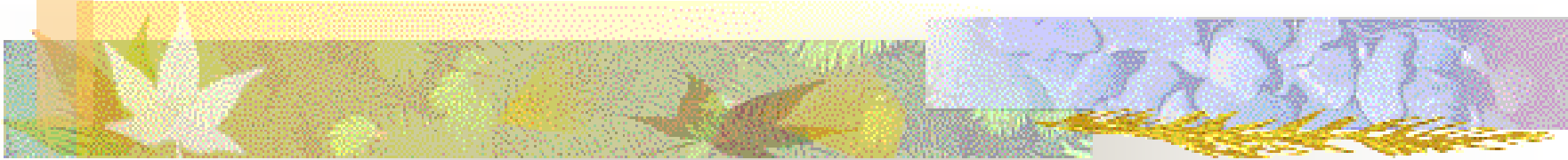


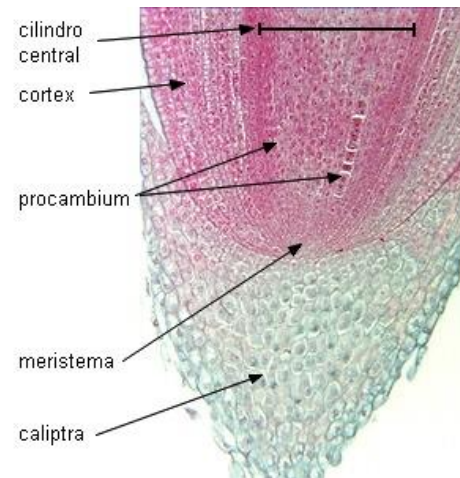
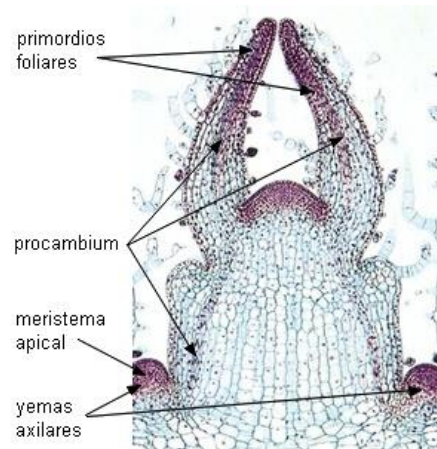
Tejido vascular



Xilema y Floema

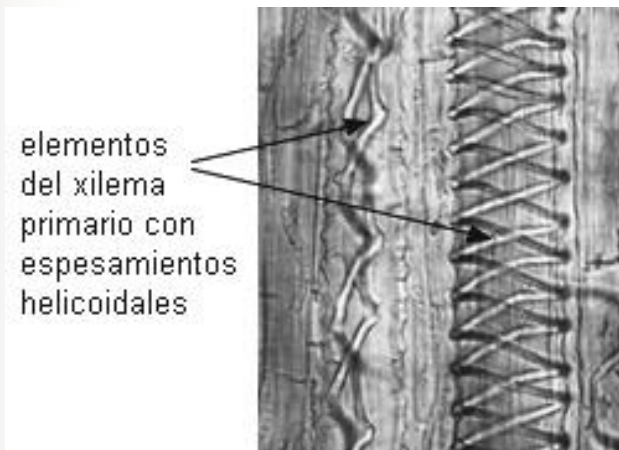
Tejidos primarios

Se forma por la diferenciación continua de nuevos elementos a partir del procámbium. Este se diferencia ya en el embrión, y se produce continuamente a partir de los meristemas apicales. En el tallo de las plantas vasculares, el xilema y el floema primarios se presentan asociados formando cordones denominados haces vasculares.

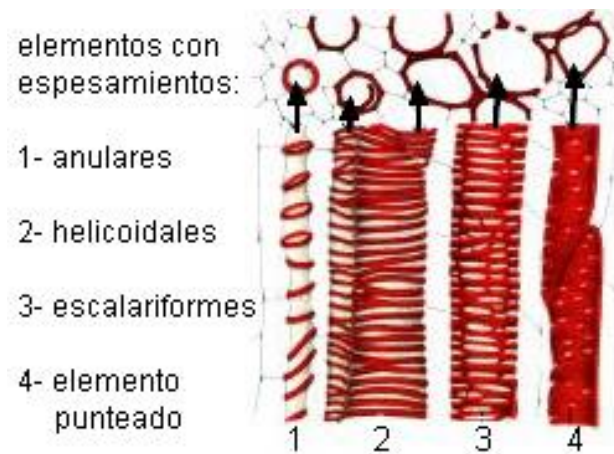


Xilema primario

Ricinus: xilema primario



Aristolochia: xilema primario



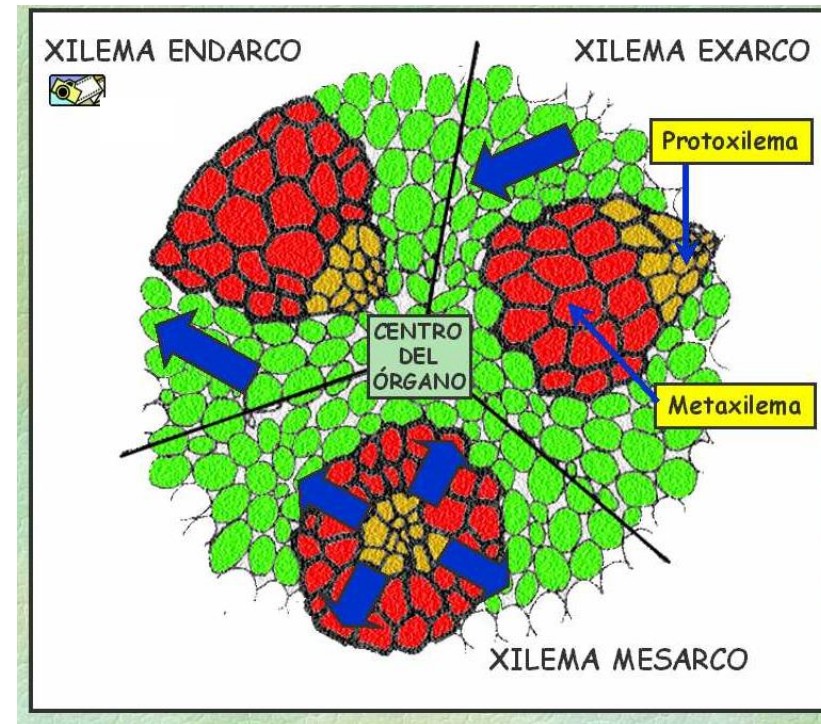
El protoxilema está formado por traqueidas anilladas o espiraladas, que eventualmente se estiran y destruyen. El metaxilema es más complejo, puede tener vasos reticulados y punteados y fibras; es el único tejido conductor de las plantas que no poseen crecimiento secundario.

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).

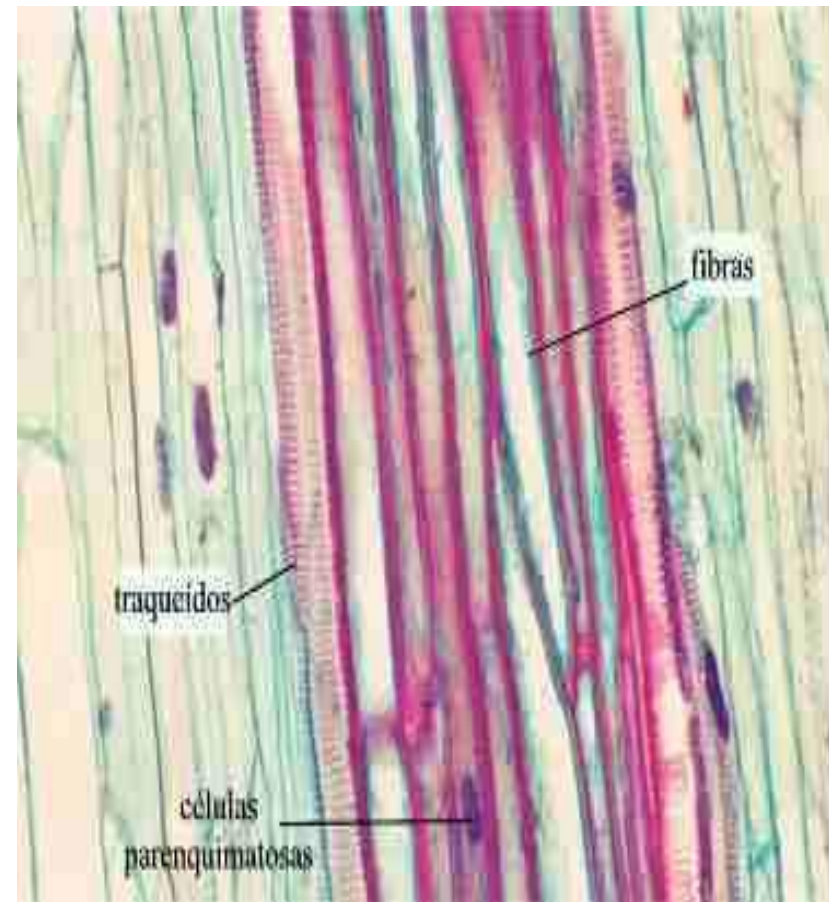


Xilema

Tejido complejo, compuesto principalmente por células muertas.

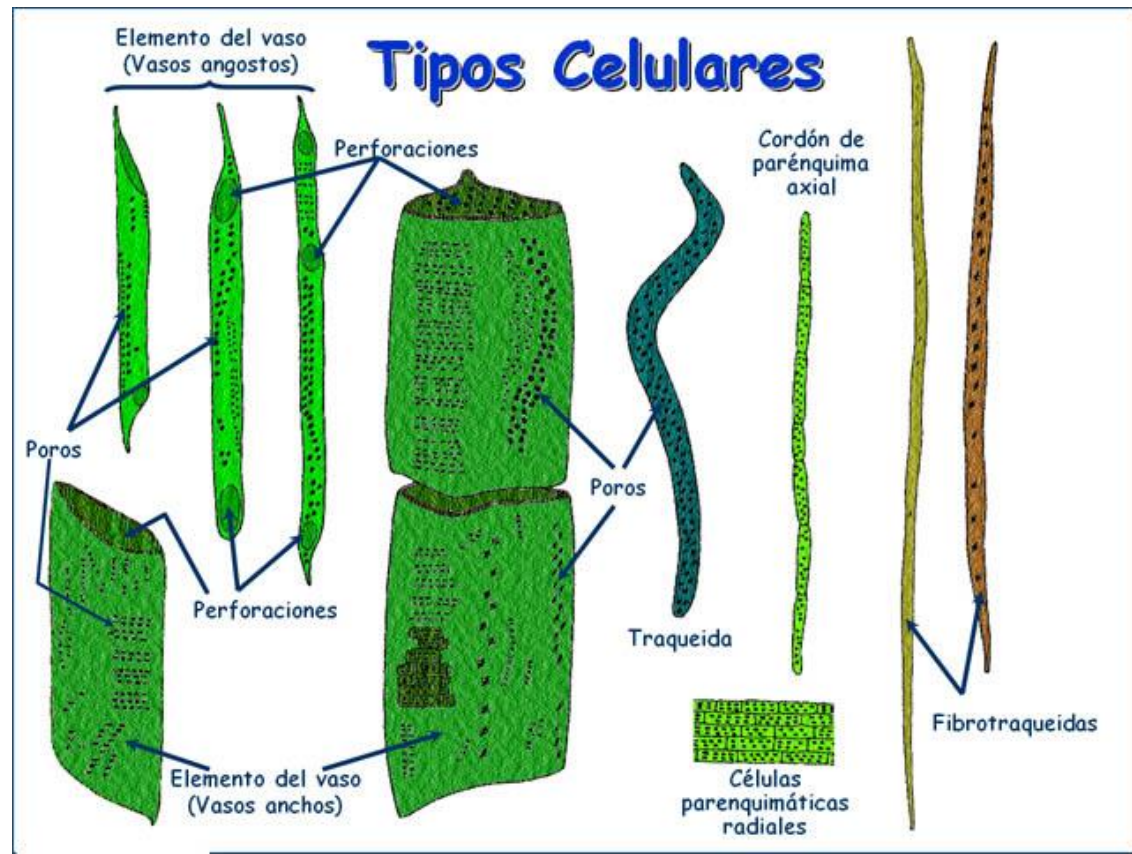
Este tejido está compuesto por diversos tipos celulares:

- Células conductoras (Traqueidas y Miembros de vasos), con pared secundaria.
- Elementos de almacenamiento (parénquima).
- Elementos de sostén (Fibras de esclerénquima).

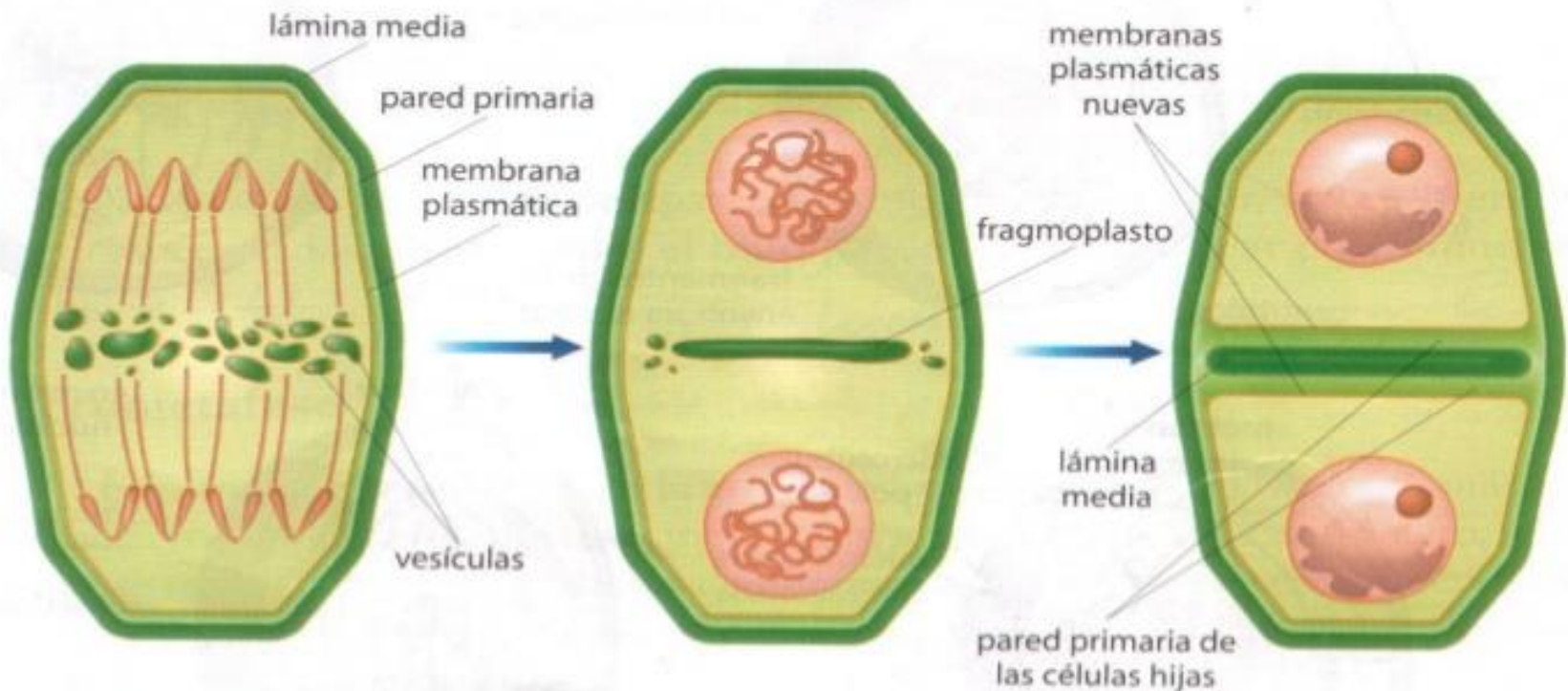


Células conductoras del Xilema:
Las **traqueidas** se encuentran en
gimnospermas y angiospermas

Los **elementos del vaso** sólo se encuentran
en angiospermas.



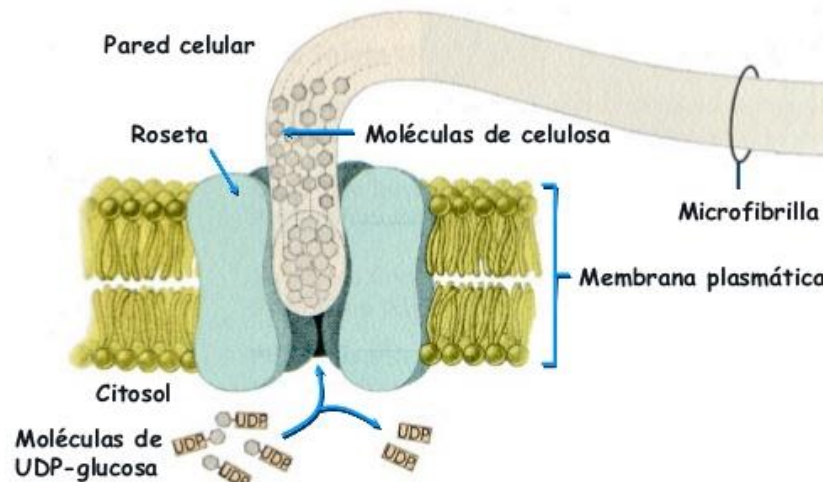
La pared celular se empieza a formar desde la división celular (telofase), cuando se forma el fragmoplasto, por las vesículas formadas en el dictiosoma o aparato de Golgi, que formará la lámina media.



17.7. Citocinesis en células de vegetales superiores.

Una vez formadas las membranas celulares de cada célula hija, las enzimas celulosa sintasa inician la síntesis de microfibrillas de la pared primaria.

Síntesis de las microfibrillas (2)



Cada roseta de enzimas sintetiza las moléculas de celulosa a partir de UDP-glucosa. Las moléculas de UDP-glucosa entran en la roseta por la cara interior de la membrana (citoplásmica) y se van polimerizando para formar las moléculas de celulosa que van saliendo por la otra cara de forma ordenada formando posteriormente las microfibrillas.

Celulosa Sintasa (CeSA)

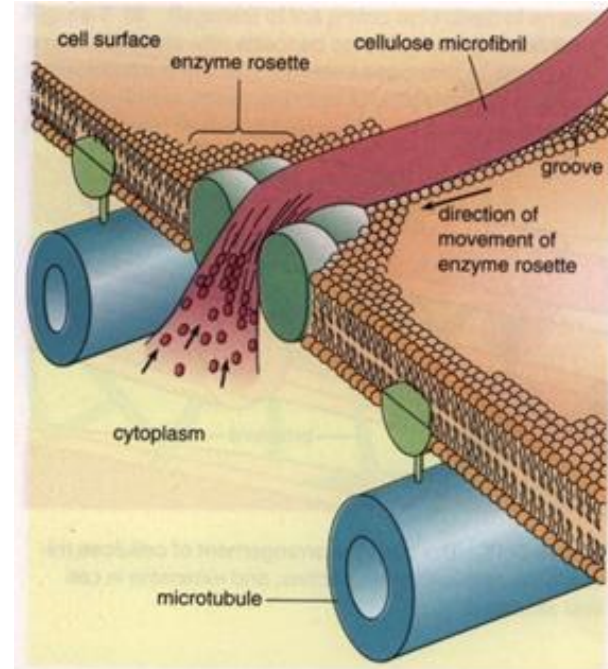
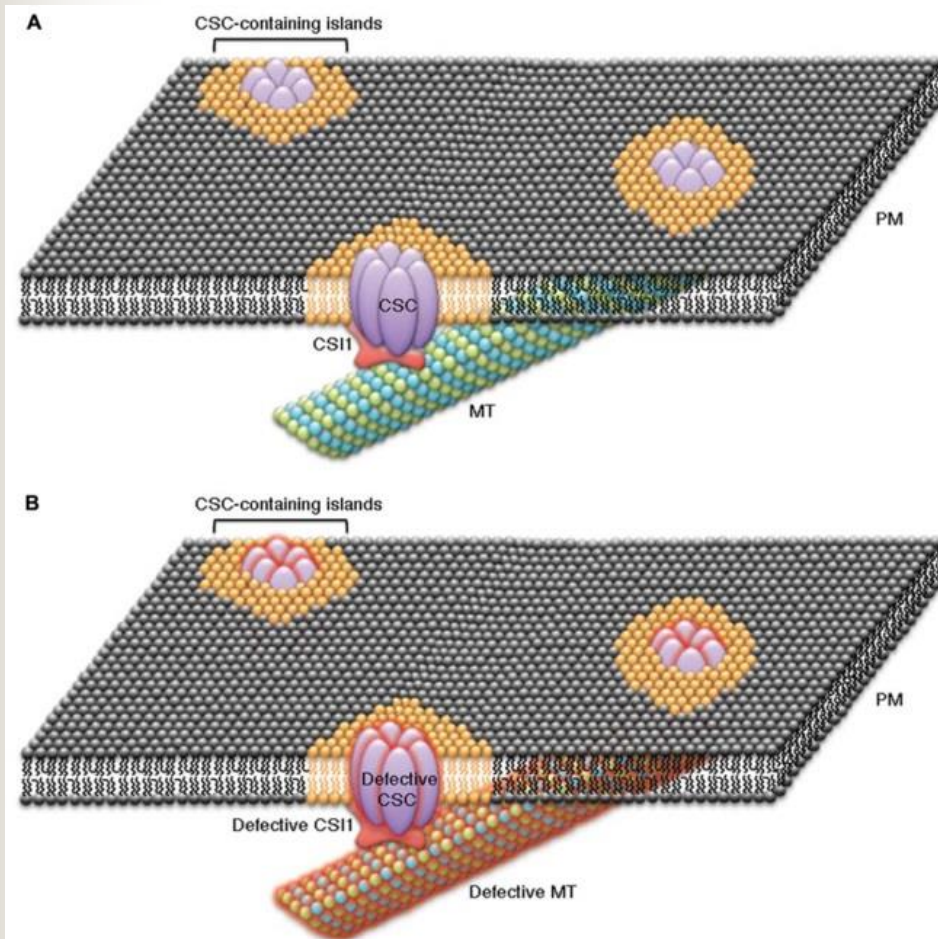
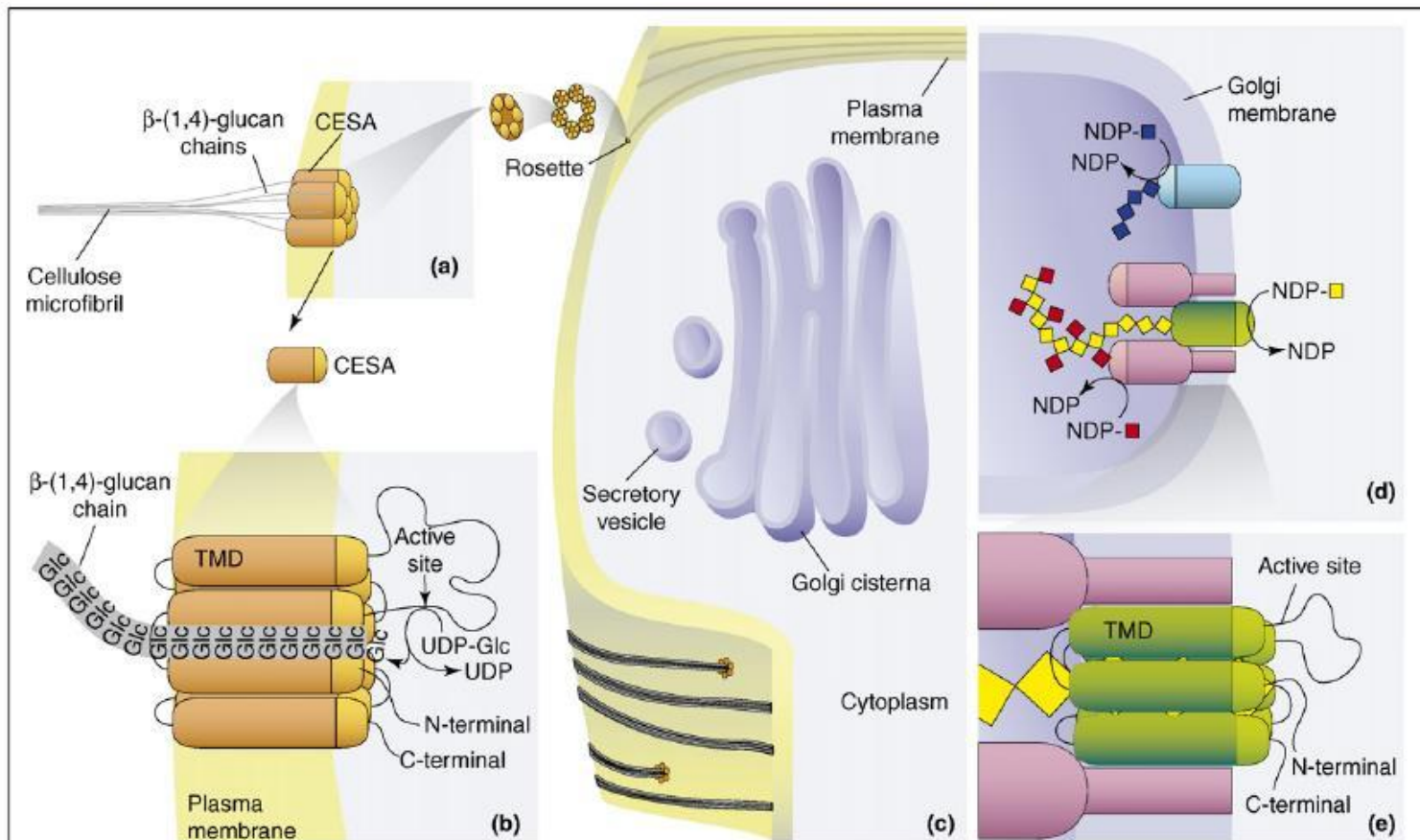
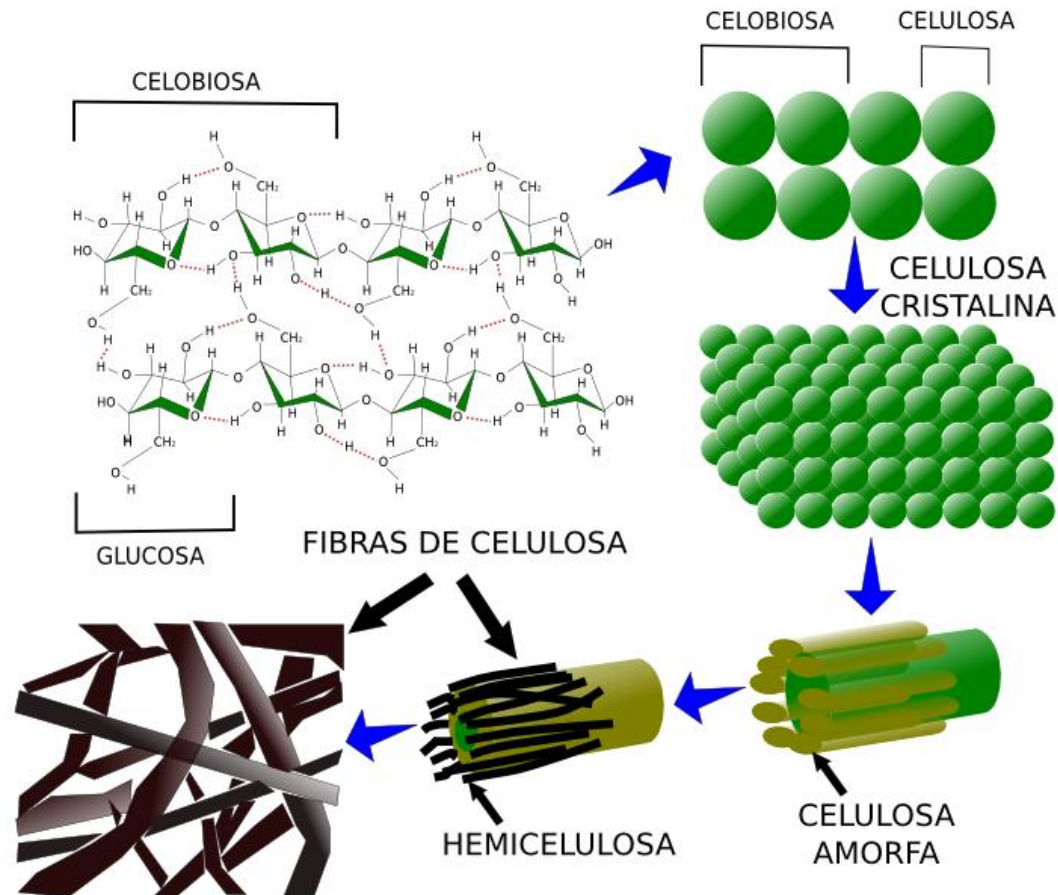


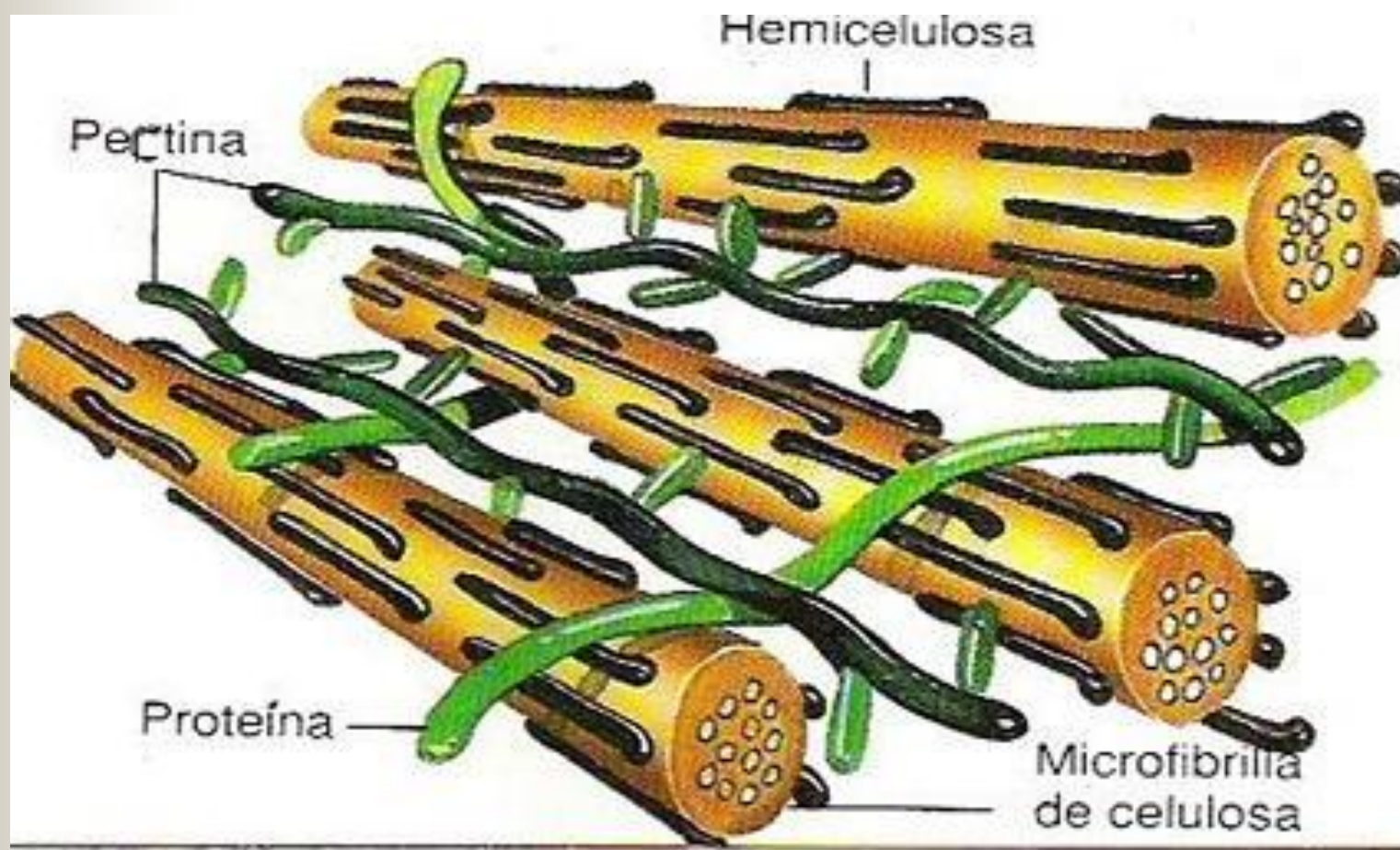
Figure 7-19 Possible relationship of an enzyme rosette and plasma membrane groove in generation of cellulose microfibrils. Each rosette, consisting of a circle of six protein subunits arranged in a hexagon, is thought to cast a microfibril about 5 nm in diameter. Larger microfibrils are assembled by groups of rosettes that may number from two or three to hundreds. As they are assembled, the 5-nm microfibrils fuse into larger microfibrils. The rosette may be guided by parallel tracks of microtubules as shown.

La Celulosa sintasa o Roseta, enlaza Unidades de P-Glucosa, para formar la celulosa.



Las microfibrillas-celulosa se mantienen unidas por fibras de hemicelulosa, pectinas y proteínas P.



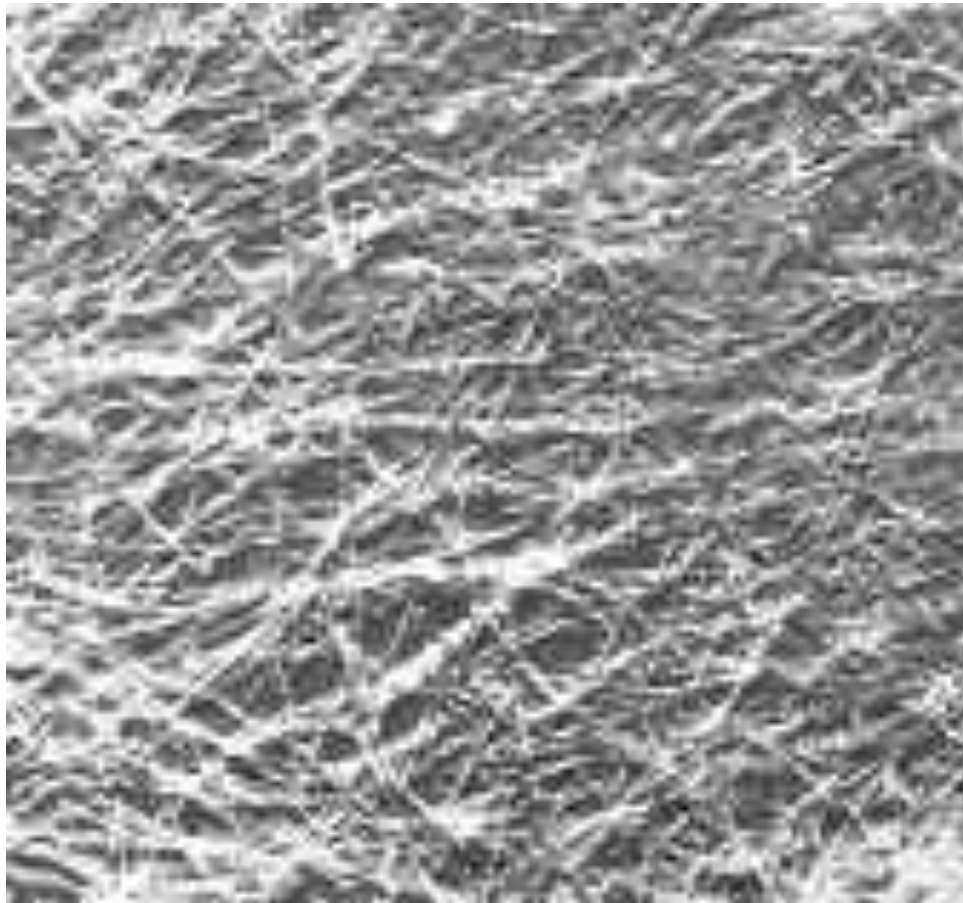




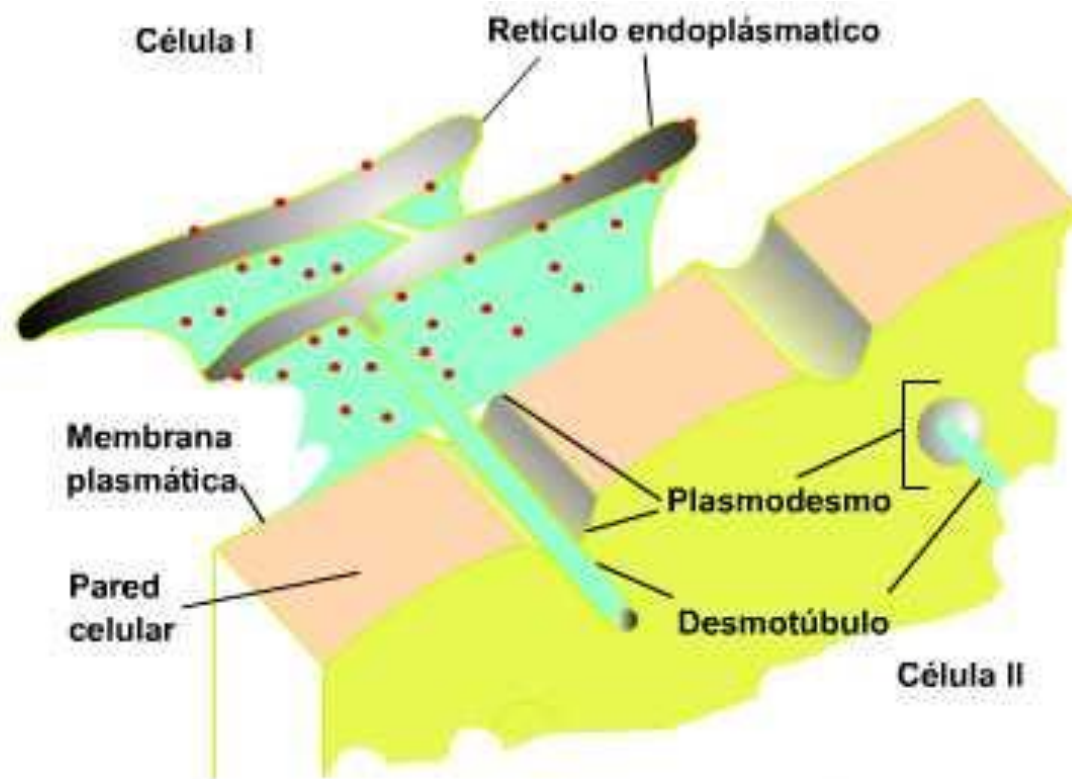
PARED PRIMARIA

- Es la primera en ser secretada por la plasmalema (membrana celular), por lo que todas las células tienen pared primaria.
- Está compuesta de celulosas, hemicelulosas, sustancias pécticas (pectina), agua y proteínas.
- Tiene un grosor que varía entre 1-3 μm , y entre un 9 y un 25% de celulosa organizada en microfibrillas.
- El arreglo de las microfibrillas le da a la pared una apariencia cristalina, y es responsable de su resistencia debido a la fuerza de los enlaces de hidrógeno

Acomodo de las microfibrillas de la pared primaria.

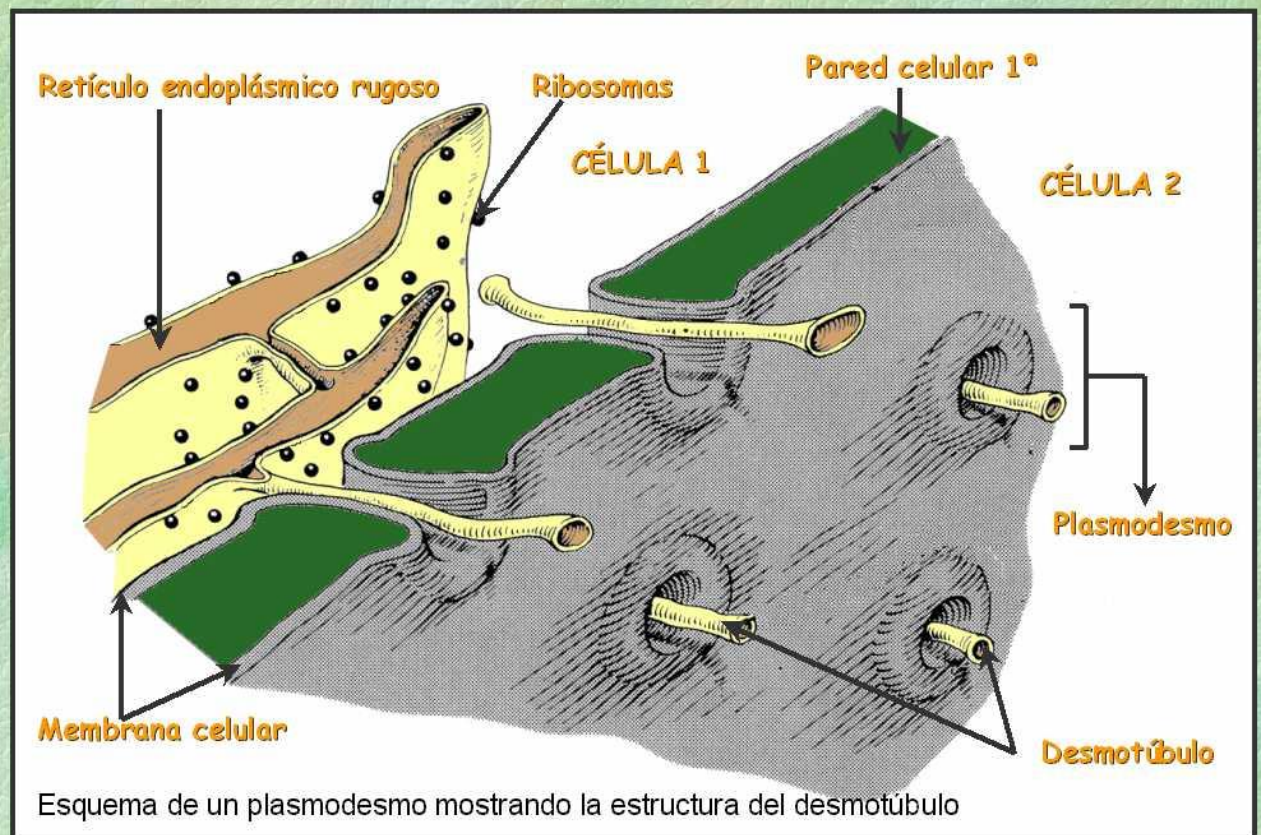


Con partes del Retículo endoplásmico, durante la división celular, se forman los Plasmodesmos (comunicación entre células).

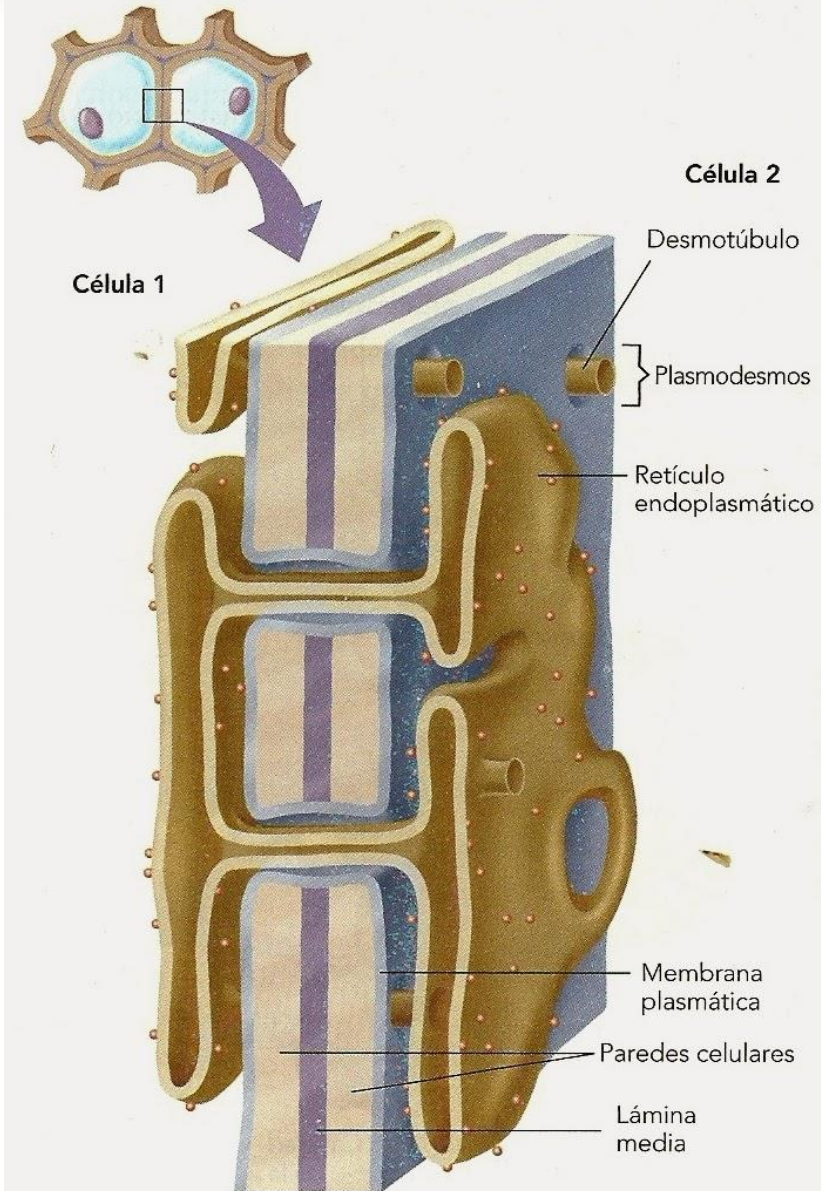
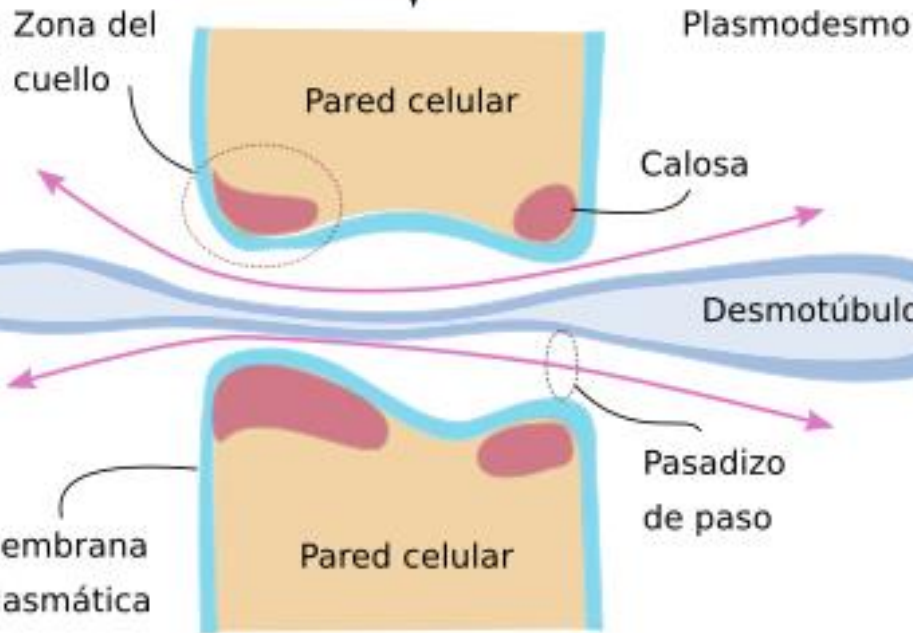
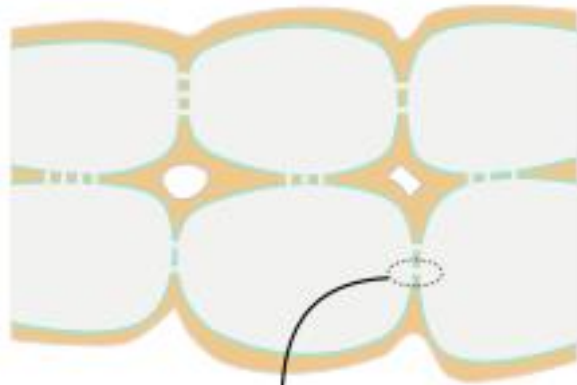


El desmotúbulo es la estructura membranosa que atraviesa las paredes celulares de una célula a otra, como parte del plasmodesmo.

Plasmodesmos: el desmotúbulo

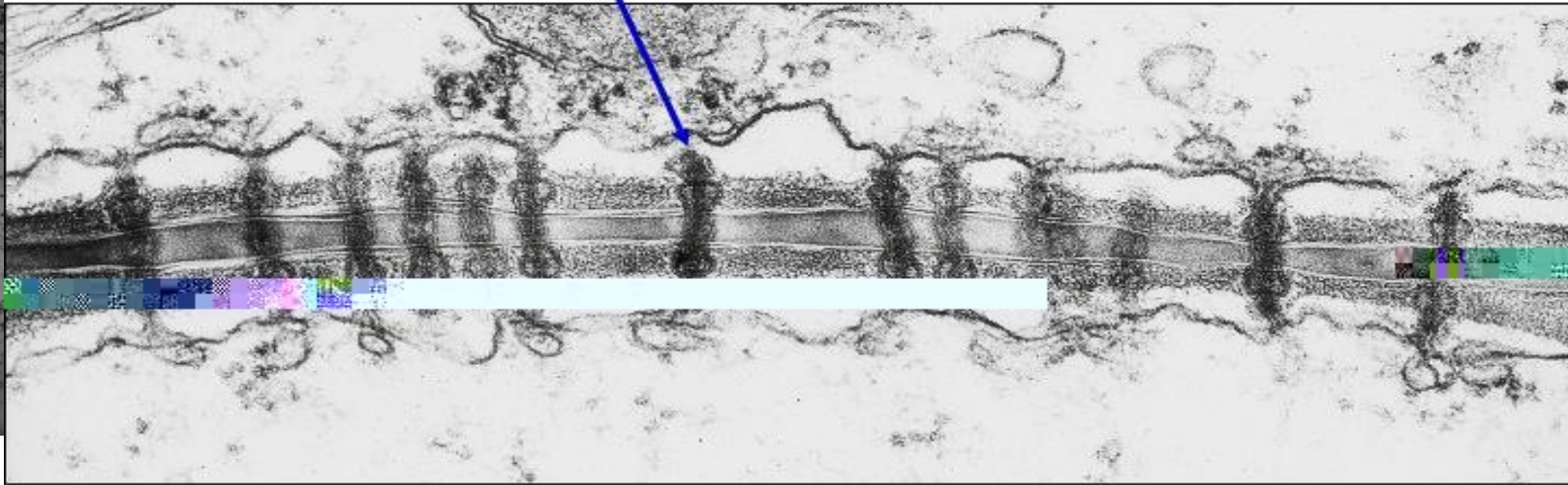


Plasmodesmos - Simplasto



Plasmodesmos

Plasmodesmos en la pared celular.

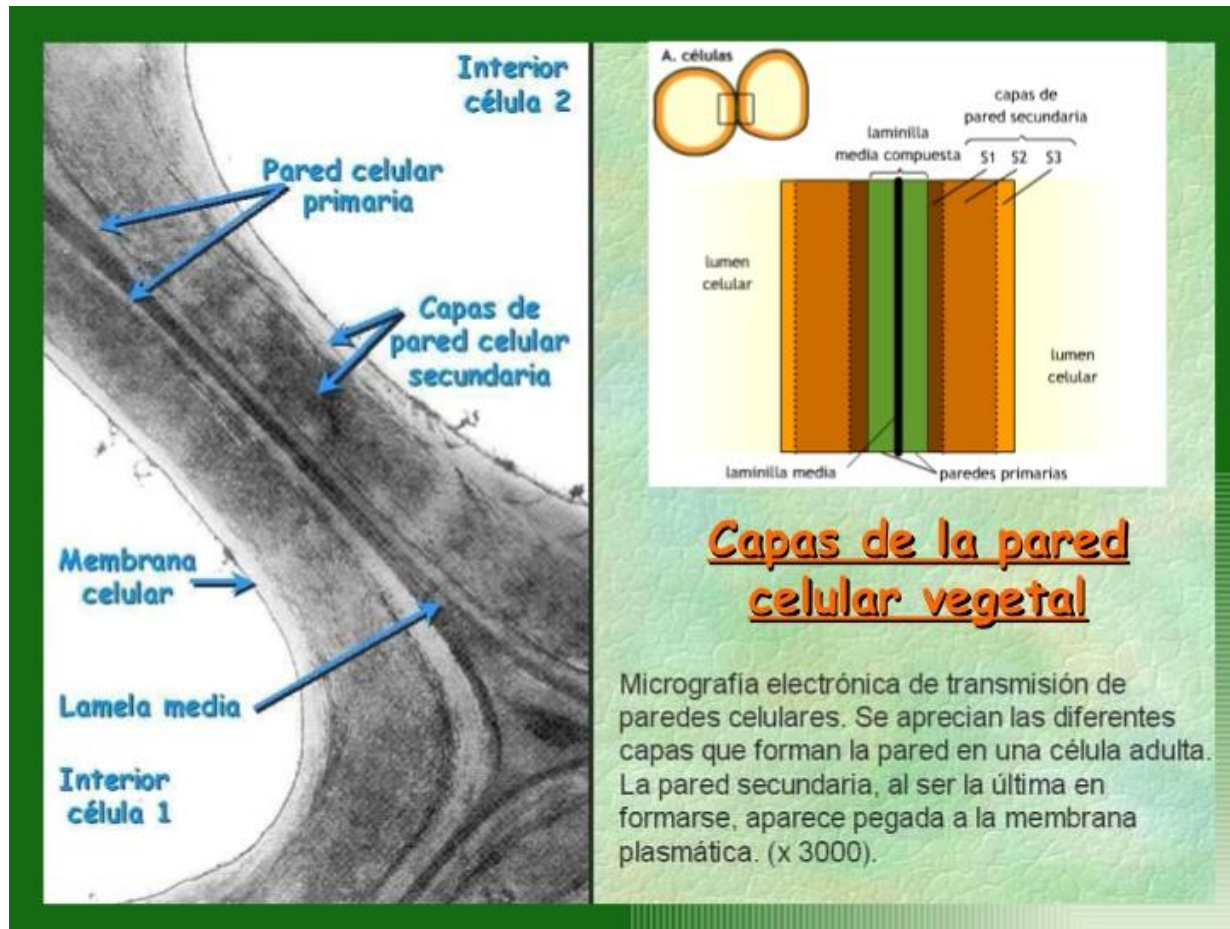




PARED SECUNDARIA

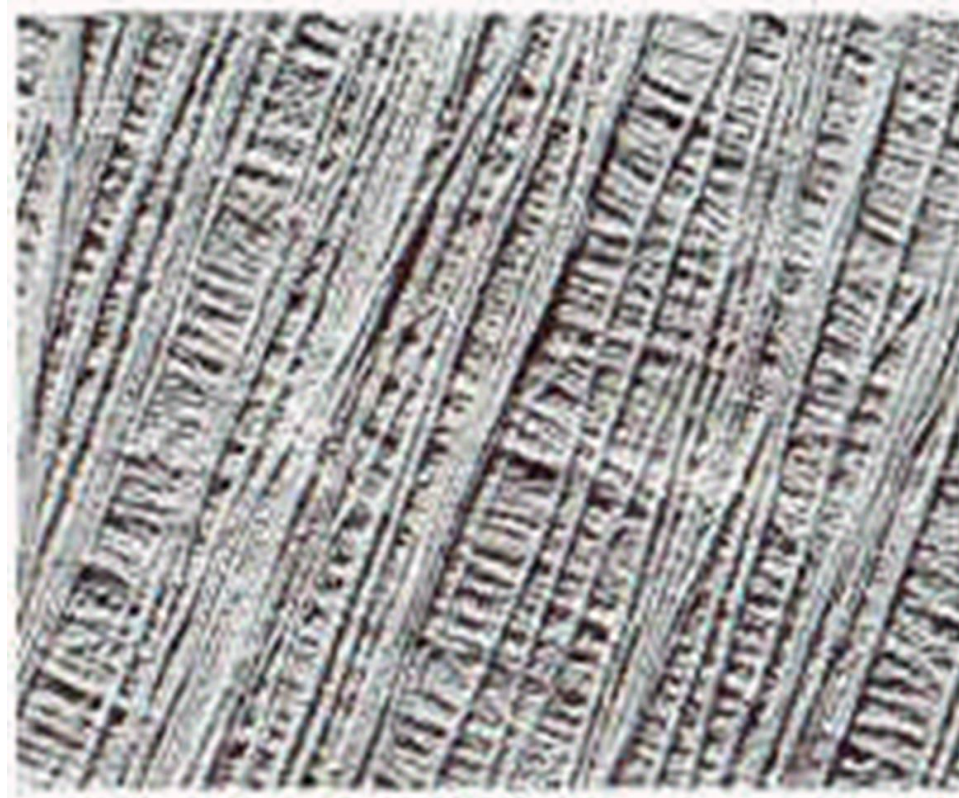
- Se deposita internamente a la pared primaria, cuando la célula ha detenido su expansión (ha llegado a la madurez).
- Son mucho mas gruesas que las primarias y consisten de 41-45% celulosa, 30% de hemicelulosas, 22-28% **lignina**, la cual es un material altamente resistente a la deformación y descomposición.
- Al final de la deposición de pared secundaria, el **protoplasma** muere (apoptosis).

La pared secundaria también es sintetizada por las Rosetas o Celulosas sintetasas en la membrana celular y pueden formar tres capas (S1, S2 y S3).

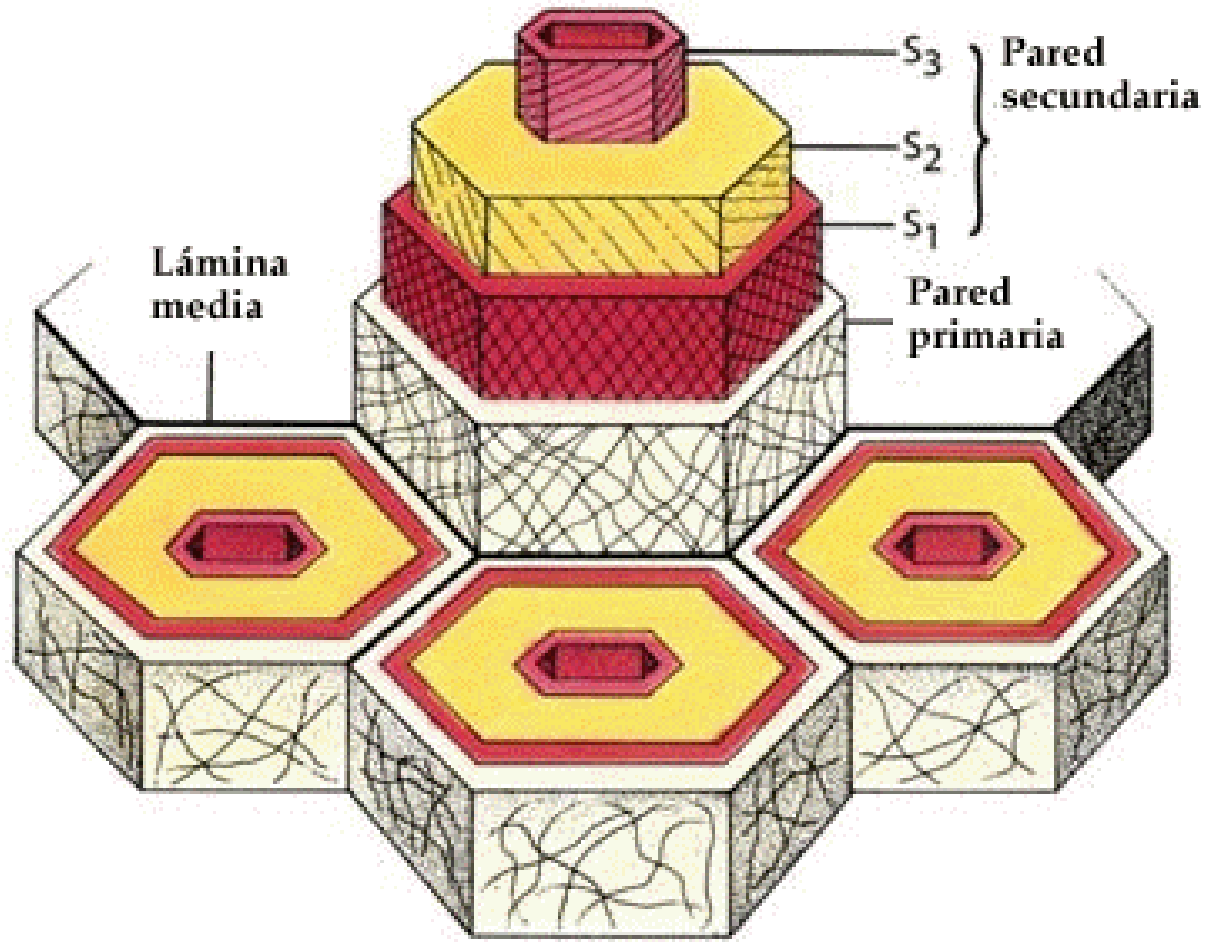


PARED SECUNDARIA

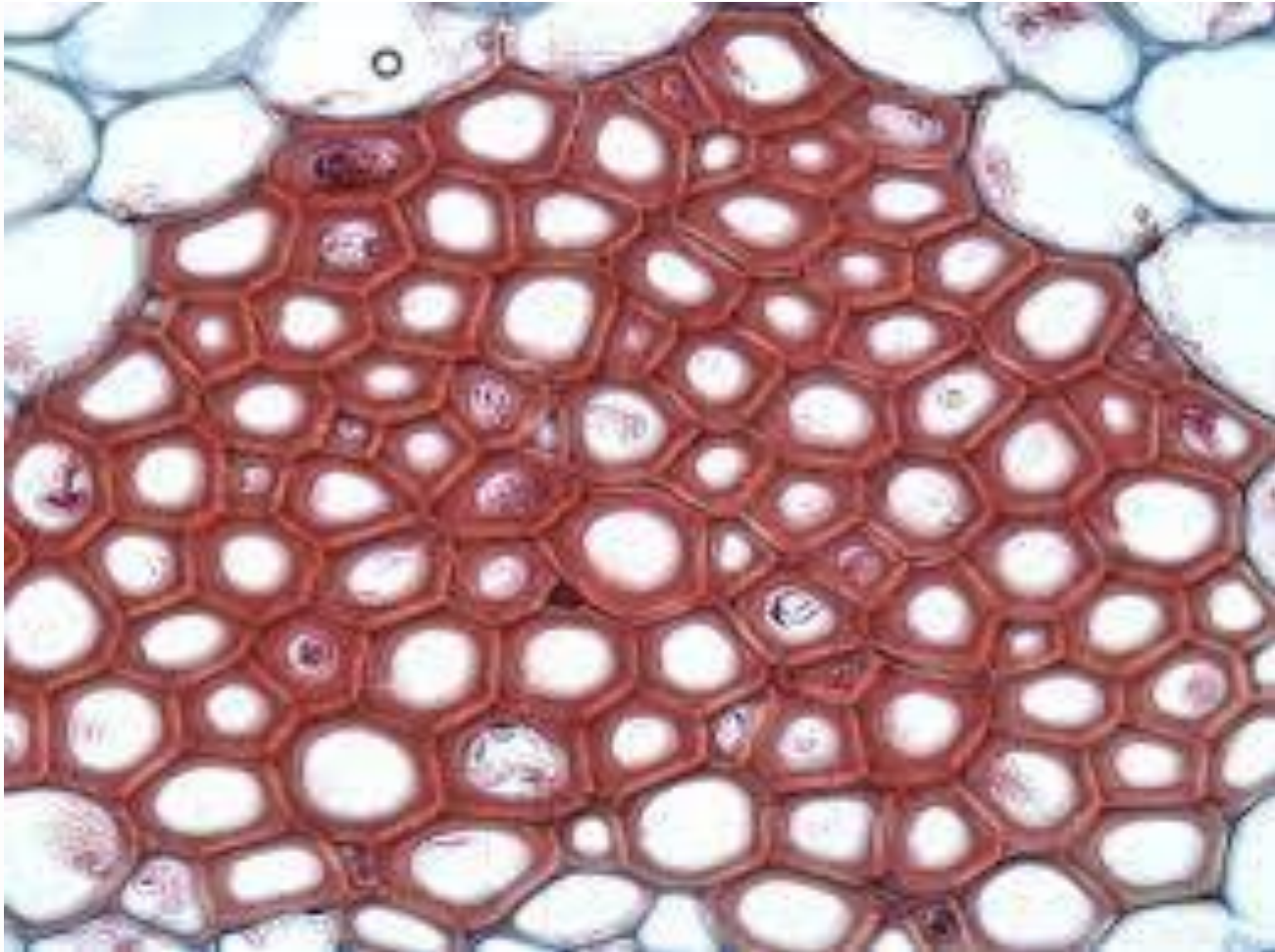
- En la pared secundaria, la orientación de las microfibrillas de celulosa es más regular u ordenada y están organizadas siguiendo un patrón mucho más denso y complejo que en la pared primaria.



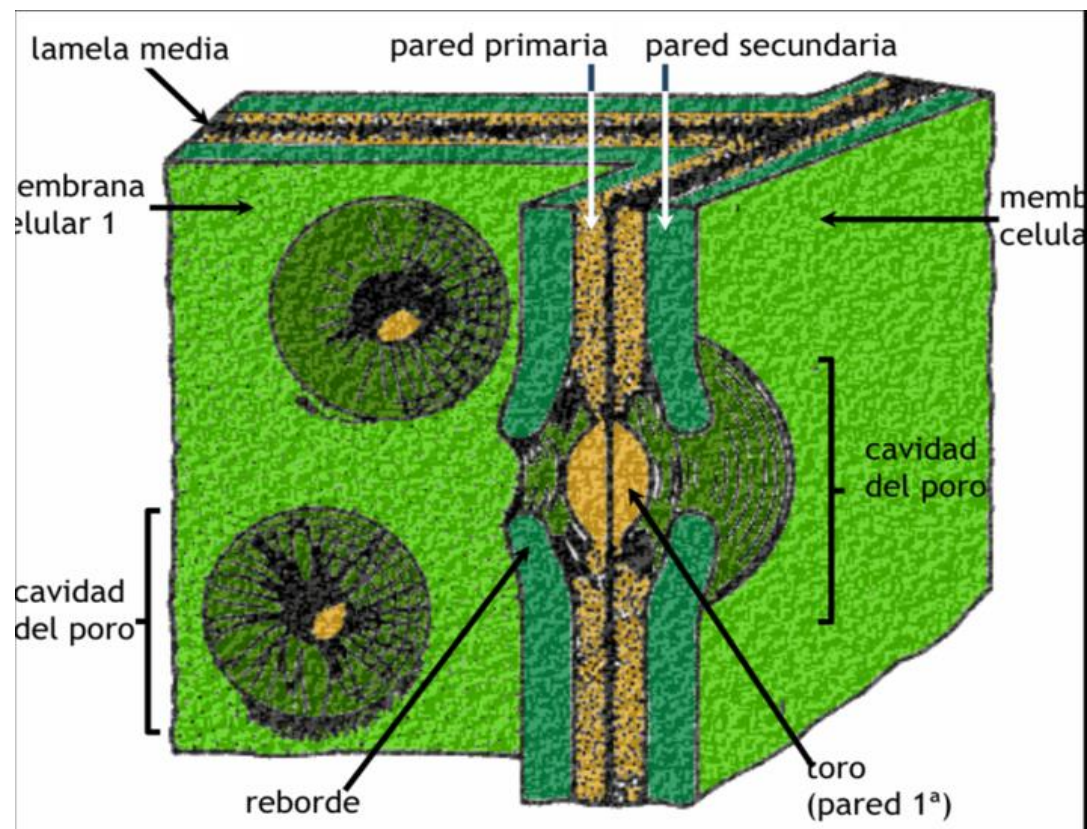
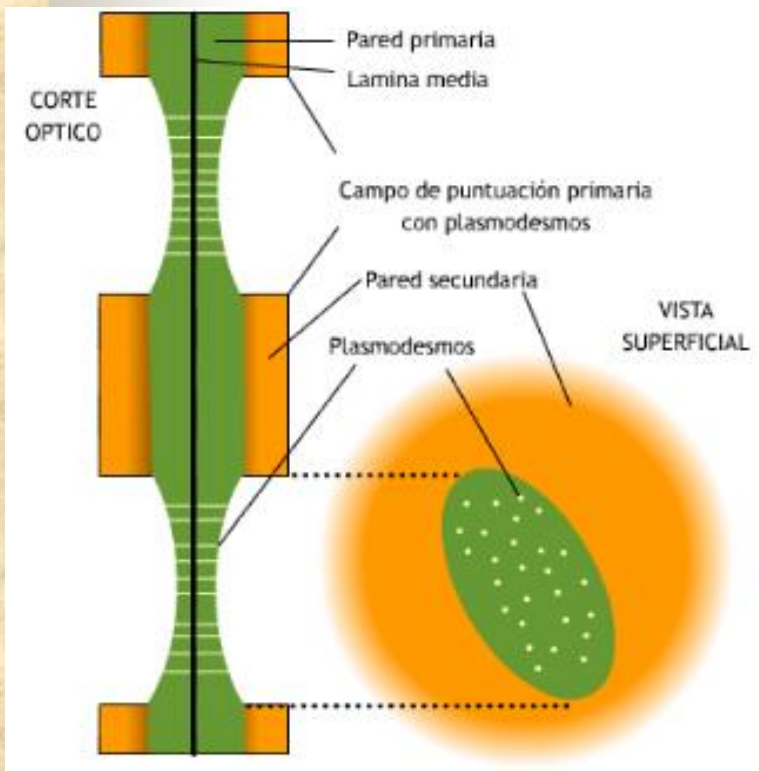
Una vez que se termina la depositación de pared secundaria, las células mueren.



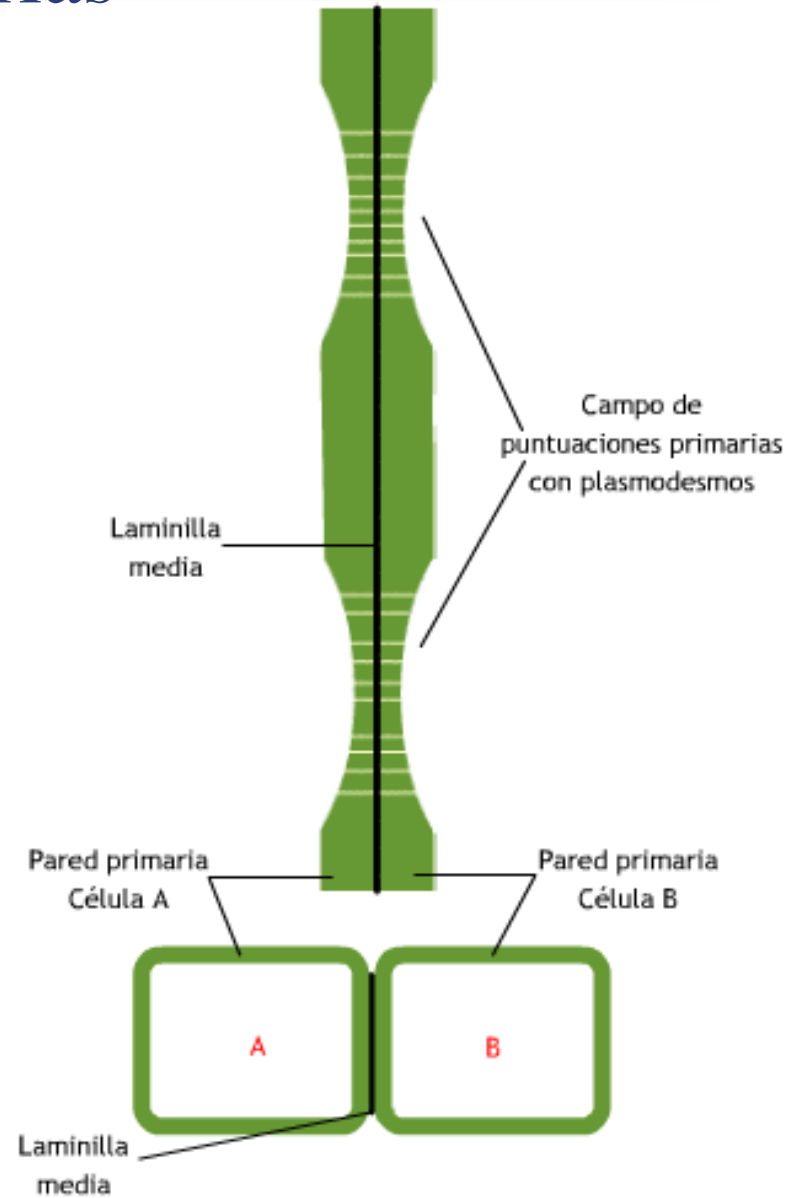
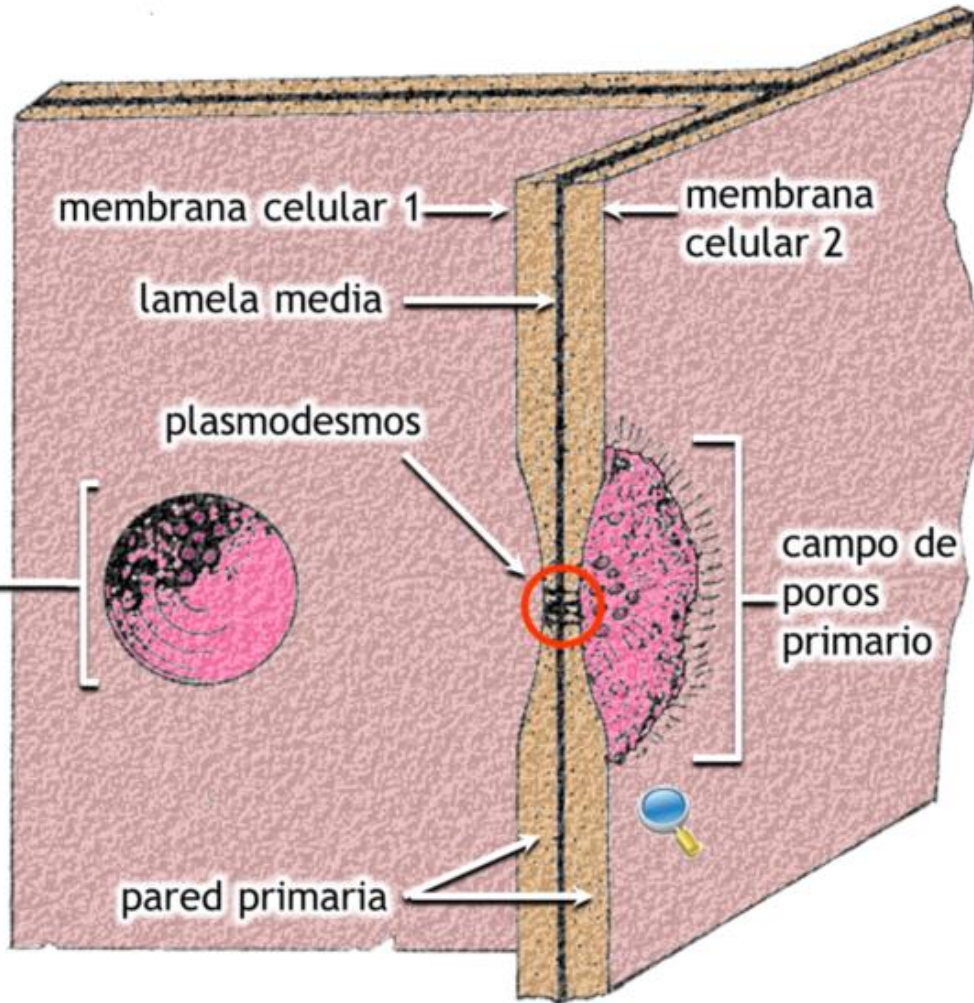
Aquí pueden ver bien las paredes primarias y secundarias.



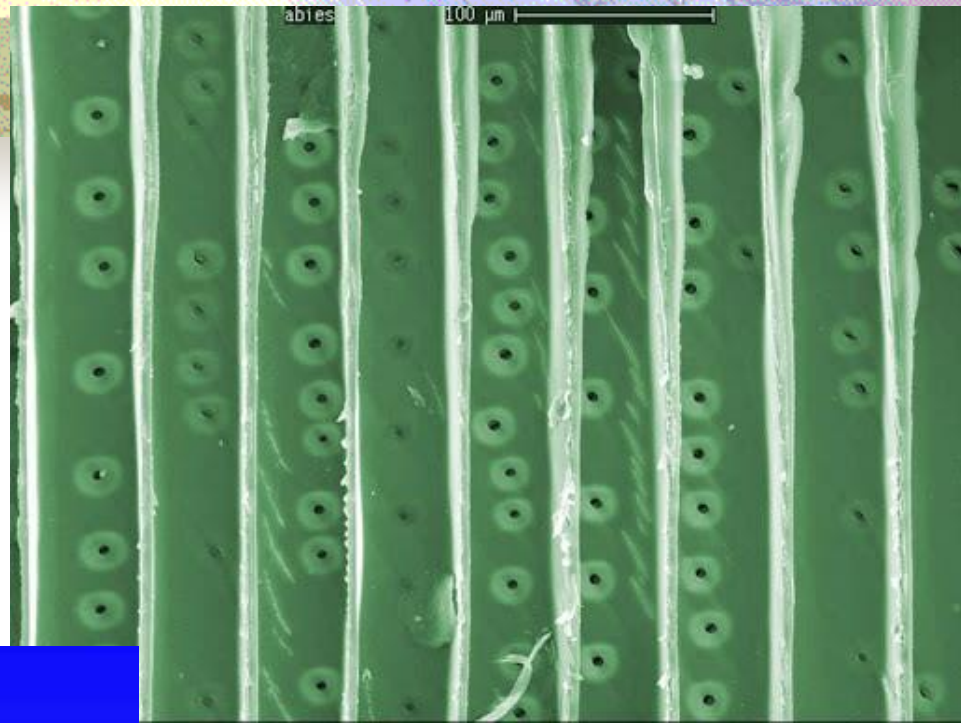
Punteaduras: al depositarse la pared secundaria alrededor de grupos de plasmodesmos, se forman las punteaduras.



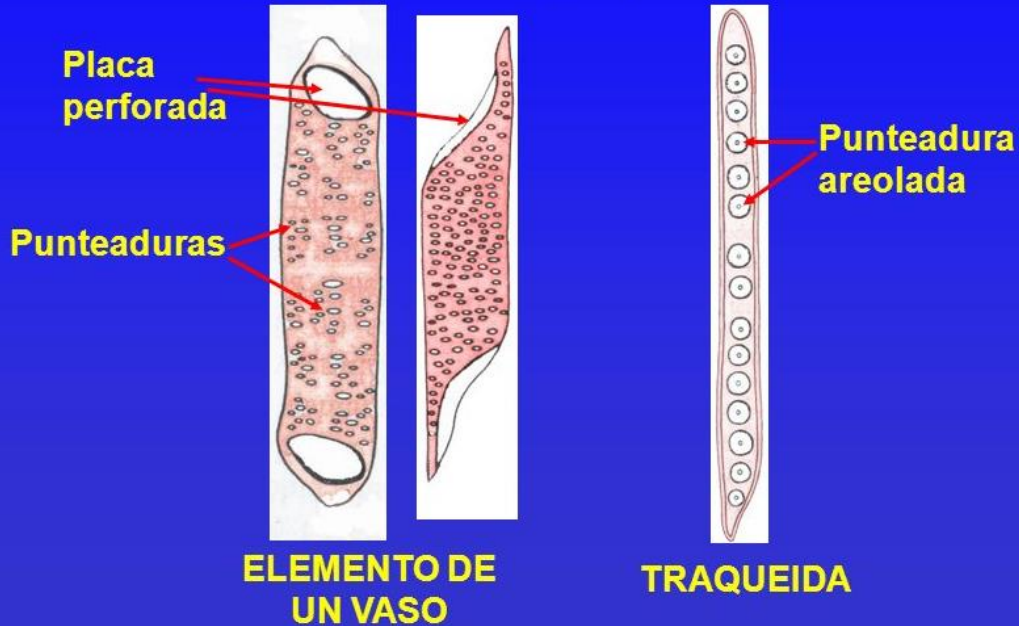
Campo de puntuaciones primarias



Punteaduras en traqueidas y elementos del vaso

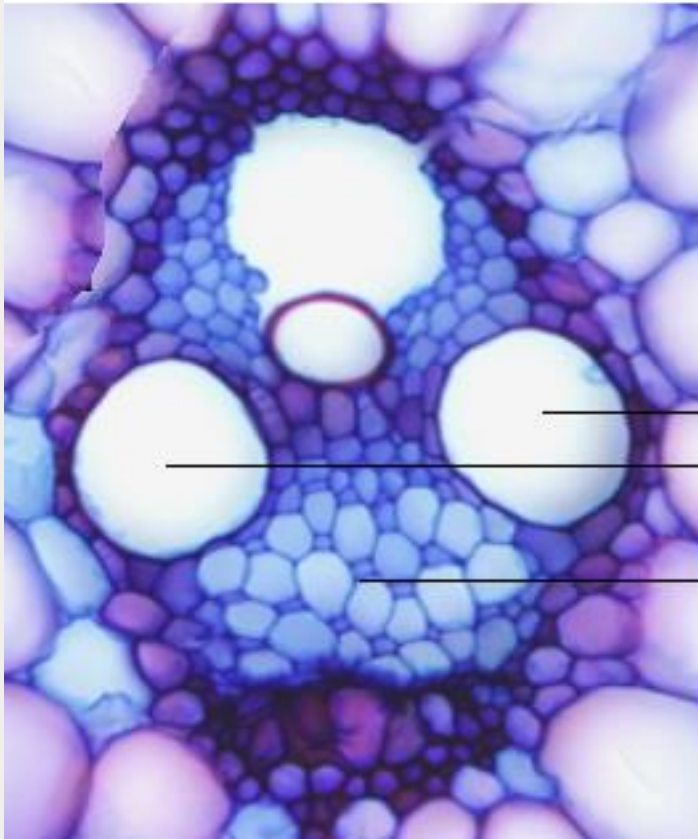


ELEMENTOS TRAQUEALES



Esclerénquima y Xilema son los únicos tejidos cuyas células forman pared secundaria, pero tienen diferente función y origen.

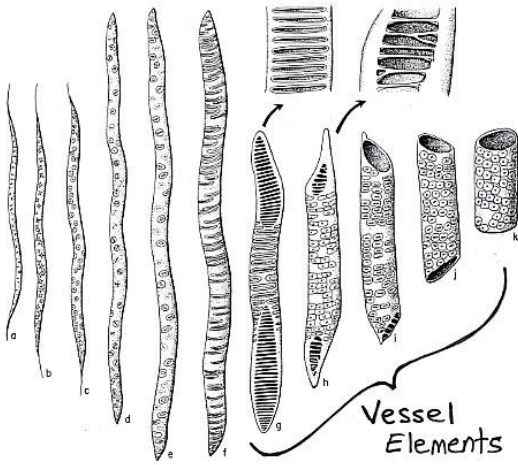
Haz vascular (corte transversal de tallo)



Xilema

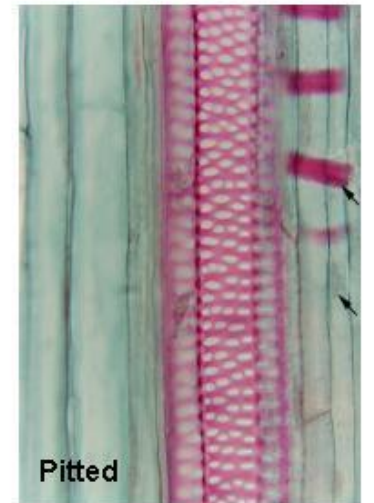
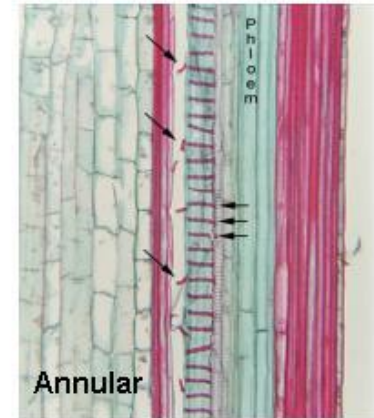
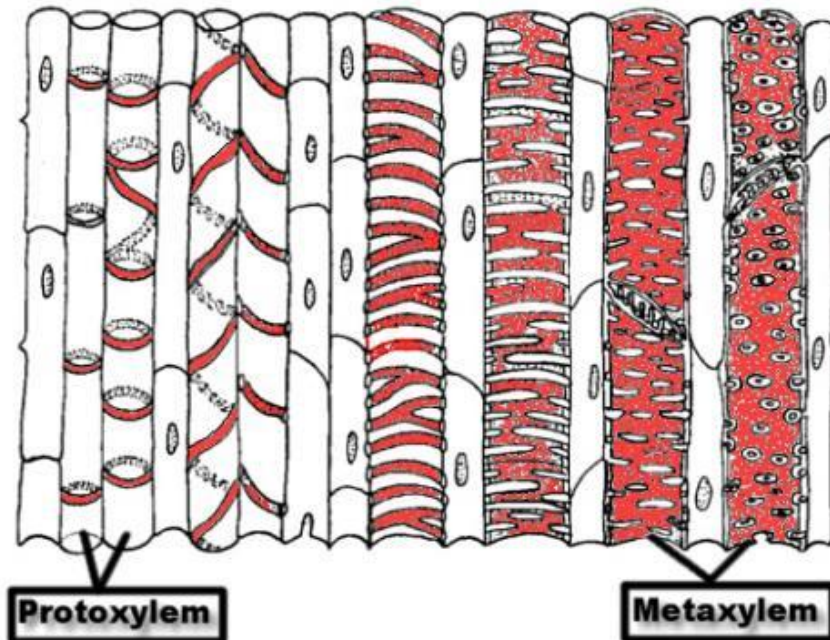
Floema

El xilema y floema siempre están juntos y forman haces vasculares.



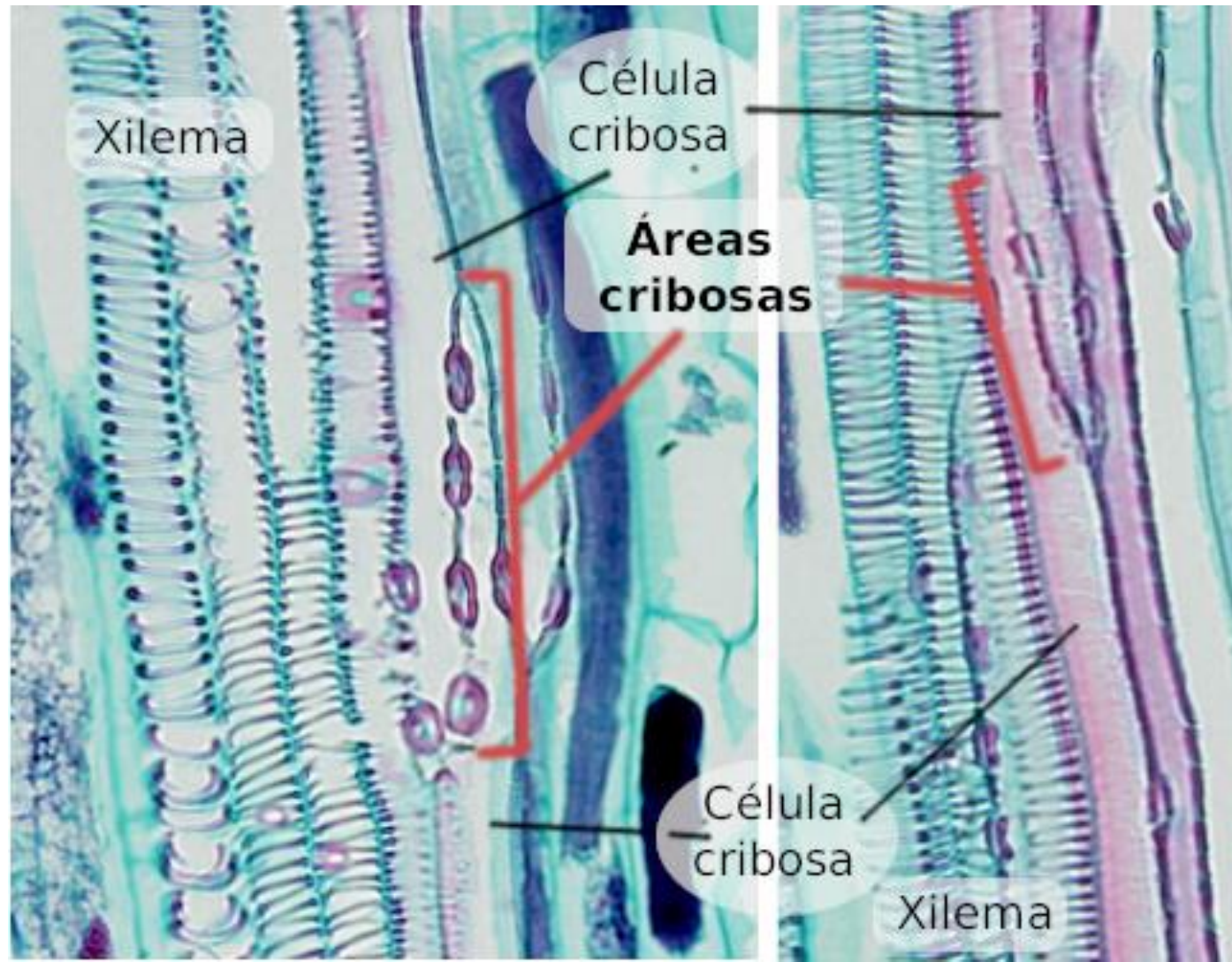
En las células conductoras del xilema, la pared secundaria puede formar sólo anillos (protoxilema) o cubrir toda la célula (metaxilema).

Examples of Vessel Elements

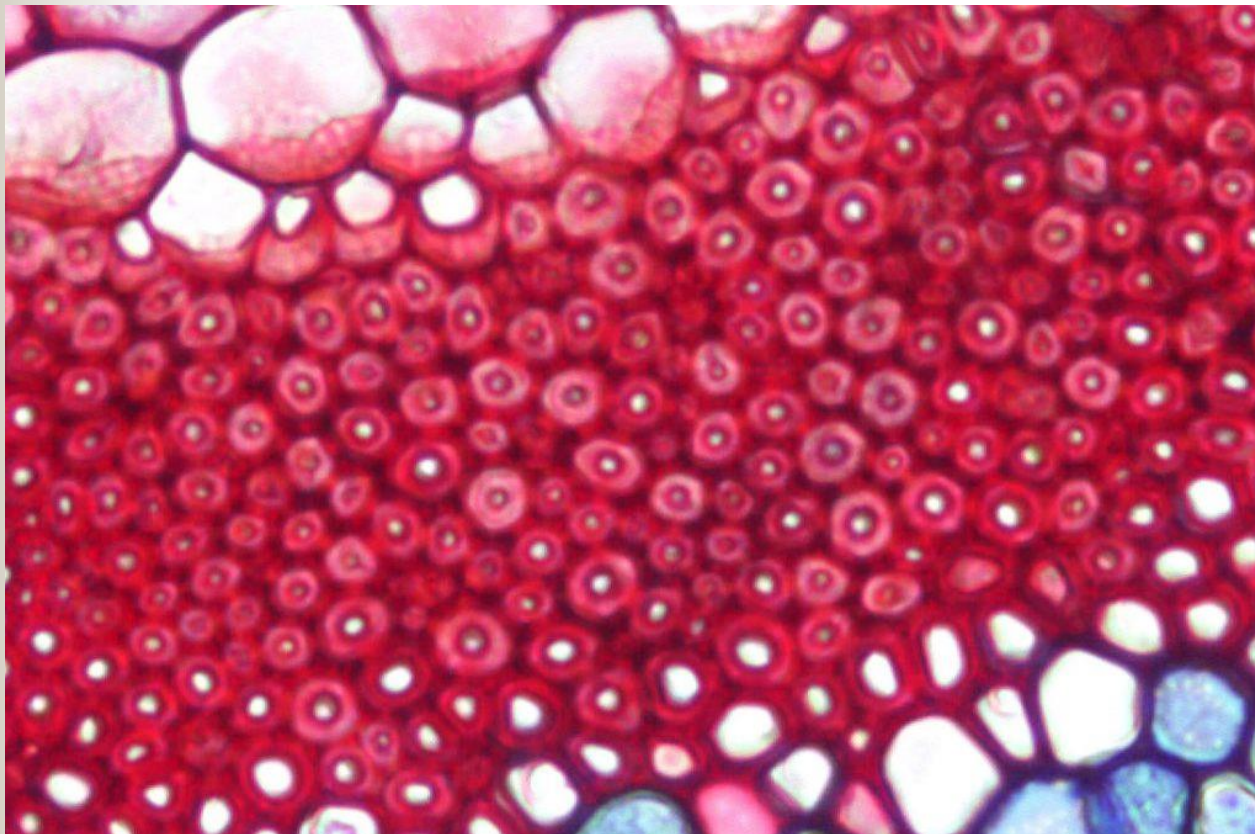


Células del Xilema

Recuerda que el xilema y floema (señalado como células y placas cribosas) siempre están juntos.



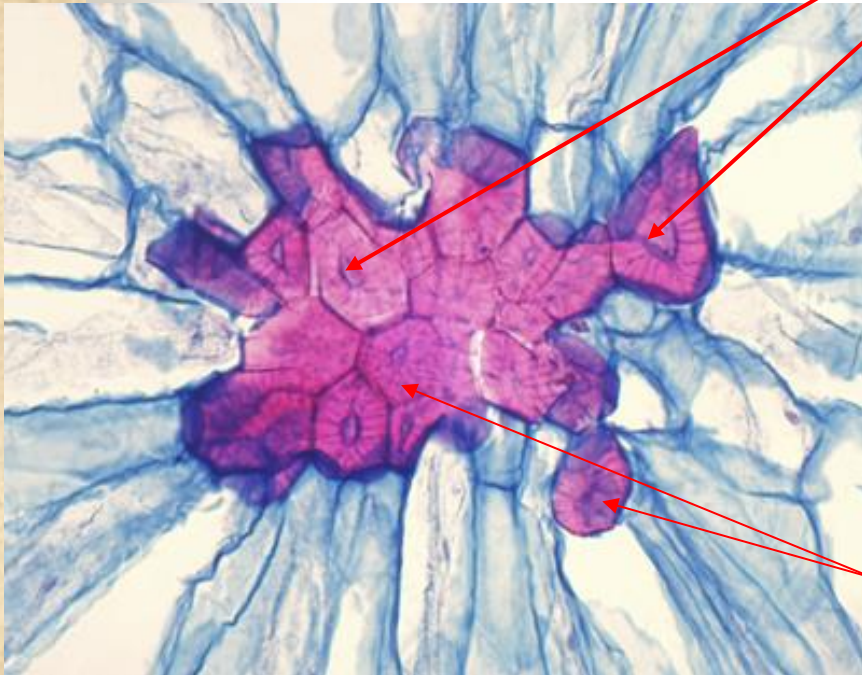
Esclerénquima y Xilema son los tejidos cuyas células forman pared secundaria, pero las fibras del esclerénquima son células de casi el mismo tamaño.



Vista transversal de esclerénquima: las paredes celulares están gruesas y teñidas de color diferente.

¿alcanzas a ver las punteaduras?

Algunas células del Esclerénquima se llaman esclereidas o Células pétreas... las puedes encontrar en las peras (se sienten como granulitos en la pulpa).



Espacio celular

Pared secundaria

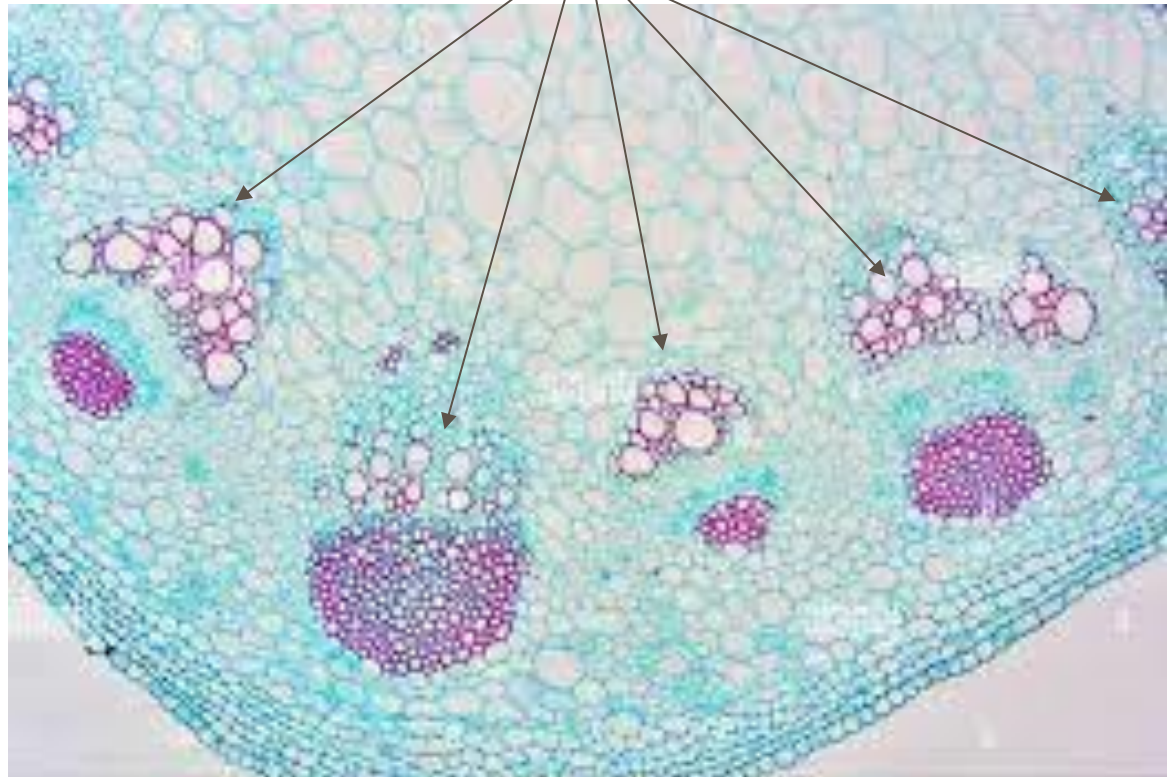
Pared primaria

Punteaduras



Mientras que las células del Xilema son de diferente tamaño (protoxilema y metaxilema).

Xilema primario

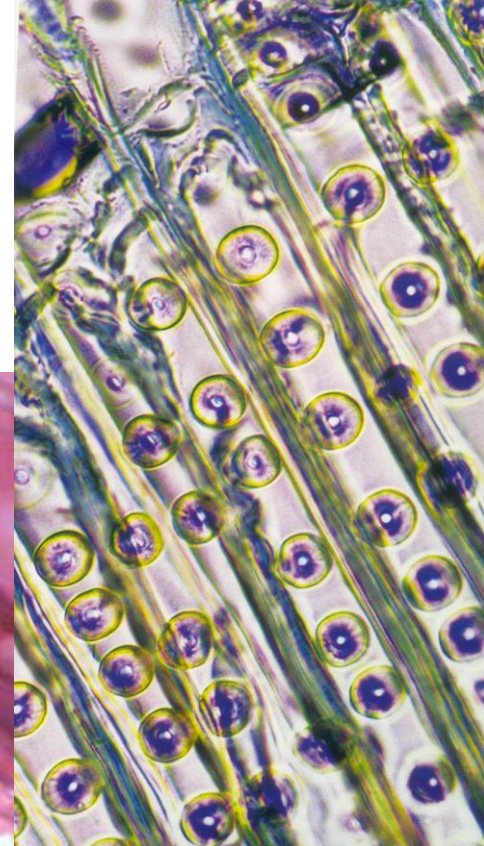
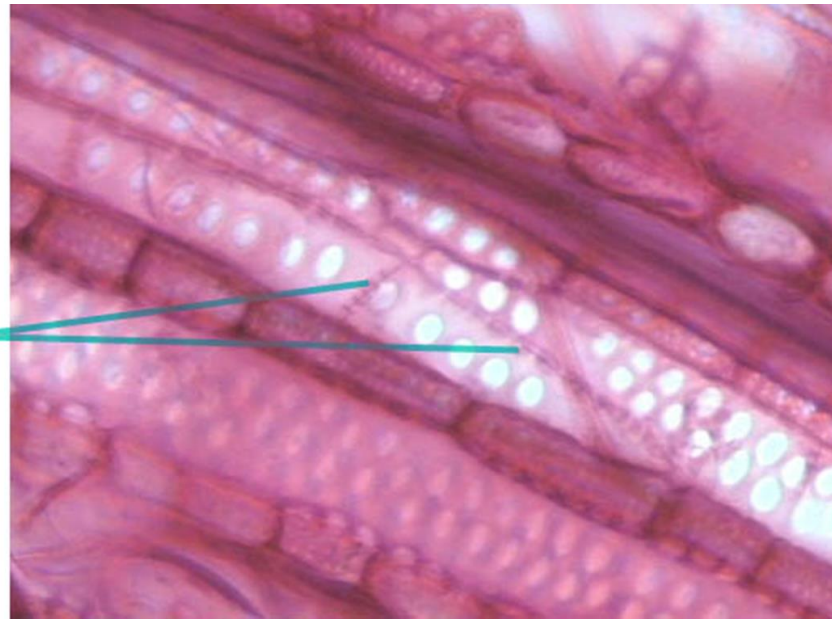


Y aquí las punteaduras en vista transversal
(en células pétreas)...



Traqueidas

- Células alargadas, angostas y de extremos agusados
- Punteaduras
- No presentan perforaciones
- Mueren al madurar

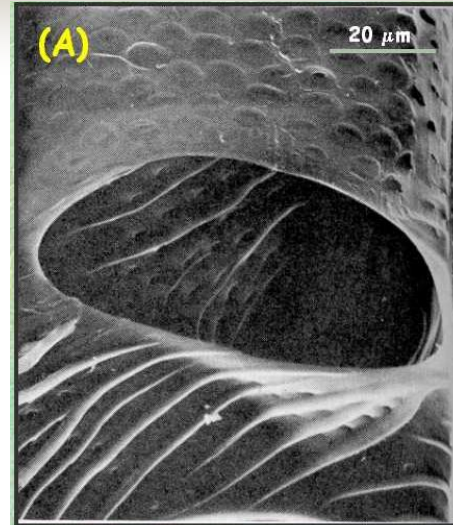


Elementos o miembros del vaso

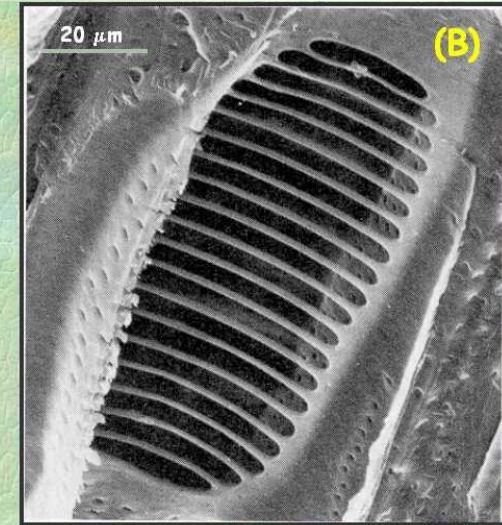
Se diferencian de las traqueidas por la presencia de **perforaciones** o áreas sin pared primaria ni secundaria. Se unen entre sí formando largos tubos llamados **vasos**, en los que la savia circula libremente a través de las perforaciones.



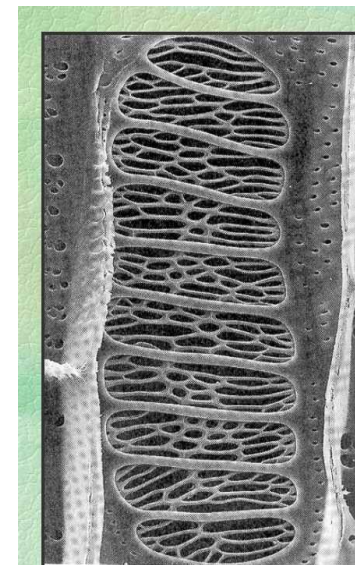
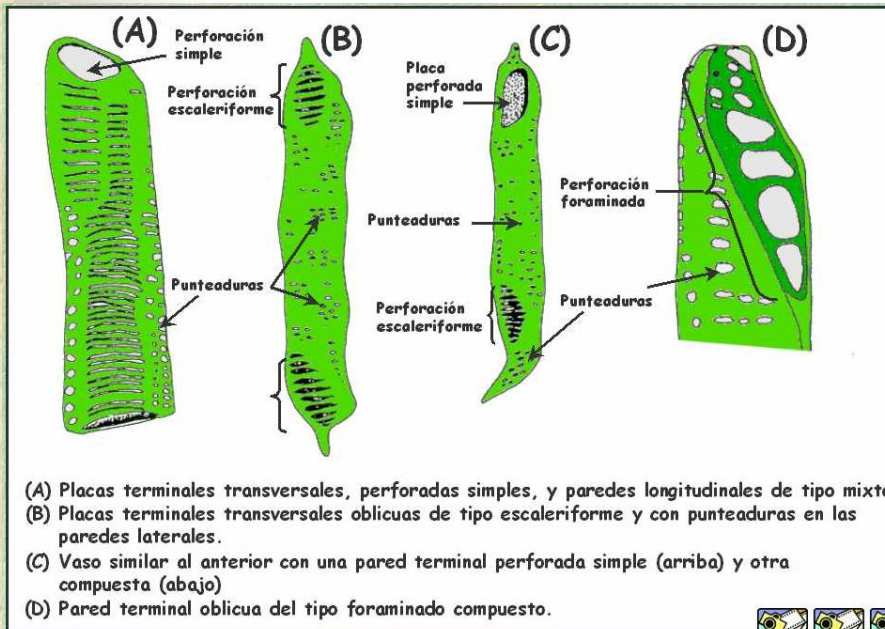
Placas de perforación en elementos del vaso (microscopía electrónica):



(A) Perforación simple



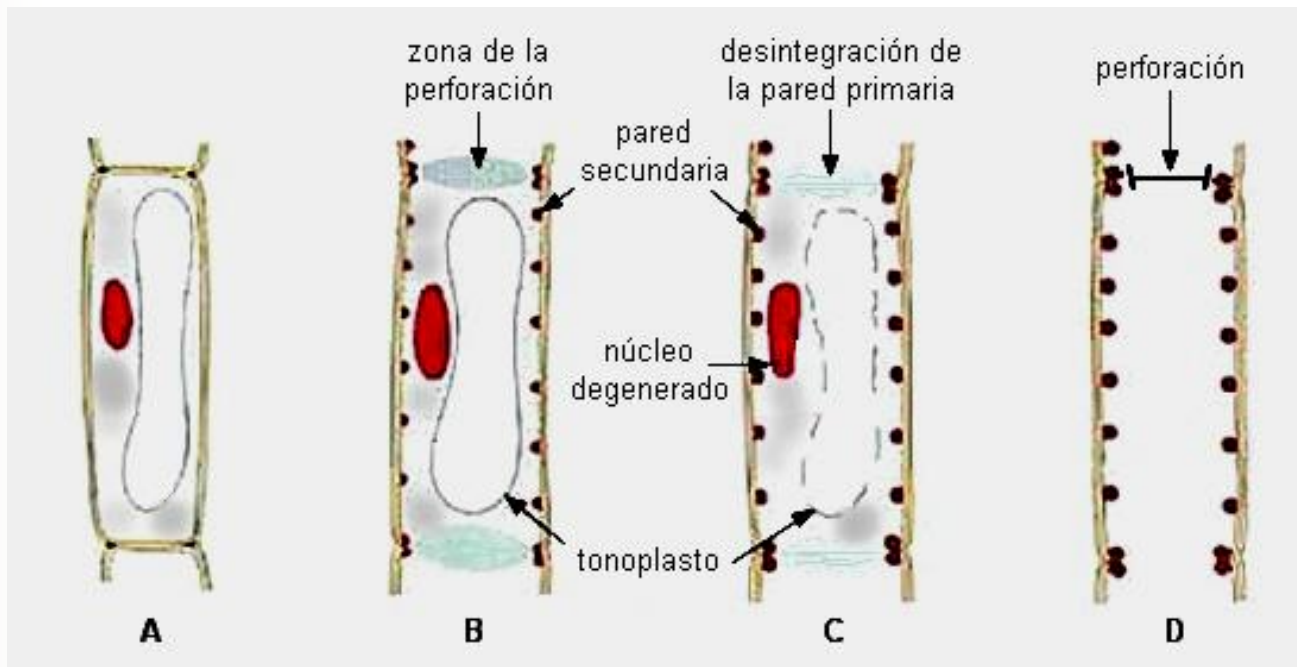
(B) Perforación escaleriforme



Tipos de Perforaciones-3

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

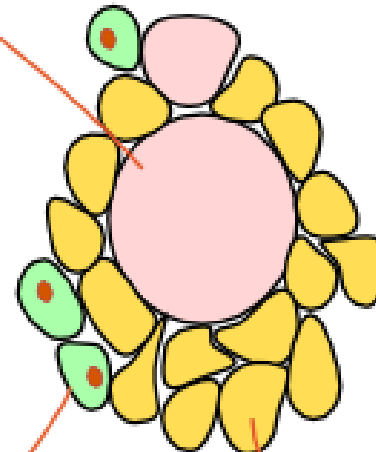
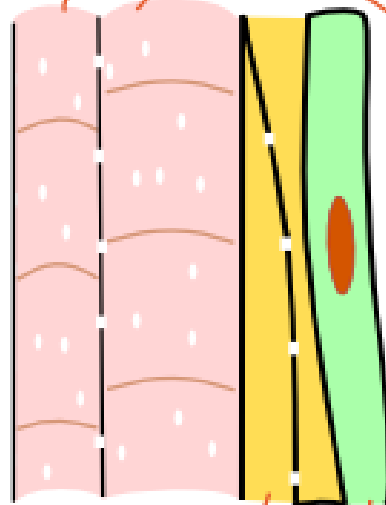
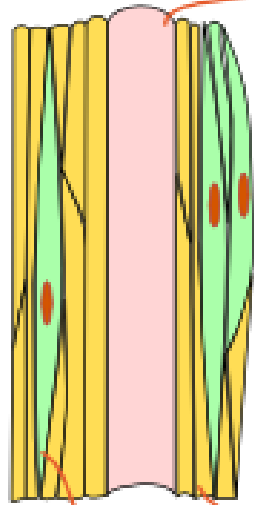
Ontogenia de un elemento del vaso o traqueida.



Xilema
(longitudinal)

Elementos de los vasos

Xilema
(transversal)



Células parenquimáticas

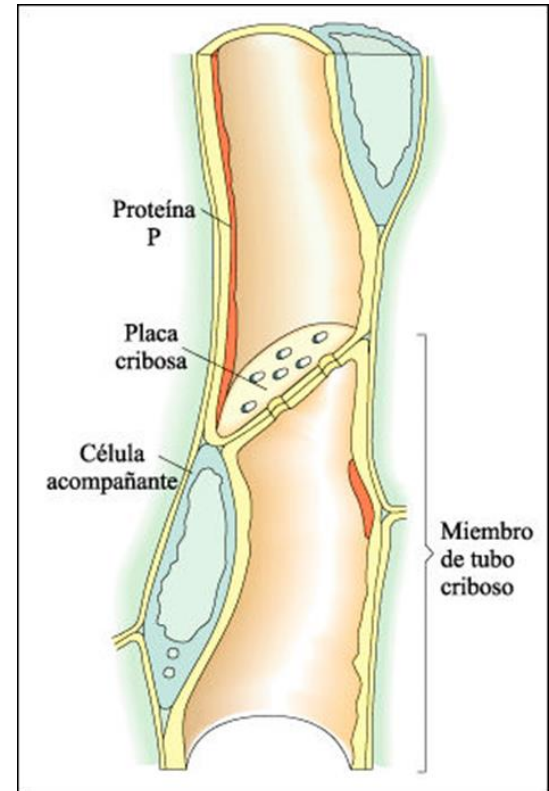
Traqueidas

Células parenquimáticas

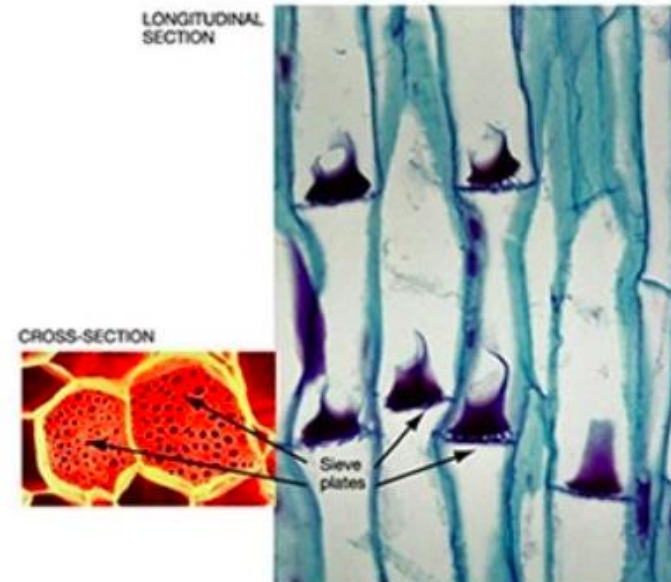
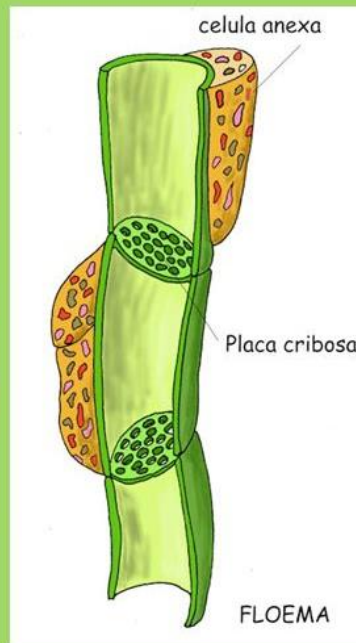
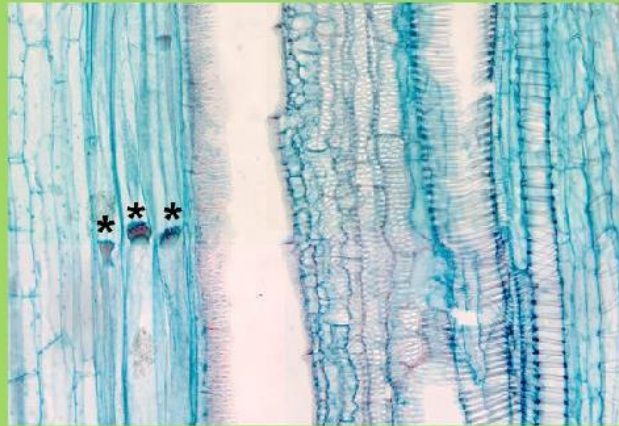
Traqueidas

FLOEMA

Elemento criboso



Las células de floema son células vivas, que carecen de núcleo y estructuras membranosas y se caracterizan por presentar placas cribosas, que comunican a una célula con otra.





Las Células conductoras del floema:

Células cribosas

- Células alargadas y extremos puntiagudos.
- No presentan placas, sólo áreas cribosas.
- Presentan células albuminíferas.
- En gimnospermas y criptógamas vasculares hay sólo células cribosas como células conductoras.

Tubo criboso (elemento criboso)

- Células alargadas con placas cribosas en los extremos.
- Presentan células anexas.
- Se presentan en angiospermas.

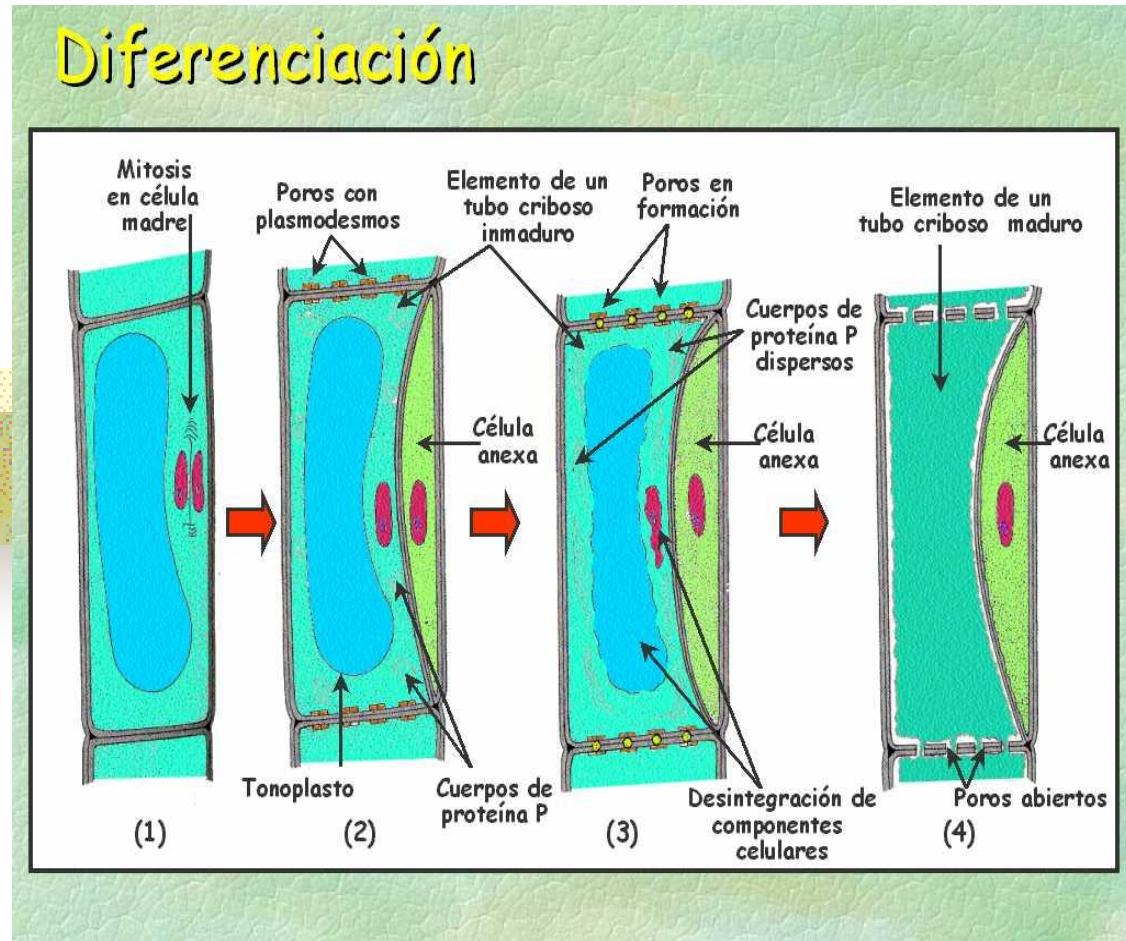
Proceso de diferenciación del elemento criboso

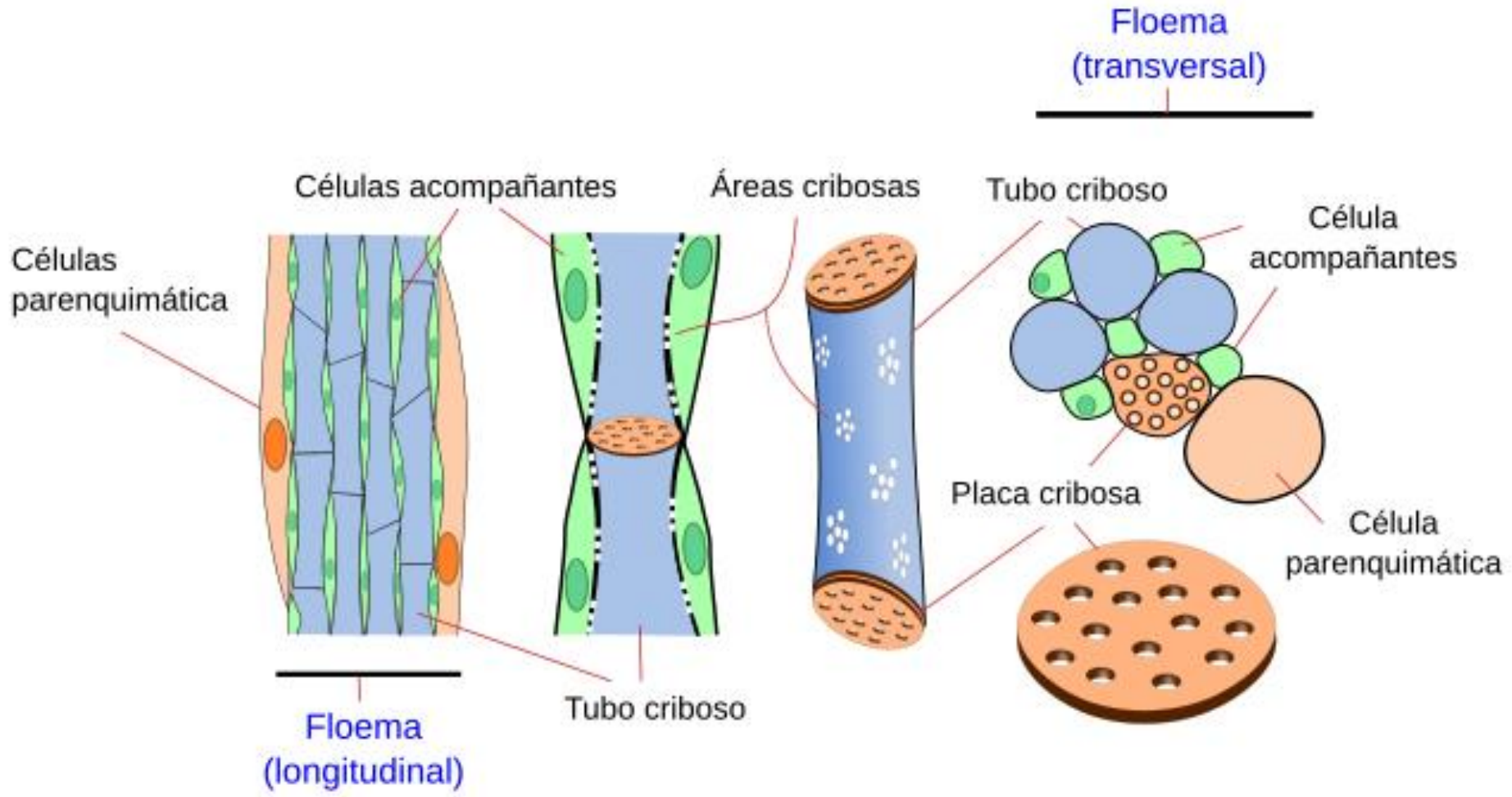
1. Célula madre
(cél.acompañante +
elemento criboso)

2. Formación de
cuerpos de proteína P

3. Desintegración del
núcleo, RER, vacuola y
cuerpo de Golgi.

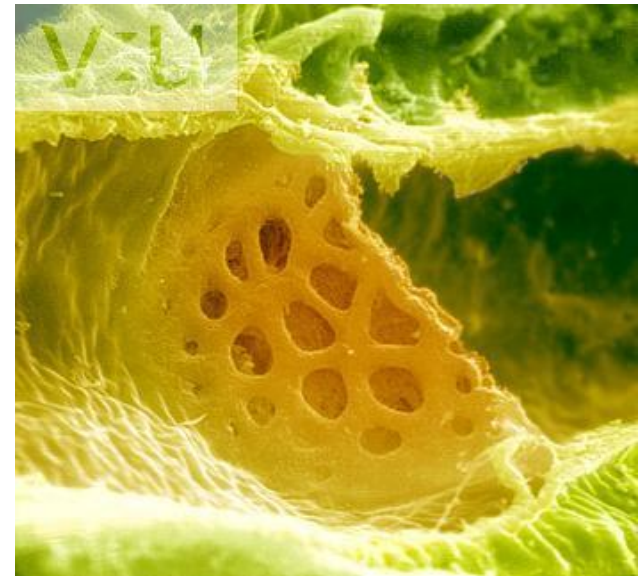
4. Elemento criboso
maduro (mitocondrias,
plastidios, REL y
proteína P)





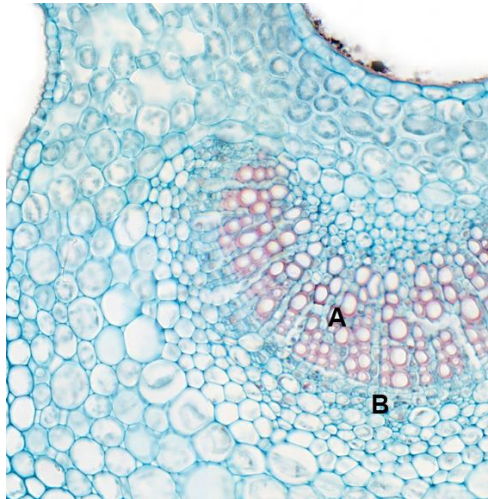
Placa Cribosa

- Las paredes terminales sufren modificaciones que favorecen el flujo a través del tubo criboso
- Plasmodesmos que unen elementos adyacentes forman los poros de la placa, en donde se deposita calosa.
- El diámetro del poro es de 200 a 400 nm, alcanzando el micrón (Plasmodesmos \approx 33 nm).

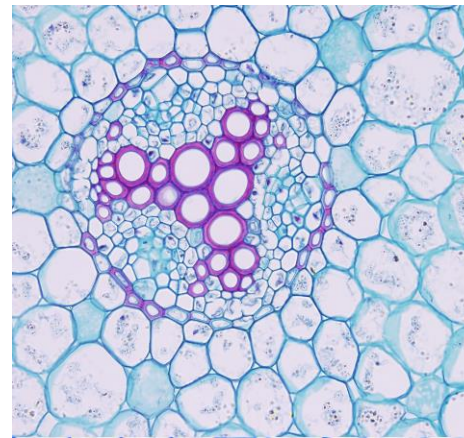


Floema-Xilema

El floema y el xilema muestran variaciones en su posición relativa, determinando diversos tipos de haces vasculares.



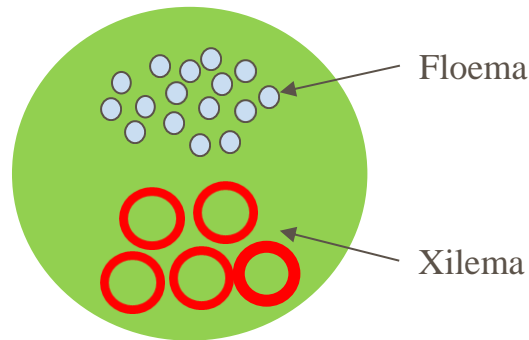
Hoja



Raíz

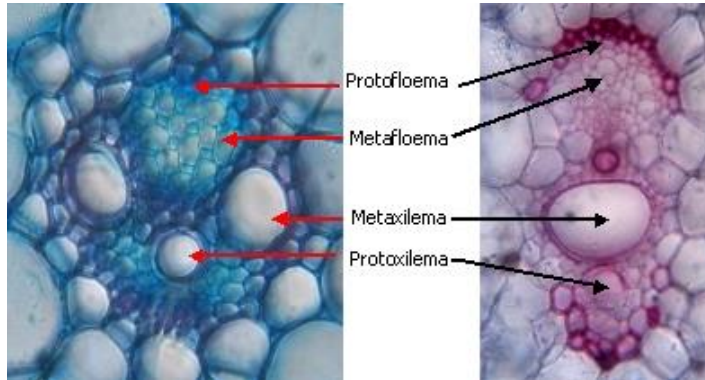
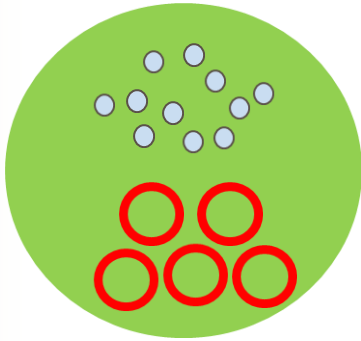
1. HAZ COLATERAL O VASCULAR.

- El floema está localizado en el lado externo o abaxial del haz, mientras el xilema está ubicado en el lado interno o adaxial (el xilema se ubica hacia un lado y el floema hacia el otro lado). Es el más frecuente en Angiospermas y Gimnospermas.



Los haces colaterales pueden ser de dos tipos:

1.1.- Haz colateral cerrado.

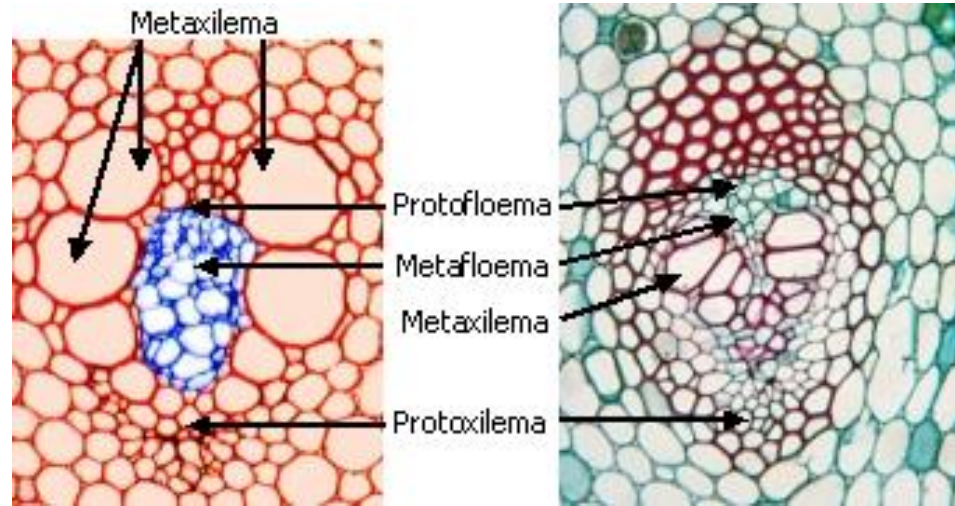


Transcortes de haces de *Setaria geniculata* y *Canna glauca*

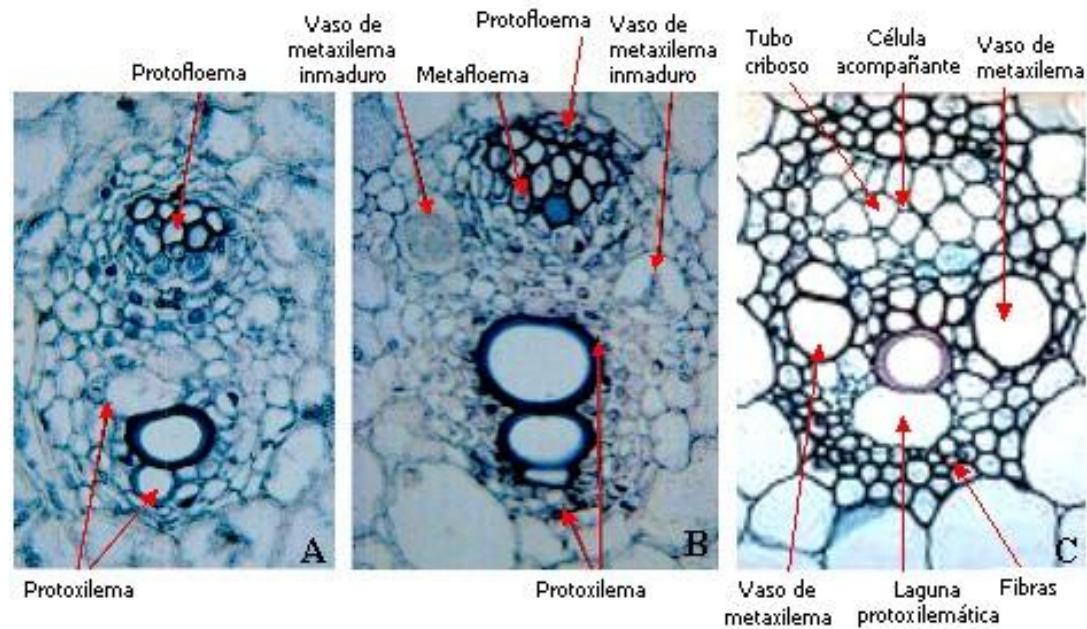


Característico de plantas monocotiledóneas.

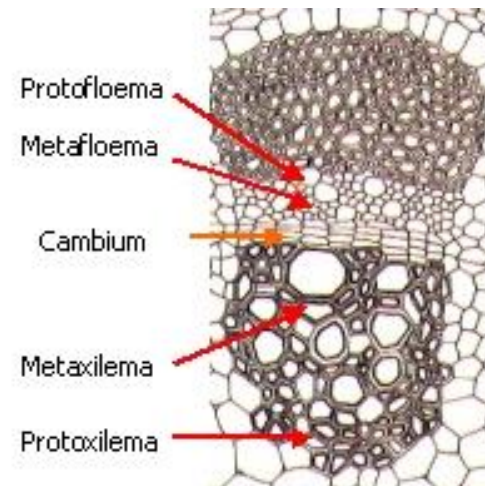
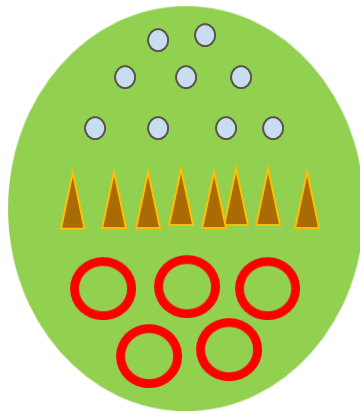
En los haces vasculares de algunas Monocotiledóneas, como por ejemplo en los géneros *Asparagus* y *Dracaena*, el xilema en transcurso tiene forma de U o V, de manera tal que rodea parcialmente al floema.



Haces vasculares de *Zea mays*.



1.2.- Haz colateral abierto.



La mayoría de las Dicotiledóneas y Gimnospermas tienen haces abiertos, con un meristema vascular persistente entre xilema y floema: el cámbium fascicular, que se forma a partir de un remanente de procámbium.

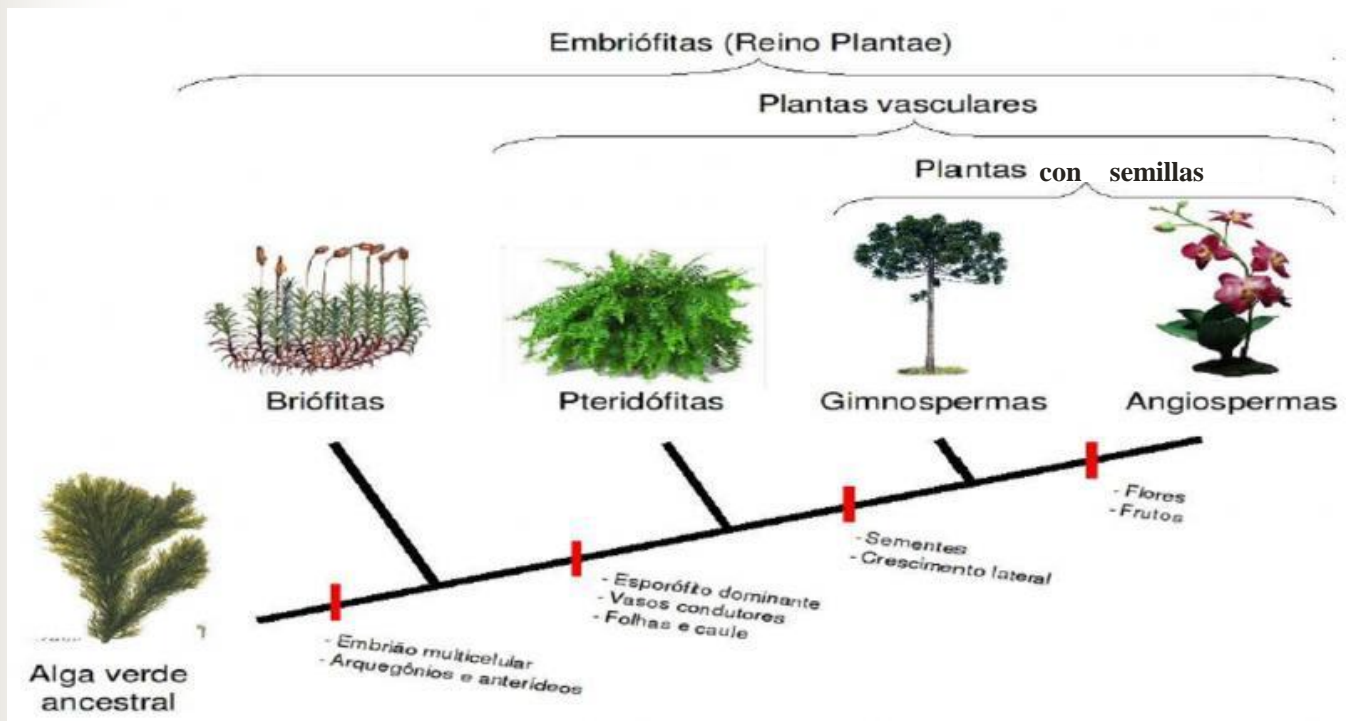
Esquemmatización del cilindro vascular
(Xilema y Floema que se distribuye a toda la
planta).





Teoría Estelar

- La organización vascular primaria es común para todos los vegetales traqueofitos, mas no la secundaria; en consecuencia, la Teoría Estelar fundamentalmente involucra al estele (formado por tejidos primarios).
- El sistema formado por los tejidos vasculares en el eje de la planta: tallo y raíz se denomina estela. Este concepto se elaboró para estudiar las relaciones y homologías en la estructura del vástago de diferentes grupos de plantas.
- La teoría trata de explicar los cambios y adaptaciones evolutivas de las plantas traqueofitas (con sistema vascular).

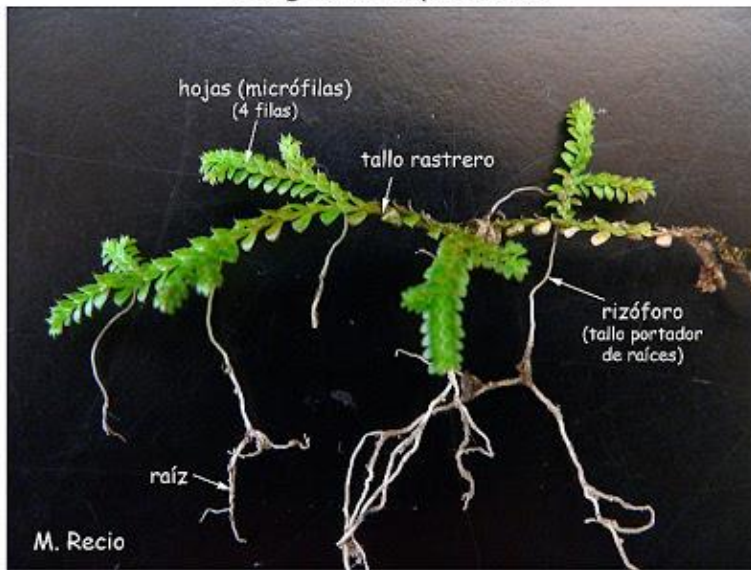


Psilotum



Selaginella

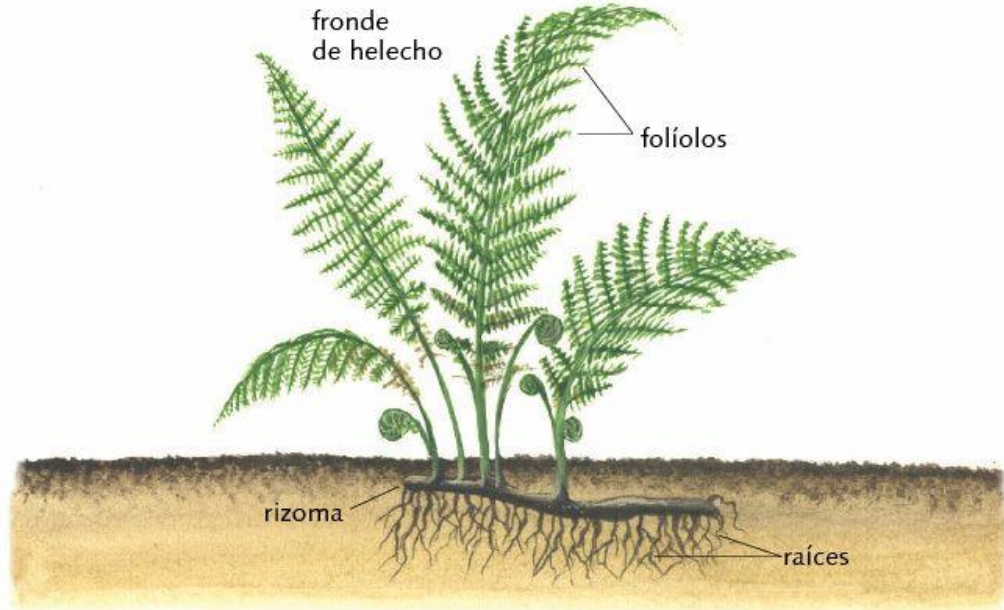
Selaginella. Esporofito.



Equisetum

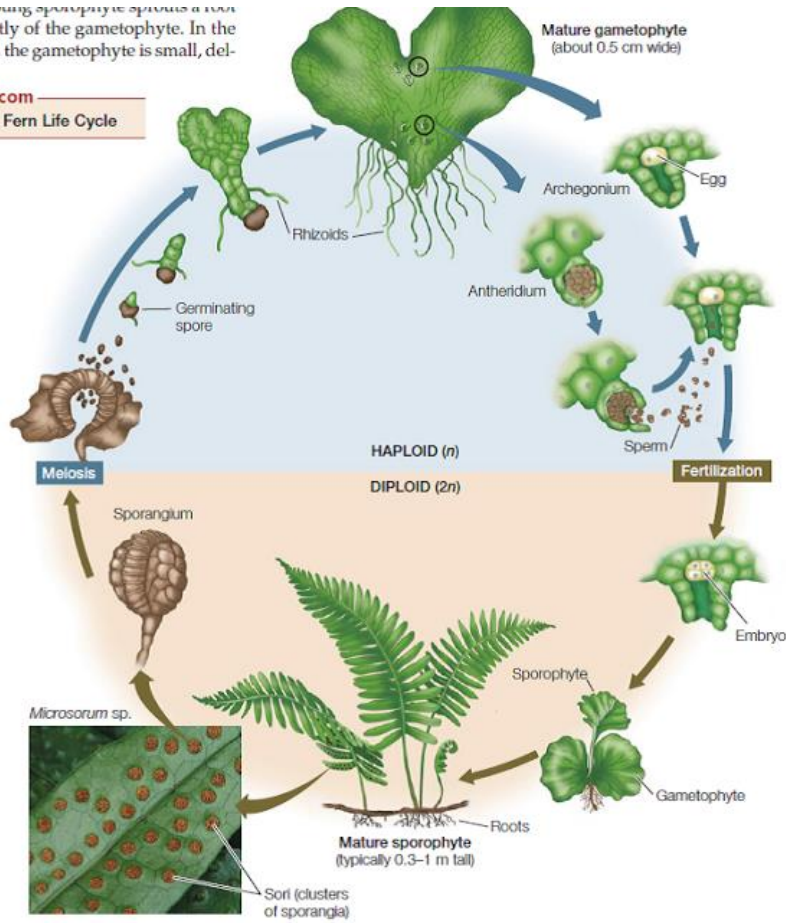


Helechos

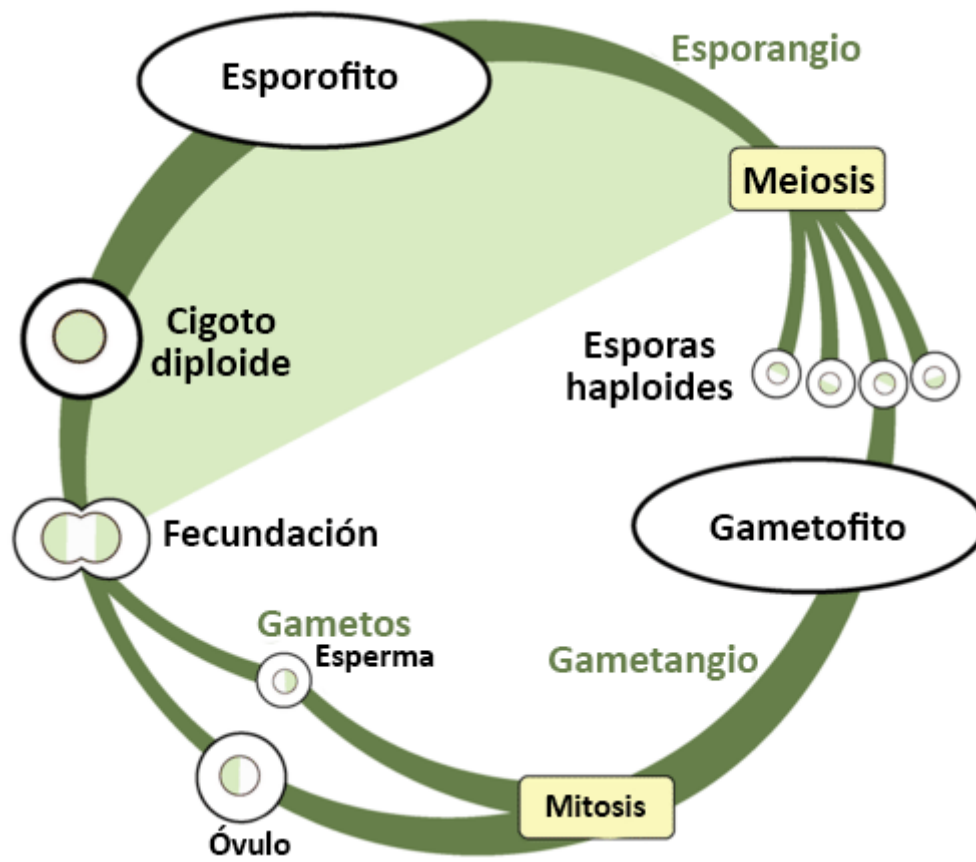


6. The young sporophyte grows a root independently of the gametophyte. In the case of a fern, the gametophyte is small, del-

Portal.com
8.3 • The Fern Life Cycle

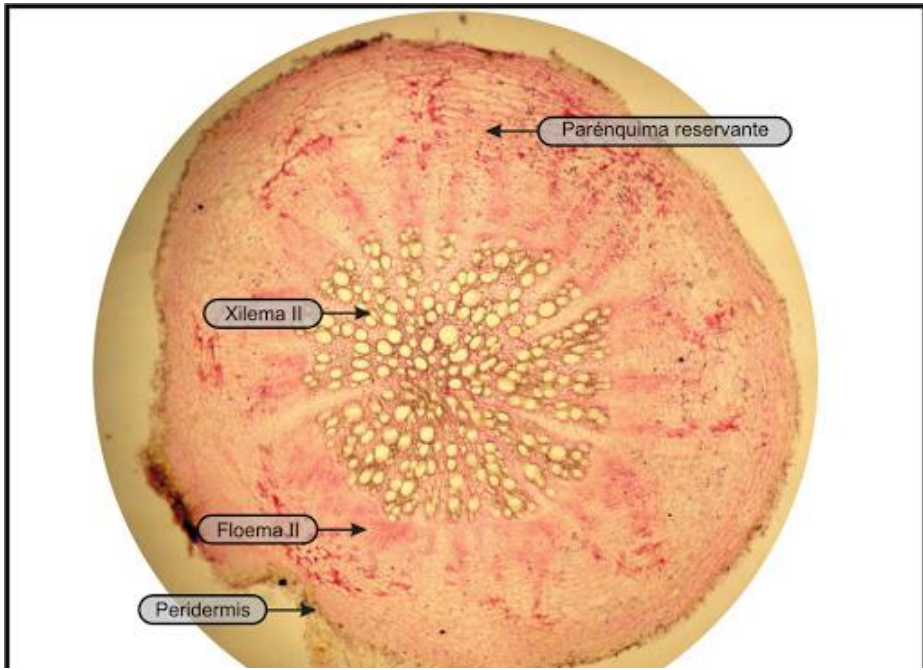


In most fern life cycles, the sporophyte shows an independent life cycle.

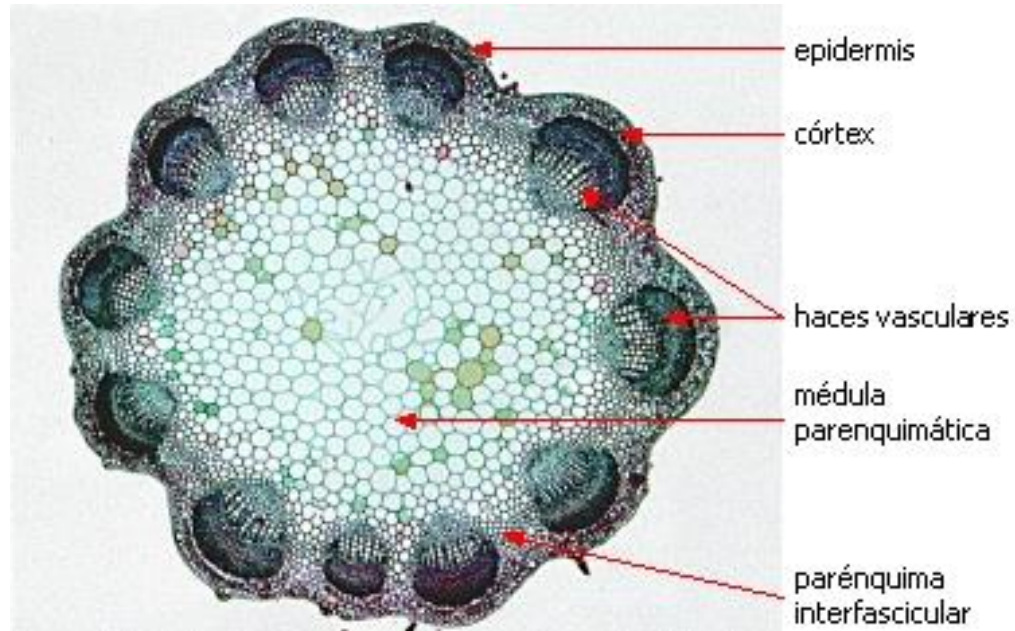




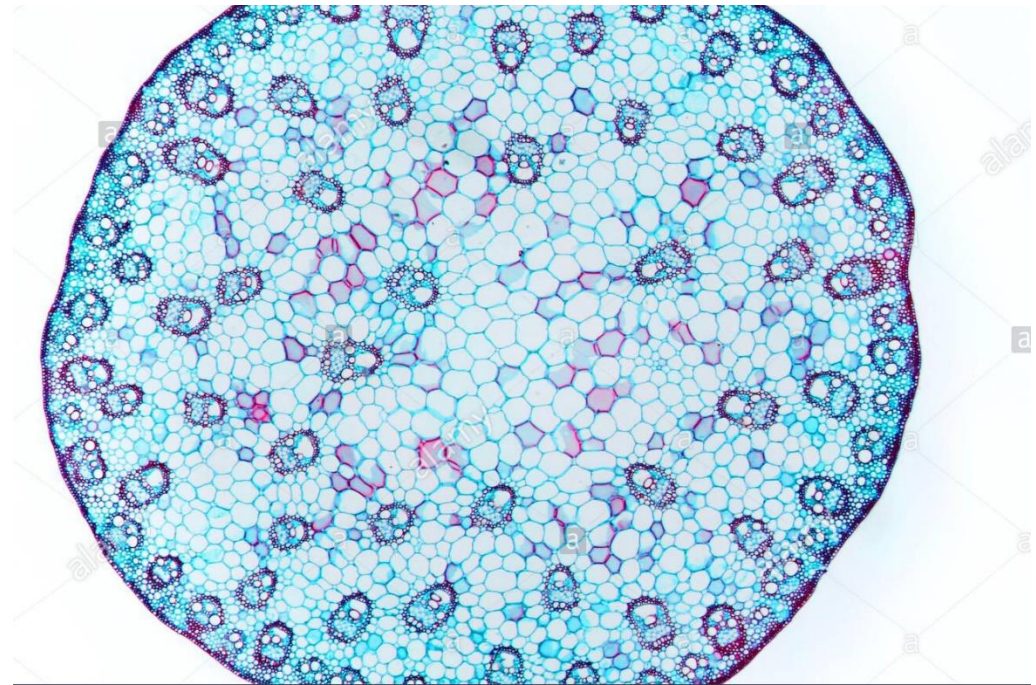





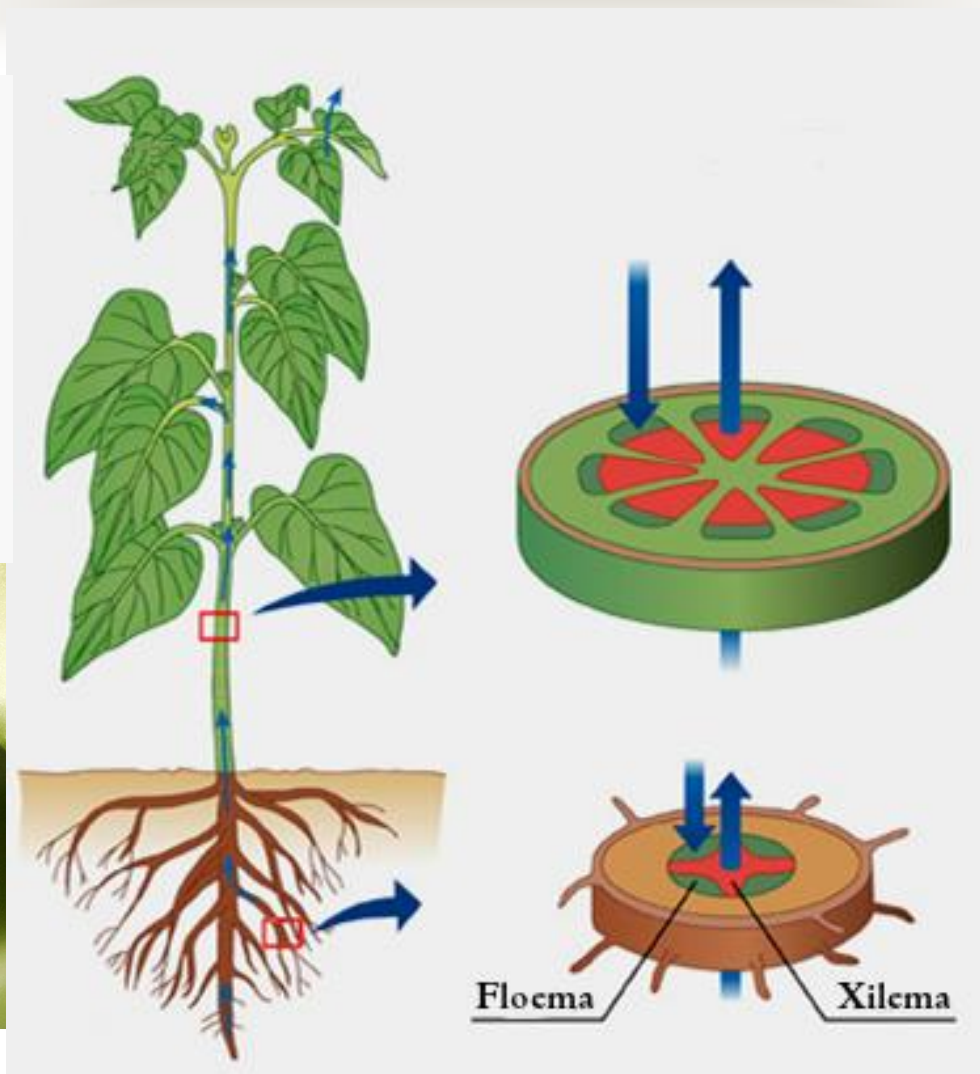
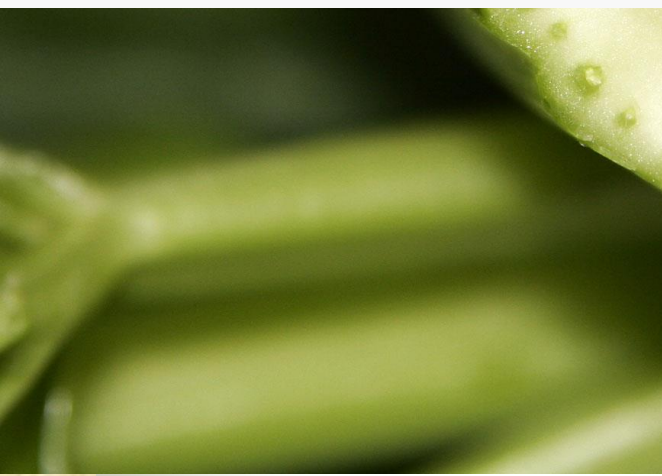
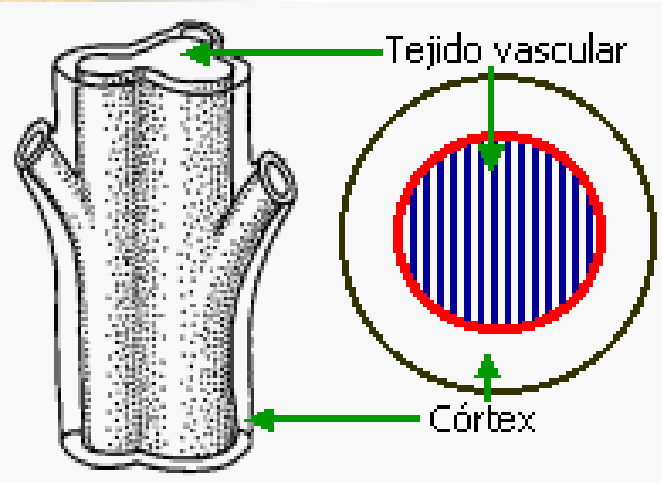
Eudicotiledónea -Dicotiledónea



Monocotiledónea

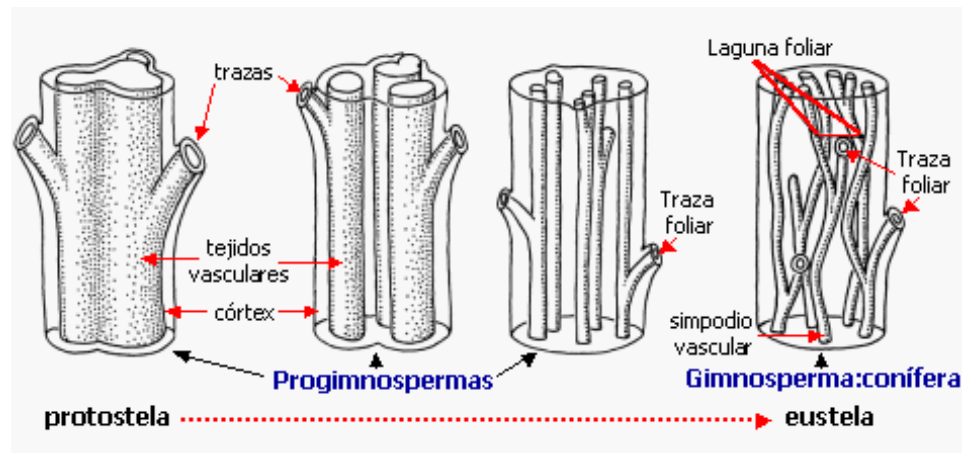


 alamy stock photo



Estele

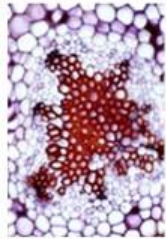
Actualmente se sabe que la estela de las plantas con semilla (Spermatophyta) no ha evolucionado a partir de la sifonostela de los helechos, sino que se formó por fragmentación de una protostela, del tipo hallado en las primeras plantas con semilla (Progimnospermas).



Estela (cilindro central).

Se denomina estela a la columna formada por el cilindro central del eje de la planta (raíz-tallo).

Actinostela de *Psilotum*
C. Prada



Plectostela de *Lycopodium*
C. Prada



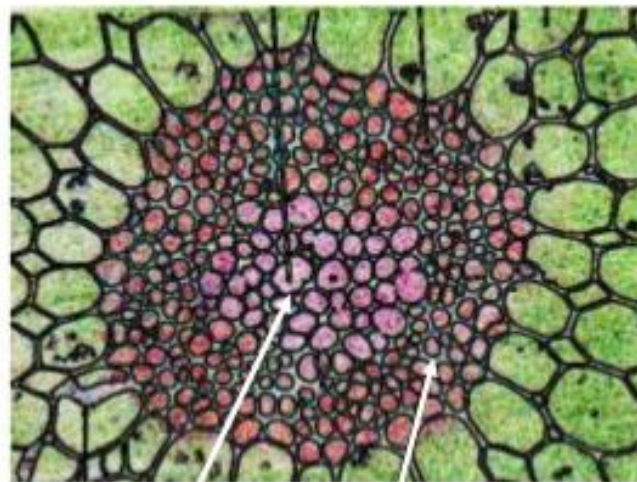
Eustela de *Equisetum*
C. Prada



Hay tres tipos básicos de estela según la distribución relativa del sistema vascular y el sistema fundamental de los ejes en estado primario de desarrollo: **protostela**, **sifonostela** y **eustela**, cada uno con variantes.

Musgos.

El **sistema conductor** no está muy desarrollado, se presenta por lo común como células alargadas, reunidas en haces. En algunos musgos superiores puede hablarse de elementos de conducción rudimentarios, llamados leptoides e hidroides. Por lo que los tratados de Botánica los consideran “plantas no vasculares”.



hidroides

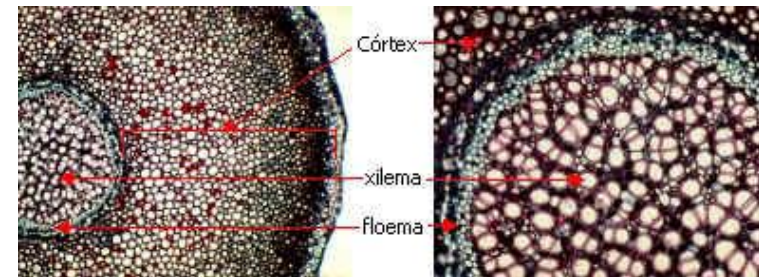
leptoides

Elementos de conducción rudimentarios en musgos

1. Protostela.

Es una columna sólida de tejidos vasculares ubicada en posición central. Es el tipo más simple y el más primitivo filogenéticamente, se la encontró en plantas fósiles como *Psilophyton*, Pteridofita de la era Paleozoica. Se encuentra en algunas Pteridofitas actuales, como *Psilotum*, *Gleichenia*, también en tallos de angiospermas acuáticas (hidrófitas sumergidas) y en raíces primarias de plantas con semilla.

Gleichenia: protostela en transcorte de rizoma



Variantes de protostela:

Cuando la columna de xilema tiene forma estrellada en transcorte, recibe el nombre de **actinostela** (la médula puede estar ocupada por el xilema).

Cuando el xilema está fraccionado en varias placas, se habla de **plectostela**.

Types of Protostele



haplostele



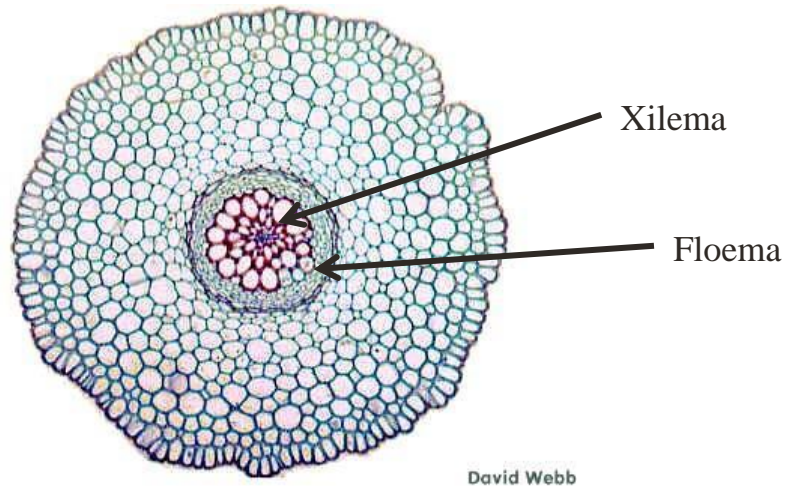
actinostele



plectostele

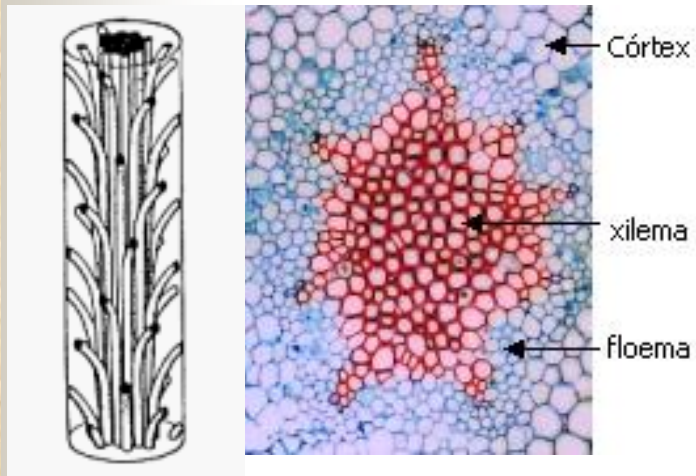
Haplostela

Tipo simple de protostela, sin médula central, con xilema central y floema alrededor. Se ve circular o elíptica en un corte transversal.

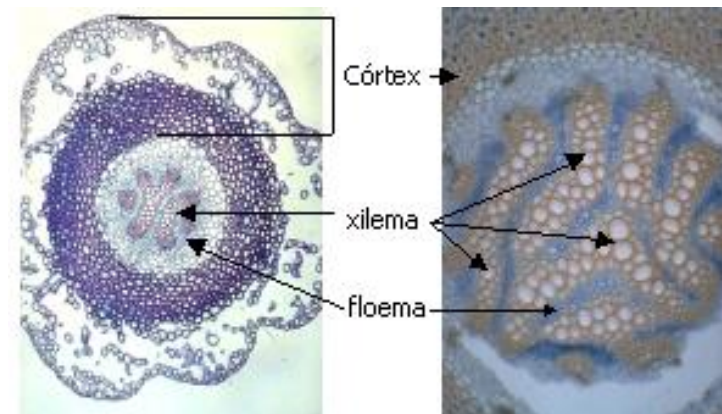


Se puede encontrar en raíces de angiosperma, como la zanahoria y en tallos de algunos helechos como *Cheiropleuria*.

Actinostela en tallo de *Psilotum*.



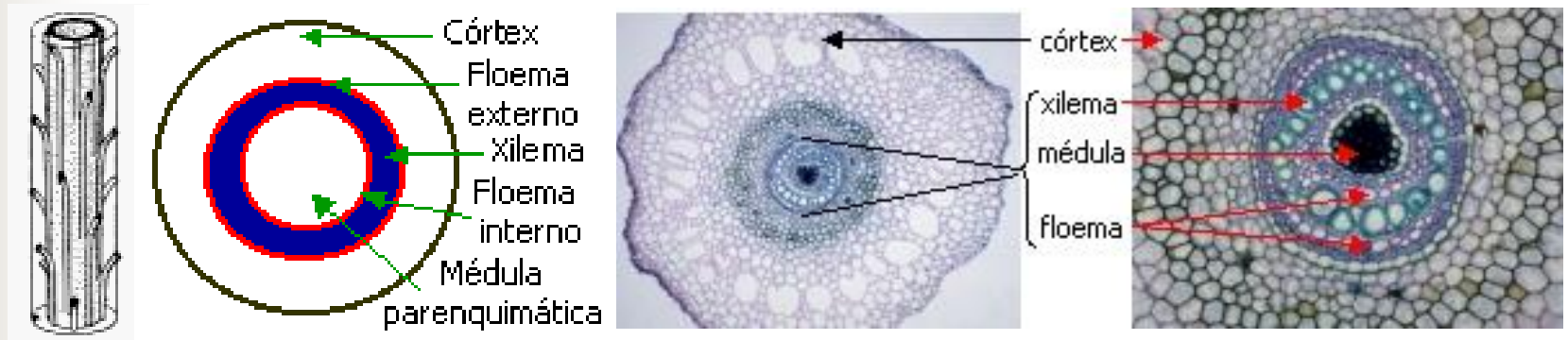
Plectostela en *Lycopodium*.



2. Sifonostela.

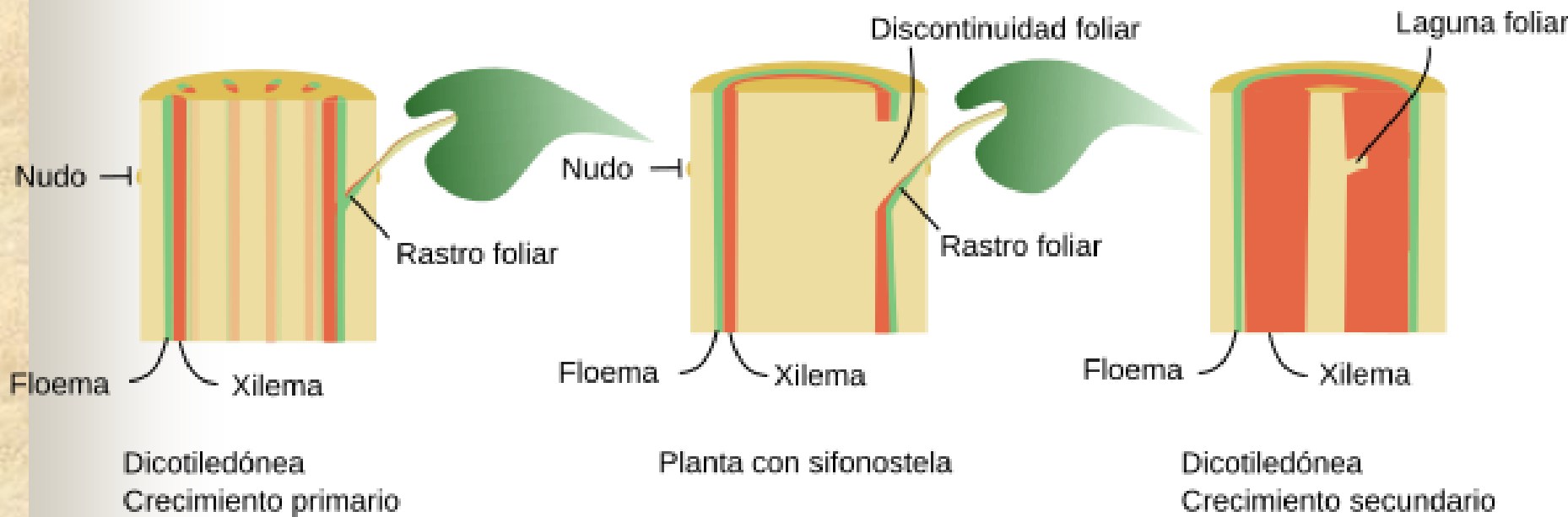
El sistema vascular tiene forma de tubo, envolviendo una médula parenquimática. No presenta lagunas foliares. Según la posición del floema, se distinguen dos tipos:

Sifonostela anfifloica: con floema por fuera y por dentro, sin lagunas foliares. Es exclusiva de Pteridophyta (Gleicheniaceae, Schizaceae, Marsileaceae).



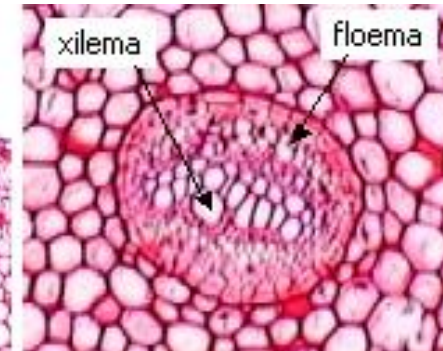
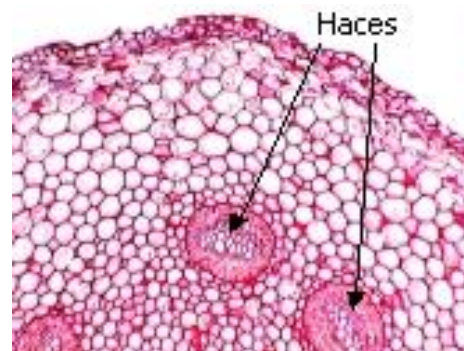
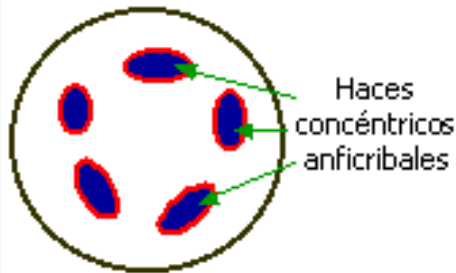
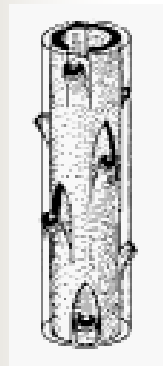


Lagunas foliares.



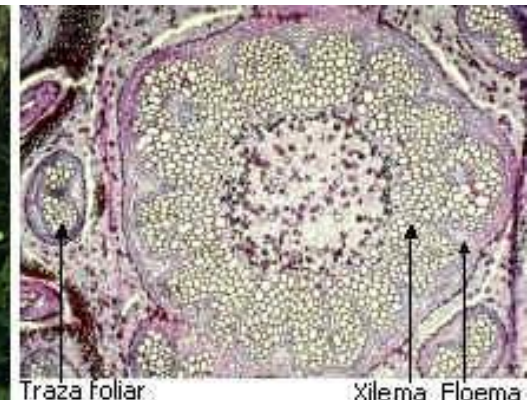
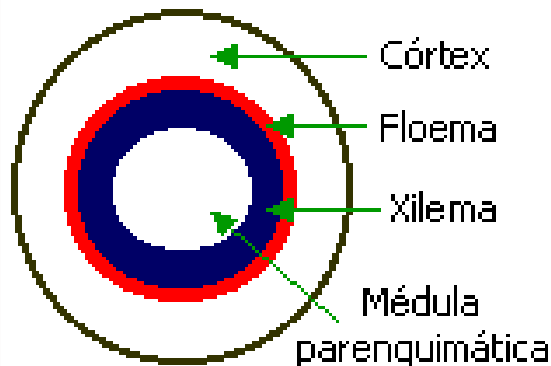
Variantes:

La **dictiostela** es una sifonostela anfifloica con lagunas foliares muy grandes, que están superpuestas o solapadas. El sistema vascular, visto a lo largo, parece una red cilíndrica. En corte transversal cada segmento es un haz vascular concéntrico perifloemático. Se presenta en *Polypodium*, *Microgramma*, *Dryopteris* y otras especies.



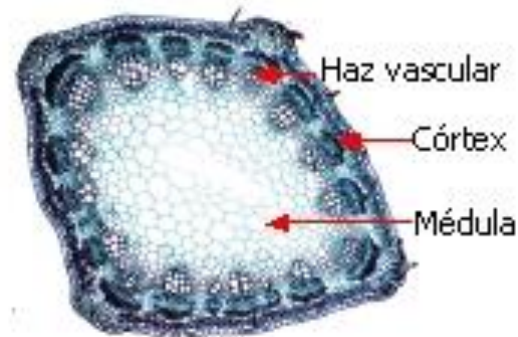
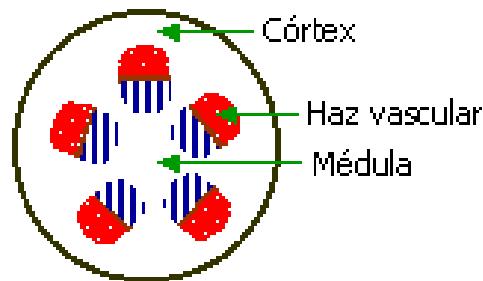
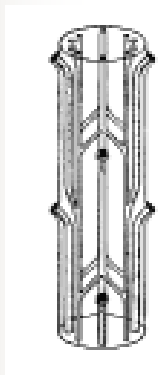
Sifonostela ectofloica: el floema se encuentra por fuera del xilema, se encuentra en los tallos de algunas Pteridophyta y en raíces de Spermatophyta. En los ejes de algunas angiospermas leñosas los haces vasculares se encuentran tan próximos entre sí que parecen formar una sifonostela ectofloica, que fue denominada como pseudosifonostela (Beck, 1982).

Pteridofita: *Osmunda regalis*



3. Eustela

El sistema vascular consta de haces vasculares organizados en simpodios, dispuestos alrededor de una médula. Las lagunas foliares pueden o no estar delimitadas (Gimnospermas, Dicotiledóneas), según que el sistema vascular sea cerrado o abierto. Los haces vasculares son abiertos, con cámbium fascicular, ya que la mayoría de estas plantas presenta crecimiento secundario.

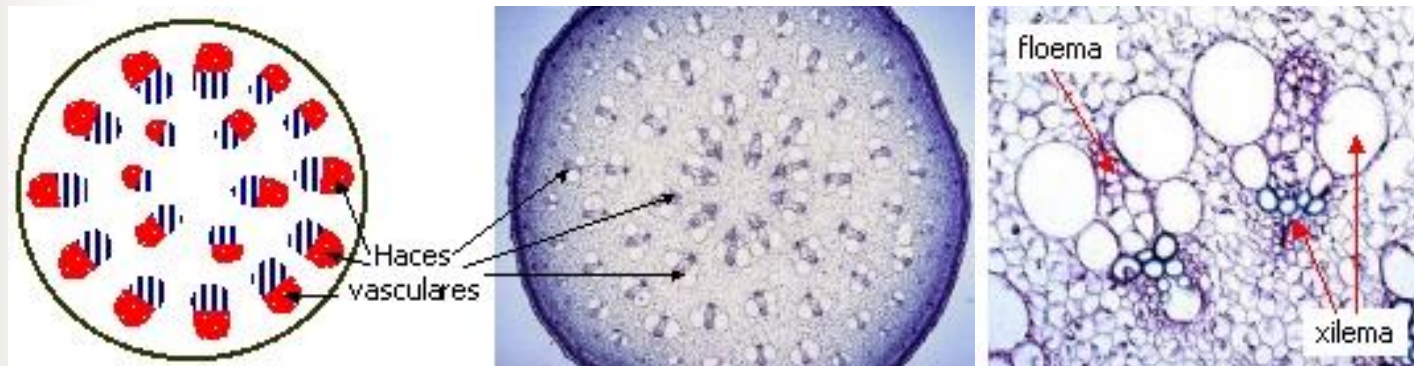


Medicago sativa
(alfalfa)

3a. Atactostela.

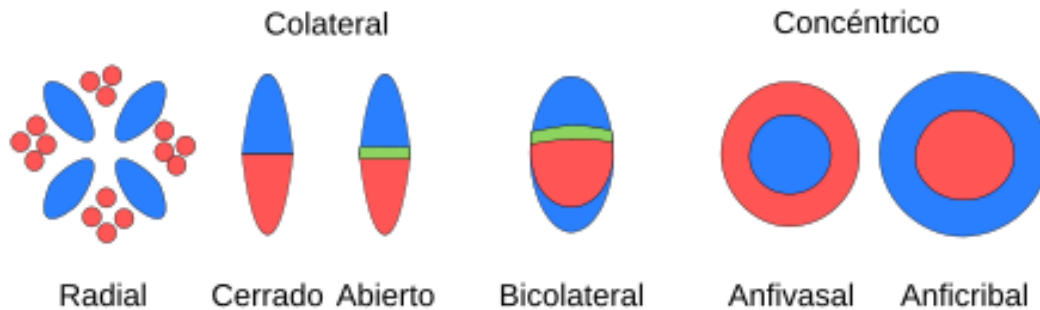
Es una variante de la eustela, característica de las Monocotiledóneas, con haces vasculares colaterales o concéntricos esparcidos regularmente en todo el tallo debido a su recorrido longitudinal sinuoso. Los haces vasculares son cerrados, ya que este grupo de plantas no presenta crecimiento secundario.

Asparagus (espárrago).

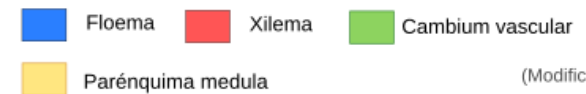
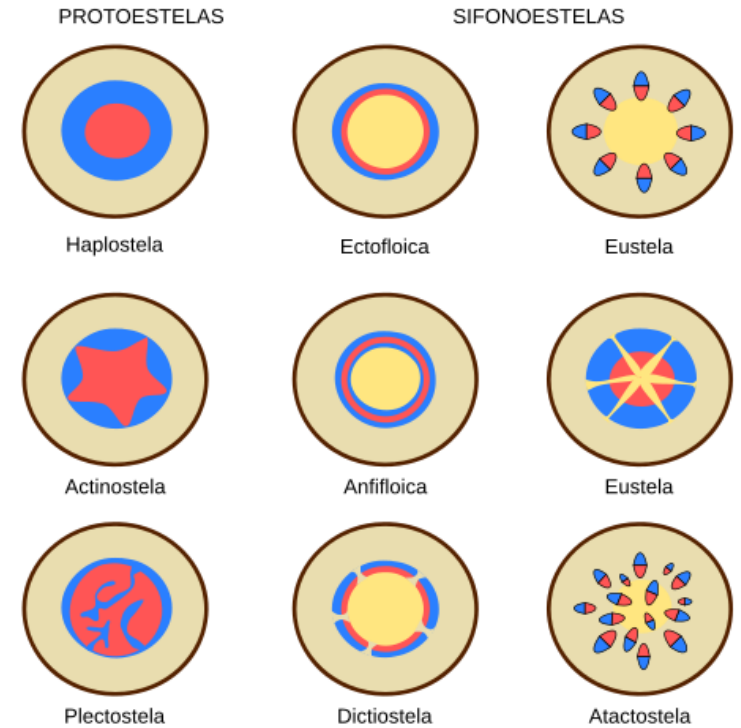


Resumen.

Disposición de los haces vasculares



Patrón de lo haces vasculares



(Modificado de Furuta 2014)