

TEJIDOS DE CONDUCCIÓN

ORIGEN DEL XILEMA Y FLOEMA PRIMARIOS

Terminología para recordar

XILEMA = LEÑO = HADROMA

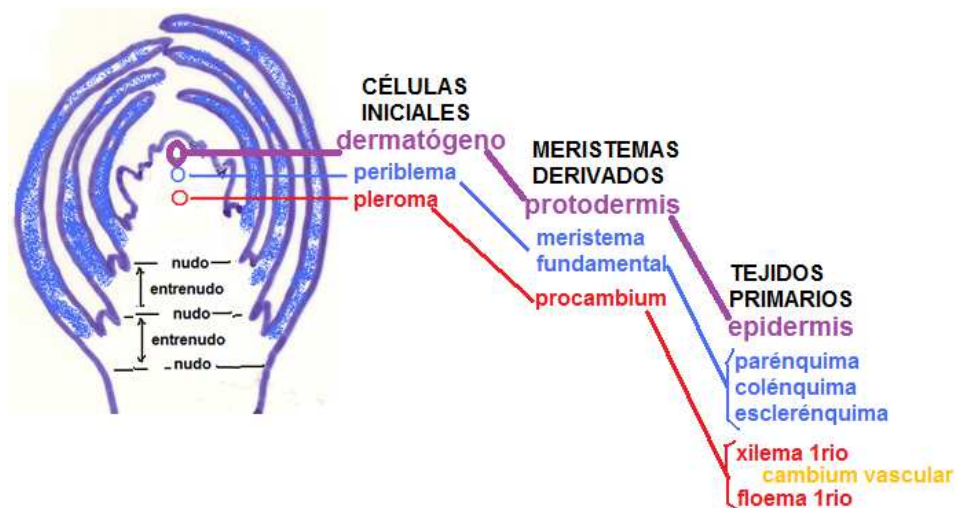
FLOEMA = LIBER O = LEPTOMA



El origen de los tejidos de conducción primarios se encuentra en la zona meristemática de las yemas apicales del tallo y la raíz.

De acuerdo a la **Teoría de los Histógenos**, el **pleroma** por divisiones multiplicativas (Mitosis) produce las células del meristema derivado llamado **procambium**; las células de este meristema, continúan dividiéndose por Mitosis y originan células que se diferencian en los **tejidos xilemático y floemático**.

En las Gimnospermas y Angiospermas-Dicotiledóneas con posterioridad, para desarrollar su crecimiento secundario, también se origina del procambium parte del meristema secundario: cambium vascular.

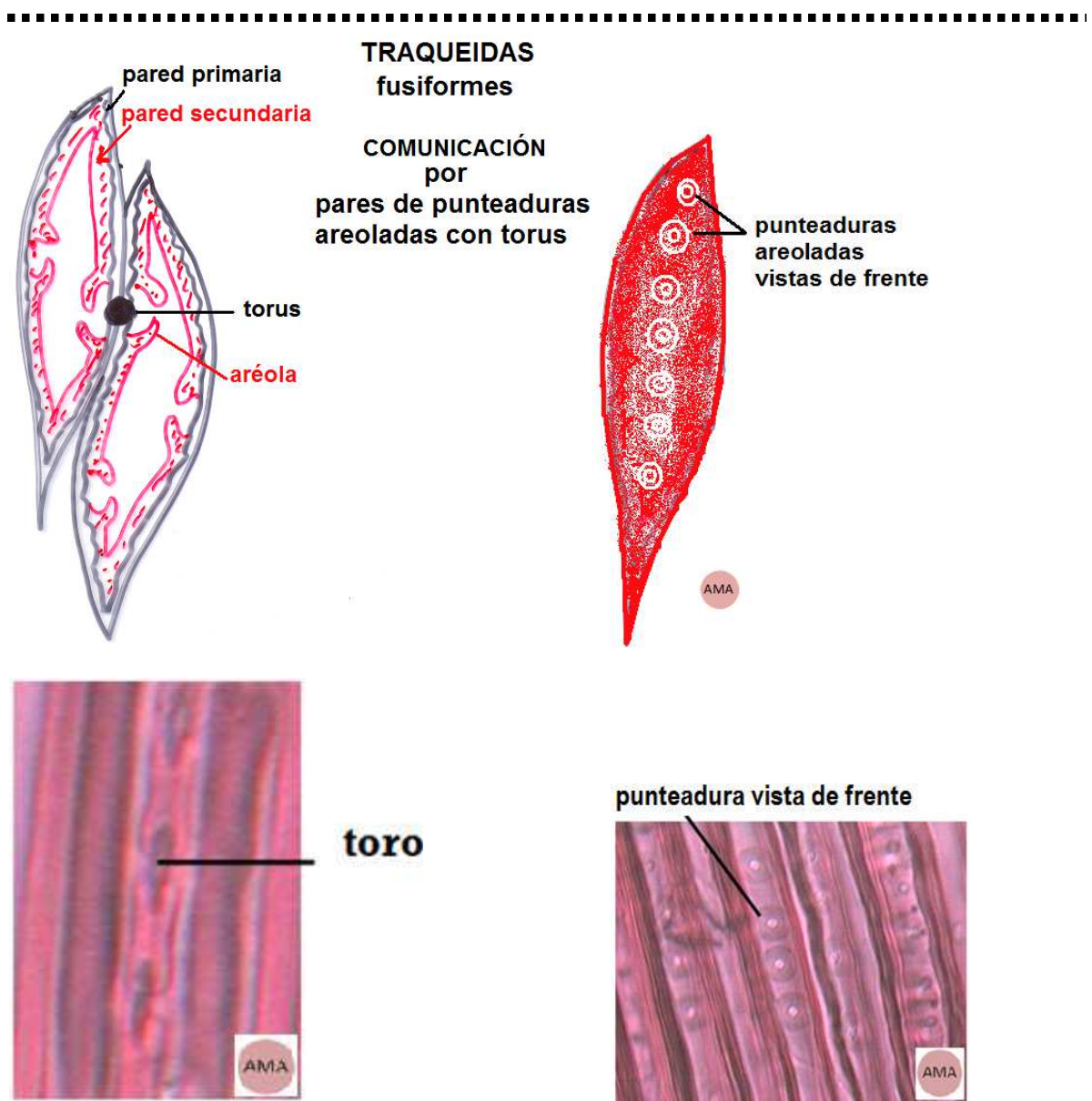


Los tejidos de conducción son complejos porque están formados por distintos tipos celulares. Forman parte de ellos las células parenquimáticas y las fibras que estudiamos anteriormente al ver los tejidos fundamental y de sostén.

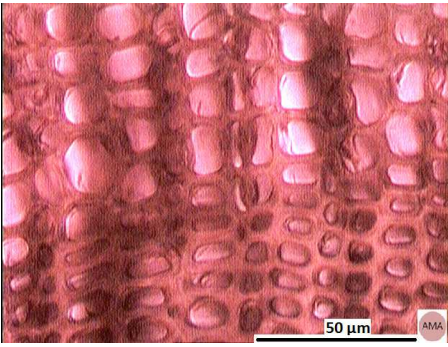
TEJIDOS DE CONDUCCIÓN EN LAS GIMNOSPERMAS (araucaria, cedro, ciprés, pino).

Los elementos conductores del xilema son las traqueidas.

Las **traqueidas** son: unicelulares, fusiformes, con pared secundaria lignificada, presentan lumen celular y son cerradas. Se comunican por pares de punteaduras areoladas con torus. Poseen como función primaria la conducción y función secundaria el sostén. La mayoría de las traqueidas se disponen con su eje longitudinal coincidiendo con el eje longitudinal de la raíz y del tallo, es decir su disposición es axial. Significa a lo largo de la raíz y tallo. Pero también se encuentran traqueidas en sentido transversal al tallo.



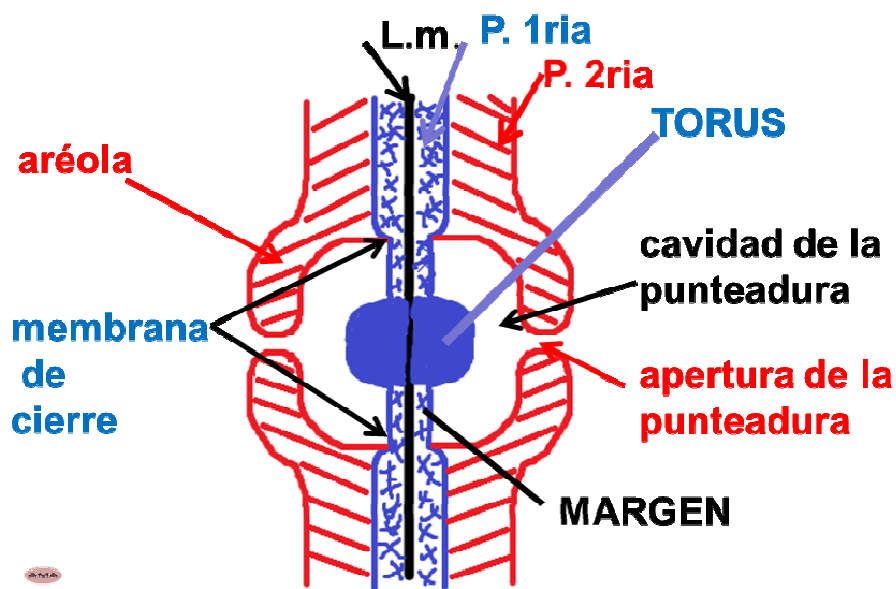
Vista de las Traqueidas en corte longitudinal, fusiformes, con sus punteaduras areoladas.



Vista de las traqueidas en corte transversal, poseen sección cuadrangular. Escala: 50 μm.

En el texto de célula vegetal. Reever el tema de Pared Secundaria.

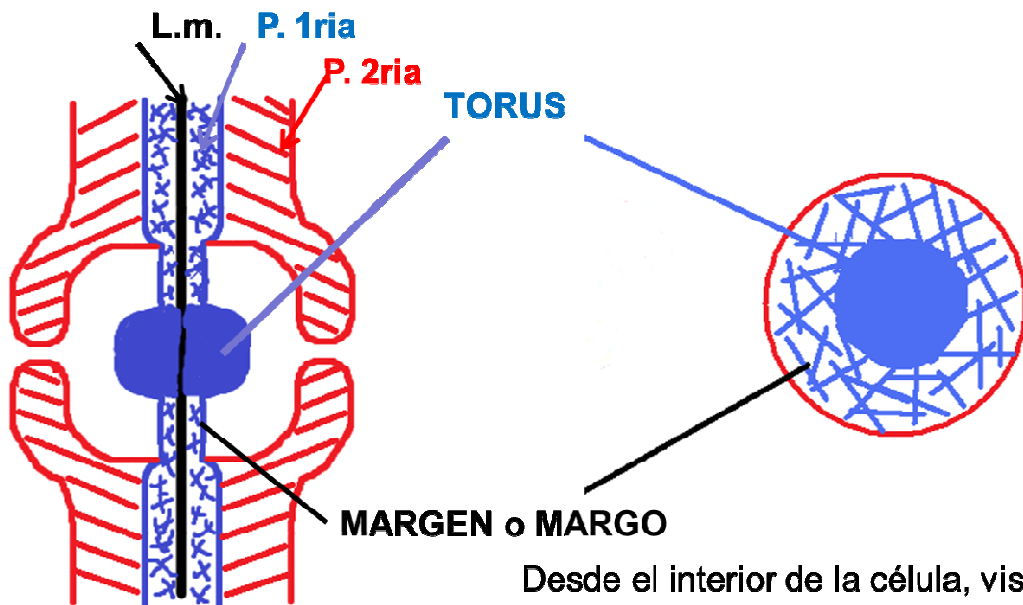
Recordamos las partes de un par de punteaduras areoladas con torus de las traqueidas



Recordemos: el torus o toro está formado por la pared primaria (P 1ria) incluyendo la laminilla media (L.m.) **es impermeable**, es decir, que a través del torus no pasa la savia bruta.

El margen o margo (pared primaria que rodea al torus) **es permeable**. Por allí pasa la savia bruta de una célula a la otra realizando la conducción.

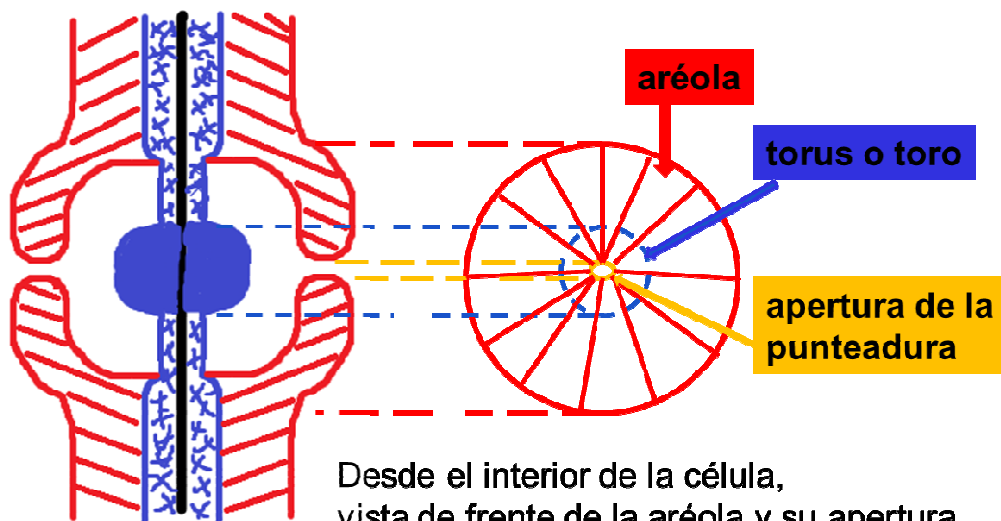
Vista lateral del par de punteaduras areoladas con torus



Desde el interior de la célula, vista de frente del márgen (permeable) y el torus (impermeable).

El torus impermeable es mayor que la apertura de la punteadura. Nos introducimos en el lumen celular de la traqueida y miramos la punteadura de frente, vemos la aréola (es como un embudo mirado desde el pico), el torus (vemos el diámetro mayor que la apertura) y en el centro la apertura de la punteadura de frente.

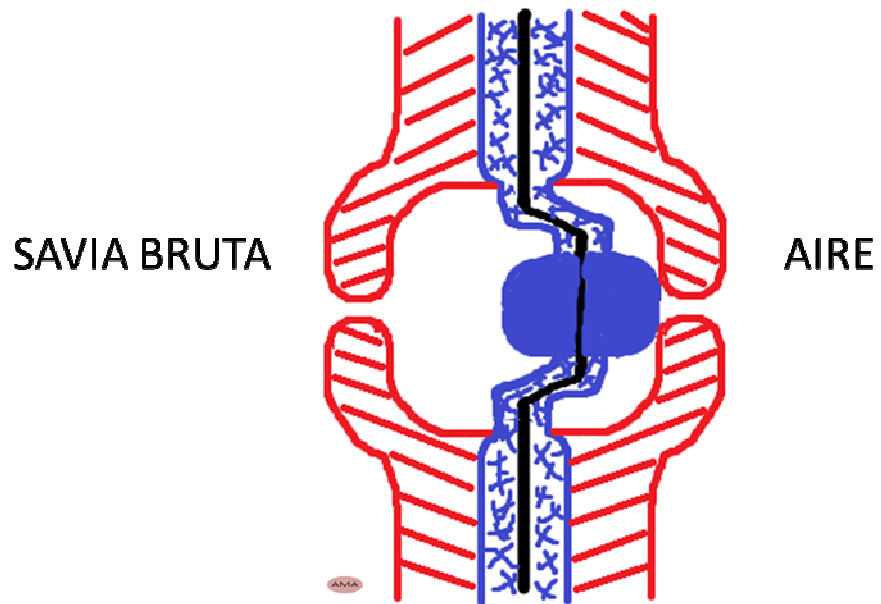
Vista lateral del par de punteaduras areoladas con torus



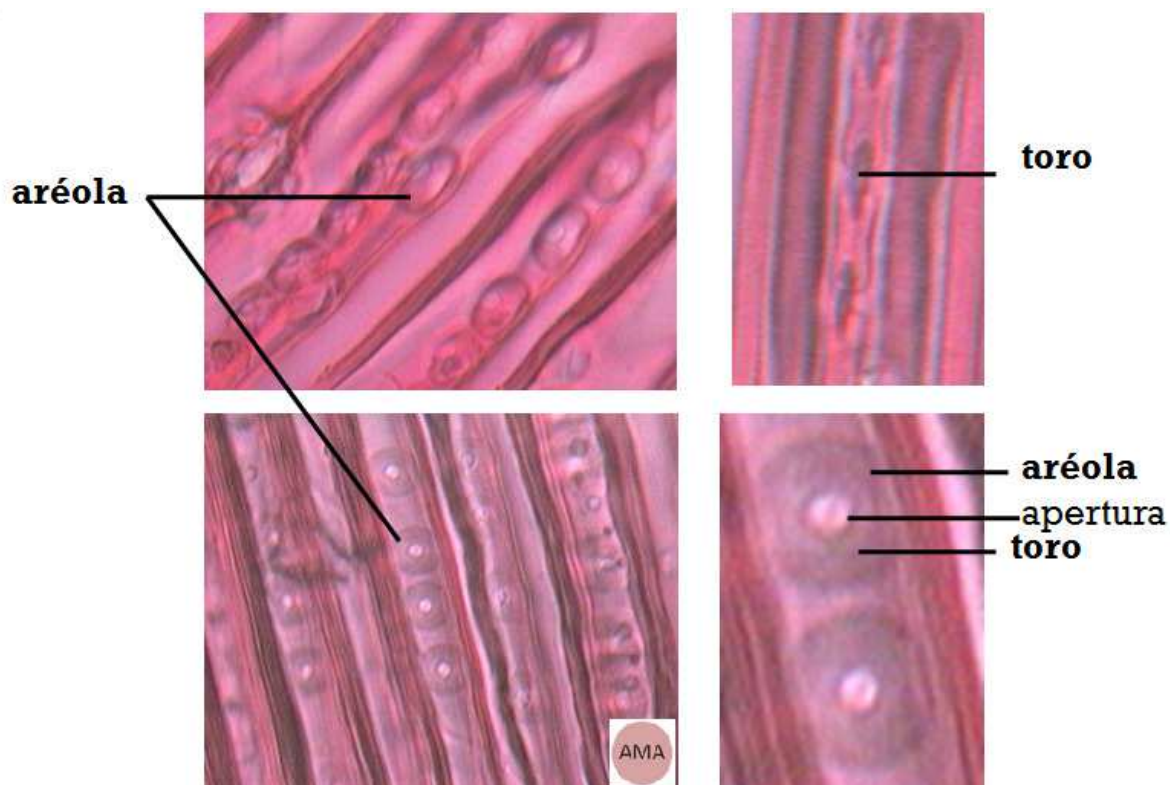
Desde el interior de la célula, vista de frente de la aréola y su apertura. Al trasluz se visualiza el torus de mayor diámetro que la apertura.

Cuando penetra aire en una traqueida (**embolia**) se interrumpe la corriente líquida (como ocurre cuando entra aire en una cañería de agua), **para que no ocurra**, el margen que es flexible se desplaza y el torus tapa la apertura de la punteadura evitando que el aire penetre en las otras traqueidas y de esa manera la circulación de savia bruta continúa.

Este estado se llama Punteadura Aspirada



Embolia: obstrucción ocasionada por un émbolo (en este caso burbuja de aire) formado en el sistema conductor, que impide la circulación de una traqueida o un vaso a otro.



Los elementos conductores del floema son las células cribosas

Algunas breves explicaciones de componentes específicos del floema

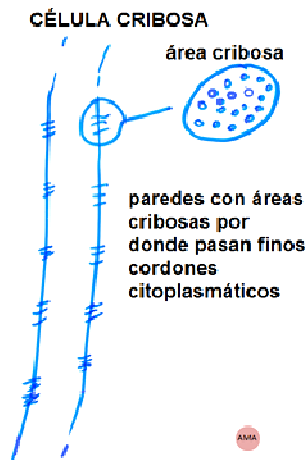
Calosa: polisacárido que por hidrólisis produce glucosa. Se encuentra en áreas y placas cribosas, entre la pared celular y la plasmalema, contribuye a la formación de los poros cribosos y forma tapones cuando las plantas inician su entrada en el reposo invernal o cuando se produce una herida en la planta (Ver también en *La Célula Vegetal*, parte de adscrustaciones o depósitos e Incrustaciones o impregnaciones de la pared celular).

Plastidios P (proteína) y S o A (starch = almidón): cuando se forman la célula cribosa o el elemento de tubo criboso la modificación de los plastidios con desorganización de los tilacoides los diferencia de otras células como las parenquimáticas. Se forman dos tipos de plastidios: los plastidios de tipo P (contienen proteína), del cual existen varias formas y los plastidios de tipo S (starch) o A (almidón), que tienen dos formas: los que contienen solamente almidón y los que no tienen inclusiones (los que contienen almidón este es distinto de aquel existente en los amiloplastos, tal es así que con (I_2KI) –lugol- se tiñe de pardo-rojizo).

Proteína P o F (floema): son corpúsculos de proteína propia del floema. Está presente en el protoplasto de las células del tubo criboso. Forma pequeños corpúsculos que aumentan de tamaño, al mismo tiempo el núcleo de la célula del tubo comienza a degenerar. Estos corpúsculos cuando desaparece el tonoplasto de la vacuola se dispersan y entran en contacto con los poros de la placa cribosa. No se conoce con exactitud su función, algunos autores le atribuyen la propiedad de tapar rápidamente los poros cuando ocurre una herida, complementando esta función la calosa.

Las **células cribosas** son las células conductoras de la savia elaborada en las Gimnospermas. Sus características son: unicelulares, muy largas, con pared primaria celulósica (a pesar de mostrar engrosamiento). Poseen protoplasto. Si bien sufre parcial destrucción nuclear este permanece en la célula, en el citoplasma hay plastidios P y S y el retículo endoplasmático rugoso pierde los ribosomas y pasa a formar un sistema tubular relacionada a la comunicación y conducción entre células. ¿Cómo conducen?: se comunican entre células cribosas y con las células albuminosas que las acompañan, por áreas con pequeñas perforaciones, llamadas **áreas cribosas**, por donde pasan finos cordones citoplasmáticos, son similares a plasmodesmos y en ellos participa activamente el retículo endoplasmático tubular, llevando la savia elaborada. Las células cribosas no poseen proteína P o F. La calosa puede tapizar o no los poros, suele aparecer ante heridas o en células cribosas senescentes, pero desaparece cuando la célula muere.

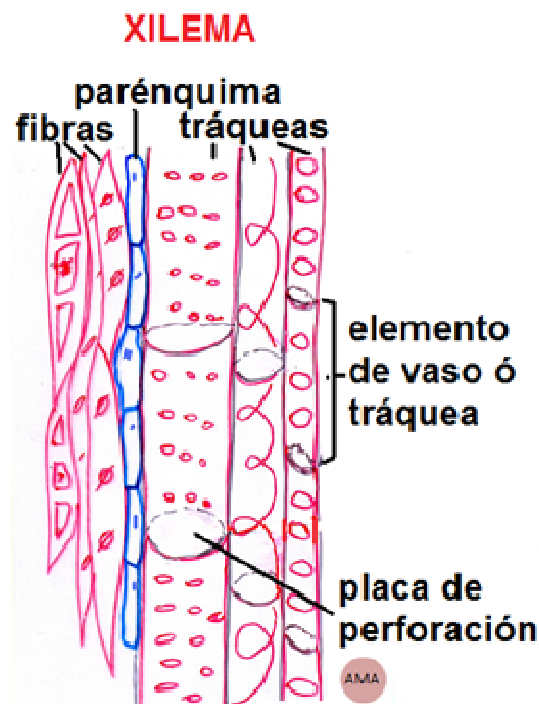
Las **células albuminosas** son de tipo parenquimático con pared primaria celulósica y protoplasto. Se comunican con las células cribosas por campos de puntuaciones primarias, las ayudan en la conducción y actúan como células reservantes de nutrientes.



Esquema representando una porción de célula cribosa con sus paredes con áreas cribosas.

TEJIDOS DE CONDUCCIÓN EN LAS ANGIOSPERMAS, clase Dicotiledóneas y clase Monocotiledóneas.

XILEMA: es un tejido complejo, sus componentes son: por traqueidas, tráqueas o vasos, fibras xilemáticas y parénquima xilemático o del leño.

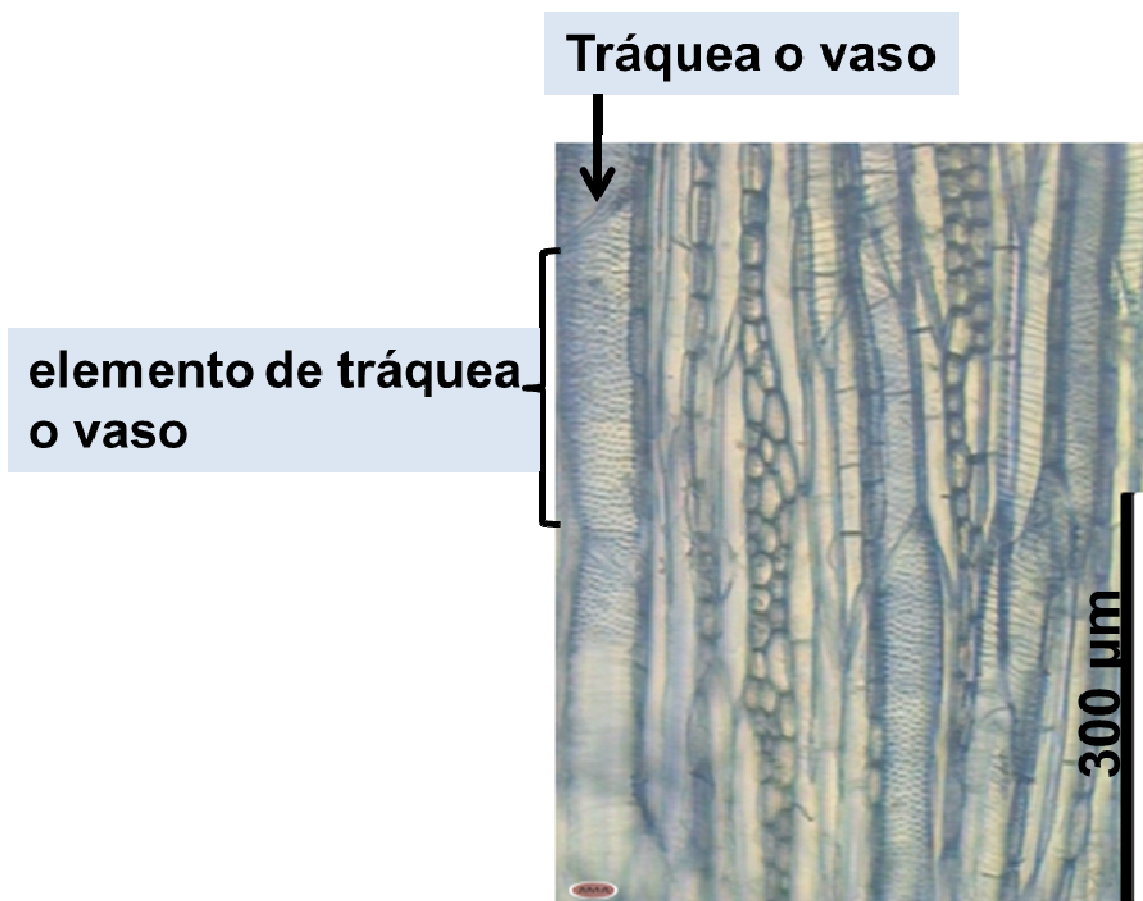


Las **traqueidas** se encuentran en Angiospermas primitivas (próximas a las Gimnospermas), y por ejemplo, en las terminaciones de las venas de las hojas. Cumplen funciones de conducción y sostén. Las estudiamos en Gimnospermas donde son los elementos conductores de savia bruta.

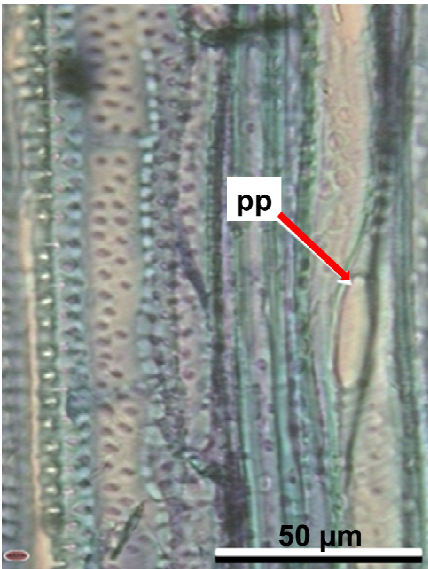
Las **tráqueas o vasos** son los principales elementos conductores de savia bruta en las Angiospermas, están más adaptados que las traqueidas a la conducción.

Cada tráquea está formada por dos a numerosas células superpuestas, cilíndricas, más o menos cortas. Cada célula se denominan elemento de vaso, poseen pared secundaria lignificada con distintos tipos de punteaduras y engrosamientos. El protoplasto se desorganiza y desaparece, quedando una cavidad o lumen celular.

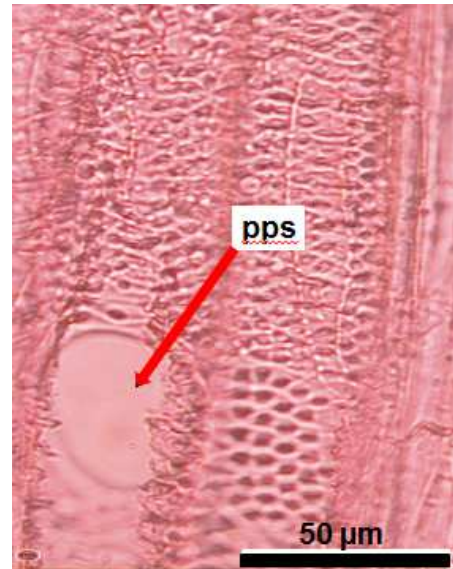
La siguiente imagen muestra el corte longitudinal del xilema donde se ven varias tráqueas longitudinales. Escala: 300 μm .



El vaso o tráquea, es abierto, está formado por numerosas células o elementos de vaso superpuestos. **Estos elementos de vaso se comunican entre sí, por placas de perforación.** Las placas de perforación se forman en las paredes terminales de la célula elemento de vaso, en posición más o menos oblicua. Las formas menos preparadas para la conducción son aquellas placas de perforación que conservan parte de la pared resultando reticuladas, y escalariformes, mientras que las más adaptadas a la conducción son las **placas de perforación simples**, que han perdido totalmente la pared de contacto entre un elemento de vaso y otro.



Vista longitudinal de vasos mostrando placas de perforación (pp), placa de perforación simple (pps). Escala 50μm.



Las células del vaso o tráquea se comunican lateralmente por pares de punteaduras. Además las paredes laterales se caracterizan porque internamente presentan distintos tipos de engrosamientos secundarios que lleva a clasificarlos en: anillados, espiralados o helicoidales, escalariformes, reticulados y punteados, visibles en los cortes longitudinales del leño.

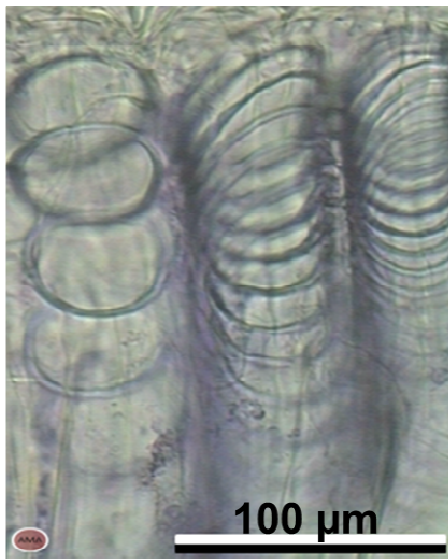


Imagen con anillos y espirales de engrosamiento. Escala: 100μm.

Los vasos con engrosamientos anillados y espiralados presentan mayor proporción de pared primaria permitiéndoles adaptarse al crecimiento y forman parte principalmente del *protoxilema* (el primero de los xilemas primarios que se forma), mientras que los mayores engrosamientos (reticulados, escalariformes y punteados) se encuentran en el *metaxilema* (el último xilema primario que se forma). Los vasos del protoxilema también son de pequeño diámetro, mientras los del metaxilema son de mayor diámetro.

Esquema de Vasos con diferentes engrosamientos en las paredes laterales y sobre ellos se muestra la variación del diámetro.

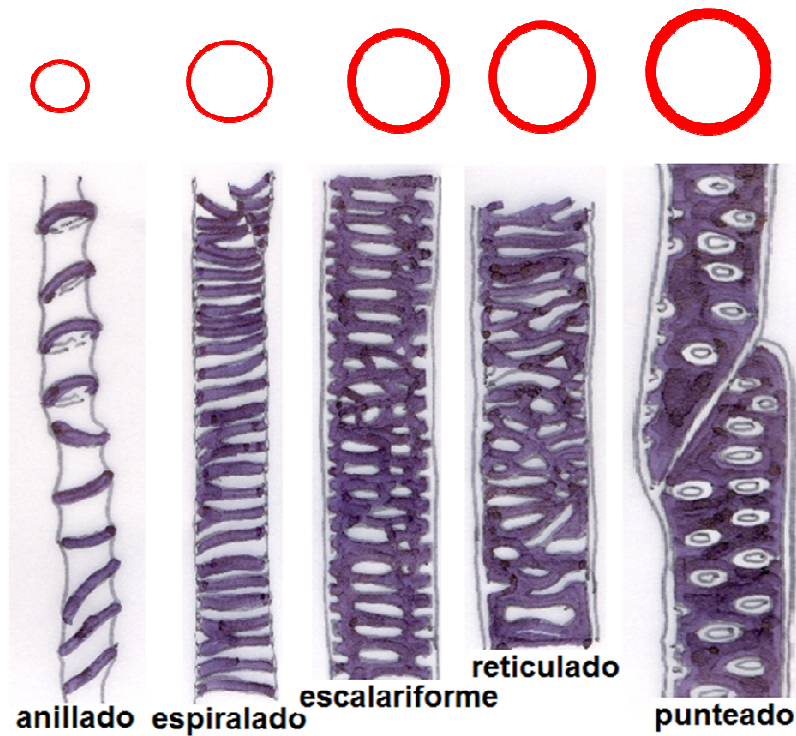


Imagen mostrando vasos helicoidales, reticulados y punteados. Escala 50µm.

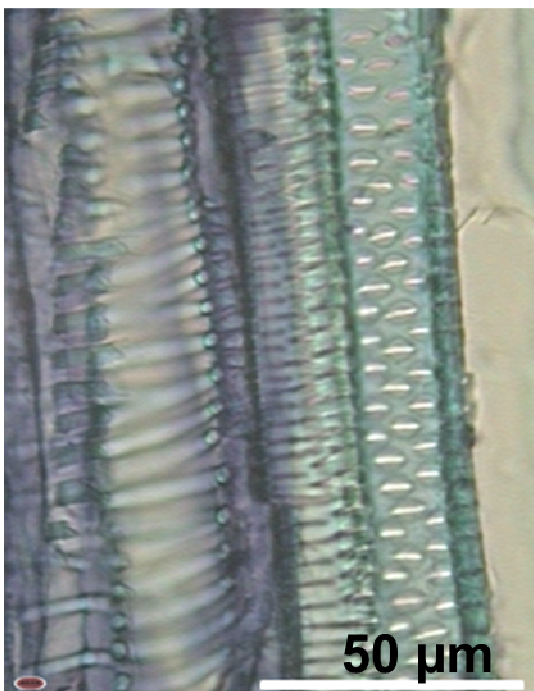
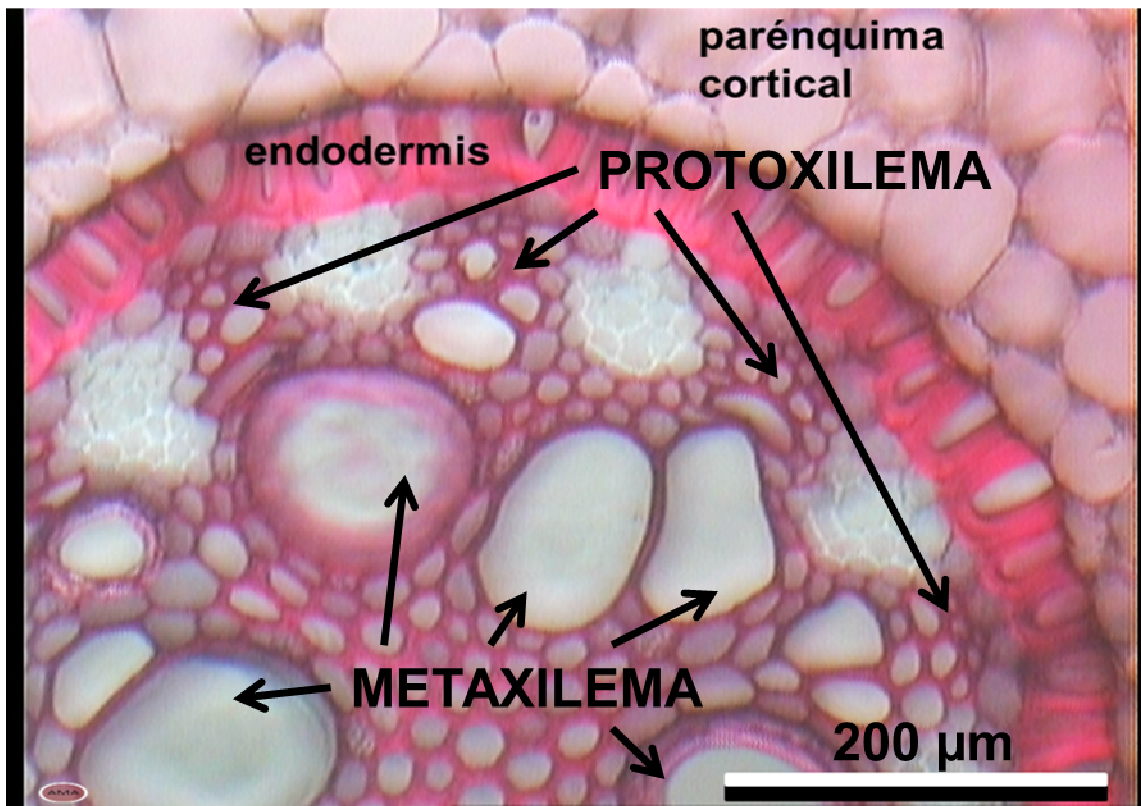


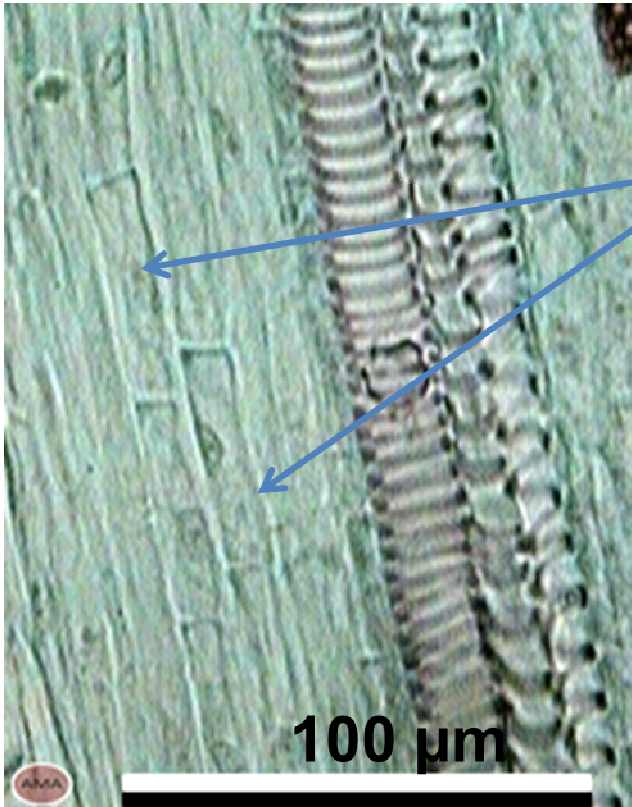
Imagen mostrando diferentes diámetros de las tráqueas del protoxilema (pequeño diámetro) y metaxilema (gran diámetro), en el corte transversal de la raíz. Escala 300µm.



Las **fibras xilemáticas**: su función es sostén. Se clasifican en: fibrotraqueidas, fibras libriformes, fibras tabicadas y fibras gelatinosas (Ver Tejidos de sostén, esclerénquima).

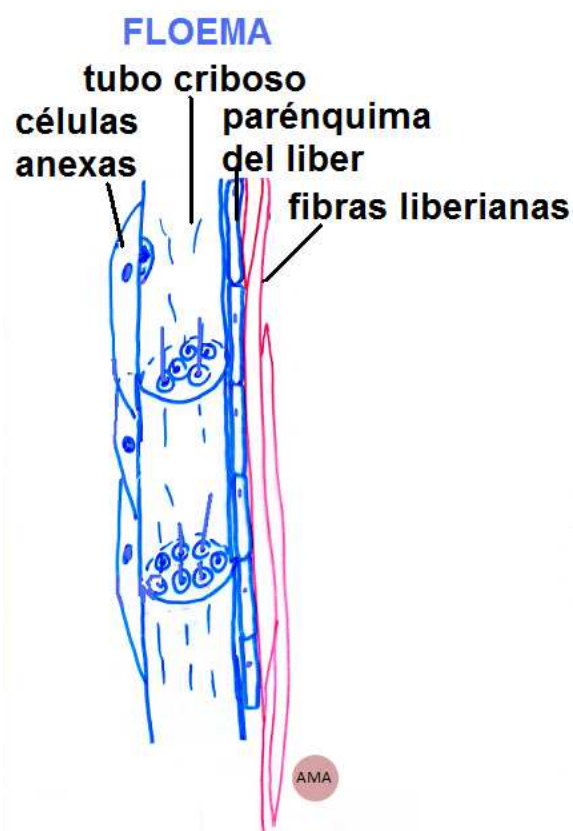
El **parénquima xilemático o del leño** está formado por células alargadas, con pared primaria celulósica y protoplasto. Su principal función es reserva, ocasionalmente pueden contribuir a la conducción como células de transferencia (Ver Tejidos de elaboración y reserva en los tipos de parénquima de reserva).

En la siguiente imagen del xilema se observan vasos con engrosamientos secundarios de sus paredes laterales espiralados o helicoidales y **sobre la izquierda células parenquimáticas, también alargadas, donde es muy visible la pared celulósica delgada y el núcleo.** Escala: 100 micrómetros.



células de parénquima en el tejido de conducción (xilema)

FLOEMA o Liber. Tejido complejo formado por tubos cribosos; células anexas o adjuntas; fibras liberianas y parénquima del floema, del liber o liberiano.



Los **tubos cribosos**, poseen la función de conducción de la savia elaborada en las Angiospermas. Son pluricelulares, con pared celular primaria, celulósica y con protoplasto. Se diferencian de otras células por la presencia de Plastidios S y P y Proteína P o F como es característico de las células del tubo (Ver explicación junto a células cribosas). A la madurez las células del tubo pierden el núcleo.

Cada célula o elemento de tubo criboso se comunica con el elemento superior e inferior por placas cribosas que están ubicadas en las paredes terminales de la célula. Para la comunicación lateral poseen en sus paredes áreas cribosas.

TIPOS DE PLACAS CRIBOSAS

Las placas cribosas pueden ser de dos tipos: placa cribosa compuesta y placa cribosa simple.

La **placa cribosa compuesta** presenta la pared primaria terminal de la célula con sectores perforados llamados áreas cribosas.

La **placa cribosa simple** presenta toda la superficie de la pared primaria terminal con poros amplios, es decir toda la pared está perforada.

Por los poros o cribas pasan cordones citoplasmáticos realizando la conducción de savia elaborada. En cada criba o poro hay un cilindro de calosa, la cual en determinado momento cubre las cribas y las obtura, proceso que a veces es reversible, otras no. La calosa cumple función natural de obturar el tubo criboso por ejemplo en otoño, cuando la planta entra en reposo y desaparece al reiniciar su actividad en primavera, pero esto no es así en todos los tubos cribosos, otros permanecen tapados. La calosa también se acumula para cerrar los poros cuando la planta sufre una herida. Parece ser que la Proteína P que se forma en el tubo criboso contribuiría a este proceso.

ESQUEMAS DE PLACAS CRIBOSAS VISTAS DE FRENTE

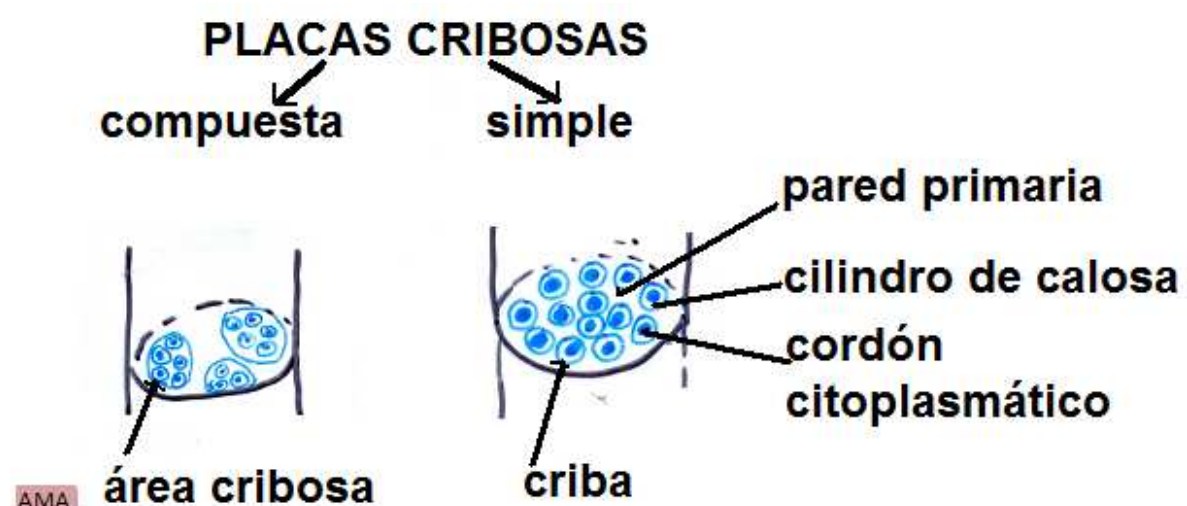


Imagen del floema en el corte transversal del tallo de . "cayote" *Sechium edule* (Jacq.) Sw. (Cucurbitaceae). Se destacan las placas cribosas simples con la pared totalmente porosa.

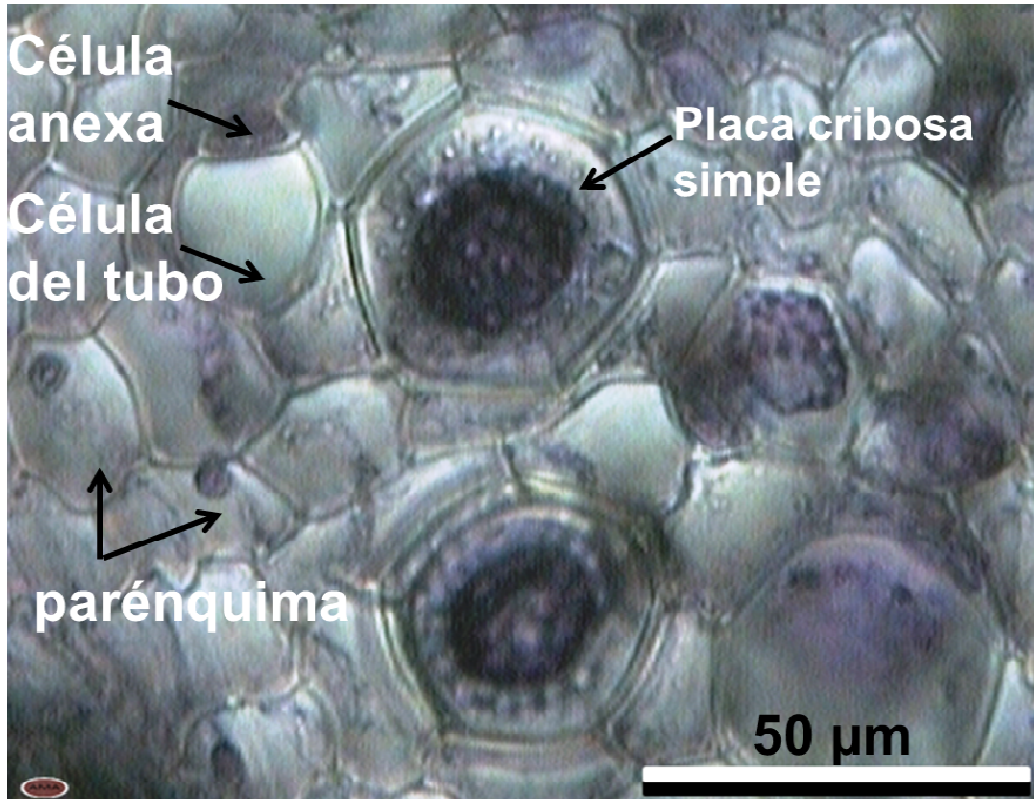
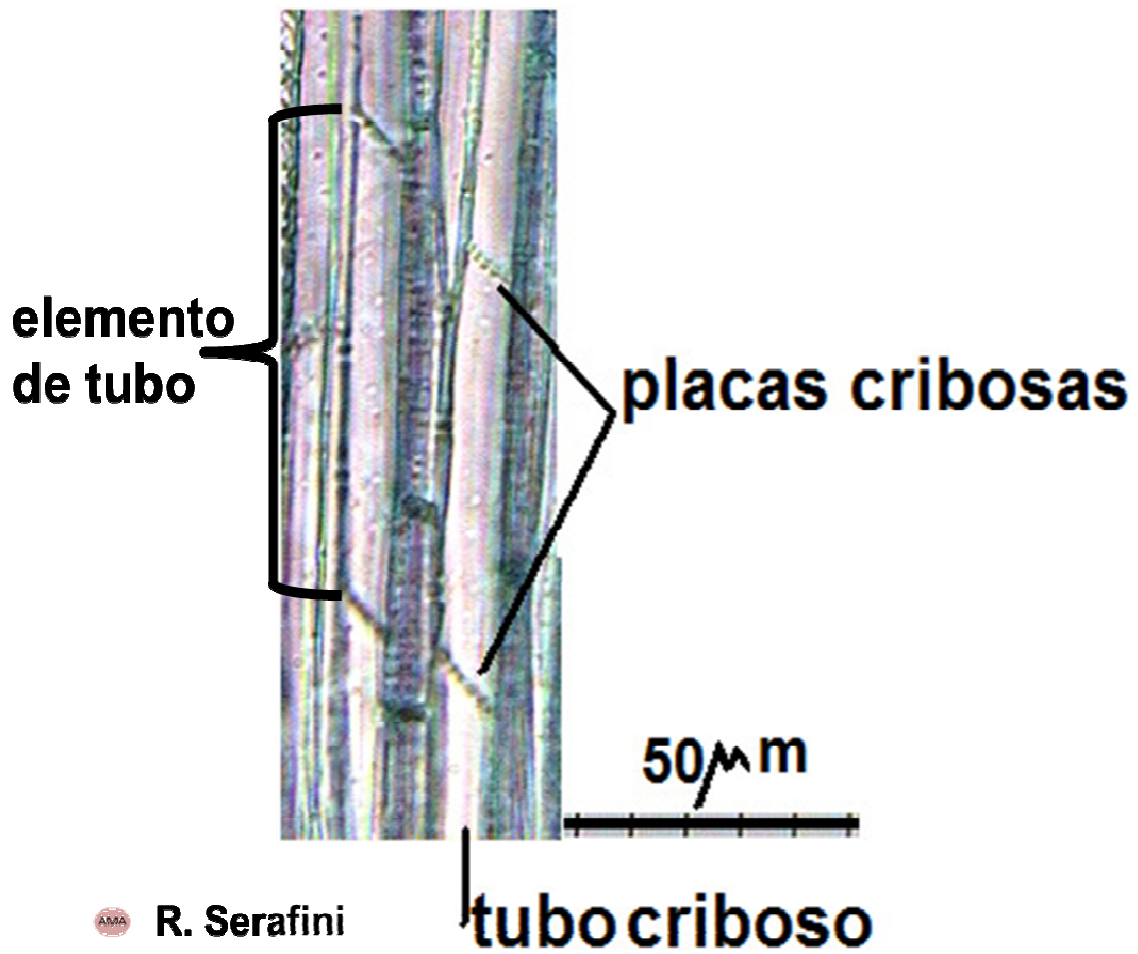


Imagen del corte longitudinal de tubos cribosos, mostrando la célula o elemento de tubo con las placas cribosas en sus paredes terminales



Las **células anexas o acompañantes** y los tubos cribosos tienen una estrecha relación, nacen de una misma célula, viven y mueren juntos. Las células anexas son vivas, con pared primaria celulósica, protoplasto con abundancia de orgánulos y conservan su núcleo. Ayudan al tubo criboso en la organización y en la conducción. Del lado de la célula anexa la comunicación se produce por campos de puntuaciones primarias donde abundan los plasmodesmos y del lado del tubo criboso por áreas cribosas.

En estas células se sintetiza la proteína fluorescente verde (GFP, Green fluorescent protein). Se han identificada solamente algunas proteínas solubles endógenas de las que se calculan existen en la savia que circula por el floema. Mientras algunas proteínas floemáticas sirven de moléculas señalizadoras a larga distancia, es probable otras participen en el mantenimiento de los elementos del tubo criboso.

Las **fibras liberianas** pertenecen al tejido esclerenquimático, su función es sostén y se caracterizan porque a la madurez su pared secundaria puede ser notablemente gruesa (Ver Tejidos de sostén, esclerénquima).

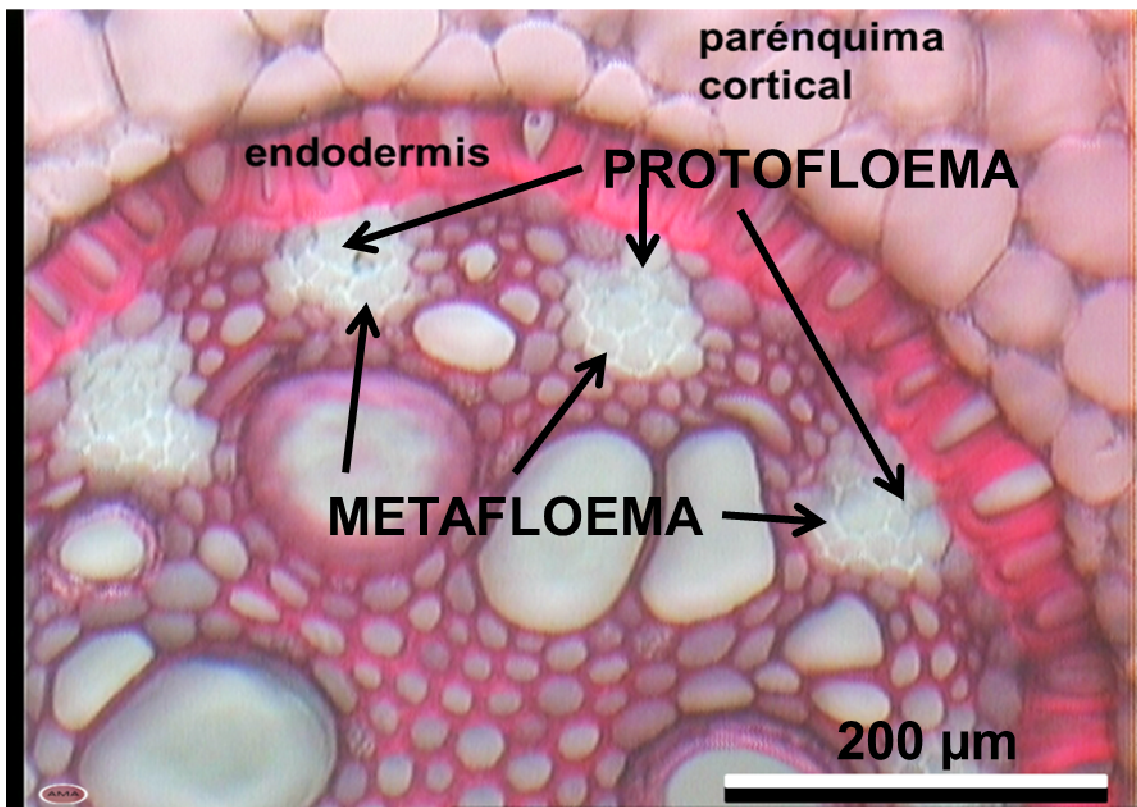
El **parénquima liberiano o del liber** tiene como principal función la reserva de sustancias, cuando continúa el crecimiento puede esclerificarse.

Imagen del corte transversal de "sauco" *Sambucus australis* Cham. et Schlecht. (Adoxaceae = Caprifoliaceae). Escala: 50 μm .

Muestra comparativa del espesor de las paredes y lumen celular de las fibras del floema (fibras liberianas) y las fibras del xilema (fibras xilemáticas).



Al floema primario también se lo clasifica en protofloema y metafloema. El Protofloema está formado por elementos celulares más estrechos, pequeños y es el primero en formarse. Siempre se ubica hacia la periferia del órgano, ya sea raíz o tallo. El metaxilema está formado por tubos cribosos de mayor diámetro, es el último en formarse y se ubica hacia el centro del órgano.



RESUMEN

LOS TEJIDOS DE CONDUCCIÓN PRIMARIOS (del crecimiento primario)

Se lo clasifica en protoxilema, metaxilema y protofloema, metafloema.

EL XILEMA PRIMARIO consta de protoxilema y metaxilema.

El **protoxilema** madura en órganos en crecimiento, está sometido a tensiones y por eso los vasos tienen engrosamientos anillados o espiralados, que les permite adaptarse al crecimiento.

El **metaxilema** se encuentra cuando aún la planta es joven y está en crecimiento. Las tráqueas maduran cuando el cuerpo vegetal completó su alargamiento, no necesitan adaptarse al crecimiento, comprende los vasos escalariformes, reticulados y punteados. Los vasos del metaxilema son de mayor diámetro que los del protoxilema.

EL FLOEMA PRIMARIO consta de protofloema y metafloema.

El **protofloema** se encuentra al mismo tiempo que el protoxilema, cuando los órganos aún se alargan, los tubos cribosos son activos durante un corto tiempo y luego son destruidos, llegando a desaparecer, el parénquima suele transformarse en esclerénquima.

El **metafloema** posee tubos cribosos mejor diferenciados, de mayor diámetro y en muchos casos, en especial en las Monocotiledóneas conducen durante muchos años.

LAS GIMNOSPERMAS Y ANGIOSPERMAS DICOTILEDÓNEAS LUEGO DEL CRECIMIENTO PRIMARIO (cuerpo del vegetal formado por tejidos primarios que crece en longitud, altura), TIENEN CRECIMIENTO SECUNDARIO NORMAL (cuerpo del vegetal formado por tejidos secundarios que crece en diámetro).

LOS TEJIDOS DE CONDUCCIÓN SECUNDARIOS (del crecimiento secundario)

Los elementos que componen los tejidos de conducción primarios son los mismos que los de conducción secundarios, pero con el crecimiento secundario se origina una parte importante que es **la madera o leño (=xilema secundario)**.

*En las **Gimnospermas** el leño secundario, xilema secundario o **madera** es homogéneo. Está formada por traqueidas en todas las especies, el parénquima es muy escaso (radios medulares uniseriados). En algunas, también hay fibrotraqueidas y en otras puede hallarse algo más de parénquima.*

*En la madera se encuentran las traqueidas orientadas en el sentido longitudinal del tallo (disposición axial) y también otras transversales que forman parte de radios medulares (disposición radial). En la madera de los pinos, algunas de estas traqueidas reciben la resina de los conductos resiníferos y son obturadas, se llaman traqueidas resiníferas (**Completaremos la temática al ver estructura secundaria del tallo**).*

*En las **Angiospermas-Dicotiledóneas** el xilema secundario, leño o **madera** es heterogéneo, está formada por diferentes elementos celulares. A los vasos o tráqueas se les llama poros. En el reconocimiento de la madera se tienen en cuenta numerosas características entre ellas la distribución y tamaño de los poros que determina distintos tipos de porosidad de la madera. Los tipos de placas de perforación. Los tipos de fibras xilemáticas, su presencia y distribución en especial las fibras tabicadas. El parénquima que es abundante tanto en el sentido axial como radial, su distribución respecto a las tráqueas, la formación de tálides, como se forman los radios de distinto tipo, ancho y altura. (**Completaremos la temática al ver estructura secundaria del tallo**).*

.....

BIBLIOGRAFÍA

- Esau, K. 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Ed. Hemisferio Sur
- Evert, R.F. 2008. Esau Anatomía Vegetal. Ed. Omega
- Fahn, A. 1985. Anatomía Vegetal. Ed. Pirámide
- Font Quer, P. 1965. Diccionario de Botánica. Ed. Labor
- Jensen WA y FB Salisbury. 1988. Botánica. McGraw-Hill
- Lüttge U et al. 1993. Botánica. McGraw-Hill
- Strasburger, E. et al. 1994. Tratado de Botánica. Ed. Omega.
- Valla, JJ. 2004. Botánica, morfología de las plantas superiores. Hemisferio Sur.

APÉNDICE

CUADRO DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DEL XILEMA Y FLOEMA EN LAS DIVISIONES GIMNOSPERMAS Y ANGIOSPERMAS

CONDUCEN; CONDUCEN; AYUDAN EN LA CONDUCCIÓN; RESERVAN; SOSTÉN

XILEMA		FLOEMA	
GIMNOSPERMAS	ANGIOSPERMAS	GIMNOSPERMAS	ANGIOSPERMAS
TRAQUEIDAS	TRAQUEIDAS	CÉLULAS CRIBOSAS	TUBOS CRIBOSOS
FIBROTRAQUEIDAS	TRÁQUEAS	CÉLULAS ALBUMINOSAS	CÉLULAS ANEXAS
	PARÉNQUIMA DEL XILEMA		PARÉNQUIMA DEL FLOEMA
	FIBRAS DEL XILEMA		FIBRAS DEL FLOEMA

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DEL XILEMA Y FLOEMA

Gimnospermas

TRAQUEIDAS: unicelulares, poseen pared secundaria y lumen celular, se comunican por punteaduras areoladas con torus, conducen savia bruta.

CÉLULAS CRIBOSAS: unicelulares, poseen pared primaria celulósica, conservan protoplasto, se comunican por áreas cribosas por donde pasan finos cordones citoplasmáticos llevando la savia elaborada. Se comunican con las **CÉLULAS ALBUMINOSAS** que las ayudan en la conducción y realizan reserva.

Angiospermas

TRÁQUEAS O VASOS: pluricelulares, poseen pared secundaria y lumen celular, se comunican entre los elementos o células del vaso (en sentido longitudinal) por placas de perforación (reticuladas, escalariformes y simples) y lateralmente por pares de punteaduras, conducen savia bruta. En las paredes laterales tienen engrosamientos secundarios que permiten clasificar los elementos de vaso en anillados, espiralados, escalariformes, reticulados y punteados.

TUBOS CRIBOSOS: pluricelulares, poseen pared primaria celulósica, conservan el protoplasto pero pierden el núcleo a la madurez, se comunican entre los elementos o células del tubo por placas cribosas (en sentido longitudinal) y lateralmente por áreas cribosas, conducen savia elaborada. Por las áreas cribosas laterales se comunican con las **CÉLULAS ANEXAS** que son vivas y con núcleo, los ayudan en la conducción y reservan.

PARÉNQUIMA: unicelulares, con pared primaria celulósica y protoplasto, se comunican por campos de puntuaciones primarias. Sus células son alargadas, cilíndricas, siguiendo las tráqueas y tubos cribosos que son alargados y todos ellos siguiendo el sentido longitudinal del órgano del cual forman parte, por ejemplo el tallo. Las células parenquimáticas realizan reserva de sustancias y en ocasiones pueden contribuir a la conducción.

FIBRAS: unicelulares, con pared secundaria lignificada y lumen celular, se comunican por pares de punteaduras o puntuaciones. Por su forma son fusiformes y se ubican en sentido longitudinal siguiendo los elementos de conducción.

Están las **Fibras Liberianas o del floema** células largas con pared secundaria que durante la madurez suele engrosar notablemente y queda un lumen celular puntiforme. Las paredes son mucho más gruesas que en las fibras del xilema que coincidentemente muestran una mayor amplitud de lumen celular.

Las fibras xilemáticas (Ver tejido de sostén, esclerénquima). **fibras libriformes** semejantes a las fibras liberianas, caracterizadas por su gran longitud y comunicación por pares de punteaduras simples con apertura elíptica. Las **fibrotraqueidas** con sus paredes muy gruesas y punteaduras con canal de la punteadura limitado por una apertura circular hacia el exterior y una apertura elíptica hacia el interior de la célula. Las fibrotraqueidas suelen hallarse también en Gimnospermas. Las **fibras tabicadas** proporcionalmente cortas, desarrollan su pared secundaria y luego forman tabiques transversales de pared primaria que posteriormente es cubierta por pared secundaria. Suelen observarse cristales en su protoplasto interior.