

*Atlas de Histología Vegetal y Animal*

# Tejidos vegetales

## VASCULARES

**Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal**

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Noviembre 2020)

Este documento es una edición en pdf del sitio  
<http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo  
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA  
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar  
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,  
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre  
a los autores)

La edición de este documento se ha realizado con el software  $\text{\LaTeX}$   
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio  
([www.texstudio.org/](http://www.texstudio.org/)) como editor.

## Contenidos

1	Tejidos vegetales	1
2	VASCULARES	4
3	Imagen; Metaxilema y metafloema	12
4	Imagen; Xilema y floema	14

## 1 Tejidos vegetales

Cuando hablamos de las características de los tejidos de las plantas tenemos que tener en mente la historia ocurrida hace unos 450 a 500 millones de años, en el paleozoico medio, cuando las plantas conquistaron la tierra. El medio terrestre ofrece ventajas respecto al medio acuático: más horas y más intensidad de luz, y mayor circulación libre de CO<sub>2</sub>. Pero a cambio las plantas tienen que solventar nuevas dificultades, casi todas relacionadas con la obtención y retención de agua, con el mantenimiento de un porte erguido en el aire y también con la dispersión de las semillas en medios aéreos. Para ello las plantas se hacen más complejas: agrupan sus células y las especializan para formar tejidos con funciones más complejas que son capaces de hacer frente a estas nuevas dificultades. Atendiendo a razones topográficas, los tejidos se agrupan en sistemas de tejidos (Sachs, 1875), que se usan para resaltar la organización de estos tejidos en estructuras más amplias de la planta. Los sistemas de tejidos se agrupan para formar los órganos.

Todas las células de los tejidos proceden de otras células indiferenciadas que se agrupan formando unas estructuras denominadas meristemas, aunque a veces pueden estar dispersas. Las plantas vasculares producen semillas, dentro de las cuales se forma el embrión, que se desarrolla y crece gracias a la actividad de los tejidos embrionarios o meristemáticos. A medida que la planta se desarrolla, los meristemas se mantienen en algunas partes de la planta y permiten su crecimiento, a veces a lo largo de toda la vida de la planta.

Tradicionalmente los tejidos de las plantas se agrupan en tres sistemas: sistema de protección (epidermis y peridermis), fundamental (parénquima, colénquima y esclerénquima) y vascular (xilema y floema) (Figura 1).

El sistema de protección permite resistir un medio ambiente variable y seco. Está formado por dos tejidos: la epidermis y la peridermis. Las células de estos tejidos se revisten de cutina, suberina y ceras para disminuir la pérdida de agua, y aparecen los estomas en la epidermis para controlar la transpiración y regular el intercambio gaseoso.

El sistema fundamental lleva a cabo funciones metabólicas y de sostén. Una gran proporción de los tejidos vivos de las plantas está representada por el parénquima, el cual realiza diversas funciones, desde la fotosíntesis hasta el almacén de sustancias. Para mantenerse erguidas sobre la tierra y mantener la forma y estructura de muchos órganos las plantas tienen un sistema de sostén representado por dos tejidos: colénquima y otro más especializado denominado esclerénquima. La función de mantener el cuerpo de la planta erecto pasará a los sistemas vasculares en plantas de mayor porte.

Uno de los hechos más relevantes en la evolución de las plantas terrestres es la aparición de un sistema vascular capaz de comunicar todos los órganos del cuerpo de la planta. El sistema vascular está formado por dos tejidos: xilema, que conduce mayormente agua, y floema, que conduce principalmente sustancias orgánicas en solución. Sólo hablamos de verdaderos tejidos conductores en las plantas vasculares.

Los tejidos también se pueden agrupar de otras formas. Por ejemplo, por la diversidad celular que los componen. Así, hay tejidos simples o sencillos que sólo contienen un tipo celular, como los parénquimas, mientras que otros son complejos como los de protección o conductores (Figura 2).

Los tejidos y sistemas de tejidos se agrupan para formar órganos que pueden ser vegetativos, como la raíz (órgano de captación de agua y sales), tallo (órgano para el transporte, sostén y a veces realiza la fotosíntesis) y hoja (órgano que capta la energía solar, realiza la fotosíntesis y es el principal responsable de la regulación hídrica de la planta), o bien reproductivos como la flor y sus derivados, la semilla y el fruto. Los sistemas de tejidos se distribuyen en modelos característicos dependiendo del órgano.

Antes de introducirnos en el estudio de cada uno de los tejidos y órganos tenemos que entender dos estructuras características de las plantas: 1.- Las células de las plantas presentan una estructura denominada pared celular que recubre externamente a su membrana plasmática. Se sintetiza por la propia célula y determina la forma y el tamaño de las células, la textura del tejido y la forma del órgano. Incluso los difer-

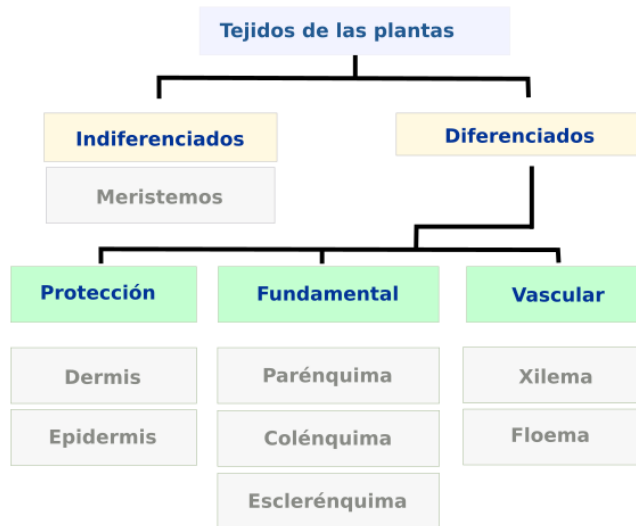


Figura 1: Clasificación tradicional de los tejidos de las plantas.

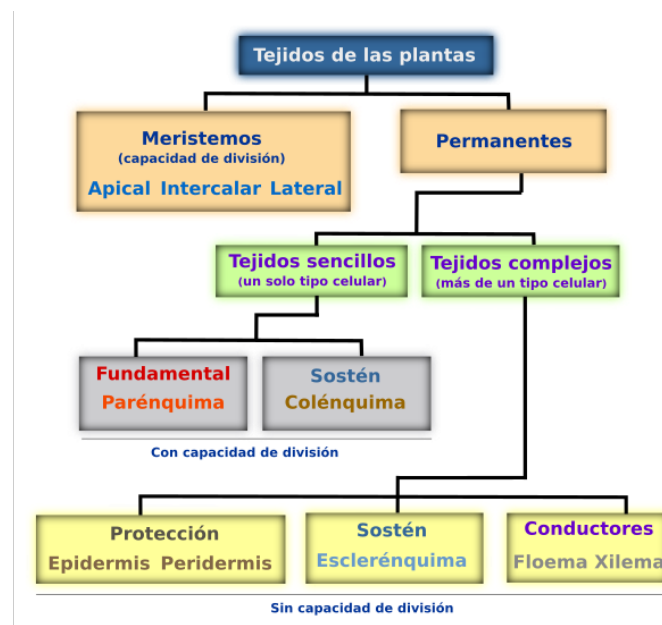


Figura 2: Clasificación de los tejidos de las plantas según su permanencia, capacidad de división y tipos celulares que los componen.

entes tipos celulares se identifican por la estructura de la pared. La pared celular primaria se deposita mientras la célula está creciendo o dividiéndose. La pared celular secundaria es característica de algunas células especializadas y es mayormente depositada cuando la célula ha detenido su crecimiento. Todas las células de las plantas diferenciadas contienen lamina media y pared celular primaria más o menos gruesa pero sólo

unos pocos tipos celulares tienen además pared celular secundaria.

2.- A partir del estado embrionario las plantas se desarrollan y crecen gracias a la actividad de los meristemos. El primer crecimiento de todas las plantas, y único en algunos grupos, es el crecimiento en longitud. Éste se denomina crecimiento primario, y corre

a cargo de la actividad de un grupo de células meristemáticas que se sitúan en los ápices de los tallos y raíces, así como en la base de los entrenudos. Estos grupos de células constituyen los meristemos primarios. Además, algunos grupos de plantas también pue-

den crecer en grosor, un tipo de crecimiento denominado crecimiento secundario, y lo hacen gracias a la actividad de otro tipo de meristemos denominados meristemos secundarios.

## 2 VASCULARES

La característica más llamativa que distingue a las plantas vasculares de las no vasculares es la presencia de tejidos especializados en la conducción de agua, sustancias inorgánicas y orgánicas. Estos tejidos son el xilema y el floema. El xilema conduce grandes cantidades de agua y algunos compuestos inorgánicos y orgánicos desde la raíz a las hojas, mientras que el floema conduce sustancias orgánicas producidas en los lugares de síntesis, fundamentalmente en las hojas, y en las estructuras de almacenamiento, al resto de la planta.

### 1. Introducción

Desde el punto de vista fisiológico las plantas necesitan a los tejidos conductores para su crecimiento porque distribuyen agua y sustancias orgánicas, pero también son tejidos que hacen de soporte a modo de esqueleto y sostén de la parte aérea de la planta y dan consistencia a la subterránea. Otra función de los tejidos conductores es permitir la comunicación entre diferentes partes de la planta gracias a que son vías por la que se distribuyen las señales tales como hormonas.

Durante el crecimiento primario de la planta se originan el xilema y el floema primarios. El protoxilema y el protofloema son los primeros tejidos conductores que aparecen en la planta y se forman a partir del procámbium, tanto en el embrión como en las proximidades de los meristemas de las plantas adultas. Posteriormente aparecen el metaxilema y el metafloema, formados también a partir del procámbium, que sustituyen paulatinamente al protoxilema y al protofloema como tejidos conductores. Si la planta tiene crecimiento secundario se forman el xilema y floema secundarios a partir del cámbium vascular, a la vez que el metaxilema y metafloema dejan de ser funcionales. El xilema y el floema, bien primarios o bien secundarios, se localizan próximos en los distintos órganos de la planta puesto que proceden de la mismas células meristemáticas.

La organización de los tejidos conductores en el tallo y la raíz es diferente. Además, xilema y floema están formados por distintos tipos celulares, algunos

de los cuales se han usado filogenéticamente como caracteres para los estudios evolutivos.

Al conjunto de haces vasculares en el tallo y en la raíz se le denomina estela, que en función de la organización reciben diferentes nombres. Por ejemplo, protoestela cuando los haces vasculares forman un cilindro sólido y sifonostela cuando los haces vasculares se disponen formando una especie de cilindro en cuyo interior hay parénquima medular (ver Figura 1).

### 2. Xilema

El xilema, también llamado leño, se encarga del transporte y reparto de agua y sales minerales provenientes fundamentalmente de la raíz al resto de la planta, aunque también transporta otros nutrientes y moléculas señalizadoras. Es también el principal elemento de soporte mecánico de las plantas, sobre todo en aquellas con crecimiento secundario. La madera es básicamente xilema.

En el xilema nos encontramos cuatro tipos celulares principales: a) los elementos de los vasos o tráqueas y b) las traqueidas constituyen las células conductoras o traqueales, c) las células parenquimáticas, que funcionan como células de almacenamiento o comunicación, y d) las células de sostén que son las fibras de esclerénquima y esclereidas.

Los elementos conductores o traqueales (tipos a y b) son células con una pared celular secundaria gruesa, dura y lignificada, y con un contenido citoplasmático que se elimina tras su diferenciación. Se distinguen a microscopía óptica por engrosamientos de sus paredes secundarias, los cuales pueden ser anulares, helicoidales, reticulados y punteados. El tipo de engrosamiento distingue unos tipos celulares de otros.

Los elementos de los vasos (a) son células de mayor diámetro y más achatadas que las traqueidas (Figuras 2 y 3). Se unen longitudinalmente unas a otras para formar tubos llamados vasos. Por ellos el agua circula vía simplasto (por el interior de las células), y pasa de una célula a la siguiente por las perforaciones que se encuentran en sus paredes transversales (situadas en ambos extremos de la célula), denominadas placas perforadas. En algunos vasos, estas placas pueden no aparecer. Además, el agua y sustancias

disueltas pueden atravesar las punteaduras areoladas de sus paredes laterales y pasar a otras células del xilema. Los elementos de los vasos son el principal tipo celular conductor del xilema en las angiospermas.

Las traqueidas (b) son el segundo elemento conductor que aparece en las plantas vasculares. Las pteridofitas y gimnospermas sólo poseen este tipo traqueal como célula conductora. Las angiospermas poseen tanto traqueidas como elementos de los va-

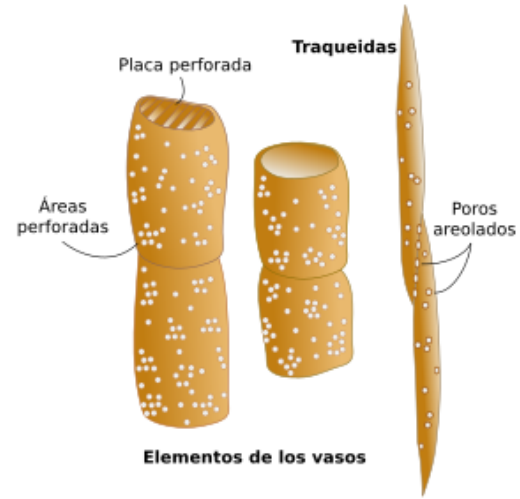
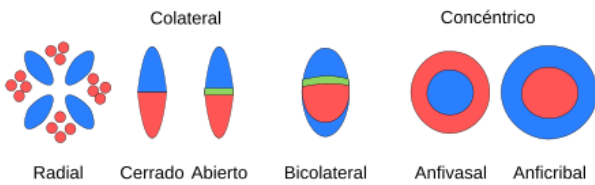


Figura 4: Esquema de los dos tipos de células conductoras del xilema. Las células no están a escala.

Disposición de los haces vasculares



Patrón de los haces vasculares

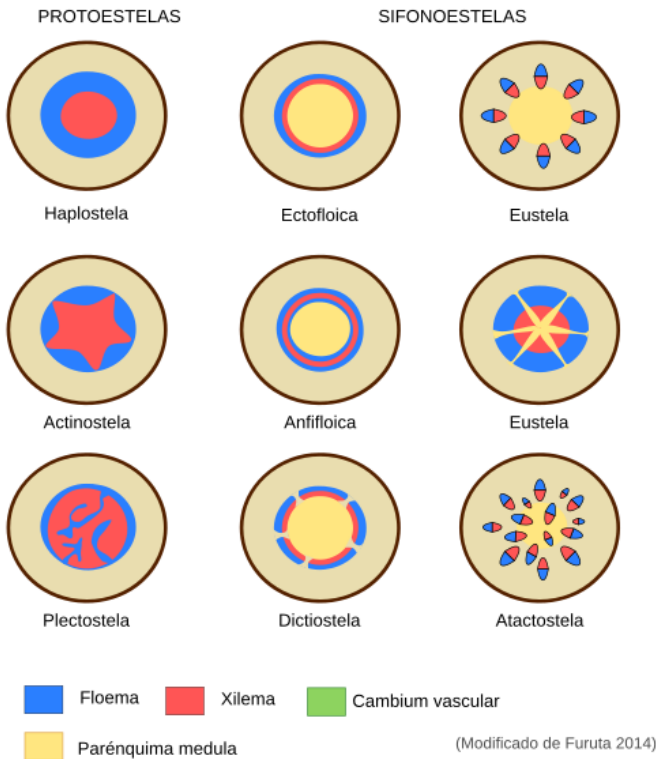


Figura 3: Algunos de los tipos más comunes de organización de los haces vasculares, considerando la disposición del xilema y del floema. (Modificado de Furuta et al., 2014).

Los. Las traqueidas son células alargadas, estrechas y fusiformes. El agua circula por ellas y pasa de unas a otras vía simplasto atravesando las punteaduras areoladas, que se encuentran en las paredes que se solapan en ambos extremos de célula y en sus paredes laterales. En general su capacidad para conducir agua es menor que la de los elementos de vasos, ya que no poseen placas perforadas. Además, tienen paredes celulares más gruesas y un menor volumen interno para la conducción que los elementos de los vasos. Las traqueidas de las coníferas poseen unas punteaduras o areolas muy grandes y circulares que se caracterizan por la presencia de una estructura interna denominada toro, el cual es un engrosamiento en forma ovalada de la pared celular. El toro puede regular el flujo de agua a través de la areola.

Las células parenquimáticas (c) se organizan en los tejidos conductores de dos maneras: radialmente o axialmente. Las radiales forman filas o radios perpendiculares a la superficie del órgano, mientras que las axiales se distribuyen en grupos o tiras longitudinales en el xilema, sobre todo en el secundario (ver más adelante), y en el floema. Las radiales son células elongadas en la dirección del radio y conectadas por una gran cantidad de plasmodesmos que permiten su comunicación con otras células vecinas. En coníferas los radios son normalmente uniseriados o biseriados,



Elementos de los vasos	Traqueidas
Principal elemento conductor de las angiospermas	Principal elemento conductor de helechos y gimnospermas
Células cortas que forman filas que crean largos tubos	Son células alargadas con los extremos solapados
Diámetro interno grande y paredes más finas	Diámetro interno pequeño y paredes más gruesas
Poros pequeños y más numerosos	Poros grandes y menos numerosos
Tienen placas perforadas	No tienen placas perforadas
Mayor eficiencia en la conducción de agua	Menos eficiencia en la conducción de agua
Forman tubos	No forman tubos

Figura 5: Principales diferencias entre los elementos de los vasos y las traqueidas

es decir, formados por una o dos filas de células, mientras que en las angiospermas son típicamente multiseriados, con muchas filas y, a veces, con distintos tipos de células. Los radios en el xilema se continúan con otros radios en el floema, de manera que una sola célula del cámbium vascular se puede diferenciar tanto en las radiales del xilema como en las radiales del floema.

Las células parenquimáticas tienen múltiples funciones: almacén de carbohidratos como el almidón, reserva de agua, almacén de nitrógeno, hacer de comunicación entre xilema y floema, etcétera.

Las fibras de esclerénquima y esclereidas (d) tienen como función la protección y soporte (ver figura 4).

El xilema primario es el primer tipo de xilema que se forma durante el desarrollo de un órgano de la planta, y está formado por el protoxilema y el metaxilema. En primer lugar se forma el protoxilema a partir del meristemo procámbium. Completa su desarrollo durante la elongación del órgano y luego desaparece por fuerzas mecánicas producidas durante el crecimiento. La pared secundaria de los elementos conductores del protoxilema, traqueidas y elementos de los vasos, tienen normalmente engrosamientos anulares inicialmente, para luego ser helicoidales. El metaxilema aparece tras el protoxilema, cuando el órgano se está alargando, y madura después que se detiene la elongación. Se origina a partir del procámbium. Sus células son de mayor diámetro que las del protoxilema y las paredes celulares de los elementos conductores tienen engrosamientos en forma reticulada y posteriormente son perforadas. Es el xilema maduro en los órganos que no tienen crecimiento secundario.

El xilema secundario se produce en aquellos órganos con crecimiento secundario a partir del cámbium vascular. Es el tejido de conducción maduro en plantas con crecimiento secundario, junto con el floema secundario.

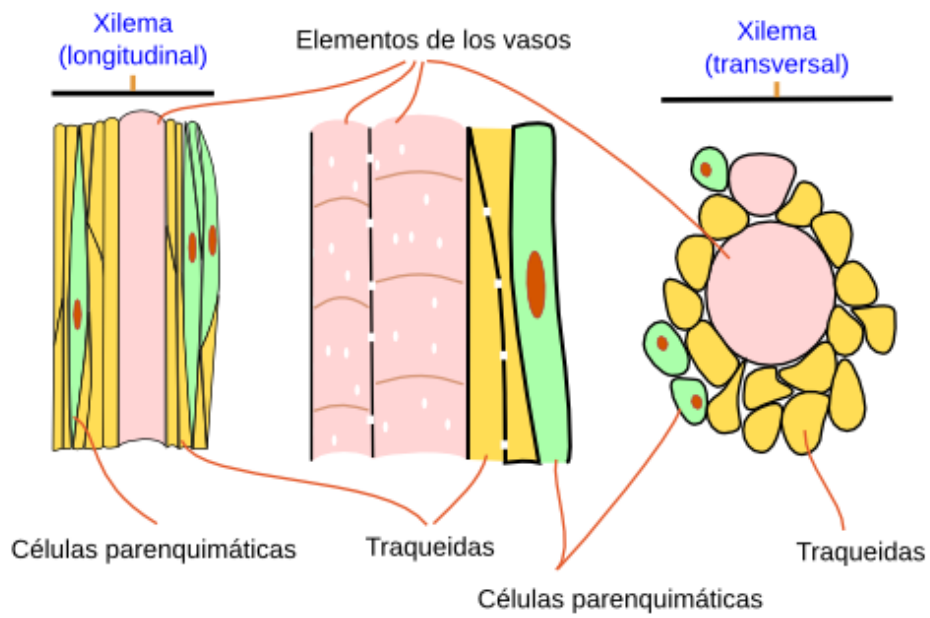


Figura 6: Esquema donde se representan los principales tipos celulares del xilema primario de una angiosperma.

### 3. Floema

El floema, llamado líber o tejido criboso, es un tejido de conducción formado por células vivas. Su principal misión es transportar y repartir por todo el cuerpo de la planta las sustancias carbonadas producidas durante la fotosíntesis, o aquellas movilizadas desde los lugares de almacenamiento, y otras moléculas como las hormonas vegetales.

El floema está formado por más tipos celulares que el xilema. Se compone de dos tipos de células: los elementos conductores y los no conductores. Los elementos conductores son los tubos o elementos cribosos y las células cribosas (Figura 5, 6, 7 y 8). Ambos tipos celulares son células vivas, aunque sin núcleo, y tienen la pared primaria engrosada con depósitos de calosa. Dentro de los elementos no conductores se encuentran las células parenquimáticas, siendo las más abundantes las denominadas células acompañantes. También se pueden encontrar células de soporte asociadas al floema, entre las que se encuentran las fibras de esclerénquima y las esclereidas.

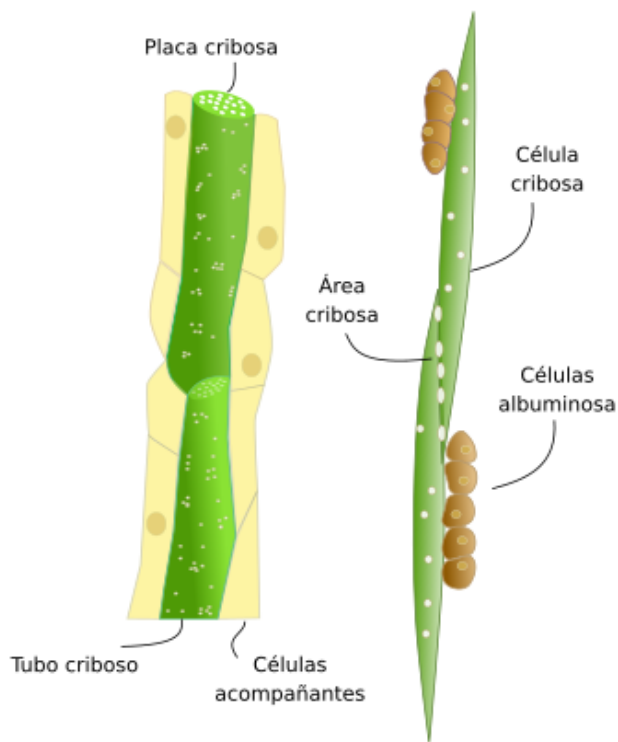


Figura 7: Representación esquemática de los vasos cribosos y de las células cribosas. Las células no están a escala.

Vasos cribosos	Células cribosas
Típicas de angiospermas	Típicas de gimnospermas y plantas vasculares sin semillas.
Diámetro mayor	Diámetro menor
Más cortas	Más largas
Tienen placas cribosas	No tienen placas cribosas
Extremos planos a inclinados	Extremos puntiagudos
Forman tubos	No forman tubos
Asociadas a células acompañantes	Asociadas a células albumíferas

Figura 8: Principales diferencias entre los vasos cribosos y las células cribosas.

Los tubos cribosos (Figura 7) son típicos de las angiospermas. Son células individuales achatadas que se disponen en filas longitudinales y que se comunican entre sí mediante placas cribosas, localizadas en sus paredes transversales o terminales. Las placas cribosas contienen poros de gran tamaño que comunican los citoplasmas de las células vecinas. Además, poseen áreas cribosas en las paredes laterales que son depresiones en la pared primaria con poros que atraviesan la pared completamente. Éstas sirven para comunicarse con otros tubos cribosos contiguos y con las células parenquimáticas especializadas que los acompañan llamadas células acompañantes o anexas. Los tubos cribosos constituyen el elemento conductor mayoritario en angiospermas.

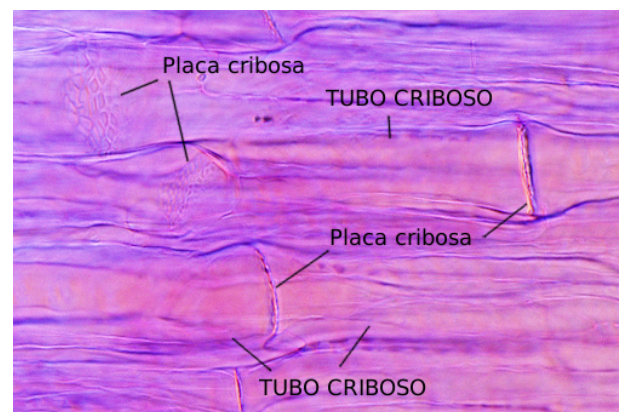


Figura 9: Imagen de tubos cribosos en una angiosperma.

Las células cribosas (Figura 8) son típicas de gimnospermas y pteridófitas. Son células largas y de extremos puntiagudos, comunicándose entre sí lateralmente mediante grupos de campos de poros primarios que forman las áreas cribosas. Sin embargo, no poseen placas cribosas. Se relacionan funcional y morfológicamente con una célula parenquimática especializada llamada célula albuminosa. Constituyen el único elemento conductor del floema presente en gimnospermas y pteridófitas.

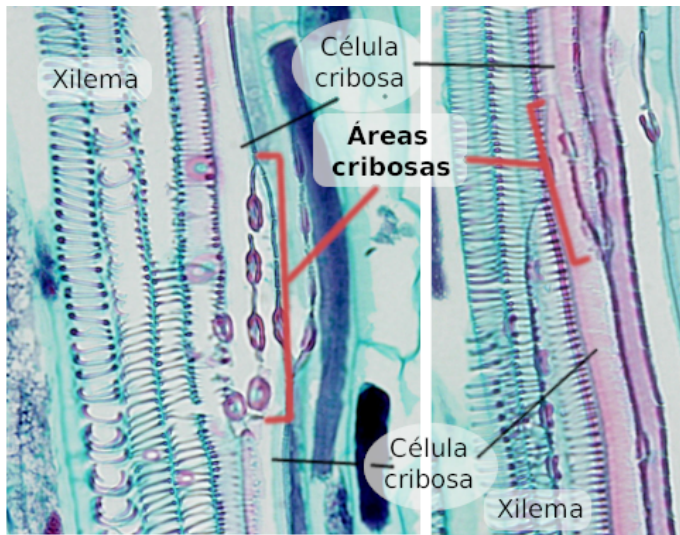


Figura 10: Imagen de células cribosas en la hoja de una gimnosperma.

Las células parenquimáticas son células asociadas al floema. Las denominadas células acompañantes son células parenquimáticas que están estrechamente asociadas a los elementos conductores del floema puesto que mantienen metabólicamente a los tubos cribosos, ya que éstos carecen de núcleos y tienen un citoplasma reducido. Por el contrario, las células acompañantes tienen un núcleo grande y un citoplasma muy rico en orgánulos que indican una alta tasa metabólica, aunque carecen de almidón. Las células acompañantes sólo aparecen en angiospermas. En las gimnospermas las células asociadas a los elementos conductores se denominan células de Strasburger o albuminosa con funciones similares a las acompañantes.

Otras células parenquimáticas funcionan como lugares de reserva de las sustancias transportadas por el propio floema. En algunas especies se encuentran

en el floema otras células especializadas con función secretora. Su asociación con los tubos o células cribosas es fuerte, cuando mueren los tubos o células cribosas también lo hacen las células parenquimáticas. En el floema primario suelen ser alargadas y verticales, mientras que en el floema secundario tenemos un parénquima axial, con células fusiformes y alargadas, y en un parénquima radiomedular con células isodimétricas.

Las fibras de esclerénquima y las esclereidas se encuentran asociadas al floema con una función de protección y soporte.

El floema primario es el primer tipo de floema que aparece en los órganos en desarrollo, aparece primero como protofloema y más tarde como metafloema. El protofloema es el primer floema que aparece y se forma a partir del procámbium. El protofloema contiene elementos cribosos poco desarrollados en angiospermas, mientras que en gimnospermas y pteridófitas posee células cribosas, también poco desarrolladas. Las células acompañantes son muy raras o ausentes. El metafloema sustituye rápidamente al protofloema, normalmente cuando termina la elongación del órgano, y se origina a partir del procámbium. Contiene tubos cribosos y células cribosas de grosor y longitud mayores que en el protofloema y siempre tienen células acompañantes. Aquí aparecen las placas cribosas en los tubos cribosos. Este tejido es funcional en las plantas con crecimiento primario.

El floema secundario se forma a partir del cámbium vascular en plantas con crecimiento secundario. Los elementos conductores están muy desarrollados, así como las células acompañantes, y aparecen tanto el parénquima axial como el radiomedular. Las células del floema secundario, al contrario que el xilema, no depositan pared secundaria, y son células vivas. Sin embargo, el citoplasma de los elementos cribosos puede carecer de núcleo, microtúbulos y ribosomas, y el límite entre la vacuola y el resto del citosol no es claro. En los árboles en crecimiento hay muy poco floema secundario activo implicado en la conducción de nutrientes.

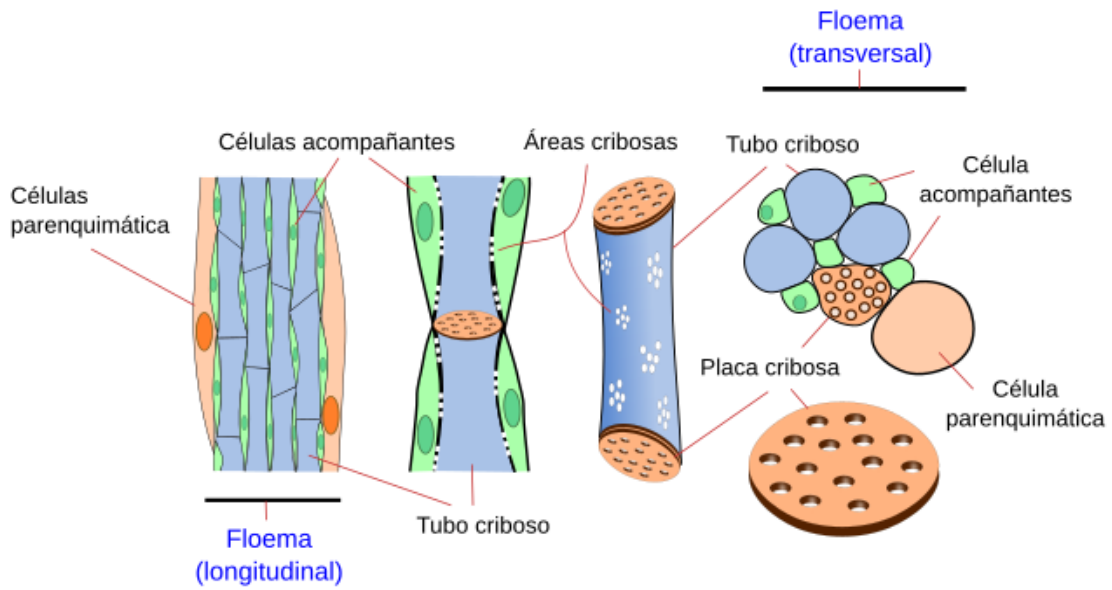


Figura 11: Esquema donde se representan los principales tipos celulares del floema de una angiosperma.

## **Bibliografía**

Lalonde S, Francesch VR, Frommer WB. 2001. Companion cells. In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net> [doi: 10.1038/npg.els.0002087]

Furuta KM, Hellmann E, Helariutta Y. 2014. Molecular control of cell specification and cell differentiation during procambial development. Annual review of plant biology. 65:607-638.

Spicer R. 2014. Symplasmic network in secondary vascular tissues: parenchyma distribution and activity supporting long-distant transport. Journal of experimental botany. 65: 1829-1848 .



### 3 Imagen; Metaxilema y metafloema tubos

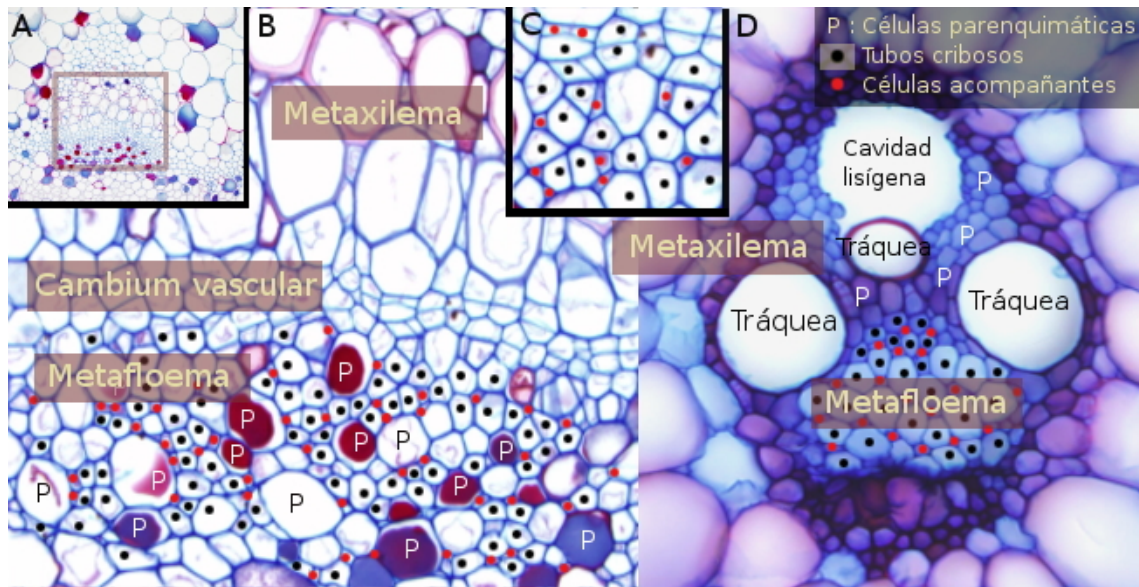


Figura 12: Órgano: tallos, metafloema y metaxilema. Crecimiento primario. Especie: A, B, C: malva (*Malva sylvestris*); D: maíz (*Zea mays*). Técnica: cortes en parafina teñida con azul alcian/safranina.

La imagen muestra el metafloema y el metaxilema de una dicotiledónea (figuras A, B y C) y de una monocotiledónea (figura D) con crecimientos primarios. La figura B es una ampliación del recuadro presente en la figura A. La figura C es una ampliación del metafloema de la figura B.

Durante el crecimiento primario el metafloema es el tejido funcional para la conducción de sustancias. El material por excelencia para estudiar el floema primario son las monocotiledóneas, ya que la diferencia de tamaños entre los tubos cribosos y sus células acompañantes son lo suficientemente importantes como para diferenciarlas con claridad. En estos cortes transversales de dicotiledónea podemos observar metafloema formado por tubos cribosos acompañados por sus células anexas pero, contrariamente a lo que ocurre en las monocotiledóneas, entre estos elementos conductores hay además células parenquimáticas (Figura 1). En cortes longitudinales los tubos cribosos aparecen como estructuras alargadas formadas por células unidas longitudinalmente mediante las placas cribosas (Figura 2). Los

cribosos pierden su núcleo durante la maduración por lo que el núcleo de las células acompañantes debe ejercer el control sobre ambos tipos celulares. Los tubos cribosos aparecen claros, como sin contenido, con una pequeña cantidad de citoplasma pegado a la pared.

En el metaxilema de monocotiledóneas es característica la presencia de dos o tres grandes vasos o tráqueas, así como un cavidad lisígena formada durante el desarrollo por desgarramiento del protoxilema. Es común encontrar en el xilema células parenquimáticas y fibras de esclerenquima. Sin embargo, estas últimas se confunden en la mayor parte de los casos con las traqueidas ya que ambos tipos celulares presentan un grosor de pared similar y un tamaño parecido. En los cortes longitudinales los elementos traqueales se distinguen por los engrosamientos característicos de su pared secundaria (Figura 3). Los primeros elementos formados en el protoxilema son elementos traqueales con pared secundaria en forma de anillos o hélice pero son sustituidos posteriormente en el metaxilema y xilema secundario por engrosamientos de tipo reticular o punteado.

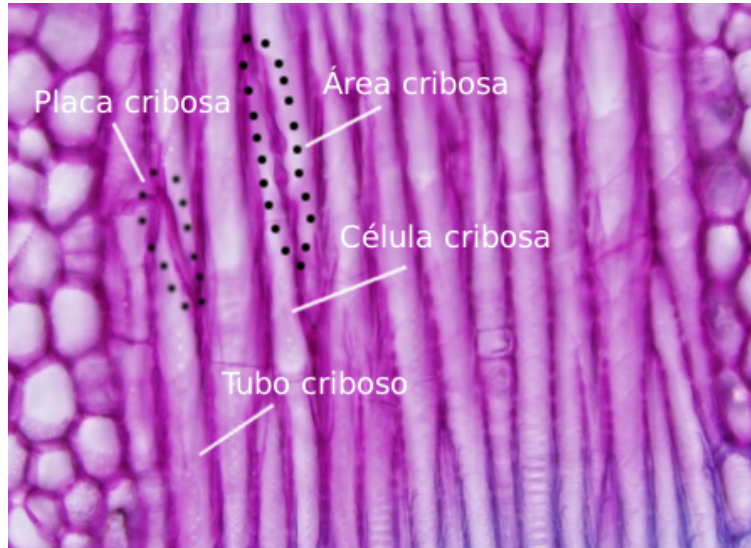


Figura 13: Corte longitudinal de tubos cribosos y células cribosas del metafloema de maíz mostrando las placas cribosas y las áreas cribosas, respectivamente (líneas discontinuas).

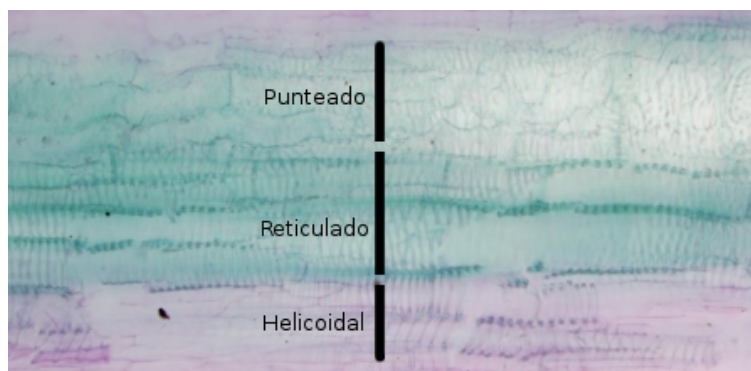


Figura 14: Corte longitudinal de las tráqueas del metaxilema con los característicos engrosamientos de la pared celular secundaria.



## 4 Imagen; Xilema y floema

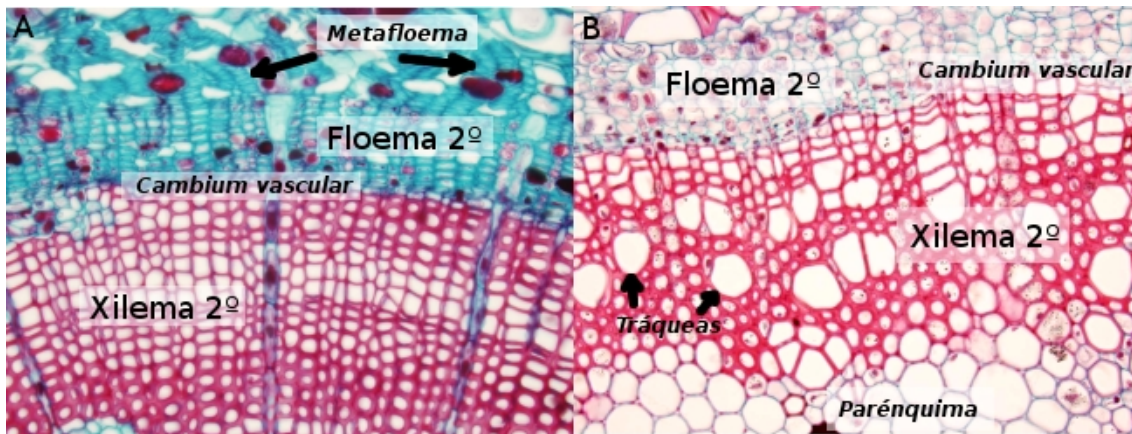


Figura 15: Órgano: tallo, xilema y floema. Crecimiento secundario. Especie: A: pino (*Pinus spp*); B: saúco (*Sambucus nigra*). Técnica: cortes en parafina teñidos con safranina / azul alcian.

En las plantas que tienen crecimiento secundario el procámium se diferencia a cámbium vascular originando hacia fuera floema secundario y hacia dentro xilema secundario. En este caso las células de ambos tejidos se orientan en su mayor parte de manera vertical, a excepción de un grupo de células parenquimáticas que se disponen de manera horizontal formando los radios medulares (Figura 1). Este tipo de crecimiento es típico de las dicotiledóneas y gimnospermas. Para distinguir entre ambos tipos de plantas tenemos que fijarnos en el xilema.

En gimnospermas (A en imagen de arriba) el xilema secundario está formado por traqueidas como único elemento conductor de agua. Las coníferas, como es el caso de los pinos, son llamadas árboles de madera blanda (softwood) debido a la ausencia de fibras de

esclerenquima en el xilema. Además, en casi todas las células podemos observar punteaduras areoladas como sistema de comunicación entre traqueidas. En las dicotiledóneas (B en imagen de arriba) son más importantes las tráqueas o elementos de los vasos para el transporte de agua. Entre estas células encontramos fibras de esclerenquima. El parénquima más importante en el xilema secundario es el parénquima horizontal, que forma los radios medulares. Estos radios son filas unicelulares o uniseriadas en gimnospermas y pluricelulares o multiseriadas en dicotiledóneas (ver imagen de la izquierda).

En el floema secundario es difícil distinguir los tubos cribosos de las células acompañantes, incluso a veces es difícil distinguir el parénquima horizontal ya que las células son estrechas y forman grupos muy apretados. Por eso englobamos dentro del floema secundario distintos tipos de células sin hacer distinción entre ellos.

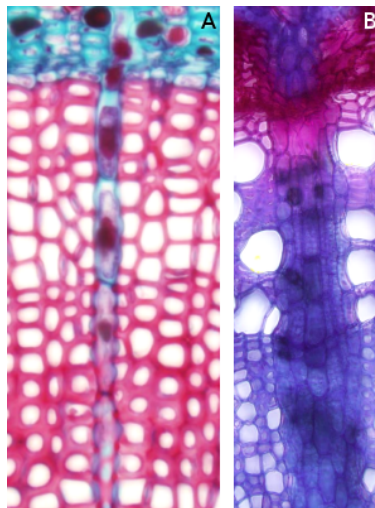


Figura 16: Parénquima horizontal formando radios uniseriados en una gimnosperma (A) y multiseriados en una dicotiledónea (B).