

Capítulo 4

Tejidos

Conductores:

Xilema y Floema

TEJIDOS CONDUCTORES

XILEMA Y FLOEMA

4. Tejidos conductores: xilema y floema

En la yema apical del tallo se ubica la región meristemática, la cual permite la formación de los tejidos primarios. A partir de la división mitótica de las células iniciales se desarrollan las células del meristemo llamado procambium. Estas células darán origen al sistema vascular primario: xilema y floema. En plantas con crecimiento secundario, las células iniciales darán origen al cambium vascular, y de este derivarán el xilema y floema secundario.

4.1. Xilema

La palabra xilema deriva del griego *xylon*, que significa madera, y hace referencia a un tejido lignificado cuya función principal es la conducción de agua en la planta. Generalmente, se encuentra asociado con el floema, y en conjunto constituyen el sistema vascular (**figura 40**).

El xilema está compuesto de células generalmente carentes de protoplasma, aunque algunas se consideran células vivas. Los elementos traqueales, no vivos, son las células por donde circula el agua. También se presentan las fibras, células parenquimáticas especializadas en el sostén, y, en algunos casos, están presentes los tubos laticíferos y las esclereidas..



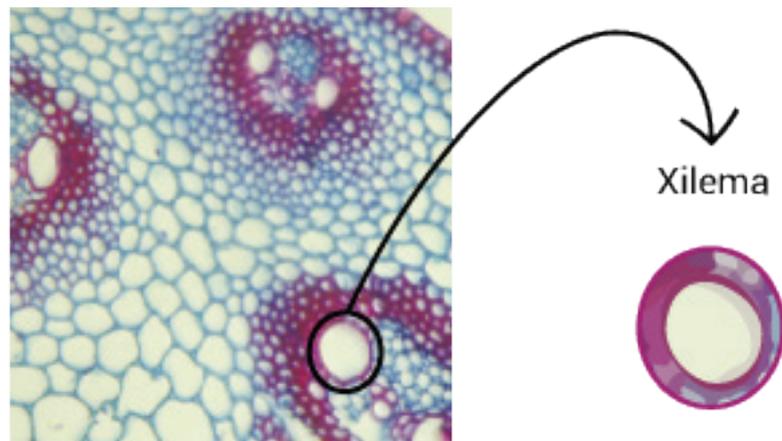
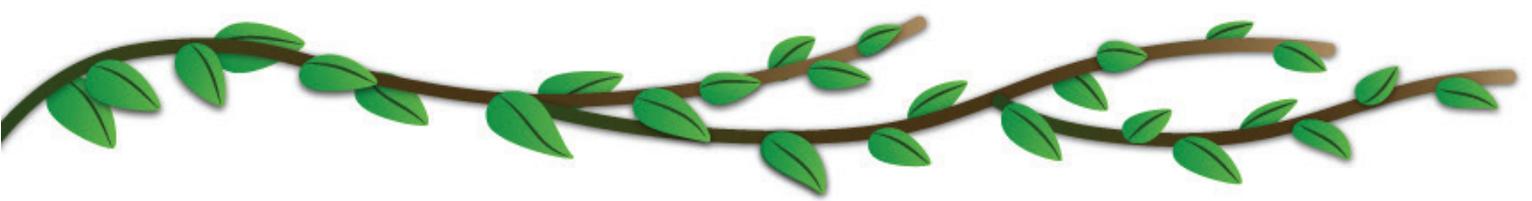


Figura 40. Xilema. Foto: Miguel Bonilla-M.

4.1.1. Elementos conductores o traqueales

Los elementos traqueales están constituidos por las traqueidas y los elementos de los vasos. Ambos son células alargadas con paredes gruesas y sin protoplasma vivo en su madurez.

Las traqueidas poseen extremos angostos que terminan en punta (**figura 41**). Presentan punteaduras por donde circula el agua, carecen de pared secundaria y se localizan en las paredes laterales. Las traqueidas cumplen funciones de sostén y conducción.

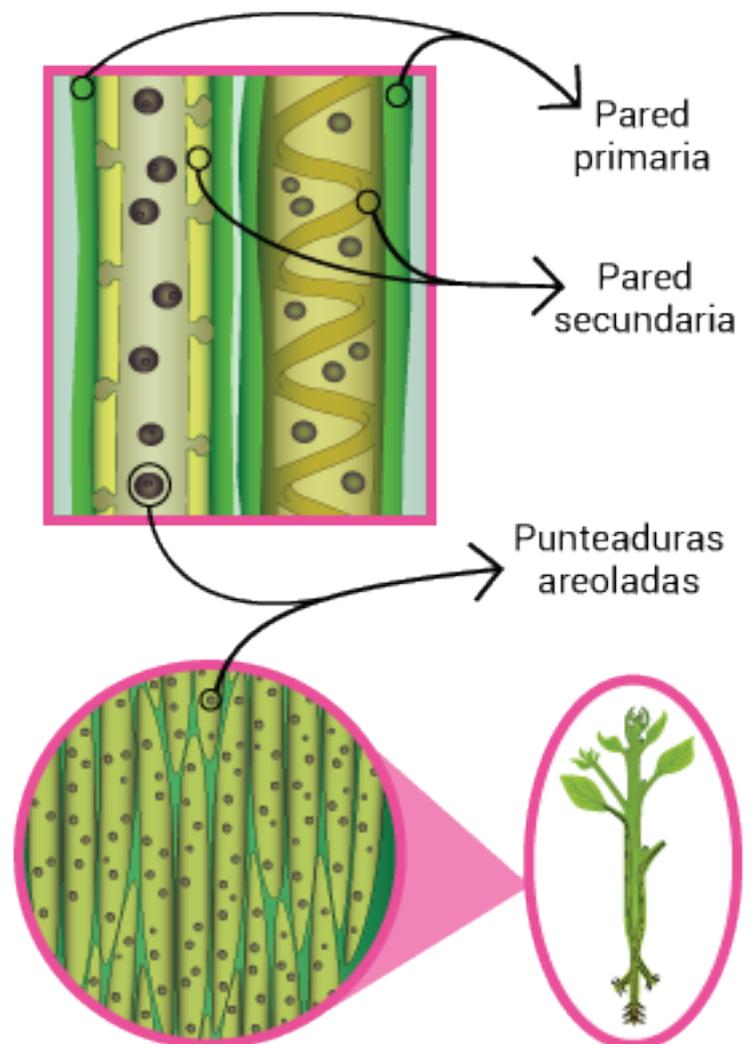


Figura 41. Traqueidas





Los elementos de los vasos se forman a partir de una fila longitudinal de células del procambium y del cambium, tanto en el xilema primario como del xilema secundario, respectivamente (**figura 42**). Estas células se encuentran unidas longitudinalmente a partir de las perforaciones que se forman. Las perforaciones suelen presentarse en los extremos de la célula o en posición subterminal, e incluso lateral, en la pared celular, donde se denominan láminas perforadas.

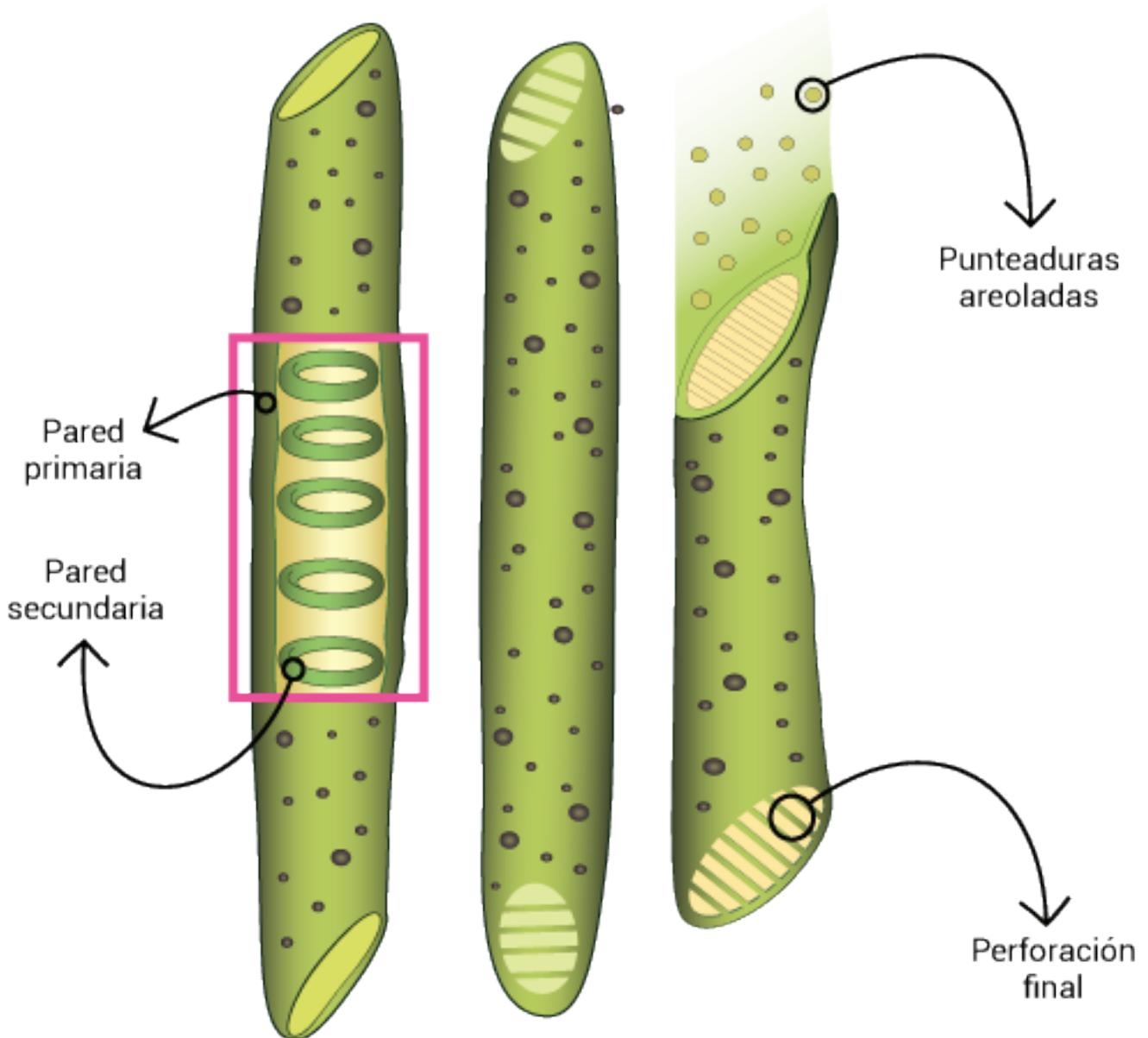
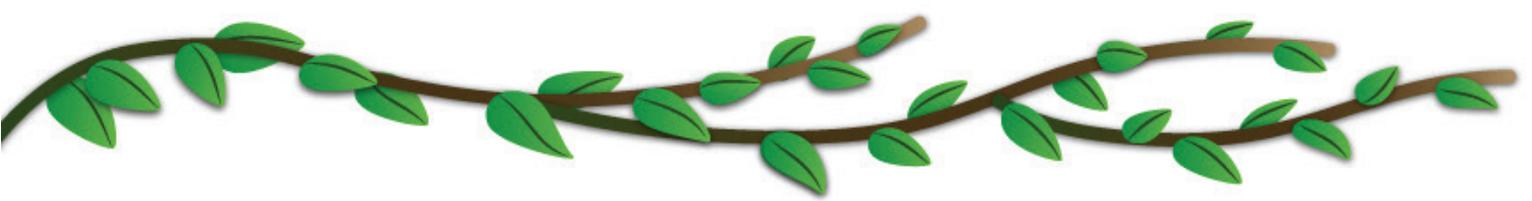


Figura 42. Elementos de los vasos





Los vasos se encuentran en casi todas las angiospermas con excepción del orden Ranales, que presenta traqueidas. Los elementos traqueales del protoxilema son extensibles, dado que presentan una pared primaria delgada donde se depositan los anillos de la pared secundaria, es decir, dichas células pueden estirarse cuando se alarga el órgano de la planta donde se encuentran, mientras que los elementos traqueales del metaxilema presentan una pared secundaria más gruesa y, por tanto, rígida.

4.1.1.1. Fibra xilemática

La fibra xilemática se origina a partir de elementos similares a los que formaron las traqueidas; sin embargo, presenta las paredes más gruesas, que sirven de sostén a los tejidos vasculares. Algunas llegan a tener protoplasto vivo, aunque de manera general está constituido de fibrotraqueidas y fibras libriformes.

4.1.1.2. Parénquima xilemática

Son células especializadas en el almacenamiento de sustancias del protoxilema y el metaxilema. En el metaxilema posee dos tipos de células parenquimáticas: horizontal o radial y vertical o axial.

4.1.2. Xilema primario: protoxilema y metaxilema.

En la formación del xilema primario se encuentra el protoxilema y el metaxilema (**figura 43**). El protoxilema aparece en la formación del tejido vascular y puede estar cerca a la médula del tallo o más alejado del centro, como en la raíz. La maduración





del protoxilema varía de acuerdo a la posición del órgano: en las hojas y el tallo madura antes de que los órganos tengan un alargamiento, al surgir del meristemo apical; en la raíz el protoxilema no maduran hasta que termine su alargamiento, si madurara antes de que el tejido se alargue, los elementos traqueales no vivos no se adaptarían al crecimiento del tejido que los rodea y podrían generar un desgarre, provocado por la tensión de los tejidos.

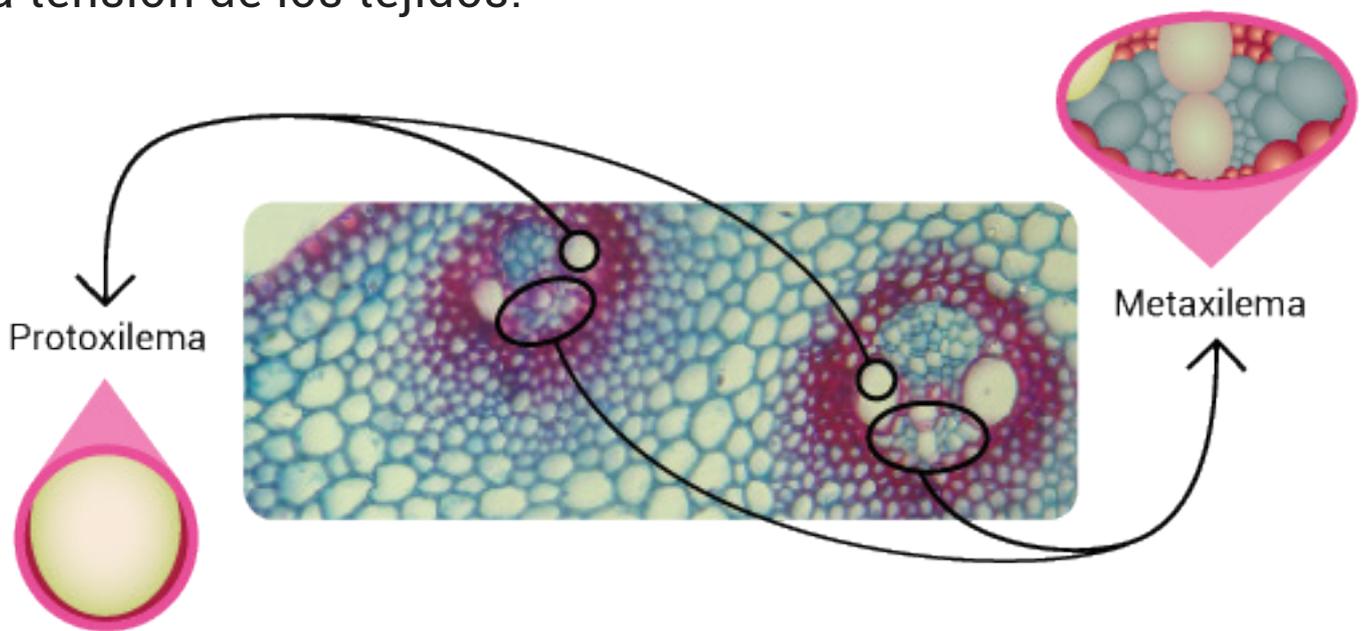


Figura 43. Xilema primario: protoxilema y metaxilema. Foto: Miguel Bonilla-M.

La diferenciación del metaxilema inicia al tiempo que el brote se alarga, y su maduración ocurre cuando termina el alargamiento. La pared secundaria de los elementos traqueales del protoxilema presenta engrosamientos anulares y helicoidales, mientras los elementos del metaxilema pueden tener una pared secundaria helicoidal, reticulada o punteada.

El protoxilema presenta pocos elementos traqueales y en su mayoría son células parenquimáticas; por su parte, el metaxilema presenta elementos traqueales de mayor diámetro. El xilema secundario y el metaxilema son más compactos que el protoxilema, debido a la lignificación de las paredes secundarias.



4.1.3. Xilema secundario

Por su parte, el xilema secundario deriva del cambium vascular, que se compone de células fusiformes (sistema vertical y axial) y de células iniciales radiales (sistema horizontal o radiomedular) (**figura 44**).

Esta característica es principalmente para las eudicotiledóneas, que presentan crecimiento secundario.

Las monocotiledoneas no suelen tener crecimiento secundario, por lo que al presentarse el cambium no hay diferenciación entre células fusiformes y radiales.



Figura 44. Xilema secundario
Foto: Miguel Bonilla-M.

En el cambium y el xilema secundario las células se encuentran ordenadas radialmente en el cuerpo secundario de la planta (**figura 45**). El cambium es una capa que produce xilema en cada uno de los periodos de crecimiento, además, en lugares con estaciones produce un anillo anual. Cuando el crecimiento queda interrumpido por factores biológicos o físicos, y luego se reanuda, al segundo anillo se le denomina anillo anual falso.



4.2. Floema

El floema es un tejido formado por varios tipos de células especializadas como los elementos cribosos, células acompañantes, parénquima, fibras y esclereidas (**figura 45**). El floema es la estructura responsable del transporte de sustancias nutritivas elaboradas. Se denomina protofloema a los primeros elementos que maduran y metafloema a los que se diferencian después.

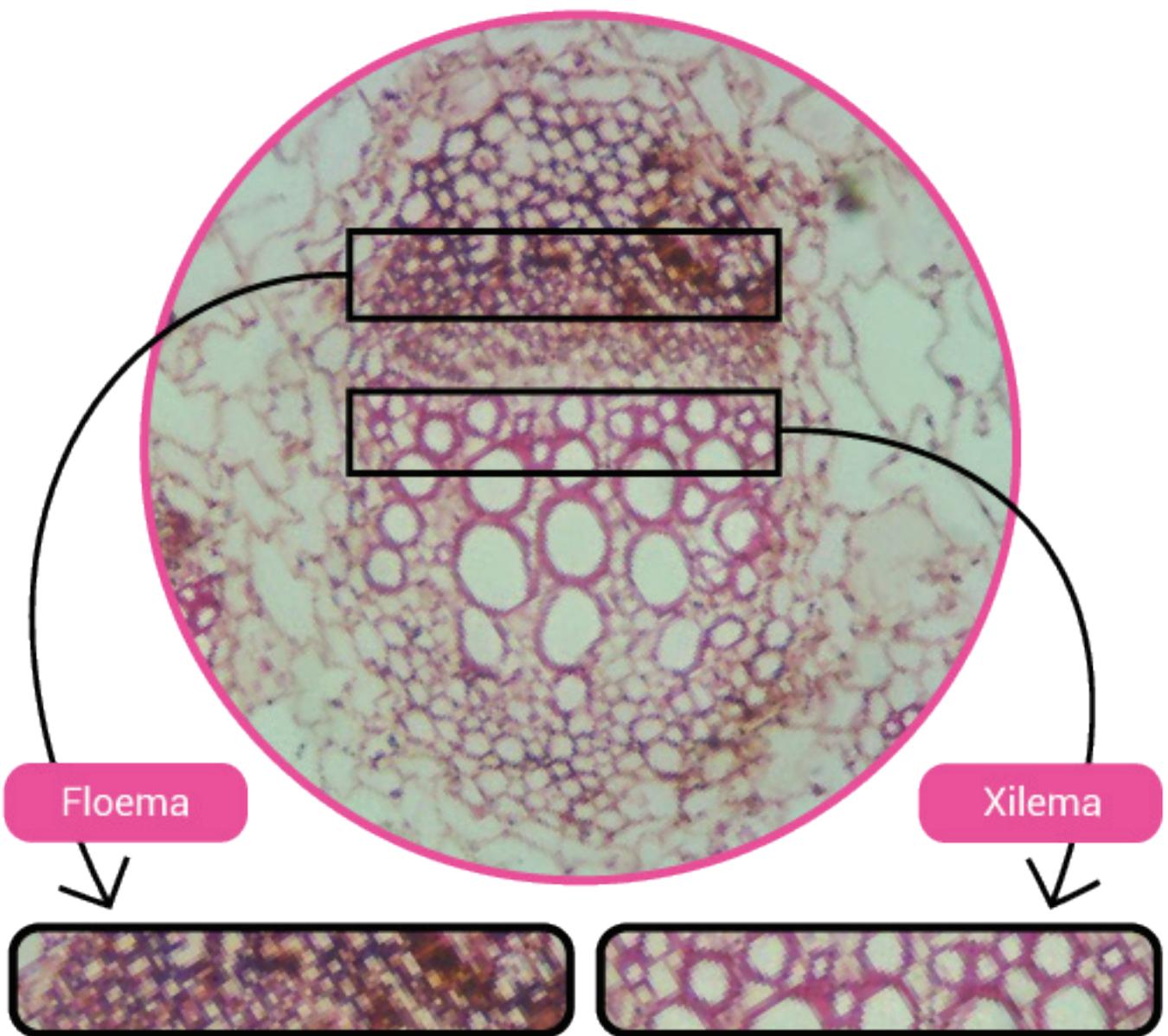


Figura 45. Xilema primario, secundario y floema. Foto: Miguel Bonilla-M.





4.2.1. Células del floema

Las células que conforman el floema, la mayoría en su madurez, presentan protoplasma vivo:

(a) **Elementos cribosos:** las gimnospermas presentan células cribosas menos especializadas y no presentan placas cribosas. Las angiospermas, por su parte, tiene tubos cribosos más especializados y constituyen placas cribosas sobre las paredes celulares terminales (figura 46). Presentan células con protoplasma vivo en la madurez y poseen áreas deprimidas en la pared, la cual tiene perforaciones llamadas áreas cribosas. Estas áreas comunican el protoplasma de los elementos cribosos por medio de prolongaciones citoplasmáticas.

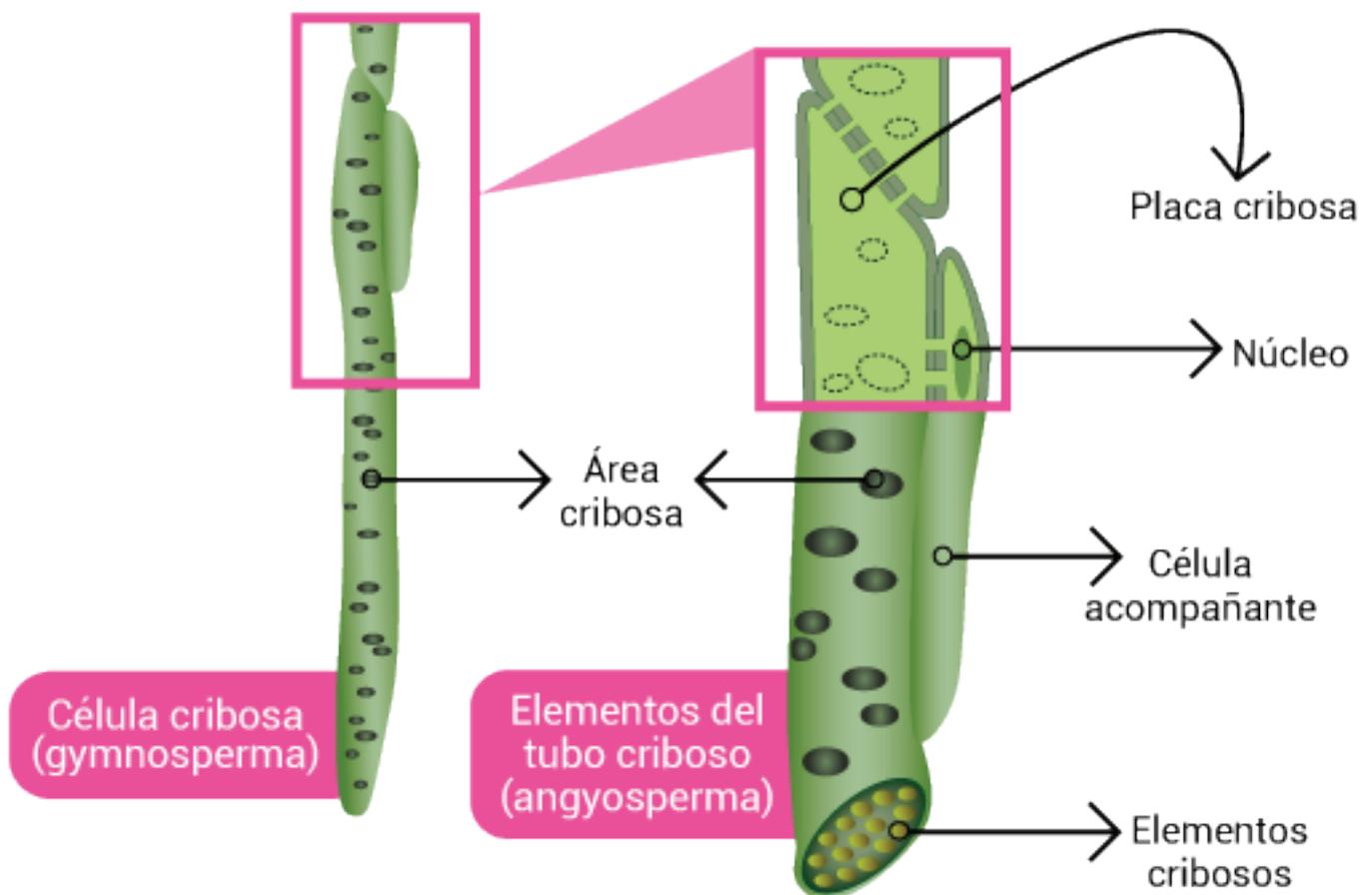


Figura 46. Elementos cribosos.





(b) Células acompañantes: son células parenquimáticas especializadas que se encuentran asociadas a los tubos cribosos; en las angiospermas, las células acompañantes pierden el núcleo. La pared celular que existe entre la célula acompañante y el elemento criboso puede presentar poros primarios con plasmodesmos y un grosor homogéneo (**figura 46**).

(c) Células parenquimáticas: se encargan del almacenamiento de sustancias de reserva, son menos especializadas que las células acompañantes y están relacionadas con los elementos cribosos. Las células parenquimáticas pueden morir si los elementos cribosos dejan de ser funcionales. En el floema primario se encuentran alargadas y dispuestas verticalmente, mientras que en el floema secundario aparecen en el sistema axial y radial.

(d) Las fibras: se presentan en el floema primario y el secundario, y en ambos casos presentan pared celular secundaria después de terminar su alargamiento. En el floema primario se desarrollan cuando el órgano todavía se encuentra en crecimiento longitudinal y proceden del procambium. Las fibras del floema secundario se originan a partir de las células iniciales fusiformes del cambium vascular.

4.2.2. Floema primario: protofloema y metafloema

El floema primario se origina del procambium. El protofloema constituye el tejido conductor de sustancias alimenticias, posee elementos cribosos especializados, protoplasma anuclear y áreas cribosas en las paredes (**figura 47**).





Las gimnospermas presentan células floemáticas precursoras y las angiospermas tienen elementos cribosos en el protofloema. Los elementos del tubo criboso después de la madurez pueden ser destruidos o no (transformándose en fibras) debido a las tensiones.

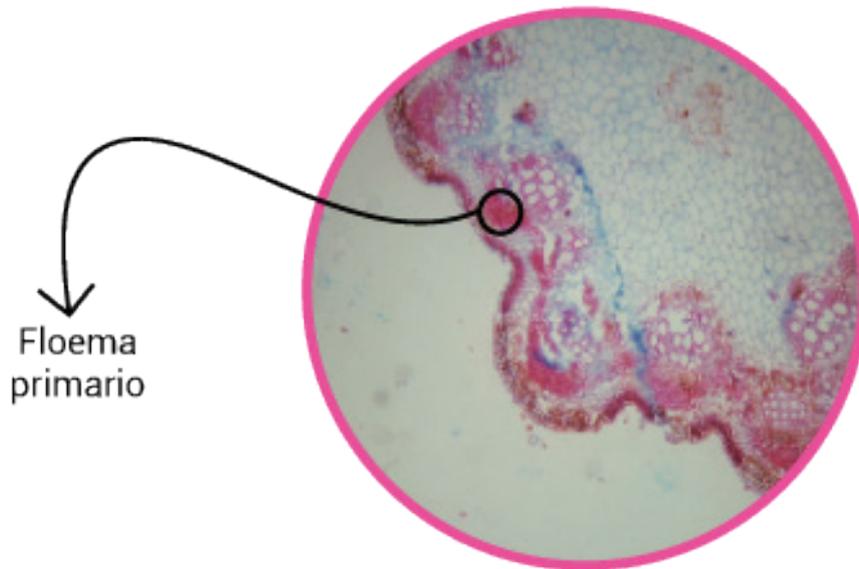


Figura 47. Floema primario. Foto: Miguel Bonilla-M.

En el metafloema, las células maduran después de que el tejido finaliza su elongación; estas se conservan sin destruirse y actúan como tejido conductor (**figura 48**). En plantas que no presentan crecimiento secundario, el metafloema es el principal tejido conductor de sustancias alimenticias, siendo funcional durante toda la vida. Contrario ocurre cuando el crecimiento secundario está presente, aquí los elementos cribosos del metafloema se inactivan después de la diferenciación de los elementos conductores secundarios.

En monocotiledóneas es posible distinguir el metafloema y el protofloema ya que en el metafloema existen células acompañantes asociadas a los tubos cribosos mientras que en el protofloema solo hay células cribosas. En plantas dicotiledóneas es más complejo distinguir estos tejidos.





Figura 48. Floema primario: metafloema. Foto: Miguel Bonilla-M.

4.2.3. Floema secundario

El floema secundario tiene origen en el cambium (**figura 49**), posee un sistema vertical de células fusiformes (parénquima axial) o hileras de células, y un sistema horizontal con células procumbentes alargadas en dirección radial (radios del floema) y alargadas en sentido vertical, seguido del xilema secundario a través del cambium. Participa en el transporte de azúcares y almacena almidón, grasas, taninos y cristales.

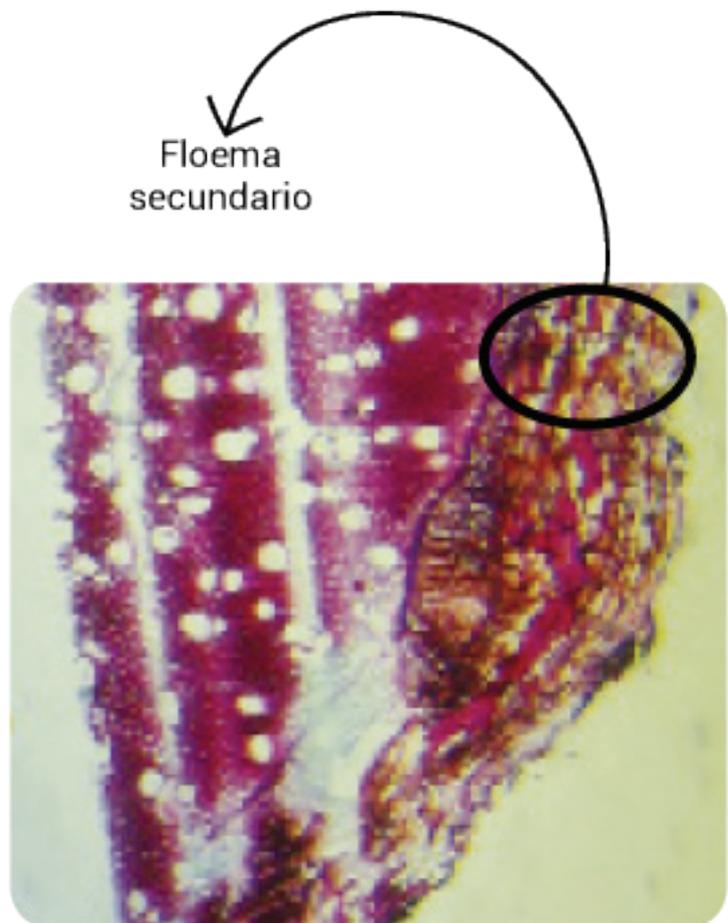


Figura 49. Floema secundario
Foto: Miguel Bonilla-M.



4.2.4. Elementos esclerenquimáticos del floema

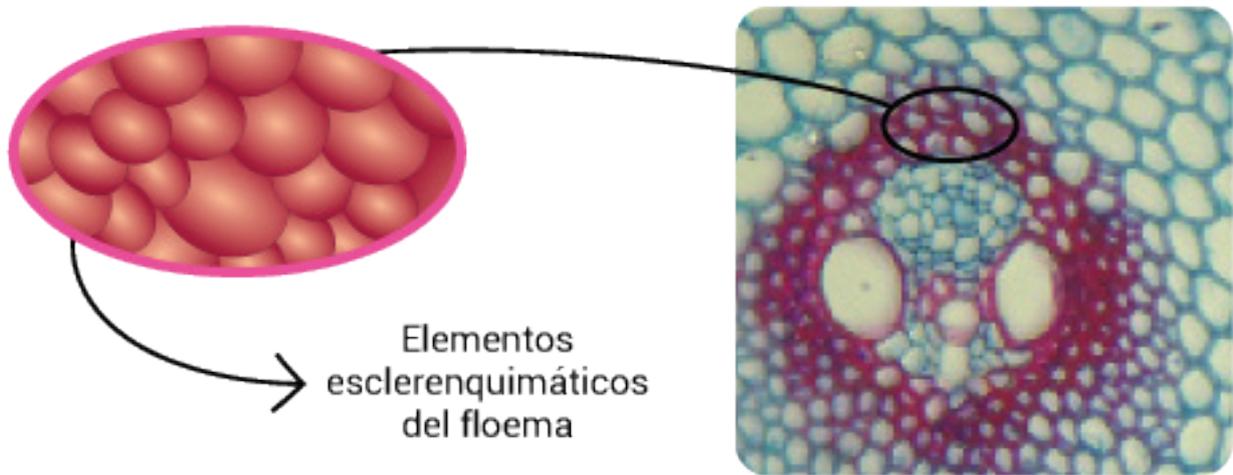


Figura 50. Elementos esclerenquimáticos del floema. Foto: Miguel Bonilla-M.

Entre los elementos esclerenquimáticos del floema se encuentran las fibras y las esclereidas (**figura 50**). En el floema secundario las fibras son cortas, lignificadas y se encuentran dispersas. La esclerificación de células parenquimáticas permite la formación de esclereidas del floema secundario.

4.2.4.1. Laticíferos

Son estructuras secretoras internas derivadas de células especializadas en la secreción de fluidos como el látex. Forman sistemas que atraviesan los tejidos de la planta, generalmente asociados al floema. El látex puede contener carbohidratos, ácidos, sales, alcaloides, lípidos, taninos, mucilagos, gomas, vitaminas, proteínas, almidón y cristales. Se conocen los laticíferos de una sola célula, laticíferos no articulados y los multicelulares, laticíferos articulados.

(a) **Laticíferos no articulados:** son unicelulares, por lo que su crecimiento es continuo hasta formar largos tubos que pueden ramificarse o no, sin unirse a tubos similares. Crecen



en los espacios intercelulares y están compuestos por paredes gruesas, excepto en los extremos (**figura 51**).

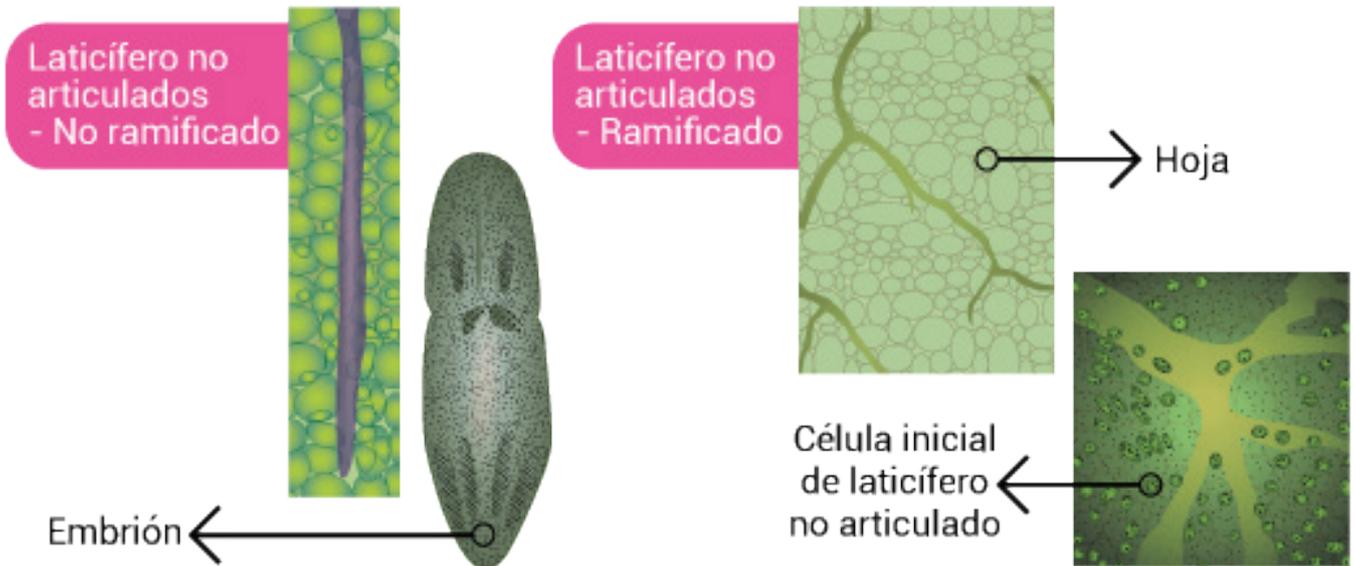


Figura 51. Laticíferos no articulados

(b) Laticíferos articulados: compuestos por filas longitudinales de células cuyas paredes terminales se rompen total o parcialmente y ponen en comunicación las células. Pueden ser no anastomosados, que no se conectan entre ellos, o anastomosados, que se mezclan o funden (**figura 52**).

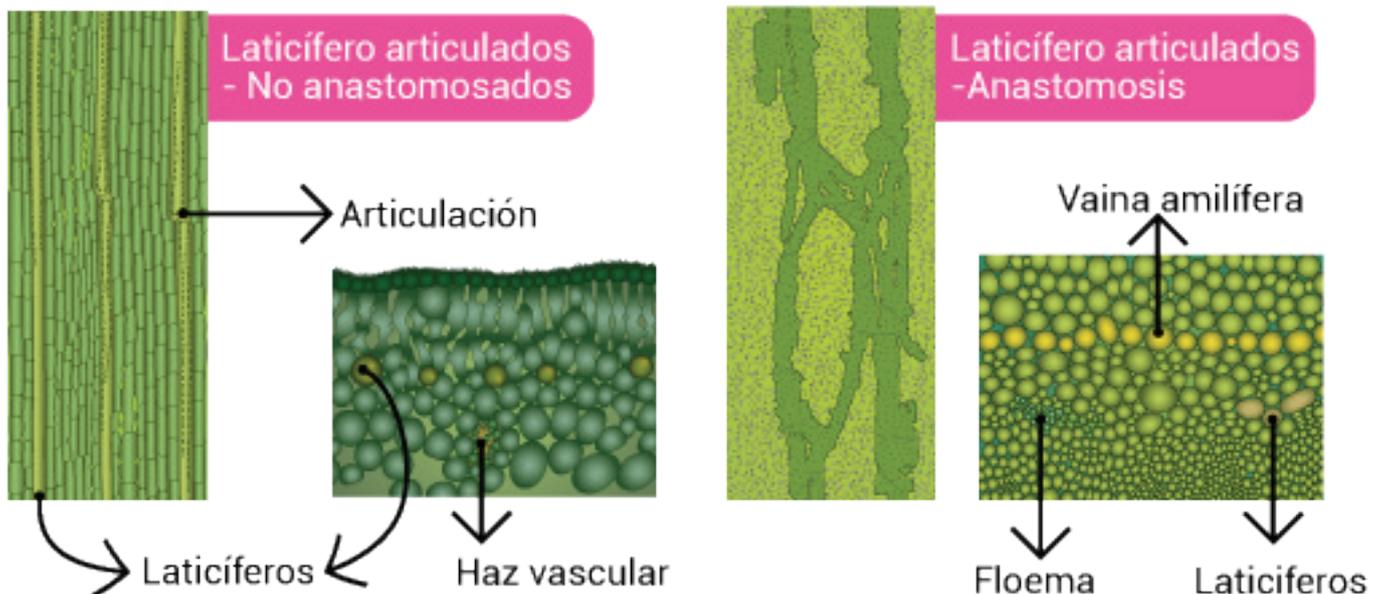


Figura 52. Laticíferos articulados

