



Atlas de Histología Vegetal y Animal

Tejidos vegetales

SOSTÉN

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 \LaTeX
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

Contenidos

1	Tejidos vegetales	1
2	Sostén	4
3	Imagen; Colénquima angular	7
4	Imagen; Colénquima laminar	9
5	Imagen; Colénquima lagunar	10
6	Imagen; Colénquima anular	11
7	Imagen; Fibras de esclerénquima	12
8	Imagen; Esclereidas	13

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 CO₂. 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-

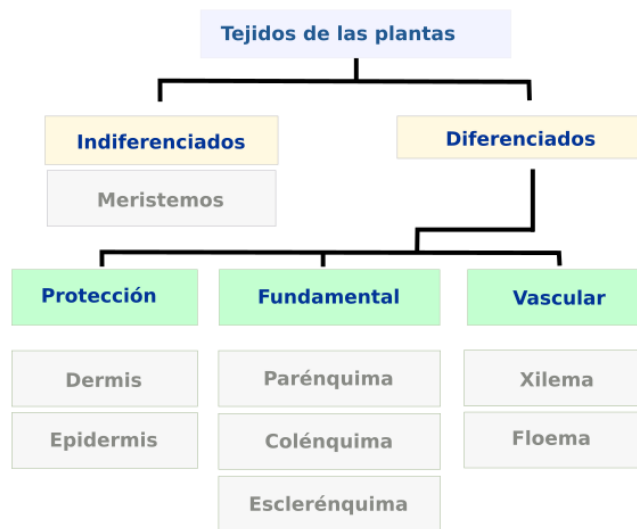


Figura 1: Clasificación tradicional de los tejidos de las plantas.



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 Sostén

El colénquima y el esclerénquima son los tejidos especializados de sostén de las plantas. Están constituidos por células con paredes celulares gruesas que aportan una gran resistencia mecánica. A pesar de compartir la misma función, estos tejidos se diferencian por la estructura y la textura de sus paredes celulares, y por su localización en el cuerpo de la planta. En plantas de cierto porte, sin embargo, la función de soporte se lleva a cabo por los tejidos vasculares, fundamentalmente por el xilema.

1. Colénquima

El colénquima es un tejido vivo formado por un solo tipo celular, la célula colenquimática. Se caracteriza por estar viva, por tener paredes engrosadas y por tener una morfología elongada en la dirección del eje principal. Presentan una gruesa pared celular primaria que las diferencia de las células parenquimáticas y caracterizada por engrosamientos distribuidos de manera desigual, lo que confiere al tejido gran resistencia a la tensión y a otros tipos de estrés mecánico. Se considera pared primaria puesto que puede crecer en superficie, además de en grosor. Las células colenquimáticas, al igual que las células parenquimáticas, son capaces de reanudar una actividad meristemática gracias a que sus paredes celulares son primarias y no lignificadas, a pesar de su grosor. Es posible encontrar formas celulares difíciles de clasificar como parenquimáticas o colenquimáticas, y esto es debido a la capacidad de revertir su diferenciación que tiene el colénquima. Aunque son células vivas raramente presentan cloroplastos. Sin embargo, es un tejido transparente por lo que permite la fotosíntesis en los órganos en los que se encuentra.

Las paredes celulares de las células colenquimáticas tienen una gran cantidad de pectinas y hemicelulosas, además de celulosa. Juntos confieren a este tejido sus características de resistencia y flexibilidad. Precisamente estas características tisulares le han dado el nombre al colénquima, que deriva de la palabra griega *colla*, que significa goma. Si a esto le sumamos que es un tejido vivo, y por tanto con capacidad para desarrollar y engrosar sus paredes celulares, podemos decir que es el tejido de sostén por excelencia de los

órganos que se están alargando, ya que tiene capacidad de adaptarse al crecimiento de cada estructura de la planta.

Es un tejido poco extendido en el cuerpo de las plantas ya que generalmente no está presente en las raíces, excepto en las raíces aéreas, ni tampoco en estructuras con crecimiento secundario avanzado, donde es sustituido por el esclerénquima. Está presente como tejido de soporte en órganos en crecimiento, en el tallo y hojas de numerosas herbáceas maduras, incluyendo aquellas que tienen un crecimiento secundario incipiente, y en órganos nuevos de plantas leñosas, como en tallos, hojas y partes florales de las dicotiledóneas en crecimiento. Está ausente en la mayoría de las monocotiledóneas. En los tallos y peciolos el colénquima se sitúa en posiciones periféricas, donde realiza mejor su función, bien justo debajo de la epidermis o separado de ella por una o dos capas de células parenquimáticas. Forma una especie de cilindro continuo o bien se organiza en bandas discontinuas. También existe un tipo de colénquima asociado a los haces vasculares denominado colénquima fascicular, aunque no todos los autores lo reconocen como tal.

Los distintos tipos de colénquima periférico se caracterizan por el engrosamiento de sus paredes celulares. Si la pared celular está engrosada de forma desigual pero no deja espacios intercelulares tenemos al colénquima angular, en el cual los engrosamientos se dan en los vértices de las células. Cuando los engrosamientos están en las paredes tangenciales externas e internas tenemos al colénquima laminar. Si el engrosamiento de la pared deja espacios intercelulares y tales engrosamientos están cerca de dichos espacios intercelulares, tenemos entonces al colénquima lagunar, o bien, si el engrosamiento es uniforme alrededor de la célula tenemos entonces al colénquima anular. Sin embargo, existen ejemplos de difícil clasificación y aparecen como formas intermedias.

2. Esclerénquima

El esclerénquima, a diferencia del colénquima, presenta dos tipos de células con pared celular engrosada, pero ésta es secundaria y lignificada en las células maduras. La palabra esclerénquima proviene del griego "Skleros" que significa duro, seco y áspero. Las

células esclerenquimáticas maduras no contienen citoplasma y son células muertas. Gracias a la estructura de sus paredes celulares el esclerénquima tiene una función muy importante en el soporte de los órganos que han dejado de alargarse. Protegen las partes más blandas de las plantas y más vulnerables a estiramientos, pesos, presiones y flexiones. Por eso, aunque está distribuido por todo el cuerpo de las plantas, ya sean estructuras con crecimiento primario o secundario, es más abundante en tallos y hojas que en raíces.

El tejido esclerenquimático es complejo. Los dos tipos de células que lo componen se distinguen principalmente por su forma, su origen y su localización. Un tipo son las fibras, células alargadas y fusiformes, y el otro las esclereidas, que son células variadas en su forma pero típicamente más isodiamétricas que las fibras. El origen de estos dos tipos celulares no está claro pero se propone que las fibras se originan por diferenciación de células meristemáticas y las esclereidas a partir de células colenquimáticas o parenquimáticas que lignifican sus paredes celulares.

Las fibras son células alargadas de extremos puntiagudos, con una pared celular secundaria más o menos gruesa con muchas capas y con un grado de lignificación variable. Se sabe que la lignificación y la diferenciación de las fibras en los tejidos vasculares están influidos por las hormonas vegetales como las auxinas y las giberelinas, que regulan la deposición de lignina en la pared celular. La pared celular de la fibra madura puede ser tan gruesa que a veces ocupa completamente el interior celular. La mayoría de las fibras son células muertas en la madurez, aunque se han encontrado elementos fibrosos vivos en el xilema de algunas dicotiledóneas. Debido a su resistencia a la tensión son de gran importancia económica y se empaquetan por lo general formando hebras que constituyen la fibra comercial. Las fibras de las hojas de algunas monocotiledóneas son comercialmente importantes en la manufactura de la ropa y otros tejidos.

Las fibras se clasifican según su posición topográfica en la planta. Las fibras extraxilares son aquellas que se encuentran en el floema (fibras floemáticas), en la

corteza (fibras corticales), o bien rodeando haces vasculares (fibras perivasculares). A veces las fibras rodean el cilindro vascular en tallos con crecimiento secundario, denominándose fibras pericíclicas. Las fibras xilares se encuentran en el xilema y se clasifican en fibras-traqueidas y fibras libriformes. Ambas son alargadas con paredes gruesas, pero las fibras-traqueidas son intermediarias entre la forma de las traqueidas y las de las libriformes. Las fibras mucilaginosas o gelatinosas tienen paredes muy gruesas pero no lignificadas.

Las esclereidas muestran paredes secundarias muy gruesas y lignificadas que a menudo están interrumpidas por unas patentes punteaduras. Sus formas pueden ser isodiamétricas, estrelladas, ramificadas, etcétera. Están ampliamente distribuidas entre las angiospermas pero son más abundantes en dicotiledóneas que en monocotiledóneas. Se encuentran en los tallos, hojas, frutos y semillas, aisladas o formando capas (Figura 3). Clásicamente se clasifican según su forma: astroesclereida, braquiesclereida, también llamada célula pétrea, macroesclereida, osteoesclereida y tricoesclereida.

Poco se sabe de la función completa de las esclereidas. En muchos tejidos, aparte de tener una función mecánica, se les atribuye una misión protectora para paliar el efecto de los herbívoros o para disuadirlos. Aunque se han propuesto otras funciones más específicas en las hojas tales como conducir agua a la epidermis o incluso parecen ser transmisoras de luz (actúan como fibras ópticas) incrementando los niveles luminosos de las hojas. A menudo se originan tarde en la ontogenia de la planta y lo hacen por esclerosis de células parenquimáticas seguida de un crecimiento intrusivo que las hace penetrar en los espacios intercelulares del tejido donde se encuentran.

Bibliografía

Leroux O. 2012. Collenchyma: a versatile mechanical tissue with dynamic cell walls. *Annals of botany*. 110: 1083-1098.

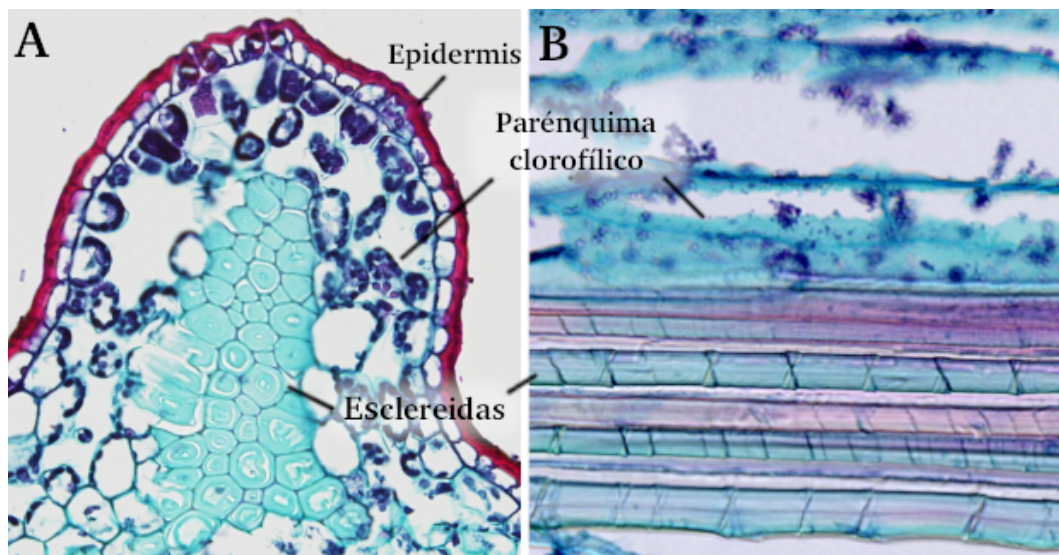


Figura 3: Esclereidas de un tallo de Ulex. Teñidas con safranina / azul alcían.

3 Imagen; Colénquima angular

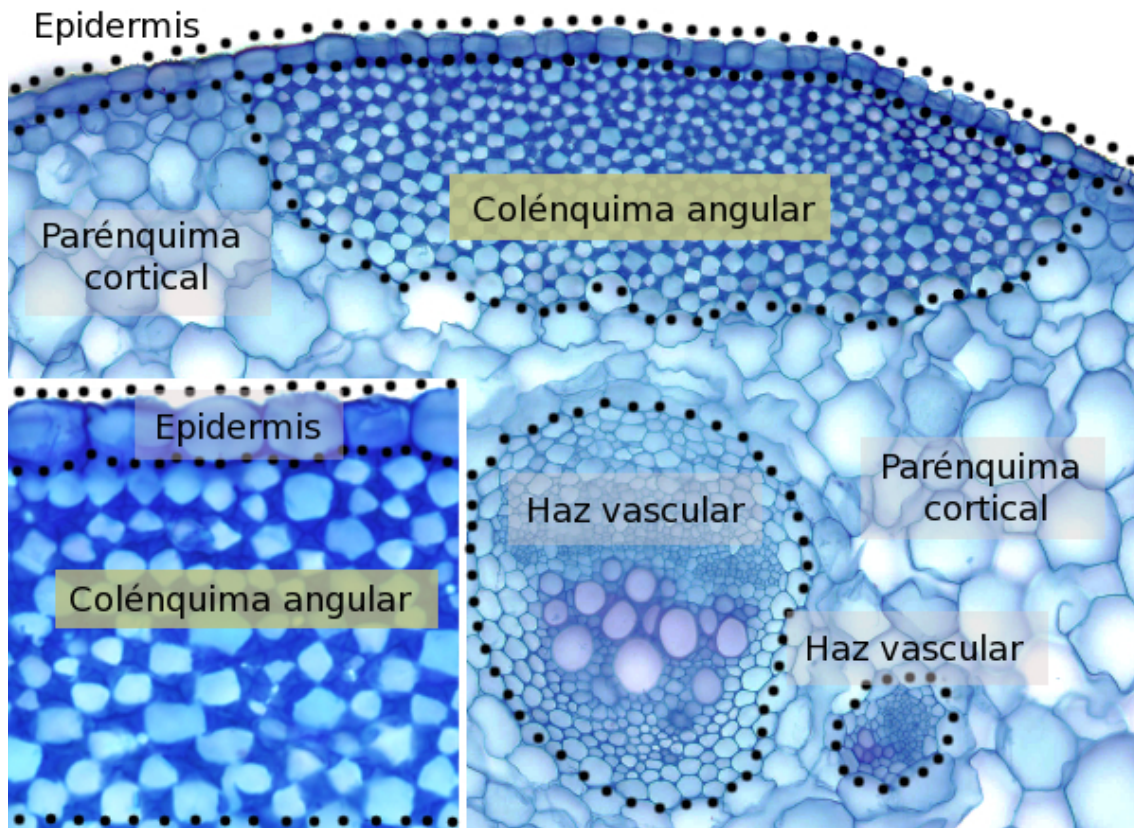


Figura 4: Órgano: tallo, colénquima angular. Especie: hiedra (*Hedera helix*). Técnica: corte en parafina teñidos con azul de metileno.

En este tipo de colénquima los engrosamientos de la pared celular se producen en el ángulo donde convergen varias células, de ahí la ausencia de espacios intercelulares. Este tipo de engrosamientos se disponen a modo de vigas que se orientan longitudinalmente en el órgano, lo que confiere al órgano donde se encuentra una gran resistencia mecánica.

Más imágenes

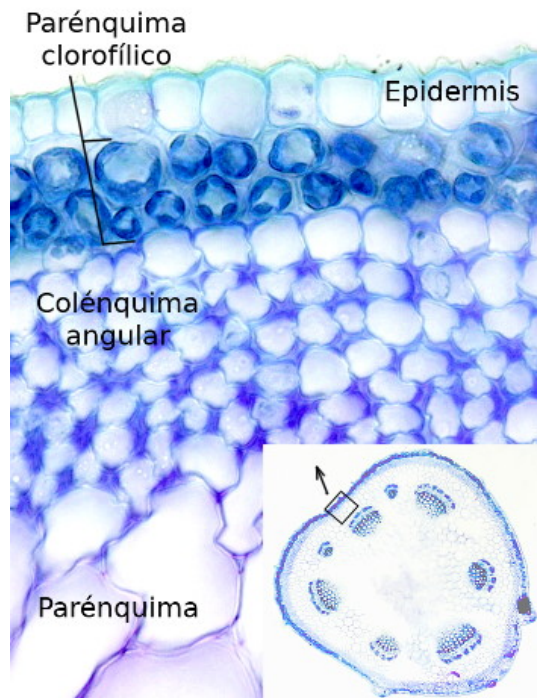


Figura 5: Colénquima angular en un peciolo de una violeta, dicotiledónea.

4 Imagen; Colénquima laminar

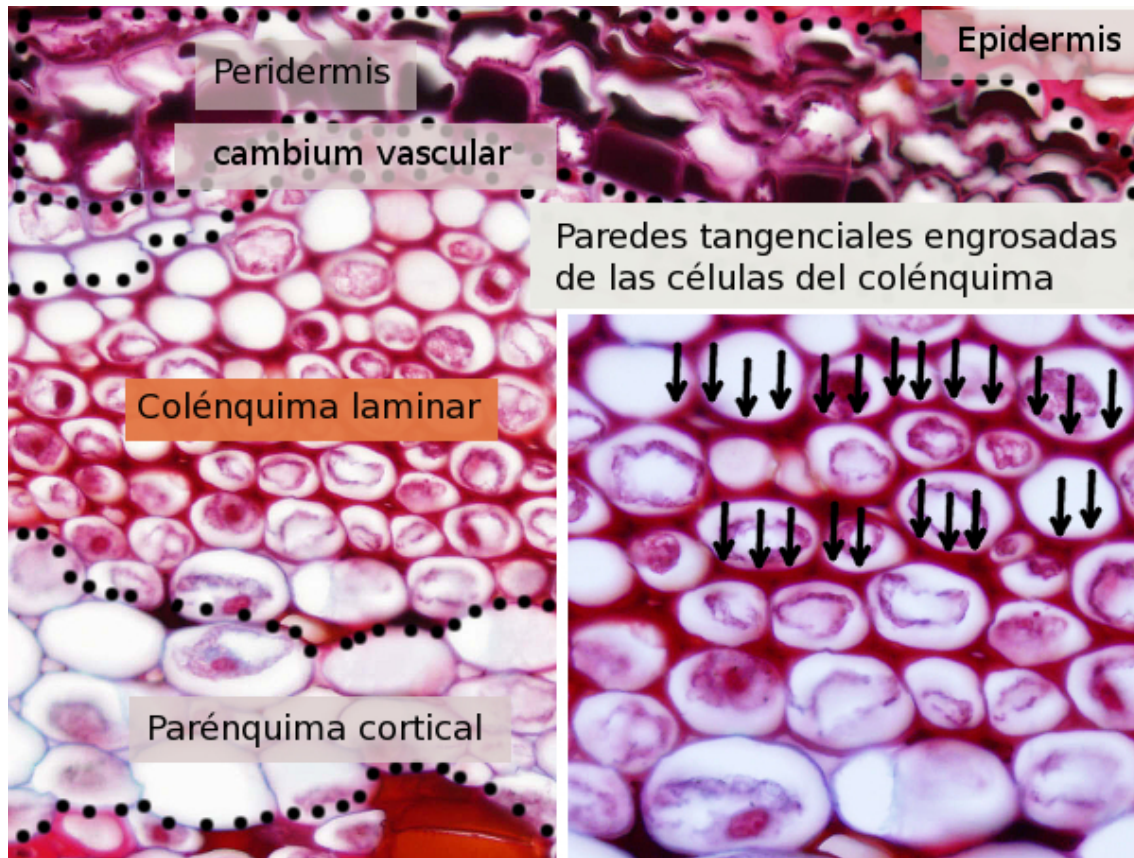


Figura 6: Órgano: tallo, colénquima laminar. Especie: saúco (*Sambucus nigra*). Técnica: corte en parafina teñidos con safranina / azul alcian.

En este tipo de colénquima los engrosamientos de la pared celular primaria se manifiestan en las paredes tangenciales externa e interna, es decir, las paredes paralelas a la superficie del órgano. Aunque el colénquima se encuentra principalmente en órganos con crecimiento primario, en este caso se encuentra en un tallo con crecimiento secundario.

5 Imagen; Colénquima lagunar

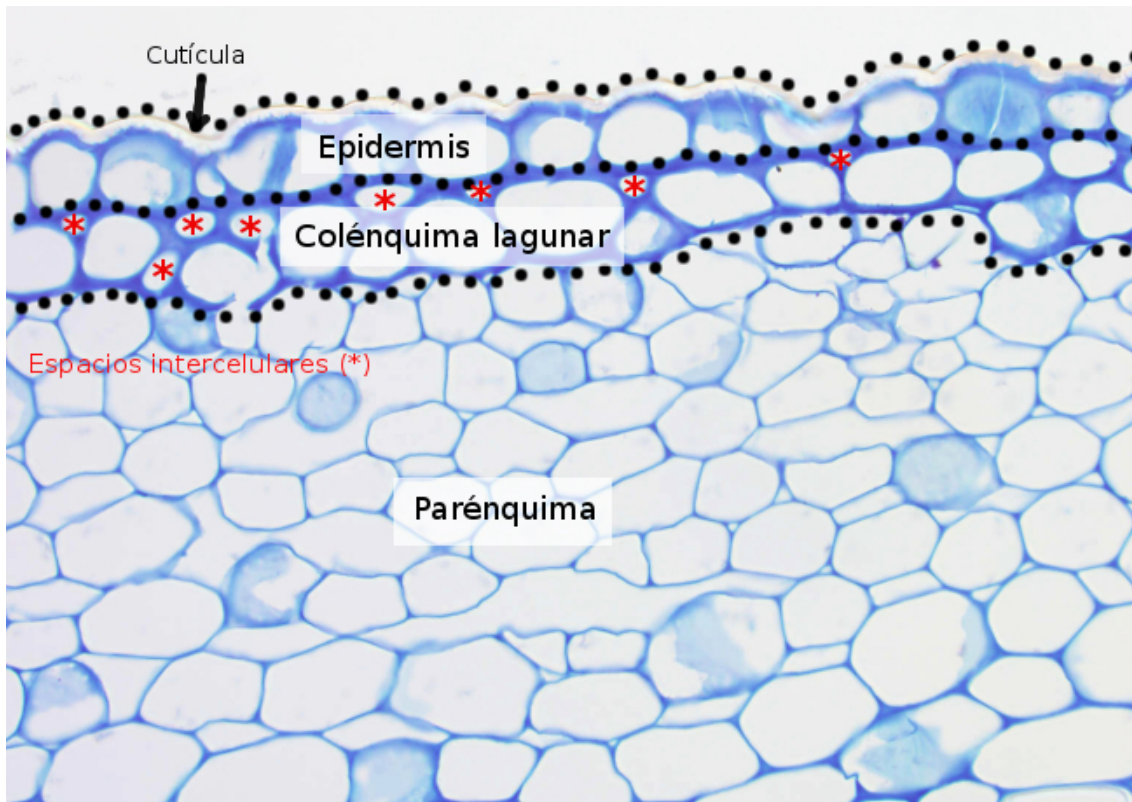


Figura 7: Órgano: tallo, colénquima lagunar. Especie: euforbia (*Heuphorbia helioscopia*). Técnica: corte en parafina teñido con azul alcían.

Se parece al colénquima angular ya que los engrosamientos de las paredes celulares primarias son mayores en el lugar donde confluyen tres células. Sin embargo, dichos engrosamientos no obliteran completamente el espacio intercelular por lo que se pueden observar espacios vacíos entre las paredes celulares de las células contiguas.

6 Imagen; Colénquima anular

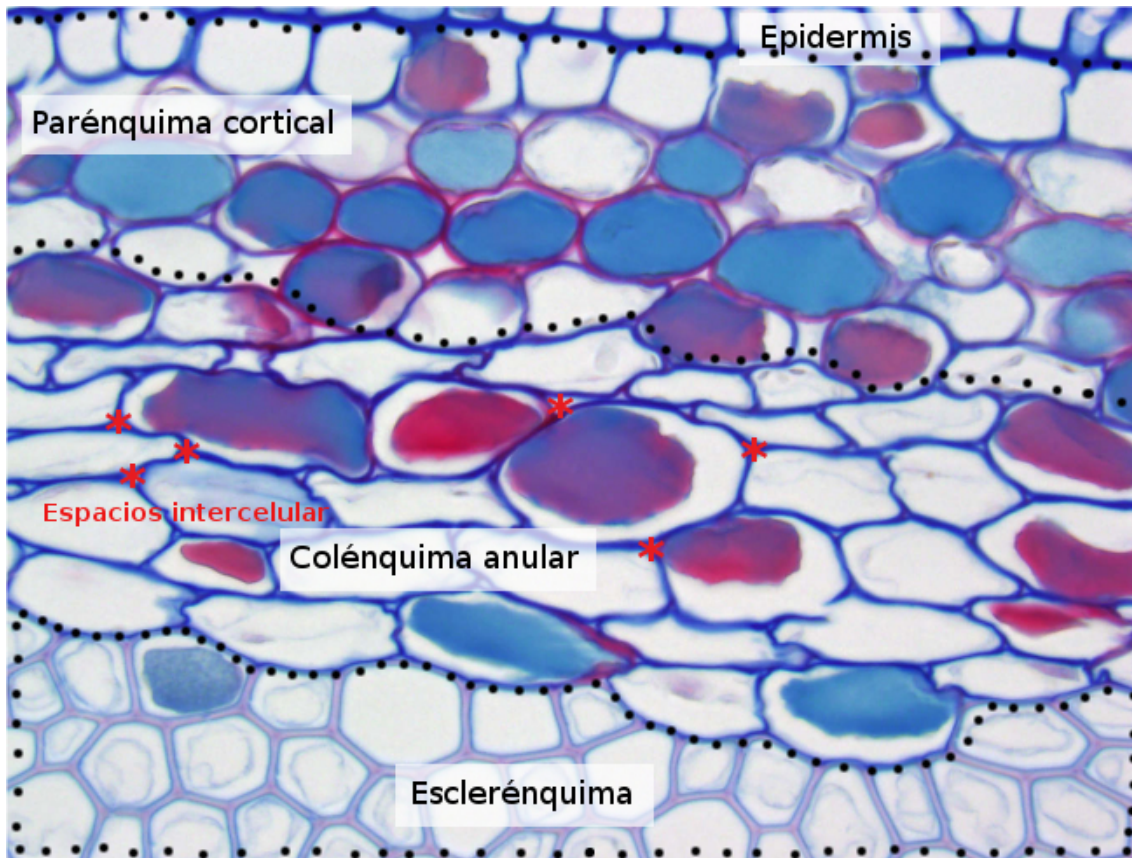


Figura 8: Órgano: tallo, colénquima anular. Especie: malva (*Malva sylvestris*). Técnica: corte en parafina teñidos con safranina / azul alcian.

Este tipo de colénquima se distingue del resto por ser el único en donde los espesamientos de las paredes celulares son uniformes alrededor de la célula. Esto hace que este tipo de colénquima presente espacios intercelulares.

7 Imagen; Fibras de esclerénquima

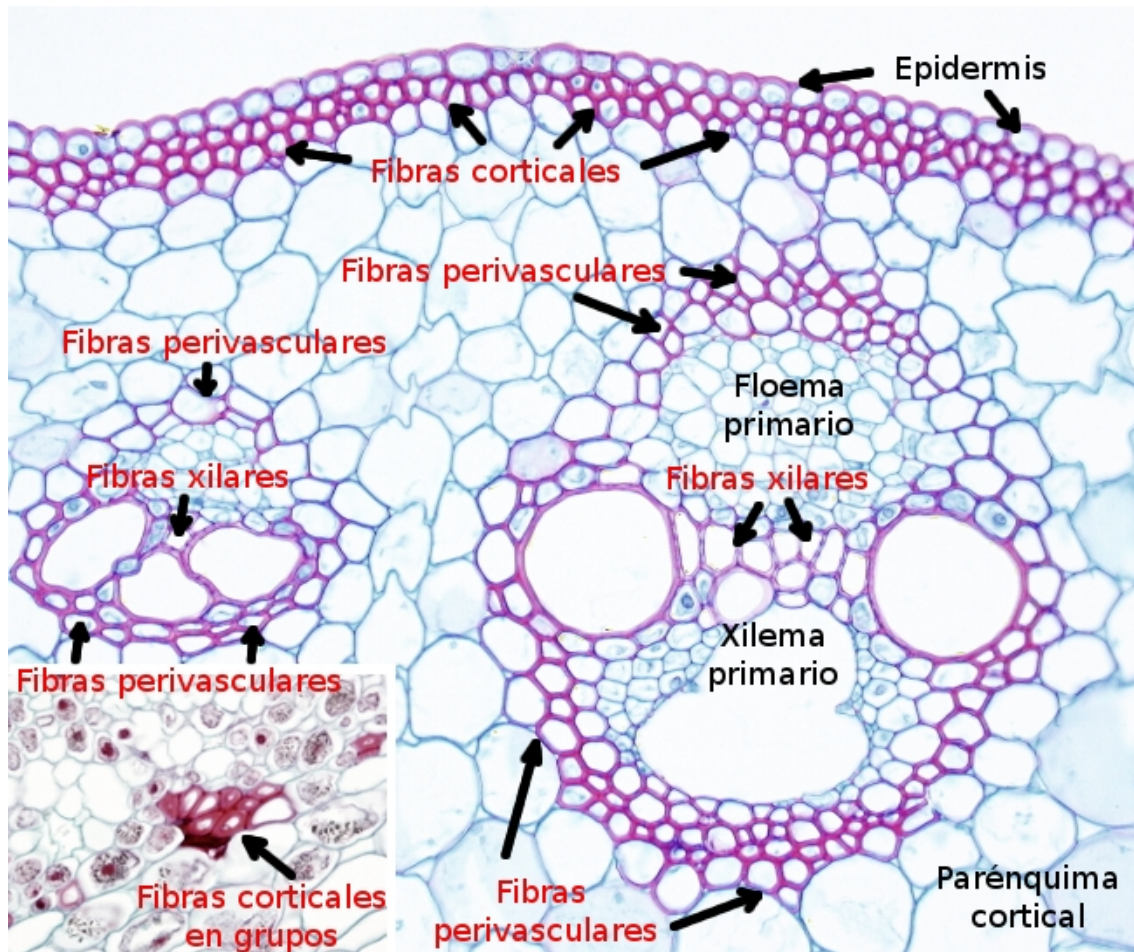


Figura 9: Órgano: tallo, fibras de esclerénquima. Especie: maíz (*Zea mays*). Técnica: corte en parafina teñido con safranina/azul alcian.

La clasificación de las fibras de esclerénquima se basa en su localización ya que, debido a su similitud estructural, morfológicamente son difíciles de distinguir. En el tallo de las monocotiledóneas las fibras se encuentran debajo de la epidermis formando dos o tres filas de células continuas y se denominan fibras corticales. Protegiendo al haz vascular están las fibras perivasculares. También formando parte del xilema primario se pueden observar fibras denominadas xilares.

8 Imagen; Esclereidas

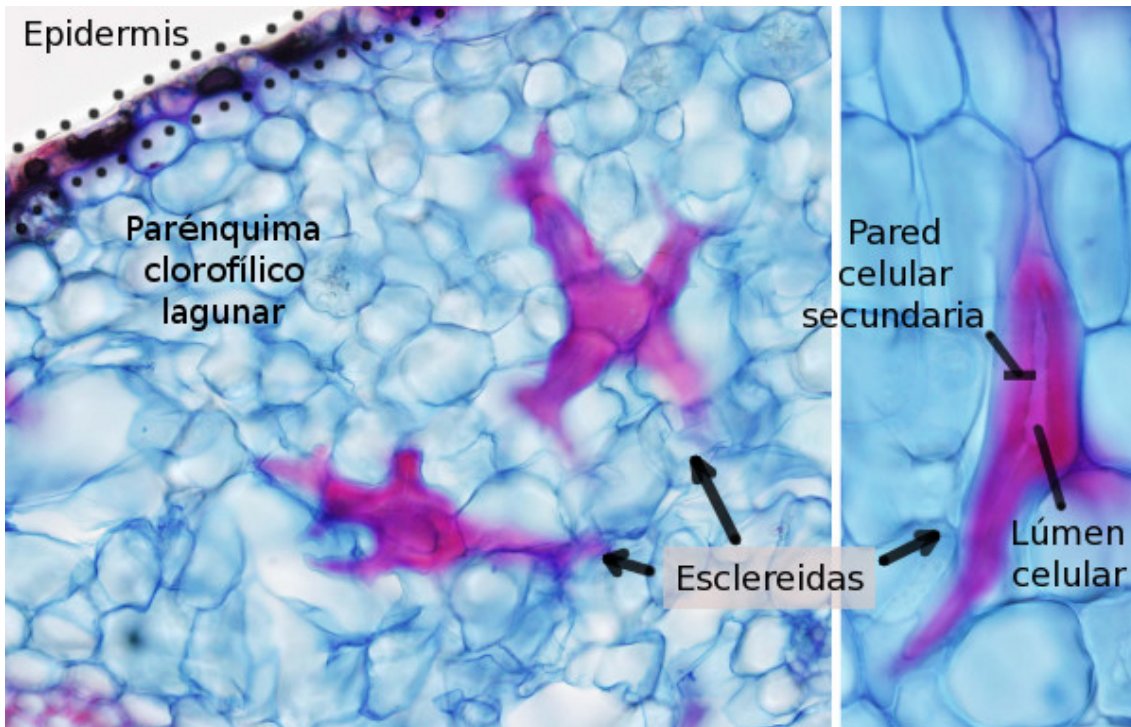


Figura 10: Órgano: hoja, astroesclereidas. Especie: camelio (*Camelia japonica*). Técnica: corte en un vibratomo teñido con safranina / azul alcían.

Como el resto de las esclereidas, las astroesclereidas se presentan por lo general individualmente. En la imagen de arriba aparecen dispersas entre las células del parénquima clorofílico de una hoja. Con formas estrelladas, presentan una pared celular secundaria extremadamente gruesa que deja un interior celular muy angosto (ver imagen de la derecha).