

*Atlas de Histología Vegetal y Animal*

# Tejidos vegetales

## PARÉNQUIMA

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

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Octubre 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	Parénquima	4
3	Imagen; Parénquima clorofílico	7
4	Imagen; Parénquima de reserva	10
5	Imagen; Parénquima acuífero	11
6	Imagen; Parénquima aerífero	12

## 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-

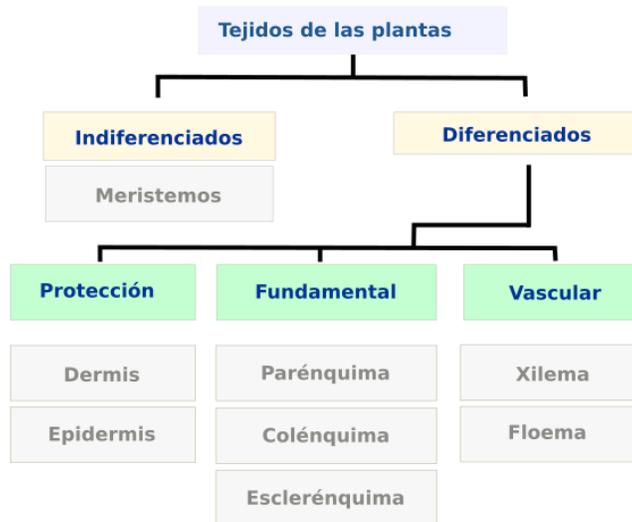


Figura 1: Clasificación tradicional de los tejidos de las plantas.



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 Parénquima

### 1. Introducción

El parénquima es un tejido vivo, principal representante de los tejidos denominados fundamentales (parénquima, colénquima y esclerénquima). Es un tejido sencillo que está implicado en una gran variedad de funciones dependiendo de dónde se encuentre, como la fotosíntesis, el almacenamiento, la elaboración de sustancias orgánicas y la regeneración de tejidos. El parénquima o las células parenquimáticas se encuentran en prácticamente todos los sistemas de tejidos de la planta. El parénquima se encuentra formando masas continuas de células en la corteza y en la médula de tallos y raíces, en el mesófilo de la hoja, en la pulpa de los frutos y en el endospermo de las semillas. Este tipo de tejido rellena espacios entre otros tejidos y dentro de ellos. Puede representar un 80 % de las células vivas de una planta. La célula parenquimática también puede aparecer asociada al xilema y floema, formando parte integral de los mismos. Parte de la capacidad de regeneración de las plantas tras sufrir heridas se debe a la actividad de las células parenquimáticas.

Está formado por un solo tipo celular, la célula parenquimática, un célula viva que generalmente presenta una pared celular primaria poco engrosada. Aunque hay ejemplos de células parenquimáticas con paredes gruesas, como las del endospermo de algunas palmeras y el caqui. Son morfológicamente muy diversas, lo que está relacionado con su función. La célula meristemática muestra menor grado de diferenciación que otras células de la planta y por eso se considera que podría ser precursora del resto de los tipos celulares durante la evolución. Es la más parecida a la célula meristemática. Normalmente hay espacios intercelulares entre las células parenquimáticas que pueden formar grandes espacios que facilitan el intercambio de gases.

La célula meristemática tiene la capacidad de "desdiferenciación", es decir, puede perder el grosor de su pared celular, convertirse en una célula totipotente y comenzar una actividad meristemática. Por ejemplo, se usa experimentalmente para la formación de callos (masa de células indiferenciadas que es posible ma-

nipular en el laboratorio y transformar en una planta adulta).

Según su actividad y función nos encontramos 4 tipos de parénquimas:

#### 1. Parénquima clorofílico

Este tipo de parénquima, denominado también clorénquima, está especializado en la fotosíntesis gracias a que sus células contienen numerosos cloroplastos. Se encuentra por lo general debajo de la epidermis, donde la luz llega más fácilmente, sobre todo en las hojas, aunque también es común en la zona superficial (córtez) de los tallos verdes. El clorénquima de la hoja se denomina mesófilo y se divide en dos tipos: en empalizada, más expuesto al Sol, y parénquima lagunar, en la parte más sombría. El primero tiene mayor número de cloroplastos y parece llevar a cabo una mayor tasa de fotosíntesis, estando sus células además más densamente empaquetadas. En el parénquima lagunar hay más espacios intercelulares gracias a los cuales es un buen tejido para el intercambio de gases y agua con la atmósfera.

#### 2. Parénquima de reserva

Sus células sintetizan y almacenan diversas sustancias como azúcares en diversas formas, cristales proteicos, proteínas, lípidos, pigmentos, etc. Algunas de estas sustancias pueden encontrarse en forma sólida, aunque lo normal es que estén disueltas en la vacuola, que es el orgánulo especializado en el almacén de sustancias. También en el citoplasma y en los plastidios se pueden acumular algunas sustancias como azúcares y sustancias nitrogenadas. Algunas células almacenan un solo tipo de sustancia aunque otras pueden contener una mezcla de sustancias.

El producto de reserva más frecuente en los tejidos vegetativos (que no son semilla ni fruto) son los carbohidratos, y los almacenan de dos formas: en forma de almidón y en forma de sucrosa o sus derivados (sobre todo fructanos). El almidón se almacena en los plastidios (amiloplastos) mientras que los derivados de la sucrosa se acumulan en la vacuola. Las proteínas almacenadas suelen ser importantes como fuente de nitrógeno, un bien escaso para la célula, y generalmente el destino de estas proteínas es la degradación. Proteínas y lípidos se almacenan en el parénquima de

muchas semillas, en plastidios denominados proteino-plastos y elaioplastos, respectivamente. En algunas zonas de las plantas el parénquima puede almacenar taninos y antocianinas. El color de las flores se debe a que algunas células almacenan pigmentos en los cromoplastos o en las vacuolas.

La distribución en la planta del tejido parénquimático de reserva es diversa, y puede encontrarse en la raíz, tallo, hojas y frutas. Por ejemplo, la caña de azúcar y la patata (Figura 3) almacenan material de reserva en el parénquima del tallo, y la zanahoria lo hace en el de la raíz. Otro lugar de almacenamiento es el parénquima que forma parte de los radios parenquimáticos horizontales de los haces vasculares, importantes para la reserva de los troncos en el invierno.

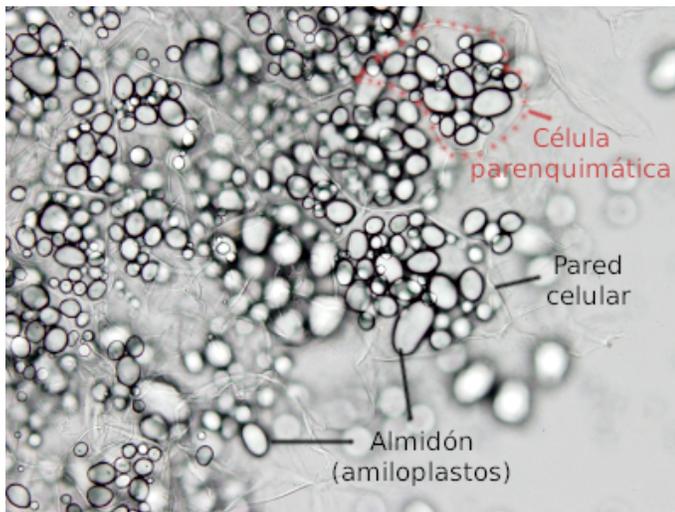


Figura 3: Parénquima de reserva en el tallo de la patata con amiloplastos conteniendo reservas de almidón.

### 3. Parénquima acuífero

Aunque todas las células parenquimáticas almacenan agua en mayor o menor medida, las células del parénquima acuífero están especializadas en esta función. Las células parenquimáticas que almacenan agua son grandes, de paredes delgadas y con una gran vacuola donde se acumula el agua. En el citoplasma o en la vacuola hay mucílagos, conjunto de sustancias que aumentan la capacidad de absorción y retención de agua. Este parénquima es característico de las plantas que viven en climas secos, denominadas plantas xerófitas. En los órganos subterráneos encargados

de almacenar sustancias de reserva no suele haber tejidos especializados en el almacén de agua, aunque las células que contienen almidón u otras sustancias de reserva tienen también una gran capacidad de almacenar agua.

### 4. Parénquima aerífero

El parénquima aerífero o aerénquima es un tejido que contiene grandes espacios intercelulares vacíos, mayores que los normalmente encontrados en otros tejidos, por donde circulan los gases que permiten la aireación de los órganos de la planta (Figura 4).

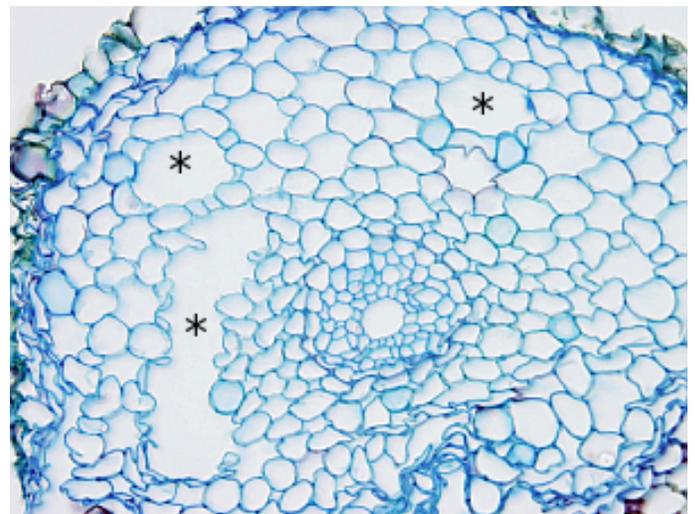


Figura 4: Parénquima aerífero de la raíz acuática de una elodea (*Elodea canadensis*). Los asteriscos señalan espacios aéreos.

Este parénquima está especialmente desarrollado en las plantas que viven en ambientes muy húmedos o acuáticos (son las denominadas plantas hidrófitas), aunque también puede aparecer en algunas especies no acuáticas sometidas a estrés. Aparece tanto en raíces como en tallos. En las raíces se han descrito dos formas de producir aerénquima: esquizogenia y lisogenia. La esquizogenia es un proceso que se produce durante del desarrollo del órgano y que genera este tipo de parénquima por diferenciación celular. La lisogenia es consecuencia del estrés y las cavidades gaseosas se producen por muerte celular. El aerénquima por lisogenia se forman en plantas como el trigo, cebada, el arroz o el maíz. Algunos autores proponen un tercer tipo de formación de aerénquima denominado expansigenia en la cual se crean espacios sin que las uniones

celulares desaparezcan (Figura 5 y 6).

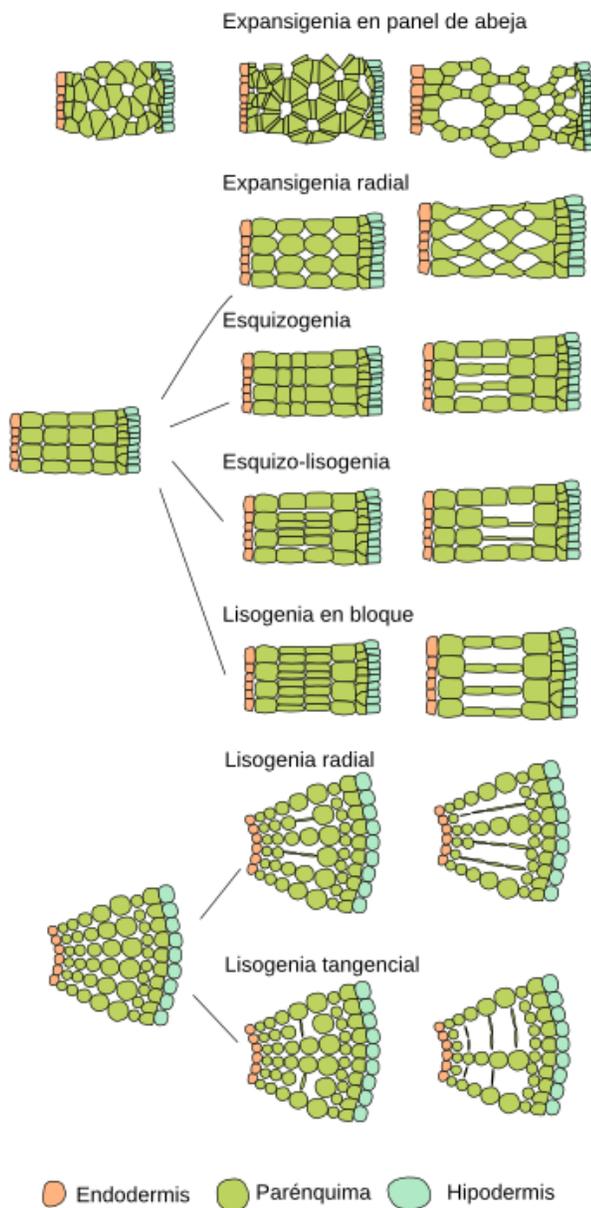


Figura 5: Ejemplos de cómo diferentes especies crean parénquima aerífero según Seago et al. (2005).

El aerénquima es continuo desde los tallos hasta las raíces y los grandes espacios intercelulares permiten la conducción de gases, aumentando la difusión de éstos desde las hojas hasta las raíces. Esta comunicación permite a las plantas que viven en suelos húmedos o anegados mantener un nivel de oxígeno suficiente

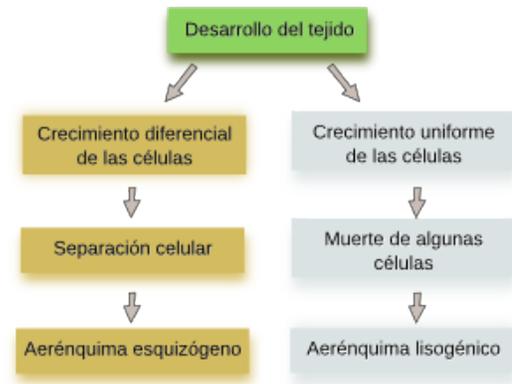


Figura 6: Distintos procesos en la formación del aerénquima (modificado de Evans, 2003).

para la respiración. En suelos encharcados también es un vehículo para la liberación a la atmósfera de gases presentes en las raíces, como el etileno. Este parénquima puede considerarse como una adaptación de las plantas a la hipoxia de suelos anegados.

Las plantas con aerénquima se consideran como uno de los vehículos importantes para el paso de gases de efecto invernadero como el metano desde el suelo, pasando por la raíz y el tallo, hasta la atmósfera. Esto es particularmente importante en cultivos extensivos como los de arroz.

### Bibliografía

Evans DE. 2003. Aerenchyma formation. *New phytologist*. 161:35-49.

Pruyn ML, Spicer R. 2012. Parenchyma. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0002083.pub2.

Seago JR JL, Marsh LC, Stevens, KJ, Soukup A, Votrubová O, Enstone D. 2005. A re-examination of the root cortex in wetland flowering plants with respect to aerenchyma. *Annals of botany*. 96: 565-579.

### 3 Imagen; Parénquima clorofílico

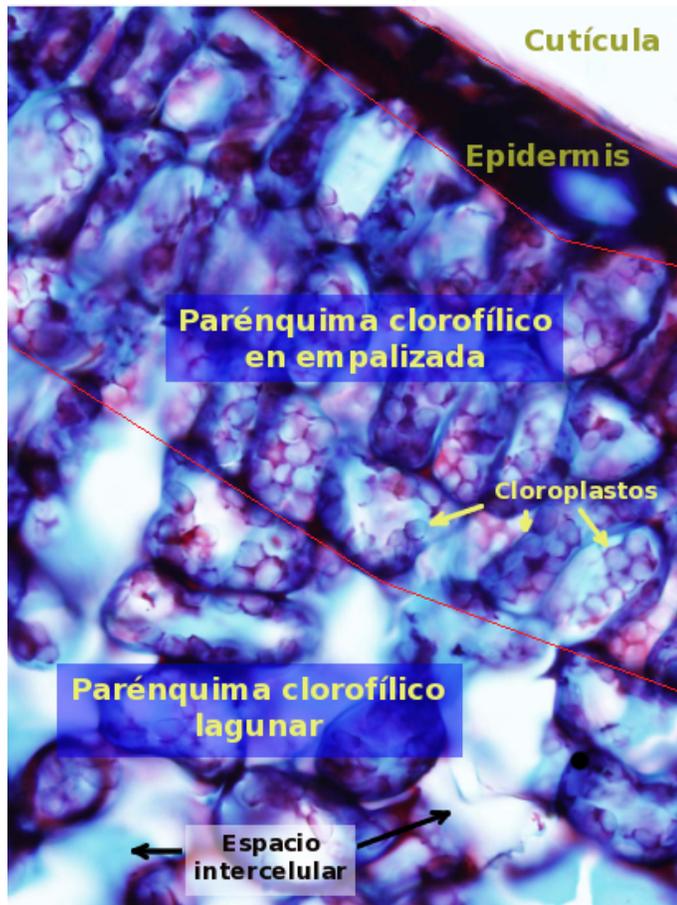


Figura 7: Órgano: hoja, parénquima clorofílico. Especie: camelio (*Camelia japonica*). Técnica: corte grueso en vibratomo, teñido con safranina / azul alcian.

En esta hoja de camelio, y en general en todas las hojas, al parénquima clorofílico se le denomina mesófilo. Las células se pueden disponer de dos formas: muy juntas (en empalizada) o más o menos dispersas con grandes espacios intercelulares (o lagunar). El parénquima en empalizada está formado por células alargadas dispuestas en estratos y con espacios intercelulares pequeños. El número de estratos

depende de la especie y de la intensidad de luz que reciben. El parénquima en empalizada se dispone cerca de la superficie adaxial o superior de la hoja. El parénquima lagunar está formado por células redondeadas que no se disponen en estratos, aunque es variable según la especie, y entre las cuales existen espacios intercelulares conspicuos, los cuales permiten la difusión de gases.

El parénquima clorofílico se encuentra en otras partes de la planta como el tallo, los peciolo, frutos en desarrollo, e incluso en las raíces adventicias.

## Más imágenes

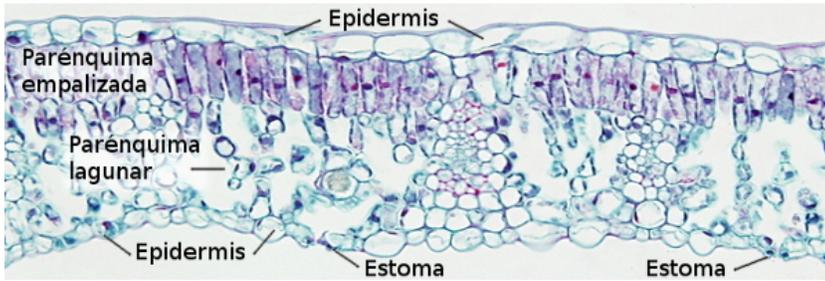


Figura 8: Tejidos y organización típicos de una hoja de roble, dicotiledónea.

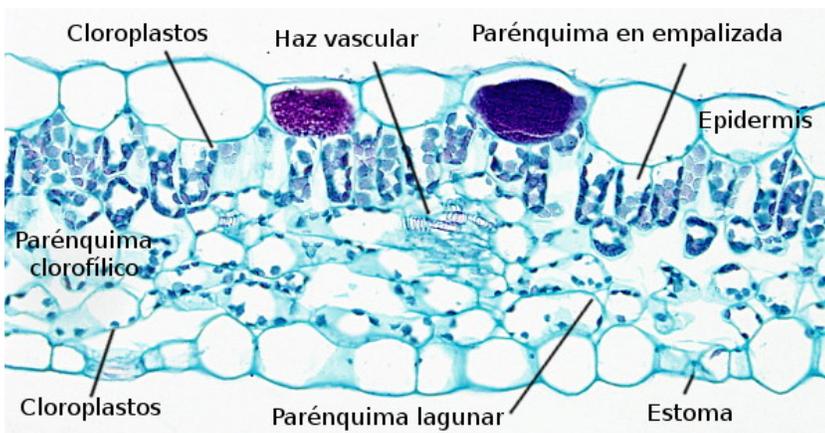


Figura 9: Tejidos y organización típicos de una hoja de violeta, dicotiledónea.

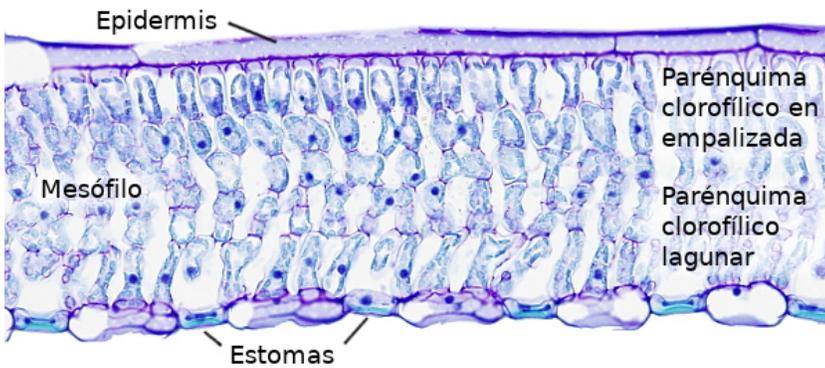


Figura 10: Tejidos y organización típicos de una hoja de monocotiledónea en sección longitudinal.

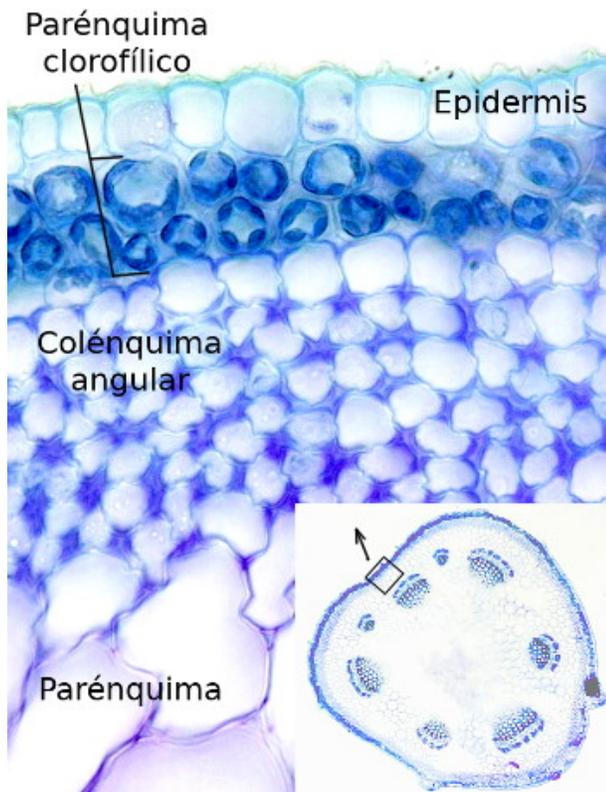


Figura 11: Tejidos y organización típicos de una hoja de monocotiledónea en sección longitudinal.

#### 4 Imagen; Parénquima de reserva

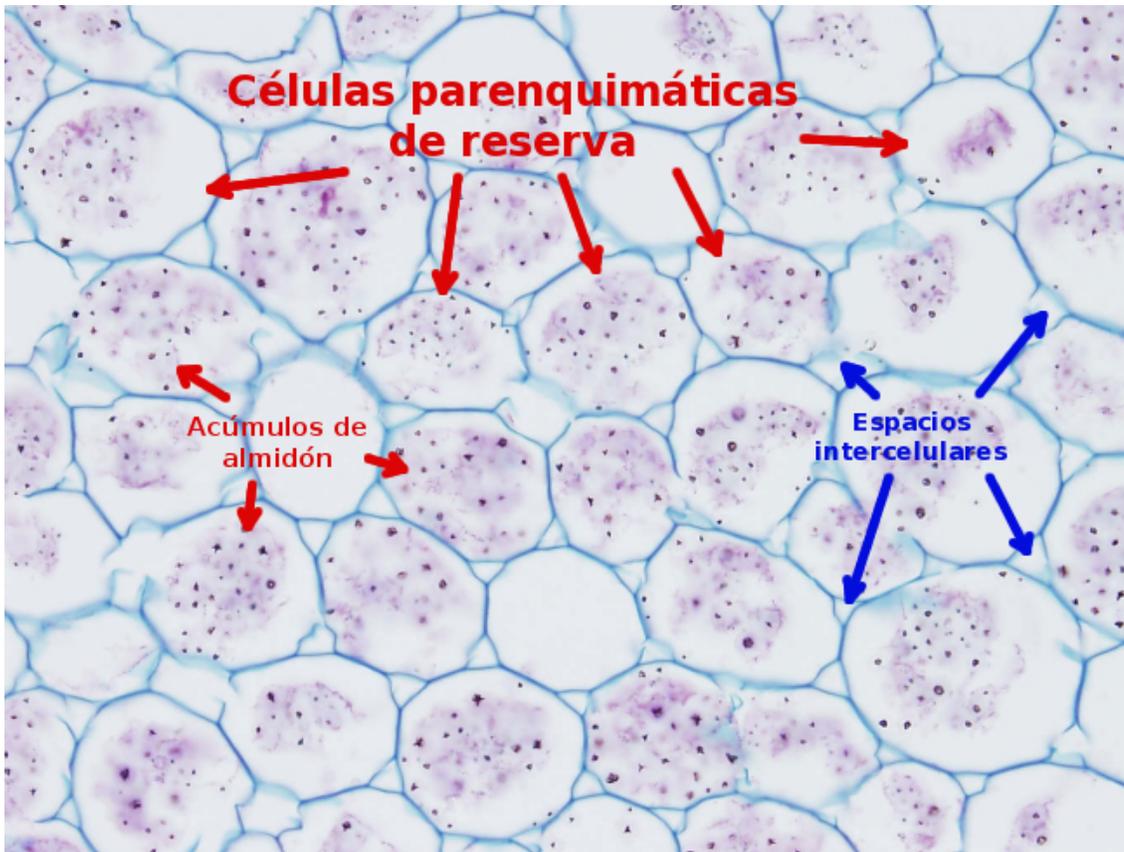


Figura 12: Órgano: raíz, parénquima de reserva en la corteza radicular. Especie: botón de oro (*Ranunculus repens*). Técnica: corte en parafina y teñido con safranina / azul alcian.

En esta imagen de raíz se pueden observar células parenquimáticas con inclusiones de reserva, probablemente almidón, que aparecen como granos de color

púrpura. Las células tienen forma redondeada y sus paredes celulares son primarias ya que aparecen teñidas de color azulado gracias al azul alcian. El hecho de que algunas células aparezcan sin material de reserva puede ser consecuencia del proceso histológico. Entre las células se pueden observar espacios intercelulares

## 5 Imagen; Parénquima acuífero

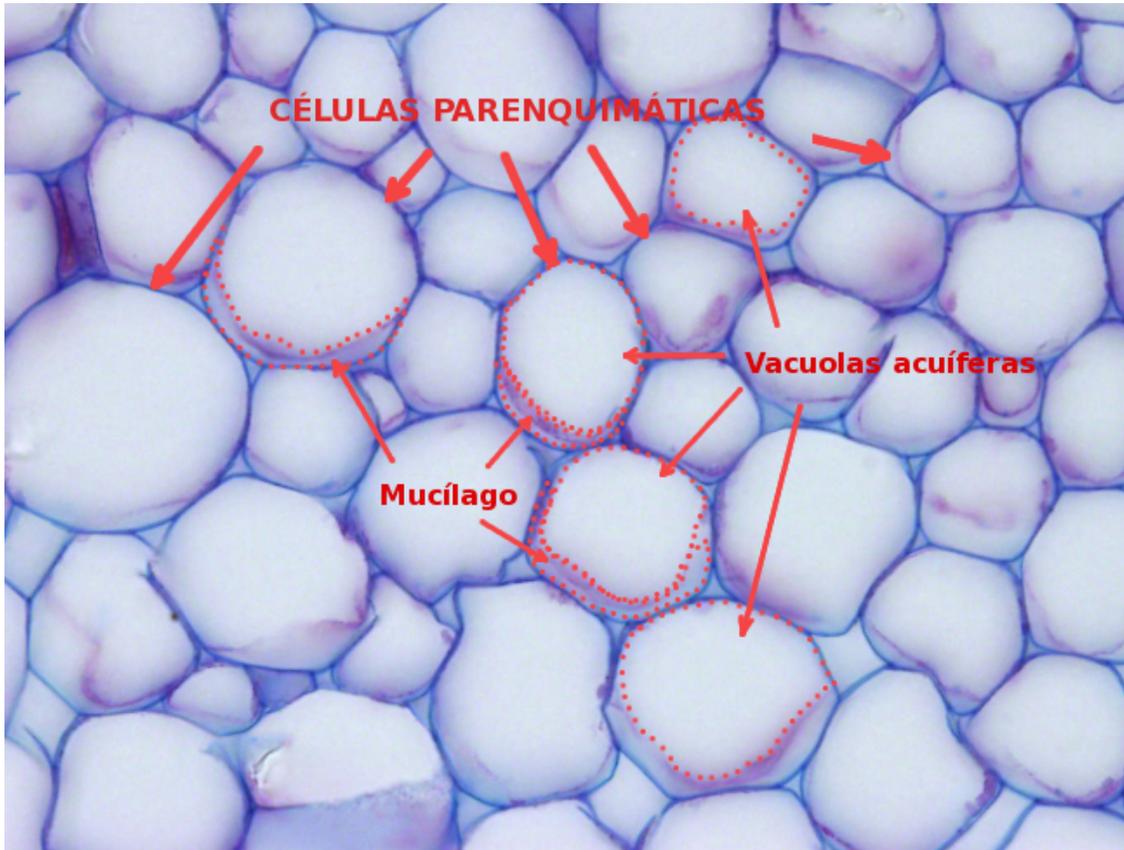


Figura 13: Órgano: tallo, parénquima acuífero. Especie: cactus. Técnica: corte en microtomo de congelación y teñido con safranina / azul alcian.

En esta imagen de cactus, una planta xerófita, se

observan células parenquimáticas cuyo contenido es principalmente agua. Poseen paredes primarias delgadas y en algunas células se aprecia el mucílago teñido con la safranina. Se pueden observar también espacios intercelulares.

## 6 Imagen; Parénquima aerífero

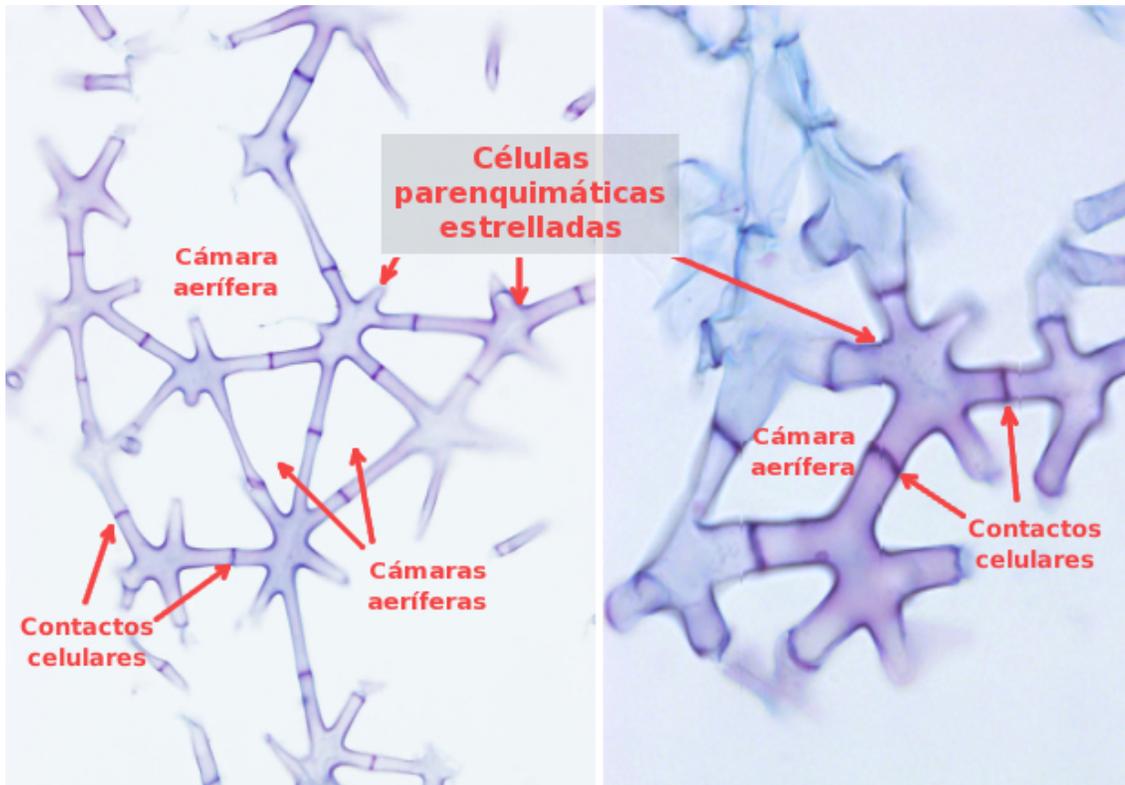


Figura 14: Órgano: tallo, parénquima aerífero en la médula. Especie: junco (*Juncus* spp). Técnica: corte en parafina y tinción con azul de metileno.

En esta imagen se observa el parénquima aerífero de un junco. Las células aparecen estrelladas y unidas sólo por alguna de sus paredes para crear un entramado espacial con multitud de espacios acelulares.