

Estudio de los tejidos para la caracterización de las plantas

Soledad Martín Gómez. Dolores Saco Sierra.

Departamento de Biología Vegetal II. Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense. Madrid.
martingo@farm.ucm.es mdsaco@farm.ucm.es

Resumen: la utilización de las plantas es muy diversa (como alimento, elaboración de bebidas, prevención y alivio de algunas enfermedades, aplicación industrial, biotecnología, etc.). En numerosas ocasiones sólo se emplea una parte de la planta y muchas veces, incluso, se presenta como material pulverizado. Por esta razón, es necesario conocer no sólo las características externas de la especie objeto de estudio, sino también la estructura del órgano utilizado y el tipo de células que lo integran (tejidos). Así, en el desarrollo de cualquier actividad en las que intervienen las plantas como materia prima, además de identificar la especie utilizada, será necesario conocer las características estructurales del órgano u órganos empleados, es decir, los tejidos que forman parte. Todo ello, permitirá un correcto uso de las plantas en sus diversas aplicaciones.

Palabras clave: Tejidos vegetales. Órganos vegetales. Diferenciación celular. Desdiferenciación celular. Meristemos. Parénquima. Colénquima. Esclerenquima. Xilema. Floema. Estructuras secretoras. Hojas. Tallo. Raíz. Flor. Fruto. Semilla

INTRODUCCIÓN

Los vegetales forman parte de nuestra vida cotidiana y sin ellos no se podría sobrevivir. Aunque las plantas son la principal **fente de alimento**, también tienen otras aplicaciones. En algunos casos se utilizan como ingredientes culinarios, como son las **plantas condimentarias**, por ejemplo la canela; en otros casos se emplean **directamente como bebidas**, como el té y el café que se obtienen a partir de diversas partes de la planta, pero también pueden ser utilizados para la **elaboración de distintos tipos de bebidas**. Así, en la obtención de bebidas alcohólicas, como el vino y la cerveza, se utilizan materiales vegetales ricos en azúcares, como la uva y la cebada, respectivamente. Además, desde la antigüedad, las plantas también se han utilizado para aliviar o curar enfermedades, como es el caso de las **plantas medicinales**, por lo que se les ha adjudicado propiedades terapéuticas y/o preventivas.

Por todo ello, en una planta objeto de estudio, es necesario conocer:

- El **componente** o **componentes químicos** responsables de su utilidad en los diferentes campos: alimentaria, farmacéutico, perfumero, etc. Estos pueden ser: **metabolitos primarios** (por ejemplo: sacarosa en la caña de azúcar, proteínas en la soja, aceite en el girasol, etc.) o **metabolitos secundarios** (heterósidos cardiotónicos en la digital, morfina en la adormidera, etc.). Cuando los metabolitos secundarios tienen una actividad farmacológica, se denominan **principios activos** y las plantas que los contienen reciben el nombre de **plantas medicinales**.
- La **parte de la planta de mayor localización** de esos compuestos específicos, es decir, **la droga vegetal**.

Sin embargo, no siempre se utiliza la planta completa, sino que sólo se emplea una parte de la misma (hojas, tallo, sumidad florida, etc.) e, incluso, en numerosas ocasiones se utiliza el material pulverizado. Por ende, será necesario conocer no sólo las características externas de la planta escogida, sino también su estructura, sin olvidar nunca su fisiología. Todas estas consideraciones permitirán realizar la recolección, de la planta completa o de la parte de la misma, en el momento de su máximo rendimiento, tanto a nivel del desarrollo vegetal como del mayor contenido de los metabolitos, primarios o secundarios.

Como se sabe, el crecimiento de los vegetales difiere del crecimiento de los animales. Así, la mayoría de los animales crecen en su juventud y cesan su desarrollo en la edad adulta, es decir, presentan un **crecimiento determinado** o **limitado**. Sin embargo, los vegetales presentan la capacidad de seguir creciendo mientras vivan, lo que se llama un **crecimiento indeterminado** o **ilimitado** ¿cuál es la razón? Ello se debe a la presencia de unas células **no especializadas** (indiferenciadas), que poseen la capacidad de división y de posterior especialización (diferenciación), son **las células meristemáticas**. El conjunto de estas células meristemáticas constituyen los **meristemas** (del término griego “*meristos*”, que significa “*dividido*”), que están presentes en todos los vegetales y permiten su crecimiento.

Durante el desarrollo de las plantas, las células meristemáticas se convierten en células especializadas o diferenciadas, que tienen estructuras y funciones específicas, y en los vegetales, las células tienen distintos grados de diferenciación. Esta especialización celular se inició, en un principio, por el paso de las especies de la vida acuática a la vida terrestre y, posteriormente, por su adaptación a las condiciones ambientales, lo que ha generado la formación de los **tejidos**, que se pueden definir como el conjunto de células cuyo origen, estructura y función son comunes, aunque a veces las características son diferentes. En determinadas ocasiones, una célula diferenciada puede recuperar el estado de célula meristemática, este proceso recibe el nombre de **desdiferenciación**.

En los vegetales se distinguen **dos tipos de tejidos**: **simple** (compuesto por un solo tipo de células) y **complejo** (formado por varios tipos de células). Estos tejidos se

organizan en unidades funcionales que son los **sistemas de tejidos**, que son continuos en el vegetal. En las plantas más evolucionadas se consideran **tres sistemas de tejidos**: **tejido dérmico**, **tejido vascular** y **tejido fundamental**. La integración de los tejidos ha dado lugar a la formación de los **órganos**, aunque siempre existe la relación **estructura-función**. La integración de los órganos forma el complejo morfológico y estructuras, es decir, el **cuerpo del vegetal** (Fig. 1). Los órganos vegetales, por la función que desempeñan en la planta, se pueden clasificar en:

- **Órganos vegetativos**: **raíz**, **tallo** y **hojas**, que constituyen el **cuerpo vegetal primario** (Figs.1 y 2).
- **Órganos reproductores**: **flores**, **frutos** y **semillas**. Estos órganos aparecen durante el estadio reproductor de la planta (Fig. 2).

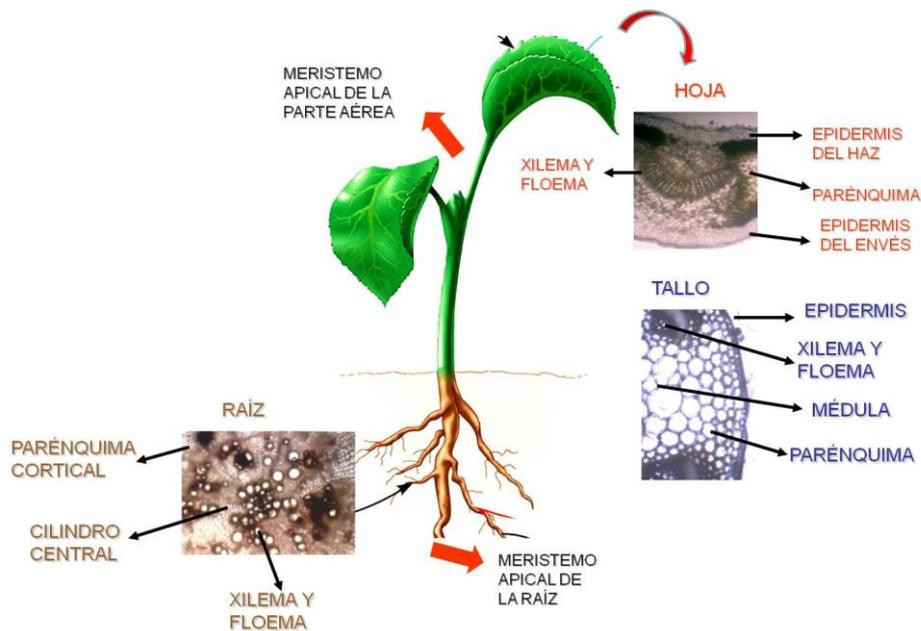


Figura 1. Organización del cuerpo de la planta.

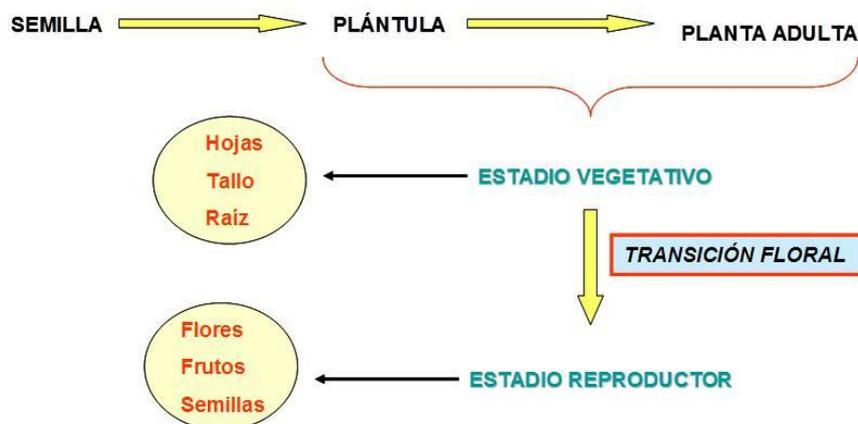


Figura 2. Estadios de desarrollo de la planta y aparición de los órganos.

Para el estudio de los tejidos, existen distintos criterios de clasificación: morfológico, citológico (simple y complejo), fisiológico (protector, fotosintético, etc.), continuidad topográfica (dérmico, fundamental y vascular), etc., pero se ha considerado conveniente realizar la descripción de los tejidos de acuerdo con la capacidad de división y del grado de diferenciación de las células que los integran. Por ende, en los vegetales se encuentran dos grupos de tejidos:

- Constituidos por células no diferenciadas, que poseen la capacidad de división y de diferenciación: **meristemos**.
- Constituidos por células diferenciadas, aunque, en algunas ocasiones y bajo determinadas condiciones, pueden recuperar la capacidad de división y de posterior diferenciación. De menor a mayor grado de especialización de sus células, los tejidos son los siguientes: **parénquima, colénquima, esclerénquima, epidermis y peridermis, floema y xilema, estructuras secretoras**.

Los Cormófitos son los vegetales más organizados. Estos son plantas vasculares y presentan todos los tejidos, aunque hay otras, como los musgos y otros Briófitos, que, aún siendo también vasculares, no presentan tantos tipos de células especializadas.

Con el perfeccionamiento de las técnicas microscópicas, se ha podido observar no sólo la organización de los vegetales, sino las características de su unidad elemental de estructura y de función, la **célula**. Por ello, las características anatómicas y fisiológicas de los tejidos derivan y, a la vez son consecuencia, de su citología. En la célula vegetal aparecen tres aspectos claves que la diferencian de la célula animal, y que son:

- La presencia de la pared celular como zona más externa.
- La existencia de los plastos como orgánulos de síntesis y almacenamiento.
- La presencia de la/s vacuolas como elemento fundamental en las regulaciones hídricas y en la compartimentación metabólica.

Basándose en estas características, se pueden establecer las diferencias entre la célula meristemática y la célula diferenciada. Las **células meristemáticas** son más pequeñas que las células ya diferenciadas. Debido a su función fundamental de división, presentan una mayor relación núcleo/citoplasma. Carecen de pared secundaria, sus vacuolas son más pequeñas y numerosas, tienen escasas sustancias de reserva y sus orgánulos están menos desarrollados (por ejemplo, proplastos en lugar de plastos). Los cambios estructurales y bioquímicos que se producen durante la diferenciación permiten obtener los demás tipos celulares que constituyen el cuerpo de la planta.

Al aumentar el grado de especialización, los distintos componentes celulares se van adaptando de acuerdo con la fisiología que tiene que desempeñar la nueva célula. Así, es frecuente que la pared celular pueda sufrir modificaciones en su estructura, que las vacuolas varíen su contenido, o que se originen diferentes tipos de plastos desde los proplastos de las células meristemáticas.

Las modificaciones que puede presentar la pared celular suelen constituir parte de las características citológicas de los tejidos vegetales adultos (Tabla 1).

MODIFICACIÓN	COMPUESTO QUÍMICO	FUNCIÓN	TEJIDO
Engrosamiento	Celulosa	Mayor consistencia	Colénquima Floema
Gelificación	Sustancias pécticas	Ablandamiento	Epidermis
Cutinización (cutícula y pruina)	Cutina y ceras	Protección. Impermeabilización	Epidermis
Suberificación	Suberina	Mayor consistencia Impermeabilización	Peridermis
Lignificación	Lignina	Mayor rigidez. Aislamiento	Esclerénquima Xilema
Mineralización	Sales minerales	Variada	Epidermis

Tabla 1. Modificaciones de la pared celular y tejido relacionado.

TEJIDOS

Meristemos

Permiten el crecimiento de las plantas. Las características citológicas que presentan son las siguientes (Fig. 3):

- Células vivas.
- Pared delgada.
- Plastos no diferenciados.
- Carecen de sustancias ergásticas (partes de la célula producidas por el protoplasto y que pueden originarse por nueva formación, por ejemplo: granos de almidón, cristales, etc.).
- Numerosas vacuolas.

Se clasifican en: [meristemos primarios](#) y [meristemos secundarios](#).

- **Meristemos primarios**

- ✓ Son los primeros que aparecen.

- ✓ Determinan el crecimiento longitudinal de la planta (parte aérea: tallo/hojas y raíz) (Fig. 1).
- ✓ A este grupo pertenecen los **meristemos apicales** y los **meristemos intercalares**.
- ✓
- **Meristemos secundarios**
 - ✓ Aparecen posteriormente.
 - ✓ Son los *Meristemos Laterales*.
 - ✓ Determinan el aumento de diámetro de los vegetales.
Hay dos tipos:
 - **Cambium vascular (cambium)**: determina el crecimiento del xilema y del floema.
 - **Cambium suberoso (felógeno)**: determina la aparición del **súber** o **corcho** (hacia el exterior) y del **tejido felodérmico** o **felodermis** (hacia el interior).El conjunto de: felógeno, súber y felodermis, constituye la **peridermis**.

Las células que integran los meristemos al poseer la capacidad de división y de diferenciación celular (especialización), permiten la formación de todos los tejidos (**Histogénesis**) y, posteriormente, la formación de los órganos (**Organogénesis**).

Sin embargo, los meristemos, además de permitir el crecimiento de las plantas, también presentan otras aplicaciones: propagación vegetativa (por ejemplo, reproducción de muchas plantas medicinales), micropropagación (cultivo de meristemos, de segmentos nodales, de yemas axilares, etc.), etc.

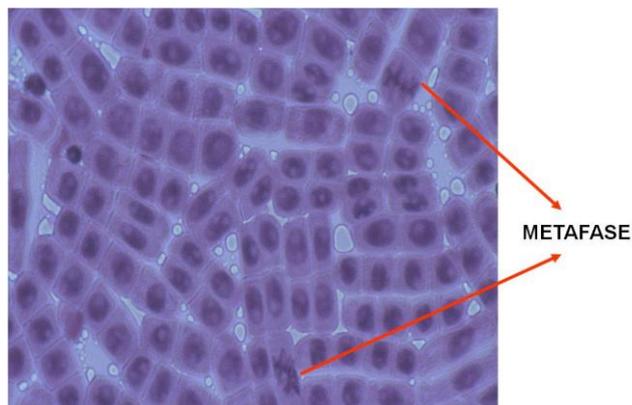


Figura 3. Células meristemáticas de *Allium cepa* L. en división.

Parénquima

También se conoce como **tejido fundamental**. Es un tejido simple (formado por un solo tipo de células) y filogenéticamente es el tejido más primitivo. Sus células están

poco diferenciadas y bajo determinadas condiciones pueden desdiferenciarse, recuperando la “características de células meristemáticas”.

Las características citológicas son las siguientes (Fig. 4):

- Células vivas de morfología y fisiología variable (fotosíntesis, reserva, etc.).
- Paredes delgadas y con numerosos plasmodesmos.
- Plastos diferenciados (leucoplastos, cloroplastos y cromoplastos).
- Vacuolas más grandes que en las células meristemáticas.

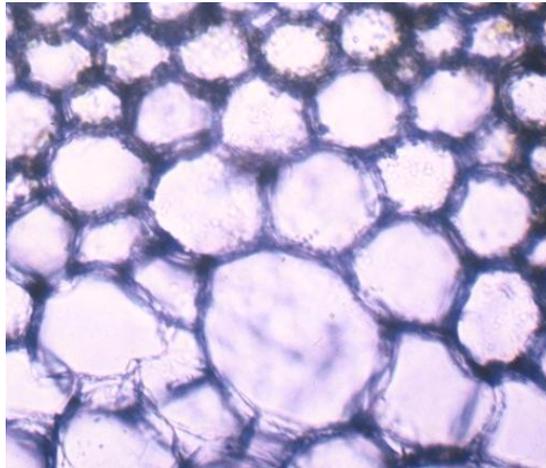


Figura 4. Células parenquimáticas (tallo de *Trifolium pratense* L.)

De acuerdo con los criterios de clasificación que se utilicen, existen distintas clases de parénquimas, los más característicos son los siguientes:

- **Parénquima clorofílico:** sus células contienen cloroplastos. Su mayor o menor desarrollo está relacionado con la luz. Por la disposición de sus células se puede denominar de la forma siguiente (Figs. 21 y 22).
 - ✓ En empalizada.
 - ✓ Lagunar.
- **Parénquima de reserva:** sus células contienen leucoplastos. Se desarrolla en zonas carentes de luz. Su denominación depende de la sustancia que acumulen sus células (Figs. 5 y 6):
 - ✓ Amilífero: con almidón.
 - ✓ Sacarífero: con sacarosa.
 - ✓ Inulífero: con inulina.
 - ✓ Oleífero: con sustancias grasas.
 - ✓ Etc.

- **Otros parénquimas**

- ✓ **Acuífero:** acumula agua (también puede considerarse de reserva). Es característico de las plantas xerofíticas y suculentas.
- ✓ **Aerífero:** constituye el aerénquima. Tiene grandes espacios intercelulares. Es característico de las plantas acuáticas (Fig. 7).

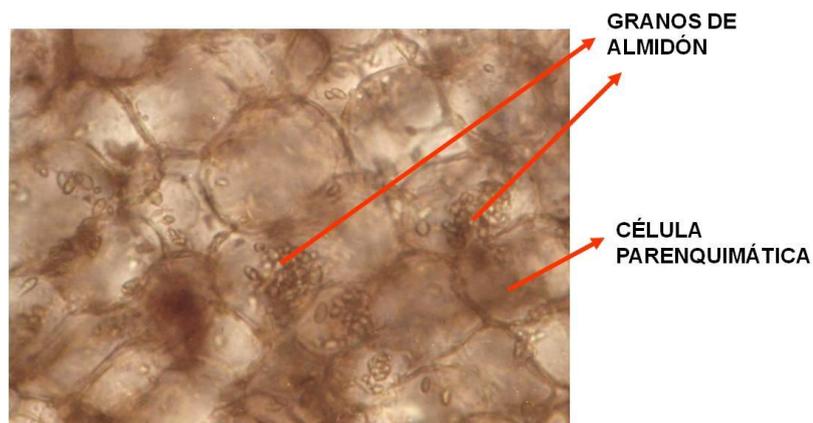


Figura 5. Parénquima amilífero.

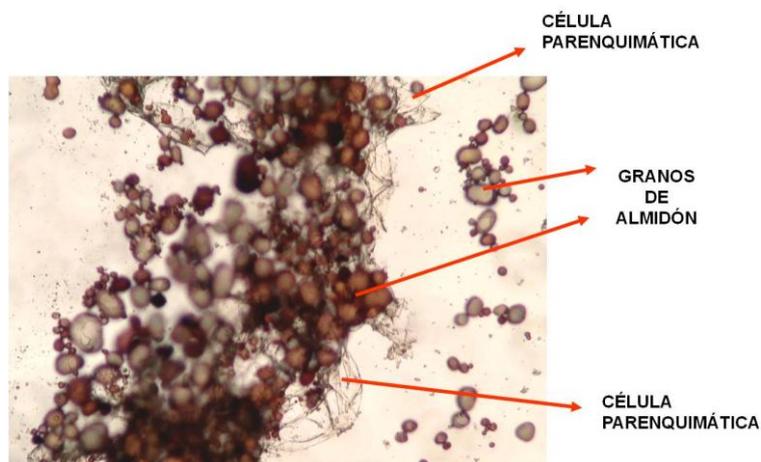


Figura 6. Parénquima amilífero teñido con lugol.

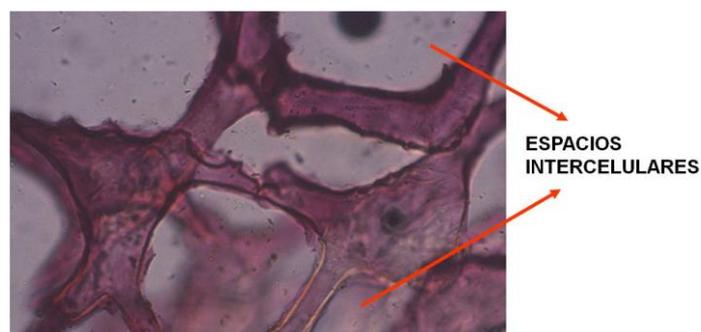


Figura 7. Parénquima aerífero de *Citrus* sp. Teñido con rojo de rutenio.

Por la posibilidad de desdiferenciación de sus células, las zonas de las plantas con un parénquima desarrollado, está relacionado con distintas aplicaciones como: propagación vegetativa (reproducción de muchas plantas medicinales mediante esquejes, acodos, injertos, bulbos, cormos, etc.), la micropropagación (que permite el rejuvenecimiento de las especies, obtención de metabolitos secundarios, etc.), etc.

Colénquima

Es un tejido que realiza una función mecánica. Es un tejido simple que está formado por células vivas con paredes engrosadas por celulosa (Tabla 1). Debido al carácter plástico de las paredes de las células que lo integran, permite el alargamiento del órgano donde se encuentre (generalmente se presenta en hojas y tallos) (Fig. 8).

Según el engrosamiento de la pared, existen distintos tipos de colénquima.

- **Colénquima laminar:** por ejemplo, en *Rhamnus* sp., *Sambucus* sp., etc.
- **Colénquima angular:** por ejemplo, en *Ficus* sp., *Cannabis* sp., *Beta* sp., *Vitis* sp., etc.
- **Colénquima lagunar:** por ejemplo, en *Malva* sp., *Salvia*, sp., *Althaea* sp., etc.
- **Colénquima anular:** es evolución de los anteriores.

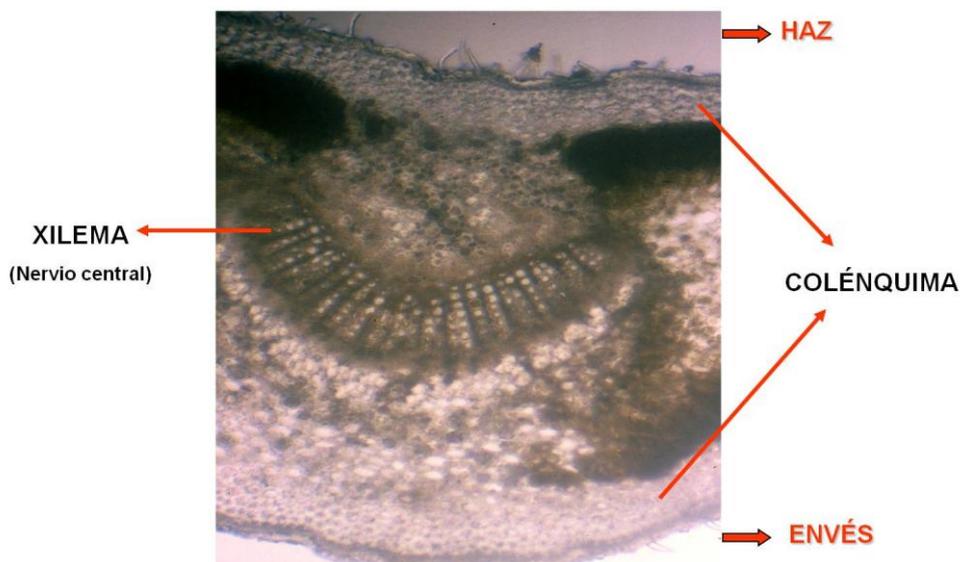


Figura 8. Colénquima (corte transversal de una hoja de *Nerium oleander* L.)

Esclerénquima

Realiza una función mecánica. Es un tejido simple. Está formado por células muertas con paredes lignificadas (Tabla 1). Según la morfología celular se diferencian dos tipos de células, **fibras** y **esclereidas** (Fig. 9).

Las **fibras** son células alargadas que se encuentran formando cordones, casquetes vasculares y en el xilema/floema. Las **esclereidas** son células que se encuentran frecuentemente en frutos y semillas, dan más rigidez que las fibras. De acuerdo con la forma y el tamaño hay varios tipos de esclereidas, de lo que se deriva su **importancia taxonómica** (Fig. 9). Los tipos de esclereidas son los siguientes:

- **Braquiesclereidas** (Células pétreas): son semejantes a las células parenquimáticas. Se pueden encontrar en corteza, tallo, frutos, etc.
- **Macroesclereidas**: son células alargadas. Se pueden encontrar en la epidermis de las semillas.
- **Osteoesclereidas**: son semejantes a un hueso. Se pueden encontrar en hojas y cubiertas de las semillas.
- **Astroesclereidas**: presentan ramificaciones. Se pueden encontrar en las hojas.
- **Esclereidas filiformes**: son semejantes a las fibras.
- **Tricoesclereidas**: son semejantes a los pelos.
- **Otras formas.**



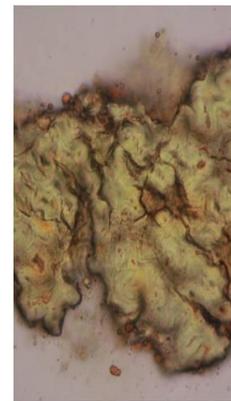
FIBRA
(Corteza de canela)



CÉLULA PÉTREA
(Corteza de canela)



ASTROESCLEREIDA
(Hoja de té)



ESCLEREIDA
(Pimentón)

Figura 9. Algunos tipos de células del esclerénquima.

Epidermis

Es un tejido protector, presente en los órganos con crecimiento primario. En la raíz se llama **rizodermis**. Es un tejido complejo que está formado por varios tipos de células de morfología y de fisiología variable (Fig. 10):

- **Células epidérmicas** (en la parte aérea y en la raíz).
- **Estomas** (en la parte aérea).
- **Tricomatos** o **pelos** (en la parte aérea).
- **Pelos absorbentes** (en la raíz).

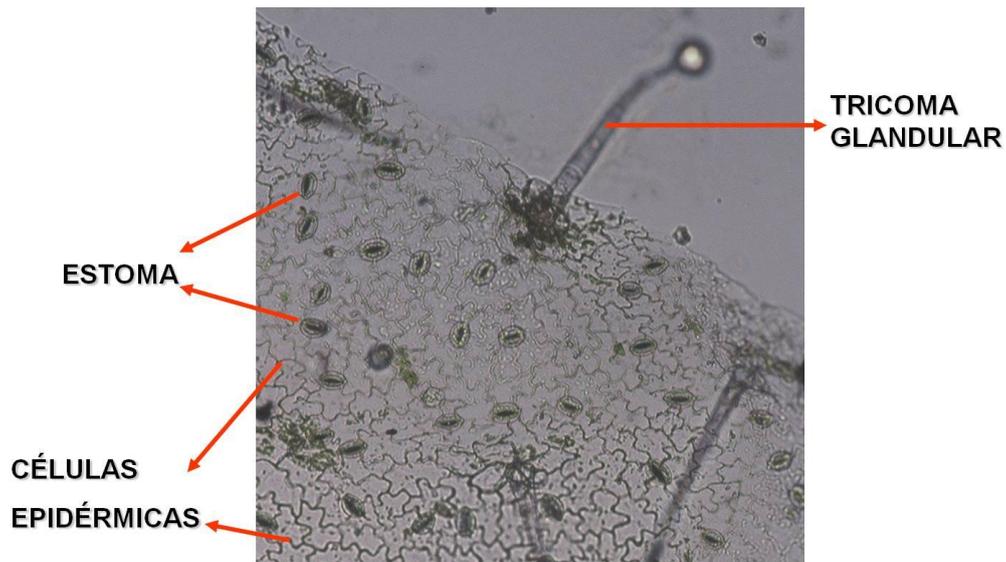


Figura 10. Células de la epidermis de *Geranium sp.*

Células epidérmicas de la parte aérea

Son células vivas que carecen de sustancias ergásticas. Las paredes celulares normalmente están modificadas con cutina, formando la **cutícula** (Fig. 11), aunque también pueden presentar otras sustancias modificadoras de la pared: sales minerales, mucílagos, lignina, etc. (Tabla 1).

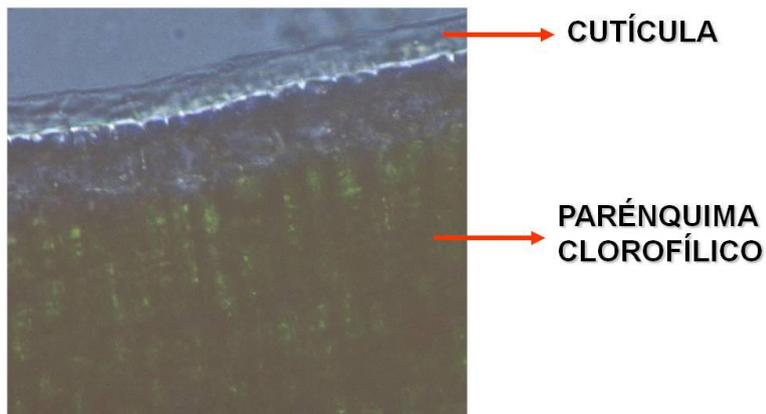


Figura 11. Desarrollo de la cutícula en una hoja de *Ilex aquifolium L.*

Sus células tienen proplastidios o leucoplastos. La morfología es variable y con escasos espacios intercelulares (Figs. 10, 12, y 13). La epidermis puede ser uniestratificada o pluriestratificada (Fig. 22). La función de las células epidérmicas es muy variada: protección, transpiración cuticular, reproducción, secreción, etc.

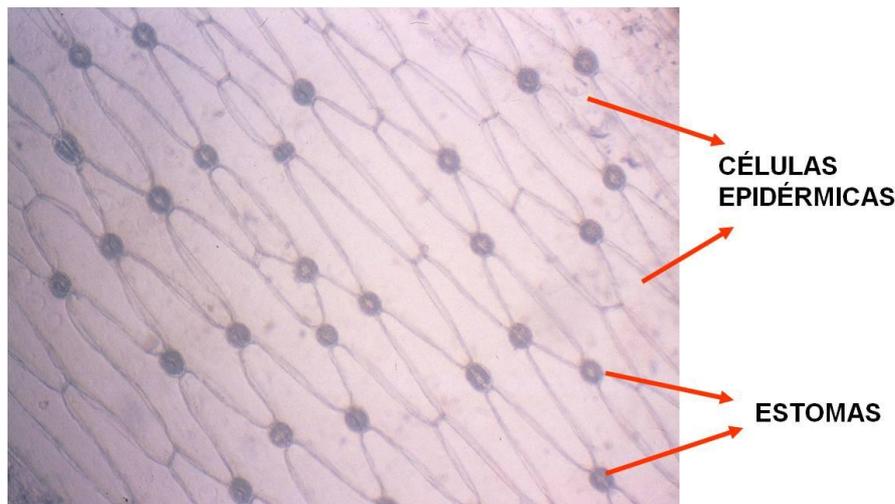


Figura 12. Células epidérmicas y estomas en hoja de *Iris germanica* L.

Estomas

Se consideran células epidérmicas modificadas. Son células vivas que se encuentran en la superficie de los órganos aéreos se pueden encontrar al mismo nivel de las células epidérmicas, sobre ese nivel o por debajo del nivel de las citadas células, como es el caso de las criptas estomáticas (Fig. 22). Los estomas están formados por dos células (células oclusivas o estomáticas) con forma arriñonada o forma de hueso, que contienen cloroplastos y entre ellas se encuentra el ostiolo (Figs. 10, 12 y 13). Las células oclusivas están rodeadas por las células anejas o células subsidiarias (Fig. 13).

Según las características de las células subsidiarias, hay distintos tipos de estomas, por lo que tienen **importancia taxonómica** (Fig. 13). Los tipos de estomas son los siguientes:

- **Anomocítico:** las células anejas no se diferencian de las otras células epidérmicas. Por ejemplo, en *Papaver bracteatum*, *Digital* sp., Ranunculáceas, etc.
- **Anisocítico:** con tres células anejas, una de ellas es de mayor o menor tamaño que las otras. Por ejemplo, en *Nicotiana* sp., *Solanum* sp., *Hyoscyamus* sp., *Atropa*, sp., Crucíferas, etc.
- **Paracítico:** con dos células anejas dispuestas de forma paralela al eje mayor de las células oclusivas. Por ejemplo, en *Phaseolus* sp., *Ononis* sp., *Arachis* sp., *Casias* sp., etc.
- **Diacítico:** con dos células anejas dispuestas de forma perpendicular al eje mayor de las células oclusivas. Por ejemplo, en Aromáticas.

La función principal de los estomas es la realización del intercambio gaseoso (transpiración, fotosíntesis, respiración).

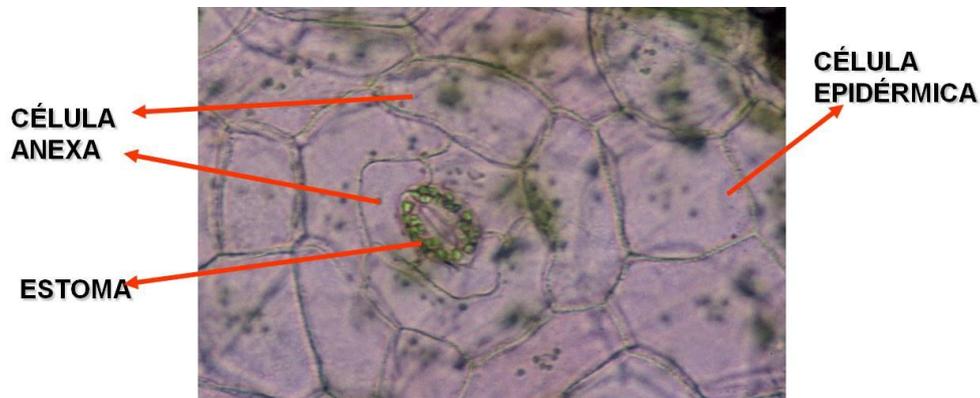


Figura 13. Estoma anisocítico.

Tricomas (pelos) de la parte aérea

Se consideran células epidérmicas modificadas. Constituyen la “epidermis pilífera o pilosa”, dando lugar a una “epidermis pubescente o lanosa”. Su estructura puede cambiar con la edad. Pueden ser células vivas. Pueden ser unicelulares o pluricelulares. También pueden formar masas (verrugas) y emergencias (formadas por tejidos epidérmicos y subepidérmicos). Debido a sus características, pueden tener **valor taxonómico**. La función de los tricomas es muy variada, depende de sus características: tectora (epidermis pilífera), secretora (pelos glandulares), defensa, etc.

Los tricomas se pueden clasificar de diferentes formas. En este caso se ha seguido el criterio “ausencia o presencia de glándula” (Fig. 14). Por ello, la clasificación es la siguiente:

- **Pelos no glandulares**
 - ✓ **Unicelulares:** en grupo, forma de T, etc.
 - ✓ **Pluricelulares:**
 - Uniseriados: una fila de células.
 - Biseriados: dos filas de células.
 - Multiseriados: varias filas de células
 - Otras formas: peltados, candelabro, estrellados, etc.
- **Pelos glandulares**
 - ✓ Les caracteriza el pedúnculo y la cabeza.
 - ✓ Secretan néctar, terpenos, soluciones salinas, etc.

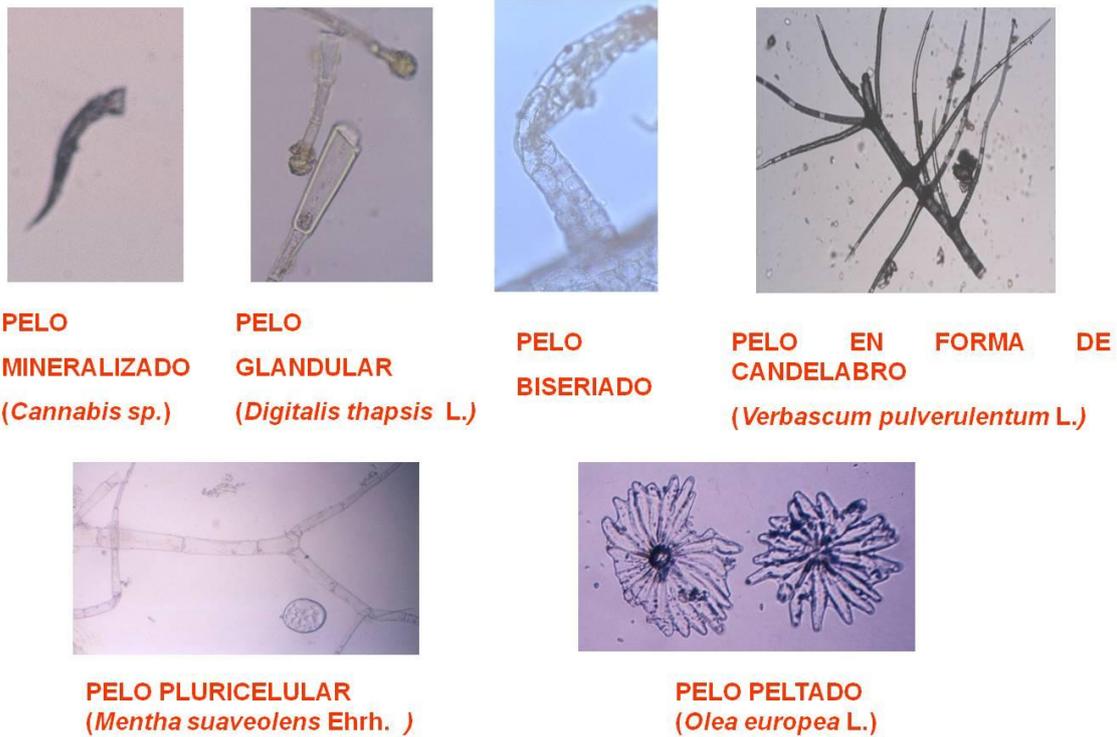


Figura 14. Algunos tipos de tricomas.

Peridermis

Está formada por: felógeno, súber y felodermis. Este tejido reemplaza a la epidermis cuando hay un aumento de diámetro. Se origina a partir del felógeno. El súber o corcho está formado por células muertas, con paredes suberificadas (Tabla 1 y Fig. 15). Las características morfológicas de la corteza dependen de los tejidos que las forman, de su modo de crecimiento o donde se forma el felógeno. Puede tener un valor taxonómico.

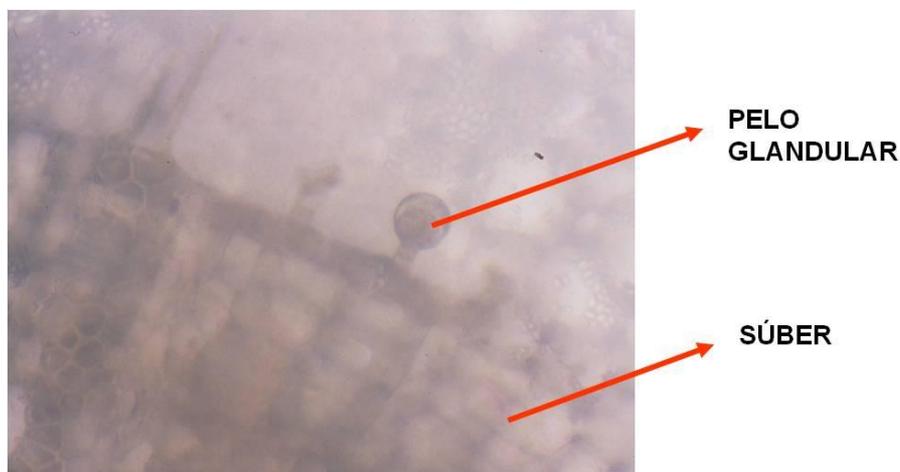


Figura 15. Súber en tallo de *Geranium sp.*

Xilema

Es el tejido encargado de conducir el agua y las sales minerales. En el tallo y en la hoja está asociado al floema formando los **haces vasculares** (Figs. 1, 17, 21, 24 y 25)). En la raíz con crecimiento primario forma un cuerpo central (Fig. 26).

Es un tejido complejo que está formado por los siguientes componentes:

- **Elementos conductores** (son células muertas con las paredes lignificadas) (Tabla 1).
 - ✓ **Traqueidas**: características de las Gimnospermas.
 - ✓ **Vasos**: característicos de las Angiospermas. Según el depósito de lignina pueden ser: anulares o anillados, helicoidales o espiralados, escaleriformes, reticulados, etc. (Fig. 16).
- **Fibras**
- **Células parenquimáticas**

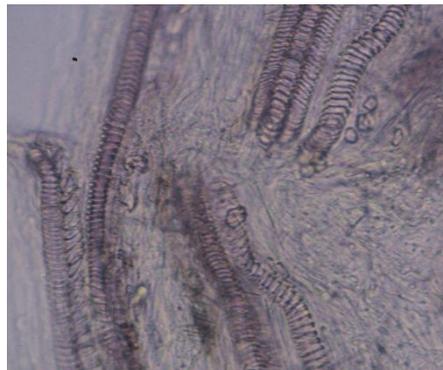


Figura 16. Vasos espiralados y/o anillados.

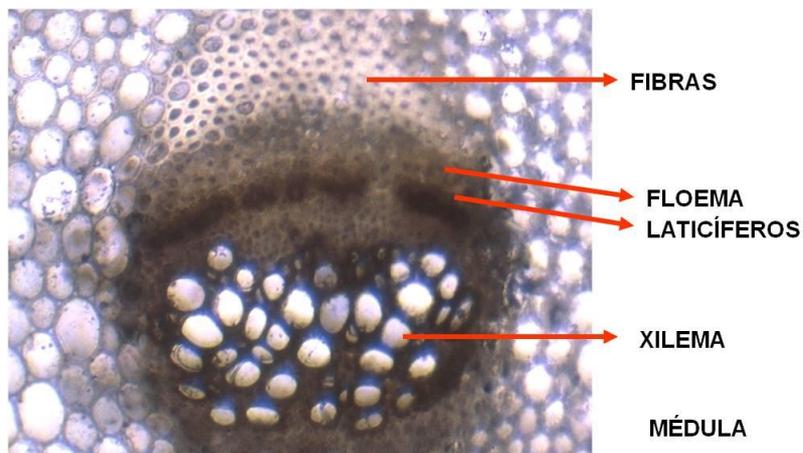


Figura 17. Detalle de una haz vascular de *Papaver bracteatum* Lindl.

Floema

La función de este tejido es la conducción de los fotoasimilados. Al igual que el xilema, en el tallo y en la hoja está formando los **haces vasculares** (Figs. 1, 17, 21, 24 y 25). Es un tejido complejo que está formado por los siguientes componentes:

- **Elementos conductores** (son células vivas con numerosos plasmodesmos).
 - ✓ **Células cribosas**: características de las Gimnospermas.
 - ✓ **Tubos cribosos**: característicos de las Angiospermas. Presentan placas cribosas (Fig. 18).
- **Fibras**
- **Células parenquimáticas**

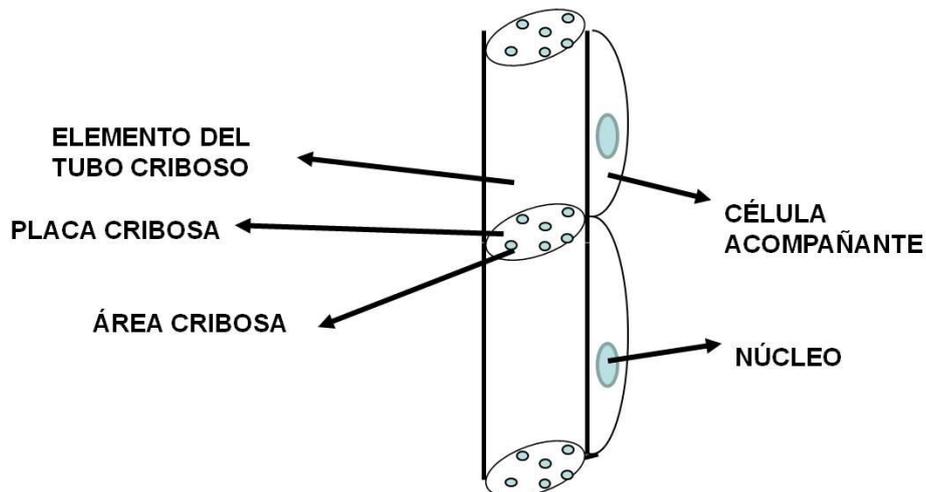


Figura 18. Esquema de un tubo criboso.

Estructuras secretoras

Por las actividades que desarrollan, son estructuras muy específicas. Se pueden considerar como células parenquimáticas muy especializadas. Según sus características, se pueden clasificar de la forma siguiente:

- **Estructuras secretoras externas**
 - ✓ **Tricomas y glándulas**.
 - ✓ **Osmóforos**: son unas glándulas especiales (Fig. 19).
 - ✓ **Nectarios**: también se consideran glándulas.
 - ✓ **Hidatodos**: eliminan agua líquida en un proceso denominado **gutación** (Fig. 20).

- **Estructuras secretoras internas**

- ✓ **Células secretoras:** oleíferas, cristalíferas, taníferas, etc.
- ✓ **Espacios secretores** o **cavidades secretoras:** en pinos, eucaliptos, cítricos, etc. (Fig. 21).

- **Laticíferos** (también se consideran estructuras secretoras internas). Estas estructuras están constituidas por células vivas plurinucleadas, y se caracterizan porque contienen látex. Están distribuidos por toda la planta, identificando su localización mediante las sustancias que transportan (por ejemplo, en las Papaveráceas se identifican los alcaloides) (Fig. 17). Se clasifican en:

- ✓ **Articulados** (Compuestos)
- ✓ **No articulados** (Simples): son las células laticíferas.

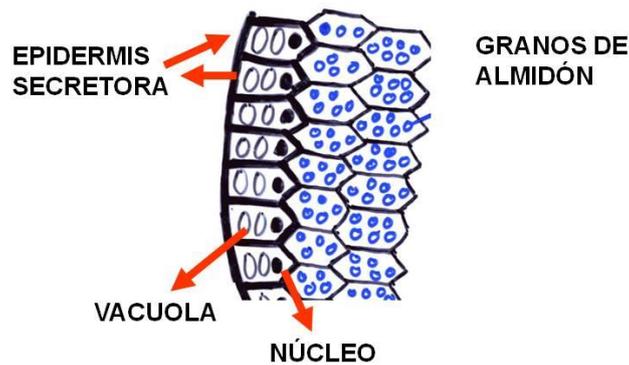


Figura 19. Esquema de un osmóforo.

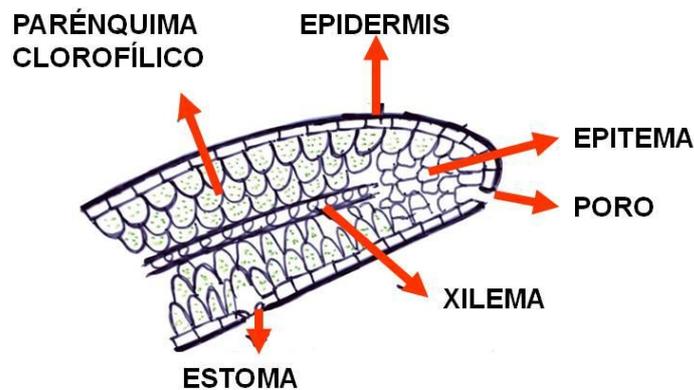


Figura 20. Esquema de un hidatodo.

ÓRGANOS

Hojas

Es el órgano fotosintético y morfológicamente es el órgano más variable. Su estructura a veces depende de su hábitat y también puede estar relacionada con la función que desempeña este órgano. Presenta los siguientes tejidos (Figs. 1, 21 y 22):

- **Epidermis**
 - ✓ Cutícula: su grado de desarrollo depende del hábitat.
 - ✓ Con estomas en ambas caras: [hoja anfistomática](#).
 - ✓ Con estomas en el haz: [hoja epistomática](#).
 - ✓ Con estomas en el envés: [hoja hipostomática](#).
- **Mesófilo**
 - ✓ Homogéneo: un tipo de parénquima clorofílico.
 - ✓ Heterogéneo: varios tipos de parénquima clorofílico. Según su disposición, puede ser: [simétrico](#) y [asimétrico](#).
- **Xilema y floema**
 - ✓ Forman los haces vasculares.
 - ✓ Pueden estar rodeados por fibras.
- **Estructuras secretoras**

En hojas pulverizadas puede aparecer: epidermis con estomas, células parenquimáticas, vasos, pelos, cristales, glándulas, fibras, etc.

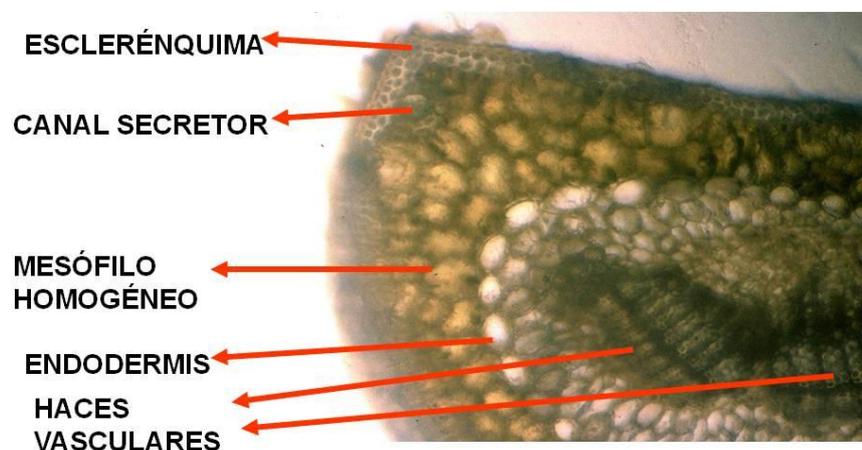


Figura 21. Estructura de hojas con mesófilo homogéneo.

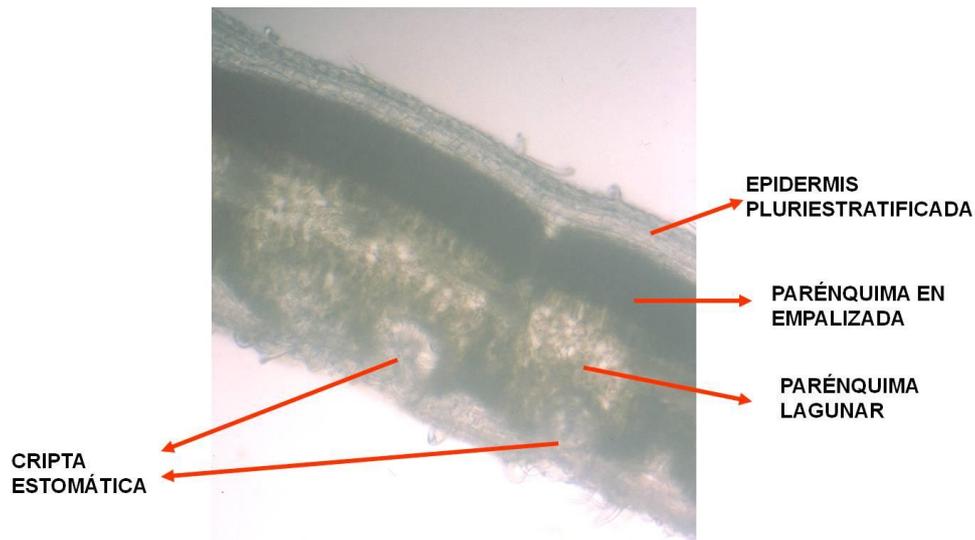


Figura 22. Estructura de hojas con mesófilo heterogéneo asimétrico (*Nerium oleander* L.).

Tallo

Junto con las hojas forma el vástago. Presenta nudos y entrenudos. Las funciones principales son la conducción y el soporte, aunque también puede tener una función de reserva. En ocasiones pueden presentar modificaciones, como son los zarcillos, las espinas caulinares, etc. Existen distintos tipos de tallos.

- **Aéreos**
- **Subterráneos** (Fig. 23)
 - ✓ Rizomas.
 - ✓ Tubérculos.
 - ✓ Bulbos.
 - ✓ Cormos.
- **Trepadores**
- **Rastreros**

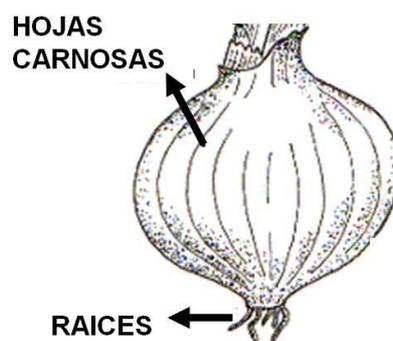


Figura 23. . Esquema de un bulbo de cebolla.

El tallo, al igual que todos los órganos, presentan los mismos tejidos, la estructura que presenta está estrechamente relacionada con la función que desempeña en la planta. Puede presentar estructura primaria o secundaria, depende del crecimiento del órgano, pero en ambos casos presenta (Figs. 1 y 24):

- **Tejido protector**

- ✓ **Epidermis:** en tallos con crecimiento primario.
- ✓ **Peridermis:** en tallos con crecimiento secundario.

- **Cilindro cortical (córTEX) con los tejidos siguientes:**

- ✓ **Parénquima cortical:** según el tipo de tallo puede ser clorofílico, de reserva, aerénquima, etc.
- ✓ **Colénquima:** según el tipo de tallo.
- ✓ **Esclerénquima:** según el tipo de tallo.

- **Cilindro central**

- ✓ **Xilema/ floema.** Está formando los haces vasculares (Fig. 25), que pueden ser: colaterales, bicolaterales o concéntricos (anficribales y anfigasales).
- ✓ **Parénquima medular** o **médula:** es un parénquima de reserva.

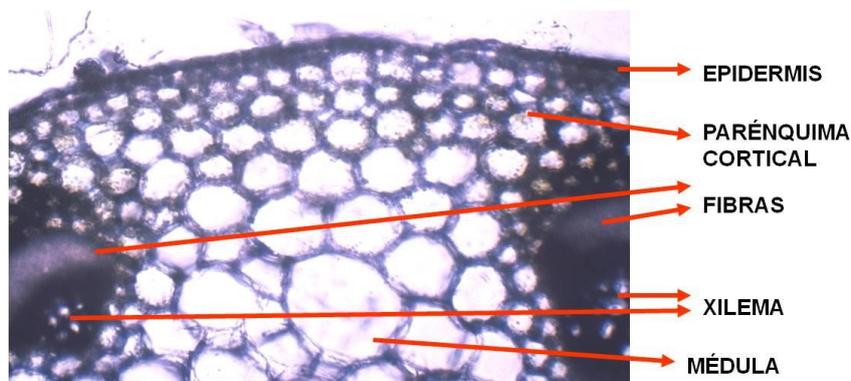


Figura 24. Estructura de un tallo con crecimiento primario (*Trifolium pratense* L.).

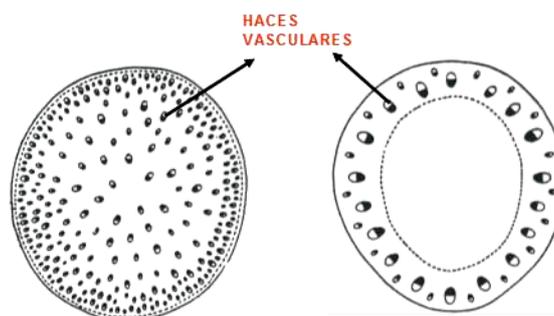


Figura 25. Disposición de los haces vasculares en algunas especies.

Este órgano puede estar estrechamente relacionado con la propagación vegetativa de algunas plantas medicinales.

Raíz

Es el órgano de sujeción de la planta al suelo y el órgano de absorción. La variabilidad morfológica y la estructura, normalmente está relacionada con la especie y con la función: reserva, suculenta, aéreas, trepadoras, etc. La organización estructural de este órgano es la siguiente (Fig. 1):

- **Exodermis:** sustituye a la epidermis (rizodermis con pelos absorbentes)
- **Cilindro cortical, córtex o corteza,** con los tejidos siguientes:
 - ✓ **Parénquima cortical:** de reserva.
 - ✓ **Endodermis:** con la Banda de Caspary (banda de suberina).
 - ✓ **Periciclo:** células con actividad meristemática que da origen a las raíces laterales.
- **Cilindro central o vascular,** con los tejidos siguientes (Figs. 1 y 26):
 - ✓ **Xilema/ Floema:** Durante el crecimiento primario el xilema forma un cuerpo central, de **valor taxonómico**. Según el número de grupos de xilema: **raíz diarca, triarca, tetrarca y poliarca** (Fig. 27).
 - ✓ **Parénquima medular o médula:** puede ser inexistente.

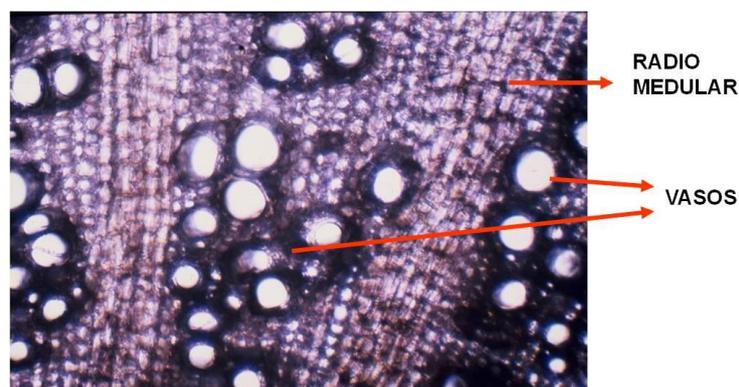


Figura 26. Raíz de *Verbascum pulverulentum* L.: sección transversal.

En ocasiones pueden establecerse algunas asociaciones entre las raíces de las plantas y otros organismos, como son las siguientes:

- **Nódulos radicales:** Planta + organismos fijadores (Fig. 28).
- **Micorrizas:** la asociación se establece con un hongo pero sin síntomas

patológicos. En este caso el hongo puede estar alrededor de las células de la raíz, como son las **ectomicorrizas** o penetrar en su interior, como es el caso de las **endomicorrizas**.

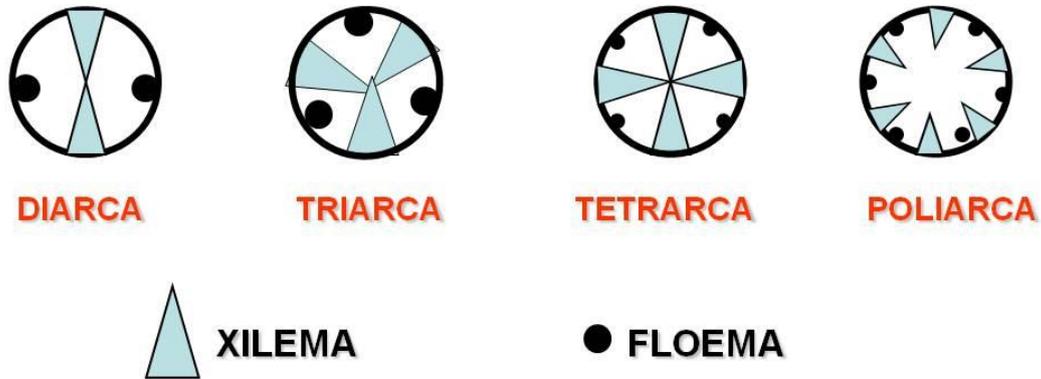


Figura 27. Disposición del xilema primario en la raíz.

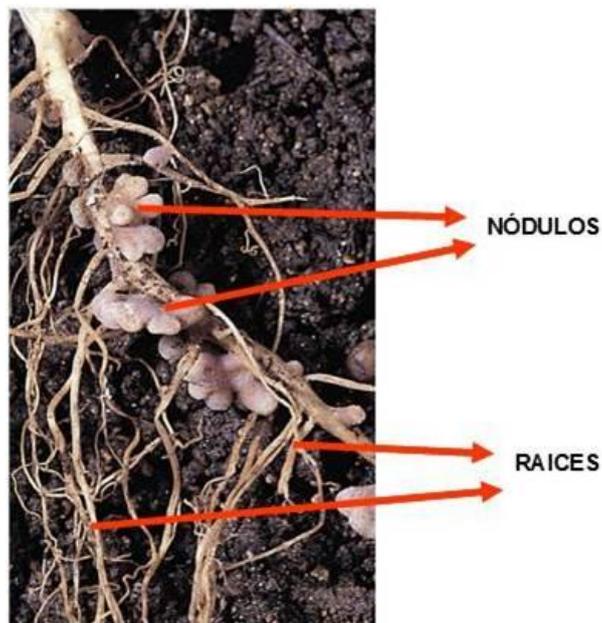


Figura 28. Nódulos.

Flor

Presenta los tejidos descritos en otros órganos, manteniendo, como se ha indicado, la relación **estructura- función**. Presenta los siguientes componentes (Fig. 29):

- **Pedúnculo:** con una estructura semejante al tallo.

- **Receptáculo floral (tálamo)**, donde se insertan las piezas florales:
 - ✓ **Estériles**
 - **Sépalos** (verdes): constituyen el cáliz.
 - **Pétalos** (coloreados): constituyen la corola.
 - ✓ **Fértiles**
 - **Estambres**: forman el **androceo**.
 - **Carpelos**: consta de ovario, estilo y estigma. Forman el **gineceo**.

En las flores pulverizadas se pueden encontrar: el pedúnculo (con tejidos similares a los del tallo), epidermis con estomas, pelos glandulares, granos de polen, esclereidas, etc.



Figura 29. Estructura de una flor.

Frutos

Son las flores o partes de la flor o inflorescencias que albergan las semillas hasta su madurez. Según su estructura depende la dispersión seminal. Este órgano procede del ovario de la flor. Globalmente se denomina **pericarpo** y tiene tres capas: **epicarpo** (**exocarpo**), **mesocarpo** y **endocarpo** (Fig. 30).

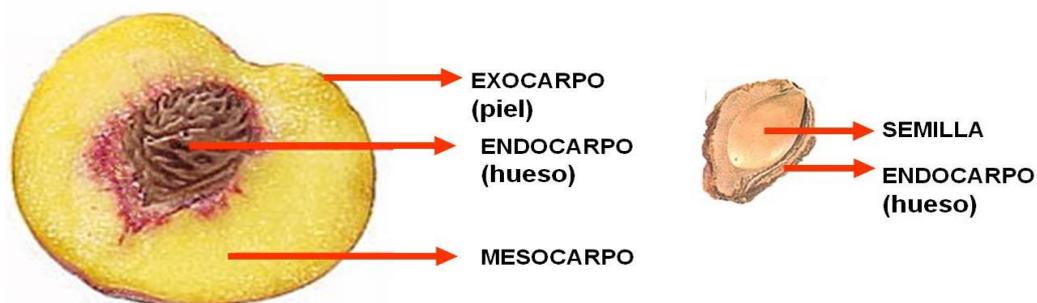


Figura 30. Características del un fruto (drupa).

El criterio principal de clasificación es por la dureza de su pared (epicarpo), aunque existen otros criterios. En base a este criterio, se establecen dos grupos:

- **Frutos secos:** dehiscentes, indehiscentes y esquizocárpicos.
- **Frutos carnosos:** baya, drupa, agregados, pomo.

Los tejidos que constituyen los frutos son semejantes a los descritos en otros órganos:

- **Pericarpo:** procede de la pared del ovario, está delimitado por la epidermis (recuerda a la hoja).
- **Tejido fundamental:** parénquima, parénquima/ esclerénquima (recuerda al mesófilo de la hoja).
- **Estructuras secretoras:** en numerosas plantas medicinales.
- **Haces vasculares**

Los frutos carnosos se caracterizan por presentar mucho parénquima, endocarpo duro con esclereidas (por ejemplo el fruto en drupa), o cartilaginoso (como el fruto en pomo), etc. Los frutos secos se caracterizan por presentar un exocarpo con epidermis de paredes gruesas, el mesocarpo rico en parénquima, etc. En ocasiones pueden tener un **valor taxonómico** (Tabla 2).

<u>TIPO DE FRUTOS</u>	<u>ESPECIES</u>
AQUENIO	Malva, girasol, cardo mariano, etc.
CÁPSULA	Adormidera, beleño, estramonio, hipérico, etc.
ESQUIZOCARPO	Umbelíferas
BAYA	Belladona, enebros, zarza, arándanos, rutáceas, etc.
HESPERIDIO (Baya)	Citricos
DRUPA	Oliva, ciruela, etc.
FOLÍCULO	Acónito, estrofantos, etc.
LEGUMBRE	Sen, judía, etc.

Tabla 2. Tipos de frutos característicos de algunas especies.

Semillas

Es la forma de reproducción sexual que adoptan las plantas más evolucionadas. Se originan a partir de los óvulos y presentan las siguientes características (Fig. 31):

- **Testa:** es la cubierta externa. Las paredes de sus células pueden estar modificadas. Por ejemplo, las semillas de *Plantago* sp. tienen membrana mucífera (de ahí su interés farmacéutico).
- **Tegmen :** es la cubierta interna.
- **Sustancias de reserva:** **endospermo** (en las Monocotiledóneas) y **cotiledones** (en las Dicotiledóneas, que presentan semillas “no endospérmicas”).
- **Embrión**

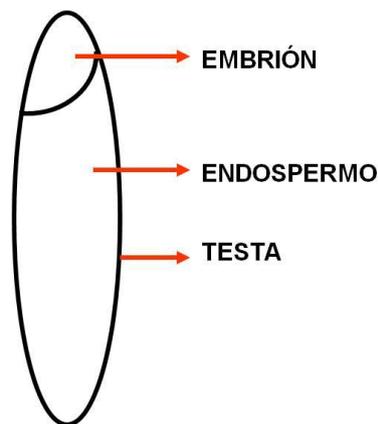


Figura 31. Esquema de una semilla de *Hordeum vulgare* L. (planta monocotiledónea).

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2ª ed. McGraw-Hill/ Interamerican, S.A.U. & Edicions Universitat de Barcelona. Madrid & Barcelona.
- Campbell, N.A. y Reece, J.B. 2007. *Biología*, 7ª ed., Ed. Médica Panamericana, Madrid.
- Evert, R. F. 2008. *Esau Anatomía vegetal*. 3ª ed. Ediciones Omega. Barcelona.
- Fahn, A. 1985. *Anatomía Vegetal*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Nabors, M.W. 2006. *Introducción a la Botánica*. Ed. Pearson Education, Madrid.

Paniagua, R.; Nistal, M.; Sesma, P.; Álvarez-Uría, M.; Fraile, B.; Anadón, R. y Sáez, F.J. 2007. *Citología e Histología Vegetal y Animal. Biología Celular*. 4ª ed. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.

Raven, P.H.; Evert, R.F. y Eichorn, S.E. 2005. *Biology of Plants*, 7ª ed, W.H. Freeman and Company, New York.

Taiz, L. y Zeiger, E. 2010. *Fisiología Vegetal*. Publicacions de la Universitat Jaume I.

Recibido: 4 junio 2012.

Aceptado: 23 noviembre 2012.