

Histología 4: Sistema Fundamental 1

Subunidad A: Los Parénquimas

- Estructura y contenido de sus células.
- Clasificación.

Subunidad B: Los tejidos de sostén.

- Colénquima: estructura, tipos y distribución en la planta.
- Esclerénquima: fibras y esclereidas, estructura de esas células y distribución en la planta. Utilización de las fibras.

Organización interna de las plantas superiores

Sistema hístico	Tejido	Función	Características	Tipo celular
	Meristema	crecimiento por división celular	paredes 1º, núcleo grande	células meristemáticas
Dérmico	Epidermis	protección de partes verdes	pared 1º, la externa con cutina.	células epidérmicas propiamente dichas, cél. especializadas: tricomas, estomas, etc.
	Peridermis	protección del cuerpo secundario	diversos tipos celulares	formado por súber, felógeno y felodermis
Vascular	Xilema	transporte de agua y sales	tejido complejo	traqueidas, elementos de vasos, fibras y cél. parenquimáticas
	Floema	transporte de productos fotosintéticos	tejido complejo	Células cribosas, elementos de tubos cribosos, fibras, y cél. parenquimáticas
Fundamental	Parénquima	procesos del metabolismo: fotosíntesis, respiración, almacenaje y conducción a corta distancia, etc.	Paredes 1º o 1º y 2º Células vivas a la madurez	Células parenquimáticas
	Colénquima	sostén en órganos en crecimiento	Pared 1º, desigualmente engrosada	Colénquima angular, lamelar y lagunar
	Esclerénquima	sostén	Pared 1º y 2º, generalmente lignificada	Fibras y esclereidas

Parénquima

El **parénquima** constituye el **tejido fundamental** en varios aspectos:

- **Filogenético:** precursor de los otros tejidos; las **primeras plantas** constituidas por verdaderos tejidos estaban compuestas **sólo de parénquima**.
- **Ontogenético:** es el **tejido más primitivo**, sus células son las más parecidas a las embrionarias.
- **Fisiológico:** es el asiento de actividades esenciales para la planta tales como **fotosíntesis, respiración y almacenamiento**.

Parénquima

constituido por células:

- vivas,
- generalmente bien vacuoladas,
- fisiológicamente complejas,
- en general con paredes primarias,
- poco diferenciadas, capaces de reanudar la actividad meristemática. A esta capacidad deben las plantas la posibilidad de cicatrizar las heridas, regenerar tejidos, y formar nuevos vástagos y raíces adventicias.

Parénquima

ORIGEN:

- Los **parénquimas localizados en el cuerpo primario** de la planta (fundamental, clorofiliano, reservante) se diferencian **a partir del meristema fundamental**.
- El **parénquima asociado a los tejidos de conducción** primarios y secundarios se origina respectivamente a partir del **procámbium y del cámbium**.
- El **parénquima reservante** que constituye el **endosperma de las semillas** se origina en la **doble fecundación**
- El parénquima que constituye la **felodermis** en los tejidos de protección secundarios de tallo y raíz es originado por el **felógeno**.

Parénquima: origen

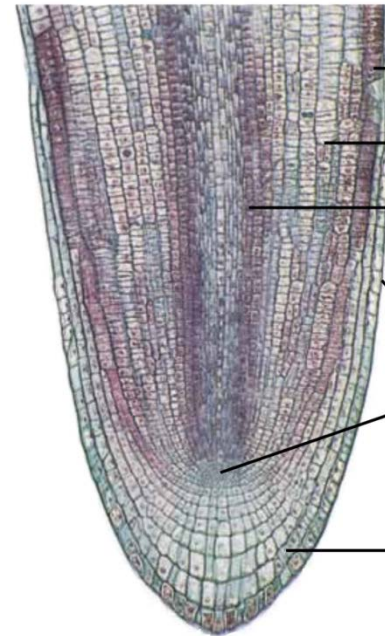
ÁPICE CAULINAR



Primordio foliar
Promeristema del tallo
Primordio de yema axilar
Meristema fundamental
Procambium
Protodermis

Syringa vulgaris "lila"

ÁPICE RADICAL



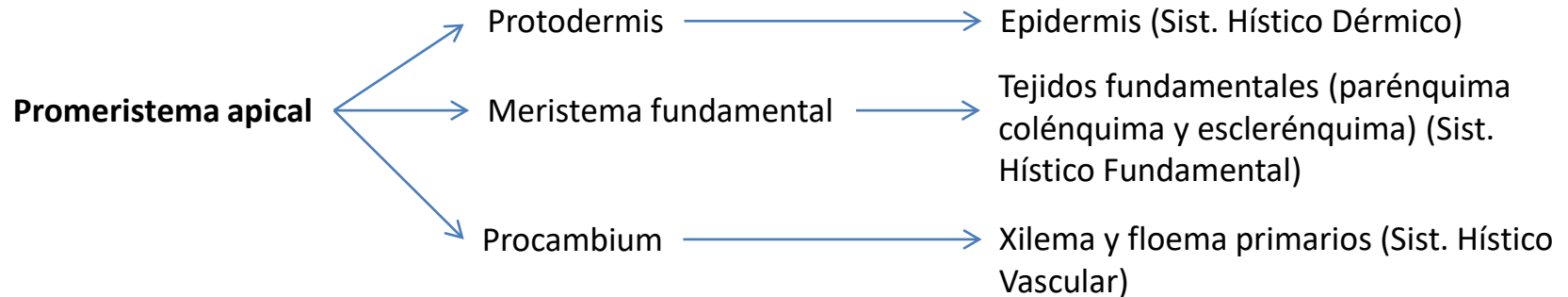
Protodermis
Meristema fundamental
Procambium
Promeristema radical
Caliptra

Raphanus sativus "rabanito"

Evert & Eichhorn 2013

Meristemas primarios

Tejidos primarios



Parénquima

CLASIFICACIÓN: de acuerdo con su función **6 tipos:**

1. P. Fundamental
2. P. Clorofiliano
3. P. Reservante
4. P. Acuífero
5. P. Aerenquimático
6. P. Asociado a los tejidos de conducción

1. Parénquima fundamental

Localización:

- forma la médula y el córtex de tallos y raíces,
- la pulpa de los frutos, y
- Es, en general, el tejido de relleno en cualquier órgano.

Función:

- constituye la masa en la que se encuentran incluidos todos los demás tejidos.
- sirve para dar solidez general al cuerpo vegetativo debido a la turgencia de sus células

1. Parénquima fundamental

Estructura:

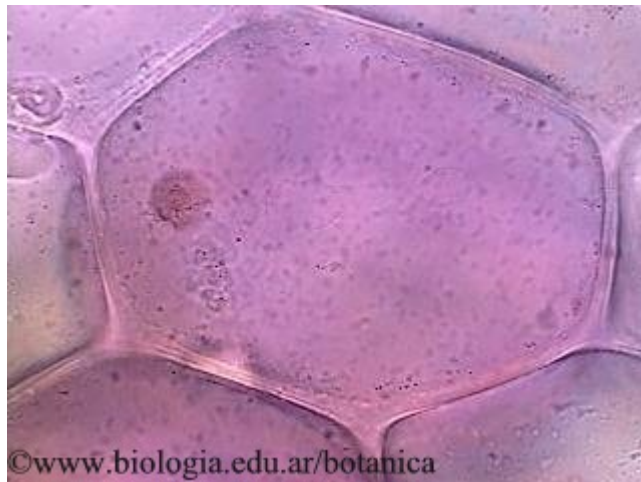
- puede ser un tejido compacto o tener espacios intercelulares.
- células con tienen forma poliédrica: son isodiamétricas. Cuando tienen espacios intercelulares pequeños, tienen un promedio aproximado de 14 caras (ortotetradecaedro)
- paredes celulares son muy delgadas: con campos primarios de puntuaciones.
- A veces las células del parénquima cortical o medular pueden tener pared muy gruesa, incluso lignificada, con puntuaciones simples.

1. Parénquima fundamental

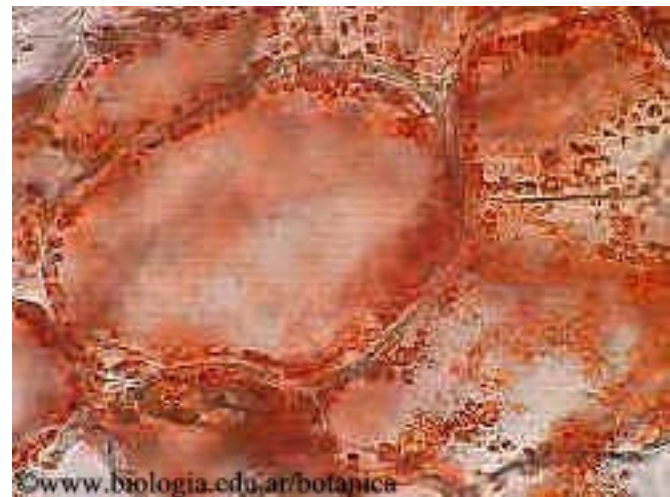
Estructura:

- generalmente **no presentan cloroplastos sino leucoplastos**
- las vacuolas están generalmente muy bien desarrolladas; pueden almacenar antocianinas, taninos o cristales en células comunes o idioblastos.
- en la pulpa de los frutos pueden hallarse células con abundantes cromoplastos

Beta vulgaris, "remolacha" con pigmentos antocíánicos disueltos en el jugo celular



Células de *Capsicum annuum*, morrón conteniendo cromoplastos



2. Parénquima clorofiliano

Localización:

- mesófilo de las hojas,
- tejido cortical de los tallos verdes, o
- a veces en tejidos más profundos como la médula

Función:

- Involucrado en la fotosíntesis

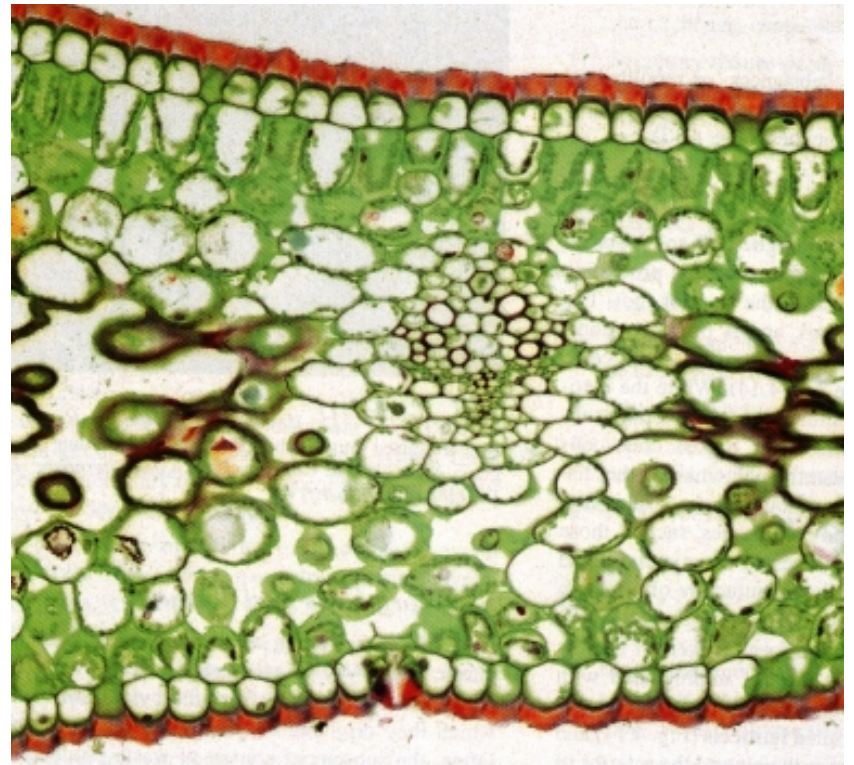
Estructura:

- contienen gran cantidad de cloroplastos

2. Parénquima clorofiliano

En el mesófilo se reconoce:

- un **parénquima en empalizada con células más compactas**, y
- un **parénquima esponjoso con más espacios intercelulares**.
- La presencia de estos espacios está relacionada con el requerimiento de intercambio gaseoso en el tejido fotosintético (CO_2 , vapor de H_2O , etc).



3. Parénquima reservante

Localización:

- en raíces engrosadas (zanahoria, remolacha),
- tallos subterráneos (tubérculo de papa, rizomas),
- en semillas,
- pulpa de frutas,
- médula y partes profundas del córtex de tallos aéreos.

Función:

- **almacenar sustancias de reserva** que se encuentran en solución o en forma de partículas sólidas (sitios donde se acumulan estas sustancias: las vacuolas, los plástidos y/o las paredes celulares)

3. Parénquima reservante

Características funcionales:

- En los tallos y raíces de especies leñosas, el protoplasma de las células permanece activo: el almidón se deposita y se remueve en relación con las fluctuaciones estacionales.
- En los órganos de reserva como tubérculos, bulbos, rizomas, las células son almacenadoras sólo una vez: el protoplasma muere después que se remueven las reservas durante el crecimiento de otros órganos.

3. Parénquima reservante

Estructura: depende de la naturaleza de la sustancia acumulada.

- **Almidón:** se acumula en los amiloplastos, en células poliédricas, con pequeños espacios intercelulares. Ej: tubérculo de papa,
- **Glúcidos hidrosolubles:** disueltos en el jugo celular (vacuola). Ej: la raíz de la remolacha, *Beta vulgaris*, y en las hojas del bulbo de cebolla, *Allium cepa*.
- **Polisacáridos no celulósicos:** se acumulan en las paredes celulares que llegan a ser muy gruesas y a veces muy duras.
- **Proteínas:** se acumulan en las vacuolas, pueden solidificarse cuando el parénquima se deshidrata, formando un tejido compacto sin espacios intercelulares. Ej: granos de aleurona del endosperma córneo de trigo, cebada y otros cereales.
- **Lípidos:** se acumulan en los elaioplastos o en forma de gotitas en el citoplasma.

4. Parénquima acuífero

Localización:

- muy abundante en tallos y hojas de plantas suculentas.
- El agua acumulada constituye una reserva utilizable en períodos de sequía.

Función:

- especializado en el **almacenamiento de agua**

Estructura:

- presenta células de grandes dimensiones, a menudo alargadas, con paredes delgadas, vacuolas muy desarrolladas, ricas en agua y a menudo en mucílagos (también pueden estar en las paredes y en el citoplasma)
- los mucílagos aumentan la capacidad de la célula de absorber y retener agua. Ej: hojas de Agave (monocotiledónea), tallos de Salicornia (dicotiledónea), cladodios de Cactaceae (dicotiledóneas) y algunas epífitas.

5. Parénquima aerenquimático (Aerénquima)

Localización:

- en angiospermas acuáticas, en las que constituye un complejo sistema continuo desde las hojas hasta la raíz.

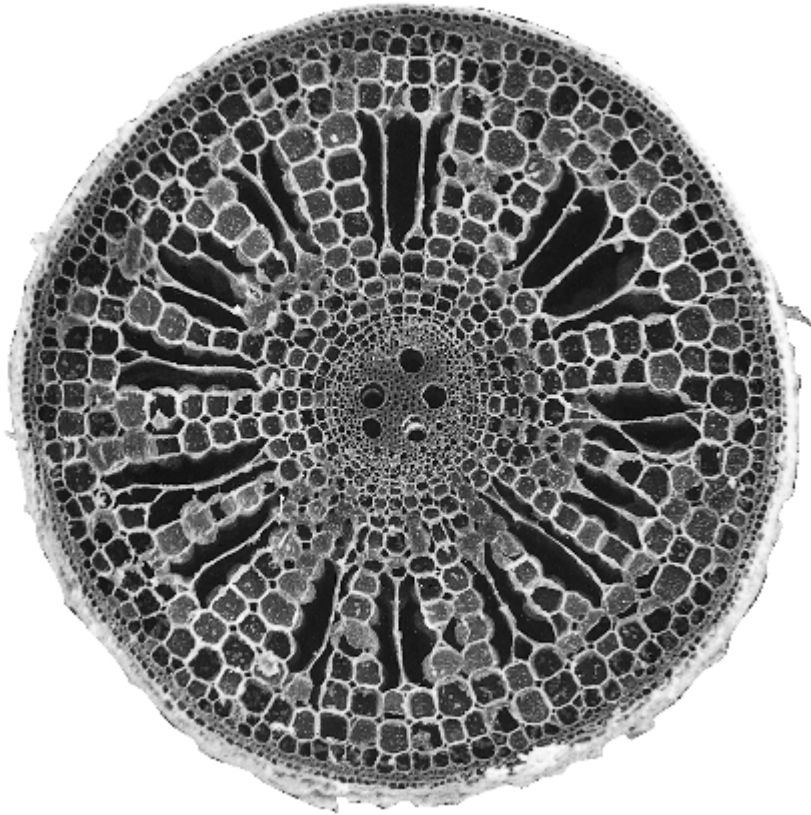
Función:

- facilitar la aireación de órganos que se encuentran en ambientes acuáticos o suelos anegados.
- Estructuralmente es un tejido muy eficiente, porque permite la flotación de determinados órganos y logra su robustez con una cantidad mínima de células.

Estructura:

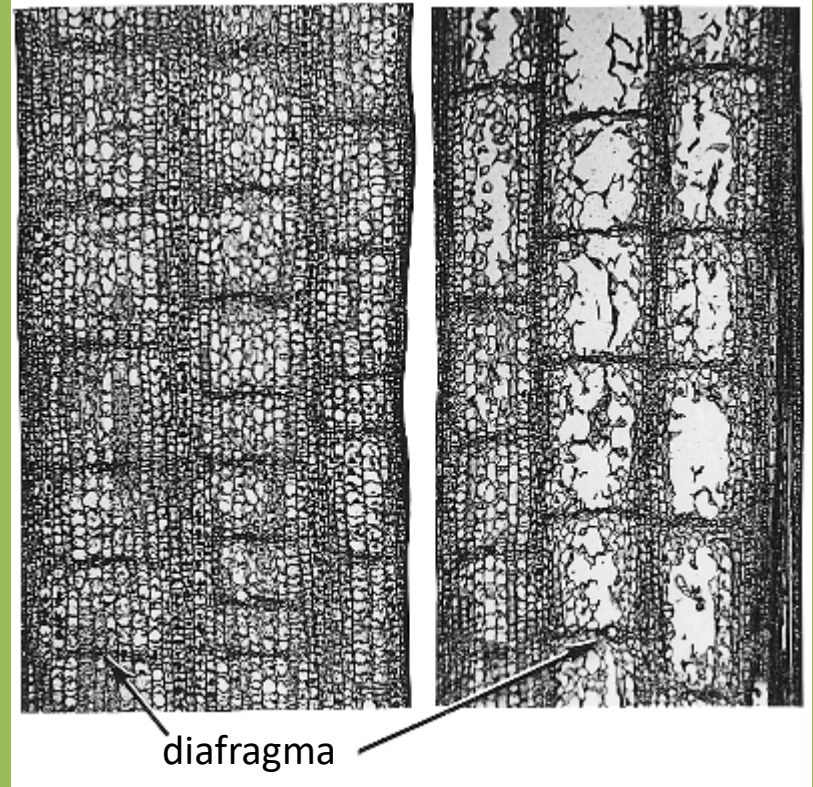
- formado por células de forma variada, frecuentemente estrelladas o lobuladas, dejando espacios intercelulares muy grandes, de origen esquizógeno o lisígeno, llamados lagunas o cámaras, que pueden constituir el 70% del volumen del órgano.

5. Parénquima aerenquimático (Aerénquima)



Microfotografía electrónica de barrido de la raíz del arroz (*Oryza sativa*)

Fuente: Evert 2006



Dos etapas de la formación de aerénquima en los nervios centrales de la vaina foliar del arroz (*Oryza sativa*)

6. Parénquima asociado al tejido vascular

Localización:

- las células parenquimáticas forman los radios medulares y también filas verticales en floema y xilema, constituyendo una red de células vivas en el leño (constituido en mayor parte por células muertas.)
- Además forman las vainas fasciculares.

Función:

- almacenar y transportar sustancias de reserva.

Estructura:

- en el leño (xilema 2º) pueden tener paredes celulares lignificadas;
- en las vainas fasciculares las células tienen paredes primarias y pueden presentar cloroplastos diferentes a los de las células del parénquima clorofiliano.
- En el parénquima vascular y en las vainas parenquimáticas que rodean los haces de conducción se encuentran **células especializadas** en la transferencia de solutos a corta distancia: **células de transferencia**.

Organización interna de las plantas superiores

Sistema hístico	Tejido	Función	Características	Tipo celular
	Meristema	crecimiento por división celular	paredes 1º, núcleo grande	células meristemáticas
Dérmico	Epidermis	protección de partes verdes	pared 1º, la externa con cutina.	células epidérmicas propiamente dichas, cél. especializadas: tricomas, estomas, etc.
	Peridermis	protección del cuerpo secundario	diversos tipos celulares	formado por súber, felógeno y felodermis
Vascular	Xilema	transporte de agua y sales	tejido complejo	traqueidas, elementos de vasos, fibras y cél. parenquimáticas
	Floema	transporte de productos fotosintéticos	tejido complejo	Células cribosas, elementos de tubos cribosos, fibras, y cél. parenquimáticas
Fundamental	Parénquima	procesos del metabolismo: fotosíntesis, respiración, almacenaje y conducción a corta distancia, etc.	Paredes 1º o 1º y 2º Células vivas a la madurez	Células parenquimáticas
	Colénquima	sostén en órganos en crecimiento	Pared 1º, desigualmente engrosada	Colénquima angular, tangencial y angular
	Esclerénquima	sostén	Pared 1º y 2º, generalmente lignificada	Fibras y esclereidas

Tejidos de sostén (mecánicos)

La mayoría de las plantas deben su solidez y elasticidad a los tejidos mecánicos especiales, formados por células dispuestas en masa compacta y con las paredes engrosadas:

- **Colénquima**
- **Esclerénquima**

Corte transversal de un pecíolo de *Beta* sp.
“remolacha”

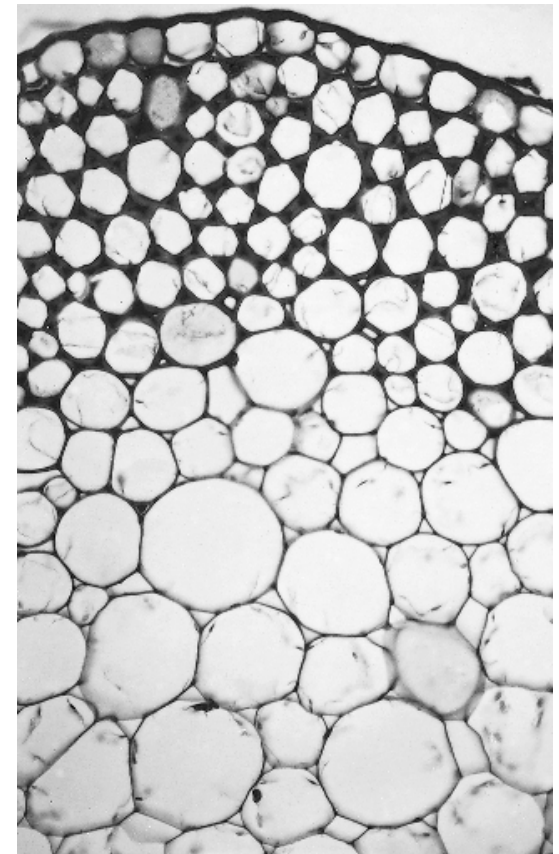


Imagen de Evert 2006

Colénquima

- Su nombre deriva del griego *colla*, que significa soldadura (alusión a la **gruesa pared de sus células**)
- es un **tejido plástico** (fuerte y flexible), puede cambiar de forma sin romperse (no recupera su forma original).
- Morfológicamente es un **tejido simple**, homogéneo, constituido por **un solo tipo de células**.
- encargado del **sostén de hojas y tallos en crecimiento primario activo**.
- **ORIGEN**: derivado del **meristema fundamental**

Colénquima

- aparece **muy raramente en raíces**, se lo encuentra en las que están expuestas a la luz (plantas epífitas).
- **tejido de sostén** en órganos adultos en planta que no desarrollan mucho esclerénquima, como las **hojas y tallos de algunas plantas herbáceas**.
- **ausente en tallos y hojas de ciertas monocotiledóneas** como las gramíneas, que desarrollan tempranamente esclerénquima.

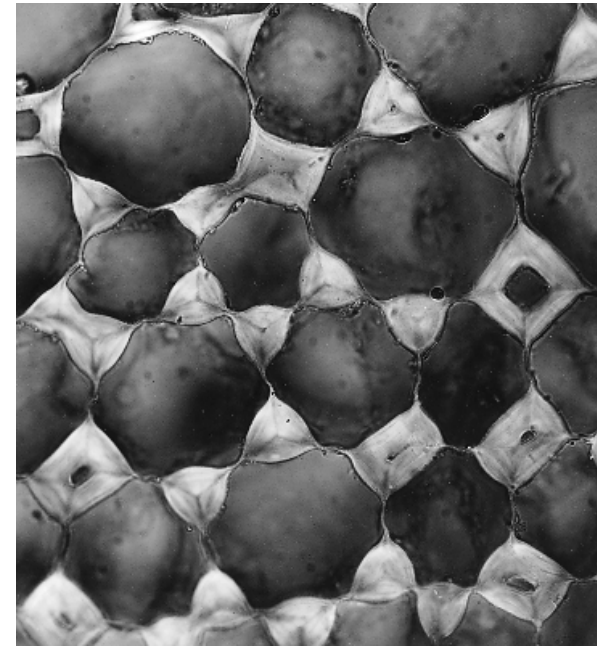
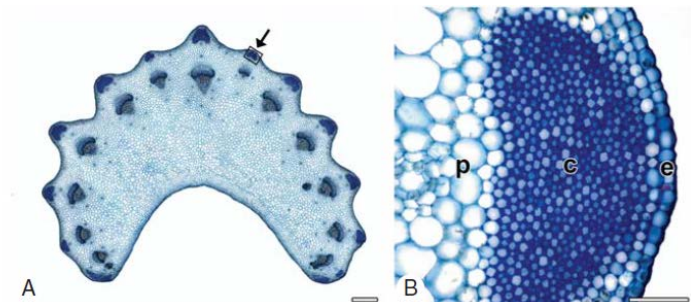
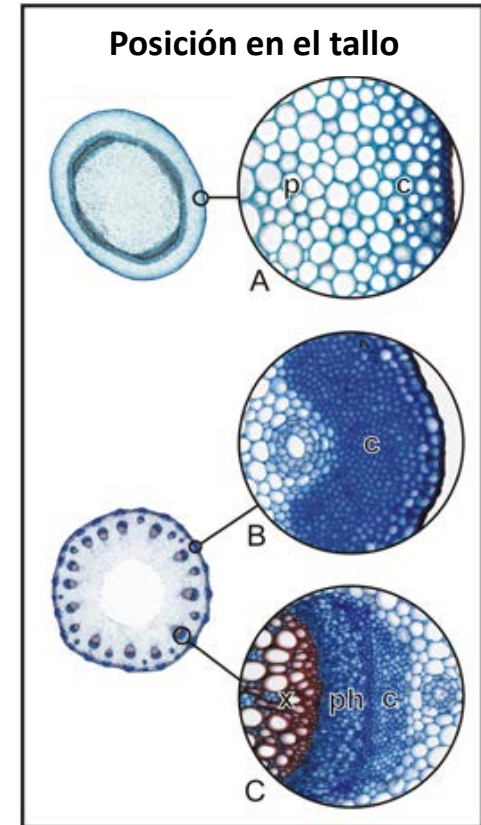


Imagen de Evert 2006

Colénquima

Localización:

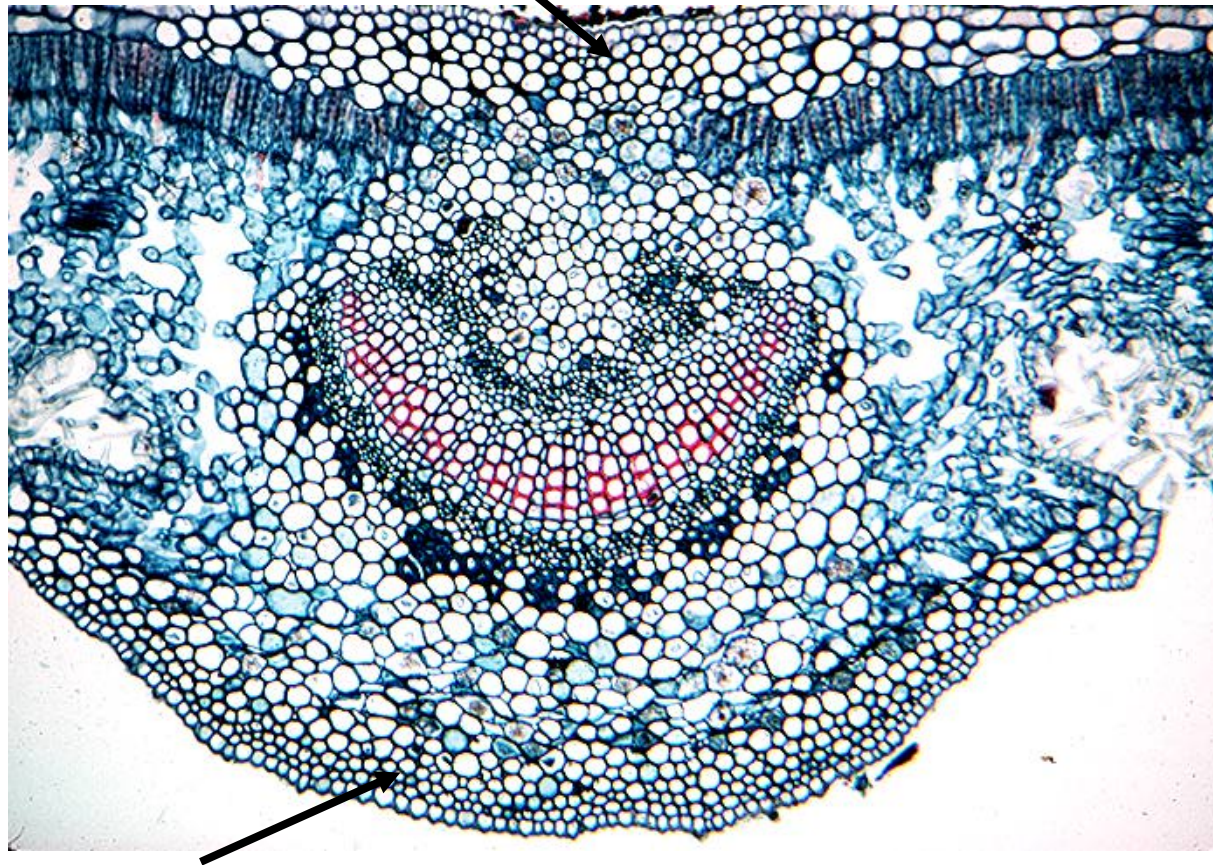
- generalmente **posición periférica**: debajo de la epidermis o está separado de ella por una o dos capas de células.
- En tallos puede formar **una capa continua alrededor de la circunferencia**, o aparecer en **cordones**, a menudo en costillas exteriormente visibles.
- En pecíolos: posición similar a los tallos.
- En **venas foliares mayores**: aparece en **una o ambas caras** (si está en una sola es en la inferior; también a lo largo del borde)
- Puede aparecer en partes florales o frutos (ej. uva).



Colénquima

Corte transversal de una hoja

Colénquima subepidérmico



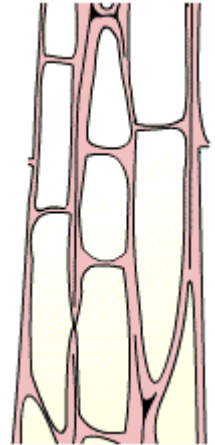
Colénquima subepidérmico

Colénquima

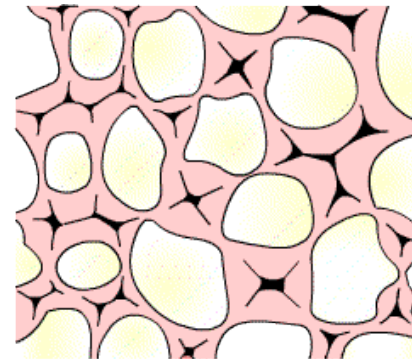
Estructura:

- **células generalmente alargadas, fusiformes o prismáticas**, de hasta 2 mm de longitud. En corte **transversal son poligonales**.
- formado por **células vivas**, con protoplasto vacuolado, muy rico en agua, pueden presentar cloroplastos y taninos, y son **capaces de desdiferenciarse** para originar el felógeno o cicatrizar lesiones.
- presentan **paredes primarias engrosadas**
- Generalmente el **engrosamiento** de las paredes celulares es **desigual**.
- paredes compuestas de **celulosa, grandes cantidades de pectina y hemicelulosa**, pero comúnmente **carecen de lignina**.
- comunicación: por campos primarios de puntuaciones situados tanto en las partes delgadas como en las partes gruesas de la pared.

Corte longitudinal



Corte transversal



Colénquima

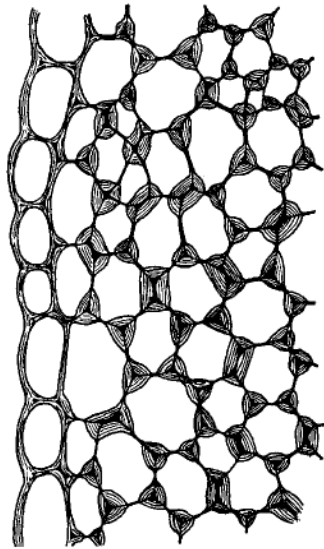
Clasificación:

- se basa en la distribución del **espesamiento de la pared**.
- se reconocen mayormente los siguientes 3:
 1. **C. Angular**
 2. **C. Lamelar**
 3. **C. Lagunar**
- Algunos anatomistas también reconocen el colénquima anular y radial

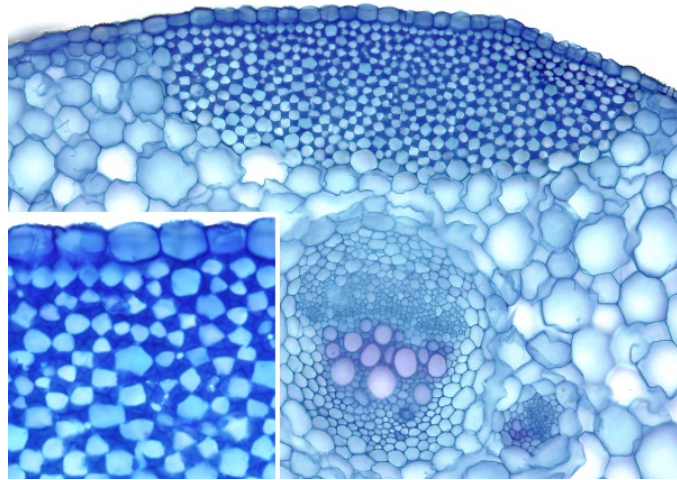
Colénquima

Clasificación:

1. C. Angular: el engrosamiento de la pared está localizado en los ángulos de la célula. En los estadios iniciales, el lumen tiene forma poligonal. Pecíolo de *Rumex*, *Apium graveolens*, *Vitis*, *Begonia*, *Cucurbita*, *Beta*, *Morus*. Tallos de *Solanum tuberosum*, *Ficus*, *Polygonum*, *Boehmeria*.



Esquema de Evert 2006

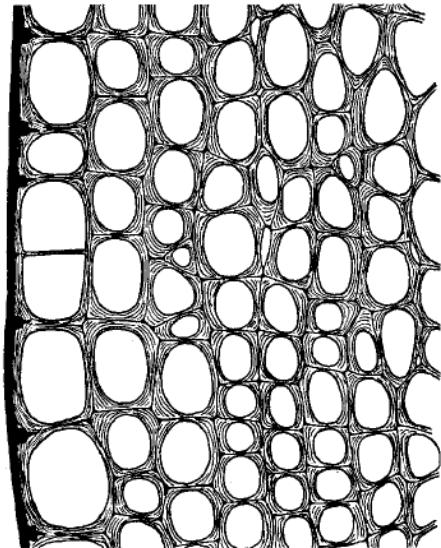


Colénquima angular en *Hedera helix*
"hiedra"

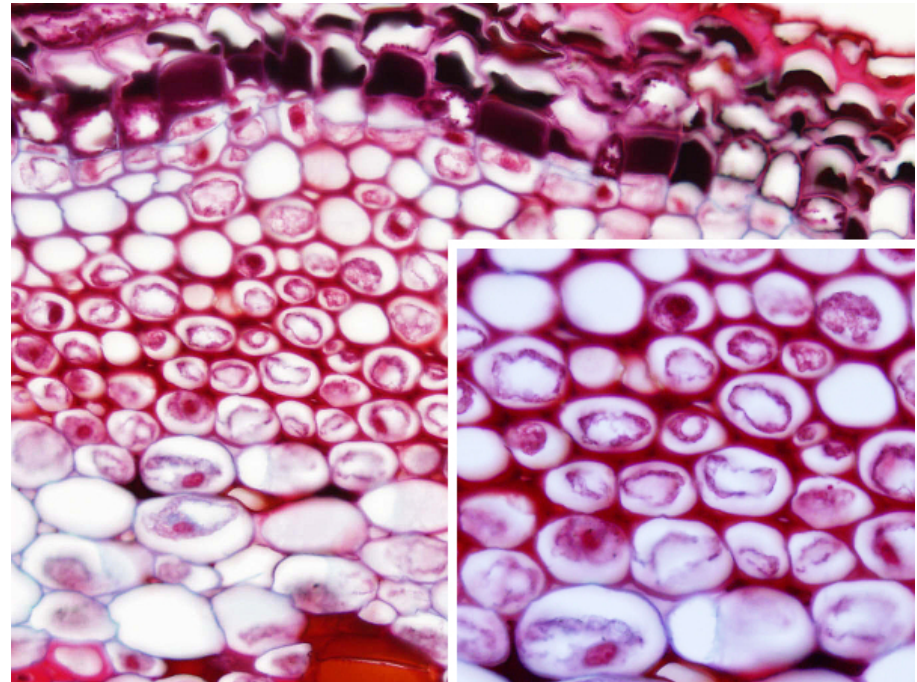
Colénquima

Clasificación:

2. C. Lamelar o laminar. Las células presentan engrosamientos localizados en las paredes tangenciales interna y externa. Ej.: tallos de *Sambucus australis* (sauco), *Rhamnus*, *Eupatorium*



Esquema de Evert 2006

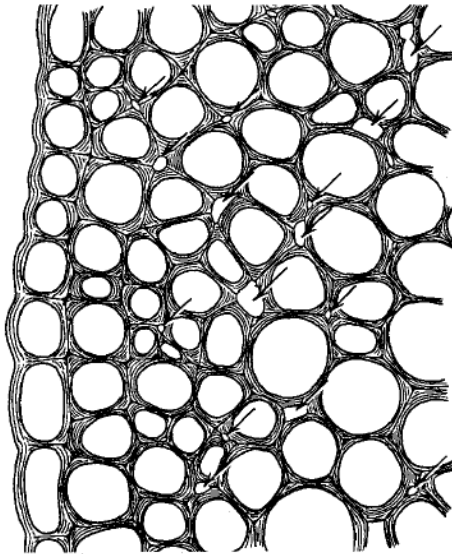


Tallo de *Sambucus nigra* "sauco"

Colénquima

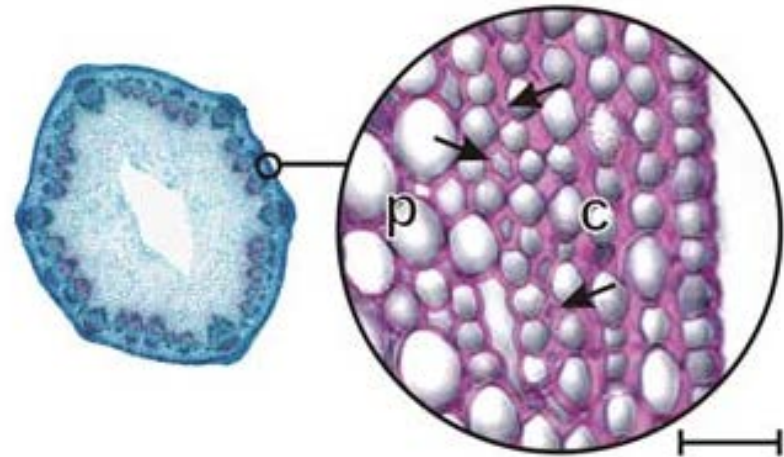
Clasificación:

3. C. Lagunar: las células presentan espacios intercelulares, y los espesamientos de las paredes se localizan próximos a los espacios. Ej.: pecíolos de *Malva*, *Althaea*, *Asclepias*, *Salvia*, *Lactuca*. Raíces aéreas de *Monstera*.



Esquema de Evert 2006

Pecíolo de *Geranium sobolifolium*



Imágenes de Leroux 2012 Annals of Botany

Colénquima vs Parénquima

Características	PARÉNQUIMA	COLÉNQUIMA
Células	Generalmente isodiamétricas	Generalmente alargadas
Paredes	Generalmente delgadas, de grosor parejo	Desigualmente engrosadas

Corte transversal del pecíolo de *Rumex*

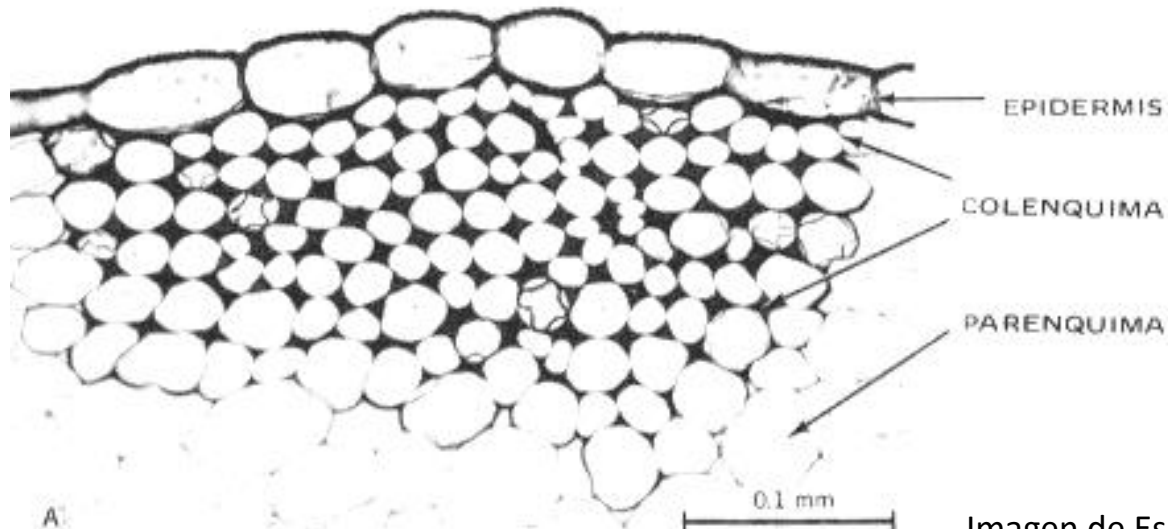


Imagen de Esau 1982

Esclerénquima

- Su nombre deriva de dos palabras griegas: *scleros* (duro) y *enchyma* (sustancia o infusión).
- Células esclerenquimáticas: pueden formar **masas continuas** (tejido esclerenquimático) o estar en **pequeños grupos**, o **individualmente** entre otro tipo de células.
- Es un **tejido elástico**, es decir que puede ser deformado por tensión o presión, pero retoma su forma original cuando la fuerza desaparece.
- Comprende complejos de células que otorgan a la planta **resistencia a los estiramientos, torceduras, pesos y presiones**.
- sirve también como **medio defensivo**, ya que otorgan a la planta resistencia contra las partes bucales, garfios y oviposidores de los insectos.
- más abundante en tallos y hojas que en raíces

Esclerénquima

- células con **pared secundaria**, que presenta celulosa, hemicelulosas, y además hasta 30% de lignina. La lignificación se produce desde afuera hacia adentro, comienza en la laminilla media y pared primaria; la capa S3 a veces es solamente celulósica.
- **La lignina es la responsable de la fortaleza y rigidez de la pared.** Compuesto inerte, resistente y muy estable (protección física, química y biológica). Regula la hidratación de la celulosa, y la elasticidad de la pared.
- células que **mueren a la madurez dejando un lumen**

Esclerénquima vs Colénquima

Características	COLÉNQUIMA	ESCLERÉNQUIMA
Células	Desdiferenciables	Incapaces de desdiferenciarse aún si conservan el protoplasto
Pared	Pared primaria Flexible, plástica	Pared secundaria lignificada
Protoplasto	Vivo, activo	Muere a la madurez

Esclerénquima: formas

- **gran variación en cuanto a forma celular, estructura, origen y desarrollo.** Entre los diferentes tipos hay tal gradación que muchas veces es difícil separar las distintas formas.
- dos tipos básicos (diferenciados por su forma, origen y localización): **esclereidas y fibras.**
- Cuando es difícil ubicar una célula en una u otra categoría, se puede usar el término **fibroesclereida**.
- **Tejido complejo**

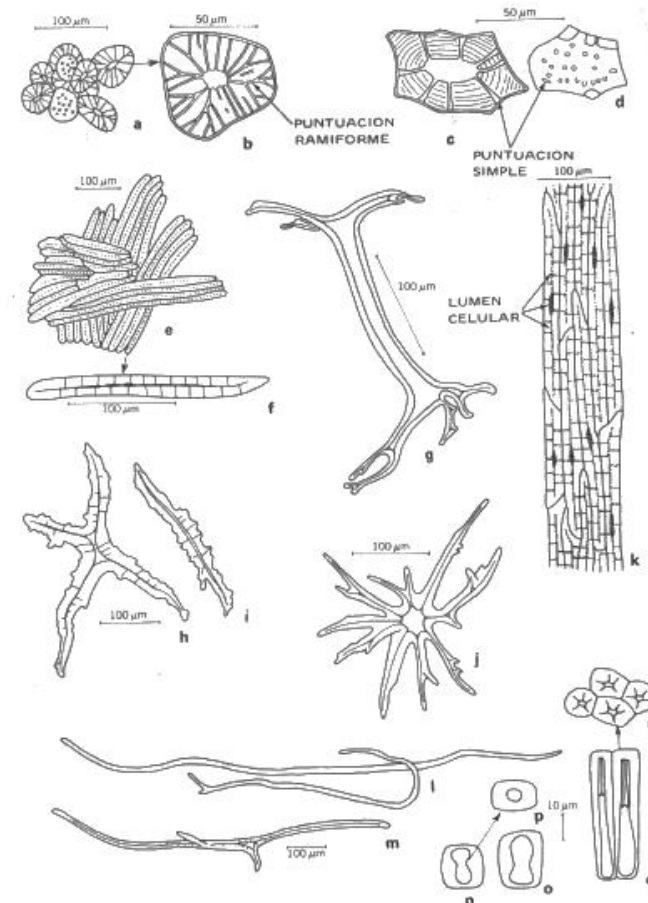


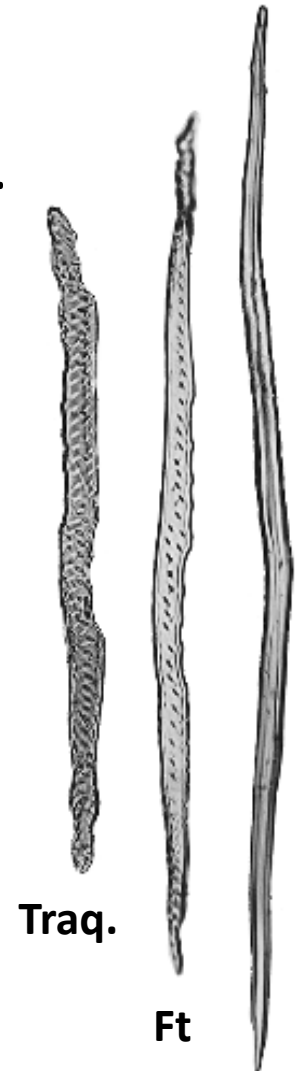
Figura de Esau 1982

Esclerénquima: origen

- Las fibras y esclereidas pueden quedar **asociadas a tejidos primarios o secundarios**,
- Ontogenéticamente se desarrollan a partir de:
 - **meristemas primarios derivados:** procámbium, meristema fundamental e incluso la protodermis,
o
 - **meristemas secundarios:** cámbium y felógeno.

Esclerenquima: fibras

- células esclerenquimáticas **largas y estrechas (prosenquimáticas)**, con **extremos aguzados**, que pueden encontrarse en diversas partes de la planta.
- Tienen **paredes secundarias lignificadas**.
- Varían en tamaño, forma, estructura y espesor de las paredes, y cantidad y tipo de puntuaciones.
- Algunas veces pueden conservar su protoplasma vivo
- **Derivan filogenéticamente de las traqueidas**, que presentan paredes relativamente delgadas y puntuaciones areoladas.
- secuencia evolutiva: traqueida (Traq.) - fibrotraqueida (Ft) - fibra libriforme (Fl).



Esclerénquima: fibras

CLASIFICACIÓN:

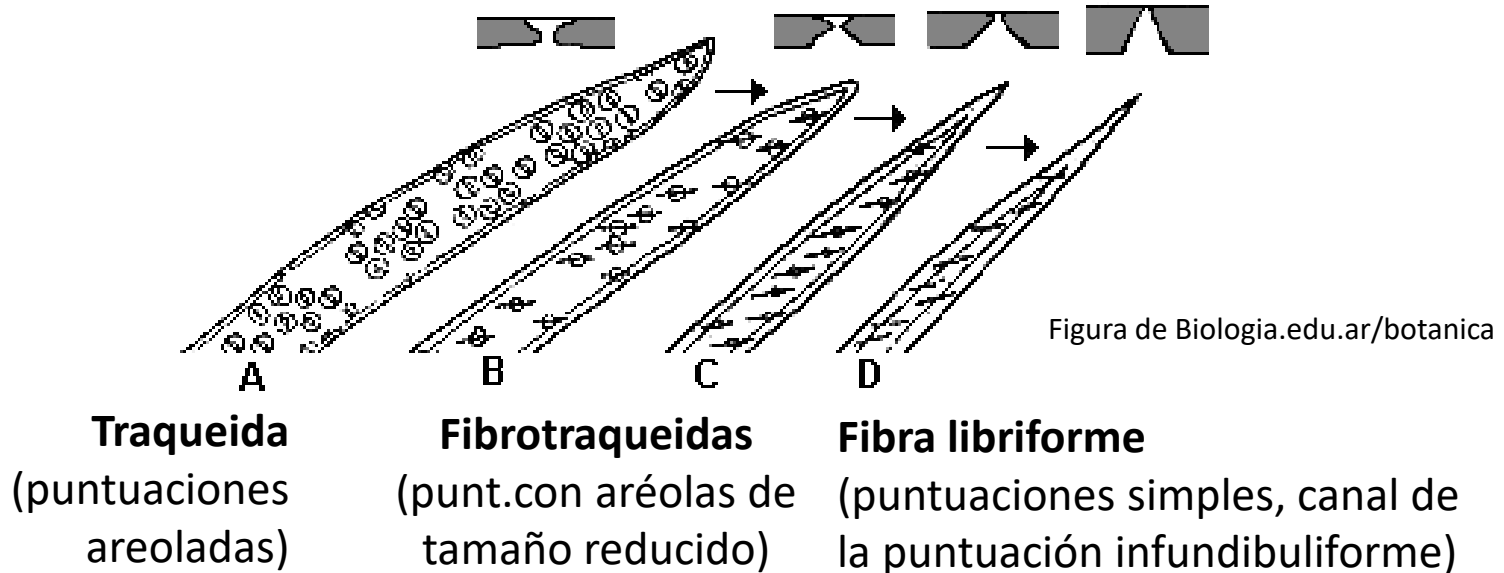
- Se clasifican por su localización, según que estén incluidas o no en el xilema secundario:
 - 1. Xilares, xilemáticas o fibras del leño** (xilema secundario)
 - 2. Extraxilares o extraxilemáticas**

Esclerénquima: fibras

Fibras xilares:

por su estructura se dividen en dos grandes grupos:

- **Fibrotraqueidas:** poseen paredes más gruesas que las traqueidas y puntuaciones areoladas con cámaras muy pequeñas y canal de la puntuación desarrollado.
- **Fibras libriformes:** presentan paredes muy gruesas, puntuaciones simples con canal de la puntuación cilíndrico o infundibuliforme (en forma de embudo aplanado).

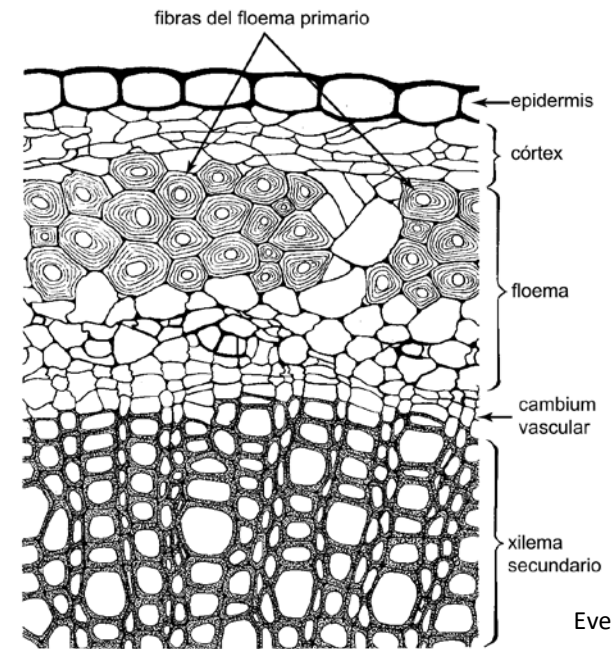


Esclerénquima: fibras

Fibras extraxilares:

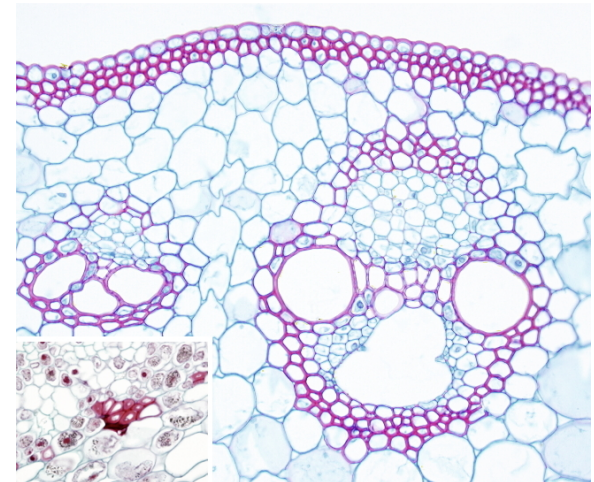
- corresponden al floema o liber (fibras liberianas) o **forman grupos o anillos corticales**.
- En las monocotiledóneas **constituye el principal tejido de sostén**, y pueden formar anillos y cordones subepidérmicos y/o corticales y también vainas rodeando los haces vasculares (venas).

Sección transversal del tallo de *Linum usitatissimum* mostrando la posición de las fibras del floema primario



Evert 2006

Corte transversal de un tallo de maíz (*Zea mays*)

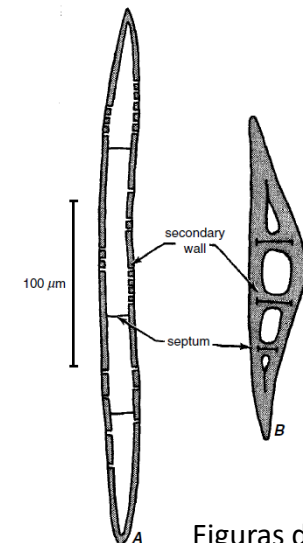
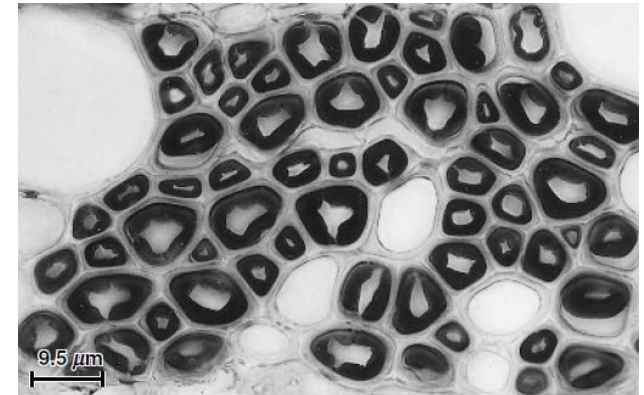


Esclerénquima: fibras

Fibras xilares y extraxilares:

En ambos casos pueden ser:

- **Fibras mucilaginosas:** presentes en familias con predominio de hojas compuestas. Presencia de una capa gelatinosa e higroscópica (G) más interna de la pared 2^{da}.
- **Fibras septadas:** Presentan protoplasma vivo, conteniendo almidón, aceites, resinas, cristales de oxalato de Calcio. Los septos consisten en una lámina media con pared primaria a cada lado, interrumpida por numerosos plasmodesmos



Figuras de Evert 2006

Esclerénquima: fibras

Fibras comerciales:

- Desde el punto de vista anatómico, una fibra es una célula individual;
- desde el punto de vista comercial, el término fibra corresponde a cordones de fibras que a veces incluyen los tejidos vasculares.
- Las fibras comerciales **se clasifican en duras y blandas.**

Esclerénquima: fibras

Fibras comerciales:

FIBRAS DURAS:

- son las fibras de hojas de **Monocotiledóneas**.
- Cada “fibra” es un cordón fibroso o un haz vascular con las fibras asociadas.
- cordones con un curso largo y recto con muy pocas y débiles anastomosis.
- **alto contenido de lignina y textura rígida.**
- Ej: cáñamo de Manila (*Musa textilis*), sisal (*Agave sisalana*)

Fibras extraídas de las hojas de cáñamo



Cuerda fabricada con sisal



Esclerénquima: fibras

Fibras comerciales:

FIBRAS BLANDAS:

- son las fibras floemáticas de tallos de **Dicotiledóneas**
- pueden estar más o menos lignificadas,
- **son suaves, elásticas y flexibles.**
- Estos cordones de “fibras” del floema forman una red donde no se individualizan los distintos grupos.
- Ejs.: lino (*Linum usitatissimum*) y ramio (*Boehmeria nivea*)

Fibras extraídas del tallo de lino



Tejido hecho con fibras de ramio



Esclerénquima: esclereidas

- células esclerenquimáticas **más cortas que las fibras**
- adoptan **diversas formas** y a menudo derivan de células parenquimáticas esclerificadas.
- se encuentran en diversos órganos vegetales, hojas, frutos, semillas, etc.
- pueden estar **distribuidas entre los tejidos como grupos de células pero frecuentemente aparecen aisladas.**
- Ej. Nido de braquiesclereidas o células pétreas en peras
- Otorgan la dureza de los carozos de durazno y de la cascara de la nuez

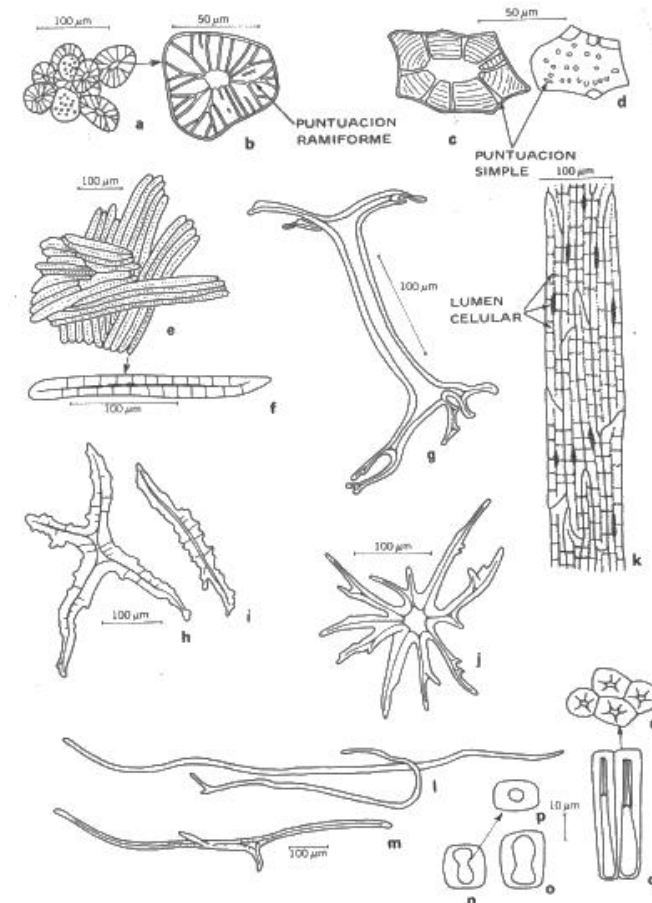


Figura de Esau 1982

Esclerénquima: esclereidas

Clasificación según su forma:

- **Braquiesclereidas o células pétreas:**
aproximadamente isodiamétricas o algo alargadas con paredes muy gruesas, lúmen celular pequeño y punteaduras simples y ramificadas Ej: parénquima de los frutos (pomo) del *Pyrus communis* “peral” y *Cydonia oblonga* “membrillero”
- **Macroesclereidas:** alargadas o columnares
- **Osteoesclereidas:** forma de hueso
- **Astroesclereidas:** forma de estrella. Ej: mesófilo de la hoja de *Camellia japonica*
- **Tricoesclereidas:** semejantes a pelos
- **Esclereidas filiformes:** alargadas y ramificadas

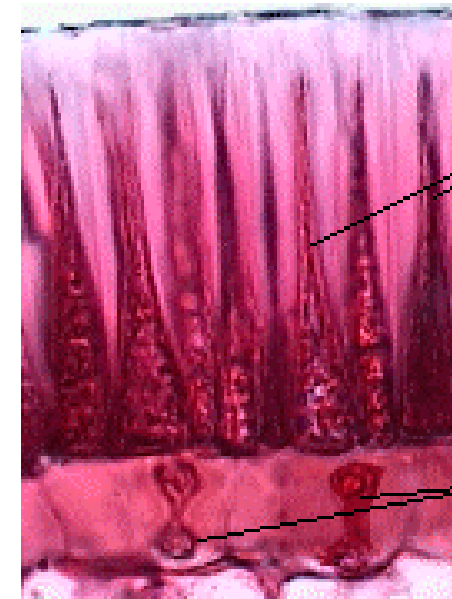
Esclerénquima: esclereidas

Braquiesclereidas



Pyrus communis “peral”

Astroesclereidas



Esclereidas de la cubierta
seminal de *Pisum sativum*
“arveja”

Histología 3: Sistema Fundamental

Subunidad A: Los Parénquimas

- Estructura y contenido de sus células.
- Clasificación.

Subunidad B: Los tejidos de sostén

- Colénquima: estructura, tipos y distribución en la planta.
- Esclerénquima: fibras y esclereidas, estructura de esas células y distribución en la planta. Utilización de las fibras.