

TEJIDOS VEGETALES

Stella Maris Pérez de Bianchi

Dinca Cristina Martín Montiel

María Mercedes Alemán

Ángela Virginia Etcheverry

Trinidad Figueroa Fleming

Mariana Quiroga Mendiola

Diego López Sphar

Carolina Yañéz

Las microfotografías de Microscopio Electrónico de Barrido, de Microscopio Óptico, los dibujos y esquemas son originales.

Año 2013

TEJIDOS VEGETALES

Las plantas que presentan tejidos de conducción (de agua y **fotosintatos**) son denominadas **Traqueofitas** y presentan tres sistemas de tejidos, que se caracterizan por sus funciones y cualidades de las células que los integran.

Las plantas **Monocotiledóneas** y **Dicotiledóneas** herbáceas, crecen en longitud, presentan **crecimiento primario**, con tres sistemas de tejidos:

1. Sistema Dérmico: Integrado por la Epidermis
2. Sistema Fundamental: Integrado por Parénquima, Colénquima y Esclerénquima
3. Sistema Vascular: Integrado por Xilema y Floema primarios.

EPIDERMIS

Se origina en la Protodermis (meristemo primario).

Está formada por células vivas, con **paredes primarias**, que se comunican por **campo de puntuaciones primarias**. Las células epidérmicas presentan todos los **organoides** y **estructuras celulares** típicas, excepto **cloroplastos**; las células epidérmicas no presentan espacios intercelulares.

Presenta un enriquecimiento con cutina en su pared celular externa, lo cual disminuye la pérdida de agua por evaporación y transpiración. La capa de cutina, depositada en la pared tangencial externa (por fuera de las células epidérmicas) forma la cutícula.

La cutícula es más gruesa en las plantas presentes en ambientes secos y áridos y más delgada en las de ambientes húmedos.

Sus funciones son evitar la pérdida de agua y proteger contra el ataque de herbívoros de todos los **órganos** de la planta en crecimiento primario permitiendo el intercambio gaseoso a través de los estomas.

Se ubica en todos los órganos en crecimiento primario a excepción del cono vegetativo de la yema y del ápice de la raíz que está cubierto por la cofia. Es el tejido más externo del cuerpo de la planta.

La epidermis presenta células típicas y células especializadas:

a. Células típicas: son de forma **anisodiamétricas**, tabulares o aplanadas.

A continuación se ilustra un corte transversal de un tallo de Dicotiledónea que presenta epidermis uniestratificada con células de sección rectangular en el corte transversal. Las paredes celulares tangenciales externas (ubicadas hacia el exterior) presentan un enriquecimiento de cutina que forma la cutícula.

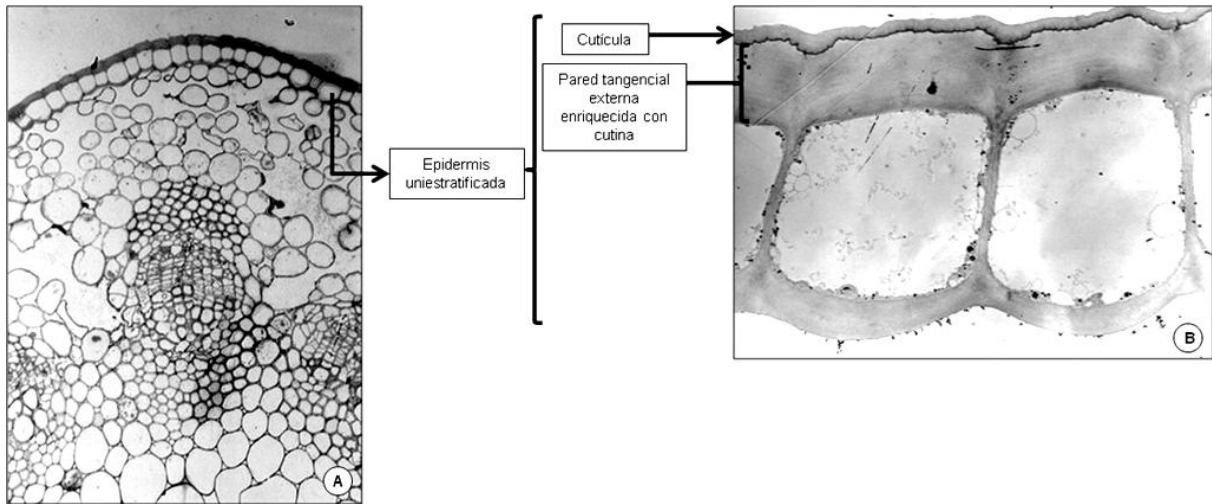


Fig. 1: Tallo de Dicotiledónea (*Acicarpha tribuloides*) en corte transversal. **A.** Corte ultrafino, visto en MOC; **B.** epidermis uniestratificada vista en MET, donde se observa una pared tangencial externa muy gruesa enriquecida con cutina y por fuera una capa de cutícula continua. (MOC: Microscopio Óptico Compuesto; MET: Microscopio Electrónico de Transmisión) (Martín Montiel).

Se observan células especializadas, que son células con diferentes formas que cumplen otras funciones, entre ellas:

b. Células oclusivas: que conforman los estomas, presentan cloroplastos y se diferencian por la forma según el grupo vegetal: En Dicotiledóneas, las células oclusivas tienen forma arriñonada en vista superficial, la pared celular se encuentra más engrosada hacia el poro u ostiolo, por lo general se encuentran acompañadas por células anexas o acompañantes en diferente número, posición y tamaño, tal como se observa a continuación:

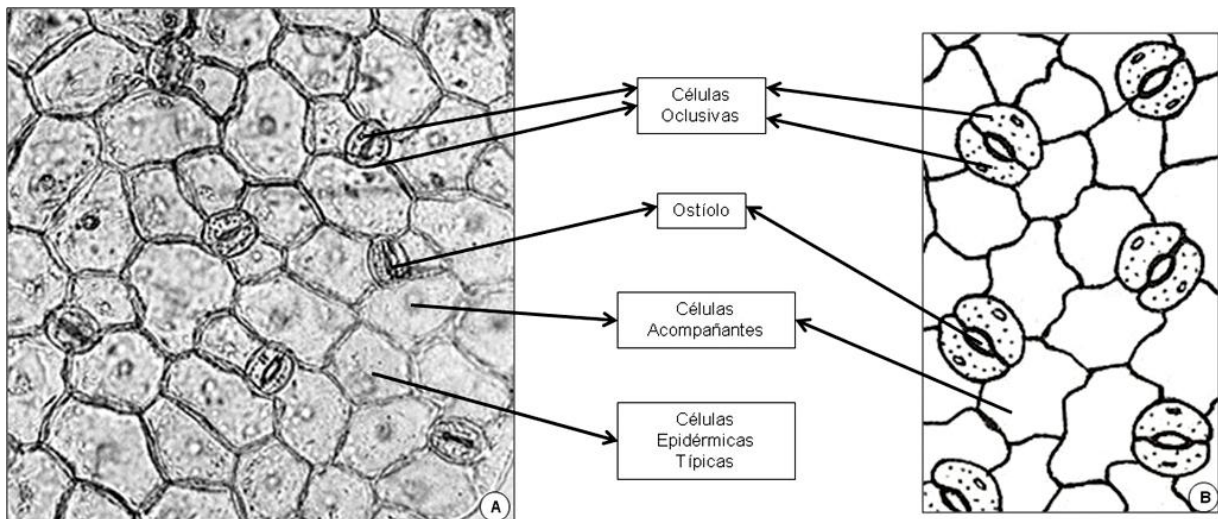


Fig. 2: Epidermis de Dicotiledónea en vista superficial: **A.** *Acicarpha tribuloides*: foto tomada en MOC, mostrando células típicas, células oclusivas, células acompañantes y ostiolo; **B.** Esquema de la epidermis identificando las células presentes. (Martín Montiel; Quiroga)

En Monocotiledóneas (Gramíneas) en vista superficial, las células oclusivas tienen forma de huesos largos, el núcleo las recorre con la misma forma, el espesamiento de la pared también se encuentran hacia el poro u ostiolo. Las células acompañantes aceptan una sola disposición, es decir a ambos lados de las células oclusivas.

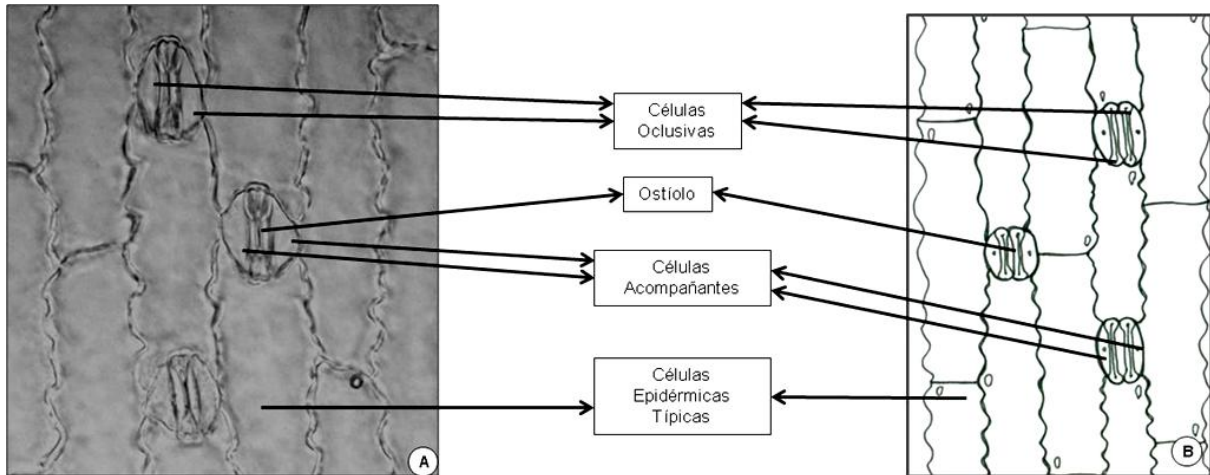


Fig.3: Epidermis de Monocotiledónea Gramínea en vista superficial: **A.** fotografía tomada en MOC, mostrando células epidérmicas típicas, células oclusivas, células acompañantes y ostiolo; **B.** Esquema de la epidermis identificando las células presentes. (Cátedra de Botánica, Martín)

c. Células buliformes: son células epidérmicas especializadas de gran tamaño con paredes delgadas presentes en la epidermis **adaxial** de las Hojas de Monocotiledóneas - Gramíneas. Durante la pérdida excesiva de agua, coincidente con altas radiaciones, su tamaño disminuye y permiten que las hojas se doblen o enrollen. Se ilustra con una fotografía del corte transversal de una hoja de Gramínea, con detalle de las células buliformes.

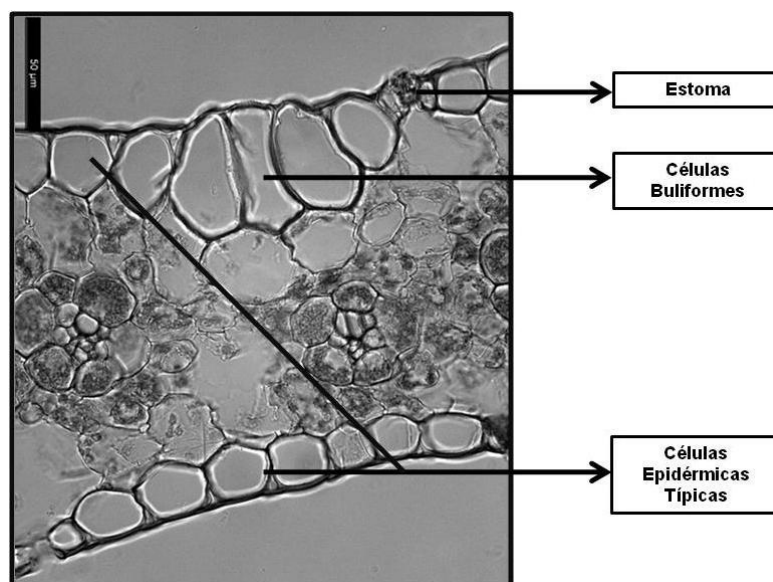


Fig. 4: Microfotografía en Corte Transversal de hoja de Gramínea - Monocotiledónea tomada en MOC, donde se observan: células epidérmicas típicas, un estoma y células buliformes. (Martín)

d. Tricomas: están formados por células epidérmicas especializadas que pueden ser uni o pluricelulares. Por su función se clasifican en tricomas secretores (glandulares), que producen aceites esenciales (ej. *Lavanda*) o sustancias irritativas (ej. *Ortiga*) o tricomas simples no secretores como en el algodónero.

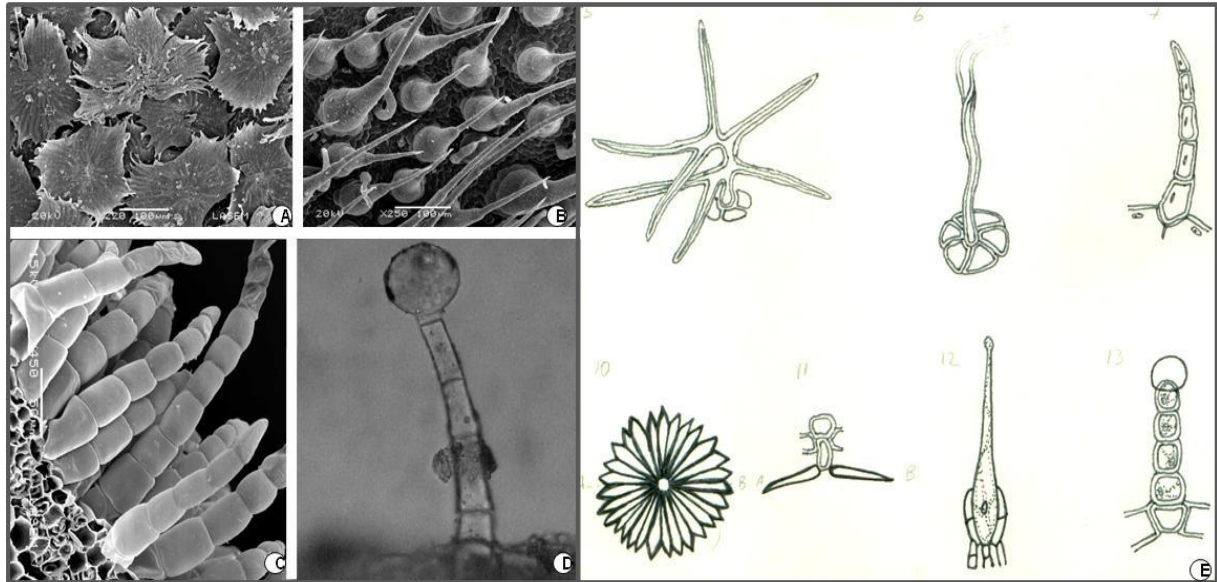


Fig. 5: Microfotografías tomadas en MEB (A-C) y MOC (D) y esquemas (E) de tricomas en Dicotiledóneas. A, tricomas peltados; B y C, tricomas pluricelulares simples; D, tricoma pluricelular glandular; E, esquemas de distintos tipos de tricomas. (Microfotografías A-C Martín, D, Cátedra de Botánica, E, Quiroga)

Rizodermis

Es la capa de células vivas que forma la epidermis en las raíces de Monocotiledóneas y Dicotiledóneas.

La rizodermis está formada por células epidérmicas y células especializadas en la absorción de agua y sales minerales llamadas pelos absorbentes (crecimiento unipolar de las células epidérmicas) que aumentan la superficie de absorción de la raíz. Éstos son originados por los tricoblastos, en tanto las células epidérmicas típicas se forman desde los atricoblastos. El esquema corresponde a un corte transversal de raíz de Monocotiledónea.

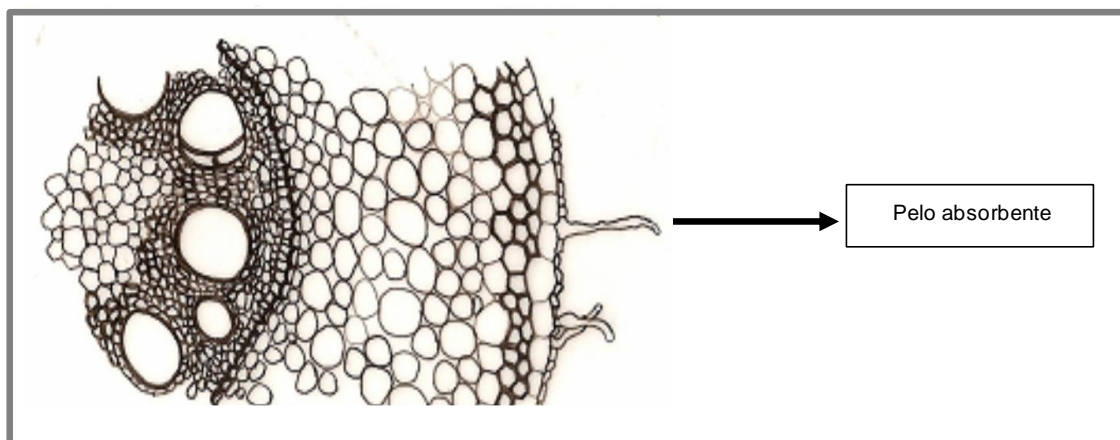


Fig. 6: Esquema correspondiente a un corte transversal de raíz de Monocotiledónea, mostrando los pelos absorbentes de la rizodermis. (Quiroga)

PARENQUIMA

Se origina en el meristemo fundamental. Formado por células vivas que tienen paredes primarias y se comunican a través de campo de puntuaciones primarias.

Se encuentra en la mayoría de los órganos vegetales, sus células son generalmente **isodiamétricas** es decir el largo, ancho y espesor son similares. La forma es variable, desde poliédricas, a estrelladas y alargadas.

Una característica muy importante del parénquima es que por tener células vivas, éstas conservan la capacidad de retomar la división mitótica. Esto les permite participar en la formación de meristemos secundarios (cambium vascular y felógeno), en los procesos de cicatrización (ej. injertos) y formación de raíces adventicias.

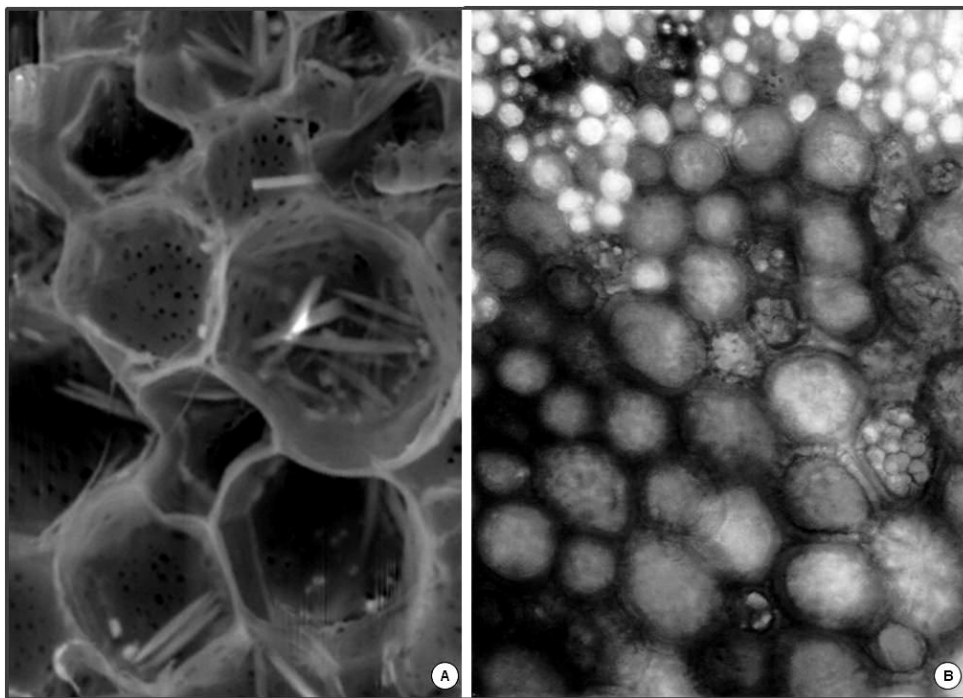


Fig. 7: Células de parénquima medular en tallos primarios. A, Microfotografía de *Tessaria dodonaeifolia* tomada en MEB con presencia de rafidios de oxalato de Calcio; B, Microfotografía de *Capparis atamisquea* tomada en MOC, con células parenquimáticas con abundantes amiloplastos de reserva. (Martín)

Clasificación del parénquima según su función

El parénquima se clasifica en **parénquima clorofiliano** y **parénquima de reserva**.

Parénquima clorofiliano

Las células del parénquima clorofiliano contienen abundantes cloroplastos y realizan la fotosíntesis. Este tejido se ubica fundamentalmente en el **mesófilo** de las hojas, pero también se presenta en los órganos del cuerpo de la planta en crecimiento primario expuestos a la luz. En las hojas de las Dicotiledóneas el parénquima clorofiliano se diferencia en empalizada y esponjoso, según la forma de las células y la relación de los

espacios intercelulares. En la fotografía se observa el corte transversal de una hoja de Dicotiledónea con el mesófilo heterogéneo con parénquima en empalizada y esponjoso.

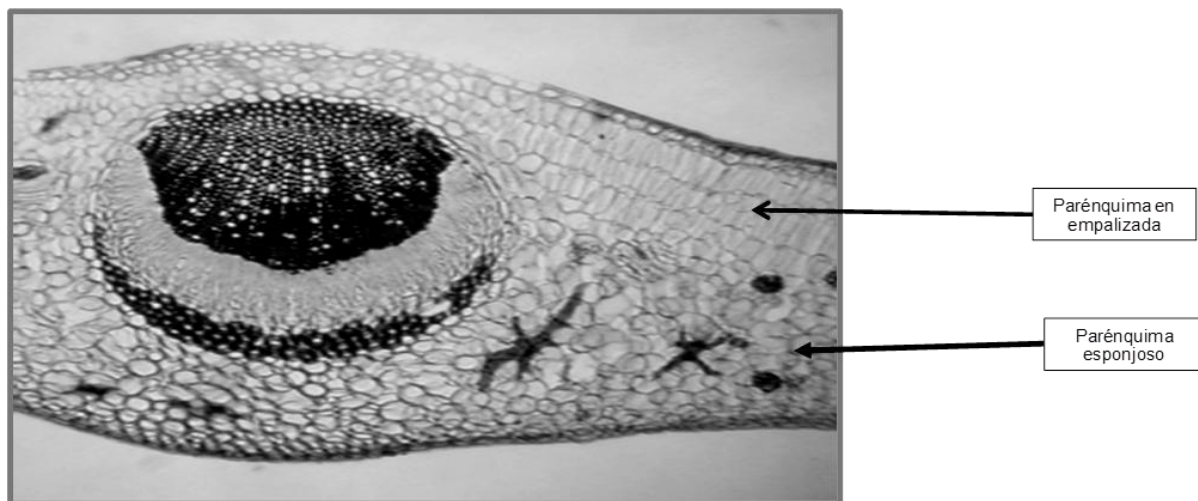


Fig. 8: Microfotografía en corte transversal en hoja tomada con MOC. Aspecto general de hoja de *Camelia* sp. En la zona de la lámina de la hoja se observa parénquima en empalizada y esponjoso. (Cátedra de Botánica)

Las células del parénquima en empalizada tienen formas cilíndricas, alargadas, con espacios intercelulares angostos y abundantes cloroplastos, en tanto las células del parénquima esponjoso que presentan formas lobuladas, con cloroplastos y amplios espacios intercelulares entre ellas.

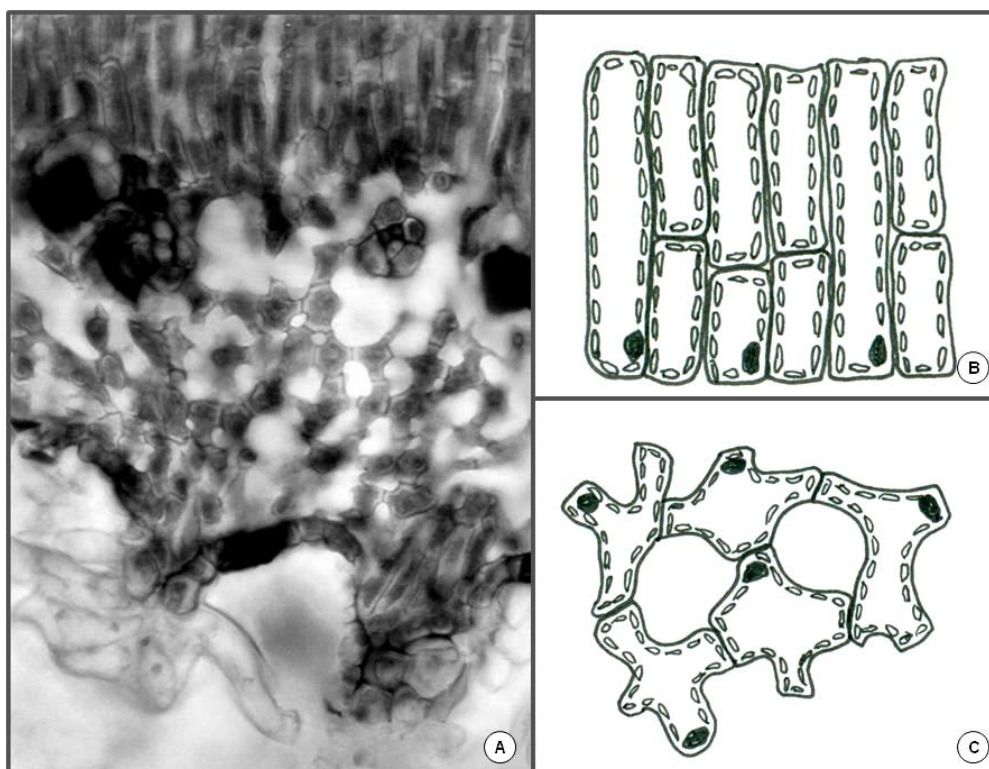


Fig. 9: Tipos de parénquima. A, corte transversal en hoja de *Capparis atamisquea* mostrando parénquima en empalizada y esponjoso; B, esquema de las células del parénquima en empalizada, de forma aproximadamente cilíndrica; C, esquema de las células del parénquima esponjoso, con formas lobuladas. (Martín Montiel)

En los tallos, el parénquima clorofiliano se ubica en la zona cortical.

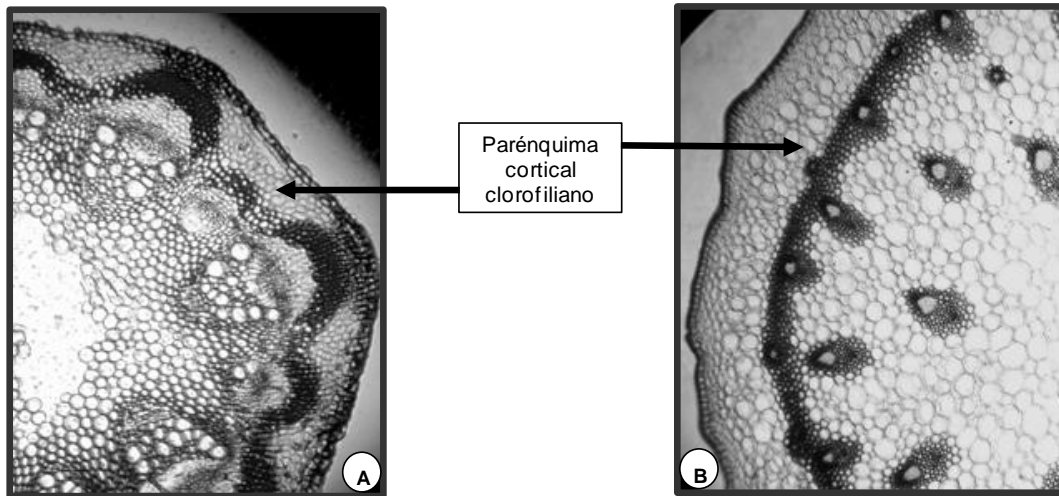


Fig. 10: Microfotografías tomadas con MOC en corte transversal de tallos en crecimiento primario. A, tallo de Dicotiledónea; B, tallo de Monocotiledónea. Parénquima cortical con función de fotosíntesis. (Cátedra de Botánica)

Parénquima de reserva

Formado por células vivas, con paredes primarias que se comunican a través de campo de puntuaciones primarias.

Las células del parénquima de reserva presentan abundantes leucoplastos que tienen la función de almacenamiento de sustancias tales como:

- Almidón, almacenado en Amiloplastos
- Proteínas, almacenadas en Proteinoplastos
- Lípidos, almacenados en Elaioplastos

También las células de este tipo de parénquima pueden almacenar depósitos de calcio, en forma de cristales como rafidios y drusas que se localizan en vacuolas.



Fig. 11: Células parenquimáticas en corte transversal: A, Microfotografía tomada con MOC, detalle de una célula con amiloplastos en papa; B, microfotografía tomada en MEB, detalle de drusa de oxalato de Calcio en tallo primario de *Atriplex* sp. (Cátedra de Botánica - Martín)

El parénquima de reserva abunda en el **endosperma** de las semillas, en los frutos succulentos o carnosos, en los órganos de reserva como tubérculos, rizomas o raíces, en la médula de los tallos y en la corteza de las raíces.

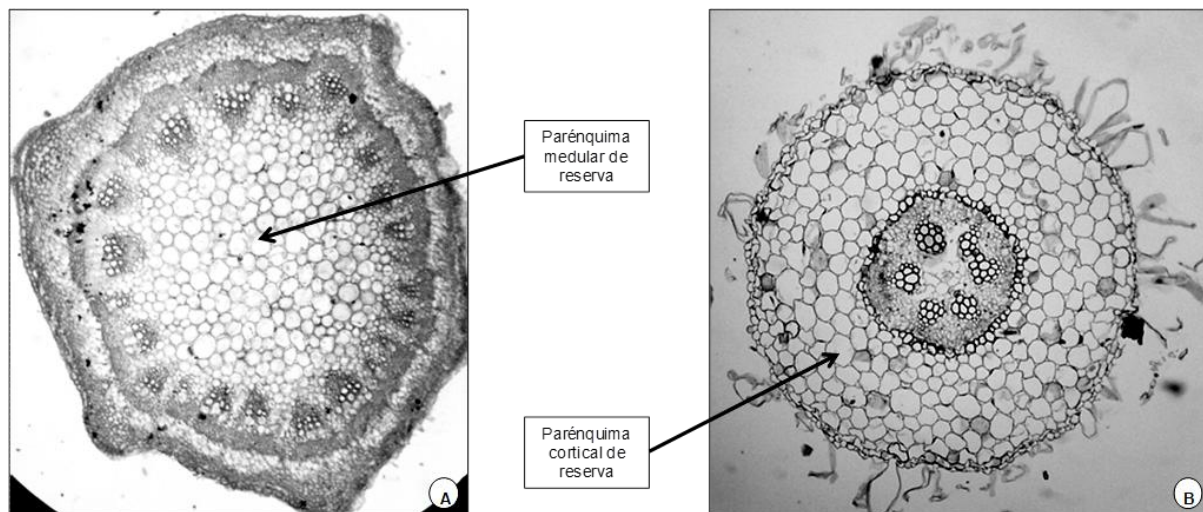


Fig.12: Microfotografías tomadas con MOC en corte transversal. A, tallo de Dicotiledónea en crecimiento primario, con médula parenquimática de reserva; B, raíz de Dicotiledónea en crecimiento primario, con parénquima cortical con función de reserva. (Cátedra de Botánica)

TEJIDOS DE SOSTÉN

Los tejidos de sostén en órganos en crecimiento primario son el colénquima, típico de Dicotiledóneas y el esclerénquima, característico de Monocotiledóneas.

COLENQUIMA

Se origina en el meristemo fundamental.

Este tejido está formado por células vivas, ubicado siempre en posición subepidérmica, con paredes primarias engrosadas, las que se comunican por campo de puntuaciones primarias. Las células colenquimáticas son **anisodiamétricas**, usualmente alargadas.

Su función es brindar sostén en órganos en crecimiento primario de Dicotiledóneas.

El colénquima se clasifica según el lugar donde se deposita el engrosamiento de sus paredes primarias en:

-Colénquima angular: el espesamiento de la pared celular se localiza en los ángulos de las células (en la foto se observa el colénquima angular de posición subepidérmica; en el dibujo, un detalle mostrando el engrosamiento de las paredes).

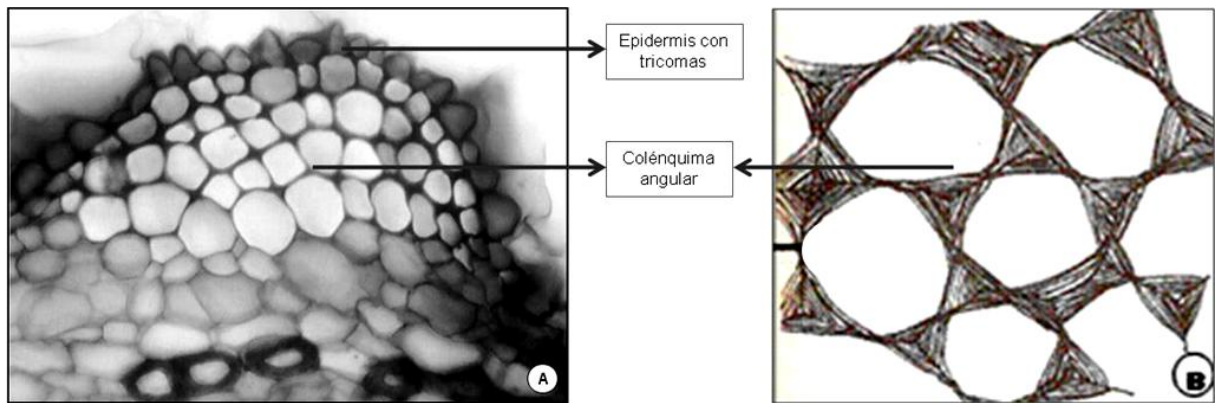


Fig. 13: Microfotografía con MOC de tallo de *Atriplex* sp. en corte transversal. A, epidermis uniestratificada con tricomas y colénquima subepidérmico de tipo angular; B, esquema de colénquima angular. (Martín, Quiroga)

-Colénquima laminar: el espesamiento de la pared celular se localiza en las paredes paralelas a la epidermis del órgano, tal como se observa en la fotografía de la izquierda y detalla a la derecha.

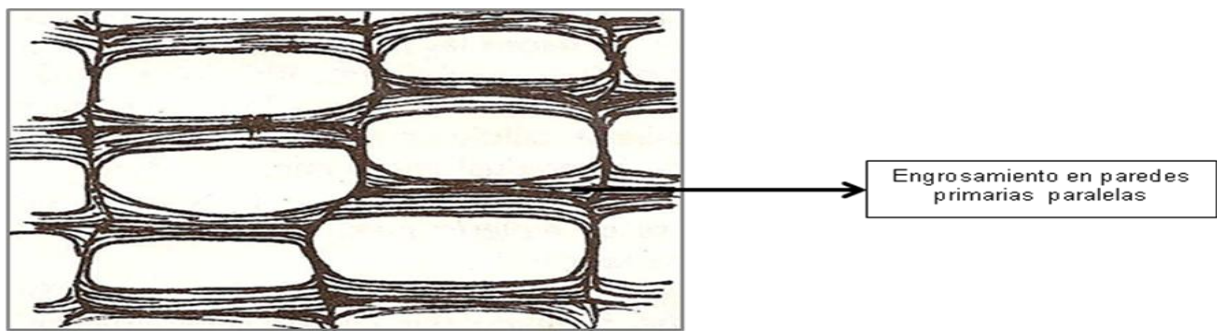


Fig. 14: Esquema de colénquima laminar, mostrando el engrosamiento en paredes primarias paralelas a la epidermis. (Quiroga)

-Colénquima lacunar: el engrosamiento de la pared celular se localiza alrededor de los espacios intercelulares, tal como se detalla en el dibujo que sigue.

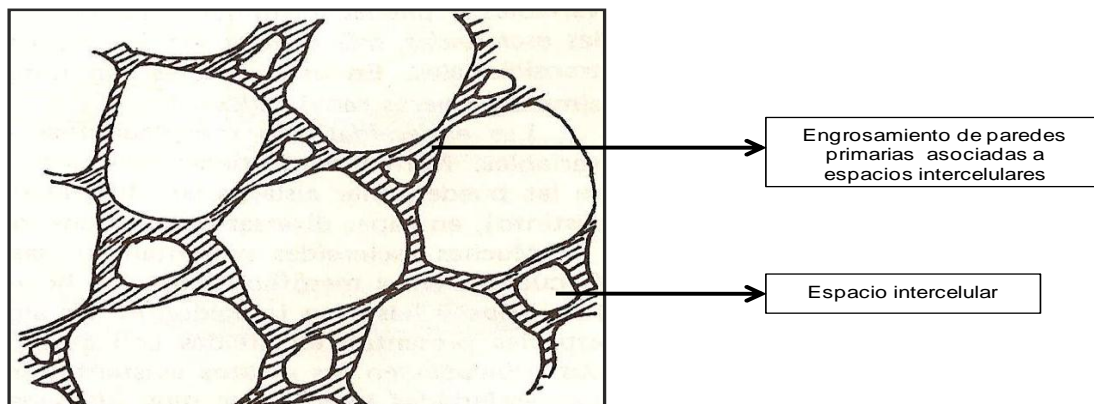


Fig. 15: Esquema de colénquima lacunar, mostrando el engrosamiento en paredes primarias asociadas a espacios intercelulares. (Quiroga)

El colénquima se localiza siempre en posición subepidérmica, tanto en los tallos, de manera continua o discontinua, como en las hojas de Dicotiledóneas a nivel del nervio medio y/o en los márgenes de la lámina de la hoja.

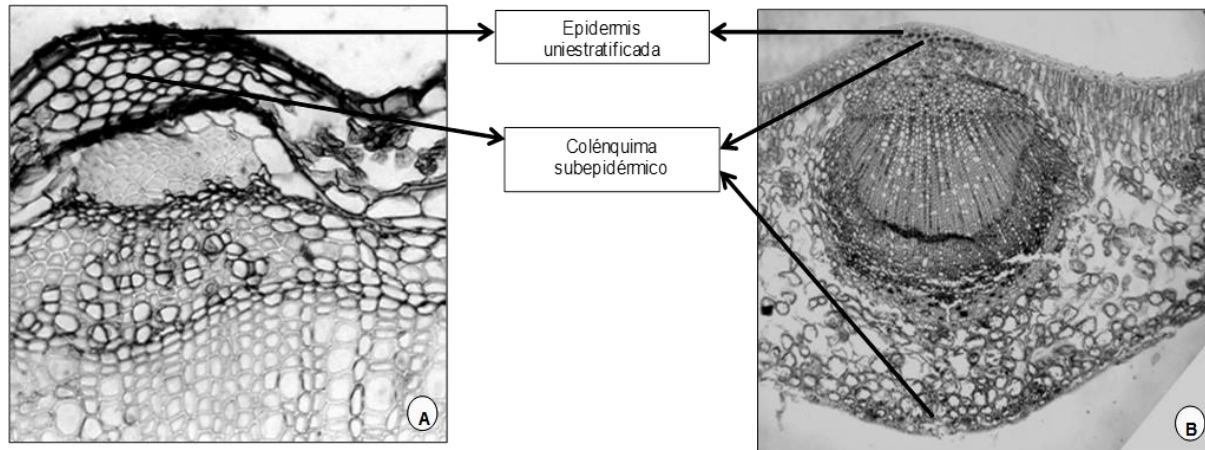


Fig. 16: Microfotografías en corte transversal tomadas con MOC. A. Tallo de Dicotiledónea de *Tessaria* sp. en crecimiento primario, con epidemis uniestratificada y colénquima subepidérmico discontinuo; B. Hoja de Dicotiledónea con colénquima asociado a la vena media hacia ambas epidermis. (Martín - Cátedra de Botánica)

ESCLERENQUIMA

Se origina en el Meristemo fundamental.

Este tejido está formado por células muertas con paredes secundarias lignificadas, que se comunican por **puntuaciones simples**.

Su función es brindar sostén.

Presenta dos tipos de células:

a. Esclereidas: son células cortas, con pared secundaria lignificada, se comunican por puntuaciones simples o simples ramificadas.

Se presentan de formas diversas, por ejemplo, con forma de hueso, osteosclereidas; de estrella, astroesclereidas; más o menos poliédricas, braquiesclereidas y con forma de pelo, tricoesclereidas.

Se encuentran en hojas (Fig. 17 A), frutos y semillas de Monocotiledóneas y Dicotiledóneas, por ejemplo en el clamidocarpo del fruto de pera (Fig. 17 B).

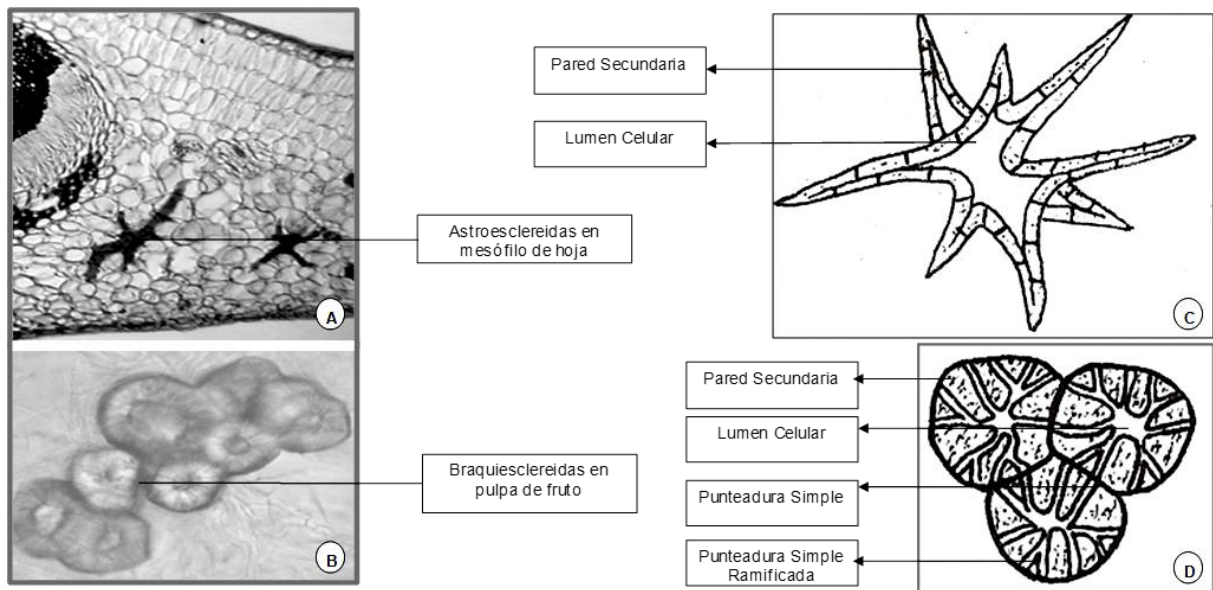


Fig. 17: Microfotografías tomadas con MOC. A. Hoja de Dicotiledónea de *Camelia* sp. en corte transversal con astroesclereidas en el mesófilo; B. Pulpa de fruto de *Pyrus* sp. con braquiesclereidas; C. Esquema de astroesclereidas; D. Esquema de braquiesclereidas. (Cátedra de Botánica - Quiroga)

b.Fibras: son células de forma alargada, con extremos aguzados y pared secundaria lignificada que se comunican por puntuaciones simples. Al estado adulto son células muertas.

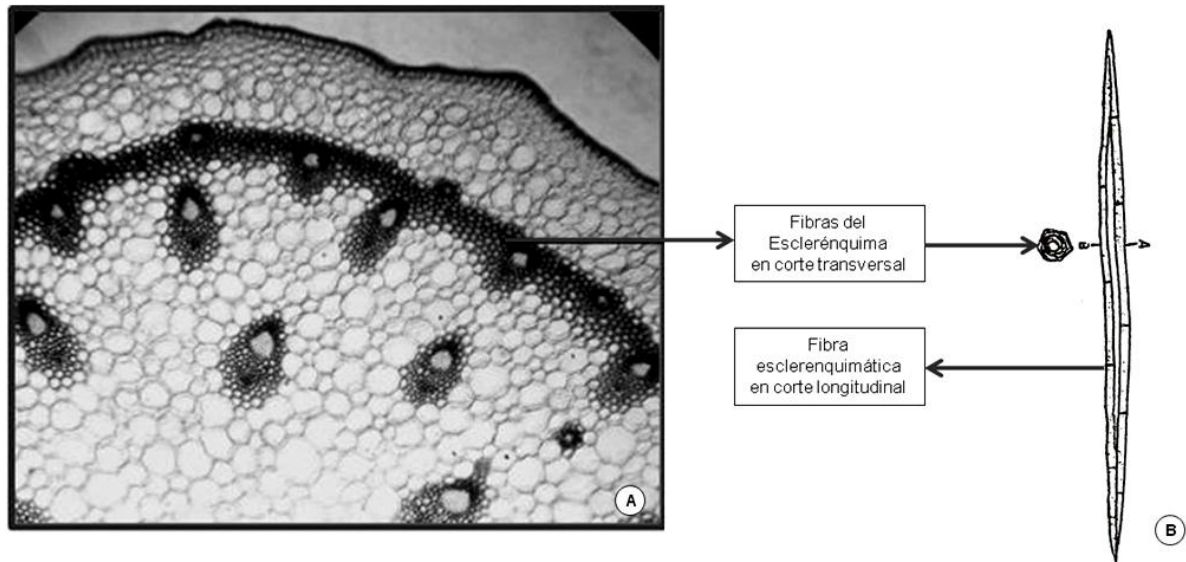


Fig. 18: Microfotografía tomada con MOC. A. Tallo de Monocotiledónea en corte transversal con fibras esclerenquimáticas en posición cortical; B. esquema de una fibra en corte transversal y longitudinal. (Cátedra de Botánica - Quiroga)

El esclerenquima se ubica en los tallos de Monocotiledóneas formando anillos en posición subepidérmica o cortical (Fig. 18) y en las hojas, trabando los haces entre ambas epidermis (haces trabados) o sólo a una epidermis (haces semitrabados).

TEJIDOS DE CONDUCCIÓN

Los tejidos de conducción son el xilema y el floema, que en crecimiento primario ambos tejidos se originan del meristemo llamado procambium.

XILEMA y FLOEMA

El xilema es el tejido que conduce el agua (con sales minerales disueltas en ella), mientras que el floema conduce los fotosintatos (productos de la fotosíntesis).

Se dice que los tejidos de conducción son tejidos complejos, porque están formados por tres tipos diferentes de células:

a. Células de conducción: En el xilema, son los miembros de vasos. En el floema, son los elementos de tubos cribosos.

b. Células de sostén: fibras

c. Células de reserva: células parenquimáticas

Miembros de Vasos: Son las células conductoras del xilema de Angiospermas.

Son células muertas, con pared primaria y espesamientos de paredes secundarias de diversas formas: anillados, helicados laxos, helicados densos, reticulados y punteados.

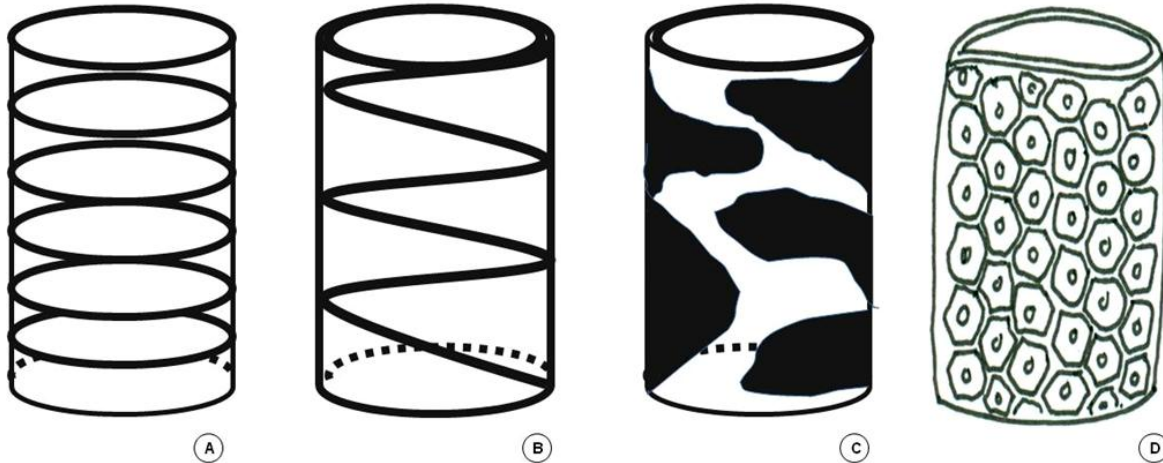


Fig. 19: A-D, Esquemas de distintos tipos de miembros de vaso: A, Miembro de vaso anillado; B, Miembro de vaso helicado; C, Miembro de vaso reticulado; D, Miembro de vaso punteado. (Martín)

Los miembros de vaso se comunican longitudinalmente por láminas de perforación que pueden ser simples o compuestas, en tanto que los miembros de vaso punteados se comunican lateralmente por punteaduras areoladas y longitudinalmente por láminas de perforación simples o compuestas.

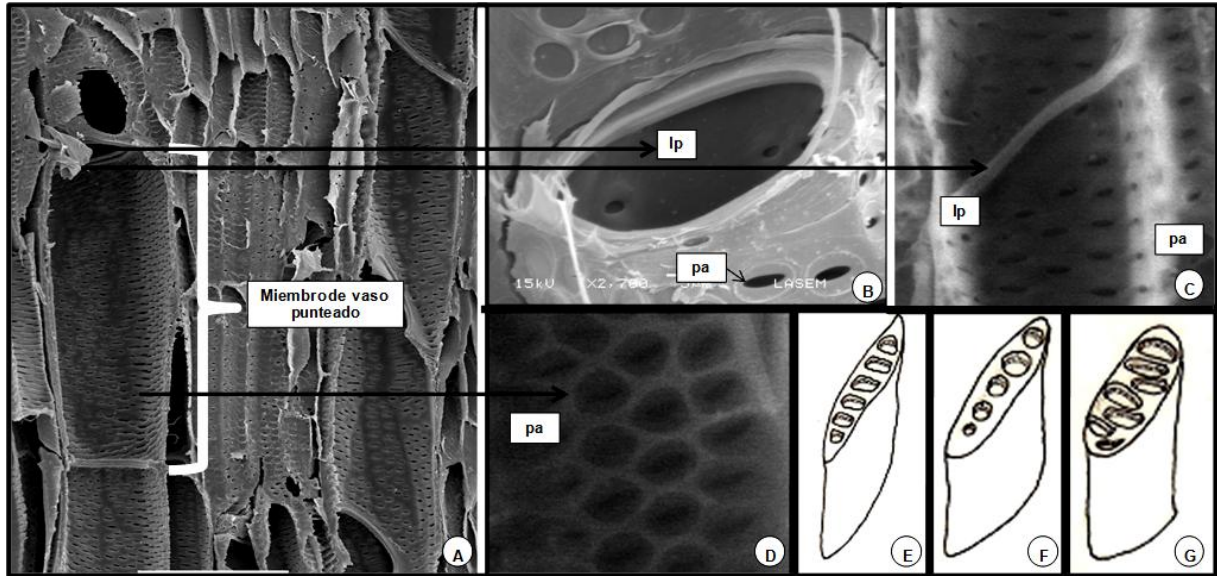


Fig. 20: A-D, microfotografías con MEB; E-G: esquemas de miembros de vaso: A, Corte longitudinal de xilema secundario de tallo de Dicotiledónea, mostrando miembros de vaso punteados; B. lámina de perforación simple vista en profundidad, detalle; C. lámina de perforación simple vista en perfil; D. Punteaduras areoladas, detalle; E. lámina de perforación compuesta escalariforme; F. lámina de perforación compuesta efedroidea; G. lámina de perforación compuesta escalariforme. En todos los casos son láminas oblicuas por la posición. lp: lámina de perforación; pa: punteadura areolada. (Martín - Quiroga)

A modo de resumen y como ejemplo tomamos un miembro de vaso anillado que tiene las siguientes partes:

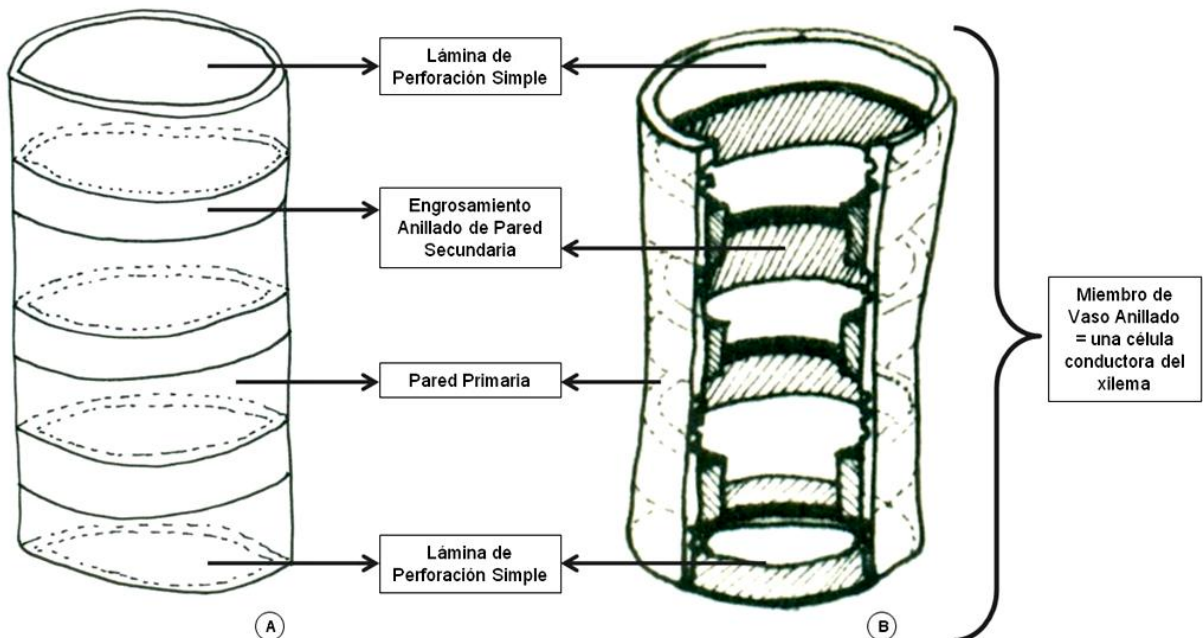


Fig. 21: Partes de un miembro de vaso anillado del xilema primario. A. Vista longitudinal externa; B. con un corte longitudinal para observar el aspecto interno. (Martín - Quiroga)

Elemento de Tubo criboso

Es la célula de conducción típica del floema de **Angiospermas**.

El conjunto de elementos de tubos cribosos constituyen el tubo criboso por donde circulan los fotosintatos.

Son células vivas que al llegar a la madurez tienen paredes primarias pero pierden su núcleo.

Al no presentar núcleo al estado adulto, el metabolismo de estas células depende de la/s célula/s acompañantes de tipo parenquimática con la que se comunica lateralmente por áreas cribosas.

Longitudinalmente, los elementos de tubos cribosos se comunican por placas cribosas.

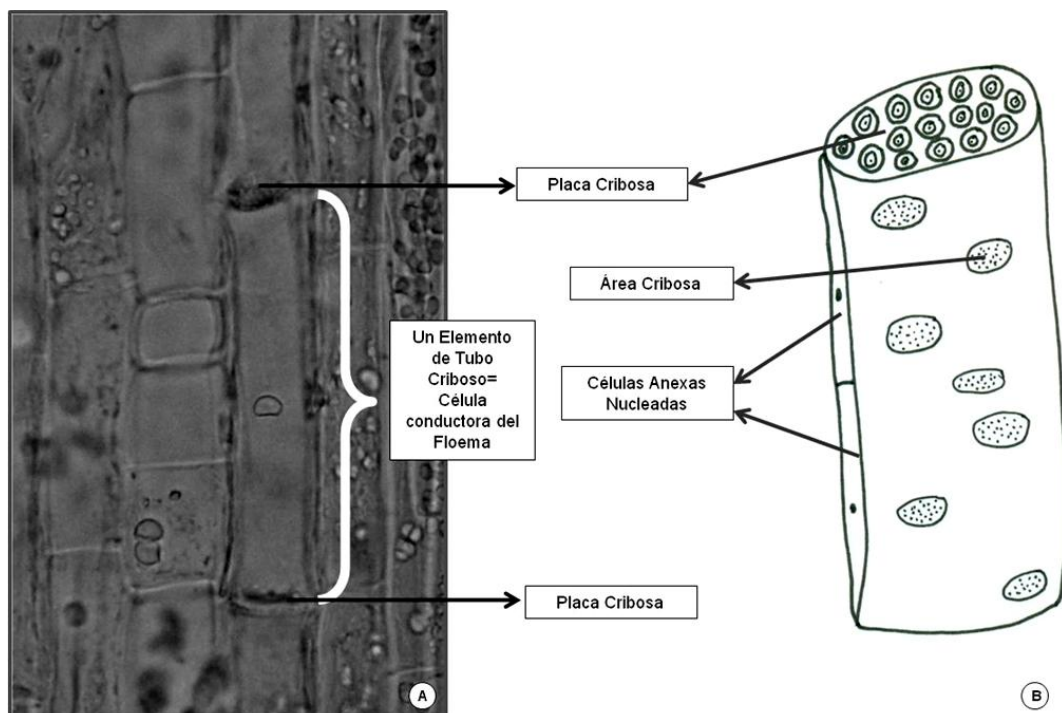


Fig.22: Partes de un elemento de tubo criboso. A. Microfotografía del floema tomada con MOC, mostrando los tubos cribosos formados por elementos de tubo criboso (llave blanca); B. Esquema de un tubo criboso, célula con pared primaria anucleada al estado adulto. Se indican las comunicaciones longitudinales por medio de placas cribosas y las laterales por áreas cribosas, y presencia de célula/s acompañantes nucleadas. (Cátedra de Botánica - Martín)

Tanto en el Xilema como en el Floema se encuentran células de reserva y células de sostén.

b.Células parenquimáticas: Son células de reserva, vivas al estado adulto, con paredes primarias que se comunican por campo de **puntuaciones primarias**. Son de formas regulares, alargadas. Su función es la de almacenar diversas sustancias como el almidón, aceites, taninos, y cristales.

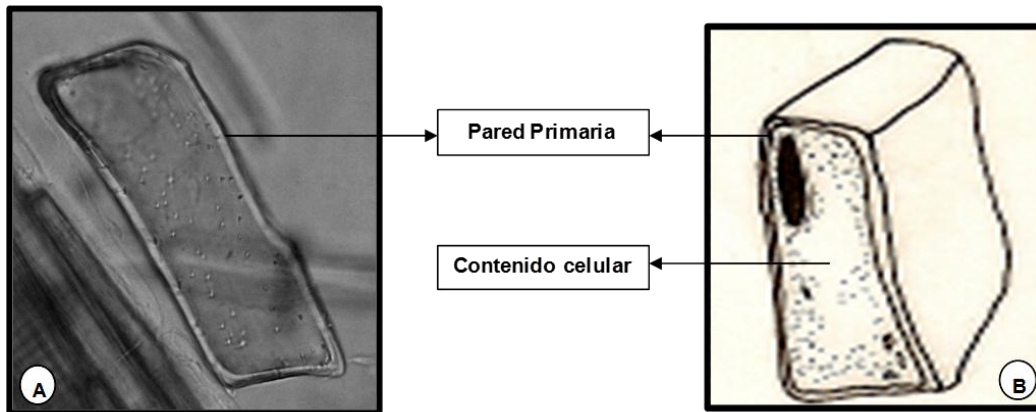


Fig. 23: Detalle de una célula parenquimática del xilema. A. Microfotografía con MOC; B. Esquema de la misma. (Cátedra de Botánica - Quiroga)

c.Fibras: son las células de sostén del xilema y del floema; como ya se explicó, las fibras esclerenquimáticas son células muertas al estado adulto con paredes secundarias lignificadas que se comunican por **puntuaciones simples**. Son de forma alargada con extremos aguzados. Su función es la de brindar sostén y resistencia, en este caso asociadas a los tejidos de conducción.

Se originan del procambium, al igual que todas las células del xilema y del floema primarios.

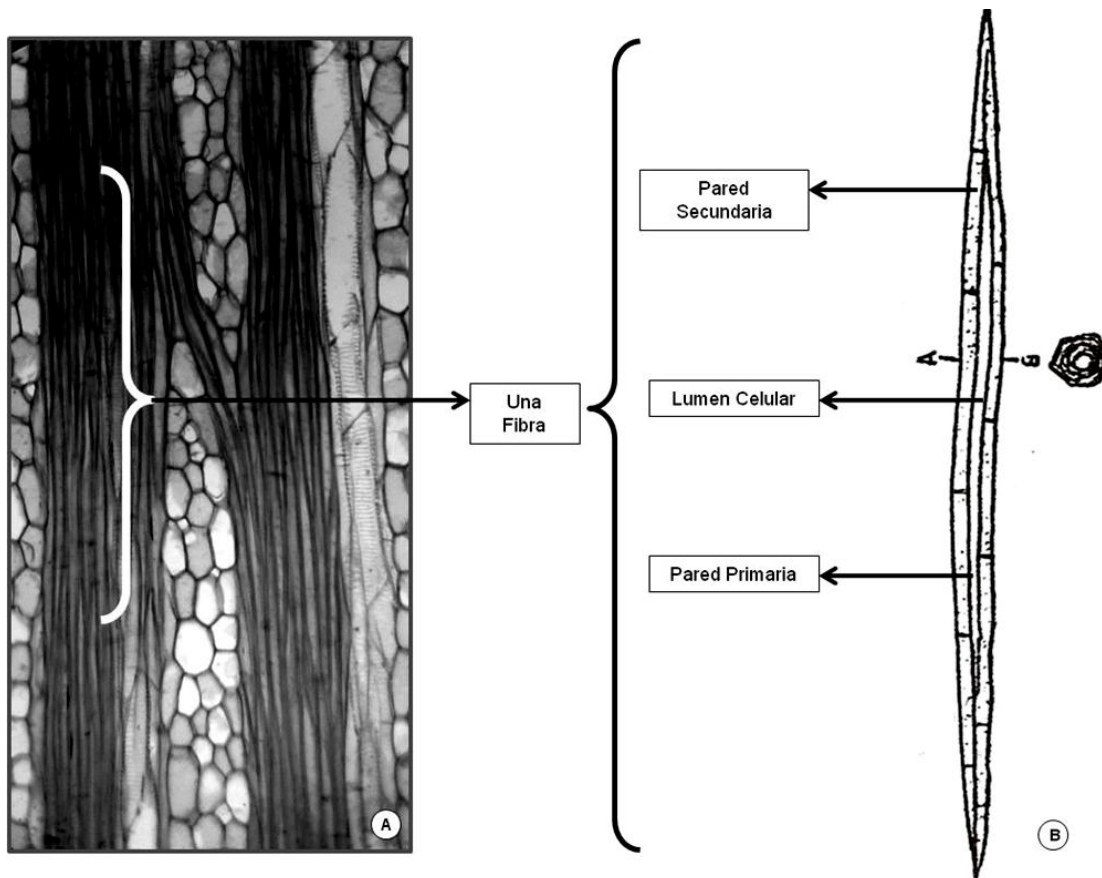


Fig. 24: Fibras. A. Microfotografía con MOC de un paquete de fibras del xilema secundario donde se señala una (llave blanca); B. Esquema de la misma, indicando todas sus partes. (Cátedra de Botánica - Quiroga)

Los tejidos de conducción, en órganos en crecimiento primario, se ubican de la siguiente manera:

En la raíz se encuentran en el cilindro central en forma de cordones alternados.

En la hoja se ubican en los haces de conducción de la vena principal y secundarias, con el xilema orientado a la cara **adaxial** y el floema hacia la **abaxial**.

En tallo se ubican en haces de conducción con el xilema hacia dentro y el floema hacia fuera.

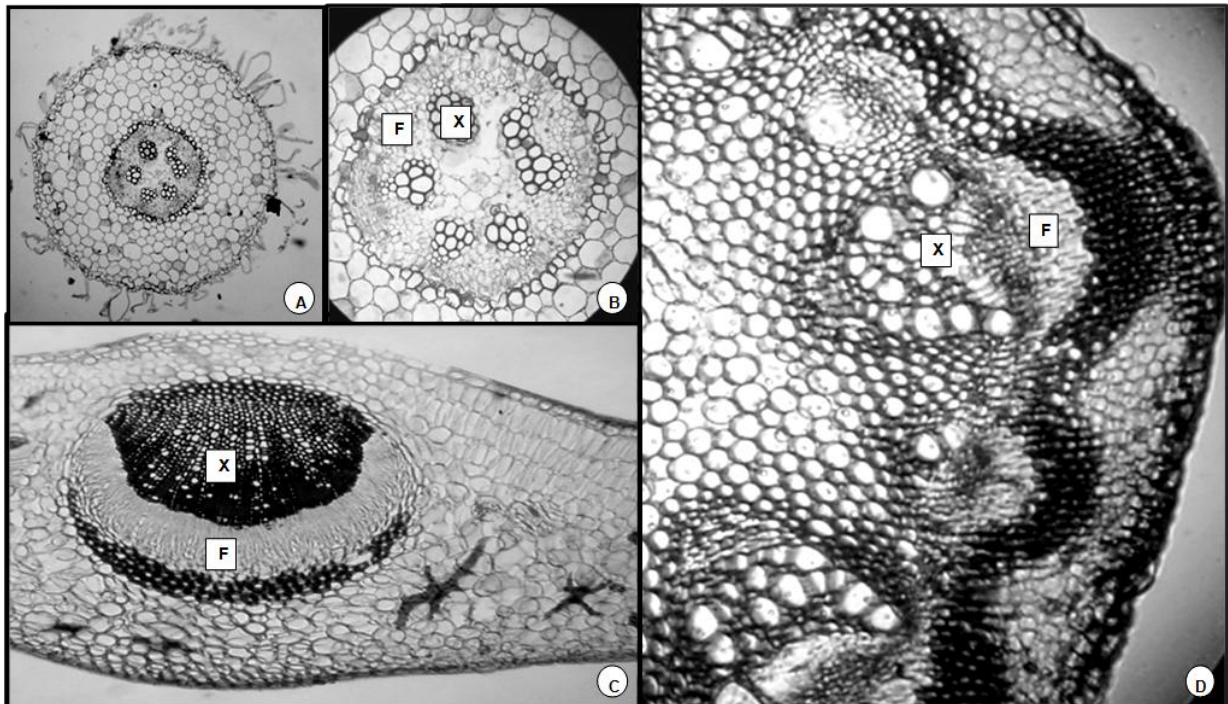


Fig.25: Microfotografías con MOC, para ubicar la posición del xilema y floema en el cuerpo primario de la planta. A. Raíz de Dicotiledónea; B. Detalle del cilindro vascular de raíz; C. Hoja de Dicotiledónea; D. Tallo de Dicotiledónea. X: xilema; F: floema. (Cátedra de Botánica)

Los haces vasculares presentes en el tallo en crecimiento primario pueden clasificarse según la presencia o ausencia de procambium remanente en: 1) haces colaterales abiertos en Dicotiledóneas y 2) haces colaterales cerrados en Monocotiledóneas.

1) Haz Colateral Cerrado

El haz colateral cerrado es típico de **Monocotiledóneas**, grupo taxonómico donde las plantas allí ubicadas, en general, no pasan a crecimiento secundario. No presentan **procambium** entre el xilema y el floema. Los haces se disponen en varios anillos concéntricos formando una **Atactostela**.

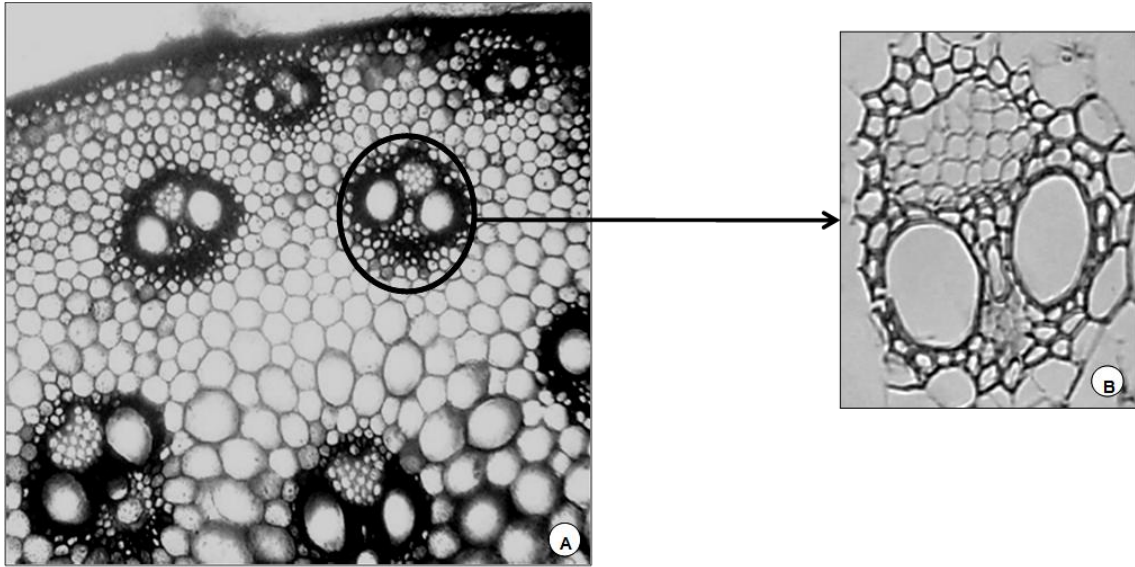


Fig. 26: Microfotografías con MOC en corte transversal de tallo de Monocotiledónea. A. Tallo de Monocotiledónea con haces vasculares cerrados dispuestos en atactostela; B. Detalle del haz colateral cerrado. (Cátedra de Botánica)

Haz Colateral Abierto

El haz colateral abierto es típico de Dicotiledóneas que en general pasan a crecimiento secundario. Presenta procambium entre el xilema y el floema. Los haces se disponen formando un anillo concéntrico, que delimita la médula hacia el centro, formando una **Eustela**.

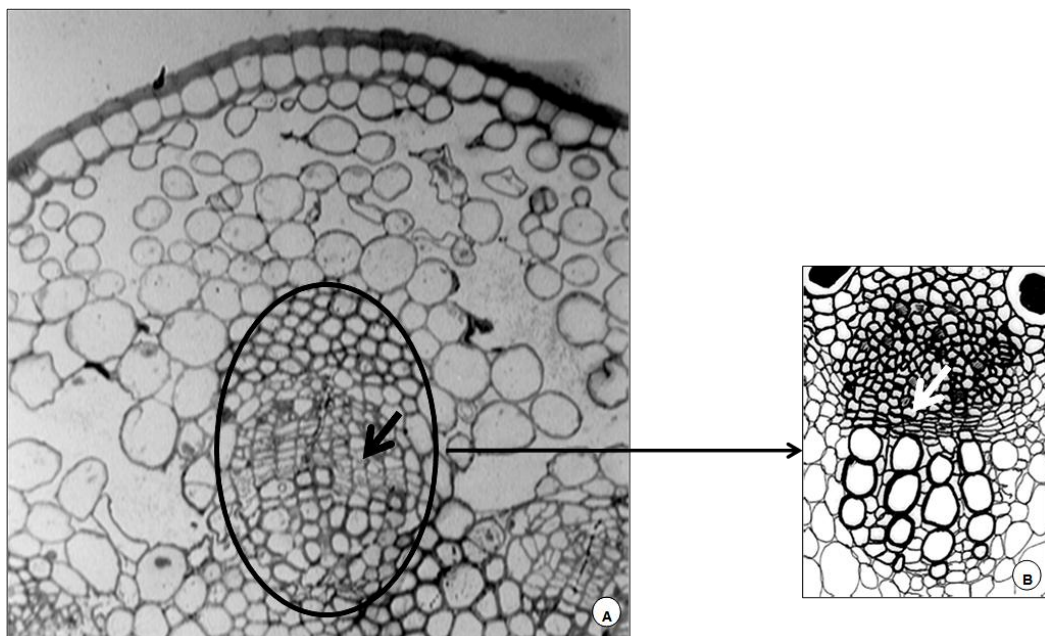


Fig. 27: Microfotografías con MOC en corte transversal de tallo de Dicotiledónea. A. Tallo de Dicotiledónea con haces vasculares abiertos (flecha) dispuestos en eustela; B. Detalle del haz colateral abierto con procambium entre xilema y floema (flecha). (Martín - Quiroga)

LOS TEJIDOS EN EL CUERPO SECUNDARIO DE LAS PLANTAS

Las plantas que presentan crecimiento secundario son las Dicotiledóneas (Angiospermas) y las Gimnospermas (cabe aclarar que algunas Dicotiledóneas permanecen en crecimiento primario durante todo su ciclo de vida).

Ya se ha mencionado anteriormente (Apunte Meristemos) que los meristemos secundarios son el Felógeno y el Cambium Vascular. Ambos se originan a partir de tejidos primarios adultos, que se encuentran en el crecimiento primario del tallo de Dicotiledónea y que retoman su capacidad de dividirse.

Felógeno

Es el meristemo secundario más externo. Formado por células vivas de paredes primarias que se comunican a través de campo de puntuaciones primarias. Está formado por células regulares, achatadas radialmente, muy vacuolizadas.

El felógeno se origina a partir de tejidos con células vivas presentes en el tallo en crecimiento primario en Angiospermas - Dicotiledóneas o en Gimnospermas, como por ejemplo: epidermis, colénquima, parénquima e incluso, en algunas especies, a partir de las células parenquimáticas del floema primario.

Este meristemo lateral origina:

Hacia el exterior origina el súber, tejido que presenta células, cuyas paredes están enriquecidas con suberina. Este tejido protege el cuerpo secundario de la planta de la pérdida de agua por evaporación y transpiración, actuando también como aislante térmico. Hacia el interior del órgano, el felógeno origina células de tipo parenquimáticas, vivas, con paredes primarias, comunicadas por campo de puntuaciones primarias, que constituyen la felodermis o parénquima de la felodermis.

La **Peridermis** es el sistema de protección en crecimiento secundario formado por el conjunto de súber, felógeno y felodermis. En la peridermis se forman las lenticelas, para permitir el intercambio gaseoso. Las lenticelas presentan tejido de relleno formado por células no suberificadas que dejan meatos o espacios intercelulares que posibilitan el intercambio gaseoso.

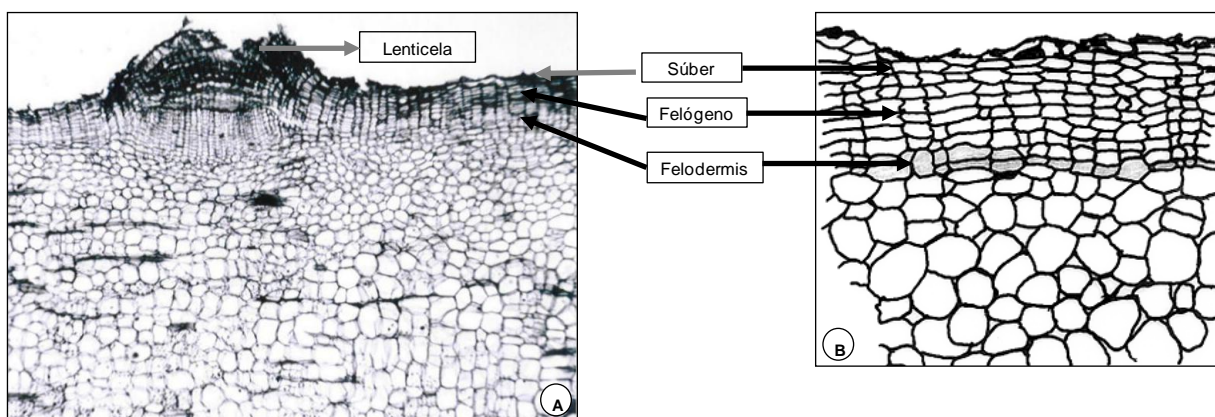


Fig. 28: A. Microfotografías con MOC en corte transversal de tallo secundario de Dicotiledónea con peridermis y lenticela; B. Esquema de peridermis formada de afuera hacia adentro por súber, felógeno y felodermis. (Martín - Quiroga).

Cambium Vascular

Es el meristemo secundario que origina hacia afuera el floema secundario y hacia el interior, xilema secundario.

El cambium, como ya se dijo anteriormente, presenta un origen mixto, esto es, a partir del procambium de los haces colaterales abiertos, también llamado cambium fascicular y por otro lado, desde el parénquima interfascicular, formado por células vivas que retoman la capacidad de división, denominado cambium interfascicular.

En conjunto, el cambium fascicular (procambium) y el cambium interfascicular (parénquima interfascicular) forman el cambium vascular.

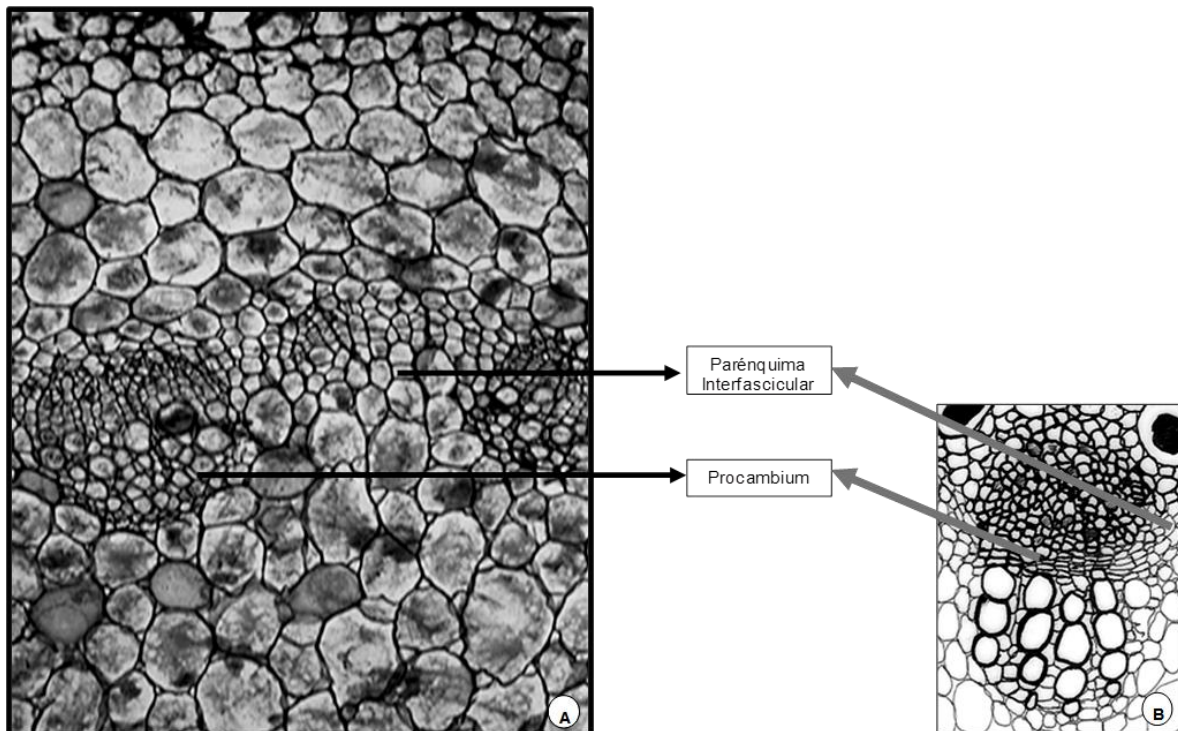


Fig. 29: Formación del Cambium Vascular. A. Microfotografías en MOC en corte transversal de tallo primario de Dicotiledónea con pasaje a crecimiento secundario: presencia de procambium remanente en haces colaterales abiertos y activación de mitosis en parénquima interfascicular; B. Esquema de A. (Martín - Quiroga)

El cambium vascular presenta dos tipos de **células iniciales**:

- a. *Células Iniciales Fusiformes*: con formas alargadas y extremos aguzados.
- b. *Células Iniciales Radiales*: con formas isodiamétricas o cúbicas.

Las células iniciales fusiformes originan todas las células alargadas que constituyen el sistema vertical de xilema y floema secundarios y las células iniciales radiales originan el sistema horizontal o radial del xilema y del floema secundarios.

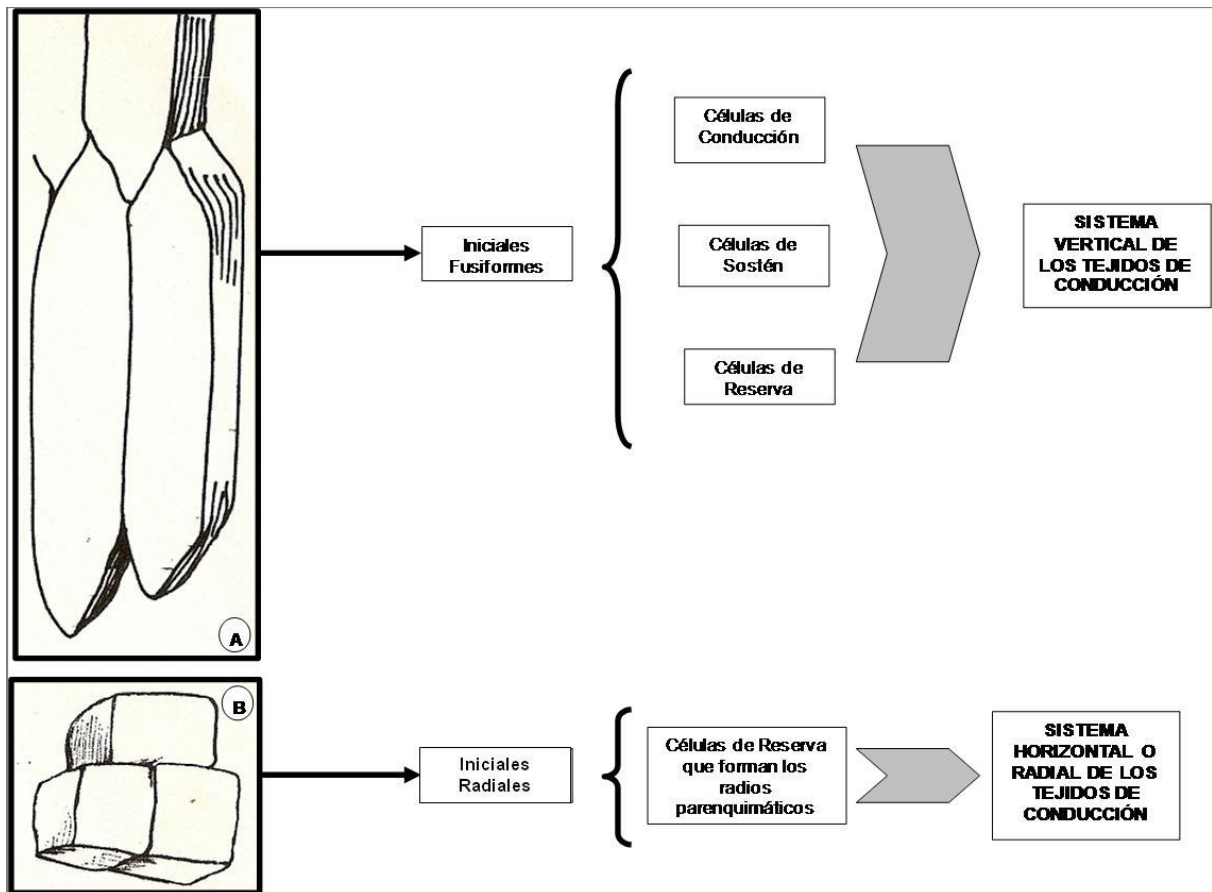


Fig. 30: Cuadro esquemático de los tipos celulares que constituyen los Sistemas Verticales y Horizontales de los tejidos de conducción. (Quiroga - Martín)

Sistema Vertical

Formado por tres tipos de células que constituyen el xilema y el floema secundarios:

a. Células de conducción:

1. Miembros de vasos o tráqueas (en general, en Xilema de Angiospermas)
2. Traqueidas (en Xilema de Gimnospermas - Coníferas)
3. Elemento de tubos cribosos (en general, en Floema de Angiospermas)
4. Células cribosas (en general en Floema de Gimnospermas)

b. Células de reserva:

Células de tipo parenquimática axiales (abundantes en Angiospermas y escasas en Gimnospermas).

c. *Células de sostén:*

Fibras en Angiospermas y fibrotraqueidas en Gimnospermas.

Miembro de Vaso

Son los elementos de conducción de agua, del xilema **secundario de Angiospermas**. A diferencia de los miembros de vasos del xilema primario éstos son siempre **punteados**.

Se comunican lateralmente por **punteaduras areoladas** y longitudinalmente por láminas de perforación.

Traqueida

Son células de conducción del Xilema, constituyen los únicos elementos de conducción de la mayoría de Pteridofitas y Gimnospermas (Coníferas).

Conducen agua y sales minerales disueltas. Son células largas con extremos romos, hasta curvos y ramificados. Presentan paredes secundarias lignificadas y son células muertas al estado adulto. Se comunican lateralmente por puntuaciones areoladas con torus.

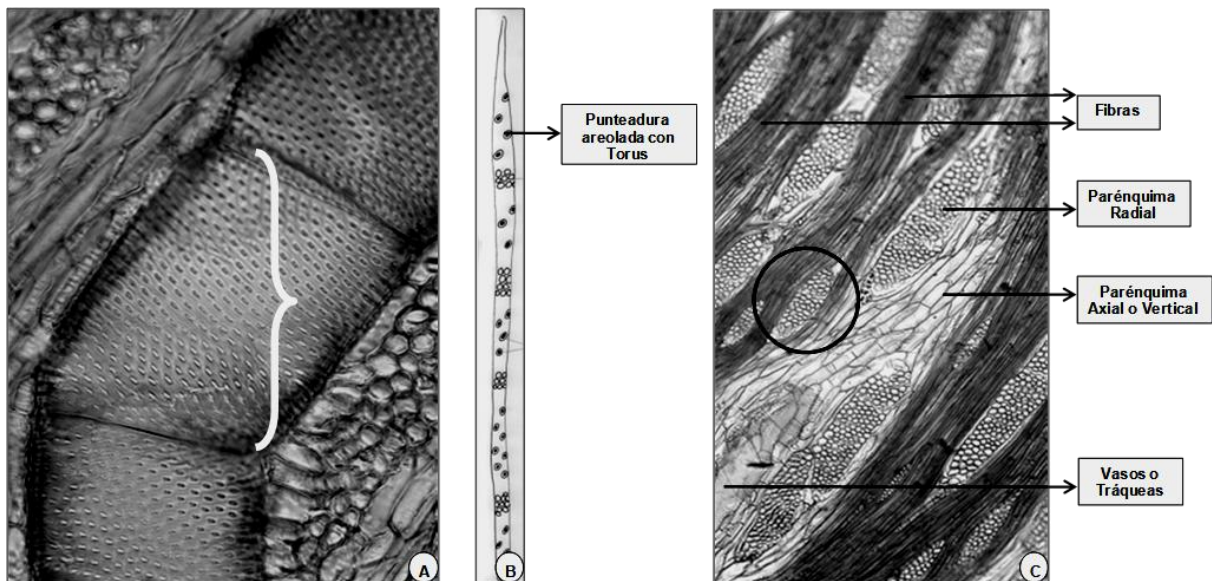


Fig. 31: Xilema Secundario en corte longitudinal tangencial en MOC: A. Tres miembros de vaso punteados en Angiospermas que forman vasos o tráqueas, uno completo (llave blanca); B. Esquema de traqueida, célula conductora del xilema de Gimnospermas con punteaduras areoladas con torus como comunicación longitudinal y lateral; C. Sistema vertical y radial del xilema de Angiospermas, donde se detallan: fibras, células del parénquima axial o vertical y vasos o tráqueas. Presencia de radios parenquimáticos multiseriados (círculo) del sistema radial. (Martín - Quiroga)

Elementos de tubo criboso

Como ya se explicó, los elementos de tubo criboso son las células de conducción de fotosintatos, típicas de las Angiospermas. Son células cortas y anchas con paredes terminales horizontales o poco inclinadas.

Son células vivas con paredes primarias que al llegar a la madurez pierden su núcleo y su metabolismo depende de la célula parenquimática acompañante (que se originó a partir de la misma célula inicial del cambium, en el caso de las Angiospermas) con la que se comunican lateralmente por áreas cribosas. Longitudinalmente se comunican por placas cribosas que pueden ser simples o compuestas y están formadas por plasmodesmos rodeados de calosa.

Células cribosas

Son células vivas que conducen fotosintatos en el floema de Gimnospermas y Pteridofitas.

Poseen forma alargada y delgada con paredes terminales inclinadas. Presentan **paredes primarias**, se comunican a través de áreas cribosas, que son plasmodesmos rodeados de un pequeño cilindro de calosa. Las áreas cribosas se ubican en las paredes laterales de la célula cribosa. Estas células se encuentran asociadas a células albuminosas, que son células parenquimáticas del sistema vertical del floema, ricas en proteínas. Se originan de células iniciales del cambium diferentes a las que originan a las células cribosas.

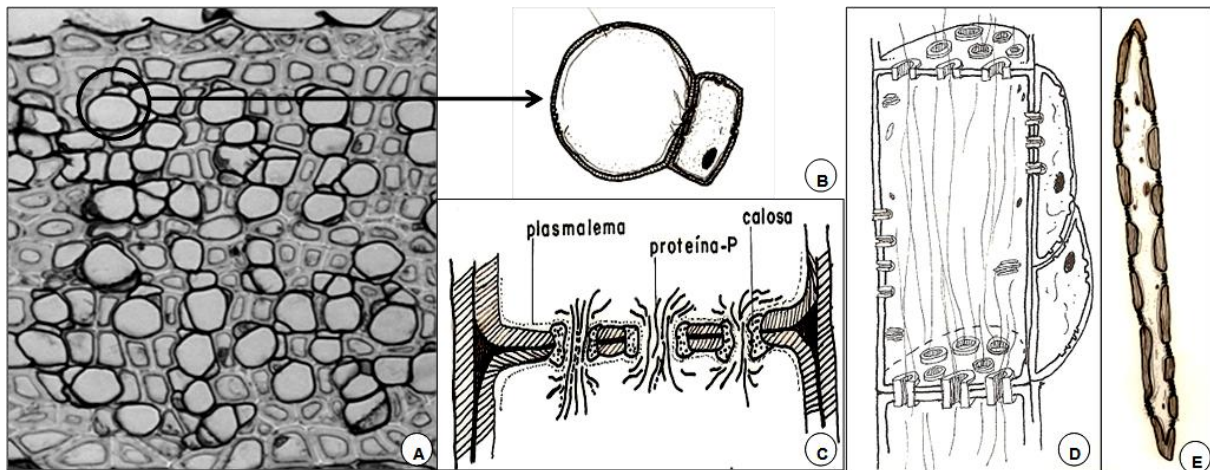


Fig. 32: Floema Secundario: A y B, corte transversal; C-E, corte longitudinal, todo en Angiospermas excepto E. A. Aspecto del floema secundario en MOC; B. Esquema en detalle de un elemento de tubo criboso con célula acompañante; C. Esquema del detalle de la placa cribosa; D. Esquema de tubo criboso con dos células acompañantes; E. Célula cribosa de Gimnospermas. (Martín - Quiroga)

FIBRAS

Las fibras del xilema secundario se clasifican de la siguiente manera:

a. Fibras libriformes:

Son células más largas que las fibrotraqueidas, con paredes más gruesas. Presentan puntuaciones simples. Son células muertas al estado adulto con paredes secundarias lignificadas. Su función es de sostén. Se encuentran en el xilema de Angiospermas.

b. Fibrotraqueidas:

Son células muy semejantes a las traqueidas, consideradas formas celulares de transición entre traqueidas y fibras libriformes. Sus paredes no son tan gruesas como las fibras libriformes. Se comunican por puntuaciones areoladas. Son típicas del xilema de Gimnospermas.

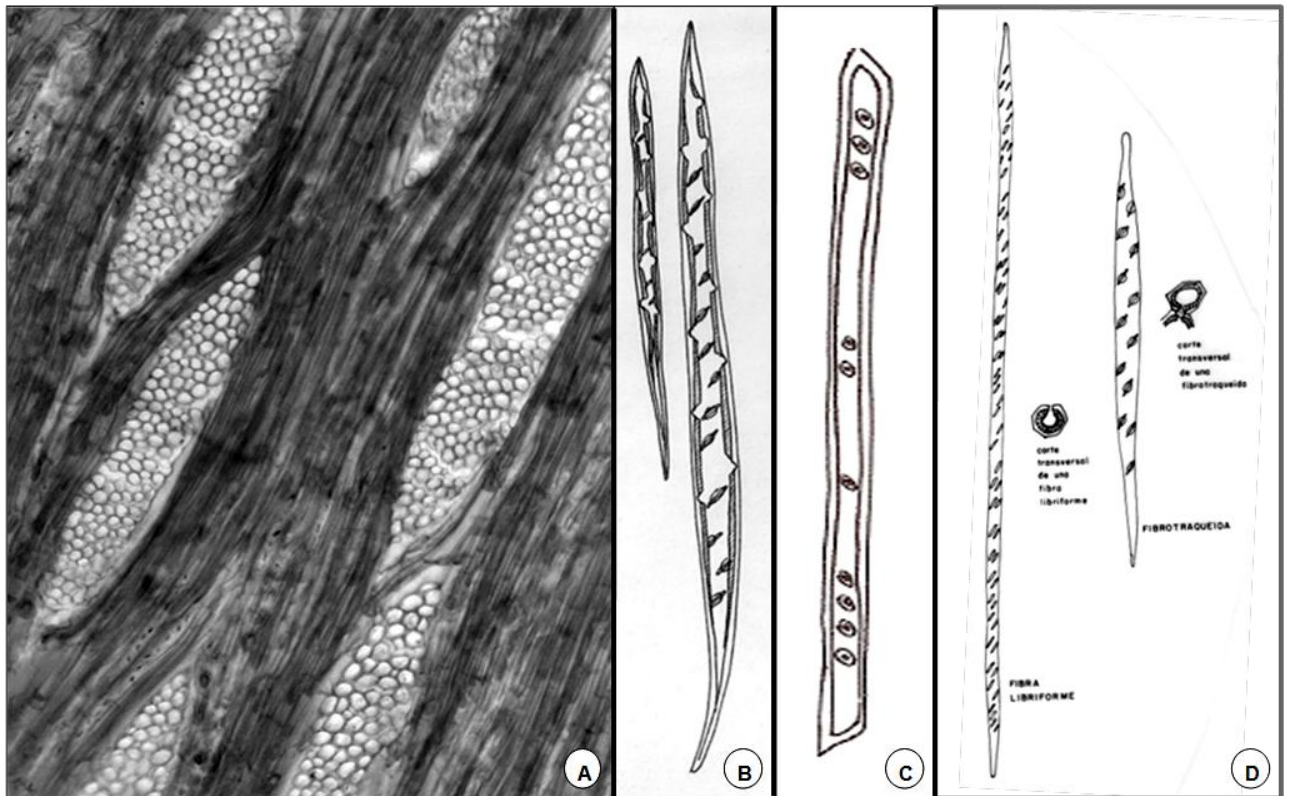


Fig. 33: Distintos tipos de fibras en corte longitudinal. A. Sistema Vertical y Radial del Xilema 2° en Angiospermas fotografiado con MOC; B. Esquema de dos fibras; C. Esquema de una fibrotraqueida en Gimnosperma; D. Esquema de fibra libriforme de Angiosperma y a su lado una fibrotraqueida de Gimnosperma. (Cátedra Botánica - Quiroga)

Células del Parénquima Vertical

Son células vivas con paredes primarias; aunque también pueden presentar pared secundaria lignificada. Se comunican por **puntuaciones simples**. Son de formas regulares, alargadas.

Su función es la de reserva de diversas sustancias como almidón, aceites, taninos, cristales. La cantidad de parénquima axial varía en las especies, siendo muy pobre en Gimnospermas.

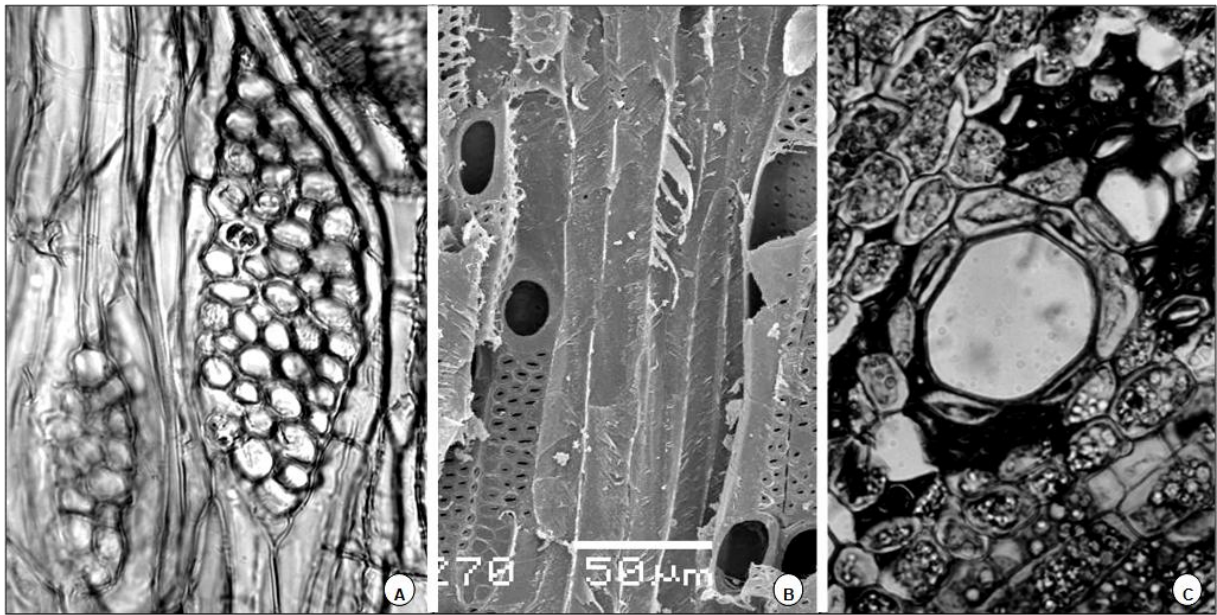


Fig. 34: Parénquima del Sistema Vertical: A, B, en corte longitudinal, en C, corte transversal; A y C, tomadas con MOC, B, con MEB. A. Parénquima del sistema Vertical y Radial, B. Células parenquimáticas entre vasos del xilema; C. Vaso del xilema rodeado por células parenquimáticas del sistema vertical. Se aprecian también paquetes de fibras y células parenquimáticas radiales con amiloplastos. (Cátedra de Botánica - Martín)

Sistema Horizontal

El sistema horizontal está constituido por los radios xilemáticos y floemáticos. Los primeros atraviesan el xilema secundario y los últimos atraviesan el floema secundario. Los radios están formados por células parenquimáticas que se originan de las células iniciales radiales del cambium vascular.

La función de los radios parenquimáticos es la de almacenamiento de diversas sustancias: almidón, aceites, taninos, cristales. Según el número de células que se observan en el corte transversal, pueden ser **uniseriados**, **biseriados** o **multiseriados**.

En Angiospermas, en general, son biseriados o multiseriados y en Gimnospermas, los radios son uniseriados.

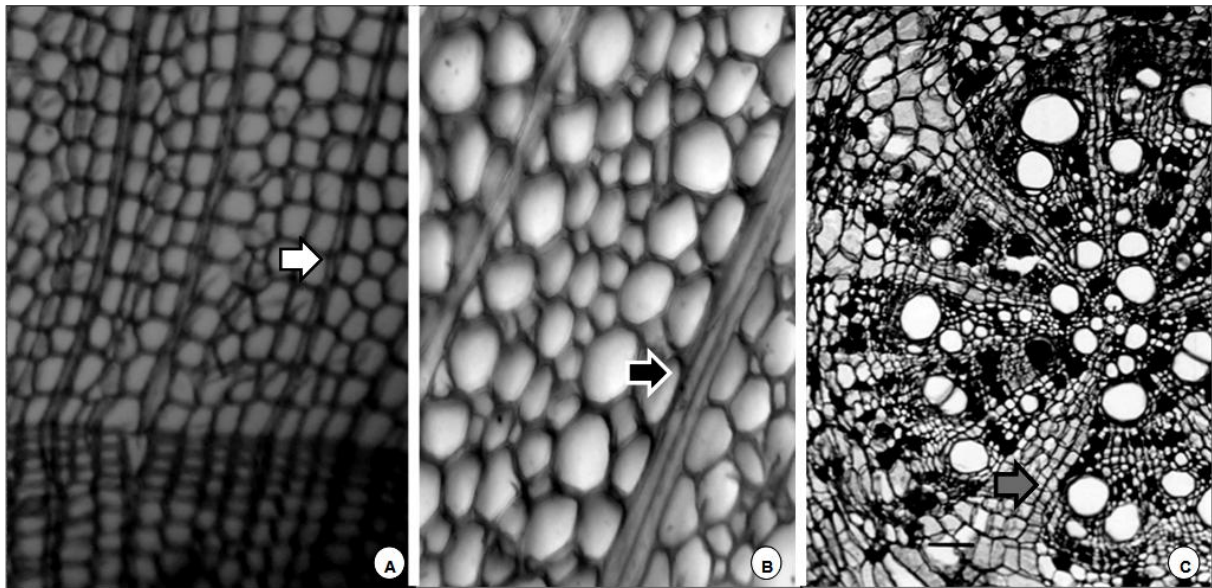


Fig. 35: Sistema Radial u Horizontal. A. Radios uniseriados en Gimnospermas; B. Radios biseriados en Angiospermas; C. Radios multiseriados en Angiospermas. (Cátedra de Botánica - Martín).

GLOSARIO

Abaxial: En el caso de las hojas, es la superficie inferior, opuesta a la exposición al sol.

Adaxial: En el caso de las hojas, es la superficie superior, es decir, expuesta al sol.

Anisodiamétricas: Son células en las cuales el largo predomina sobre el ancho y el espesor.

Aparato estomático: Es la estructura compuesta por dos células oclusivas y sus células acompañantes, presente en la epidermis de los órganos en crecimiento primario, permite y regula el intercambio gaseoso, incluyendo la evapotranspiración

Área cribosa: Comunicación celular típica de las células conductoras del floema, localizadas en la pared primaria y formada por un conjunto de plasmodesmos tapizados por calosa.

Atactostela: Es la distribución de los haces conductores, dispuestos en forma concéntrica en el tejido parenquimático de los tallos de las Monocotiledóneas.

Calosa: Es un polisacárido, que recubre internamente los plasmodesmos de las áreas cribosas y de las placas cribosas de las células conductoras del floema.

Campo de puntuaciones primarias: Es la comunicación celular típica de las células con paredes primarias. Este tipo de comunicación se presenta en las células vivas como las meristemáticas, parenquimáticas, epidérmicas y colenquimáticas.

Clamidocarpo: es el tálamo cóncavo que acompaña al fruto que proviene de flores de ovario ínfero y reviste externamente al mismo. Puede ser coriáceo como en el fruto del girasol o carnoso como en los frutos de pera y manzana.

Cofia: Tejido apical de la raíz que a modo de casquete o vaina, protege al extremo de la misma y evita que los tejidos apicales de la raíz tomen contacto con las partículas del suelo. También es llamada caliptra o pilorriza.

Endosperma: Tejido de reserva, formado como consecuencia de la unión de los núcleos polares de la célula media del saco embrionario y la gameta masculina. Esas reservas son utilizadas por el embrión para la germinación de la semilla.

En las semillas endospermadas o albuminadas el endosperma rodea al embrión y ocupa un volumen importante de la semilla; en las semillas exalbuminadas la reserva se localiza en los cotiledones del embrión.

Estructuras celulares: Son todas aquellas estructuras que están incluidas en el citoplasma de la célula Eucariota, que pueden ser orgánulos formados por una doble membrana o una simple membrana, o bien pueden formar sistema de membranas o redes. Las estructuras formados por doble unidad de membrana son llamados también organoides: presentan en su interior ADN y ARN que le brindan la capacidad de autoduplicarse. Ejemplos: plastidios, núcleo y mitocondrias. Las estructuras rodeadas de una membrana simple almacenan sustancias y enzimas y cumplen con diversas funciones como las vacuolas, los ribosomas y los microsomas (peroxisomas, glioxisomas y esferosomas. Además las estructuras celulares pueden constituir una red de sacos aplanados y vesículas relacionadas entre si constituyendo los Dictiosomas, Retículo Endoplasmático Rugoso, Retículo Endoplasmático Liso.

Eustela: Es la distribución de los haces conductores en forma ordenada, formando un círculo alrededor del tejido parenquimático. Esta distribución se halla principalmente en tallos herbáceos de Dicotiledóneas.

Fotosintatos: Son las sustancias orgánicas producidas en la Fotosíntesis que se distribuyen por toda la planta a través del floema.

Isodiamétricas: Se refiere a la forma de la célula en la cual el largo, ancho y espesor son similares.

Lenticelas: Son protuberancias visibles sobre las ramas de los árboles que presentan una abertura en forma lenticular que permiten el intercambio gaseoso en el crecimiento secundario de la planta. Están constituidas por un tejido de relleno con abundantes espacios intercelulares por los cuales circula el aire con facilidad.

Lumen celular: Cavidad comprendida entre las paredes celulares de una célula. **Médula:** Se refiere al tejido parenquimático incoloro, a veces reservante, dispuesto en el centro de un tallo, limitado externamente por los haces vasculares en Dicotiledóneas en crecimiento primario o por xilema secundario en Angiospermas y Gimnospermas en crecimiento secundario.

Mesófilo: Conjunto de tejidos que se hallan entre ambas epidermis de la hoja, formado por parénquima clorofiliano.

Órgano: Parte diferenciada de la planta como raíz, tallo y hoja; formado por sistemas de tejidos y que cumplen una o más funciones diferentes.

Paredes primarias: Es la pared presente en las células que pueden aumentar su tamaño; en ella, las microfibrillas de celulosa se disponen de forma entrecruzada. Químicamente están formadas por un 80% de sustancias pécticas y hemicelulosa y un 20% de celulosa. La pared primaria constituye el límite externo de la célula, por fuera de la membrana plasmática.

Paredes secundarias: Son las paredes que se depositan sobre la pared primaria, hacia dentro de las células, cuando éstas han completado su tamaño. En ella las microfibrillas de

celulosa muestran una orientación paralela definida. Químicamente está formada por ochenta por un 80% de celulosa y 20% de sustancias pécticas y hemicelulosa.

Placa cribosa: Pared celular transversal u oblicua que se ubica en los extremos de los tubos cribosos de Angiospermas y permite el transporte longitudinal de fotosintatos.

Placa de perforación: Abertura en la pared celular transversal u oblicua, que puede presentar una sola perforación o varias. Se ubican en el extremo de los miembros de vasos de Angiospermas y permiten el transporte de agua y sales minerales a lo largo del vaso o traquea.

Plasmodesmos: Conexiones citoplasmáticas entre dos células vivas contiguas a través de un poro en la pared celular. Cada poro de la pared está tapizado por membrana plasmática, es atravesado por citoplasma y presenta porciones del retículo endoplasmático.

Punteadura areolada: Este tipo de comunicación se produce en las paredes secundarias lignificadas de los miembros de vasos y las fibrotraqueidas. La pared secundaria se arquea formando un resalto circular o elíptico en cuyo centro aparece el orificio del pequeño canal de la punteadura como rodeado de una areola.

Punteadura areolada con torus: Es la punteadura areolada en las que las paredes primarias están engrosadas en su parte central en forma de disco biconvexo que se llama torus. Este tipo de comunicación se presenta en la traqueidas de Gimnospermas.

Puntuaciones simples: Es la comunicación que se presenta en células con paredes secundaria en la cual la pared termina abruptamente o no hay depósito de materiales en la región del campo de puntuaciones primarias. Este tipo de comunicación es típica de las fibras.

Radios: Son cada una de las series radiales de células parenquimáticas que se originan de las células iniciales isodiamétricas del cambium vascular. En sección transversal del tallo o de la raíz se observan atravesando el Xilema y el Floema secundario.

Raíces reservantes: Son raíces modificadas para el almacenamiento de sustancias como en el caso de la zanahoria y la batata. Interiormente tienen muy desarrollado el tejido parenquimático de reserva.

Rizomas: Son tallos modificados de crecimiento subterráneo, que presentan entrenudos cortos, hojas modificadas a escamas membranosas y raíces adventicias. En la época favorable se produce la brotación de las yemas que producen ramificaciones aéreas, por ejemplo en caña de castilla.

Tubérculos: Son tallos modificados de crecimiento subterráneo, engrosados, ricos en sustancias de reserva (almidón e inulina) presentan yemas que facilitan su brotación en épocas favorables; por ejemplo en la papa.

Traqueófitas: Son las plantas caracterizadas por la presencia de tejidos de conducción como las traqueidas en Pteridófitas (Helechos) y Gimnospermas o miembros de vasos o traqueas en Angiospermas.

EJERCICIOS PARA AUTOEVALUACIÓN

1.- El tejido parenquimático se encuentra presente en todo el cuerpo de la planta, sin embargo, se diferencia por sus funciones.

- ¿Cuáles son esas funciones?
- Menciona órganos vegetales donde se encuentre cada uno de esos parénquimas.
- Nombra ejemplos de plantas y de órganos que presenten – sin dudas – esos tipos de parénquimas.

2.- Decimos que los tejidos de conducción son tejidos complejos.

- ¿Cuáles son los tejidos de conducción y qué conduce cada uno?
- Enumera las células que componen cada uno de ellos.
- Justifica por qué se los denomina “complejos”.

3.- En las plantas podemos encontrar dos tipos de tejidos de sostén, de acuerdo a ello, analiza y responde:

- ¿Cómo se llaman esos tejidos?
- Enumera tres características que permitan diferenciarlos, relacionadas con el tipo de pared celular, sus comunicaciones y presencia o ausencia de enriquecimientos.
- ¿Cuál de ellos tiene pared plástica y cuál tiene pared elástica?

4.- Observa las fotografías que corresponden a cortes transversales de tallos en crecimiento primario, analiza y responde:

- ¿De qué tipo de plantas se tratan?
- ¿Ambas tienen los mismos tejidos de sostén?
- ¿Cómo se llaman dichos tejidos y qué características tienen?

5.- Realiza el mismo ejercicio de observación para la fotografía que corresponde al corte transversal de una hoja, analiza y responde:

- ¿Cómo se llama el tejido que cubre ambas superficies de la hoja?
- ¿Qué función cumple dicho tejido?
- ¿Cuál es la función de las hojas que les permite sintetizar moléculas de glucosa?
- ¿En qué tejido se localiza esa función?
- ¿Qué estructuras celulares deben contener las células de ese tejido para facilitar la función?
- ¿Por qué decimos que esa función permite la vida sobre el planeta?

Bibliografía:

- CURTIS H. Y N. BARNES. 1993. Biología Panamericana. Buenos Aires
- CUTLER, D. F. 1987. Anatomía Vegetal Aplicada Librería Agropecuaria Bs. As.
- D'AMBROGIO DE ARGÜESO. 1986. Manual de técnicas en histología Vegetal. Hemisferio Sur Bs. As.
- ESAU, k. 1982. Anatomía de las Plantas con semilla. Hemisferio Sur Buenos Aires.
- FHAN, A. 1982. Anatomía Vegetal Pirámide Madrid.
- GOLA, G. et al. 1973. Tratado de Botánica Labor
- KROMMENHOEK, W, J. SEBUS, G. J. VAN ESCH. 1986. Atlas de Histología Vegetal Ed. Marban. Madrid España.
- METCALFE AND L. CHALK. 1950. Anatomía de las Dicotiledóneas Volúmen I y II Ed. Oxford.
- NULTSH, W. 1975. Botánica General. Omega. Barcelona.
- PURVES, W. D. SADAVA, G. ORIAN, H. CRAIG HELLER. 2003. Vida. La ciencia de la Biología. Ed. Panamericana.
- PÉREZ DE BIANCHI, S. 2003. Notas sobre Tejidos. Botánica General. U.N.Sa.
- RAVEN P. y H. CURTIS. 1975. Biología Vegetal. Omega. Barcelona.
- RAVEN P., R.F. EVERT , S.E. EICHHORN. 1991. Biología de las Plantas. Ed. Reverté. Barcelona.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENCK y A. F. SCHIMPER. 1988. Tratado de Botánica. Edición 33 Omega. Barcelona.
- SOLOMON VILLE. 2001. Biología 5° Edición McGraw-Hill.
- VALLA, J.J. 1979. Botánica Morfología de las Plantas Superiores. Hemisferio Sur Buenos Aires.