

Anatomía 1: Anatomía primaria de raíz y tallo

Subunidad B: Raíz.

- Estructura primaria
- Zonas del extremo de la raíz.
- Endodermis. Origen de las raíces laterales y adventicias

Subunidad A: Tallo

- Estructura primaria
 - Haces vasculares;
 - Protoxilema y metaxilema.
 - Protofloema y metafloema.
 - Tipos de haces; concepto de estela
 - Lagunas y trazas foliares.
 - Anatomía primaria del tallo de Pteridófitas, Gimnosp. y Angiosp.
 - Engrosamiento primario
 - Estructura de transición raíz-tallo

Duración de la vida de las plantas

En función del momento de la floración:

PLANTAS **monocárpicas**

son las que florecen sólo una vez y después mueren.

anuales

bienales

plurianuales

PLANTAS **policárpicas** o **perennes**

florecen repetidamente, cada floración al final de cada período de crecimiento

perennes herbáceas

perennes leñosas

Duración de la vida de las plantas

PLANTAS MONOCÁRPICAS

1.1 Anuales :

florece y muere en el primero y único año de su vida.

Ej.: arveja, soja, tabaco, zapallo, zapallito

Glicine max “soja”



Duración de la vida de las plantas

PLANTAS MONOCÁRPICAS

1.2 Bienales:

florece y muere en el segundo año de vida.

Ej.: zanahoria, cebolla, lechuga, remolacha.

Allium cepa “cebolla”



Duración de la vida de las plantas

PLANTAS MONOCÁRPICAS

1.3 Plurianuales:

Demoran varios años hasta florecer, como *Digitalis purpurea*, *Agave* spp. y otras pueden demorar varias décadas o incluso centurias como *Agave americana* (varias décadas a 100 años), *Phyllostachys bambusoides* (120 años) o *Fourcroya gigantea*, (400 años).

Digitalis purpurea



es.wikipedia.org

Chusquea culeou
“caña coligüe”



www.exotic-plants.de

Duración de la vida de las plantas

PLANTAS POLICÁRPICAS O PERENNES

2.1 Perennes herbáceas

La parte aérea muere cada año y quedan sólo los órganos subterráneos.

La parte subterránea puede ser un rizoma, una raíz tuberosa, un sistema de raíces adventicias, o un bulbo; la ramificación puede ser simpodial o monopodial.

Canna sp. "achira"



Duración de la vida de las plantas

PLANTAS POLICÁRPICAS O PERENNES

2.1 Perennes leñosas

La parte aérea no muere después de la floración, se lignifica y soporta condiciones adversas.

Las yemas tienen un período de dormición y reanudan el crecimiento en la próxima estación. Pueden desarrollarse como sub-arbustos, arbustos o árboles

Nerium oleander



Butia yatay



Prosopis flexuosa



Clasificación de las plantas: consistencia

SEGÚN SU CONSISTENCIA

- **Herbáceas:** son aquellas plantas cuyos tallos, independientemente de su tamaño, **no han desarrollado estructuras leñosas (no tienen crecimiento secundario)** por lo que su consistencia es más o menos **blanda, tierna, flexible y jugosa**. A la mayoría se las conoce como hierbas. Las plantas herbáceas pueden ser anuales, bianuales, perennes.
- **Leñosas:** son aquellas plantas cuyos tallos, independientemente de su tamaño, **han desarrollado estructuras leñosas (crecimiento secundario)** por lo que su **consistencia es dura y rígida**. A la mayoría se le conoce como árboles o arbustos y a otras como matas. Las plantas leñosas sólo pueden ser perennes.
- **Suculentas:** son aquellas **plantas con tallos verdes**, que realizan la fotosíntesis, son **esponjosos**, poco consistentes y que están **especializados en almacenar agua**. Los cactus y crasas son suculentas.

Cormófitas: definición



Fuente: biologia.edu.ar

Cormo: cuerpo de las plantas definido por:

Vástago
(generalmente aéreo)

tallo

hojas

Raíz (generalmente subterráneo)

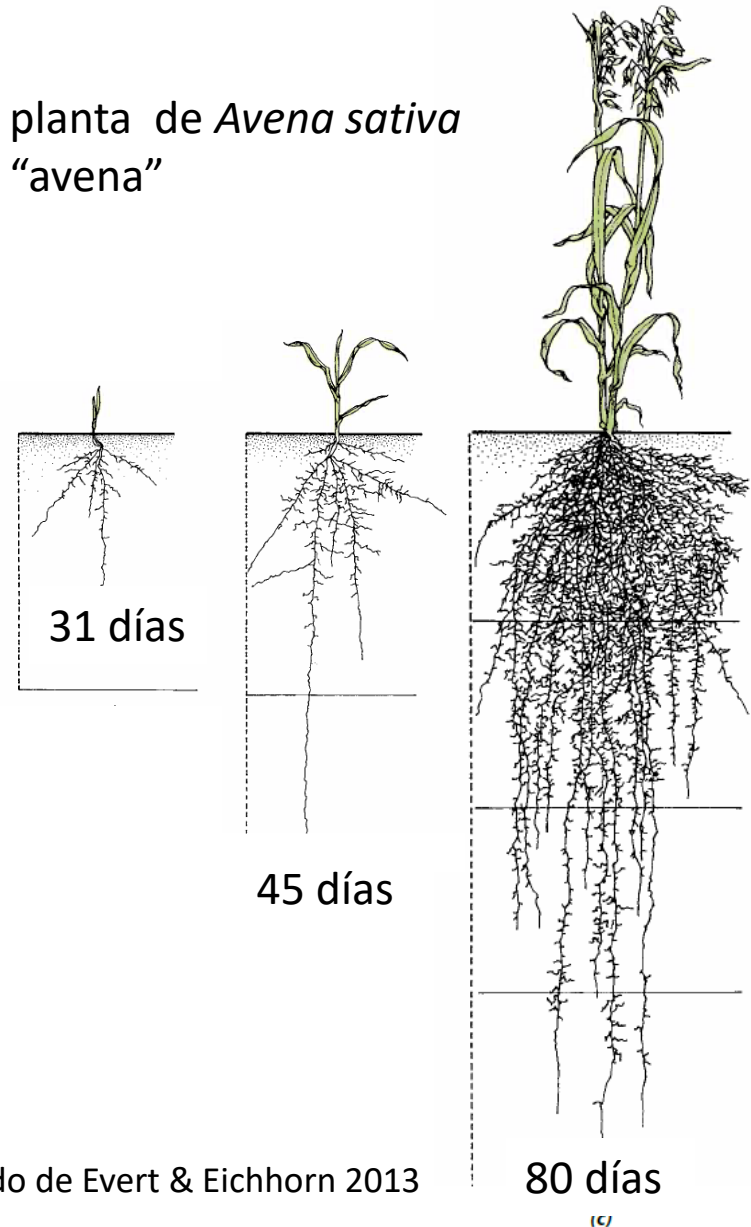
Aquellas plantas en las que puede reconocerse un cormo, se denominan **Cormófitas**.

Cormófitas = Plantas vasculares = Tracheophyta

La raíz: funciones

- Anclaje y soporte del sistema aéreo
- Absorción de agua y nutrientes
- Almacenaje: por ejemplo: zanahoria (*Daucus carota*), batata (*Ipomoea batatas*), remolacha (*Beta vulgaris*)
- Transporte de agua y solutos a las partes aéreas
- Producción de hormonas (citoquininas y giberelinas) y metabolitos secundarios (por ej. nicotina)
- Regeneración clonal
- Redistribución de H₂O en el perfil del suelo
- Secreción de una amplia gama de sustancias (exudados)

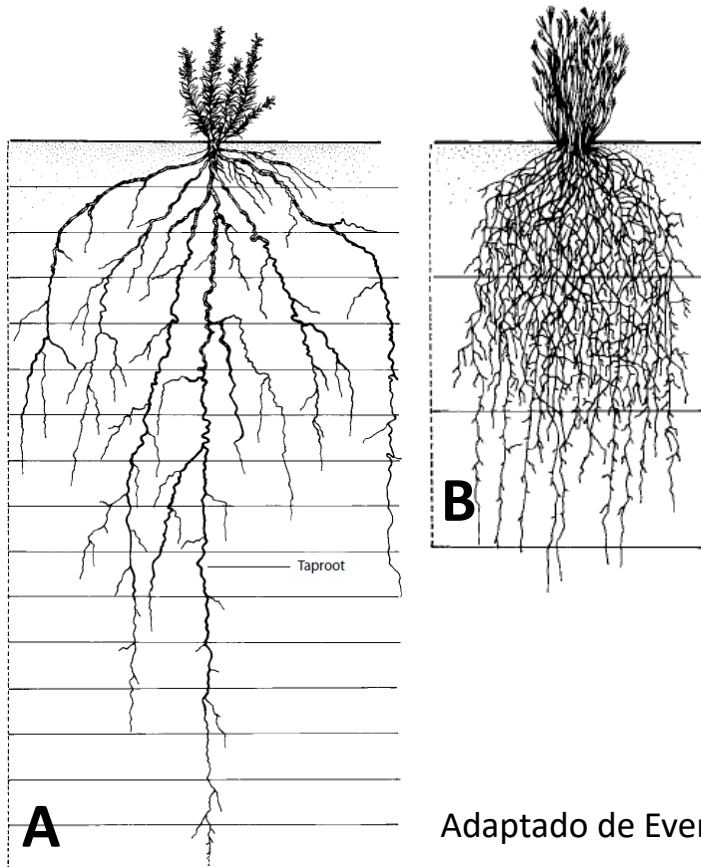
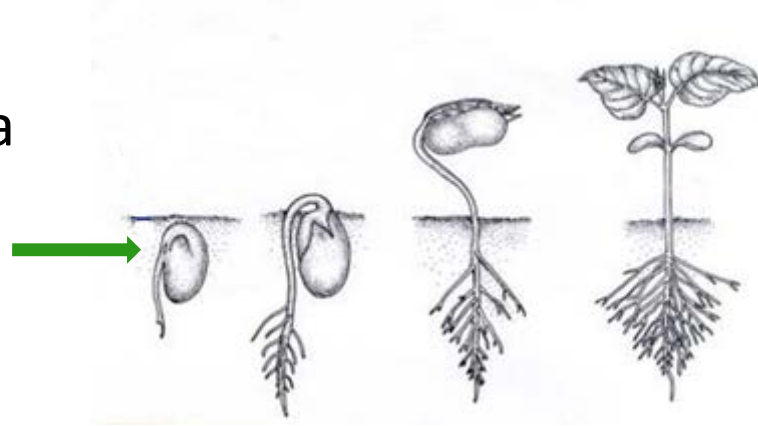
planta de *Avena sativa*
“avena”



Adaptado de Evert & Eichhorn 2013

Sistemas radicales

La **radícula** del embrión da origen a la **raíz primaria** durante la germinación.



La raíz primaria genera un sistema radical:

A) **Pivotante**

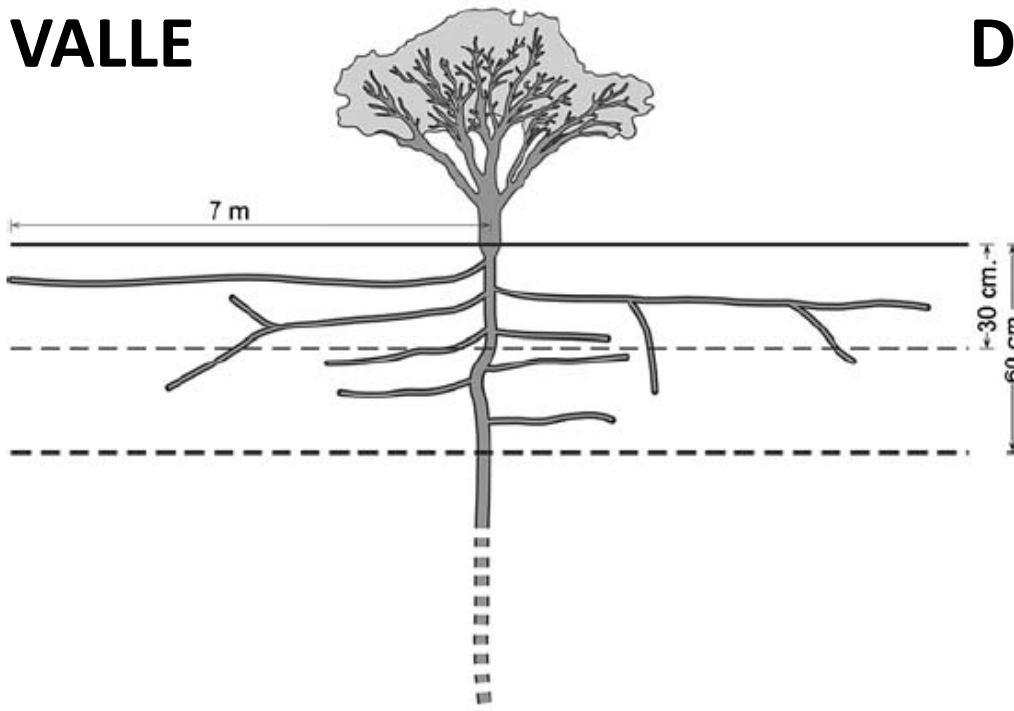
(dicotiledóneas y gimnospermas)

B) **Raíces fasciculadas o en cabellera**
(monocotiledóneas)

Sistemas radicales y arquitectura

La configuración espacial o arquitectura del sistema radicular muestra variación incluso para una misma especie.

VALLE



DUNA

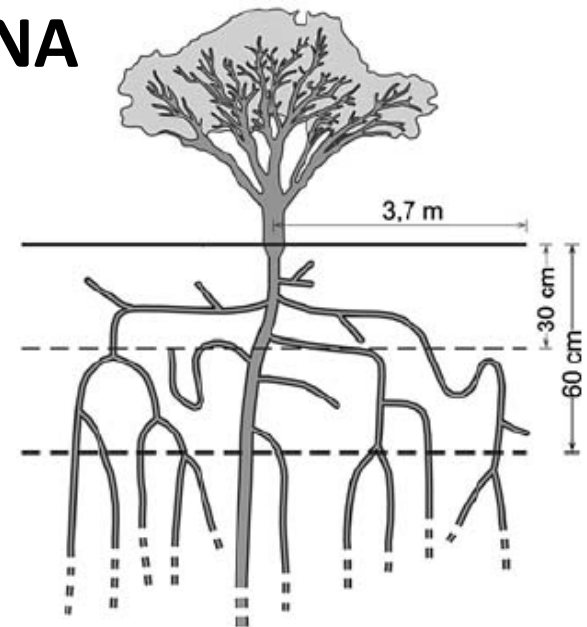
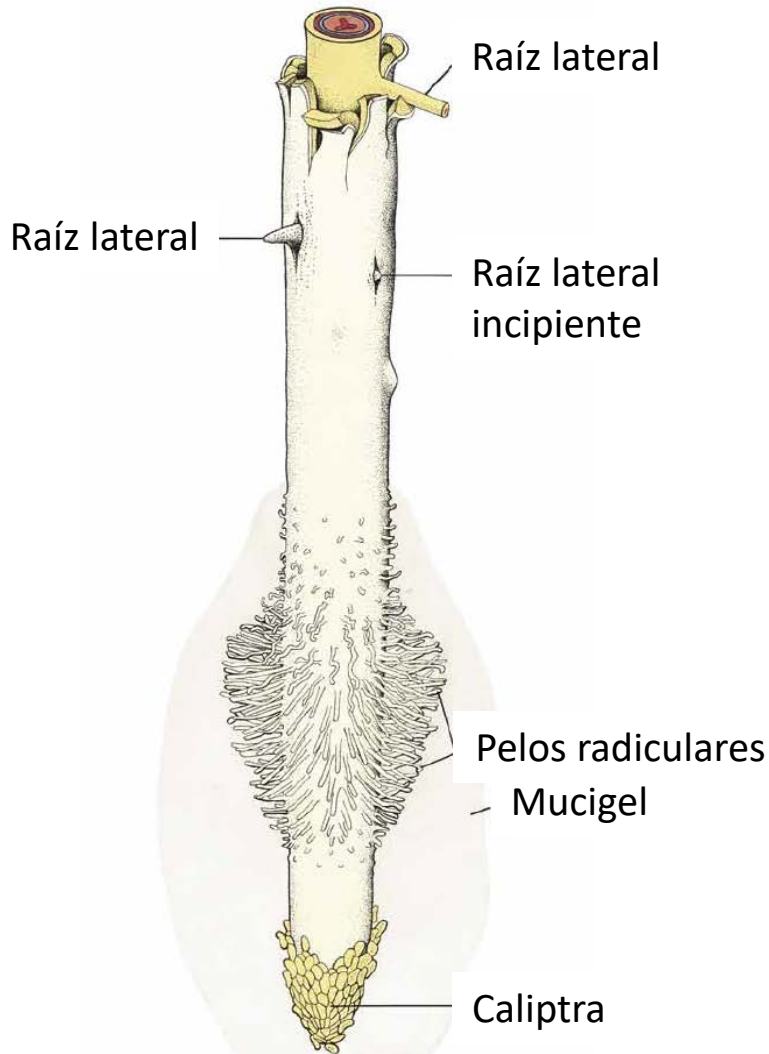


Figura de Guevara et al 2010 Plant Soil

Sensibilidad a un amplio rango de parámetros ambientales: gravedad, luz, gradientes de humedad, temperatura y nutrientes en el suelo

Morfología del ápice radical



COFIA O CALIPTRA:

- Estructura compuesta por células parenquimáticas que protegen el meristema apical y ayuda a la penetración en el suelo
- “estación molecular multifuncional”: detecta, procesa y transmite señales al meristema y región de elongación, así controlando la dirección y movimiento radicular



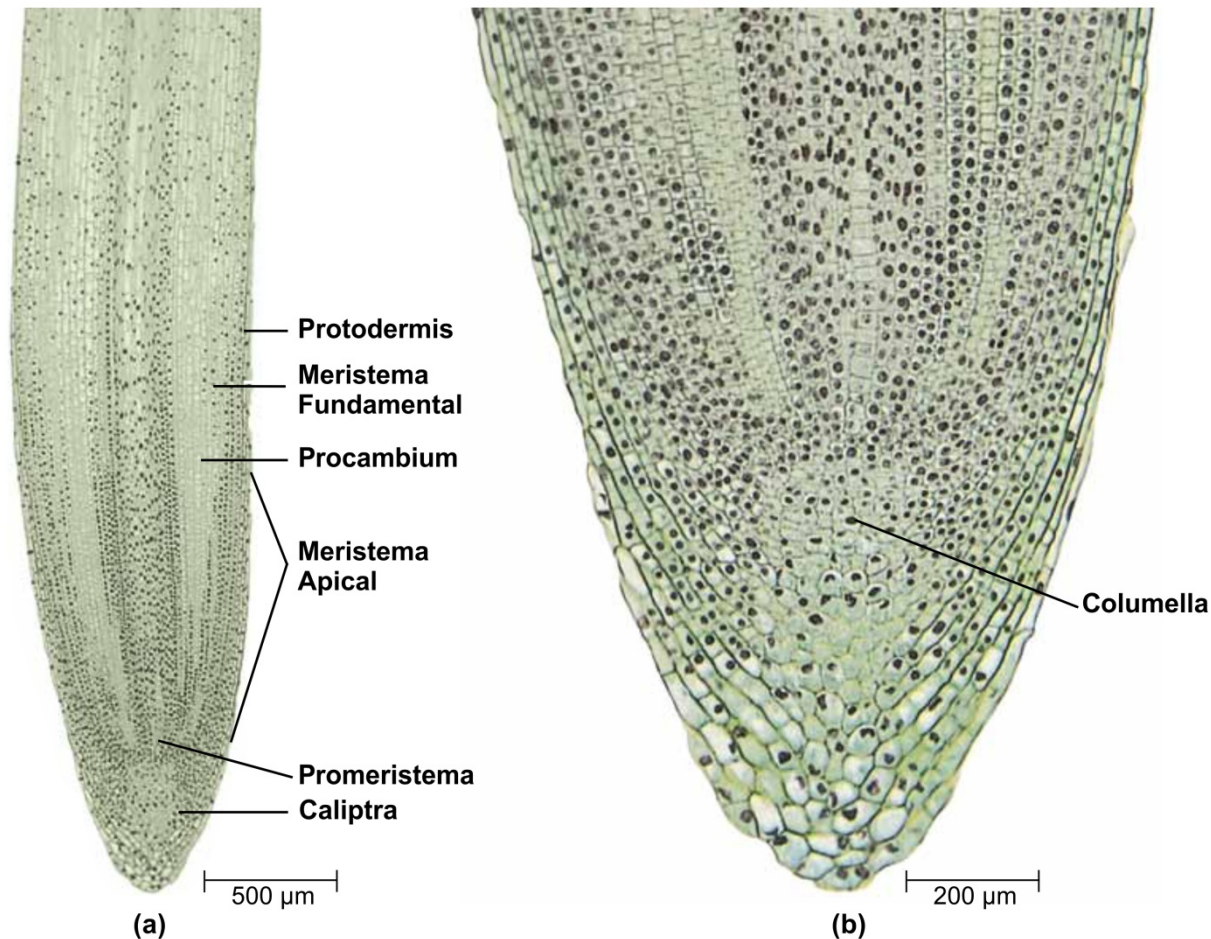
MUCIGEL:

- Polisacárido altamente hidratado secretados por la células periféricas de la caliptra

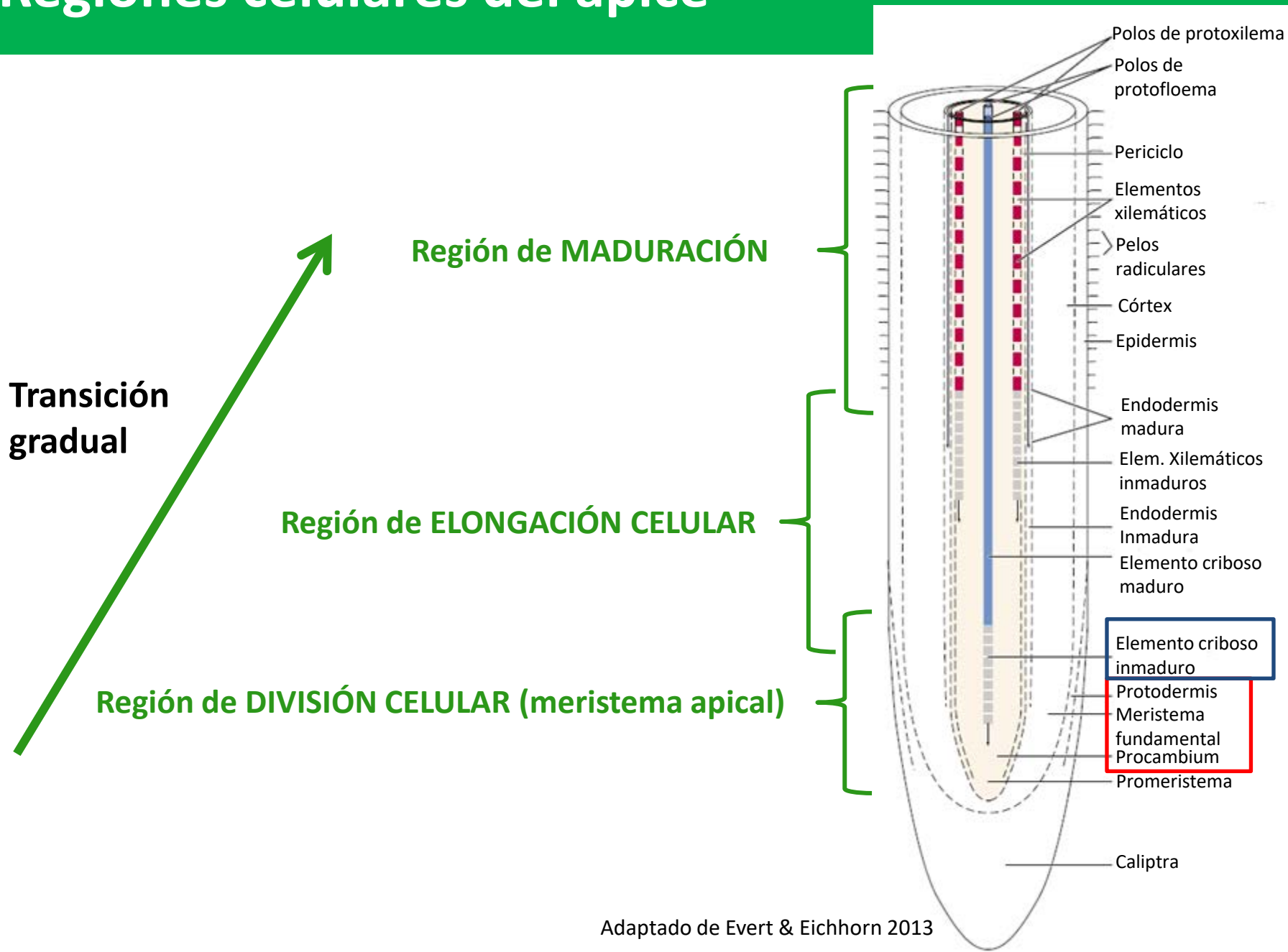


Organización del ápice radical

Ejemplo de organización apical del tipo abierta en *Allium cepa*
“cebolla”



Regiones celulares del ápice



Estructura primaria

Sección transversal de la raíz de
Ranunculus sp.

CÓRTEX

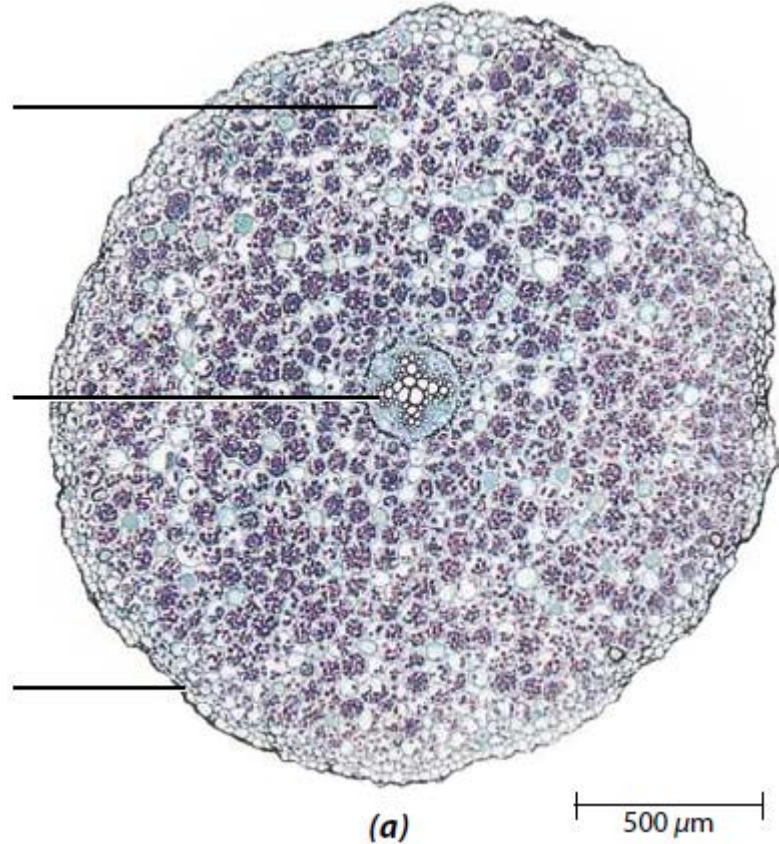
Parénquima con plástidos de almacenamiento y espacios aeríferos, excepto en las capas más externas (exodermis) e interna (endodermis)

CILINDRO CENTRAL O VASCULAR

Abarca el periciclo, xilema y floema primario. Tejidos vasculares dispuestos en **actinoestela**

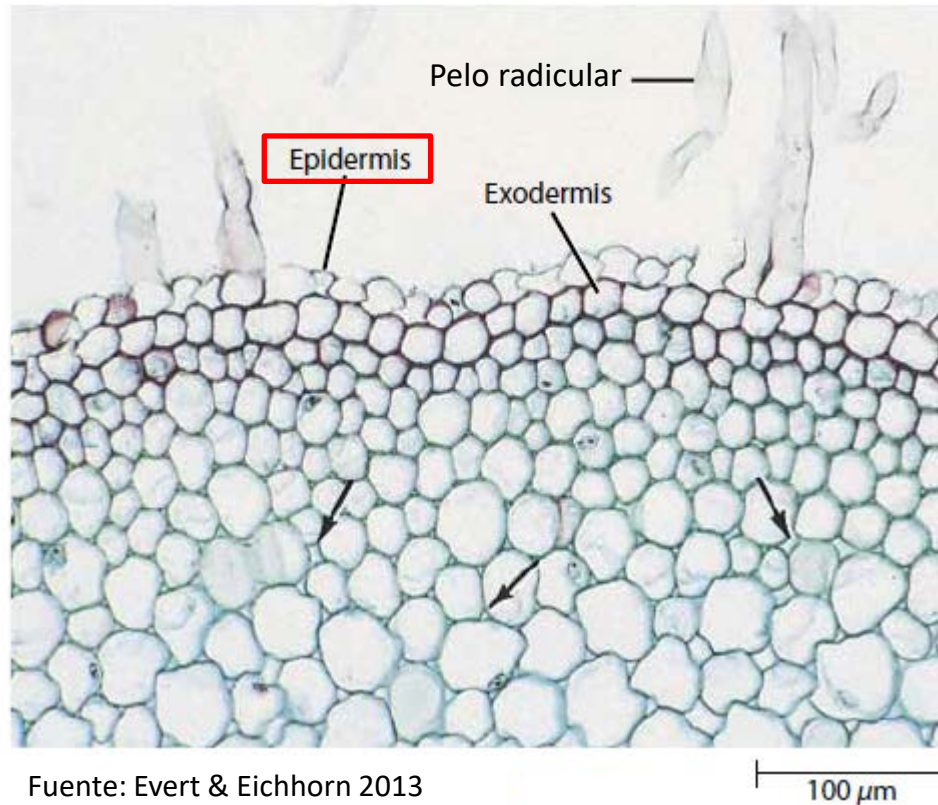
EPIDERMIS O RIZODERMIS

Uniestratificada o a veces pluri, con pelos radicales o absorbentes (unicelulares); sin estomas y cutícula muy delgada.



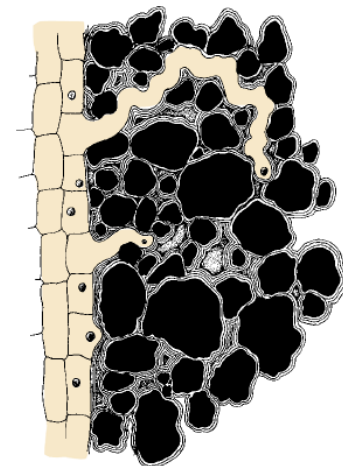
Adaptado de Evert & Eichhorn 2013

Estructura primaria: epidermis o rizodermis



- Baja resistencia al pasaje de agua y minerales a la raíz
- En algunas plantas, varias capas de células (6 a 12) constituyen una rizodermis múltiple o velamen

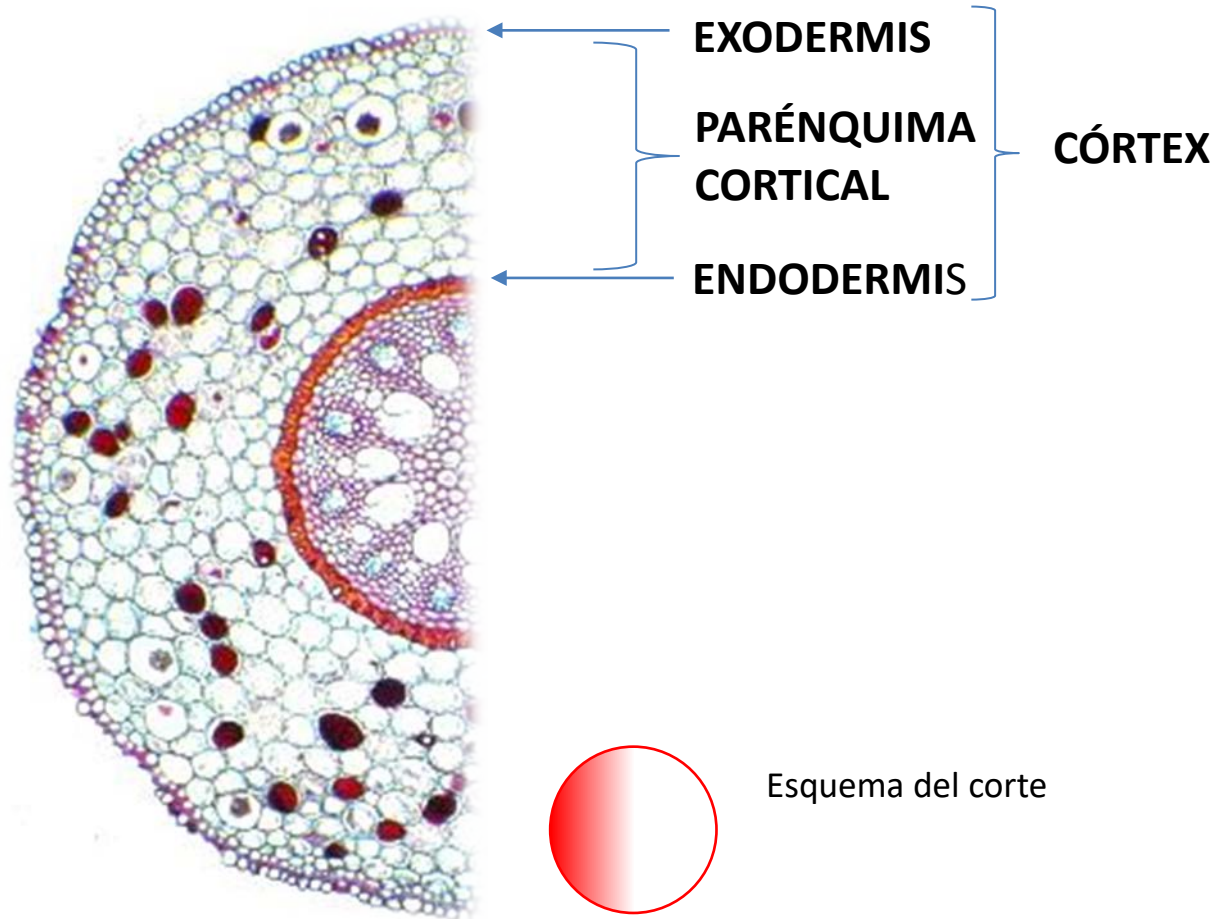
PELOS RADICULARES



Fuente: Evert & Eichhorn 2013

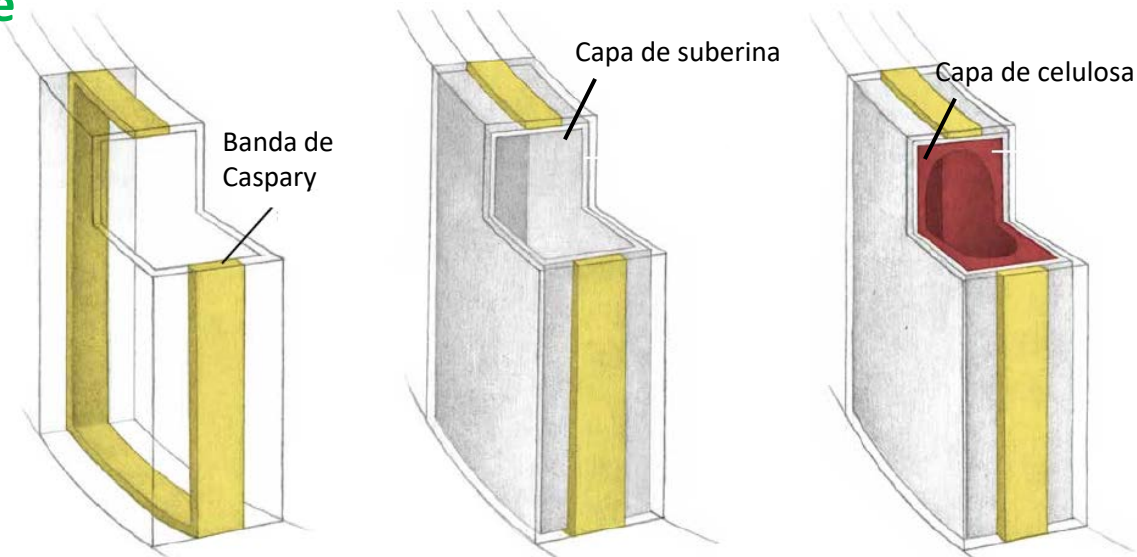
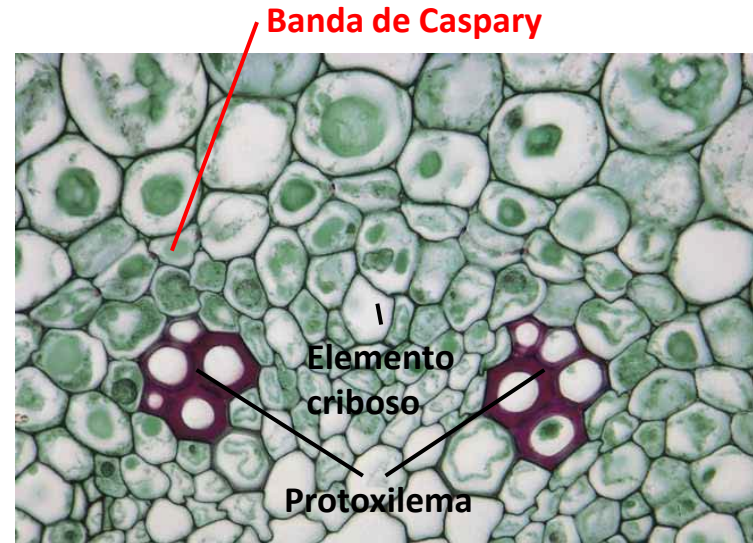
Estructura primaria: córtex

Sección transversal de una raíz de monocotiledónea



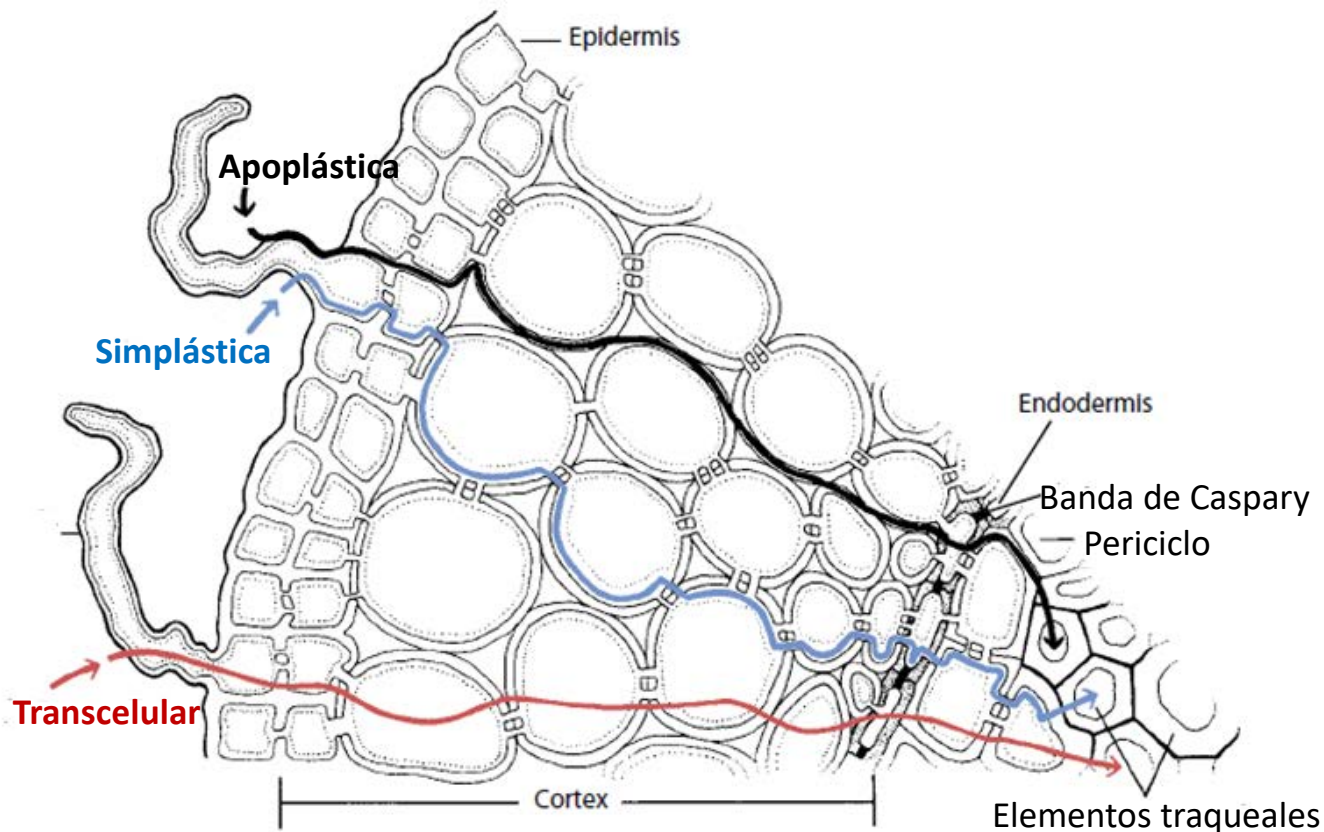
Estructura primaria: córtex-endodermis

- Capa cortical más interna
- Presente en prácticamente todas las raíces
- Capa de células dispuestas de modo compacto, de aspecto parenquimático. Las células están provistas de "**Banda de Caspary**": engrosamiento a modo de cinturón dispuesto sobre las paredes anticlinales (radiales y transversales), cerca de la pared tangencial interna



Estructura primaria: córtex-endodermis

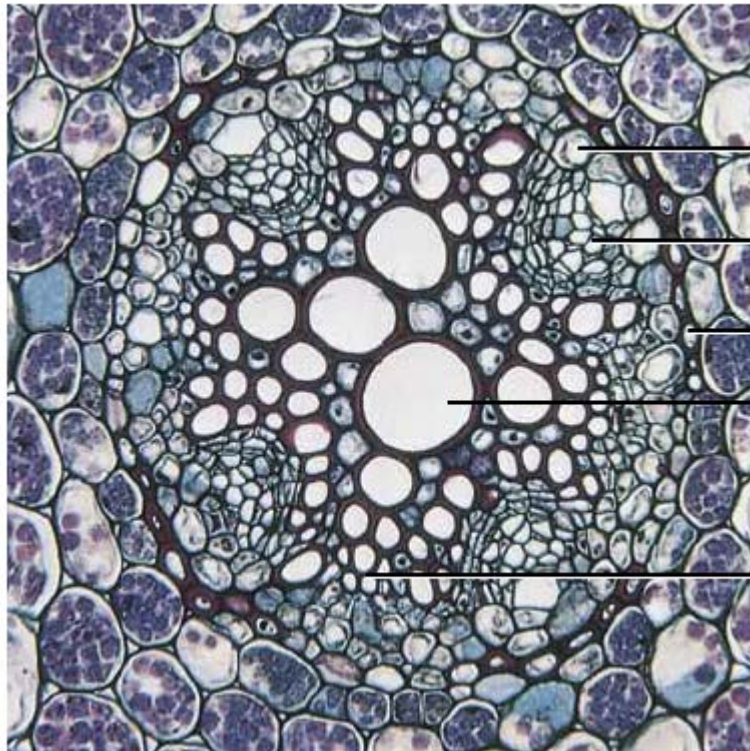
Posibles vías para el movimiento del agua del agua a través de la epidermis, córtex e ingreso en elementos traqueales



- **Apoplástica:** vía paredes celulares
- **Simplástica:** de protoplasto a protoplasto a través de los plasmodesmos
- **Transcelular:** de célula a célula con el agua pasando a través de membranas plasmáticas y tonoplastos

Estructura primaria: cilindro vascular

- El **cilindro vascular** de la raíz consiste de **tejidos vasculares primarios** y una o más capas de **células no-vasculares que constituyen el periciclo**, que rodean completamente al floema y xilema.
- **Periciclo**: “meristema potencial”: origen de las raíces laterales , al cambium vascular y al felógeno.



Detalle de un cilindro vascular maduro de *Ranunculus*

Periciclo

Floema primario

Endodermis

Metaxilema

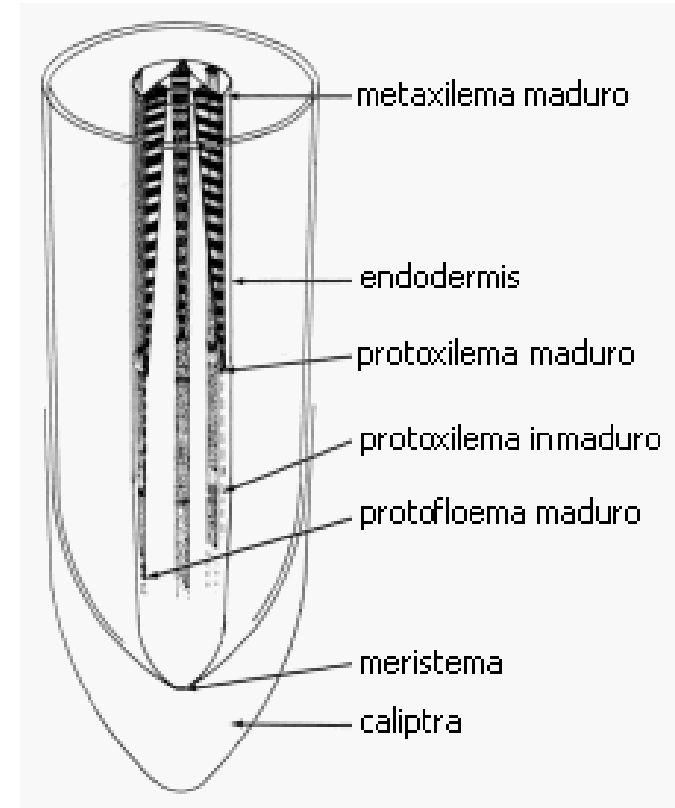
Polo de protoxilema

Estructura primaria: cilindro vascular

Tejido Vascular

- Formado por floema y xilema
- **Se presentan separados** (hacecillos alternos)
- Xilema: forma proyecciones, crestas o costillas hacia el periciclo
- Floema: alterna estos surcos
- Orden de desarrollo de ambos tejidos: **centrípeto**: tanto protoxilema como el protofloema se ubican hacia el periciclo y el metaxilema y metafloema hacia el centro de la raíz
- Primeras células vasculares: **polos**
- En función del número de polos (o arcos): diarcas (2), triarcas (3), tetrarcas (4) y poliarcas (+ de 4)

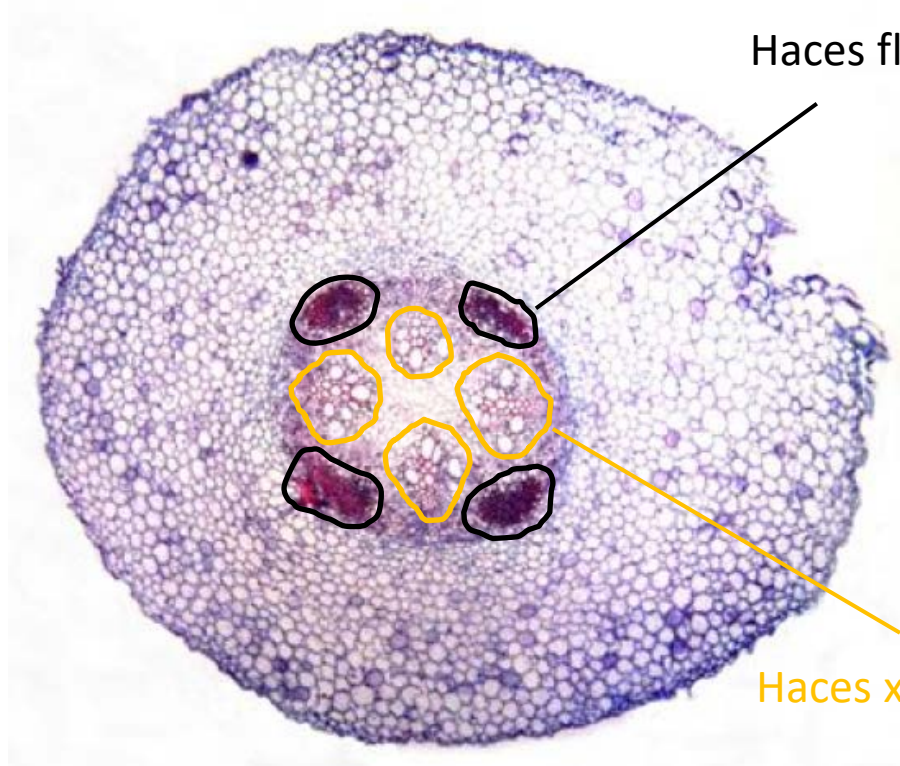
Diferenciación vascular longitudinal en raíz de *Pisum sativum*



Esquema de Esau 1977

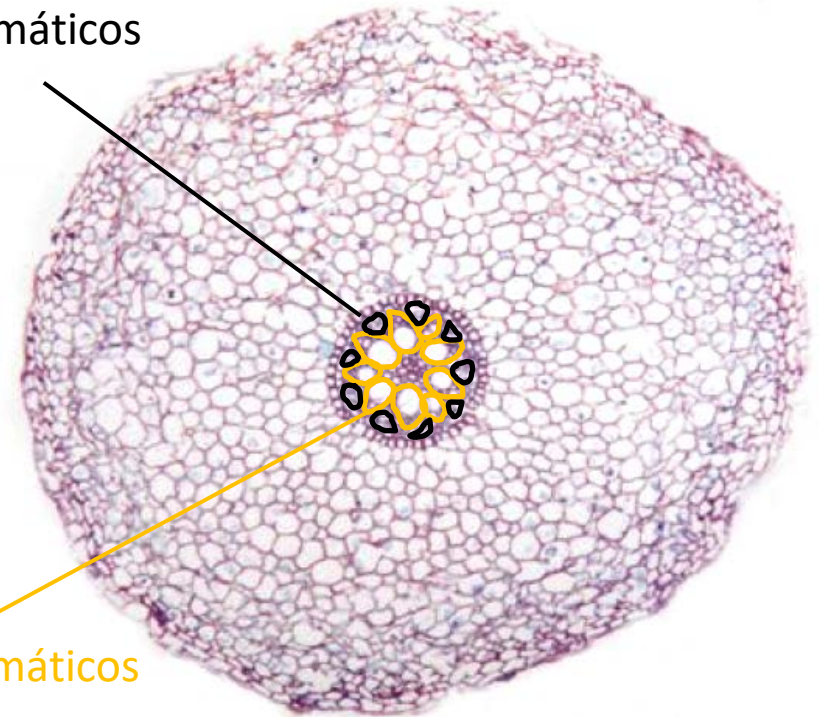
Estructura primaria: cilindro vascular

Raíz de dicotiledónea
haba (*Vicia faba*)



Raíz tetrarca

Raíz de monocotiledónea
lirio (*Iris germanica*)



Raíz poliarca

Estructura primaria: dicot. vs. monocotiledóneas

DICOTILEDÓNEAS

- Cilindro vascular sólido
- Celulas corticales: a veces retenidas durante la vida pero **mayoritariamente desprendidas por el crec. 2rio.**

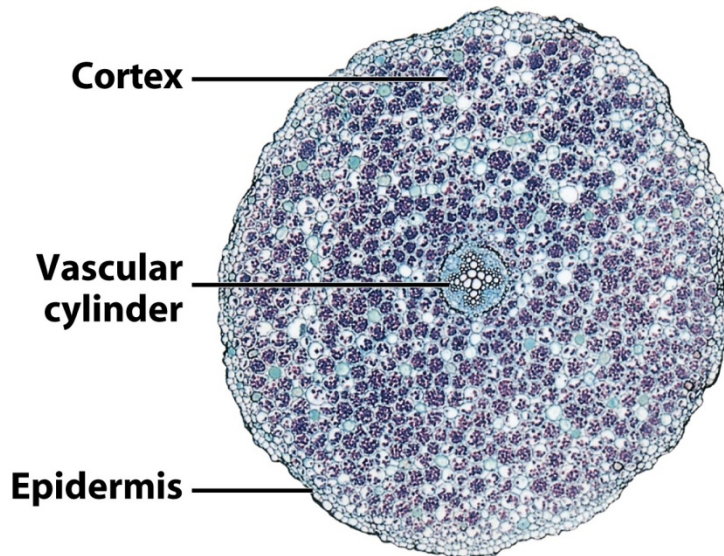


Figure 24-10a
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

MONOCOTILEDÓNEAS

- Cilindro vascular en anillo con médula
- Celulas corticales: retenidas durante de por vida ya que **carecen de crec. 2rio.**

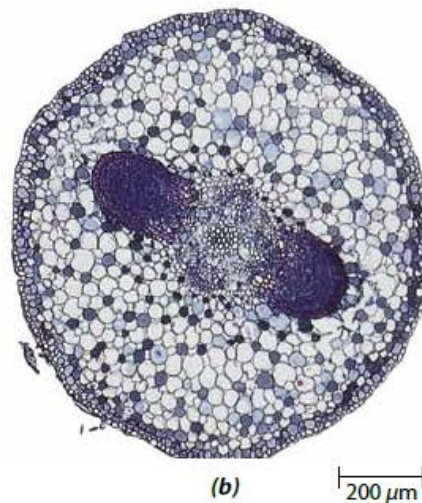
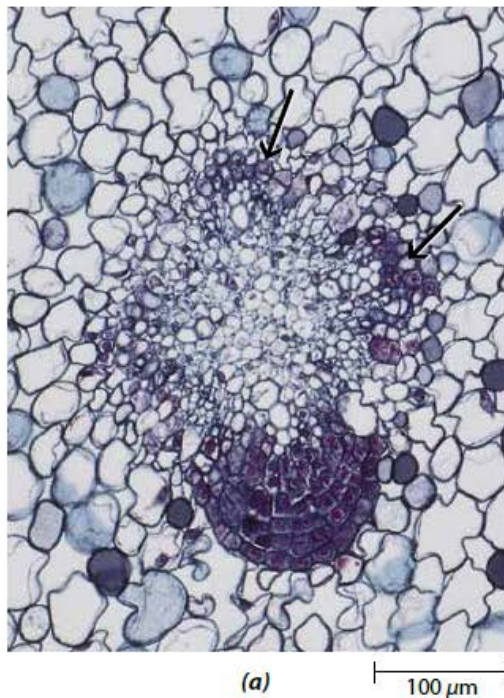


Figure 24-11a
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

Origen de las raíces laterales

- En el periciclo, opuesto a los polos del protoxilema
- Células derivadas del periciclo y de la endodermis contribuyen al desarrollo de primordios de raíces

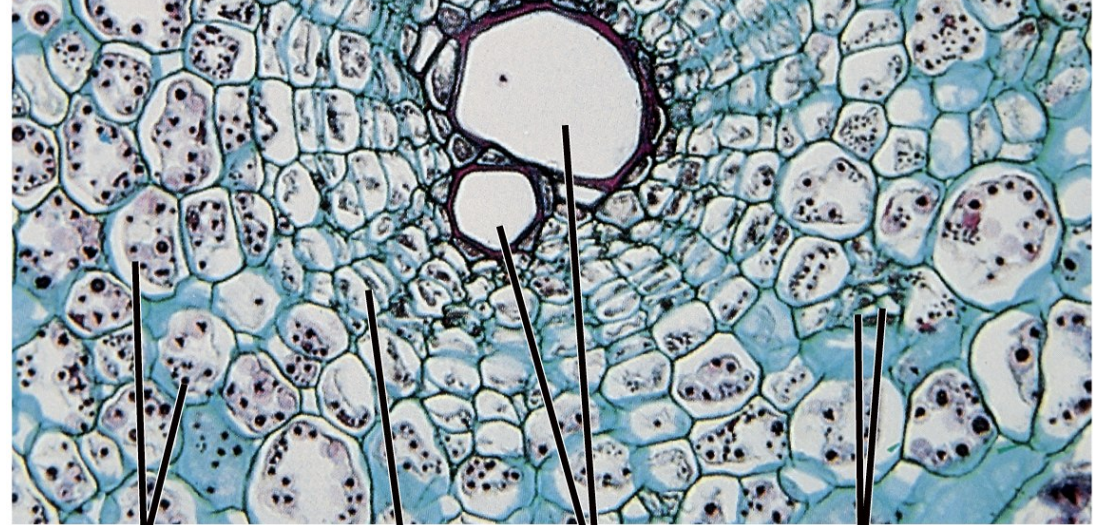
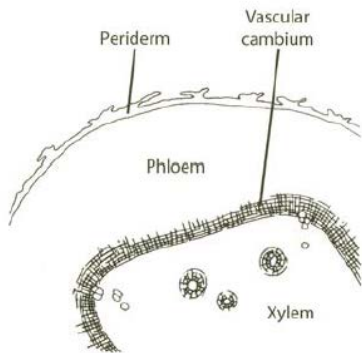
Desarrollo de raíces laterales *Salix* sp. “sauce”



Modificaciones para el almacenamiento

Raíces tuberosas

Ipomoea batatas “batata”



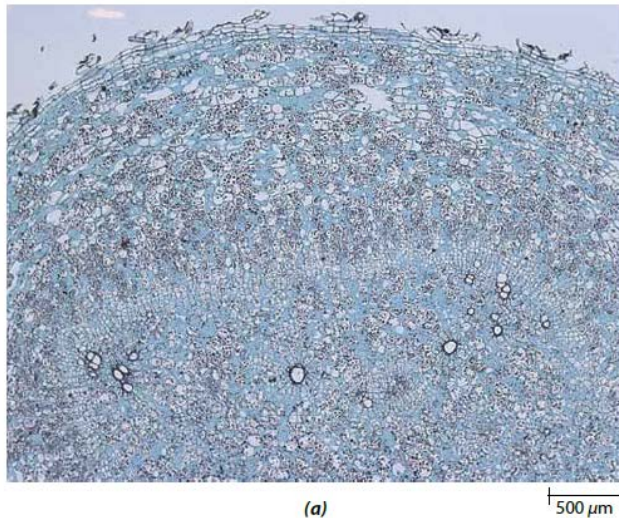
Celulas
parenquimáticas de
almacenamiento

Cambium

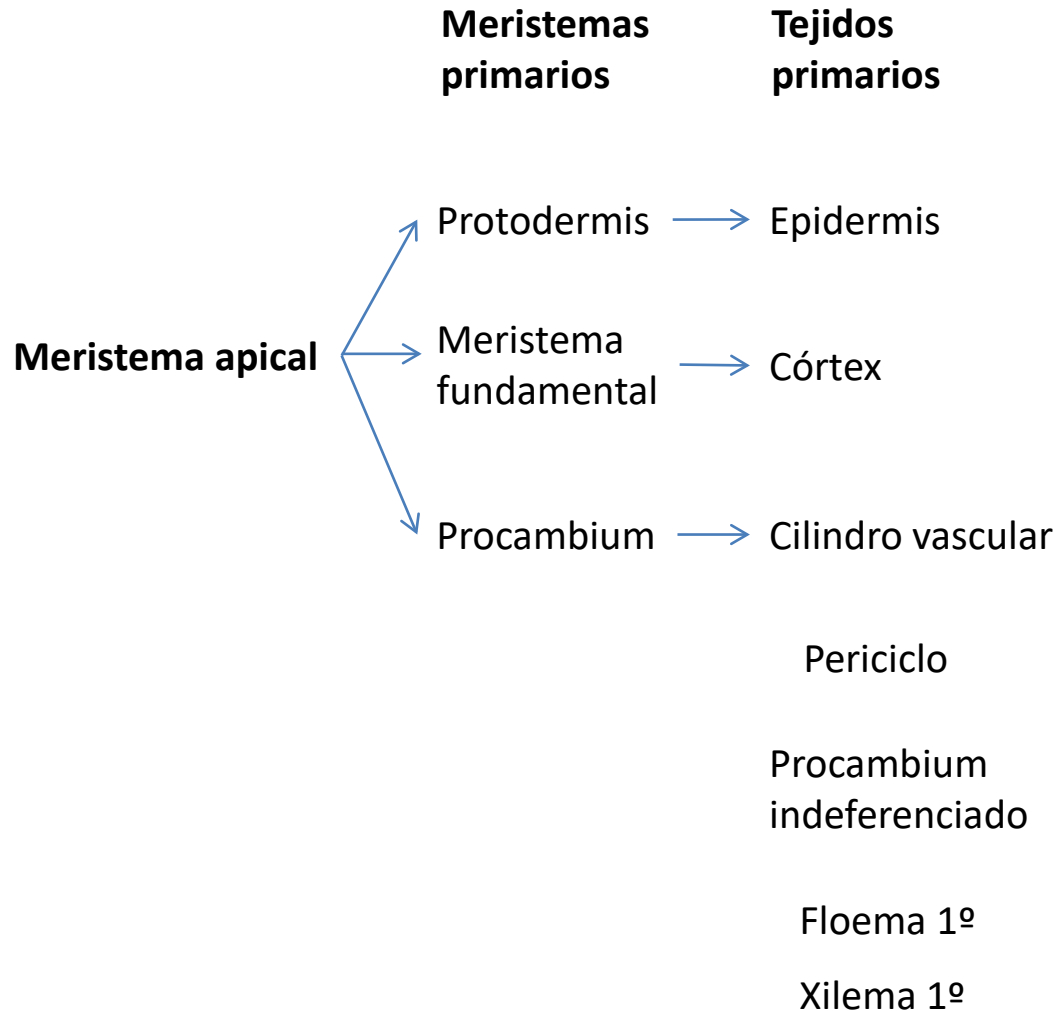
Vasos

Tubos cribosos

Figure 24-21b
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company



Resumen del origen de los tejidos en raíz



Cormófitas: definición



Fuente: biologia.edu.ar

Cormo: cuerpo de las plantas definido por:

Vástago
(generalmente aéreo)

tallo

hojas

Raíz (generalmente subterráneo)

Aquellas plantas en las que puede reconocerse un cormo, se denominan **Cormófitas**.

Cormófitas = Plantas vasculares = Tracheophyta

Vástago

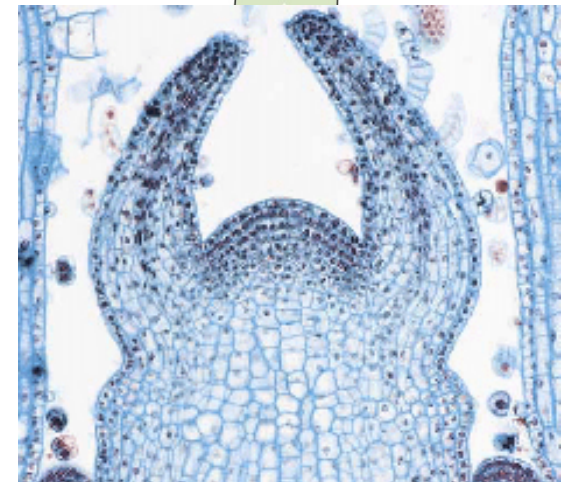
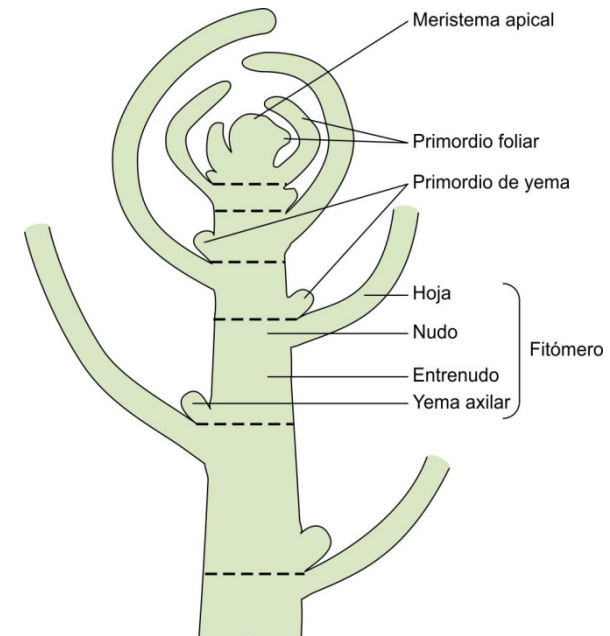


Fuente: biologia.edu.ar

- El vástago es estructuralmente **más complejo que la raíz**
- El vástago tiene **nudos y entrenudos**, con una o más hojas insertas en cada nudo.
- Mientras que él **ápice caulinar produce hojas y yemas axilares**, que desarrollan ramas laterales, el **ápice radical no da origen a órganos laterales**
- Según el grado de desarrollo de los entrenudos, el vástago adopta diferentes aspectos.

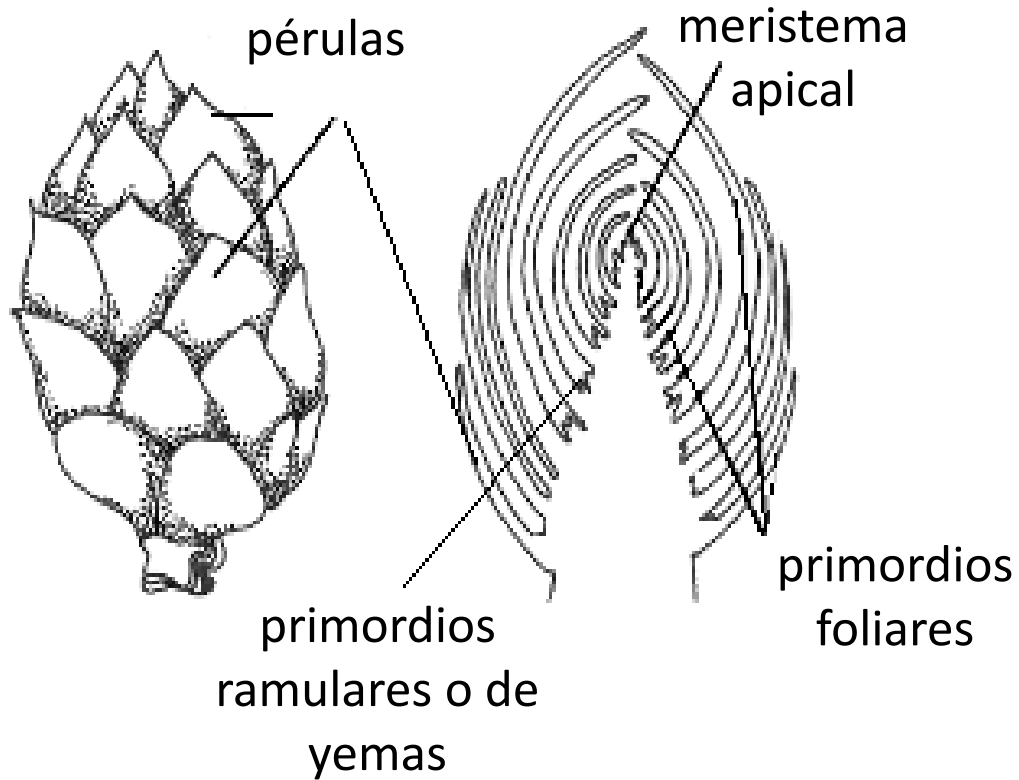
Vástago

- El meristema apical del vástago es una estructura dinámica que, además de la adición de células al cuerpo de la planta primaria, produce repetidamente primordios foliares y primordios de yemas, lo que resulta en una **sucesión de unidades repetidas llamadas fitómeros**
- Los primordios foliares desarrollan hojas y los primordios ramulares (o de yemas) en yemas axilares.
- A diferencia de la raíz, el meristema apical del vástago carece de una cubierta protectora especializada comparable a la caliptra.
- **Protección: pérulas y hojas plegadas.**
- El término meristema apical **denota sólo la parte del vástago ubicado de manera distal o por encima del primordio foliar más joven.**
- El ápice del vástago incluye el meristema apical junto con la región subapical que conduce a los primordios foliares jóvenes.



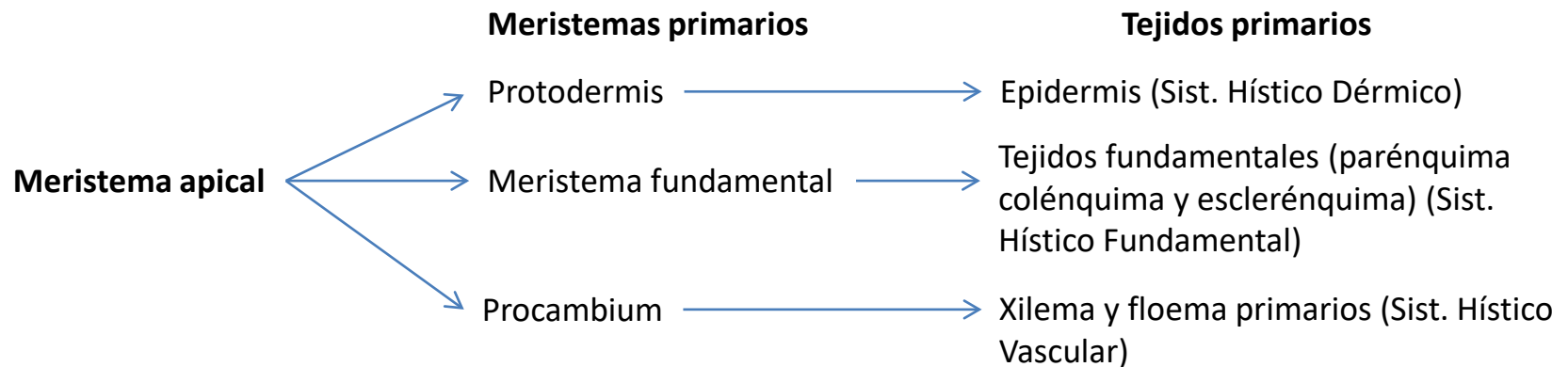
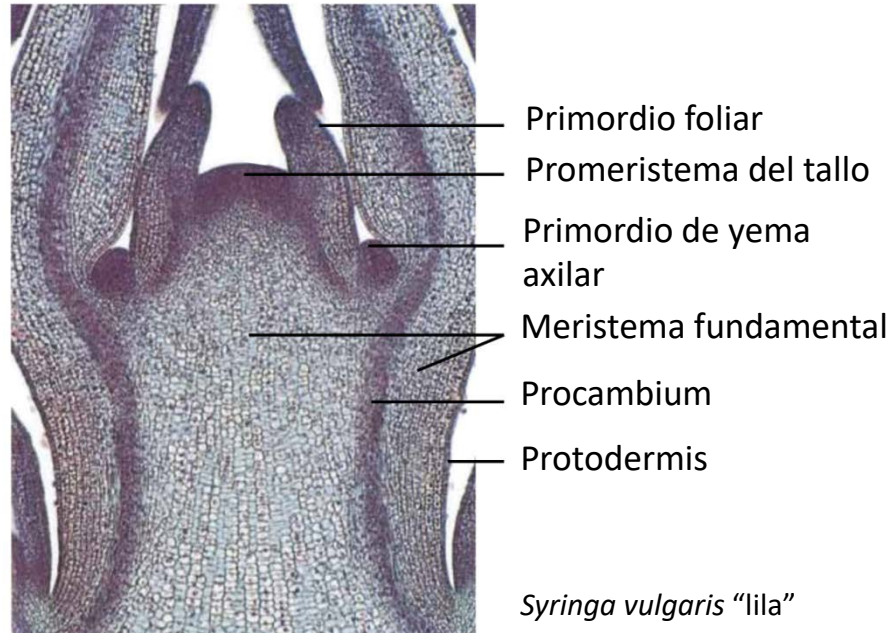
Imágenes de Evert & Eichorn 2013

Vástagos: las yemas, su origen.



Vástago: meristema apical

ÁPICE DEL VÁSTAGO



Cormo



Vástago
(generalmente aéreo)

tallo

hojas

Raíz (generalmente subterráneo)

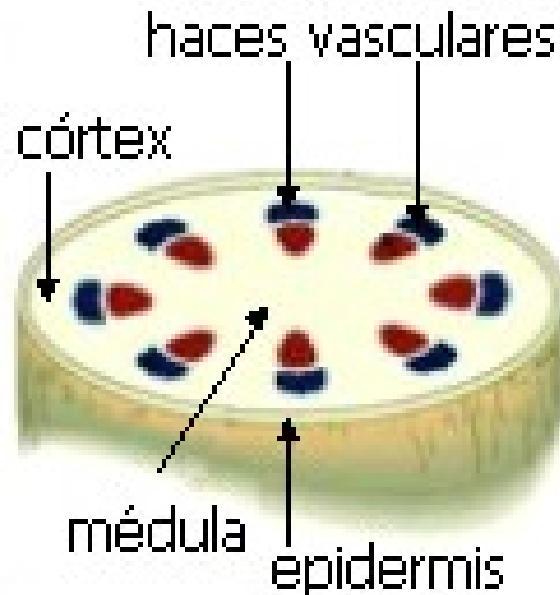
Tallos: funciones

Definición: Órgano generalmente aéreo, especializado en:

- Conducción de fotoasimilados y agua y sustancias disueltas
- Soporte de hojas, flores y frutos
- Almacenamiento (en tallos modificados)

Haces vasculares

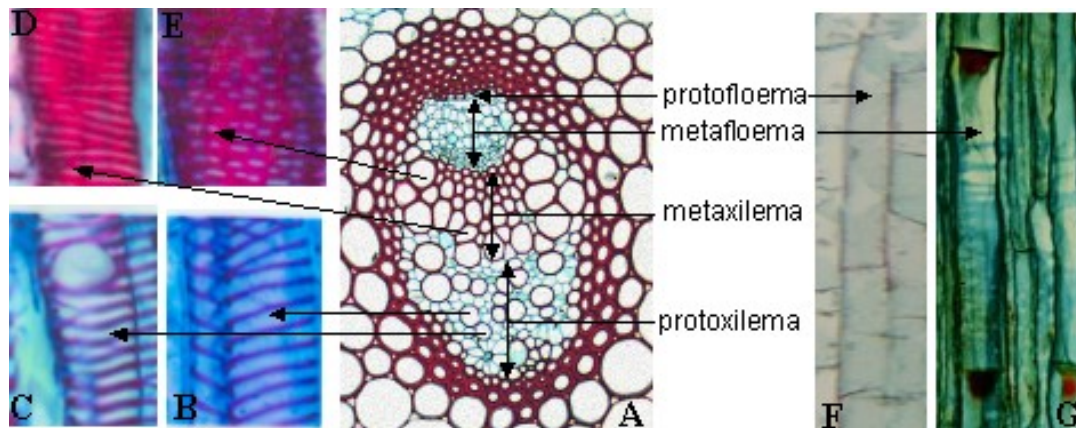
En el tallo de las plantas vasculares el **xilema** y el **floema** primarios se presentan **asociados formando cordones denominados haces vasculares** (fascículos o mestomas)



Proto- y meta- xilema y floema

Tanto el xilema como el floema constan de dos partes que se desarrollan una después de otra: proto y metaxilema, y proto y metafloema.

- El **protoxilema** está formado por traqueidas anilladas o espiraladas, que eventualmente se estiran y destruyen.
- El **metaxilema** es más complejo, puede tener vasos reticulados y punteados y fibras; es el único tejido conductor de las plantas que no poseen crecimiento secundario.
- El **protofloema** madura en las partes de la planta que se están alargando, la mayor parte de las células son parenquimáticas; sus elementos se obstruyen y aplastan muy pronto.
- El **metafloema** tiene elementos cribosos con células acompañantes, además de células parenquimáticas. En las plantas sin crecimiento secundario, es el único floema de los órganos adultos.



Tipos de haces

El floema y el xilema muestran variaciones en su posición relativa, determinando **diversos tipos de haces vasculares**:

1) **HAZ COLATERAL**

1.a) Haz colateral cerrado

1.b) Haz colateral abierto

2) **HAZ BICOLATERAL.**

3) **HACES CONCÉNTRICOS.**

3.a) perixilemático o anfivasal

3.b) perifloemático o anficribal.

Tipos de haces: colateral

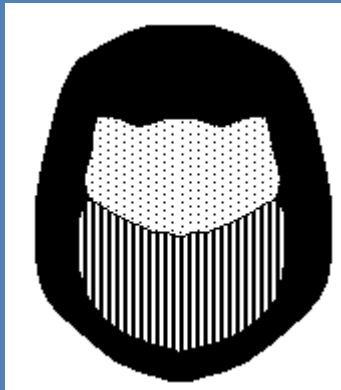
1) HAZ COLATERAL

- El **floema** está **localizado en el lado externo o abaxial del haz**, mientras el **xilema** está **ubicado en el lado interno o adaxial**.
- Es el más frecuente en Angiospermas y Gimnospermas.
- Los haces colaterales pueden ser de **dos tipos: cerrado o abierto**

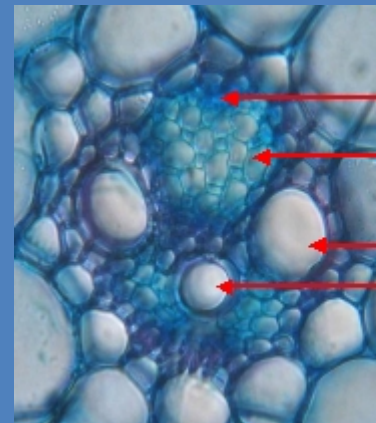
1.a) Haz colateral cerrado:

- **no conservan procámbium** después que los tejidos vasculares primarios alcanzan el estado adulto.
- Carecen de capacidad para un crecimiento posterior
- En la mayoría de las Pteridofitas, Monocotiledóneas y Dicotiledóneas herbáceas.

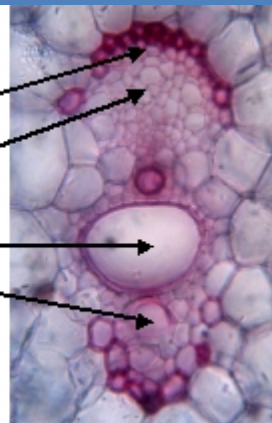
Esquema del haz con los símbolos de Metcalfe & Chalk



Cortes transversales de haces de *Setaria geniculata*



Canna glauca



Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Tipos de haces: colateral

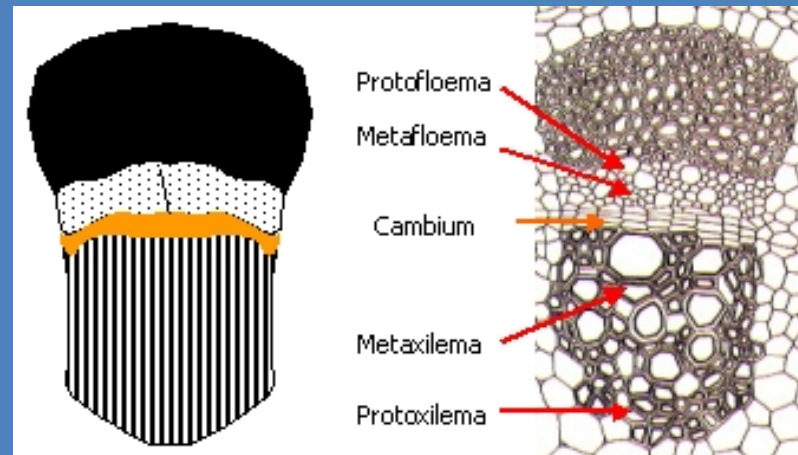
1) HAZ COLATERAL

- El **floema** está **localizado en el lado externo o abaxial del haz**, mientras el **xilema** está **ubicado en el lado interno o adaxial**.
- Es el más frecuente en Angiospermas y Gimnospermas.
- Los haces colaterales pueden ser de **dos tipos: cerrado o abierto**

1.b) Haz colateral abierto

- **meristema vascular persistente** entre xilema y floema:
- el cámbium fascicular se forma a partir de un remanente de procámbium.
- mayoría de las **Dicotiledóneas y Gimnospermas**

Haz colateral abierto en *Helianthus annuus* “girasol”



Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Tipos de haces: colateral

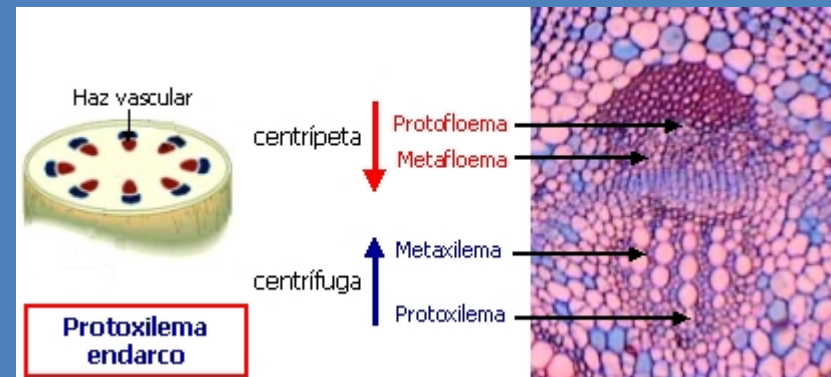
1) HAZ COLATERAL

- El **floema** está **localizado en el lado externo o abaxial del haz**, mientras el **xilema** está **ubicado en el lado interno o adaxial**.
- Es el más frecuente en Angiospermas y Gimnospermas.
- Los haces colaterales pueden ser de dos tipos:

ORDEN DE DIFERENCIACIÓN!!!!

- En general, **el protofloema aparece primero** en la parte externa del cordón procambial (muy difícil de reconocer.) **Luego, el protoxilema** en la parte interna.
- **El metafloema se diferencia en forma centrípeta** con respecto al protofloema, y el **metaxilema en forma centrífuga** con respecto al protoxilema.
- En los haces colaterales el **protoxilema es endarco** (posición más interna del haz con respecto al centro del tallo)

Posición de los tejidos vasculares en un haz vascular de *Bidens pilosa*



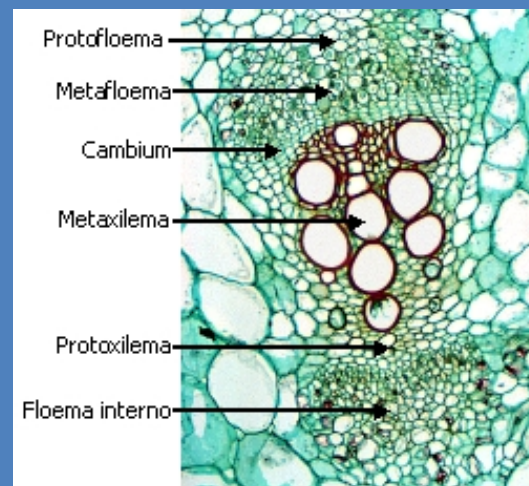
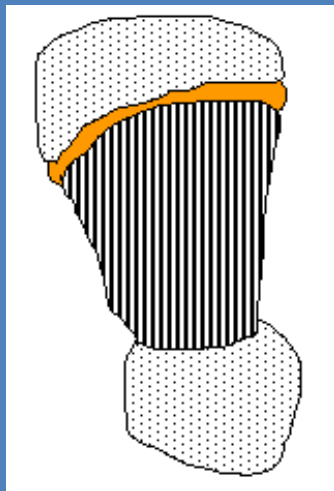
Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Tipos de haces: biclateral

2) HAZ BICOLATERAL

- **presenta floema a ambos lados del xilema**, hacia afuera y hacia adentro.
- se encuentran en especies de algunas familias de Dicotiledóneas: Convolvuláceas, Apocináceas, Solanáceas, Cucurbitáceas, Asclepiadáceas y de ciertas tribus de Asteráceas (Compuestas).
- el **cámbium fascicular** se encuentra entre el xilema y el floema externo;
- en los haces biclaterales el **floema interno se diferencia después que el externo**, y su diferenciación es centrífuga.

Esquema de haz biclateral Haz biclateral de Cucumis, “pepino”



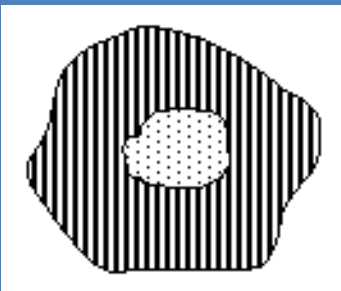
Tipos de haces: concéntricos

3) HAZ CONCÉNTRICO

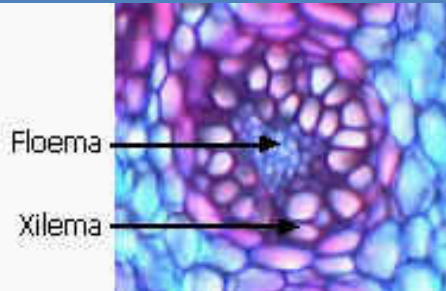
- uno de los tejidos vasculares rodea completamente al otro.
- son cerrados.
- **PERIXILEMÁTICO, leptocéntrico o anfivasal:** xilema rodea al floema; se encuentra en muchas Monocotiledóneas
- **PERIFLOEMÁTICO, hadrocéntrico o anficribal:** floema rodea al xilema ; comunes en Pteridofitas y en flores y frutos de Angiospermas

HAZ C. PERIXILEMÁTICO

Esquema



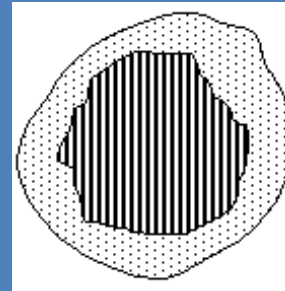
Dracaena



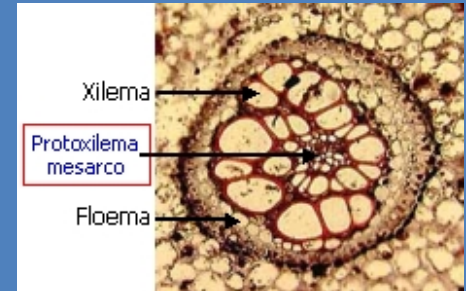
Fuente: biologia.edu.ar/botanica

HAZ C. PERIFLOEMÁTICO

Esquema



Pteridium



Fuente: biologia.edu.ar/botanica

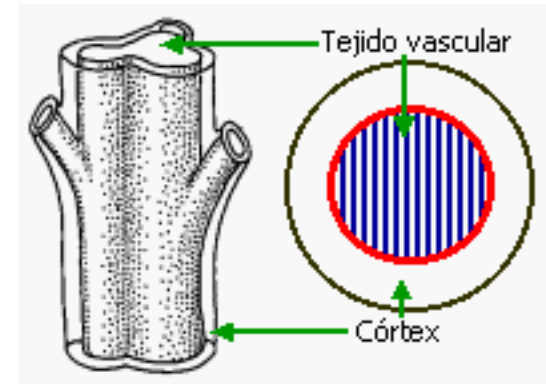
Estela

- Definición de estela: **sistema formado por los tejidos vasculares en el eje de la planta: tallo y raíz.**
- concepto elaborado para estudiar las **relaciones y homologías en la estructura del vástago de diferentes grupos de plantas.**
- **tres tipos básicos** de estela según la distribución relativa del sistema vascular y el sistema fundamental de los ejes en estado primario de desarrollo:
 - protostela,
 - sifonostela y
 - eustela, cada uno con variantes.

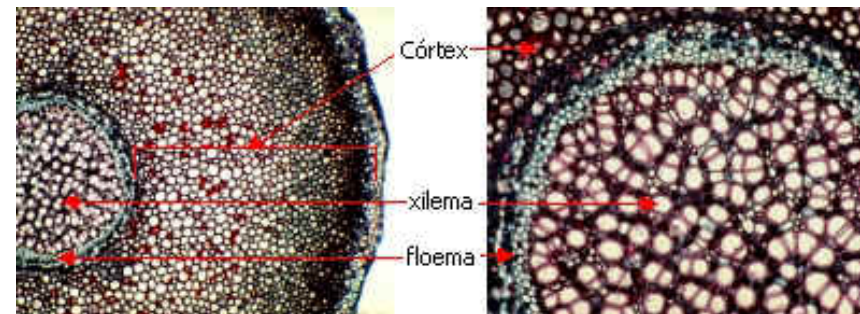
Estela: protoestela

PROTOESTELA

- **columna sólida de tejidos vasculares ubicada en posición central (sin médula).**
- El floema puede rodear al xilema en una capa uniforme o los dos tejidos pueden entremezclarse en forma de cordones o placas
- tipo **más simple y más primitivo filogenéticamente**,
- presente en plantas fósiles como *Psilophyton*, Pteridófitas de la era Paleozoica.
- en algunas Pteridófitas actuales, como *Gleichenia*, también en tallos de angiospermas acuáticas (hidrófitas sumergidas) y en raíces primarias de plantas con semilla.



Protostela en rizoma de *Gleichenia*



Fuente: biologia.edu.ar/botanica

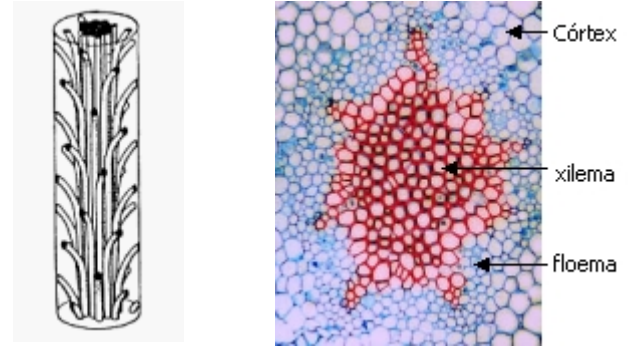
Estela: protoestela

PROTOESTELA

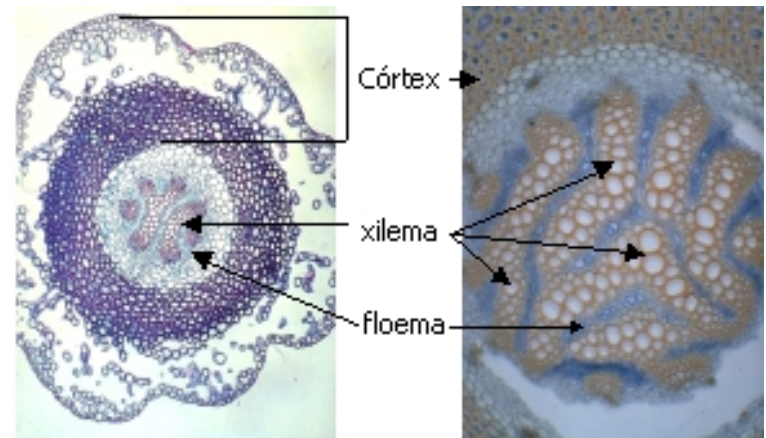
Variantes:

- **Actinoestela:** la columna de xilema tiene forma estrellada
- **Plectoestela:** el xilema está fraccionado en varias placas

Actinostela en tallo de *Psilotum*



Plectostela en *Lycopodium*

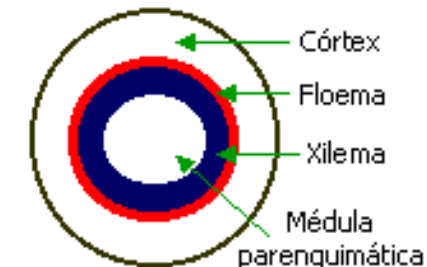
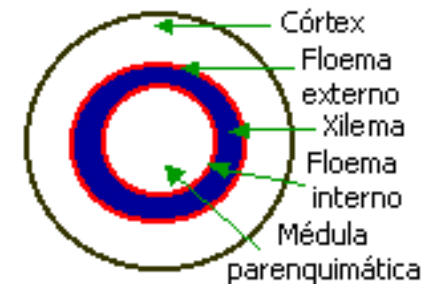
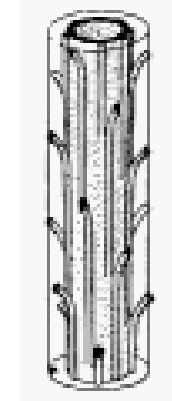


Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Estela: sifonostela

SIFONOSTELA

- **sistema vascular en forma de tubo, envolviendo una médula parenquimática.** No presenta lagunas foliares.
- Según la posición del floema, se distinguen dos tipos:
 - **Sifonostela anfifloica:** con **floema por fuera y por dentro**. Es exclusiva de Pteridófitas (Gleicheniaceae, Schizaceae, Marsileaceae).
 - **Sifonostela ectofloica:** el **floema se encuentra únicamente por fuera del xilema**. Se encuentra en los tallos de algunas Pteridófitas



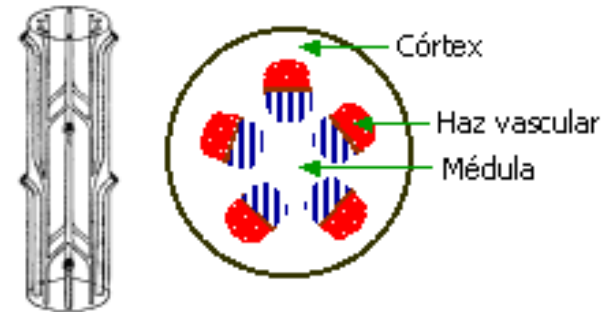
Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Estela: eustela

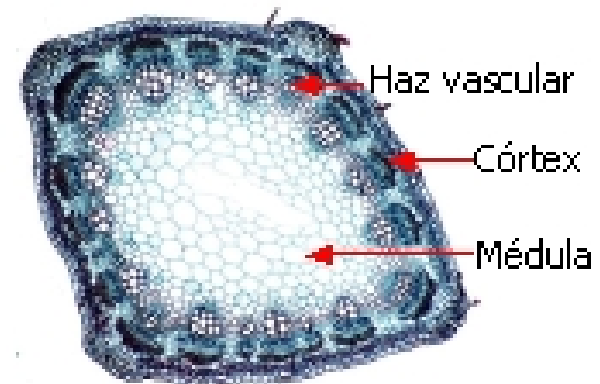
EUSTELA

- El sistema vascular consta de **haces vasculares** dispuestos **alrededor de una médula**, **ordenados en un círculo y separados por radios medulares**.
- Las lagunas foliares pueden o no estar delimitadas (Gimnospermas, Dicotiledóneas), según que el sistema vascular sea cerrado o abierto.
- Los **haces vasculares son mayoritariamente abiertos**, con cámbium fascicular, ya que la mayoría de estas plantas presenta crecimiento secundario

Esquema



Medicago sativa, alfalfa,



Fuente: biologia.edu.ar/botanica

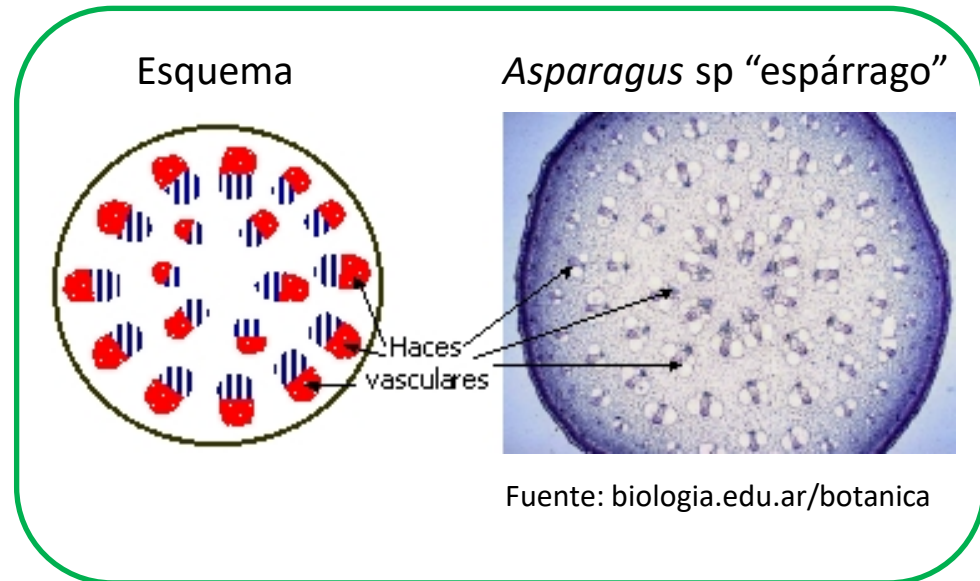
Estela: eustela

EUSTELA

Variante:

3.a. Atactoestela

- **haces vasculares colaterales o concéntricos esparcidos regularmente en todo el tallo debido a su recorrido longitudinal sinuoso.**
- característica de las **Monocotiledóneas**
- los **haces vasculares son cerrados por lo tanto no hay crecimiento secundario.**

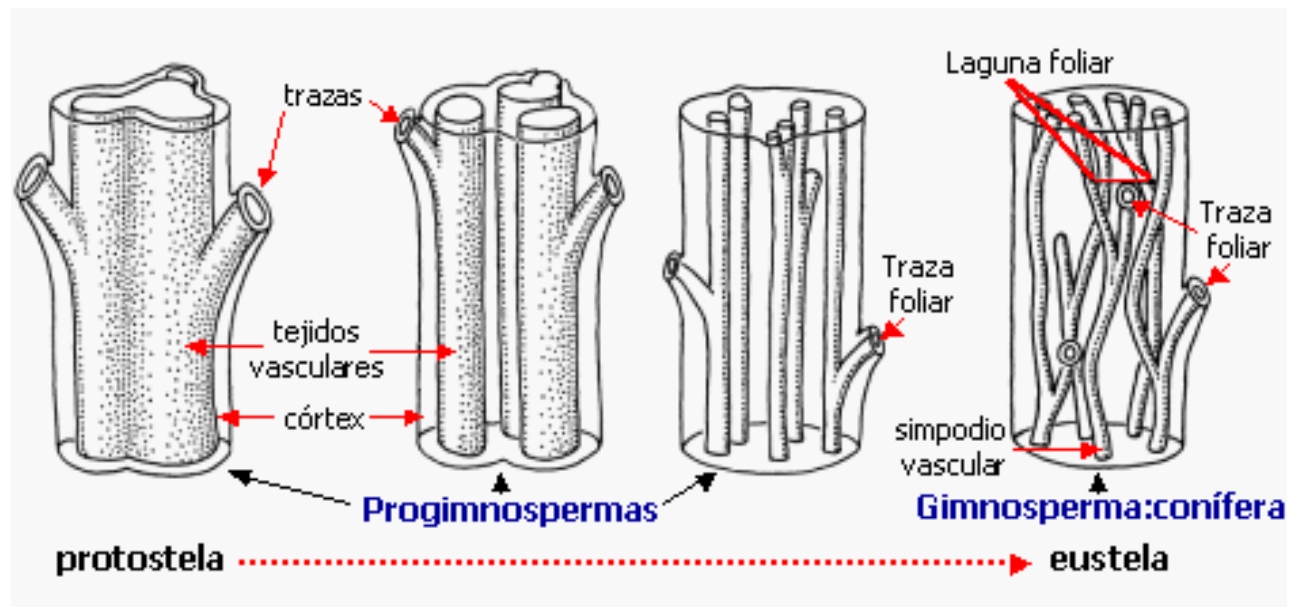


Estela: eustela

EUSTELA

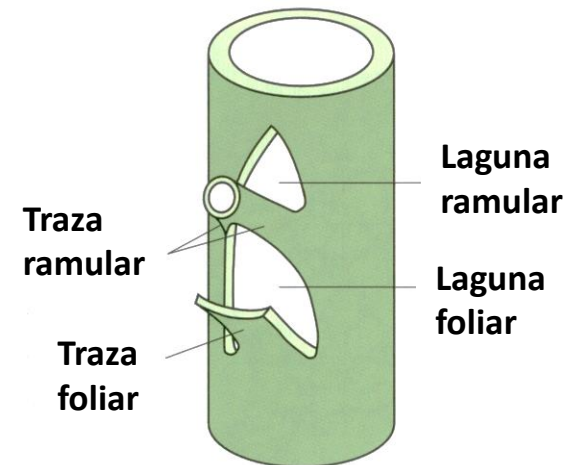
Origen evolutivo:

la estela de las plantas con semilla (Espermatófitas) no ha evolucionado a partir de la sifonostela de los helechos, sino que se formó por fragmentación de una protostela, del tipo hallado en las primeras plantas con semilla (Progimnospermas).

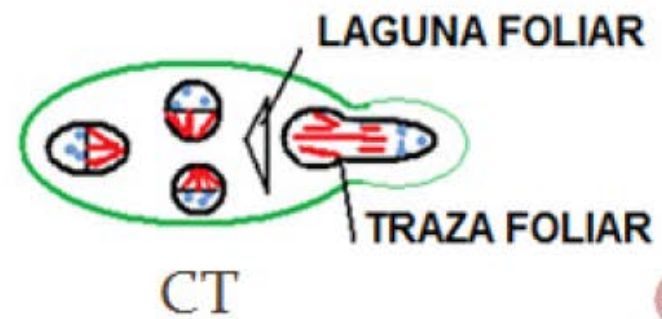
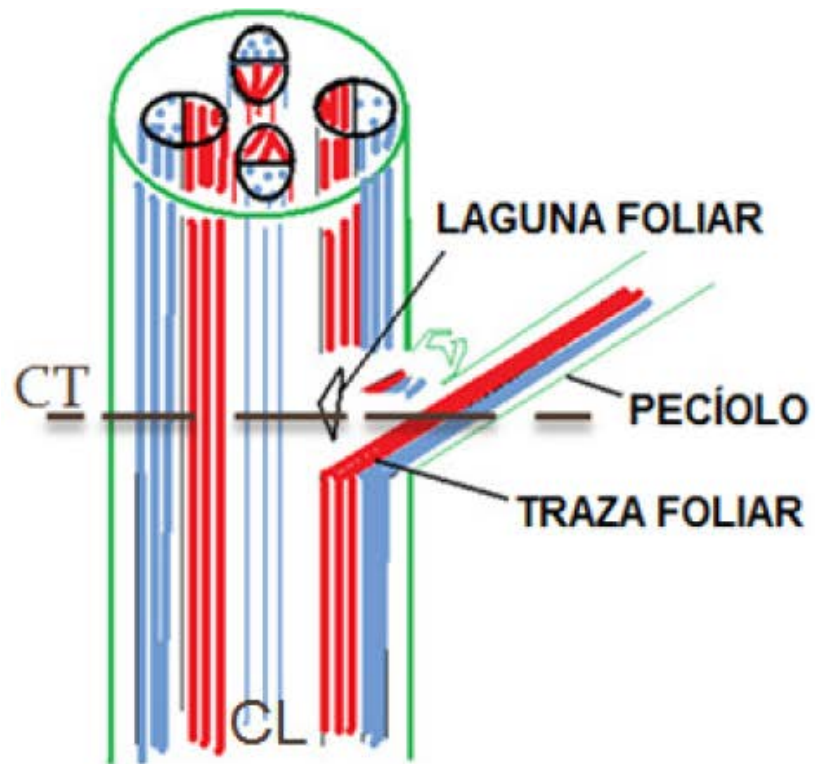


Traza foliar

- A lo largo del cilindro central del tallo, los haces vasculares se desvían hacia la periferia del tallo para luego penetrar en la hoja.
- Se produce la continuidad entre el sistema vascular caulinar y foliar.
- el **haz vascular que se desvía para penetrar en la hoja se llama rastro o traza foliar**.
- **Laguna foliar**: región parenquimática que ocupa el lugar dejado por el haz vascular
- **Traza de rama o ramular**: Haces vasculares que conectan el tejido vascular de la rama con el del tallo principal.
- **Laguna de rama o ramular**: región de parénquima en el cilindro vascular del tallo ubicada por encima del nivel donde una traza de rama diverge hacia la rama.



Traza foliar



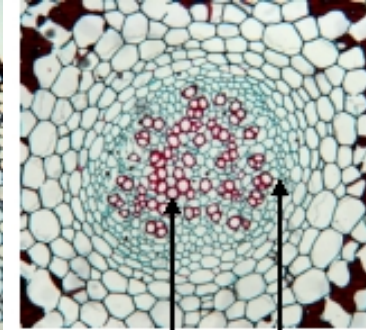
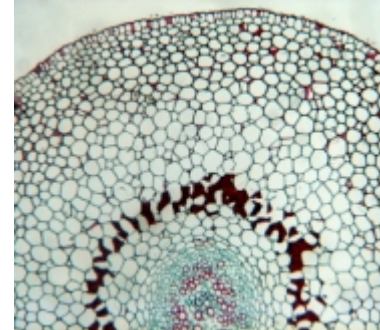
AMA

Fuente: Guía de estudio - Morfología Vegetal, FCAYF-UNLP

Tallo primario en Pteridófitas

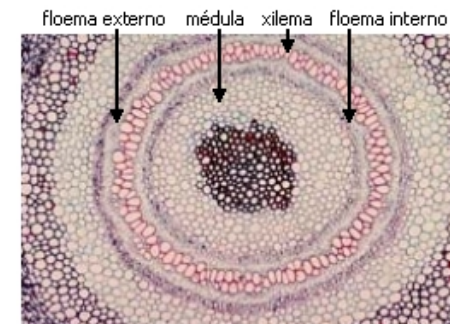
- Imposible dar un esquema general de la estructura primaria de tallo de Pteridofitas: **enorme diversidad estructural**.
- En muchas especies la capa más interna del córtex se diferencia formando la **endodermis**, igual que en la raíz

Protoestela
en *Psilotum* y
Gleichenia

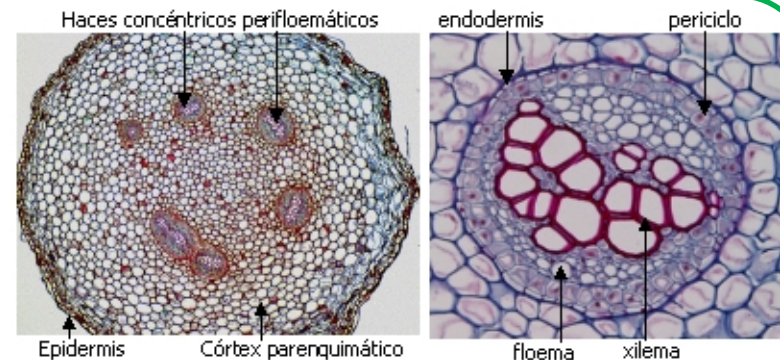


xilema floema

Sifonostela en
Adiantum: los
tejidos vasculares
rodean la médula
parenquimática



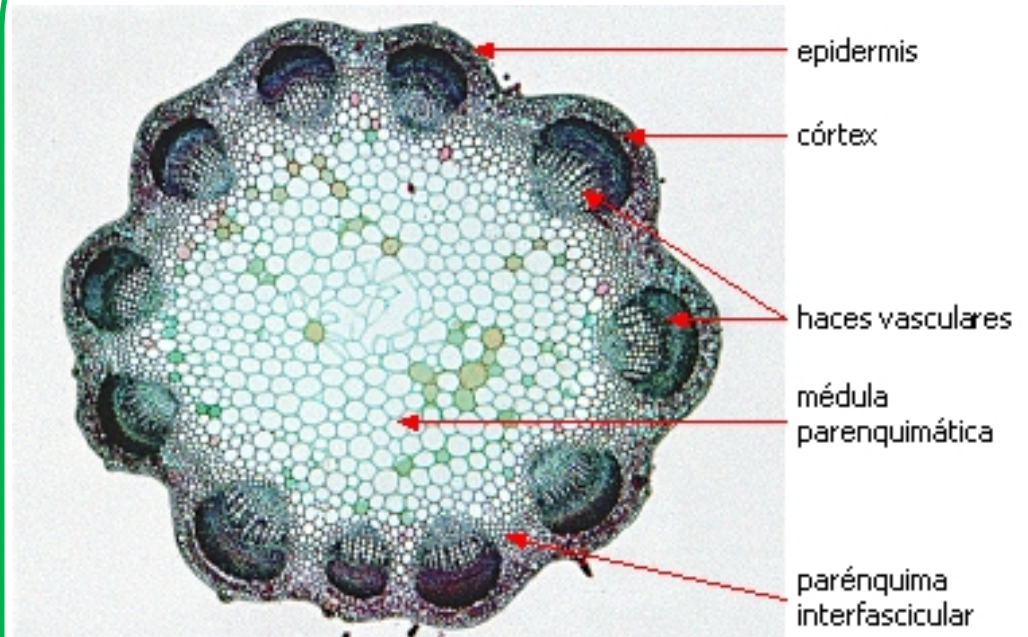
Polypodium con
dictiostela: varios
haces perifloemáticos
rodeados de
endodermis en medio
de un parénquima
homogéneo.



Tallo primario en Gimnospermas y Dicot.

- los **haces vasculares** aparecen **formando un círculo** que delimita una **región externa y una interna** de tejido fundamental: **córtex y médula** respectivamente.
- Los haces vasculares están separados entre sí por **paneles de parénquima interfascicular**:
EUSTELA

Tallo primario de *Trifolium* sp “trébol”



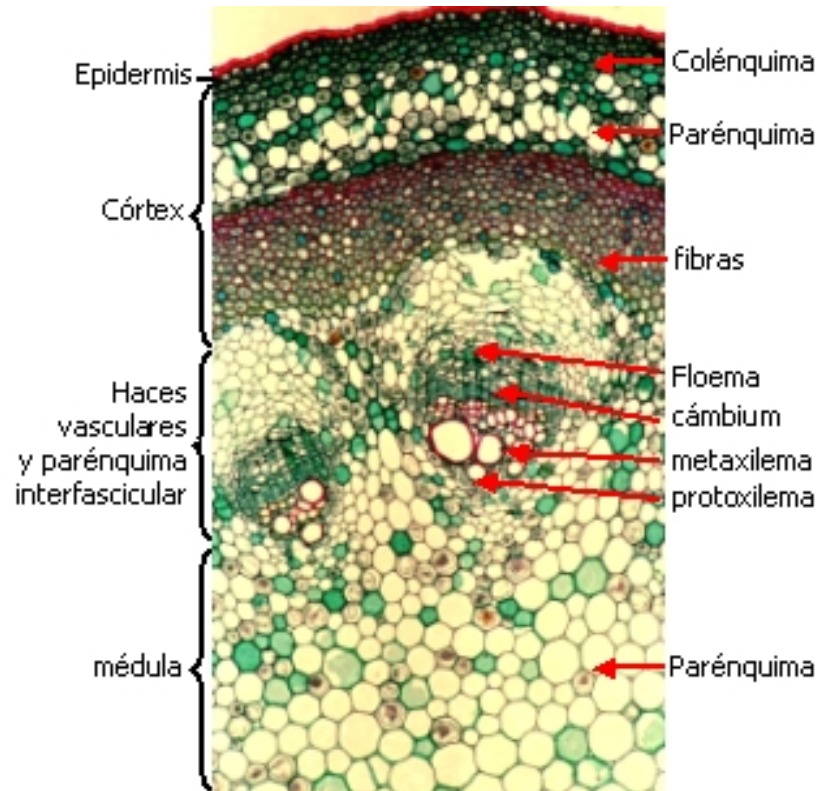
Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Tallo primario en Gimnospermas y Dicot.

CÓRTEX

- incluye los tejidos situados entre la epidermis y el sistema vascular.
- Generalmente delgado, excepto en las plantas en roseta como *Apium*, *Plantago* y *Taraxacum* y en las Cycadales.
- **constituido por parénquima**, pero frecuentemente **también hay tejidos de sostén** (colénquima y esclerénquima en Dicotiledóneas) **y/o estructuras glandulares** como los **conductos resiníferos** en las **Coníferas**, y los **laticíferos** o los **conductos mucilaginosos** en **Dicotiledóneas**.

Detalle del corte transversal de *Aristolochia* sp.



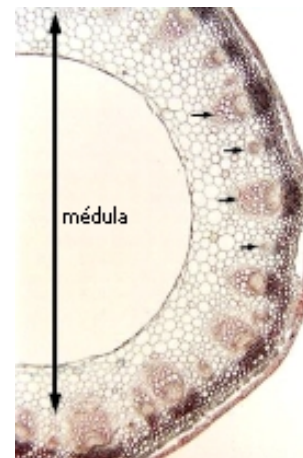
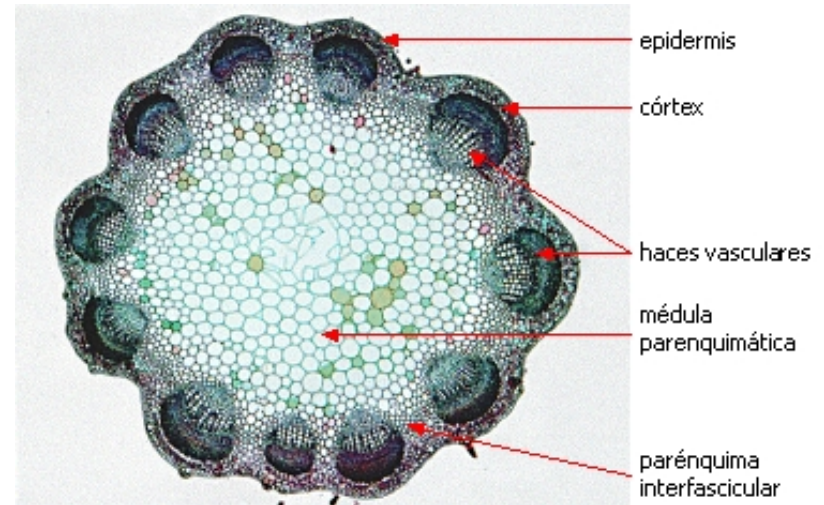
Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Tallo primario en Gimnospermas y Dicot.

MÉDULA

- porción que queda encerrada por el sistema vascular.
- **parenquimática**, a veces puede tener función de almacenamiento, o presentar idioblastos diversos y estructuras glandulares.
- El contorno (región perimedular) puede esclerificarse.
- En algunas especies se destruye, resultando en la formación de un **tallo hueco**; a veces la destrucción ocurre sólo en los entrenudos, mientras los nudos retienen la médula formando los diafragmas nodales

Tallo primario de *Trifolium* sp “trébol”



Médula hueca en *Delphinium ajacis*

Tallo primario en Monocotiledóneas

Se presentan dos tipos básicos:

1.

- resulta difícil distinguir un cilindro vascular: el sistema consta de un **gran número de haces repartidos irregularmente**, en varios ciclos, desde la periferia casi hasta el centro del tallo;
- **no es posible distinguir los límites entre córtex, cilindro vascular y médula (ATACTOESTELA)**.
- El tejido fundamental, llamado también tejido conjuntivo, puede ser parenquimático o estar fuertemente esclerificado, o presentar numerosos cordones de fibras, como en el tallo de los bambúes (*Bambousa*) y las palmeras.
- El centro puede ser hueco.

Zea mays “maíz”



Imágenes: Evert & Eichorn 2013

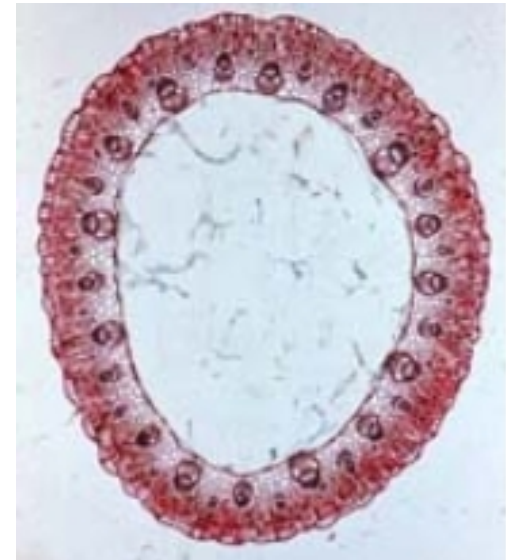
Tallo primario en Monocotiledóneas

Se presentan dos tipos básicos:

2.

- **los haces se disponen en dos círculos:** el externo con haces pequeños, incluidos en la capa subepidérmica de esclerénquima, y el interno con haces mayores, incluidos en parénquima.
- Presente en muchas gramíneas: *Secale* (centeno), *Hordeum* (cebada), *Oryza* (arroz), *Triticum* (trigo), *Avena*
- la parte central parenquimática puede ser descripta como médula, y con cierta frecuencia, es hueca;
- en las Gramíneas la médula se destruye durante el crecimiento sólo en los entrenudos, mientras los nudos la retienen formando los diafragmas nodales

Corte transversal del tallo hueco de *Juncus* “junco”



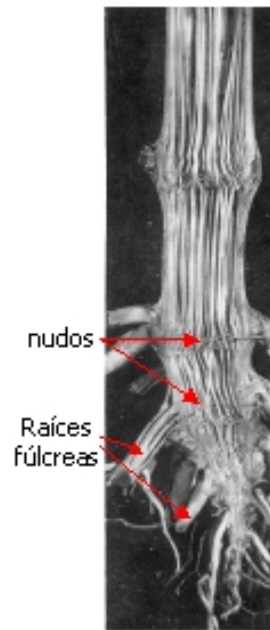
Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Engrosamiento primario

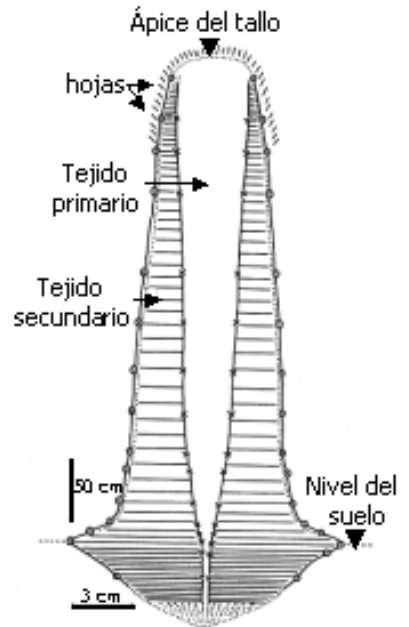
- El tallo crece en grosor gracias a dos procesos: engrosamiento primario y engrosamiento secundario.
- Durante el engrosamiento primario el tallo adquiere **forma obcónica**: los últimos entrenudos formados son más anchos que los primeros.
- En muchas monocotiledóneas como el maíz, por ejemplo, se originan **raíces fúlcreas en los nudos basales para compensar esa diferencia**.
- Si este crecimiento continuara indefinidamente, el eje sería muy inestable,
- por eso, en la mayoría de las dicotiledóneas y en algunas monocotiledóneas como *Cordyline australis* el engrosamiento secundario estabiliza al eje por un aumento del grosor que comienza desde la base

Estructura del tallo en cortes longitudinales

Tallo de *Zea mays*
"maíz"



Esquema de
Cordyline australis



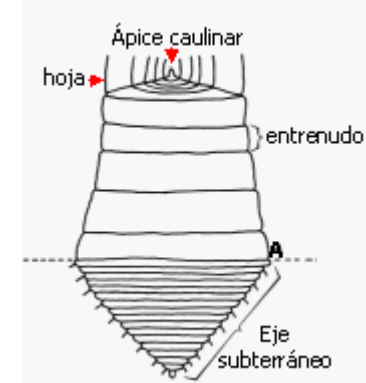
Fuente: biologia.edu.ar/botanica

Engrosamiento primario

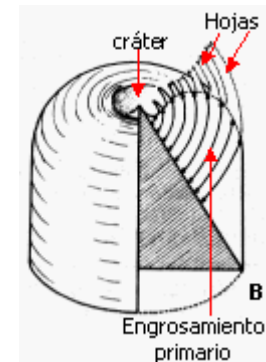
- Las monocotiledóneas arborescentes como las palmeras, alcanzan su **diámetro definitivo en sus primeros años exclusivamente por engrosamiento primario**.
- El tallo primario temprano, que queda bajo el nivel del suelo, es obcónico, engruesa progresivamente formando entrenudos muy cortos.
- En el meristema apical, por debajo de la túnica, se localiza un manto meristemático circular, llamado **meristema de engrosamiento primario** que se ensancha debajo de los primordios foliares por continuas divisiones periclinales de sus células.
- Recién cuando al tallo alcanza su diámetro definitivo comienza a crecer en longitud desarrollando entrenudos largos.
- Así forman las palmeras su tallo columnar, **el estípite**, y de la misma forma, en períodos más cortos, se forma el tallo de las gramíneas.

Crecimiento primario de palmera

Desarrollo inicial del tallo



Cono vegetativo: esquema tridimensional



Fuente: biologia.edu.ar/botanica

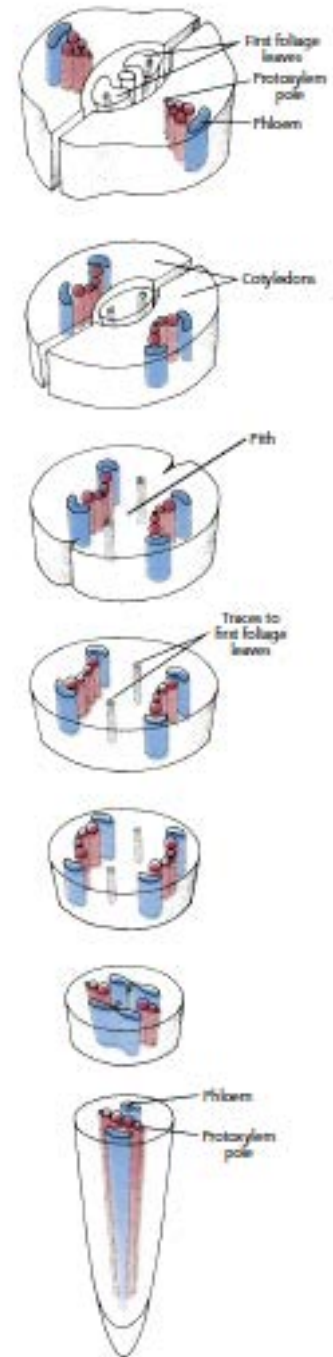
Engrosamiento primario

- En los cactus columnares (cardones) también se produce un engrosamiento primario masivo y desarrollo del córtex que luego se esclerifica.
- el grosor es similar a lo largo del tallo pero los cactus pueden ramificarse.

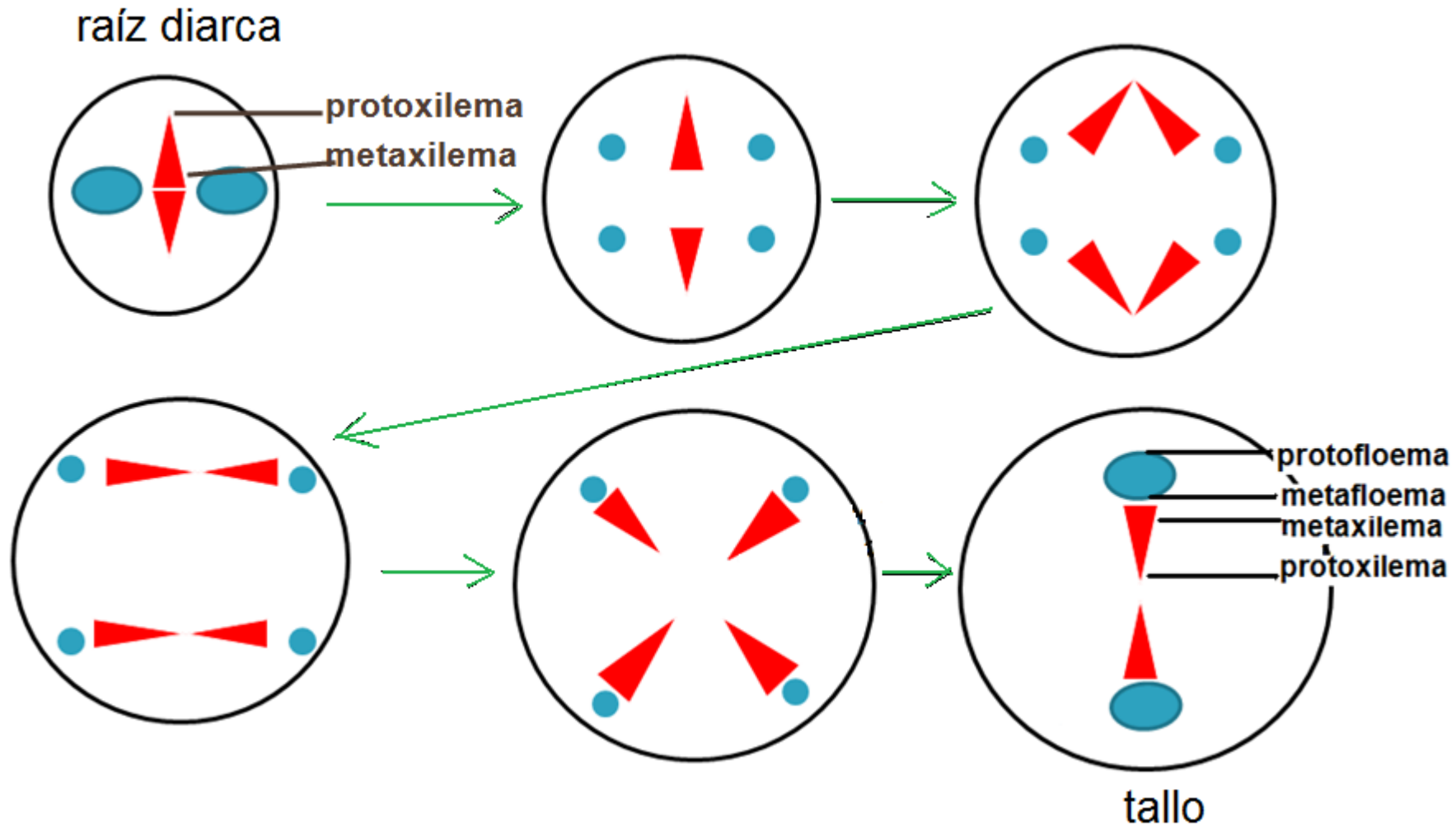


Estructura de transición raíz-tallo

- En la raíz los tejidos de conducción (xilema y floema primarios) se distribuyen **de manera radiada y alterna (actinoestela)**, mientras que en el tallo se ubican formando **haces vasculares frecuentemente colaterales con el xilema interno y el floema externo (eustela)**.
- El cambio de la disposición alterna y radiada de los tejidos vasculares a la de haces vasculares colaterales se produce a lo largo del hipocótilo, se conoce como **estructura de transición**.
- La forma de cambio a la de haces colaterales del tallo es característica para cada especie.
- **el xilema debe girar 180° quedando enfrente al floema** y con el metaxilema hacia la periferia y el protoxilema hacia el interior, es decir, en sentido inverso a la disposición que tiene en la raíz.
- **El floema no se invierte** y continúa quedando el protofloema hacia la periferia y el metafloema hacia el interior.



Estructura de transición raíz-tallo



Anatomía 1: Anatomía primaria de raíz y tallo

Subunidad B: Raíz.

- Estructura primaria
- Zonas del extremo de la raíz.
- Endodermis. Origen de las raíces laterales y adventicias

Subunidad A: Tallo

- Estructura primaria
 - Haces vasculares;
 - Protoxilema y metaxilema.
 - Protofloema y metafloema.
 - Tipos de haces; concepto de estela
 - Lagunas y trazas foliares.
 - Anatomía primaria del tallo de Pteridófitas, Gimnosp. y Angiosp.
 - Engrosamiento primario
 - Estructura de transición raíz-tallo