

# 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

# 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)

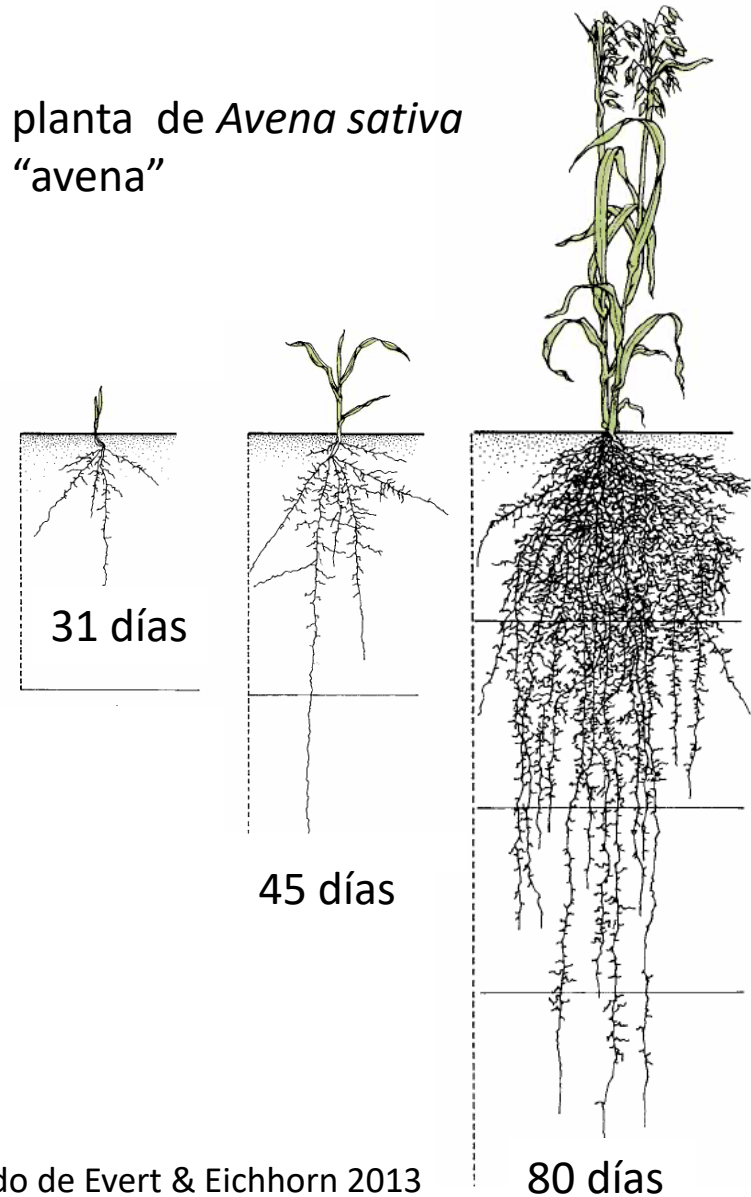
Aquellas plantas en las que puede reconocerse un cormo, se denominan **Cormófitas**.

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 H<sub>2</sub>O en el perfil del suelo
- Secreción de una amplia gama de sustancias (exudados)

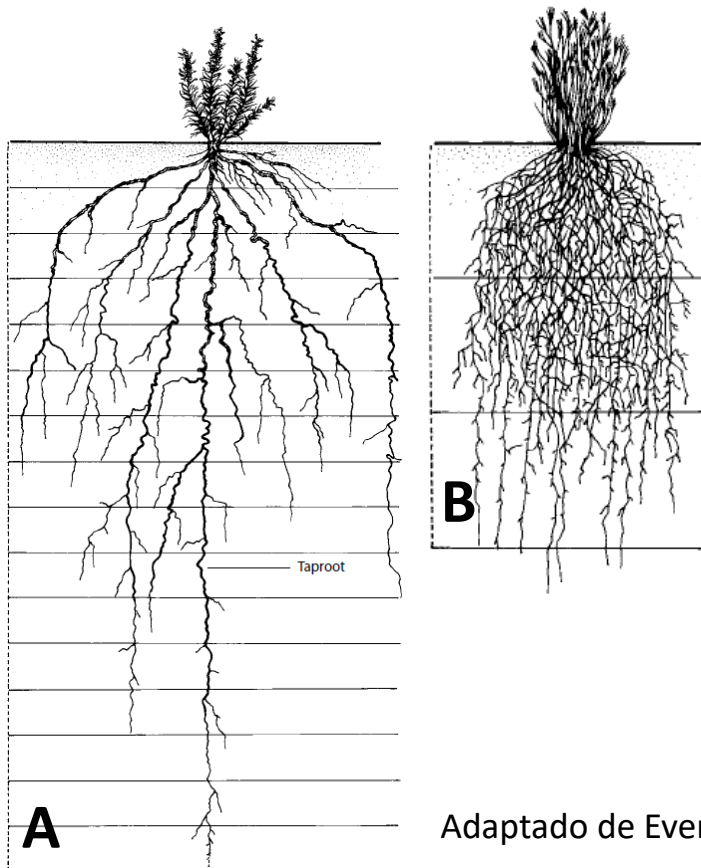
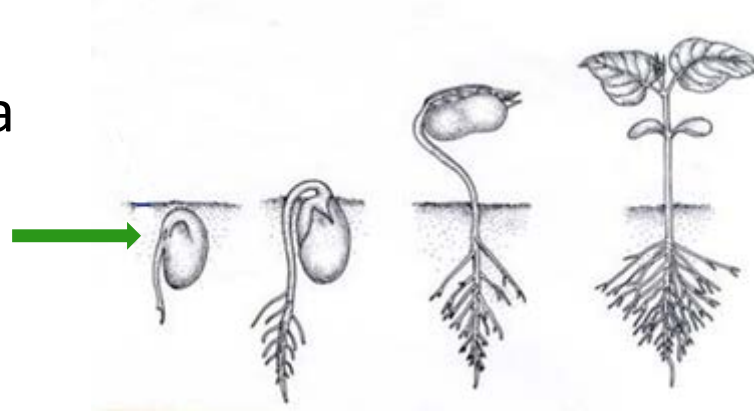
planta de *Avena sativa*  
“avena”



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**

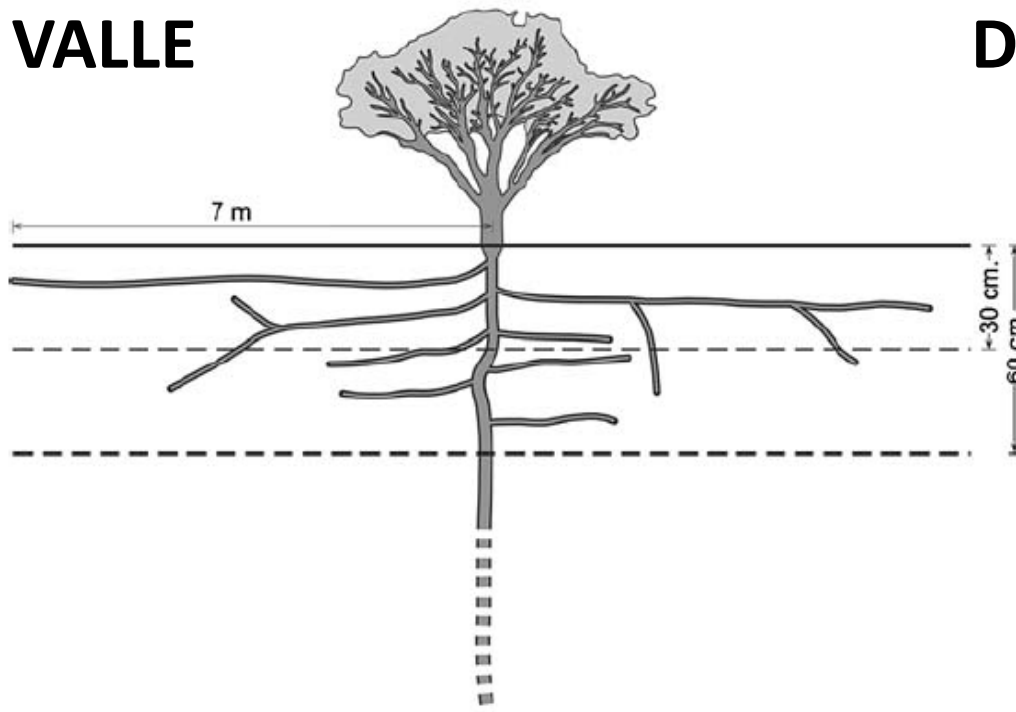
(dicotiledóneas y gimnospermas)

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**

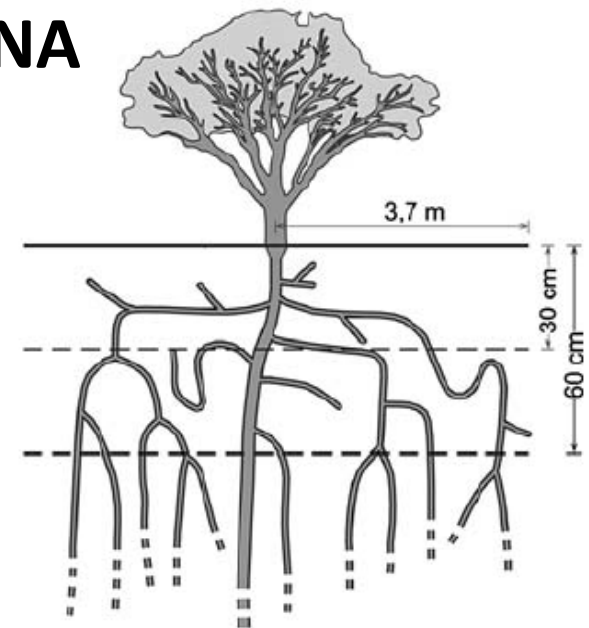
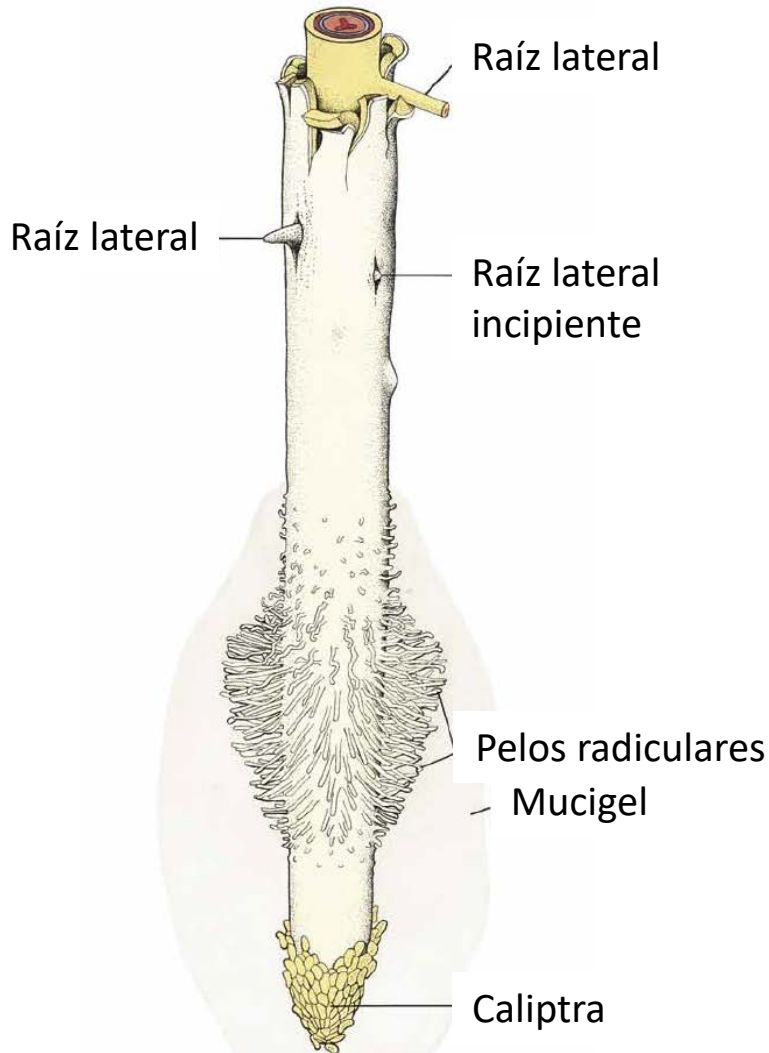


Figura de Guevara et al 2010 Plant Soil

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:

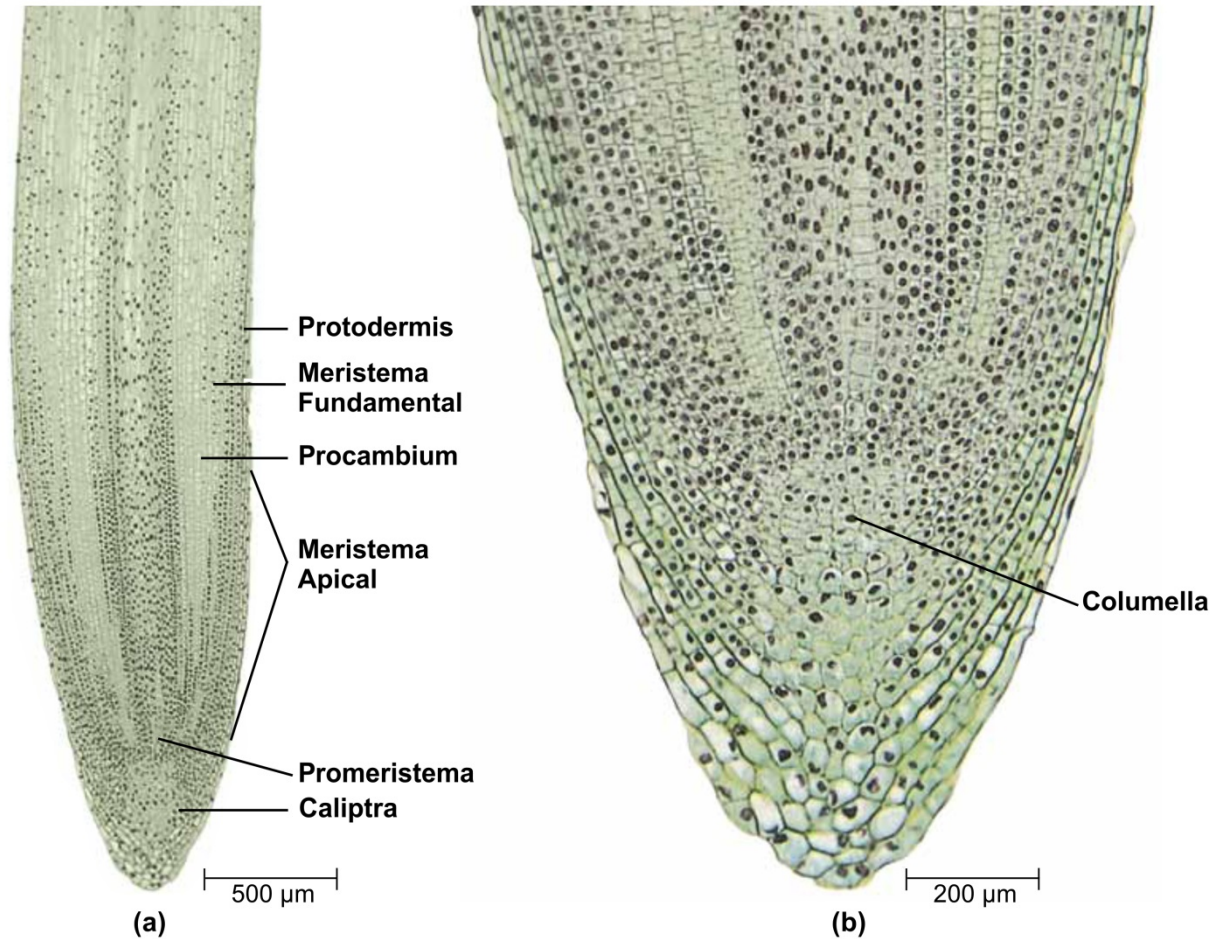
- Polisacárido altamente hidratado secretados por la células periféricas de la caliptra





# Organización del ápice radical

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



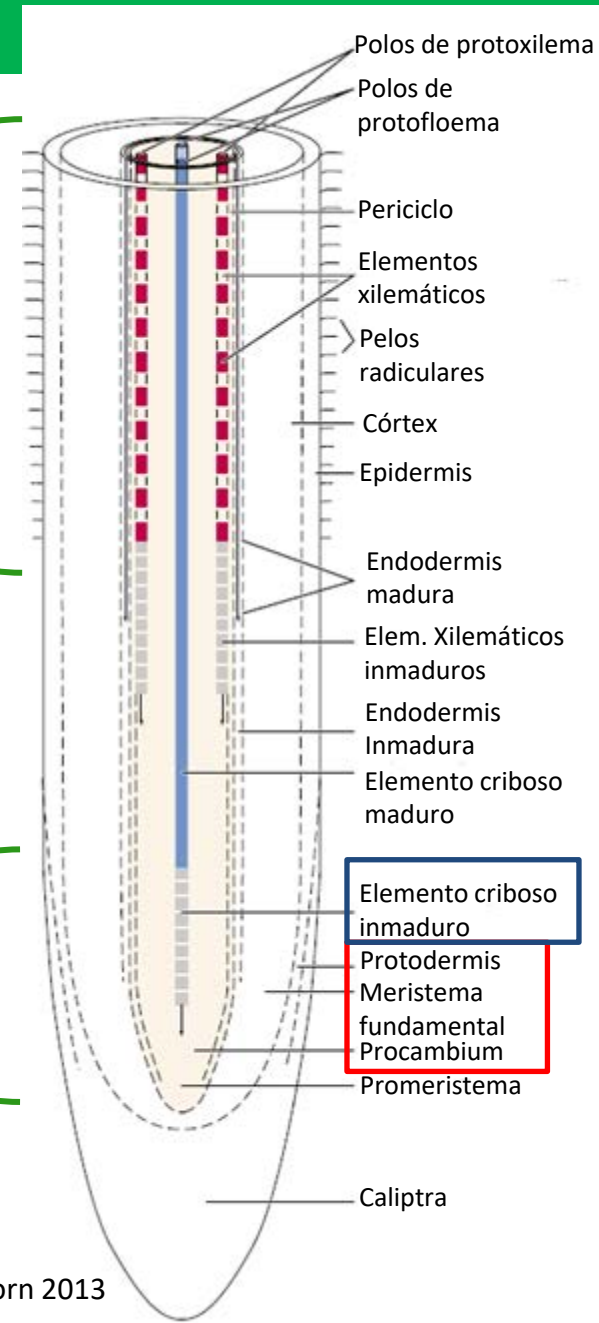
# Regiones celulares del ápice

Transición gradual

Región de MADURACIÓN

Región de ELONGACIÓN CELULAR

Región de DIVISIÓN CELULAR (meristema apical)



# Estructura primaria

Sección transversal de la raíz de *Ranunculus* sp.

## CÓRTEX

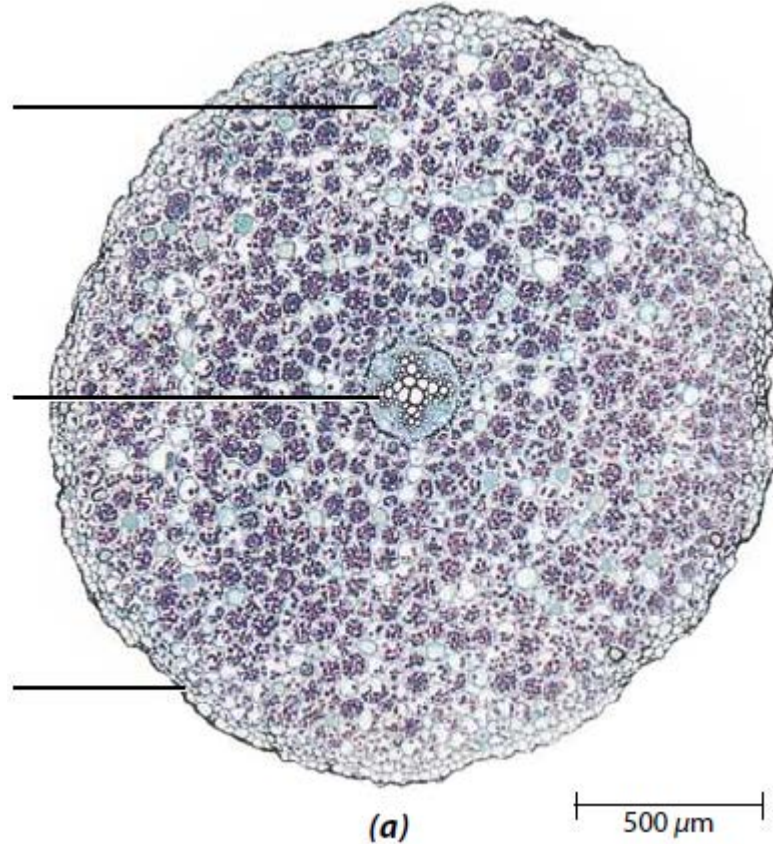
Parénquima con plástidos de almacenamiento y espacios aeríferos, excepto en las capas más externas (exodermis) e interna (endodermis)

## CILINDRO CENTRAL O VASCULAR

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

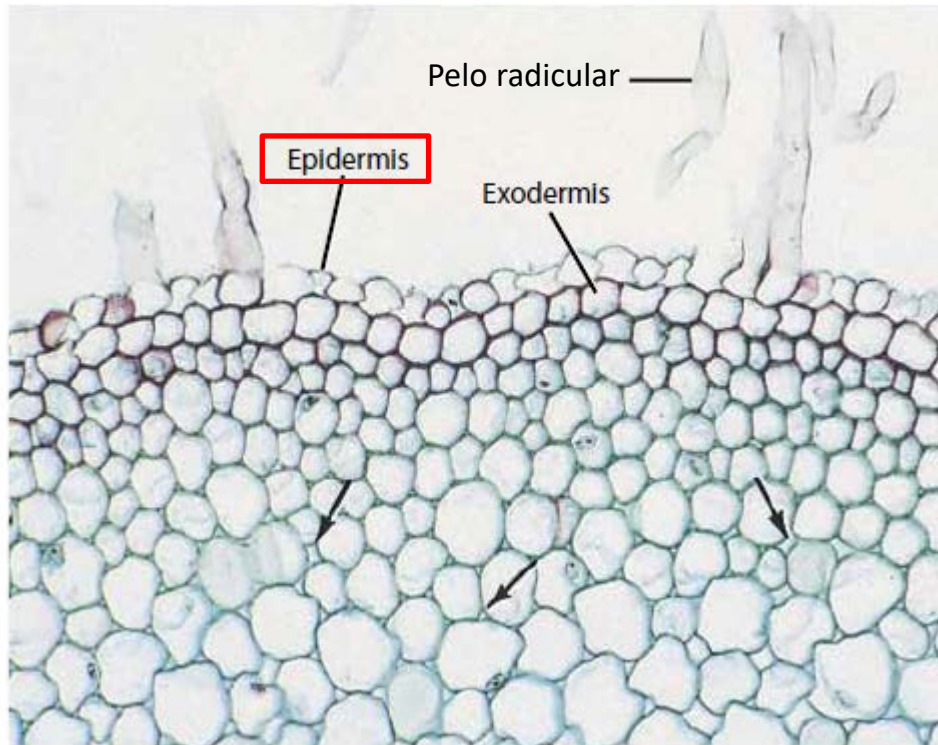
## EPIDERMIS O RIZODERMIS

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

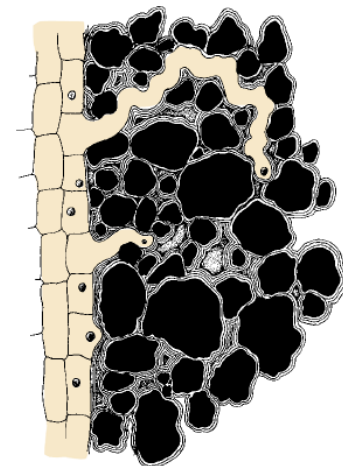


Fuente: Evert & Eichhorn 2013

100 μm

- 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

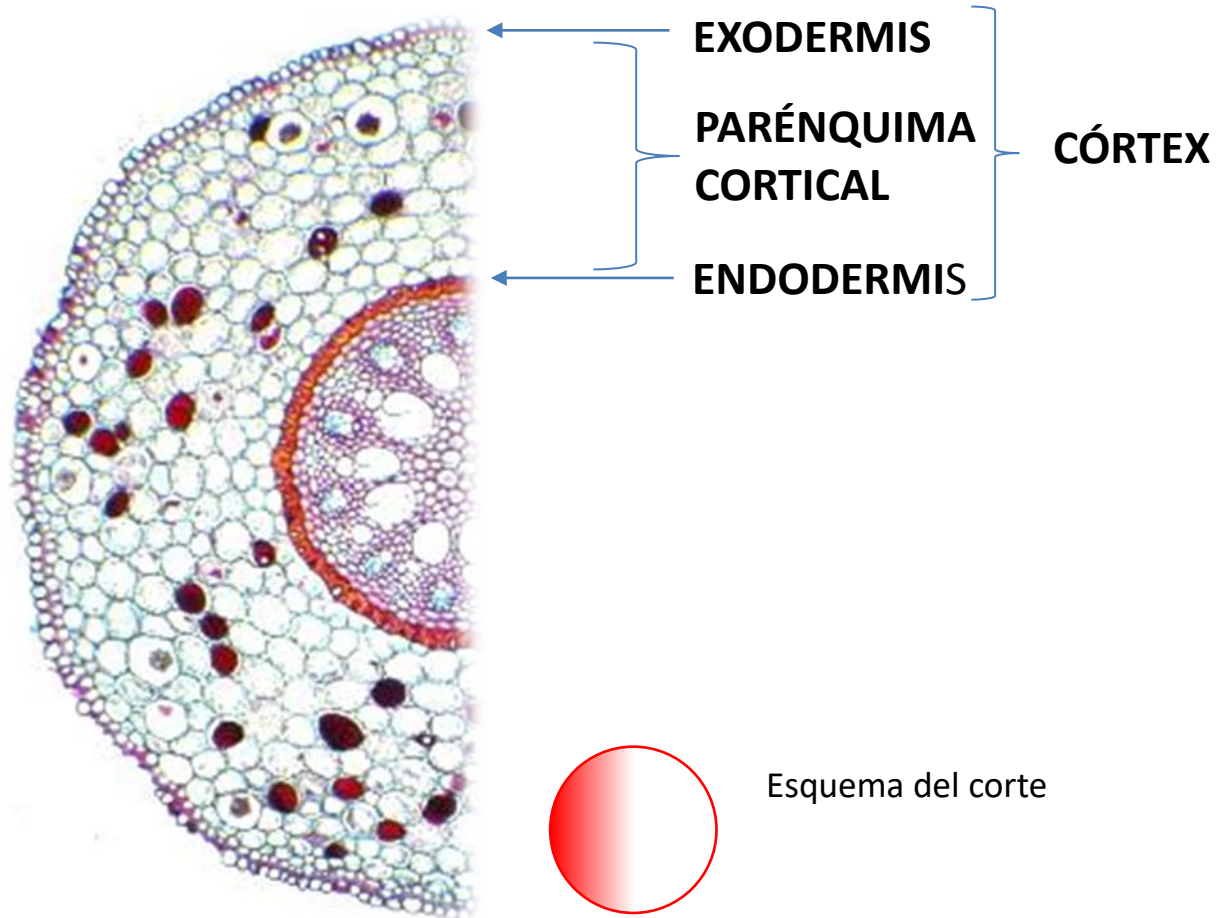
## PELOS RADICULARES



Fuente: Evert & Eichhorn 2013

# Estructura primaria: córtex

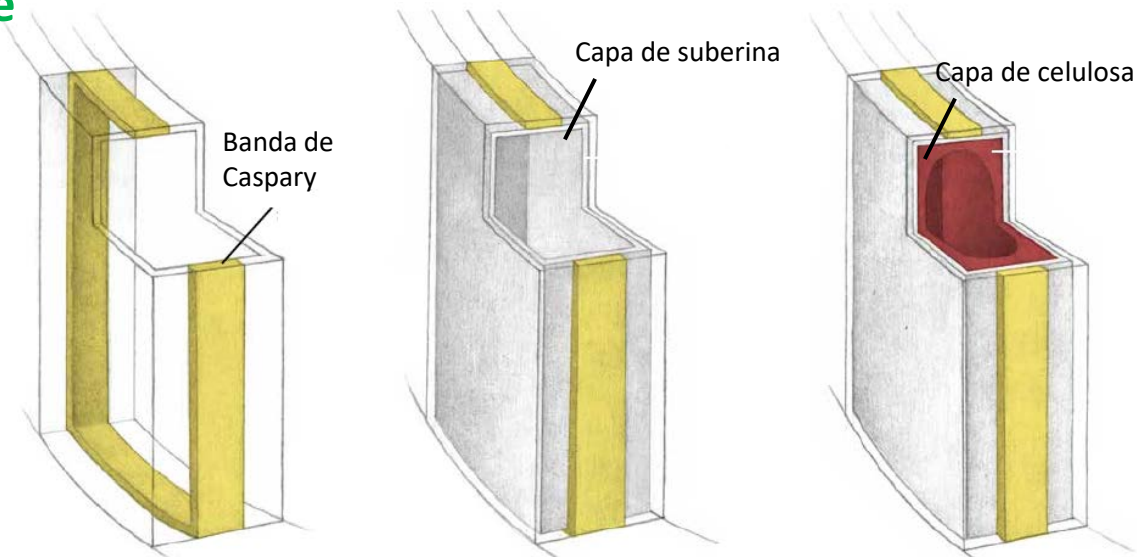
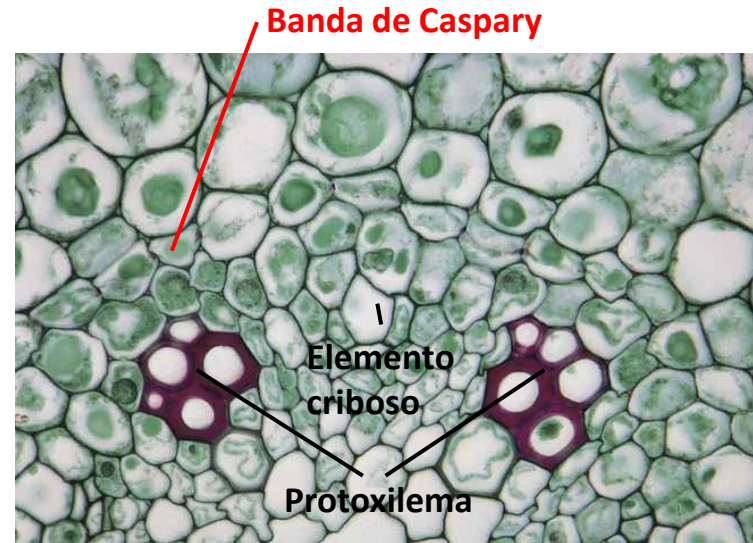
Sección transversal de una raíz de monocotiledónea



Fuente: <http://www.dipbot.unict.it/frame/botgenit.htm>

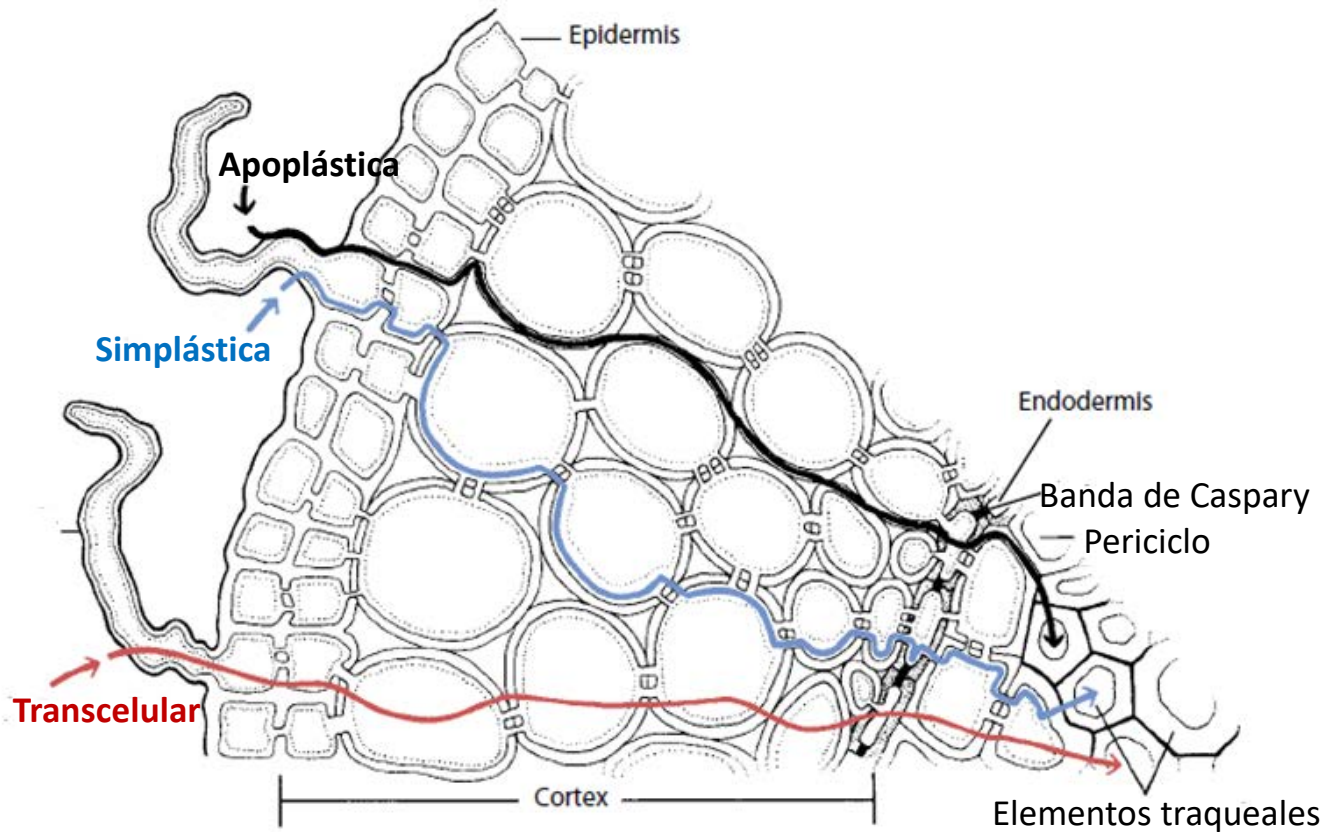
# Estructura primaria: córtex-endodermis

- 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

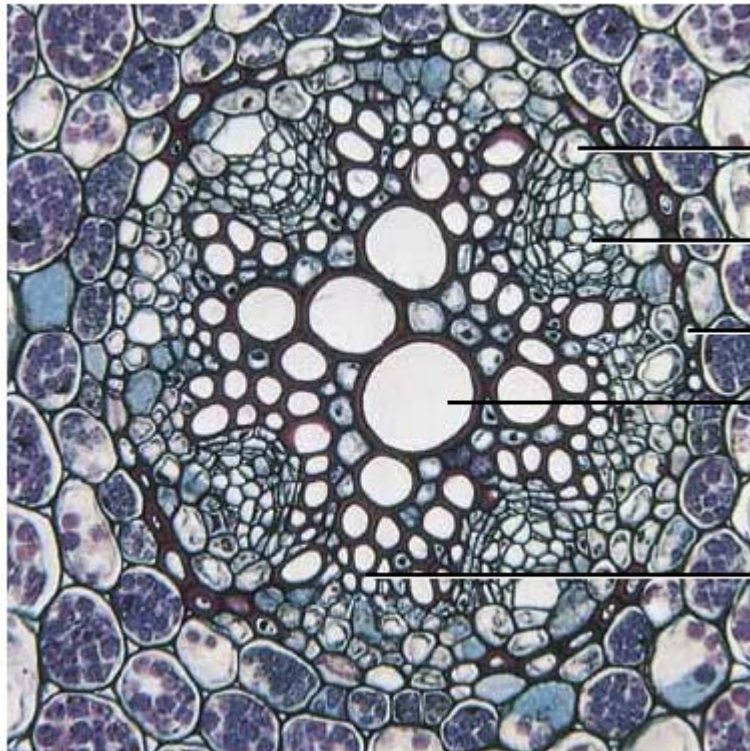
Posibles vías para el movimiento del agua del agua a través de la epidermis, córtex e ingreso en elementos traqueales



- **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

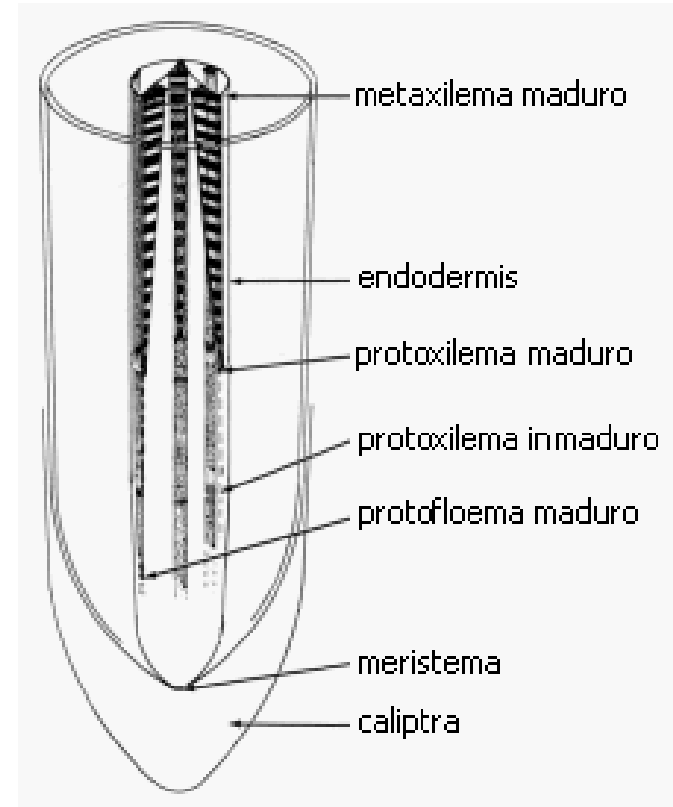


# Estructura primaria: cilindro vascular

## 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 (o exarco)**: 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), tetraarcas (4) y poliarcas (+ de 4)

### Diferenciación vascular longitudinal en raíz de *Pisum sativum*

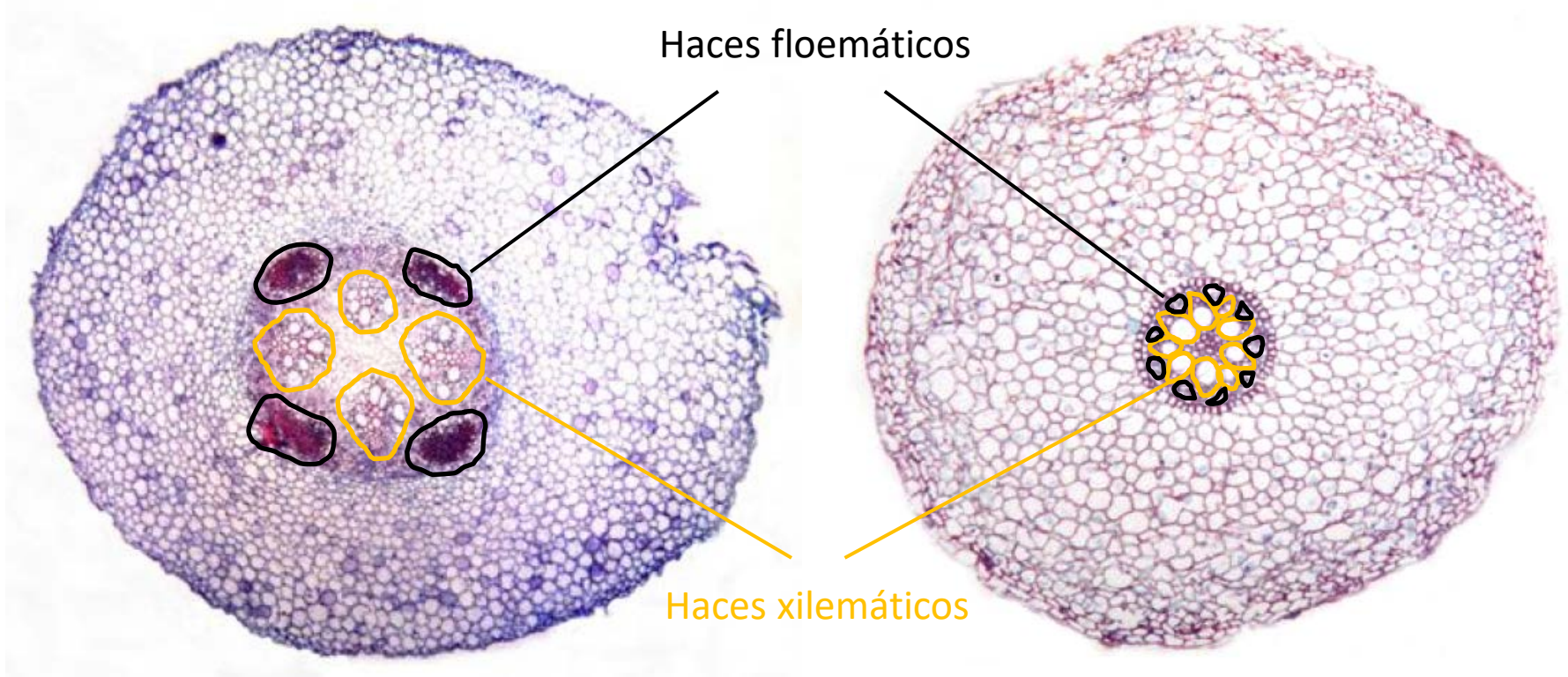


Esquema de Esau 1977

# Estructura primaria: cilindro vascular

Raíz de dicotiledónea  
haba (*Vicia faba*)

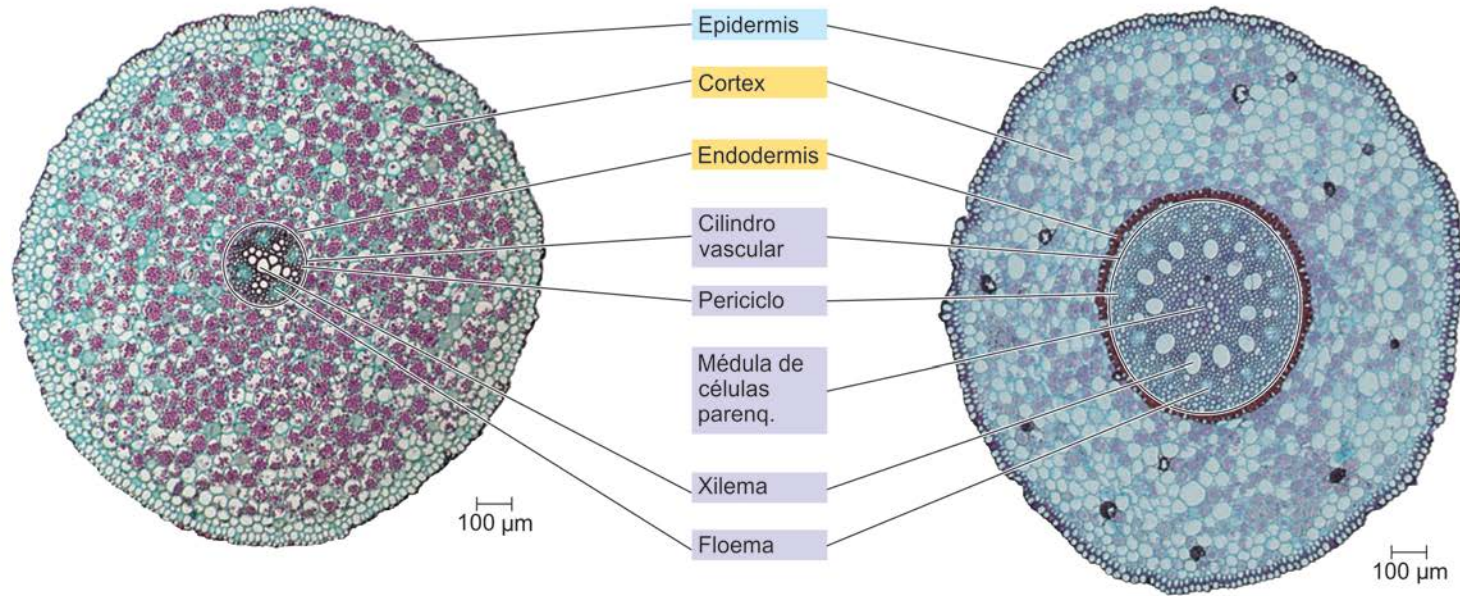
Raíz de monocotiledónea  
lirio (*Iris germanica*)



**Raíz tetrarca**

**Raíz poliarca**

# Estructura primaria: dicot. vs. monocotiledóneas



Raíz con xilema y floema en el centro  
(típico de **Dicotiledóneas**)

Raíz con parénquima en el centro  
(típico de **Monocotiledóneas**)

Modificado de Reece et al 2013

## DICOTILEDÓNEAS

- Cilindro vascular sin médula parenquimática
- Celulas corticales: a veces retenidas durante la vida pero **mayoritariamente desprendidas por el crec. 2rio.**
- **Diarca a tetrarca**

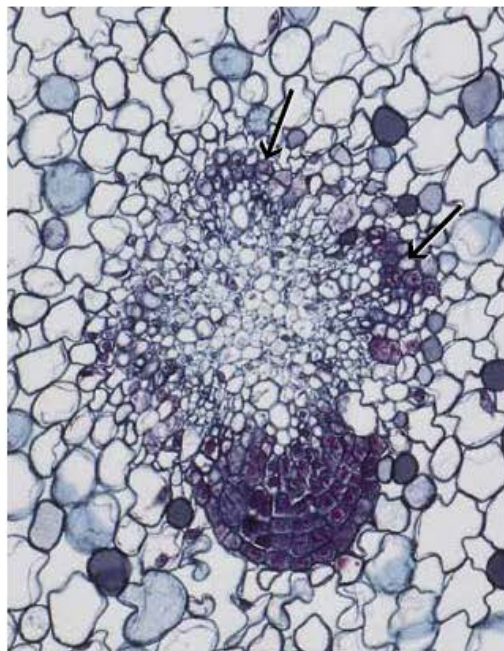
## MONOCOTILEDÓNEAS

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

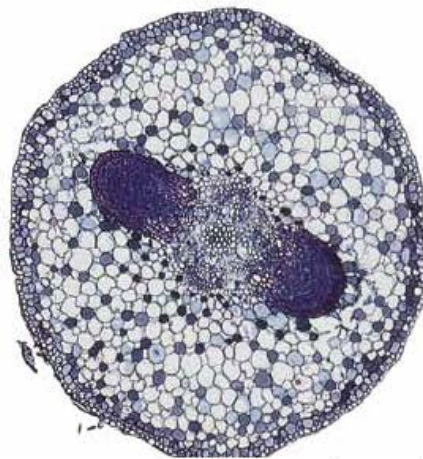
# Origen de las raíces laterales

- 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”



(a) 100  $\mu\text{m}$



(b) 200  $\mu\text{m}$

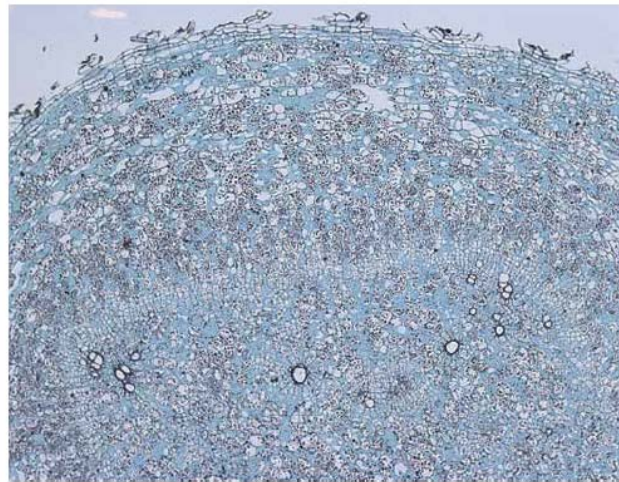
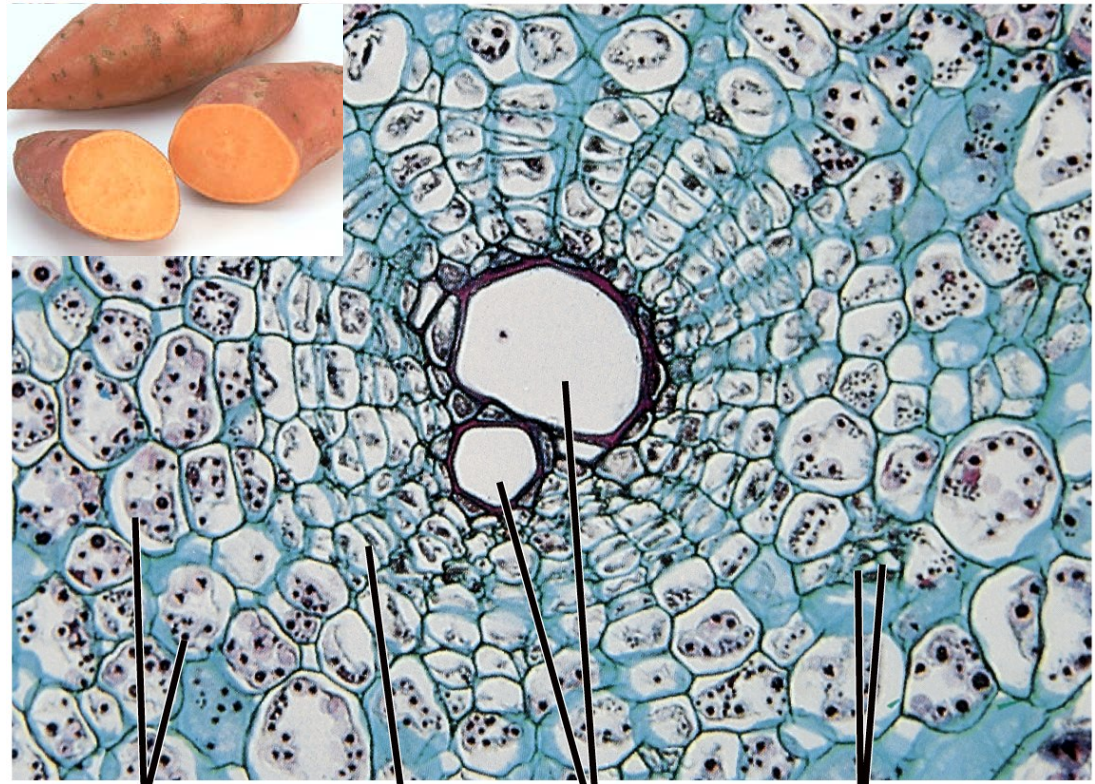
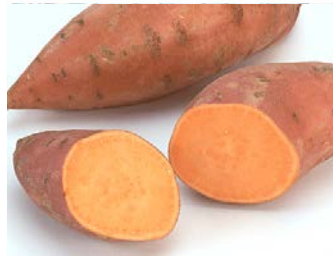
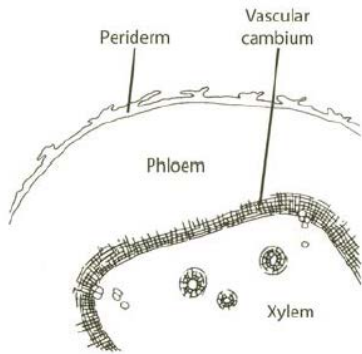


(c) 250  $\mu\text{m}$

# Modificaciones para el almacenamiento

## Raíces tuberosas

*Ipomoea batatas* "batata"



(a)

500 μm

Celulas  
parenquimáticas de  
almacenamiento

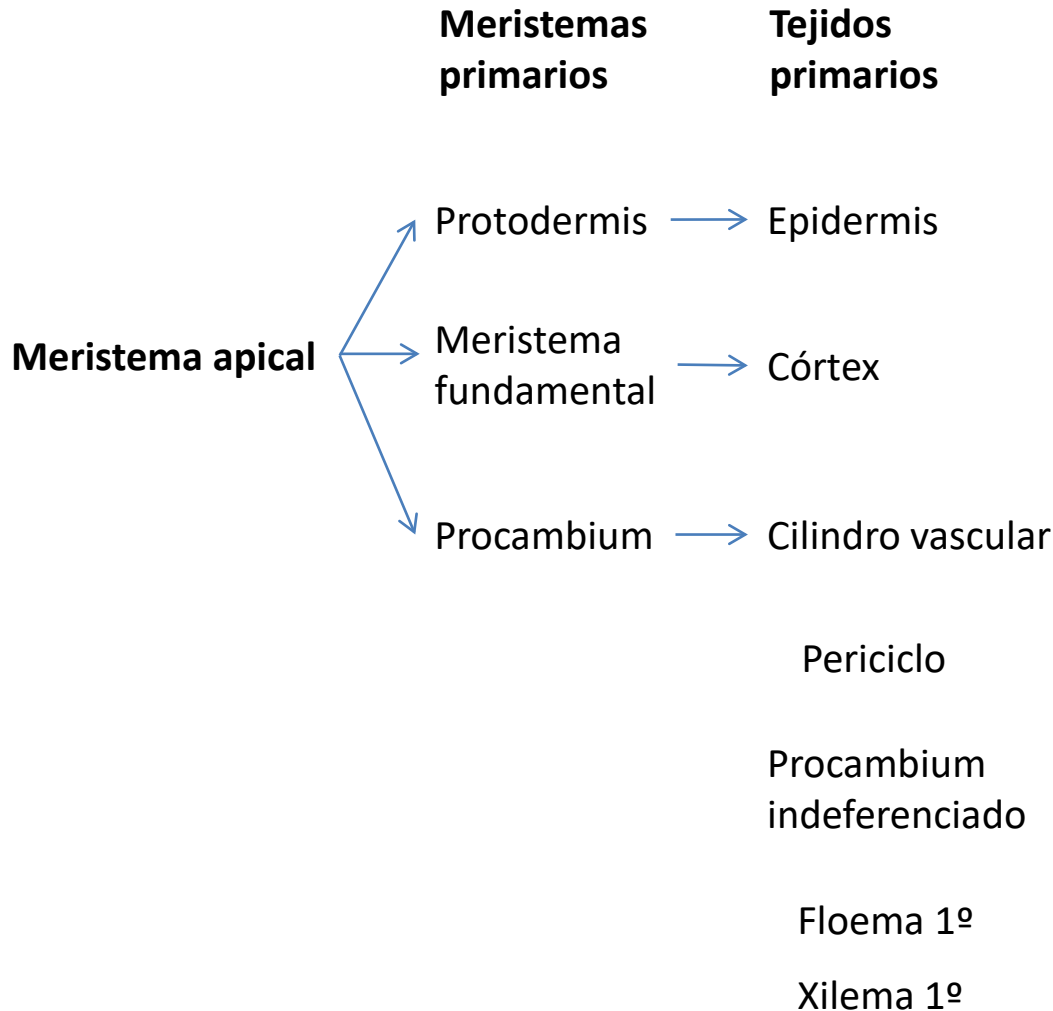
Cambium

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



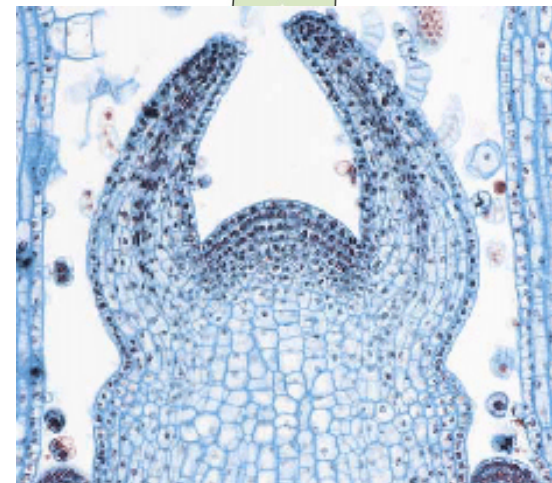
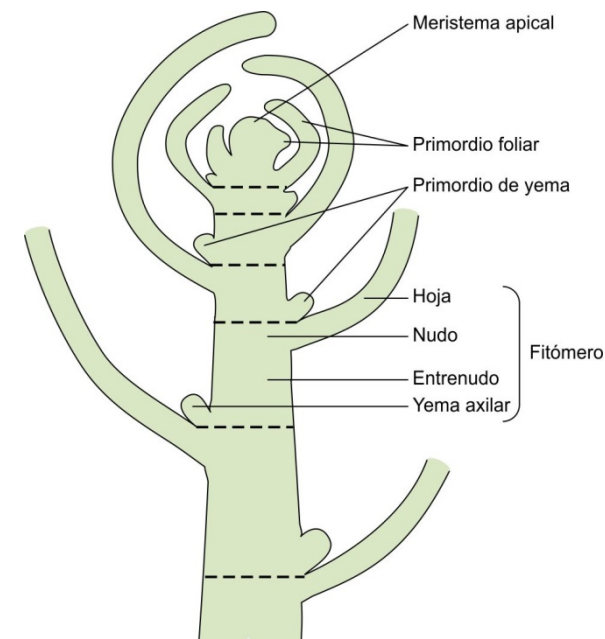
Fuente: biologia.edu.ar

- 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.



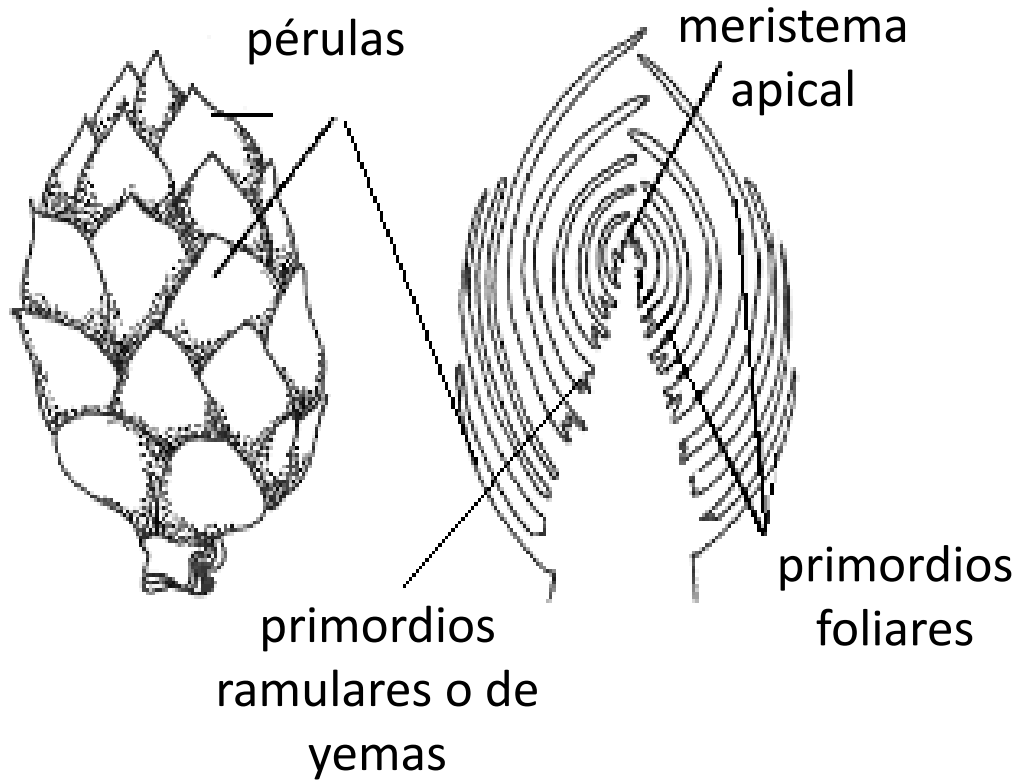
# Vástago

- 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.



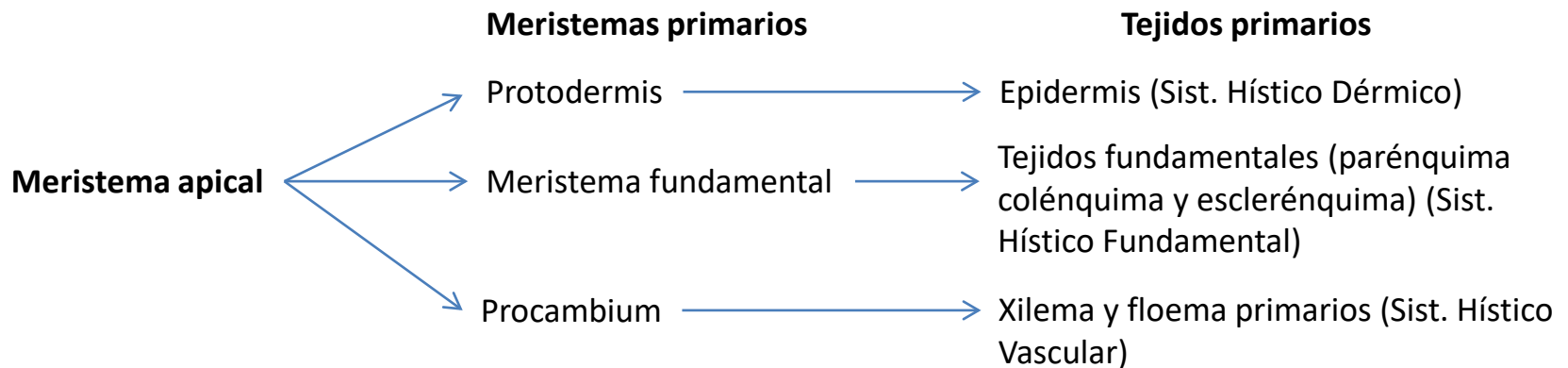
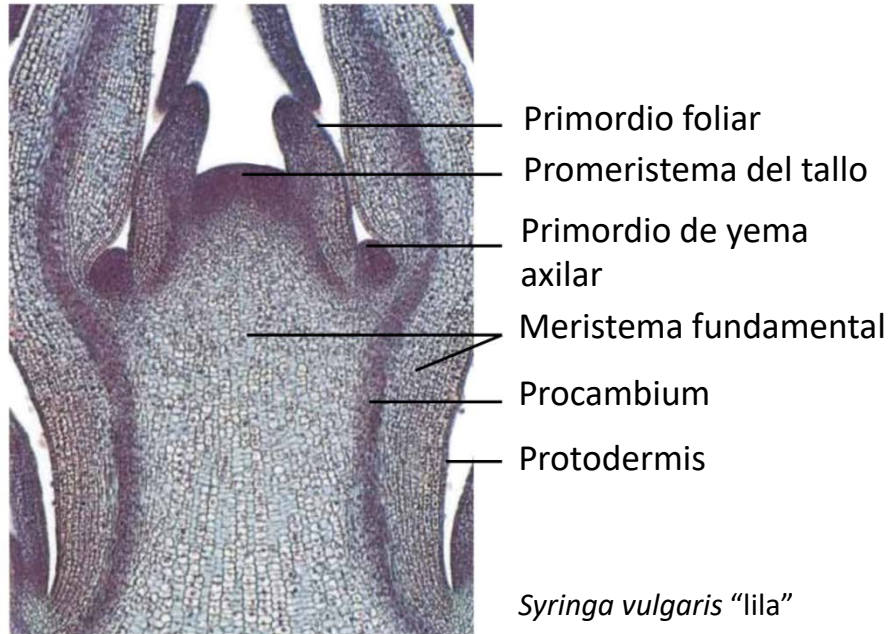
Imágenes de Evert & Eichorn 2013

# Vástagos: las yemas, su origen.



# Vástago: meristema apical

## ÁPICE DEL VÁSTAGO



# Cormo



**Vástago**  
(generalmente aéreo)

**tallo**

hojas

**Raíz** (generalmente subterráneo)

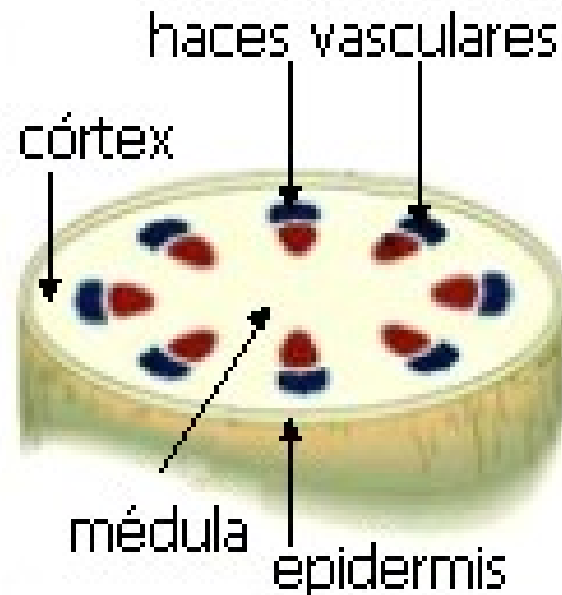
# Tallos: funciones

**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

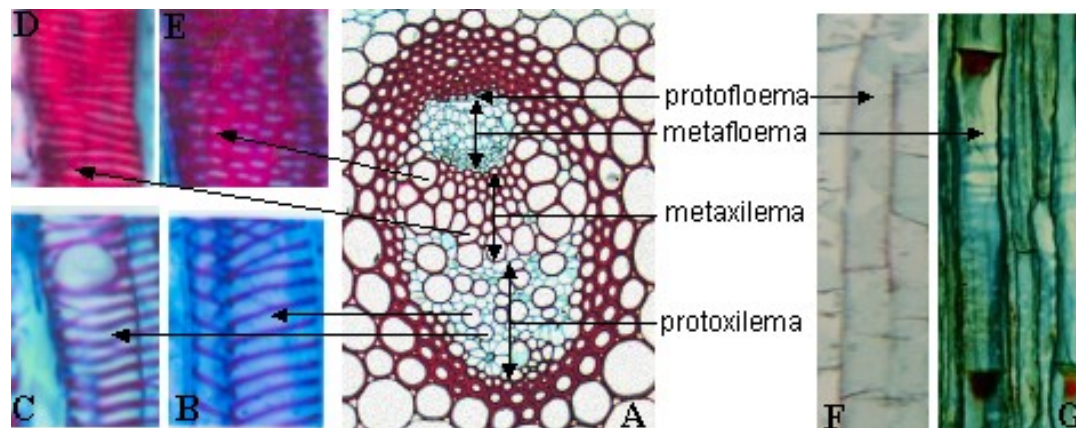
En el tallo de las plantas vasculares el **xilema** y el **floema primarios** se presentan **asociados formando cordones denominados haces vasculares** (fascículos o mestomas)



# 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

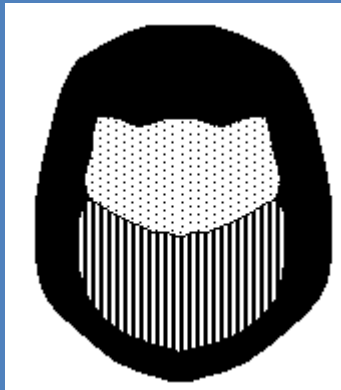
## 1) HAZ COLATERAL

- 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**

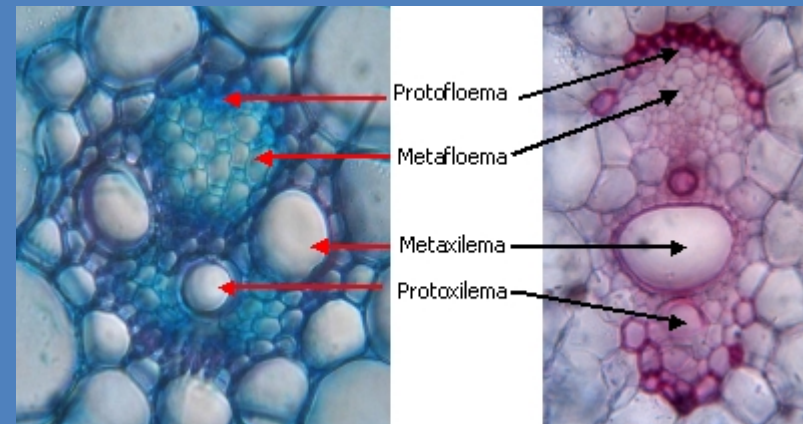
### 1.a) Haz colateral cerrado:

- **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* y *Canna glauca*



Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

# Tipos de haces: colateral

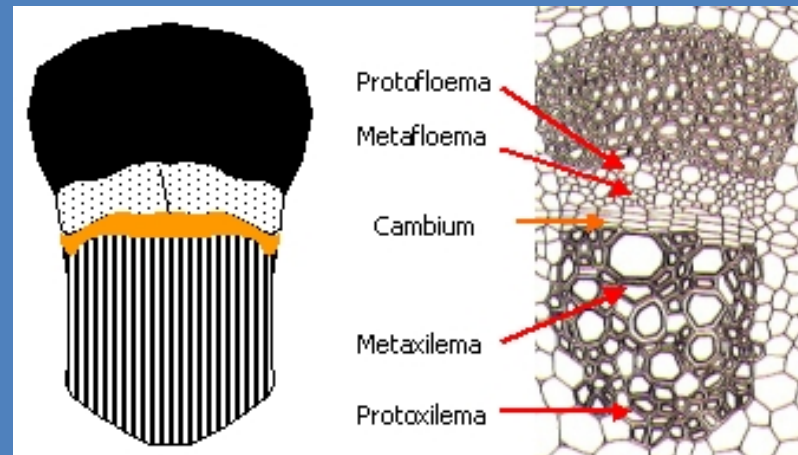
## 1) HAZ COLATERAL

- 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](http://biologia.edu.ar/botanica)

# Tipos de haces: colateral

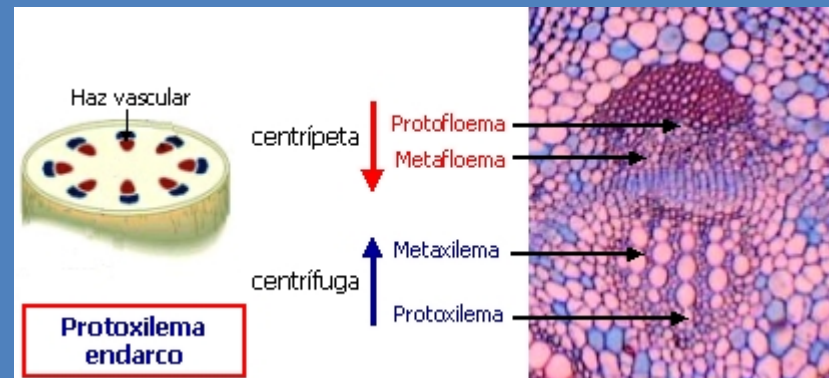
## 1) HAZ COLATERAL

- 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*



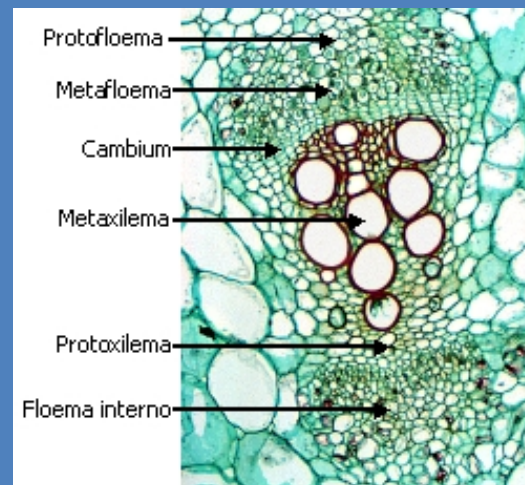
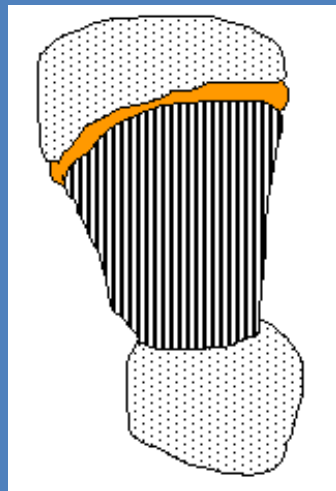
Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

# Tipos de haces: biclateral

## 2) HAZ BICLATERAL

- **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”



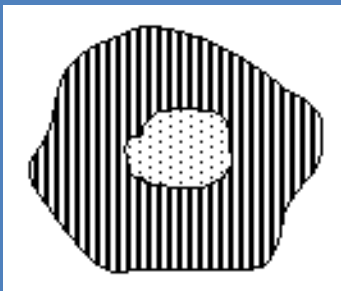
# Tipos de haces: concéntricos

## 3) HAZ CONCÉNTRICO

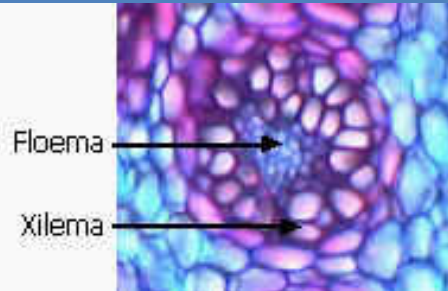
- uno de los tejidos vasculares rodea completamente al otro.
- son cerrados.
- **PERIXILEMÁTICO, leptocéntrico o anfivasal:** xilema rodea al floema; se encuentra en muchas Monocotiledóneas
- **PERIFLOEMÁTICO, hadrocéntrico o anficribal:** floema rodea al xilema ; comunes en Pteridofitas y en flores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

### HAZ C. PERIXILEMÁTICO

Esquema



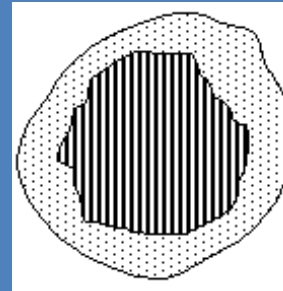
*Dracaena*



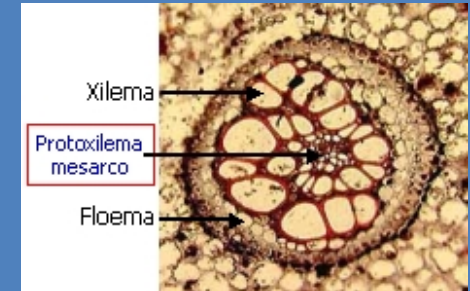
Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

### HAZ C. PERIFLOEMÁTICO

Esquema



*Pteridium*



Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

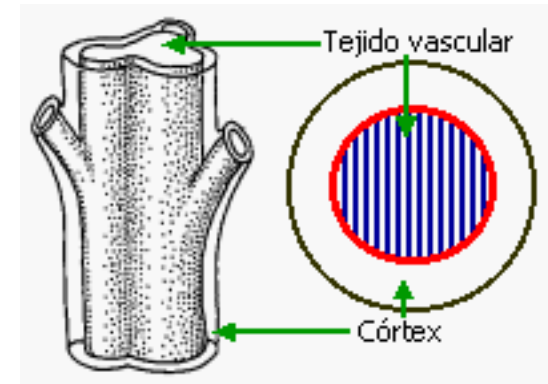
# Estela

- 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.

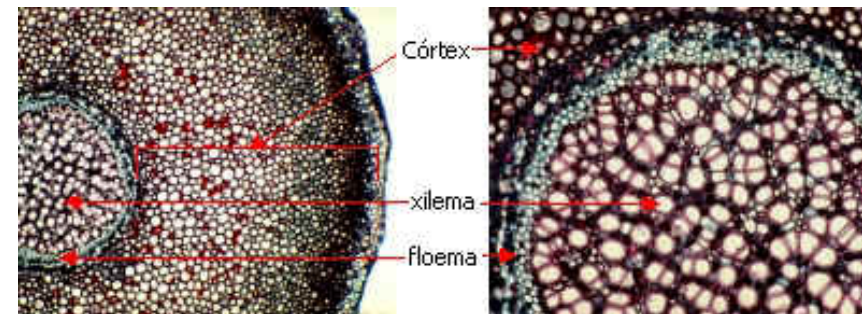
# Estela: protoestela

## 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](http://biologia.edu.ar/botanica)

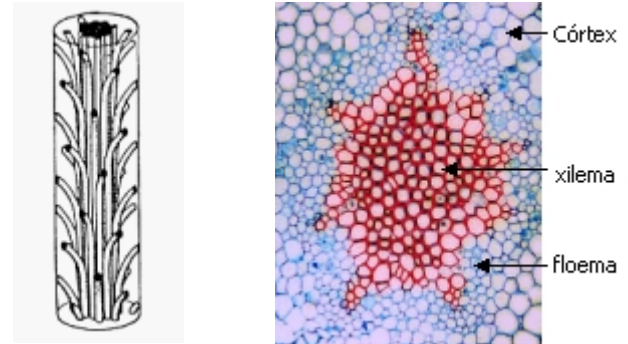
# Estela: protoestela

## PROTOESTELA

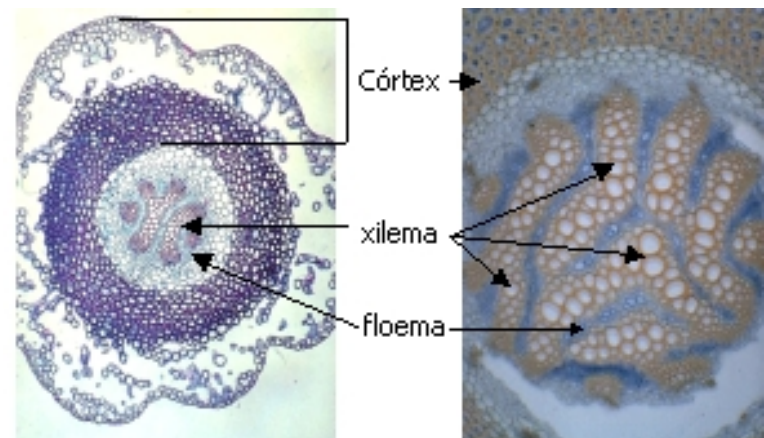
### Variantes:

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

Actinoestela en tallo de *Psilotum*



Plectoestela en *Lycopodium*

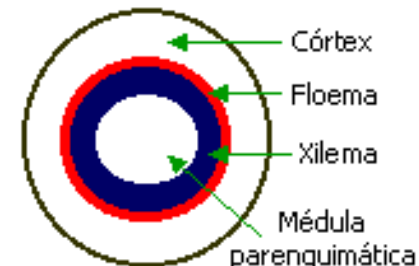
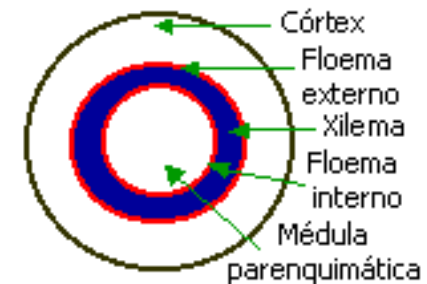
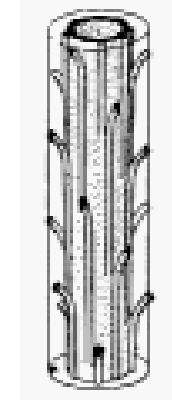




# Estela: sifonostela

## 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



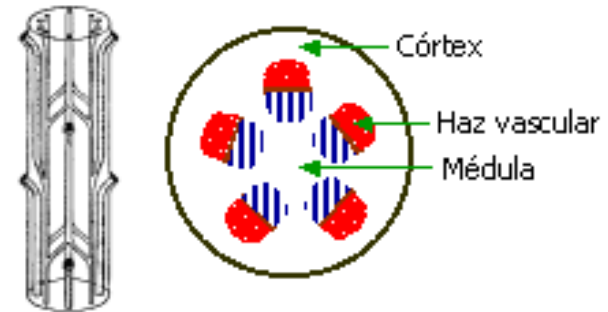
Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

# Estela: eustela

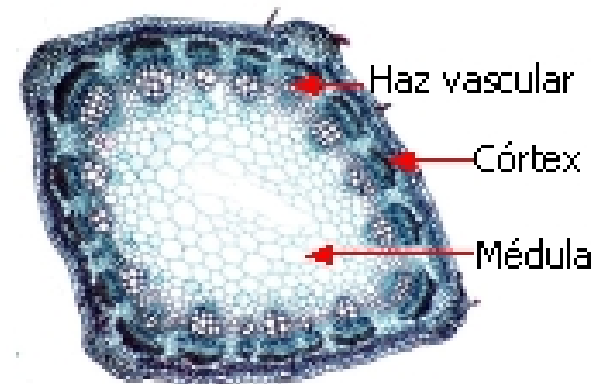
## EUSTELA

- 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](http://biologia.edu.ar/botanica)

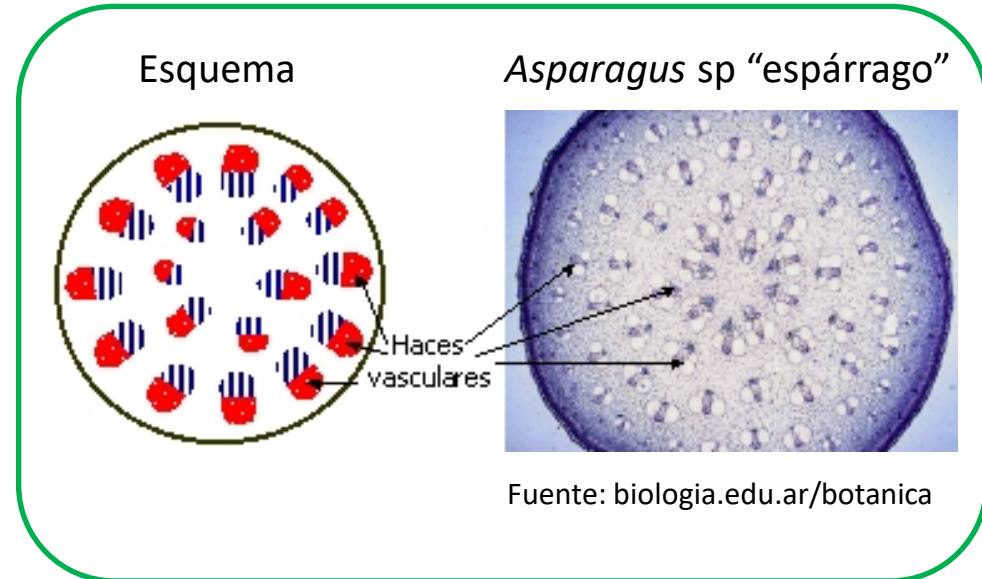
# Estela: eustela

## 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.**

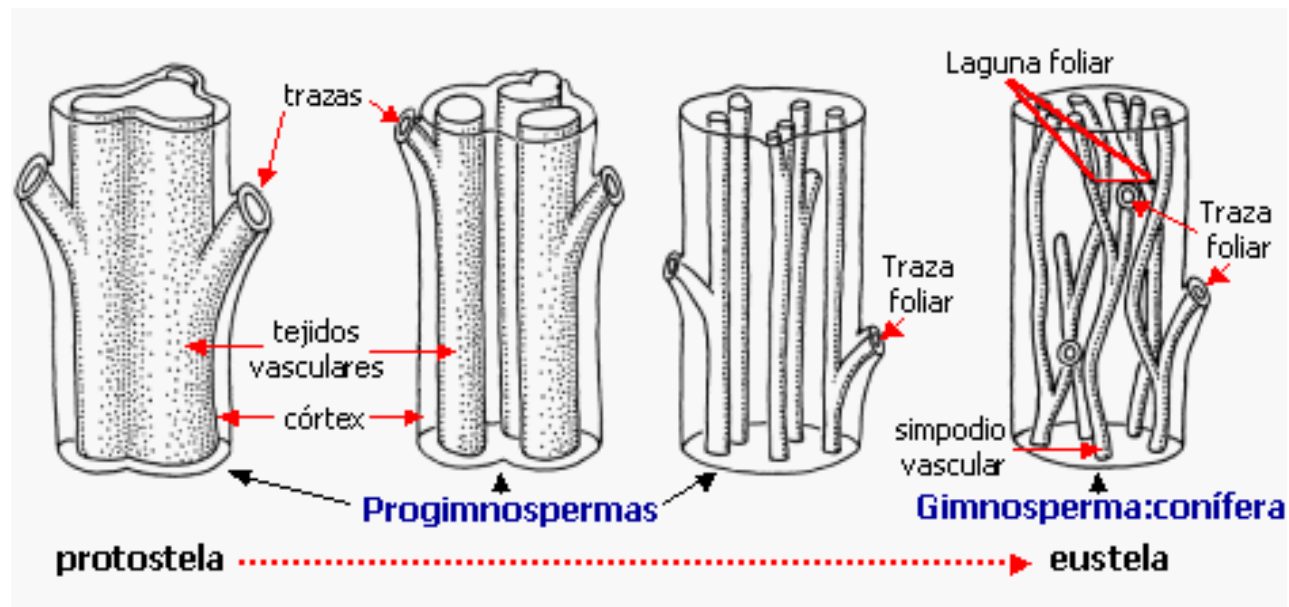


# Estela: eustela

## EUSTELA

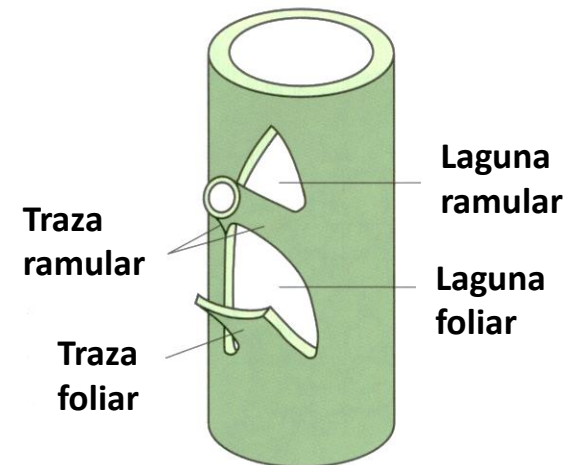
### Origen evolutivo:

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).

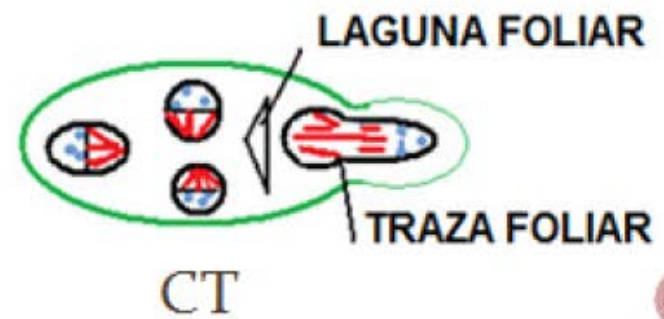
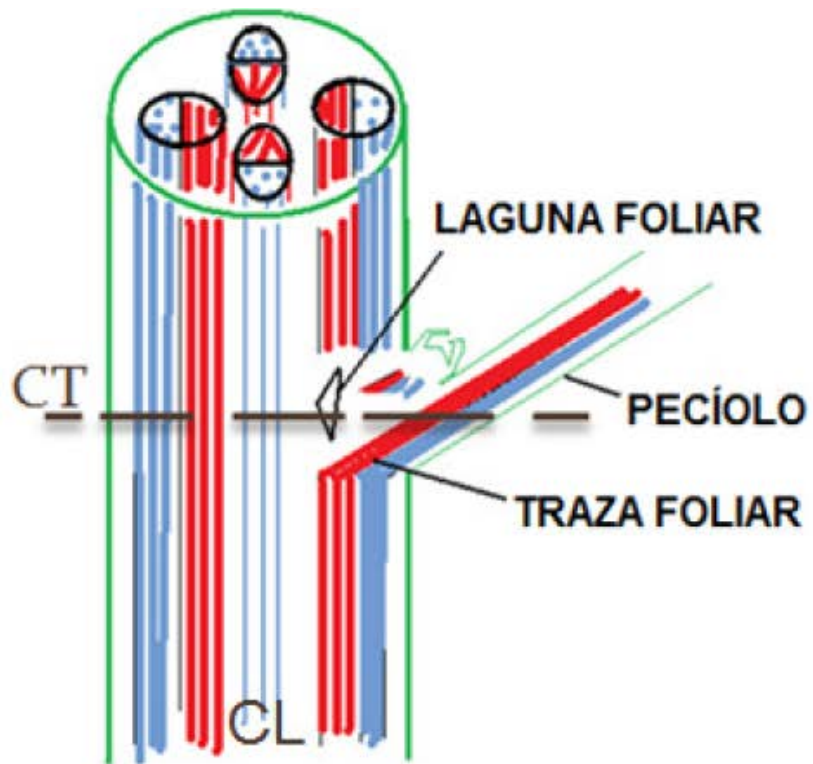


# Traza foliar

- 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

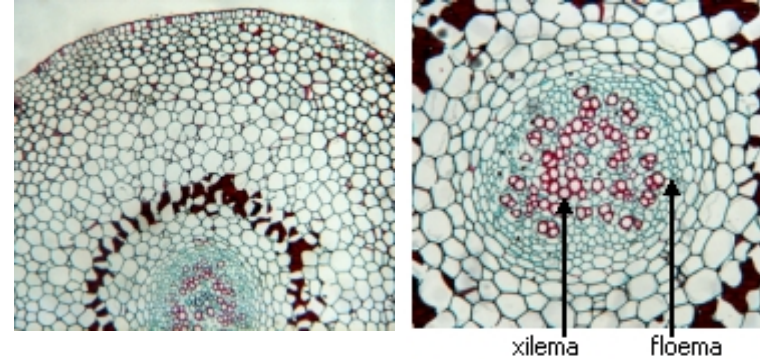


Fuente: Guía de estudio - Morfología Vegetal, FCAyF-UNLP

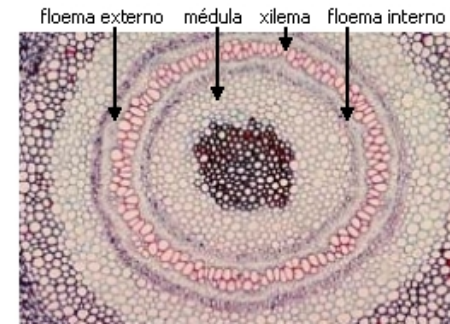
# Tallo primario en Pteridófitas

- 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

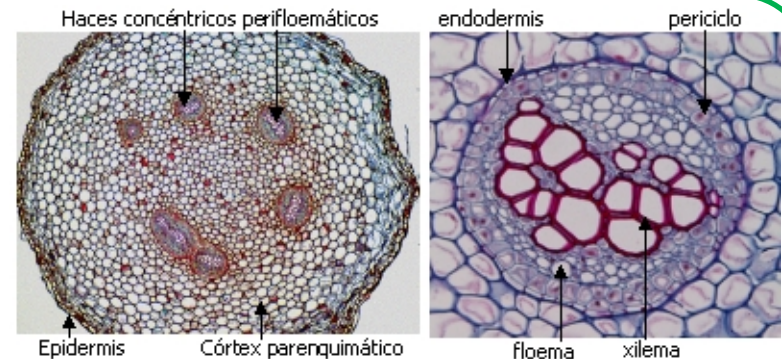
**Protoestela**  
en *Psilotum* y  
*Gleichenia*



**Sifonostela** en  
*Adiantum*: los  
tejidos vasculares  
rodean la médula  
parenquimática



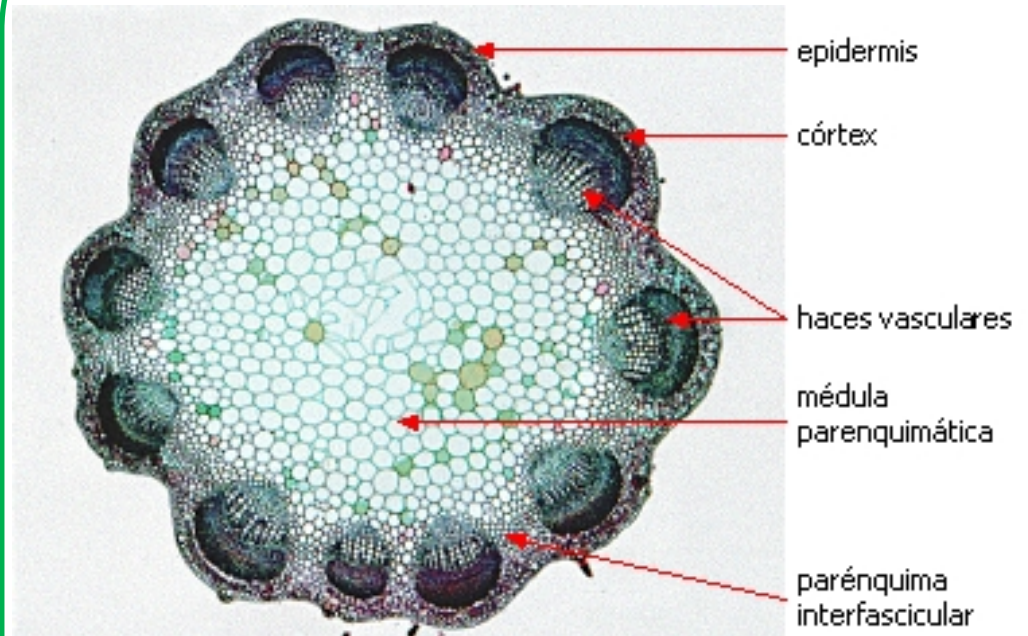
*Polypodium* con  
**dictiostela**: varios  
haces perifloemáticos  
rodeados de  
endodermis en medio  
de un parénquima  
homogéneo.



# 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 **parénquima interfascicular**:  
**EUSTELA**

Tallo primario de *Trifolium* sp “trébol”



Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

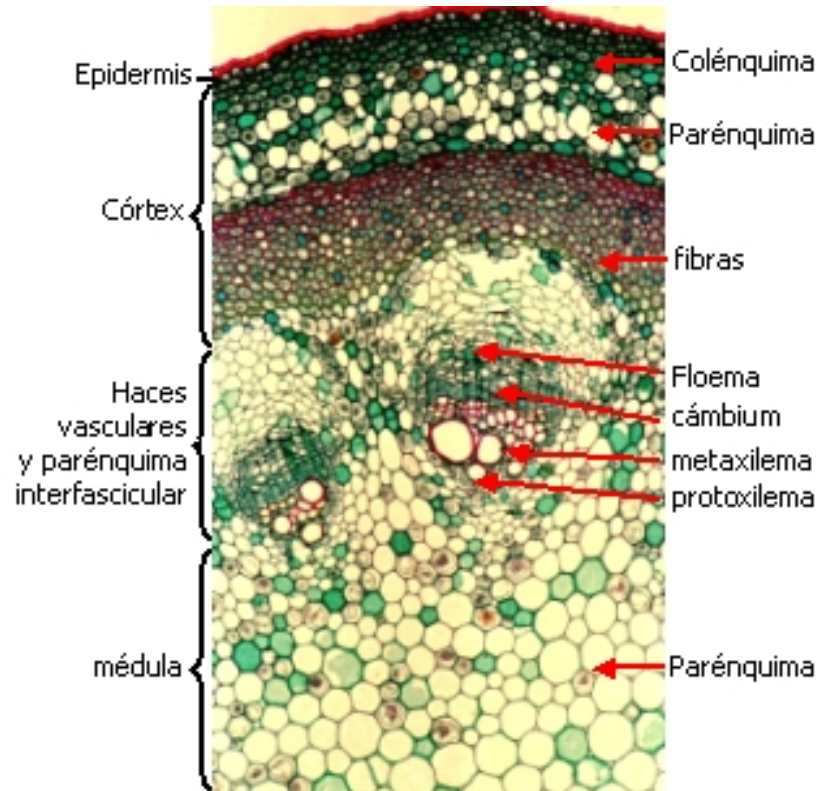


# Tallo primario en Gimnospermas y Dicot.

## 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.



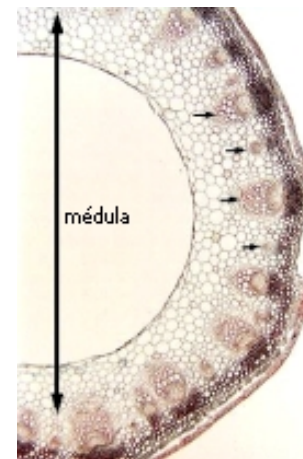
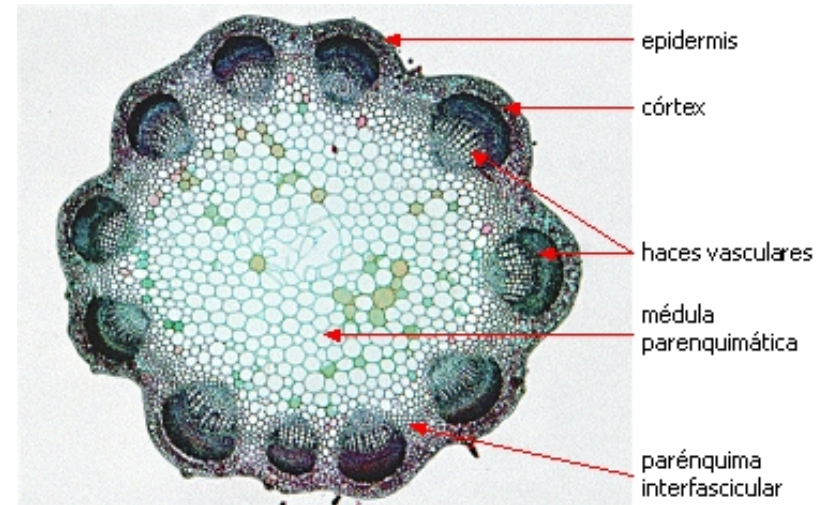
Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

# 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*

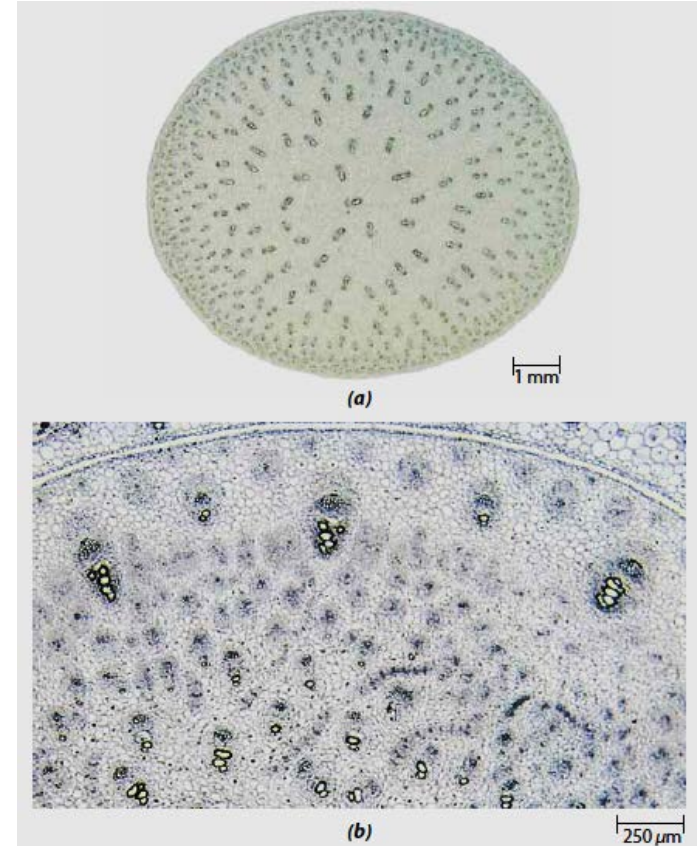
# Tallo primario en Monocotiledóneas

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

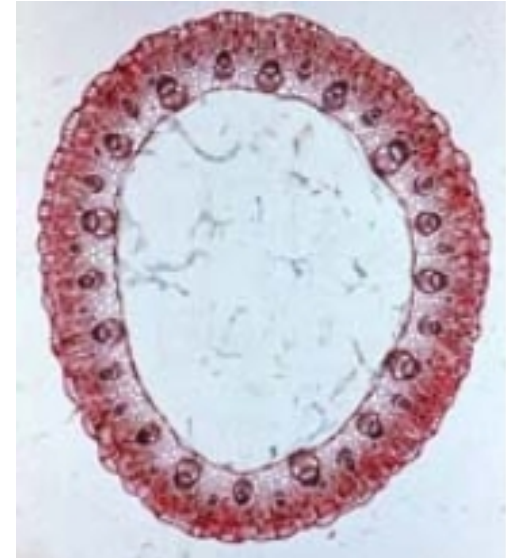
# Tallo primario en Monocotiledóneas

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"



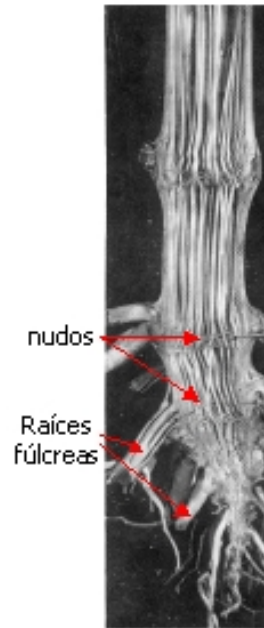
Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

# Engrosamiento primario

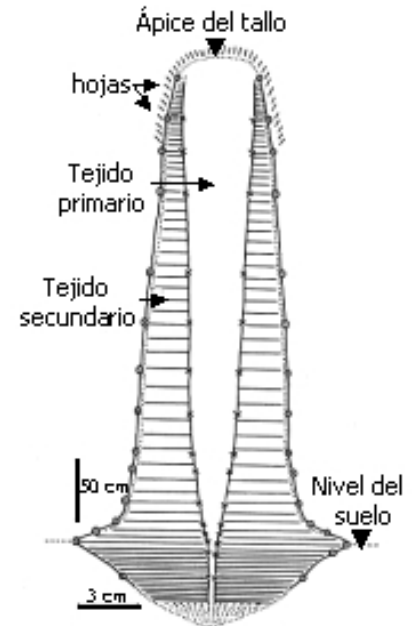
- El tallo crece en grosor gracias a dos procesos: engrosamiento primario y engrosamiento secundario.
- Durante el engrosamiento primario el tallo adquiere **forma obcónica**: los últimos entrenudos formados son más anchos que los primeros.
- En muchas monocotiledóneas como el maíz, por ejemplo, se originan **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*



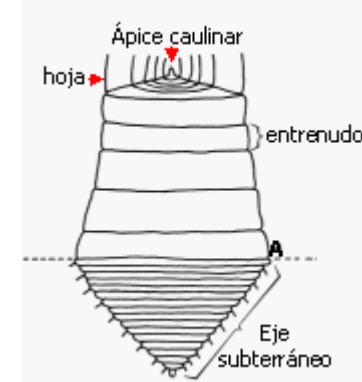
Fuente: [biologia.edu.ar/botanica](http://biologia.edu.ar/botanica)

# Engrosamiento primario

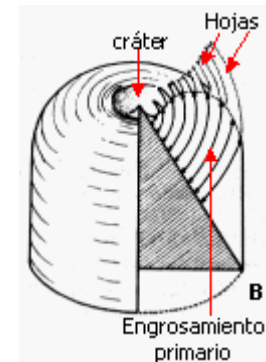
- Las monocotiledóneas arborescentes como las palmeras, alcanzan su **diámetro definitivo en sus primeros años exclusivamente por engrosamiento primario**.
- El tallo primario temprano, que queda bajo el nivel del suelo, es obcónico, engruesa progresivamente formando entrenudos muy cortos.
- En el meristema 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](http://biologia.edu.ar/botanica)

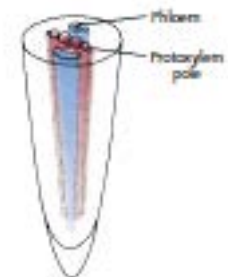
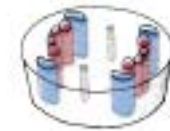
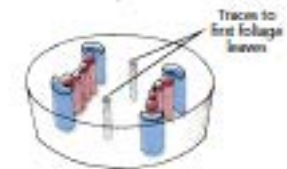
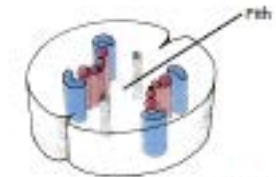
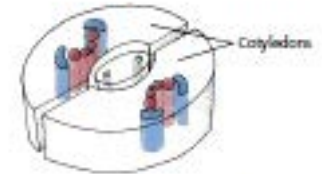
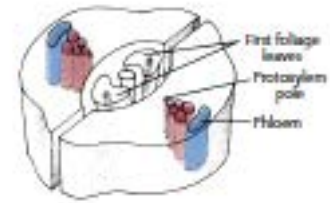
# Engrosamiento primario

- 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.



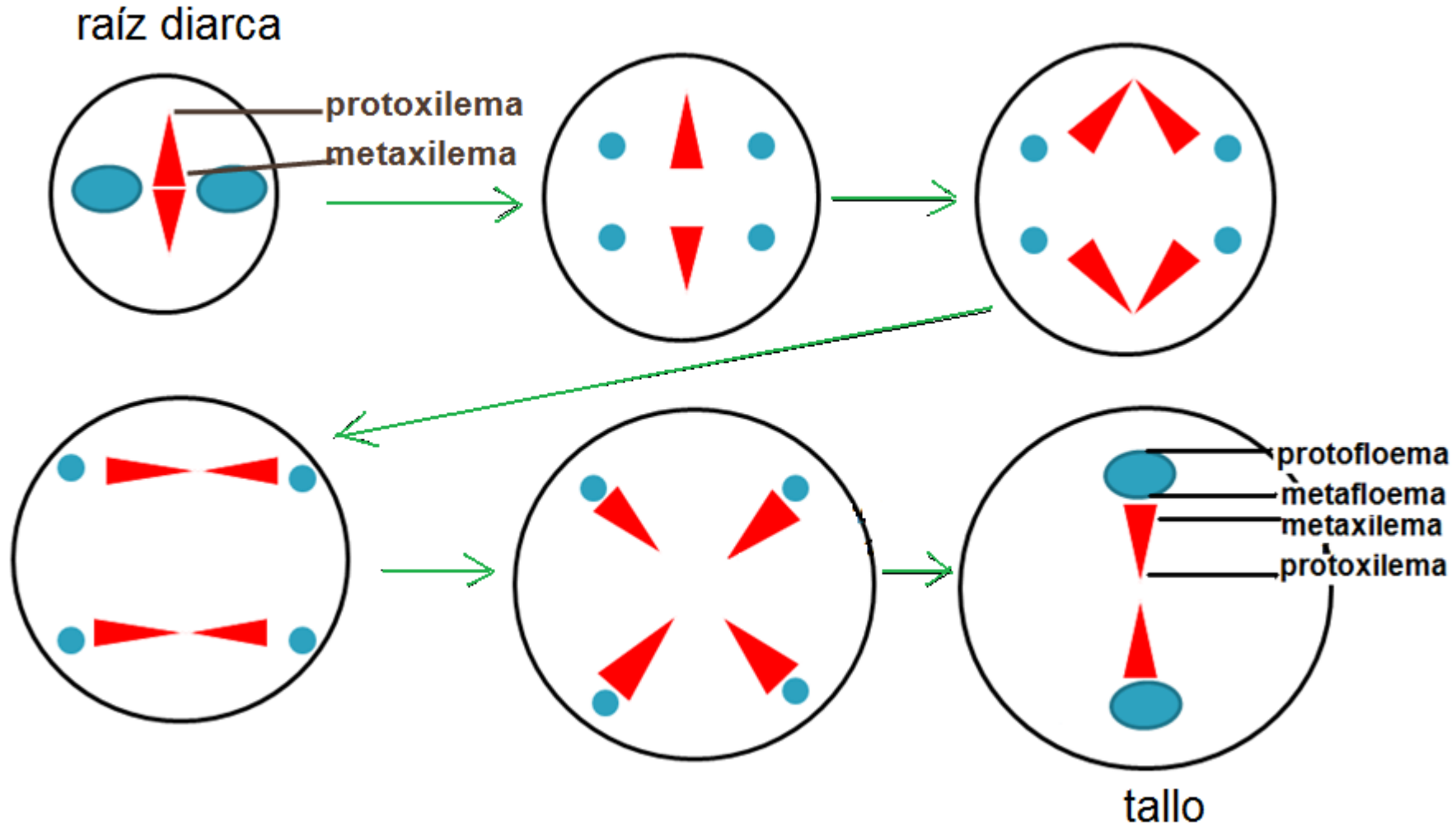
# Estructura de transición raíz-tallo

- 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 enfrentado 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