

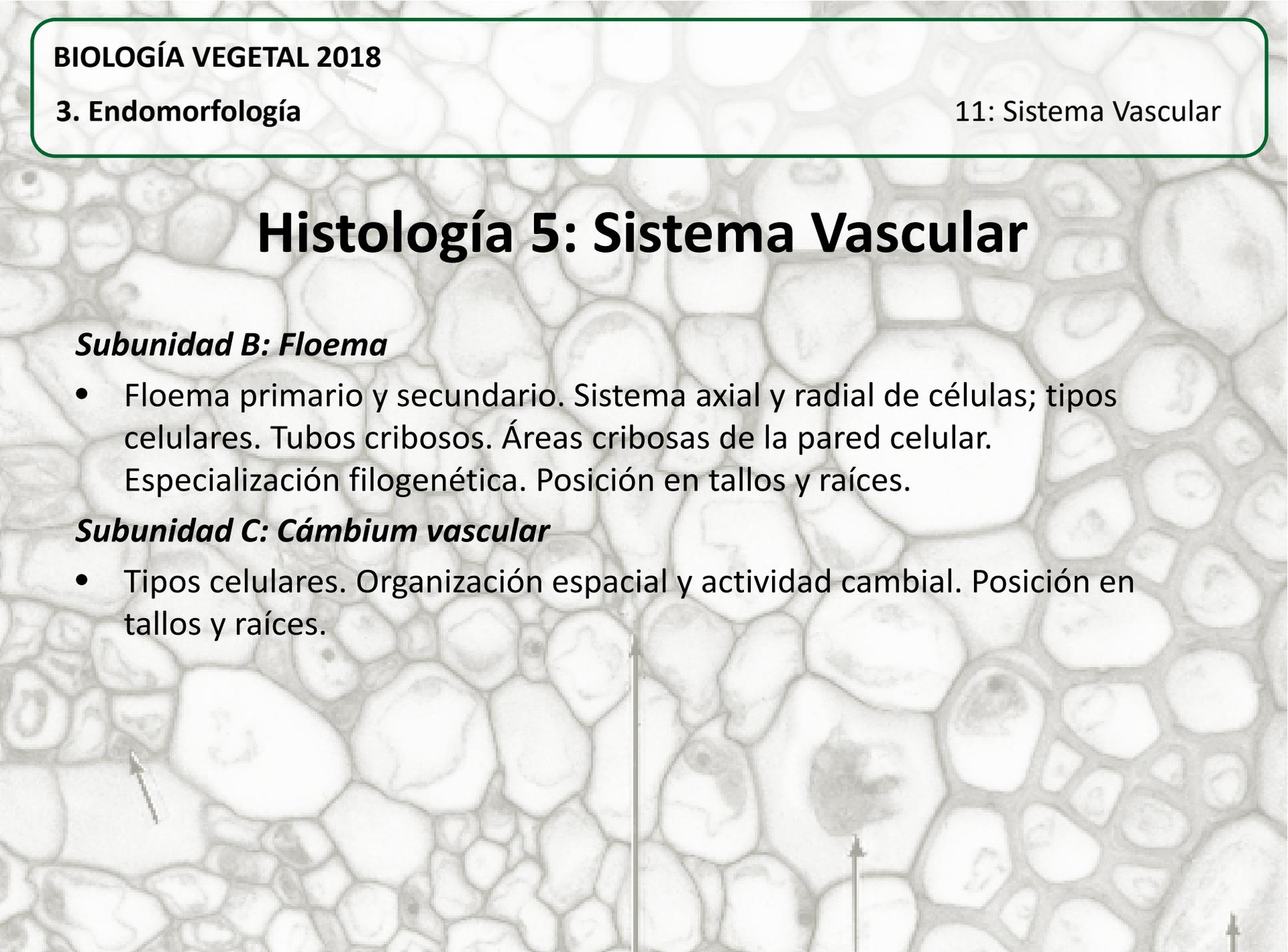
Histología 5: Sistema Vascular

Subunidad B: Floema

- Floema primario y secundario. Sistema axial y radial de células; tipos celulares. Tubos cribosos. Áreas cribosas de la pared celular. Especialización filogenética. Posición en tallos y raíces.

Subunidad C: Cámbium vascular

- Tipos celulares. Organización espacial y actividad cambial. Posición en tallos y raíces.



Organización interna de las plantas superiores

Sistema hístico	Tejido	Función	Características	Tipo celular
	Meristema	crecimiento por división celular	Tejidos indiferenciados	
Dérmico	Epidermis	protección de partes verdes	Tejidos diferenciados	
	Peridermis	protección del cuerpo secundario		
Vascular	Xilema	transporte de agua y sales		
	Floema	transporte de productos fotosintéticos		
Fundamental	Parénquima	procesos del metabolismo: fotosíntesis, respiración, almacenaje y conducción a corta distancia, etc.		
	Colénquima	sostén en órganos en crecimiento		
	Esclerénquima	sostén		

Organización interna de las plantas superiores

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

Floema

Floema (del griego "*phloios*" = corteza)

- tejido conductor **encargado del transporte de azúcares y otros nutrientes orgánicos** (aminoácidos, lípidos, micronutrientes) producidos **por la parte aérea fotosintética y autótrofa, hacia las partes no fotosintéticas**, heterótrofas de las plantas vasculares.
- También **transporta hormonas** y el estímulo floral (florígeno) -> moléculas de información o señalizadoras
- Llamado la “**autopista de la comunicación**” (Jorgensen et al. 1998): papel fundamental en la comunicación y coordinación de los procesos de crecimiento.
- generalmente está **asociado con el xilema**.
- al igual que el xilema, consta de varios tipos de células: **tejido complejo**.

Floema

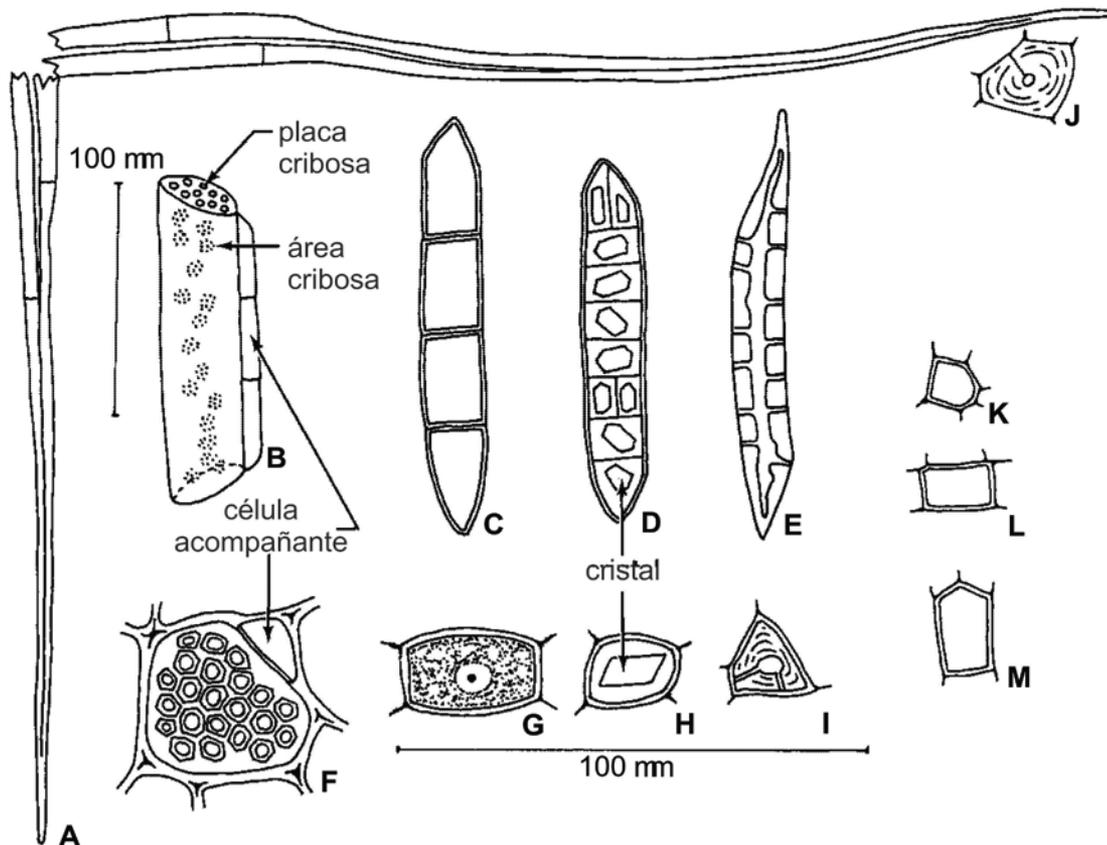
- desde el punto de vista de desarrollo: tejido primario y secundario:
 - **floema 1rio** deriva del procámbium
 - **floema 2rio** se origina en el cámbium vascular y refleja la organización de este meristema porque tiene un sistema axial y otro radial
- los radios son continuos a través del cambium con los del xilema
- Los tejidos floemáticos primarios y secundarios contienen las mismas categorías de células
- El **floema primario no está organizado en dos sistemas**: no tiene radios

Floema: tipos celulares

Grupo	Tipos de células	Función
Elementos cribosos	Células cribosas (en gimnosp.)	Conducción de nutrientes orgánicos a larga distancia
	Elementos de tubos cribosos con cel. acompañante (en angiosp.)	
Elementos esclerenquimáticos	Fibras	Sostén y, a veces, almacenamiento de azúcares
	Esclereidas	
Elementos parenquimáticos	Células acompañantes	Carga y descarga de tubos cribosos: traslado radial Almacenamiento
	Células albuminosas	
	Células parenquimáticas axiales	
	Células parenquimáticas radiales	

Floema: tipos celulares

Tipos celulares del floema secundario de *Robinia pseudoacacia* “acacia blanca”



- A. J. Fibra
- B. Elemento de los tubos cribosos y cel. Acompañante
- C. G. Célula parenquimática del floema
- D. H. Cel. Parenquimática cristalífera
- E. I. Escleridas
- K-M Celulas radiales en sección tangencial (K), radial (L) y transversal (M) del floema

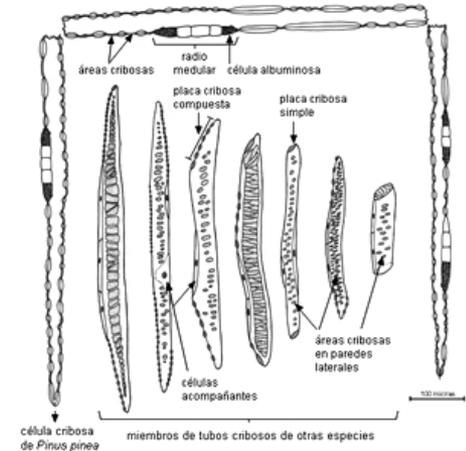
Floema: tipos celulares

Grupo	Tipos de células	Función
Elementos cribosos	Células cribosas (en gimnosp.)	Conducción de nutrientes orgánicos a larga distancia
	Elementos de tubos cribosos con cel. acompañante (en angiosp.)	
Elementos esclerenquimáticos	Fibras	Sostén, a veces almacenamiento de azúcares
	Esclereidas	
Elementos parenquimáticos	Células acompañantes	Carga y descarga de tubos cribosos: traslado radial Almacenamiento
	Células albuminosas	
	Células parenquimáticas axiales	
	Células parenquimáticas radiales	

Floema: elementos cribosos

ELEMENTOS CRIBOSOS

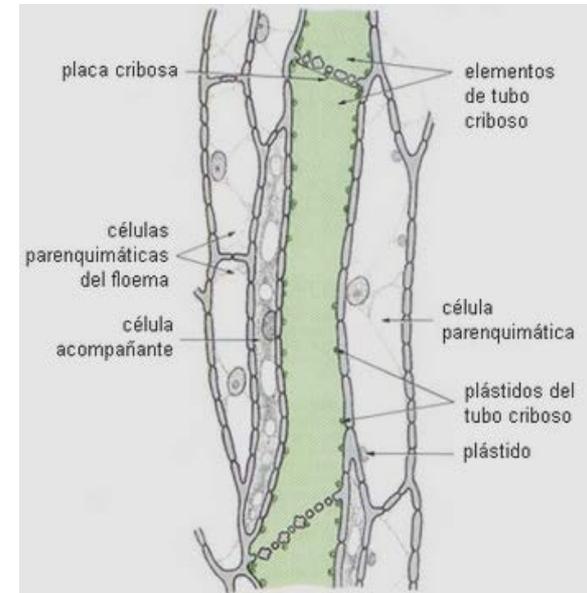
- **Función:** Conducción de nutrientes orgánicos a larga distancia
- **Vivos a la madurez** pero el protoplasto experimenta cambios profundos:
 - **NÚCLEO:** comúnmente se degenera
 - **CITOPLASMA:** la membrana plasmática se conserva, el tonoplasto se desorganiza, de modo que el límite entre citoplasma y vacuola desaparece (**mictoplasma**).
- Las cisternas del retículo endoplasmático (RE) se localizan donde se formará la placa cribosa y ocurrirá la deposición de calosa.
- Los dictiosomas que se encuentran activos durante el engrosamiento, se degeneran junto con el núcleo, igual que los ribosomas y el citoesqueleto.
- conservan las mitocondrias y los plástidos



Floema: elementos cribosos

- **pared celular celulósica primaria de espesor variable**
- en angiospermas primitivas (*Magnolia, Persea*) con engrosamientos nacarados (capas de microfibrillas de celulosa densas y de pectinas) que facilitarían el transporte radial por apoplasto.
- Comunicaciones intercelulares: **ÁREAS CRIBOSAS:**
 - sectores deprimidos de la pared provistos de poros por los que **se conectan los protoplastos por medio de cordones citoplasmáticos.**
 - se diferencian de los campos primarios de puntuaciones por el **mayor tamaño de los poros** y por la **presencia de un cilindro visible de calosa, que rodea al cordón citoplasmático** y puede aparecer también en la superficie del área cribosa.

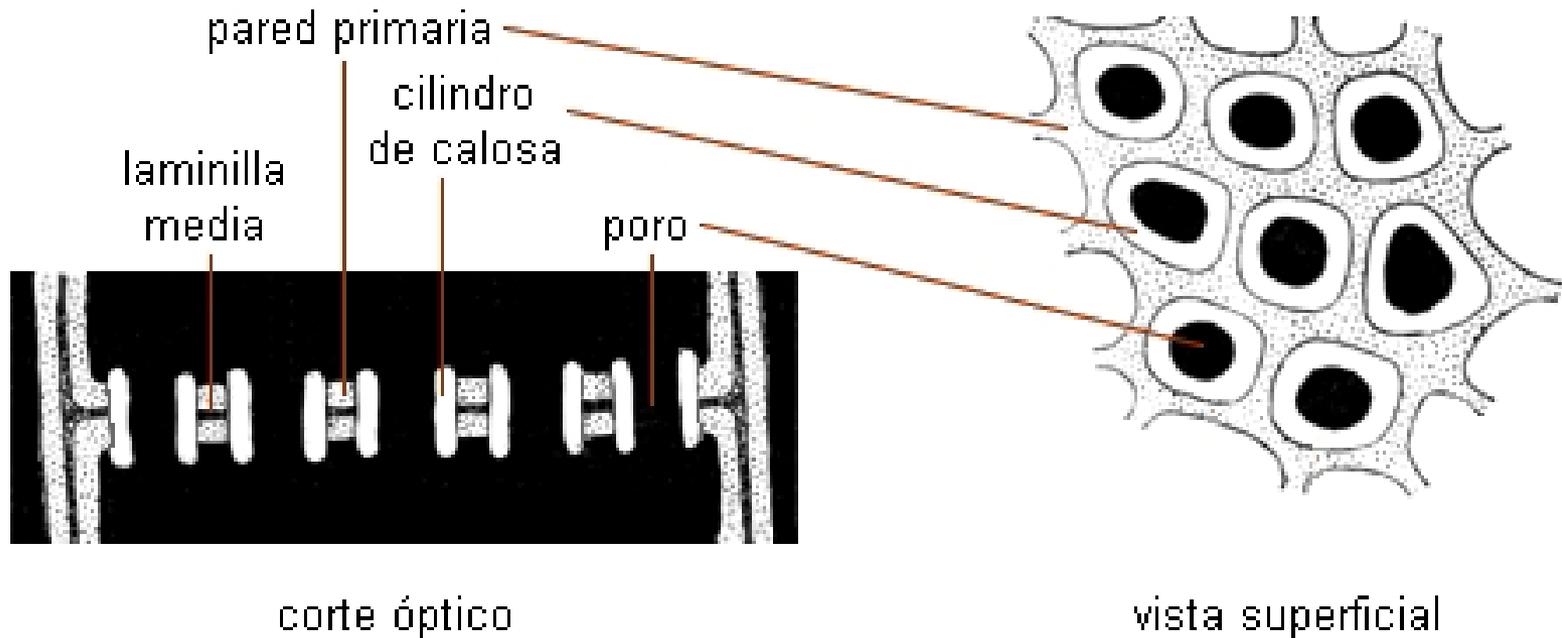
Células del floema en *Nicotiana tabacum*, en verde un tubo criboso



Floema: elementos cribosos

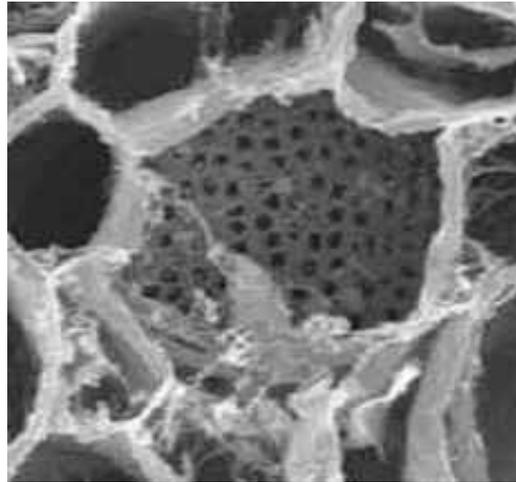
Las **PLACAS CRIBOSAS** son más especializadas:

- sus poros son de gran diámetro, hasta $15\ \mu$, y
- generalmente se encuentran en las **paredes terminales** de los **elementos de los tubos cribosos**

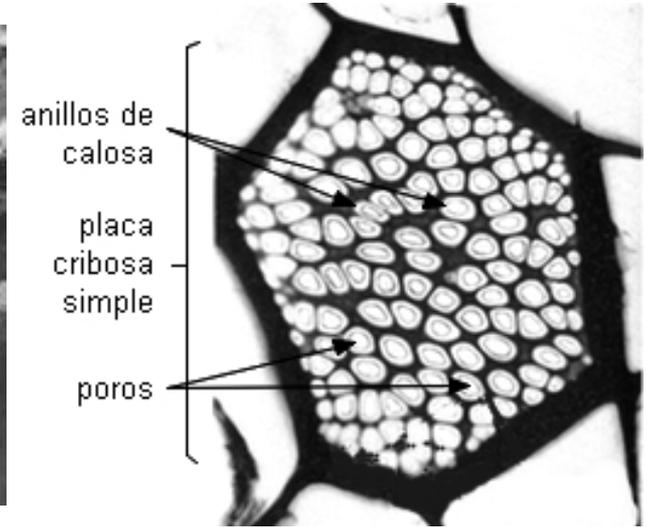


Floema: elementos cribosos

- **placa cribosa simple** presenta toda la superficie porosa y con poros amplios.

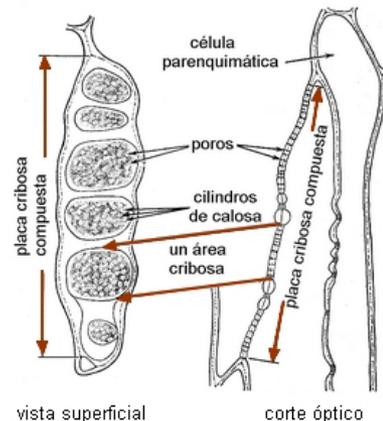


Cucurbita sp., zapallo

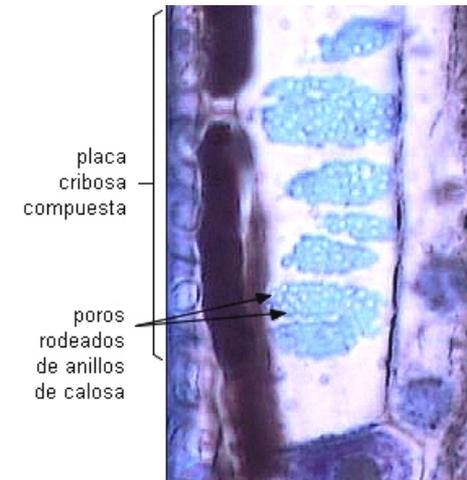


- **placa cribosa compuesta:** presenta varias áreas cribosas

Nicotiana tabacum

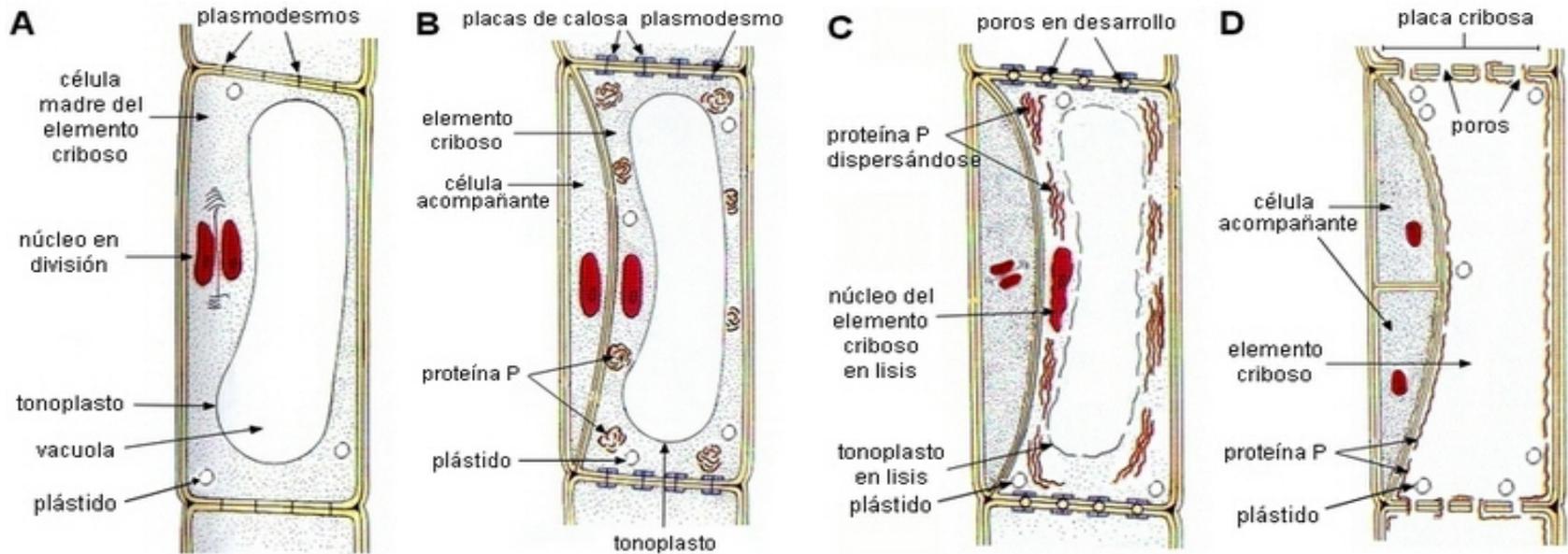


Salix sp



Floema: elementos cribosos

Formación de un miembro del tubo criboso

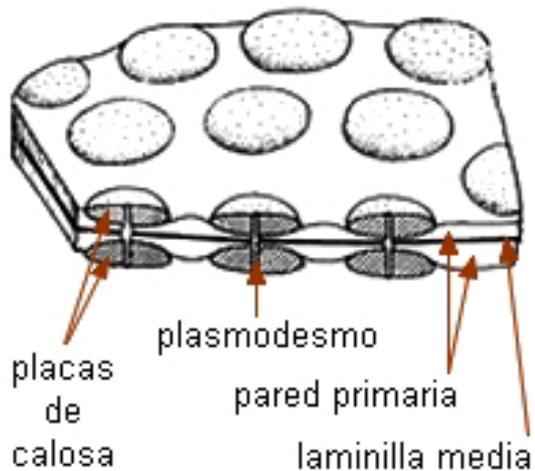


Fuente: biologia.edu.ar/botanica

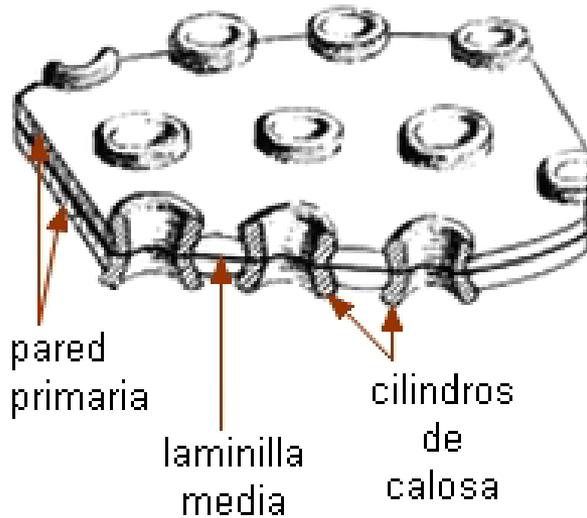
Floema: elementos cribrosos

Flujo estacional y deposición de calosa

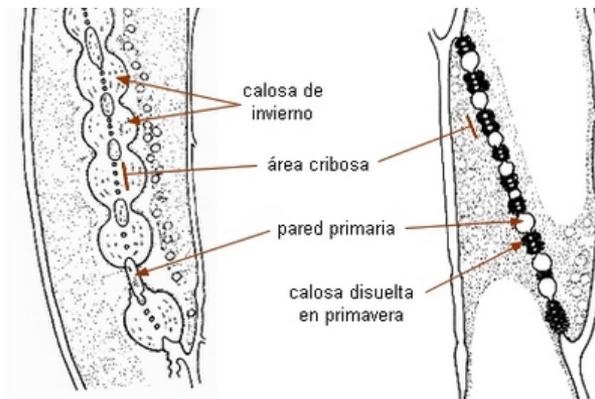
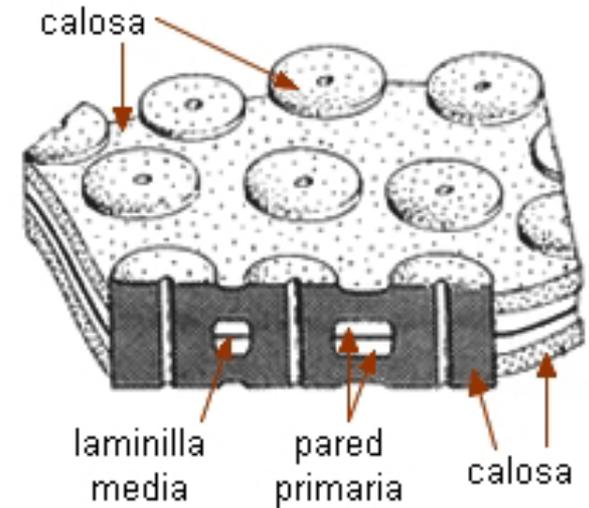
Plaquetas de calosa



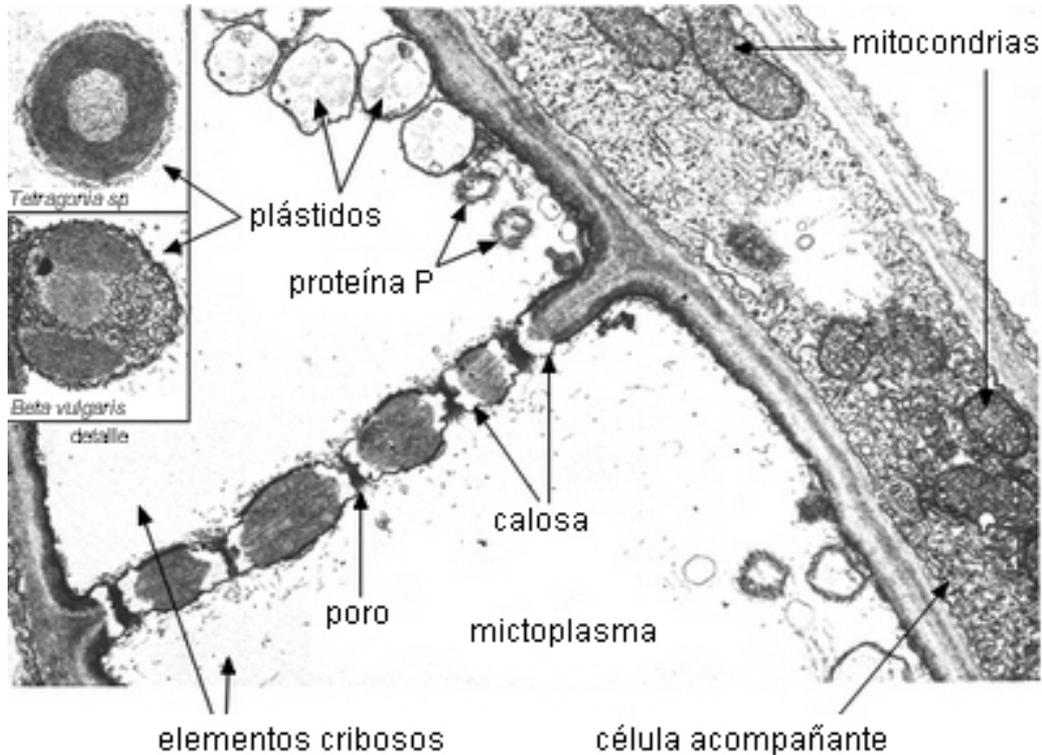
Cilindros de calosa



Almohadilla de calosa



Floema: elementos cribosos



Plástidos P o F en los elementos cribosos
Placa cribosa madura en floema de *Nicotiana tabacum*

PROTEÍNA P.

- Es una de las características más importantes de los **tubos cribosos de Dicotiledóneas**, es raro en tubos cribosos de Monocotiledóneas y está **ausente en las células cribosas de Gimnospermas** (plástidos S).
- Propiedad general: capacidad de formar un gel con capacidad de taponar cualquier sitio con daño de un elemento de tubo criboso

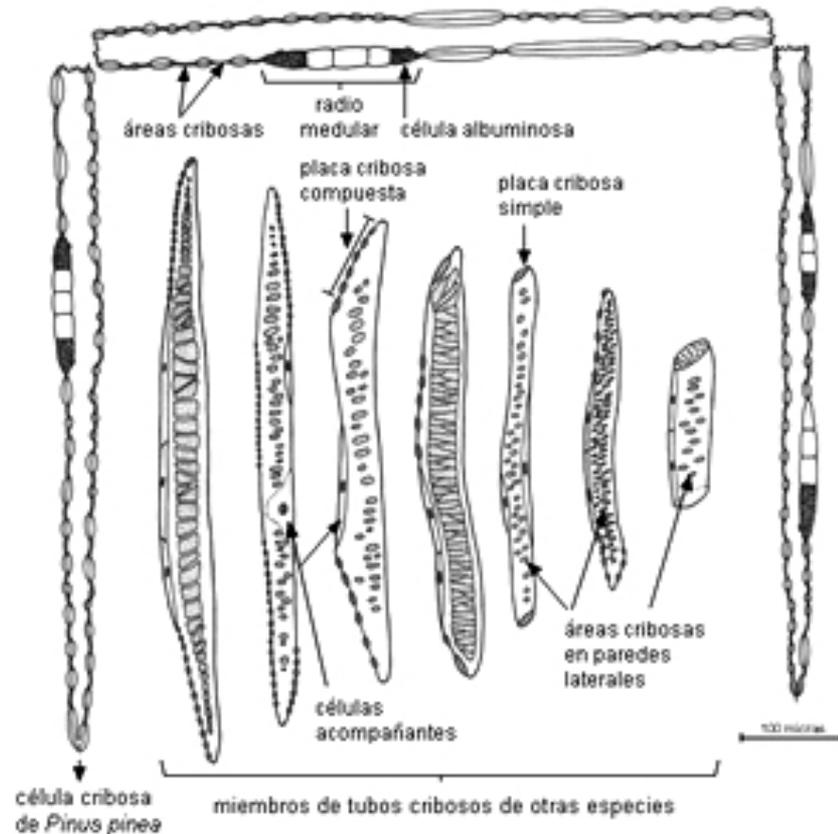
Floema: elementos cribosos

CÉLULAS CRIBOSAS

- Se encuentran en Pteridófitas y Gimnospermas.
- Se comunican por **áreas cribosas**, que están dispersas en toda la superficie de la célula

MIEMBROS o ELEMENTOS DE LOS TUBOS CRIBOSOS

- Se encuentran en Angiospermas.
- Se conecta entre sí por medio de **placas cribosas simples o compuestas**.
- En las paredes laterales tienen áreas cribosas más o menos especializadas



Floema: elementos cribosos

Célula cribosa	Miembro de tubo criboso
Célula larga y delgada con paredes terminales aguzadas	Célula más corta y ancha con paredes terminales inclinadas u horizontales
Áreas cribosas poco especializadas en paredes laterales y terminales	Placas cribosas en paredes terminales
	Áreas cribosas en paredes laterales
Sin proteína P	Con o sin proteína P
Asociada con células albuminosas morfológica y fisiológicamente	Asociado con células acompañantes ontogénica, morfológica y fisiológicamente
Pteridofitas y Gimnospermas	Angiospermas excepto <i>Austrobaileya scandens</i> y <i>Sorbus aucuparia</i> . Pteridophyta: <i>Equisetum</i> , <i>Cyathea gigantea</i>

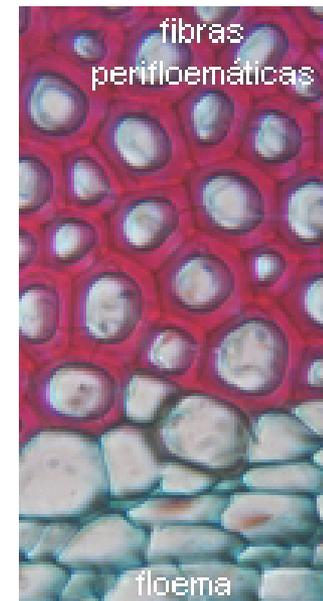
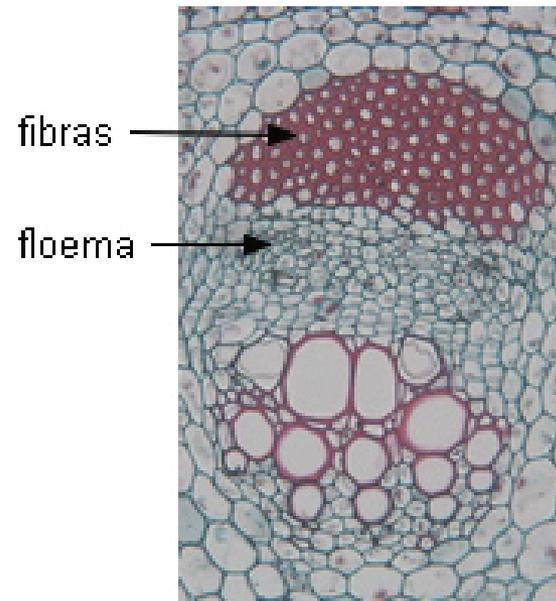
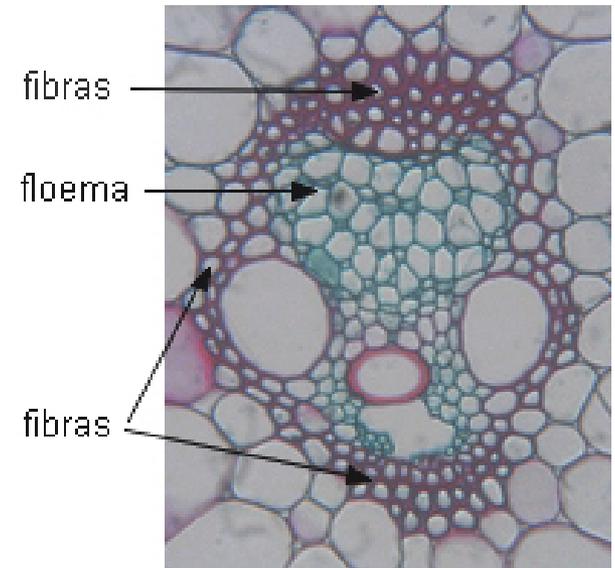
Floema: tipos celulares

Grupo	Tipos de células	Función
Elementos cribosos	Células cribosas (en gimnosp.)	Conducción de nutrientes orgánicos a larga distancia
	Elementos de tubos cribosos con cel. acompañante (en angiosp.)	
Elementos esclerenquimáticos	Fibras	Sostén, a veces almacenamiento de azúcares
	Esclereidas	
Elementos parenquimáticos	Células acompañantes	Carga y descarga de tubos cribosos: traslado radial Almacenamiento
	Células albuminosas	
	Células parenquimáticas axiales	
	Células parenquimáticas radiales	

Floema: elementos esclerenquimáticos

FIBRAS

- en el floema primario
 - pueden ser muy largas,
 - se disponen externamente.
- En el floema secundario
 - tienen distribución variable,
 - en bandas o dispersas, y son más cortas.
- Depositán paredes secundarias, y especialmente las del floema secundario, se lignifican.

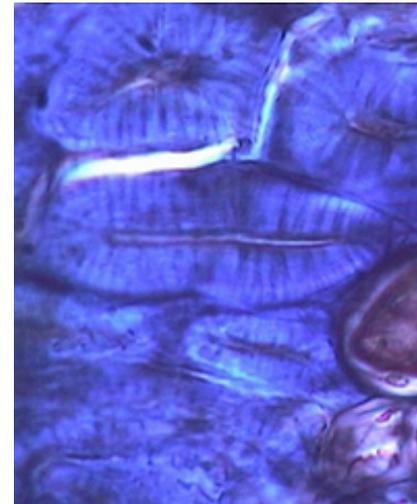
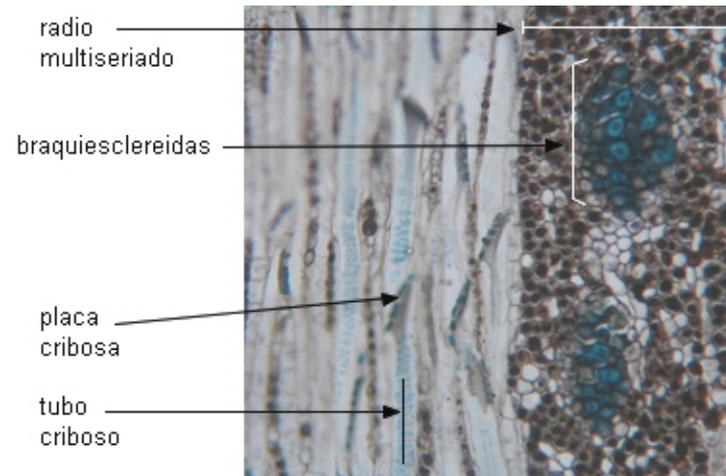


Floema: elementos esclerenquimáticos

ESCLEREIDAS

- Las **esclereidas** del floema secundario aparecen generalmente por esclerificación de células parenquimáticas.
- Pueden presentarse solas o estar combinadas con fibras.

Nidos de braquiesclereidas en floema secundario de *Quercus alba*



Floema: tipos celulares

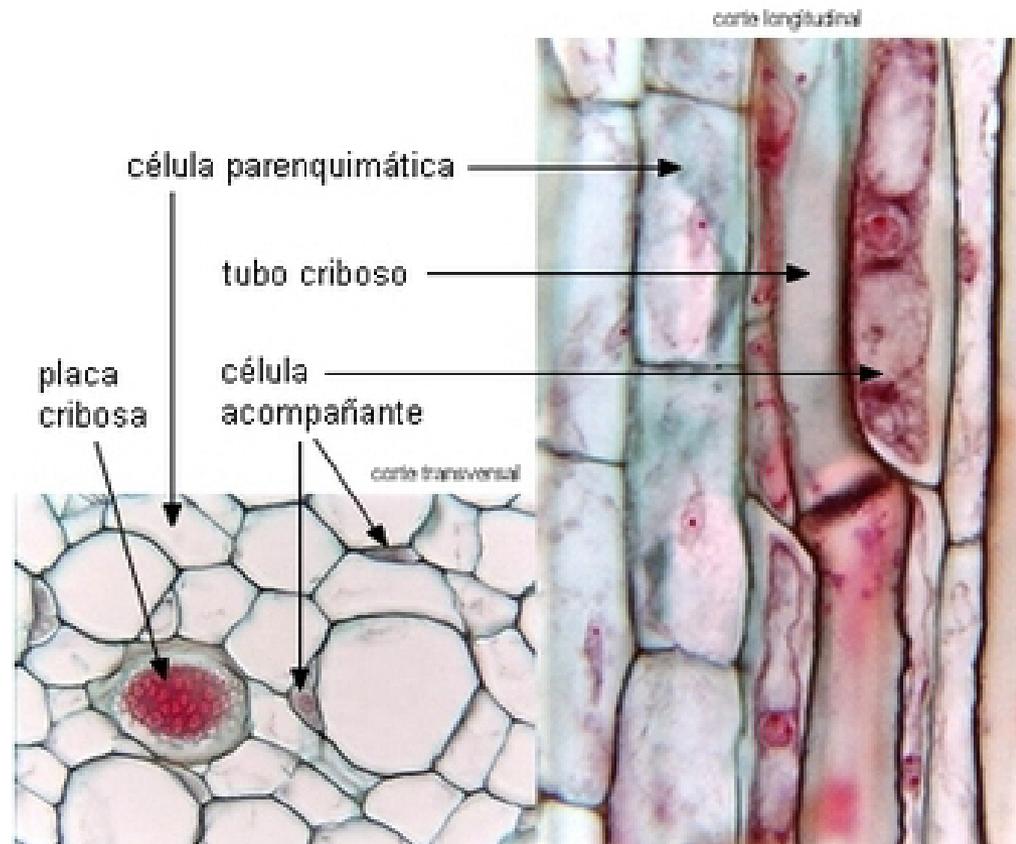
Grupo	Tipos de células	Función
Elementos cribosos	Células cribosas (en gimnosp.)	Conducción de nutrientes orgánicos a larga distancia
	Elementos de tubos cribosos con cel. acompañante (en angiosp.)	
Elementos esclerenquimáticos	Fibras	Sostén, a veces almacenamiento de azúcares
	Esclereidas	
Elementos parenquimáticos	Células acompañantes	Carga y descarga de tubos cribosos: traslado radial Almacenamiento
	Células albuminosas	
	Células parenquimáticas axiales	
	Células parenquimáticas radiales	

Floema: elementos parenquimáticos

CÉLULAS ACOMPAÑANTES

- Células **parenquimáticas** muy especializadas, asociadas ontogenéticamente con los miembros de los tubos cribosos en el metafloema y floema secundario de Angiospermas.
- Algunas están diferenciadas como células de transferencia.
- Asumen las **funciones nucleares de los elementos cribosos**, mueren cuando éstos dejan de ser funcionales. Cumplen la función **de carga y descarga de los elementos cribosos**, trasportando lateralmente los fotosintatos (Fahn 1990).

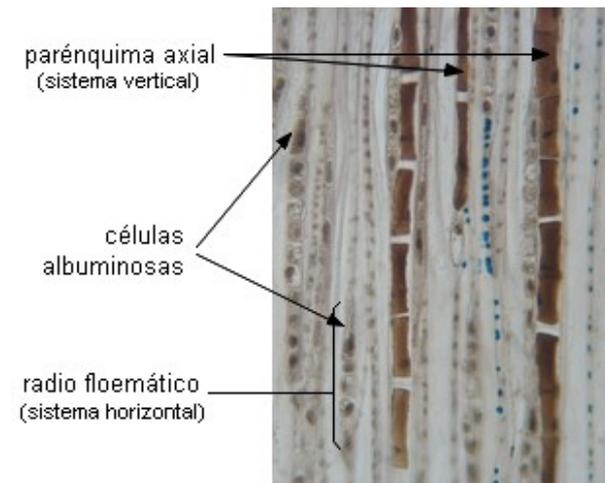
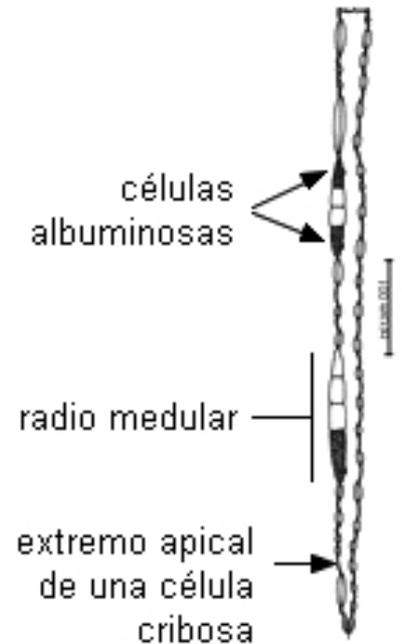
Células acompañantes de tubos cribosos de Angiospermas



Floema: elementos parenquimáticos

CÉLULAS ALBUMINOSAS o de Strasburger

- células del parénquima radial o vertical del floema secundario de las **gimnospermas**.
- Tienen comunicaciones intercelulares con las células cribosas y **nunca contienen almidón**.
- Presentan **alta actividad enzimática y respiratoria asociada con la actividad de carga y descarga de las células cribosas**.
- Cumplen **igual función que las células acompañantes**, pero tienen un origen ontogenético diferente: no se forman a partir de la misma célula meristemática



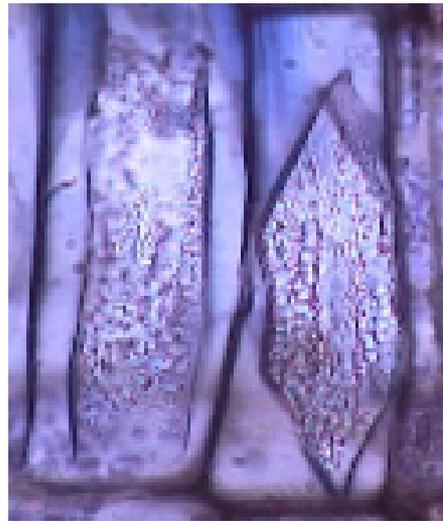
Floema: elementos parenquimáticos

CELULAS PARENQUIMÁTICAS DEL FLOEMA

- Participan en la carga y descarga de los elementos cribosos transportando azúcares a las células acompañantes.
- Almacenan almidón, grasas, taninos y cristales.



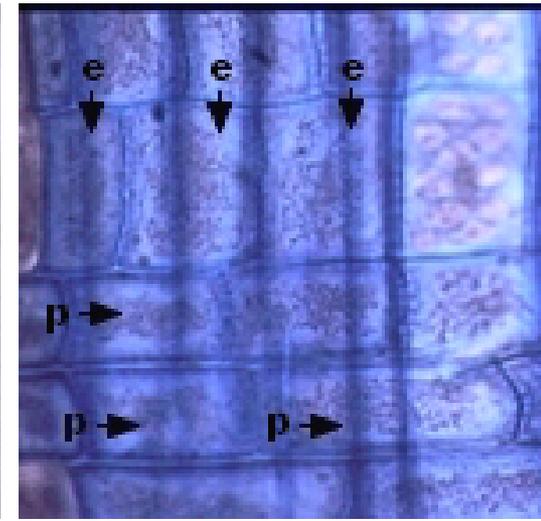
Sequoia sempervirens:
células parenquimáticas
(flechas), corte radial



Tilia americana
células con cristales



Salix sp.: células
con taninos

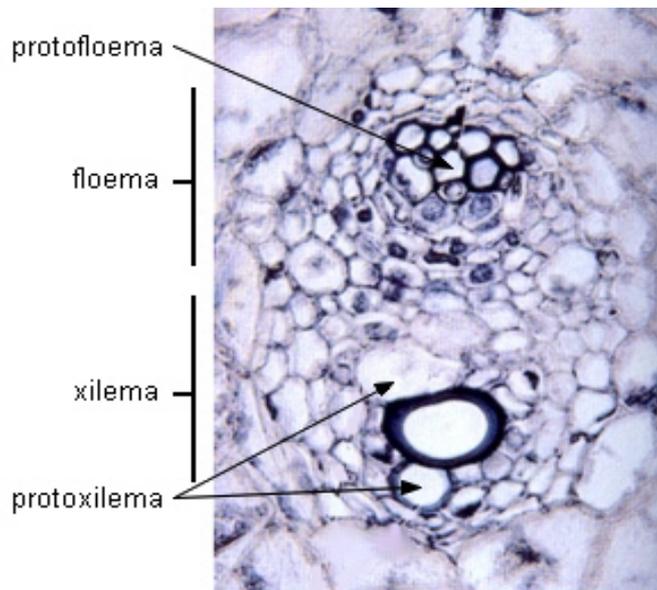


Salix: radio floemático,
células erectas (e) y
procumbentes (p)

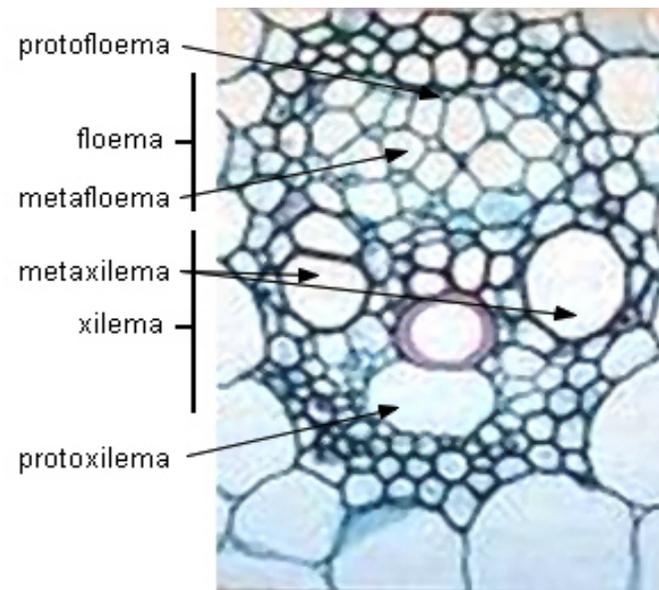
Floema primario

- Se clasifica en protofloema y metafloema (de la misma manera que el xilema primario)
- El protofloema madura en las partes vegetales que todavía están experimentando un crecimiento por extensión y sus elementos cribosos se estiran y pronto dejan de ser funcionales. El metafloema se diferencia más tarde.
- Disposición axial.
- Asociado al xilema en los haces vasculares

Cortes transversales de haces vasculares en *Zea mays* “maíz”



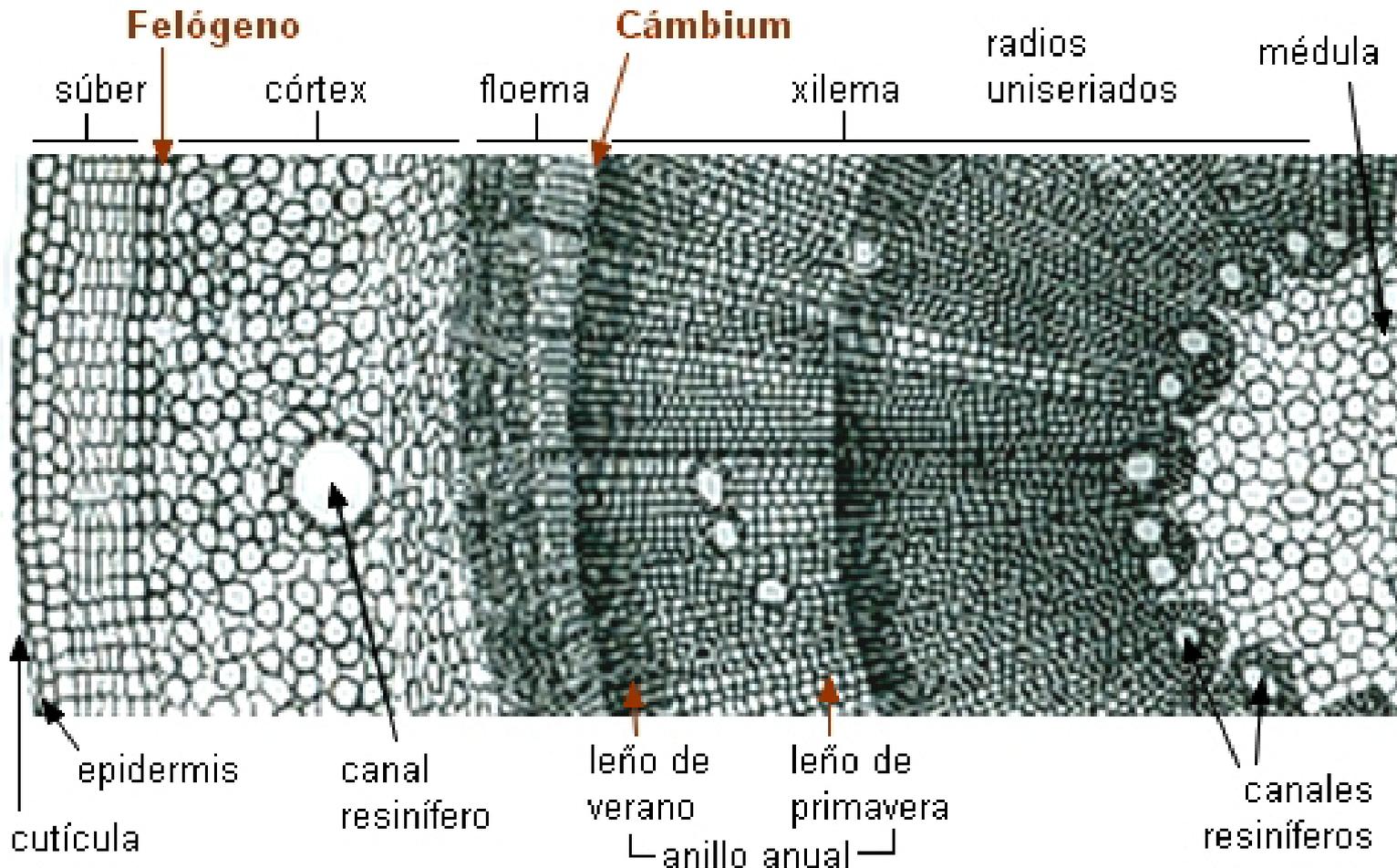
Haz vascular joven



Haz vascular maduro

Floema secundario

Sector de un corte transversal del tallo secundario de *Pinus* -
Posición de los meristemas secundarios



Floema: mecanismo de flujo

- Flujo de presión generado **osmóticamente**
- A través de los tubos cribosos entre las **fuentes de asimilados** (hojas y tejidos de reserva) y los lugares donde se los utiliza, sus **sumideros o destinos**.
- En las fuentes, **los azúcares entran en los tubos cribosos y provocan un aumento en la concentración solutos** (potencial hídrico desciende y el agua del xilema entra al tubo criboso por ósmosis)
- **La desaparición del azúcar en el sumidero o destino tiene el efecto opuesto** (aumenta el potencial hídrico y el agua sale del tubo criboso).
- Las **moléculas de azúcar son transportadas pasivamente por el agua** siguiendo un gradiente de concentración mediante un flujo de volumen entre la fuente y el destino (Eschrich et al. 1972)

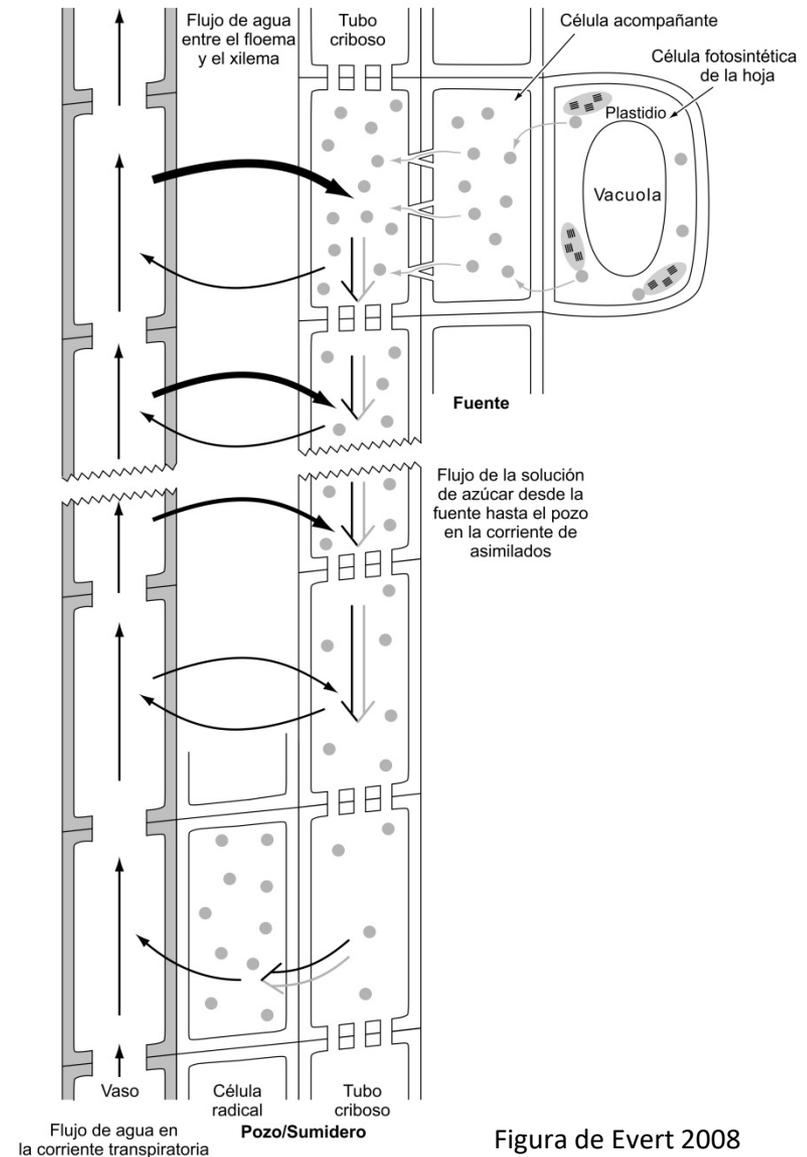


Figura de Evert 2008

Floema: comparación con los elementos del Xilema

Xilema	Floema
Traqueida (extremos superpuestos con punteaduras)	Célula cribosa (extremos superpuestos con áreas cribosas)
Elemento de vaso (placa de perforación)	Elemento de tubo criboso (placa cribosa)
Punteaduras areoladas: interrupciones de la pared	Poros: más amplios en la placa cribosa
Placa de perforación: de escalariforme o foraminada a simple	Placa cribosa: de compuesta a simple
Orientación pared terminal : oblicua a transversal	Orientación pared terminal : oblicua a transversal

Organización interna de las plantas superiores

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

Meristemas: clasificación

En función de su **localización** en el cuerpo de la planta en:

- apicales
- laterales (cambium y felógeno)
- intercalares.

Teniendo en cuenta además el **tiempo de aparición** del meristema, se los clasifica en:

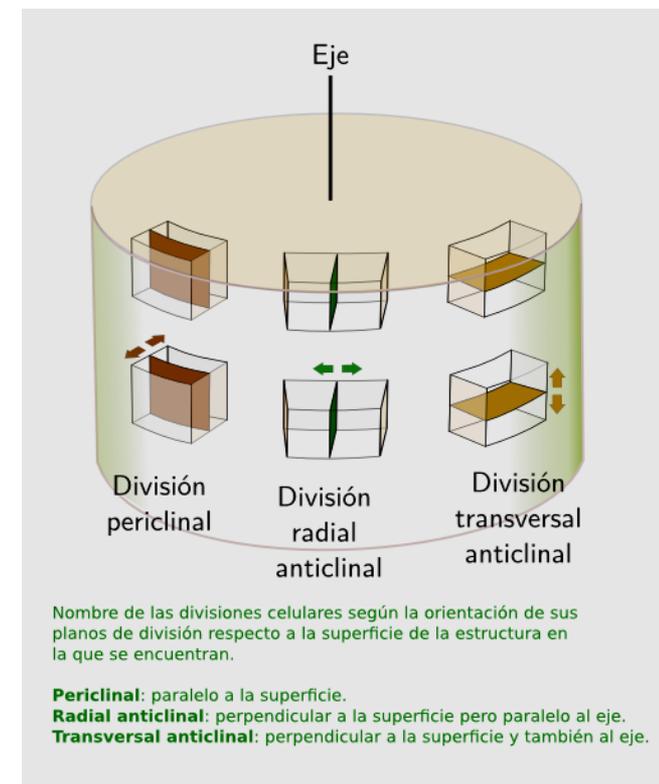
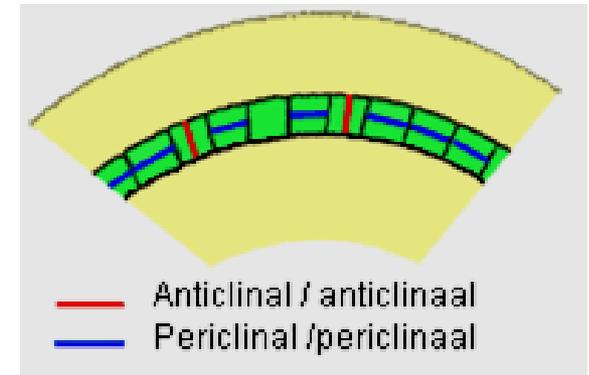
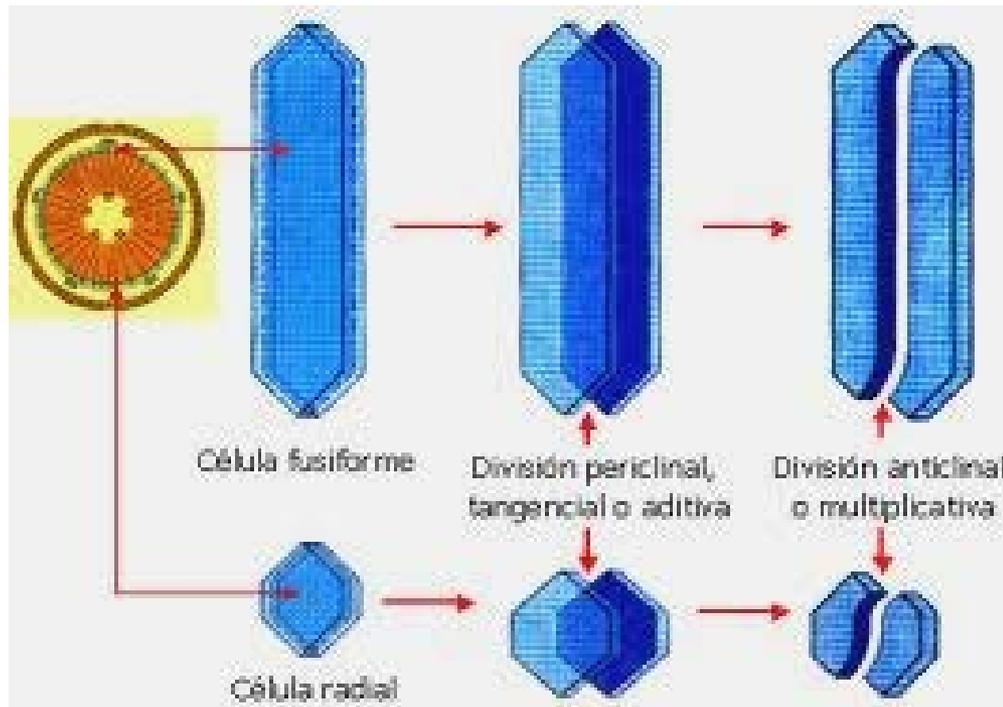
- primarios y
- secundarios.

los **meristemas apicales** son **primarios**

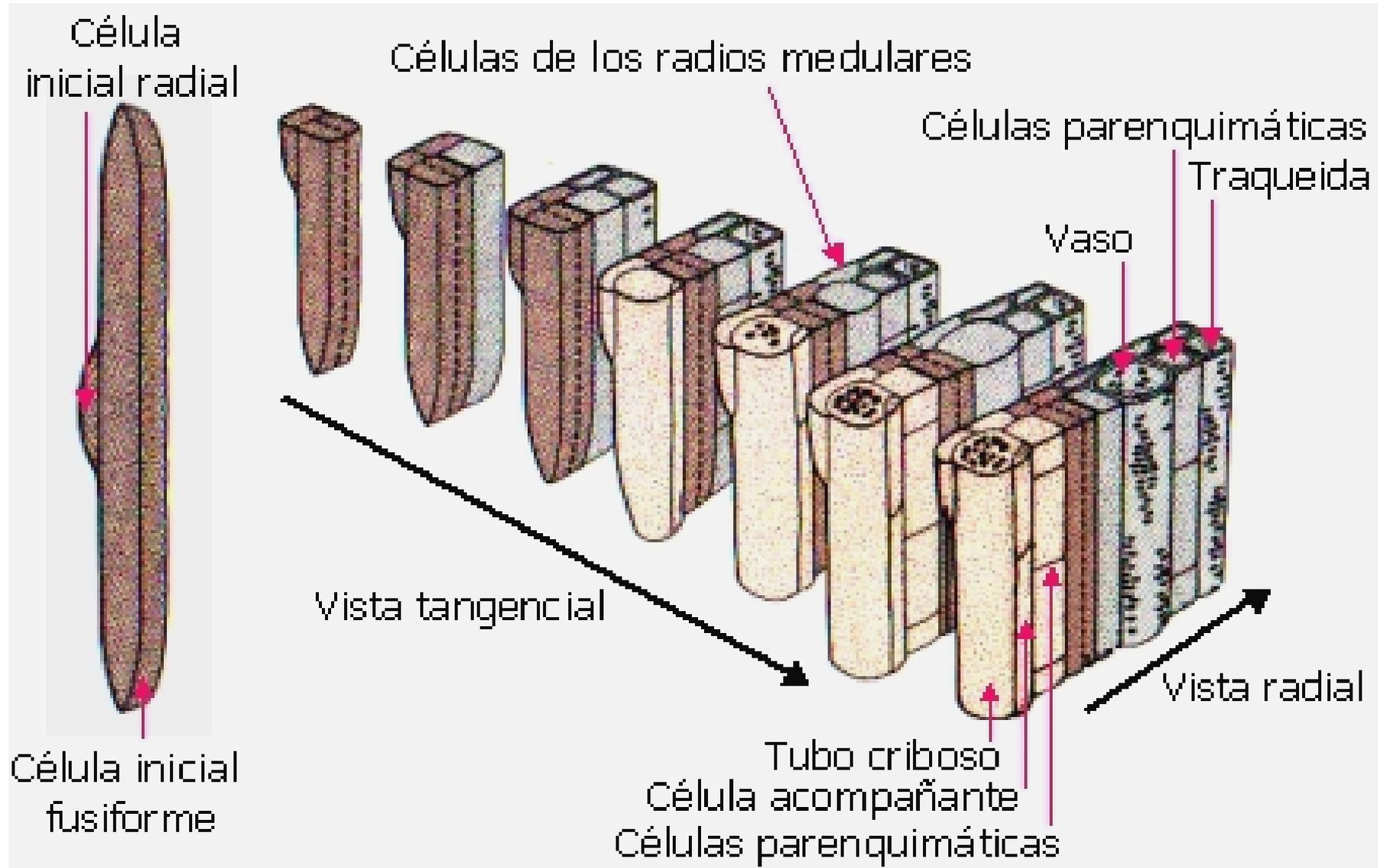
los **meristemas laterales** (cambium y felógeno) son **secundarios**.

Cámbium vascular

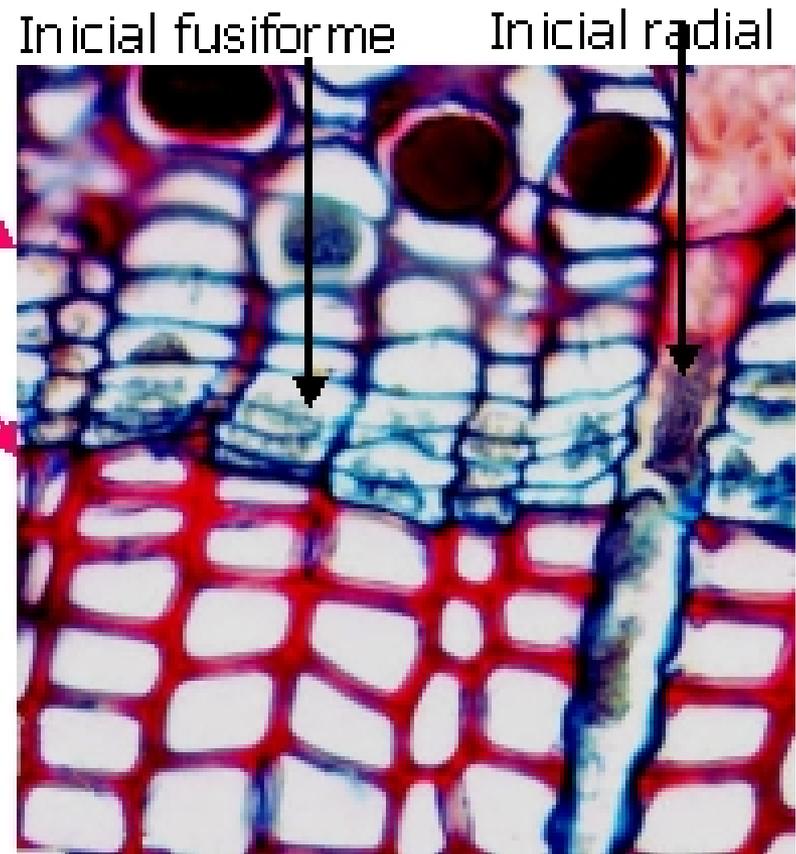
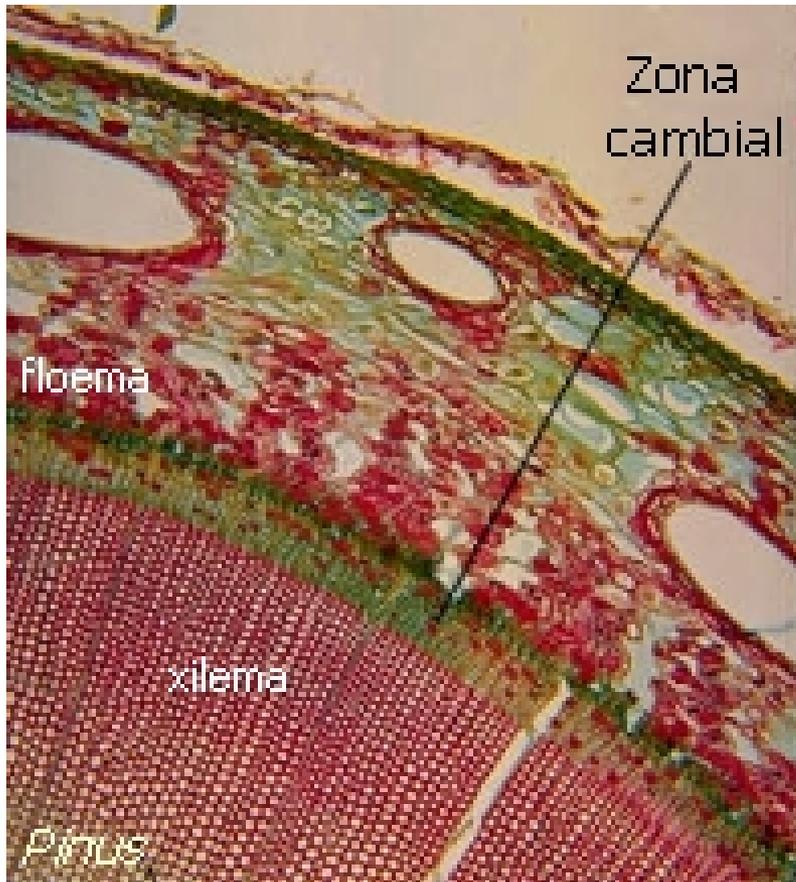
- 2 tipos de células:
 - Células iniciales fusiformes (sistema axial)
 - y radiales (sistema radial)
- División anticlinal = multiplicativa
- División periclinal = aditiva



Cámbium vascular: división celular



Cámbium vascular

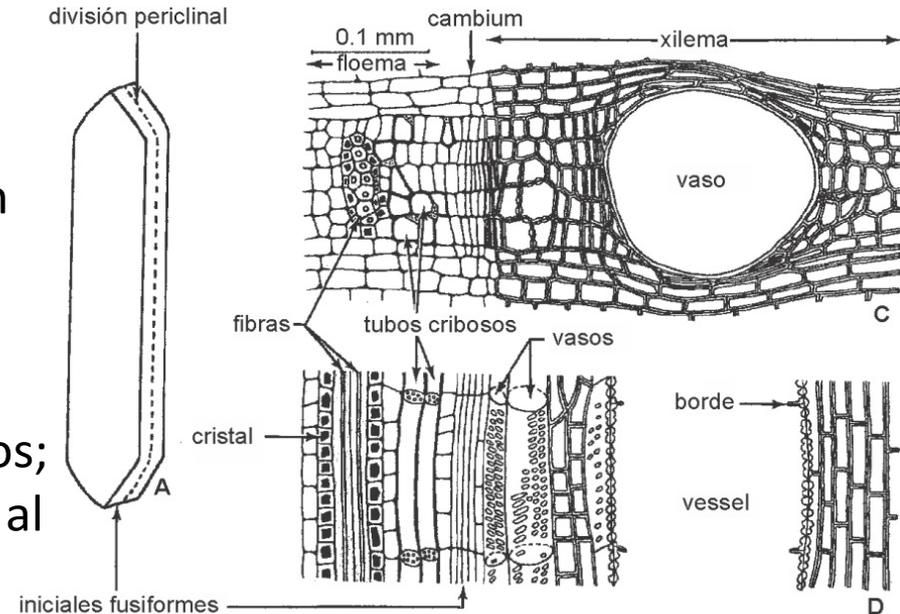


Ordenación de las células del cámbium en corte transversal del tallo de *Pinus*

Cámbium vascular

INICIALES FUSIFORMES

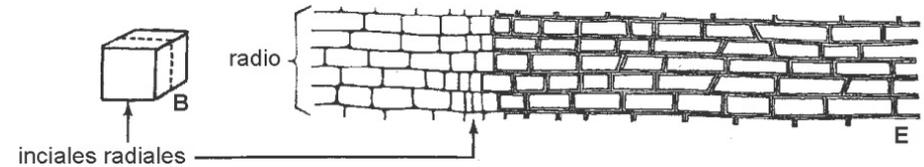
- alargadas, aplanadas tangencialmente, aproximadamente prismáticas en su parte media y en forma de cuña en los extremos.
- El extremo aguzado de la cuña se ve en sección tangencial, y el extremo truncado en sección radial.
- Originan todas las células del **sistema vertical o axial** del xilema y floema 2rios;
- su eje mayor se orienta paralelamente al eje mayor del órgano donde se encuentran.
- En el xilema originan: vasos, traqueidas, fibras y parénquima xilemático axial.
- En el floema forman: tubos cribosos, células cribosas, fibras y parénquima floemático axial.



Cámbium vascular

INICIALES RADIALES

- mucho más cortas, casi **isodiamétricas** y **relativamente pequeñas**.
- Originan las células parenquimáticas y traqueidas de los radios medulares, que componen el sistema radial del xilema y el floema.



Cámbium vascular

En sección tangencial las células iniciales muestran dos tipos fundamentales de ordenación:

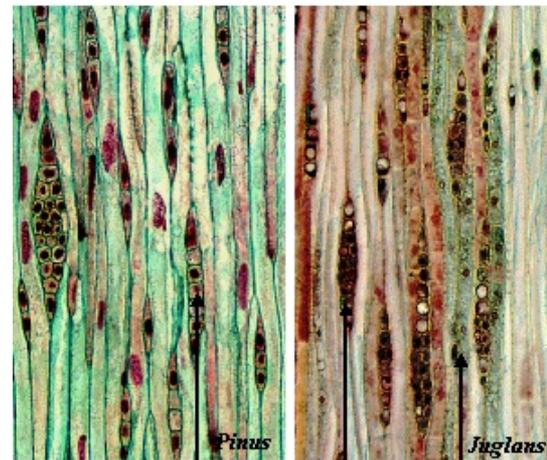
1) cámbium estratificado

- con células iniciales fusiformes cortas (140-150 μm), y dispuestas en filas horizontales, los extremos de las células de una fila aproximadamente al mismo nivel.
- Es poco frecuente, se lo considera más evolucionado.
- Ejs.: *Aeschynomene*, *Hoheria*, *Robinia*, *Scleroxylon*.

2) cámbium no estratificado

- con células iniciales fusiformes largas (320 μm , hasta 8,7 mm en *Pinus*), superpuestas por sus extremos.
- filogenéticamente se lo considera más primitivo

1. Cámbium no estratificado



Iniciales radiales

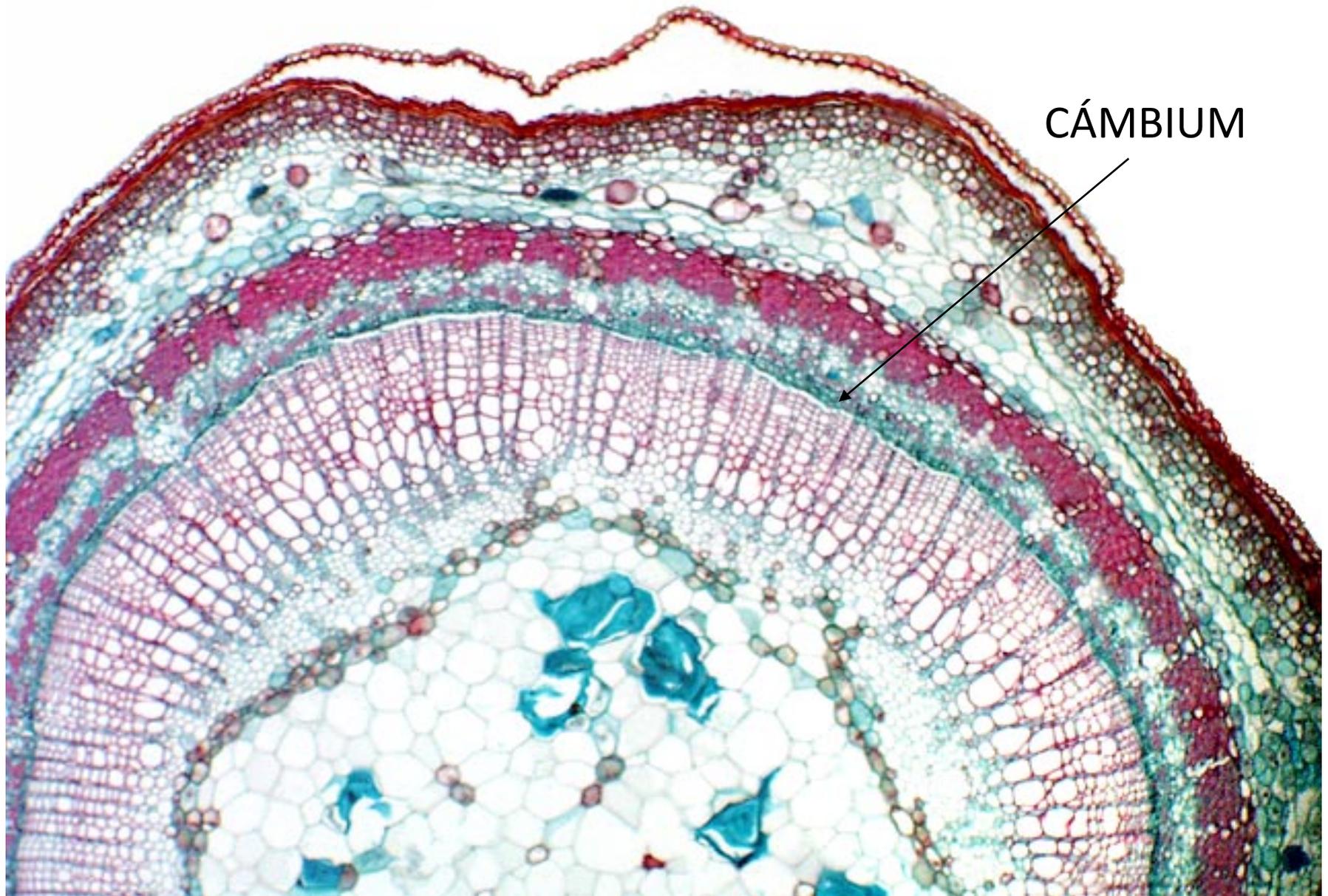
Iniciales fusiformes

2. Cámbium estratificado



Robinia

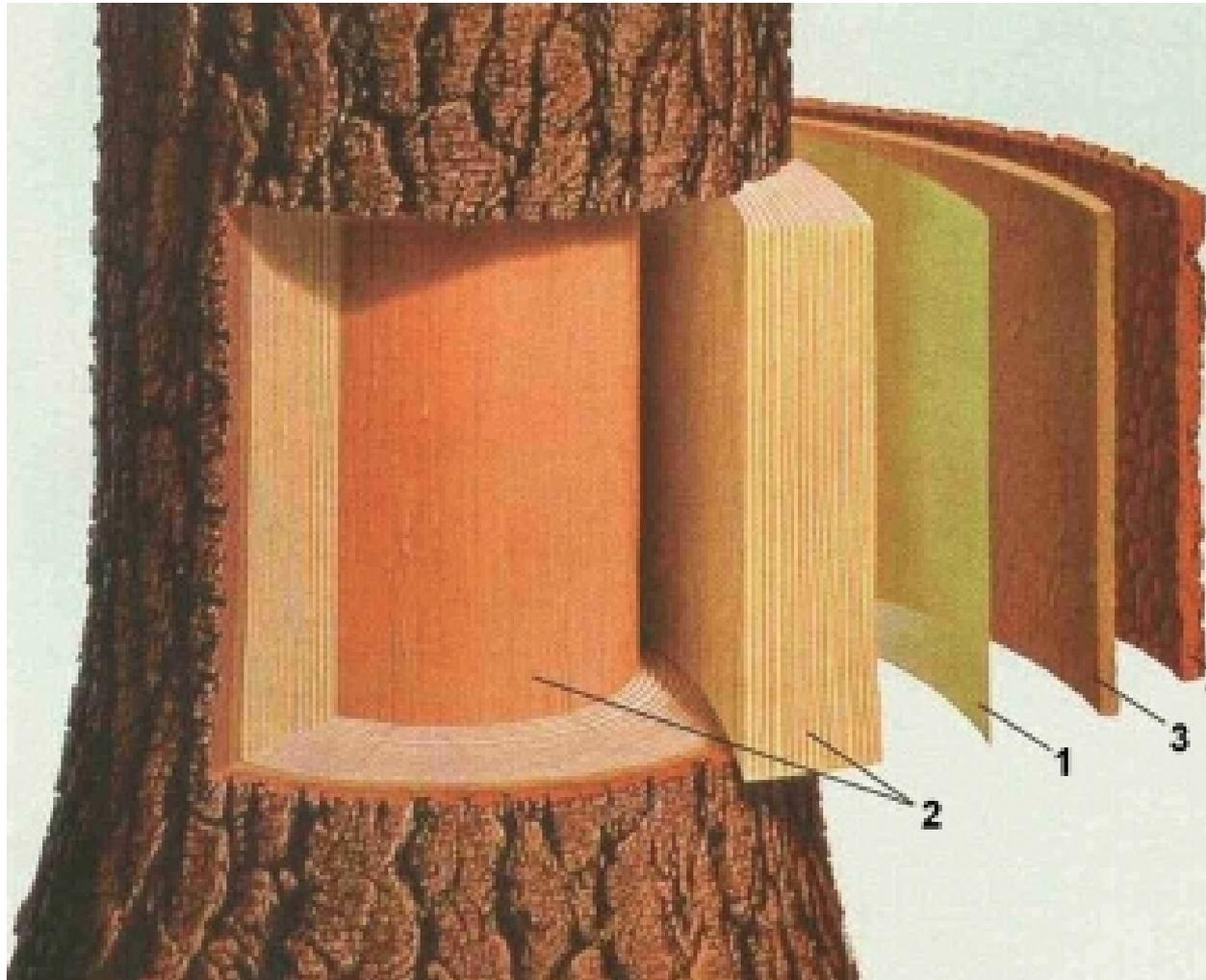
Cámbium vascular



CÁMBIUM

Cámbium vascular

Localización del cámbium y los tejidos vasculares en un tronco



1. Cámbium

2. Xilema

3. Floema

4. Peridermis

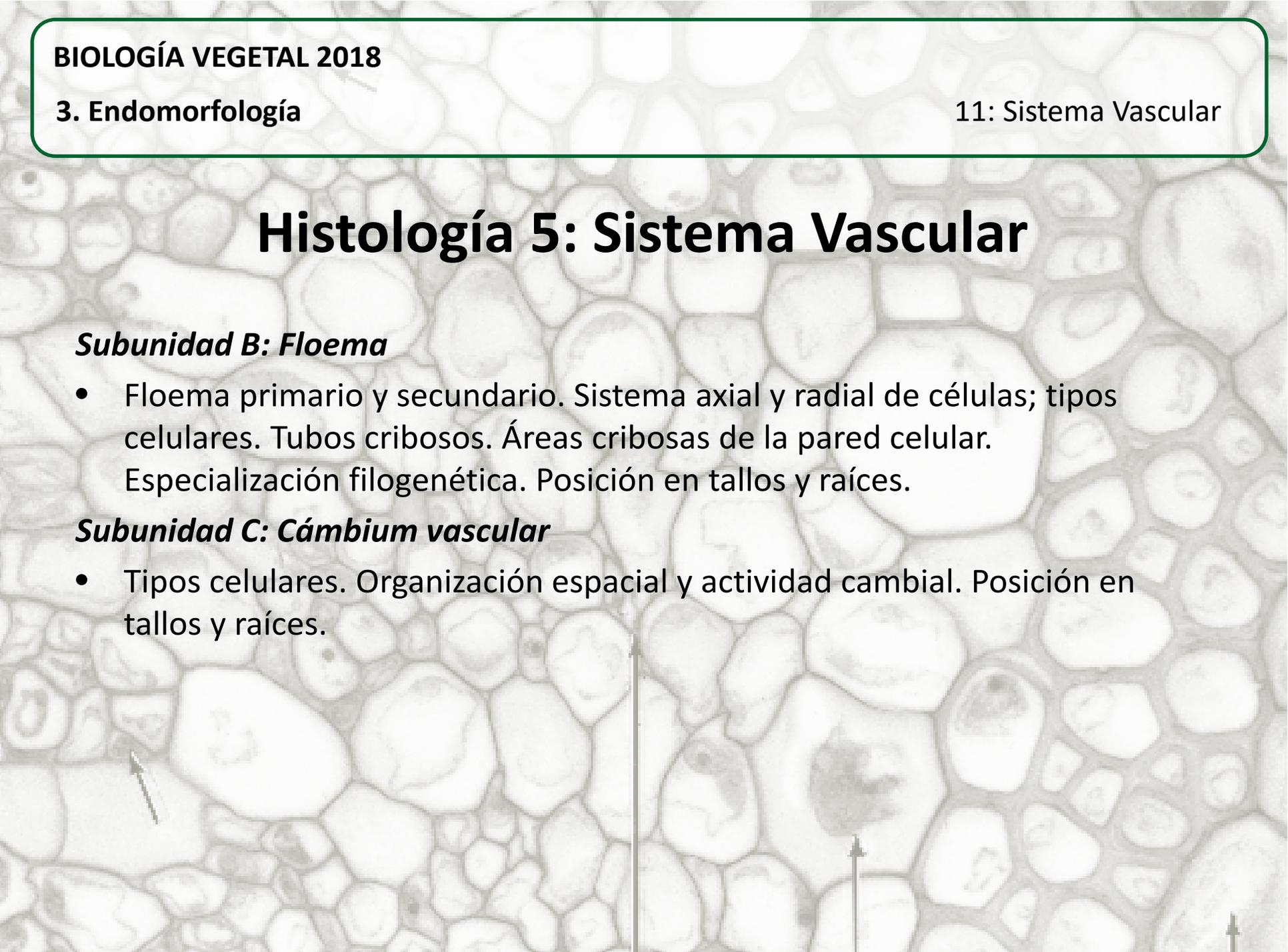
Histología 5: Sistema Vascular

Subunidad B: Floema

- Floema primario y secundario. Sistema axial y radial de células; tipos celulares. Tubos cribosos. Áreas cribosas de la pared celular. Especialización filogenética. Posición en tallos y raíces.

Subunidad C: Cámbium vascular

- Tipos celulares. Organización espacial y actividad cambial. Posición en tallos y raíces.



Organización interna de las plantas superiores

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