



FLOEMA

Células conductoras

Células cribosas

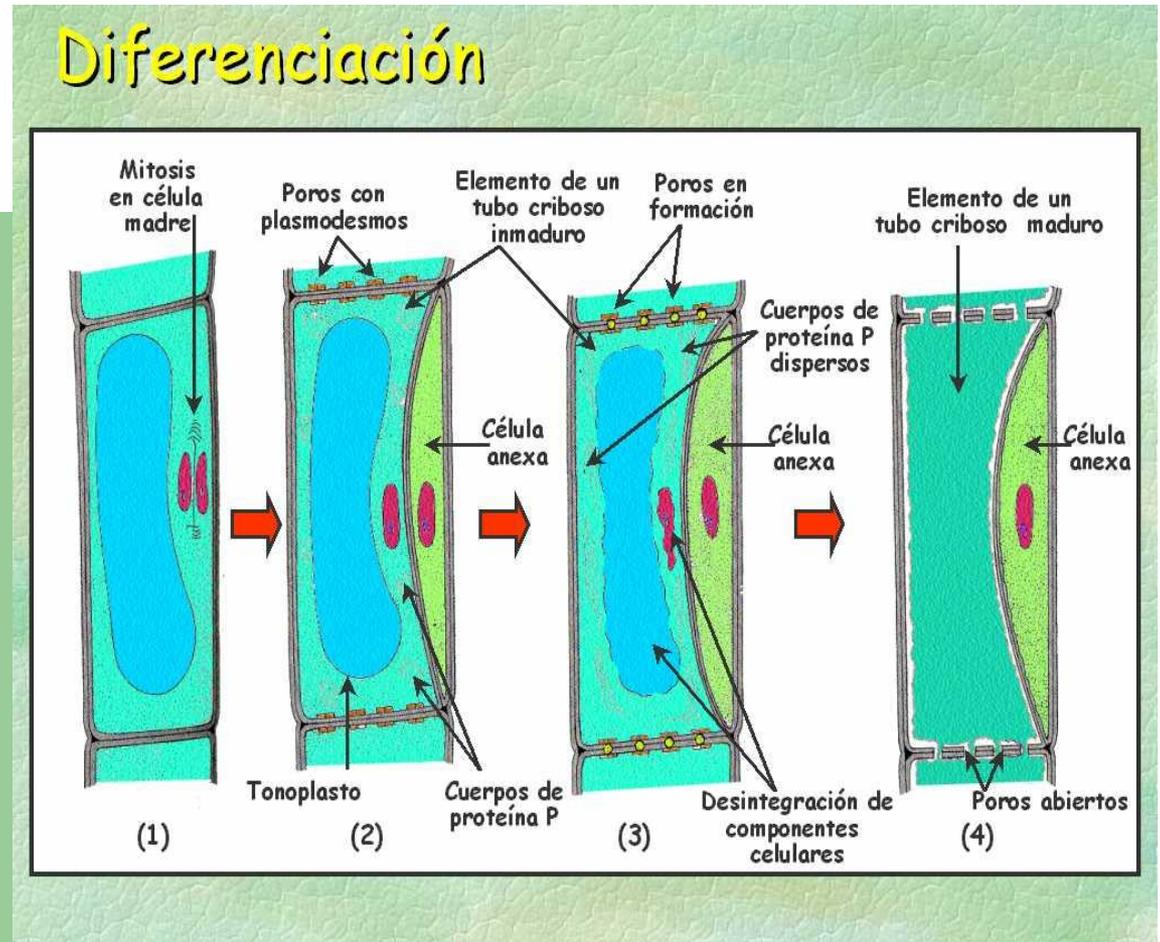
- Células alargadas y extremos puntiagudos.
- No presentan placas, sólo áreas cribosas.
- Presentan células albuminíferas.
- En gimnospermas y criptógamas vasculares hay sólo células cribosas como células conductoras.

Tubo criboso

- Células alargadas con placas cribosas en los extremos.
- Presentan células anexas.
- Se presentan en angiospermas.

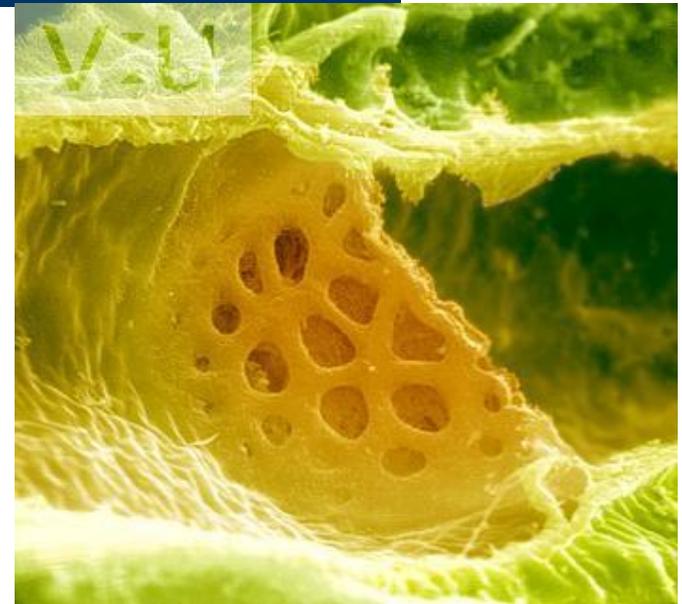
Proceso de diferenciación del elemento criboso

1. Célula madre (cél.acompañante + elemento criboso)
2. Formación de cuerpos de proteína P
3. Desintegración del núcleo, RER, vacuola y cuerpo de Golgi.
4. Elemento criboso maduro (mitocondrias, plastidios, REL y proteína P)

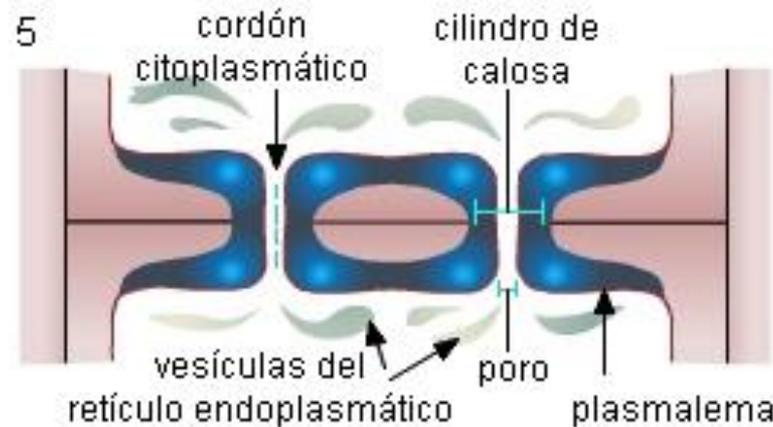
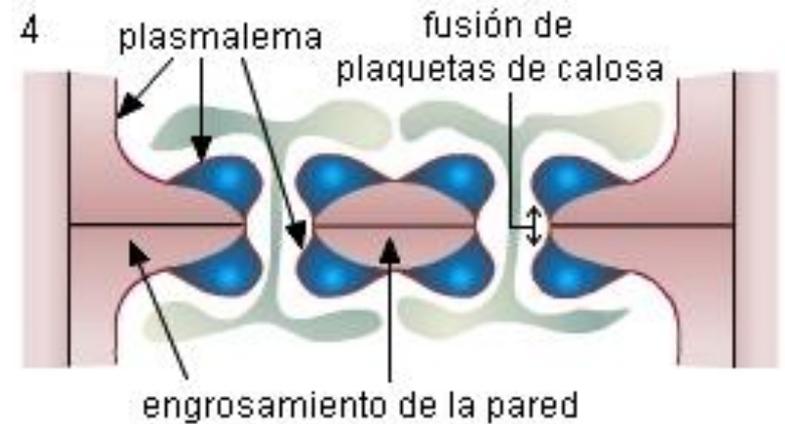
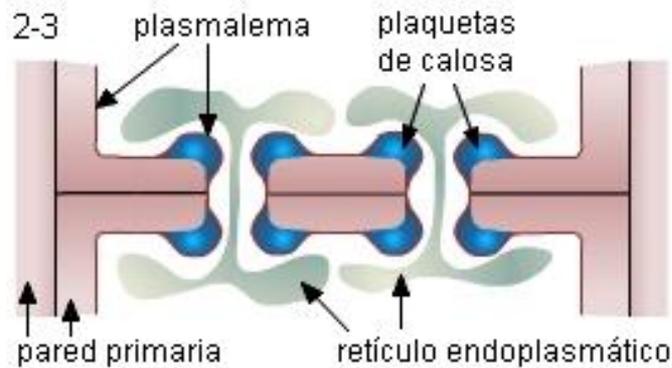


Placa Cribosa

- Las paredes terminales sufren modificaciones que favorecen el flujo a través del tubo criboso
- Plasmodesmos que unen elementos adyacentes forman los poros de la placa, en donde se deposita calosa.
- El diámetro del poro es de 200 a 400 nm, alcanzando el micrón (Plasmodesmos \approx 33 nm).



Depósitos de calosa



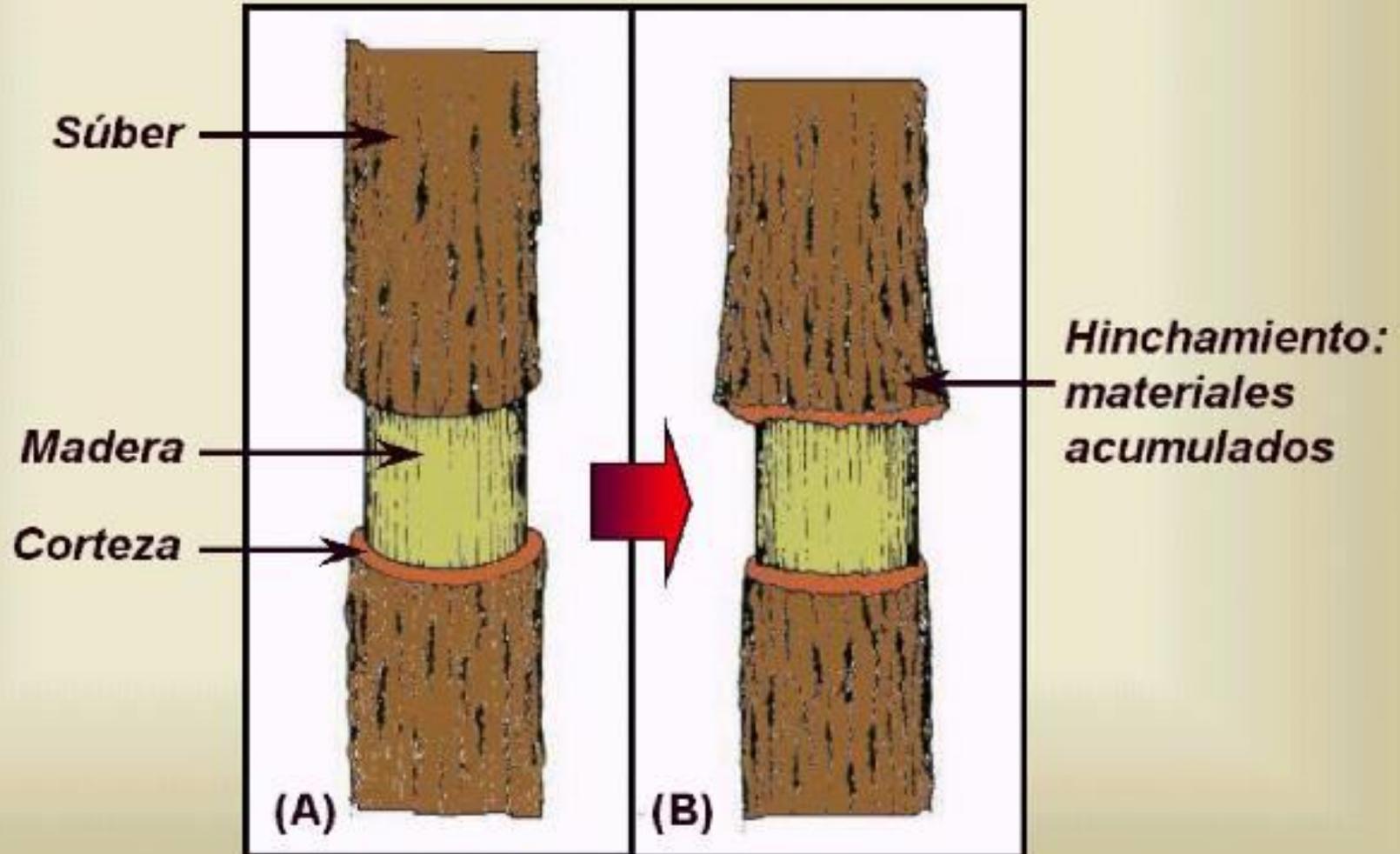


FLUJO MONODIRECCIONAL

FLUJO BIDIRECCIONAL

A principios del siglo XVII Marcello Malpighi observó que cuando eliminaba un anillo de súber de un tallo **(A)** los tejidos de la corteza de la parte superior se hinchaban **(B)**. Interpretó este fenómeno diciendo que esta hinchamiento se debía a la acumulación de materiales que, procedentes de la parte superior de la planta, no podían seguir su marcha hacia abajo. Malpighi observó también que este hinchamiento no se producía durante los meses de invierno.

El anillado

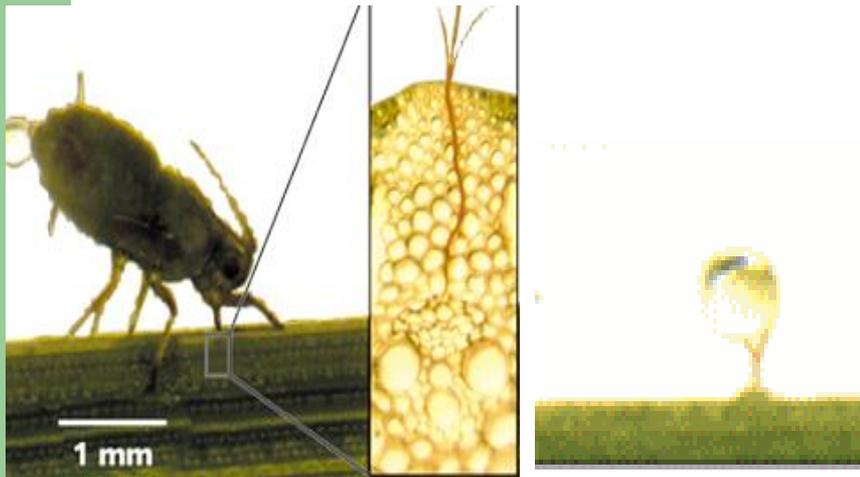


Estas observaciones permitieron establecer la función de floema y determinar las características del transporte:

- La existencia de un conducto constituido por células vivas
- La elevada concentración de azúcares en la solución de transporte
- La presión positiva, superior a la atmosférica, a la que se encuentra ese contenido; y
- El sentido basipeto del transporte, opuesto a la corriente de transpiración, en la base del tallo.

Uso de áfidos en estudios de floema

- severed aphid stylets most effective!



stylet bundle cut by laser or radiofrequency microcautery

- ▶ Proporciona fluido prácticamente incontaminado (libre de hexosas).
- ▶ La cantidad obtenida es muy baja (pocos centenares de nanolitros).

Composición del flujo floemático

Componente	Concentración (mg/ml)
Materia Seca Total	100-125
Sacarosa	80-106
Aminoácidos	5.2
Ácidos orgánicos	2.0-3.2
Proteínas	1.4-2.2
Potasio	2.3-4.4
Cloruro	0.35-0.67
Fosfatos	0.35-0.55
Magnesio	0.10-0.12

- Varía cuantitativamente según la especie, región de la planta, condiciones ambientales, etc.
- Los azúcares son el componente mayoritario del fluido del floema (más del 90% de la materia seca total).

Ejemplo de la composición del fluido floemático del ricino (*Ricinus communis*)

Azúcares transportados por el floema

- La sacarosa es el azúcar más abundante en un gran número de especies herbáceas y algunas leñosas.
- Oligosacáridos tales como rafinosa, estaquiosa, verbascosa.
- Polialcoholes (hexitoles) tales como manitol, sorbitol o dulcitol.
- Glucosa y fructosa ausentes o en muy bajas concentraciones. En células no conductoras del floema.

Otros compuestos de interés.

- Aminoácidos como asparagina y glutamina predominantemente. También prolina, treonina, alanina, serina, leucina, valina, fenilalanina, ac. glutámico, ac. aspártico y ac. α -aminobutírico
- Ureídos como alantoína, ac. alantóico o citrulina.
- Cationes y aniones inorgánicos. K como el catión más abundante (50-100 mM), fosfato y cloruro como los aniones más abundantes.
- Nucleótidos en concentraciones de 0.5-4 mM.

Otros compuestos de interés.

- Hormonas vegetales como auxinas, giberelinas, citoquininas y ac. abscísico.
- Poliaminas
- Partículas virales en el lumen de tubos los cribosos.

Velocidades de translocación

Velocidades de Translocación	
Organismo	Velocidad (cm/hr)
Tallo de <i>Picea</i>	13.2
Tallo de <i>Pinus</i>	48
Tallo de <i>Fraxinus</i>	48
Tallo de <i>Ipomoea</i>	72
Tallo de <i>Ulmus</i>	120
Hoja de <i>Triticum</i>	168
Tallo de <i>Heracleum</i>	210
Tallo de <i>Helianthus</i>	240
Hoja de <i>Zea</i>	660

- Ejemplos de velocidades de translocación de fotosintatos en algunas especies: pino, fresno, hierba pegajosa, olmo, trigo, girasol, maíz

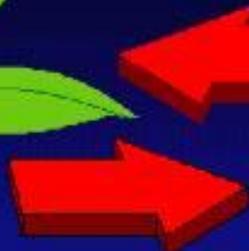
Mecanismos de Transporte en el floema

- El transporte de las sustancias fotoasimiladas se dice que sigue el modelo fuente/sumidero.
- Los fotoasimilados se mueven desde los cloroplastos del mesófilo de las hojas maduras hacia los elementos de los tubos cribosos.

ÓRGANO FUENTE



AUTOABASTECIMIENTO



FOTOSÍNTESIS

Fotoasimilados

TRANSPORTE

ÓRGANO SUMIDERO



ÓRGANO FUENTE

TRANSPORTE



ÓRGANO SUMIDERO



ÓRGANO PRODUCTOR O FUENTE

Órgano en el que se producen (o liberan) fotoasimilados en exceso. Exportan sus excedentes a otras localizaciones.

Hojas fotosintéticas maduras

Órganos reservantes maduros

ÓRGANO CONSUMIDOR O SUMIDERO

Órgano que no produce fotoasimilados o que los produce en menor cantidad que la necesaria para sus procesos vitales. Importan fotoasimilados.

Ápices de raíces y tallos.

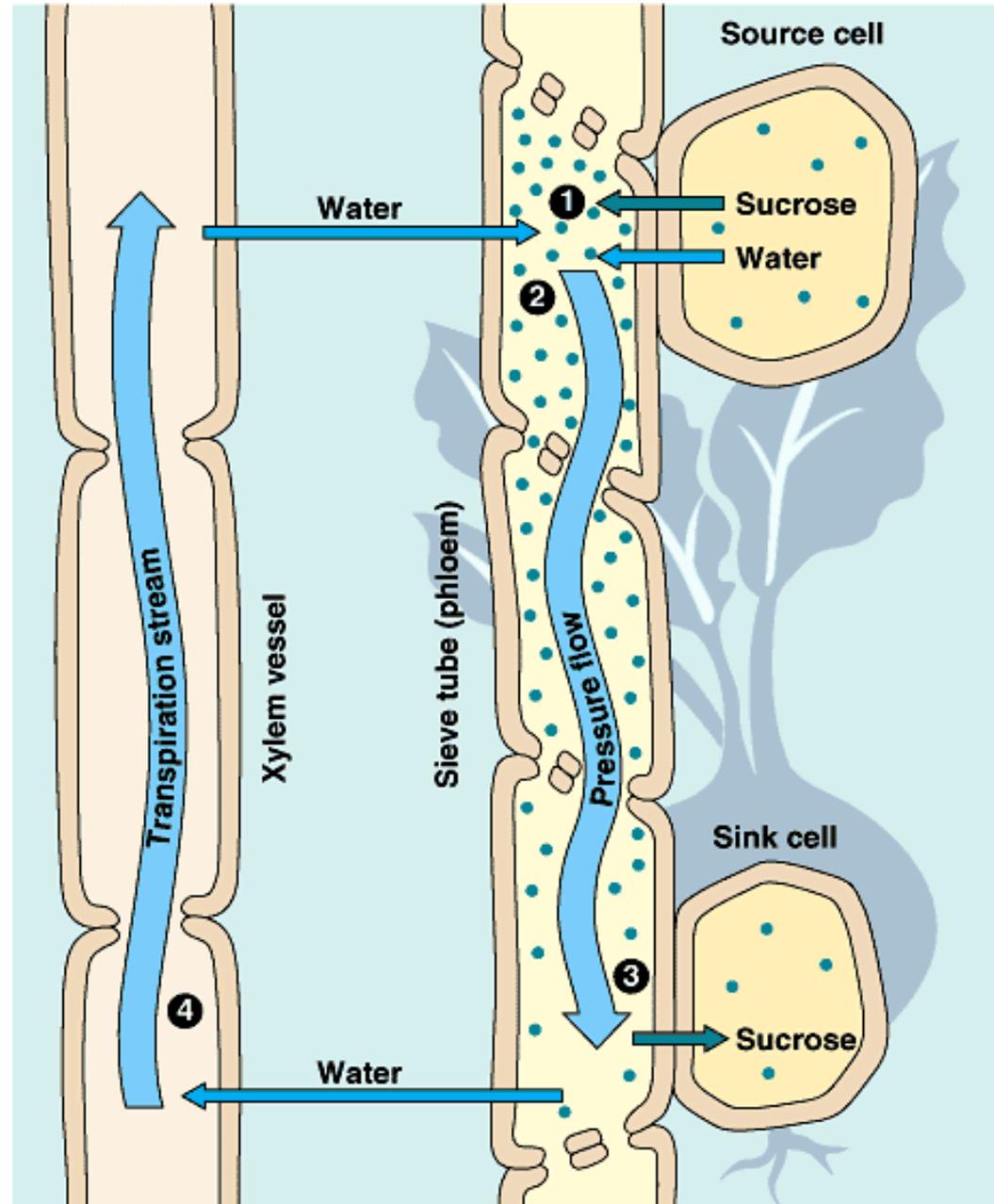
Yemas axilares en crecimiento.

Hojas en expansión

Flores, frutos y semillas

Órganos reservantes en formación.

Carga del floema



Modelos de carga floemática

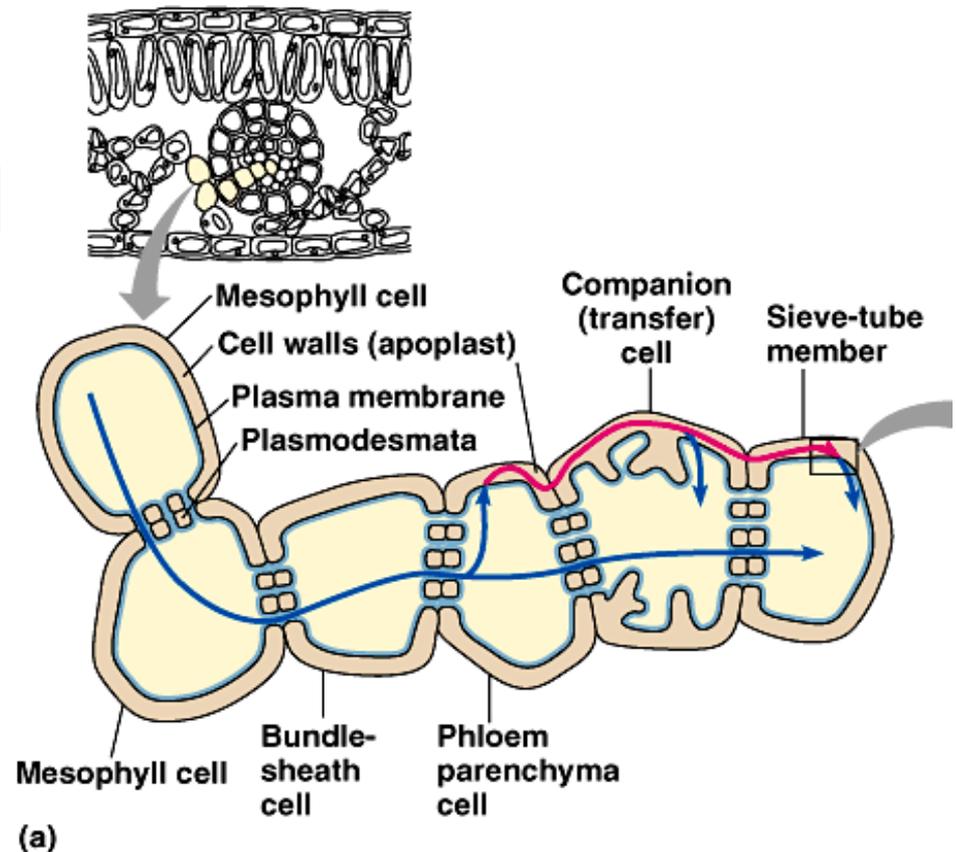
Simplástica

conexiones continuas de plasmodesmos desde el mesófilo hacia las células acompañantes y de estas a los elementos cribosos

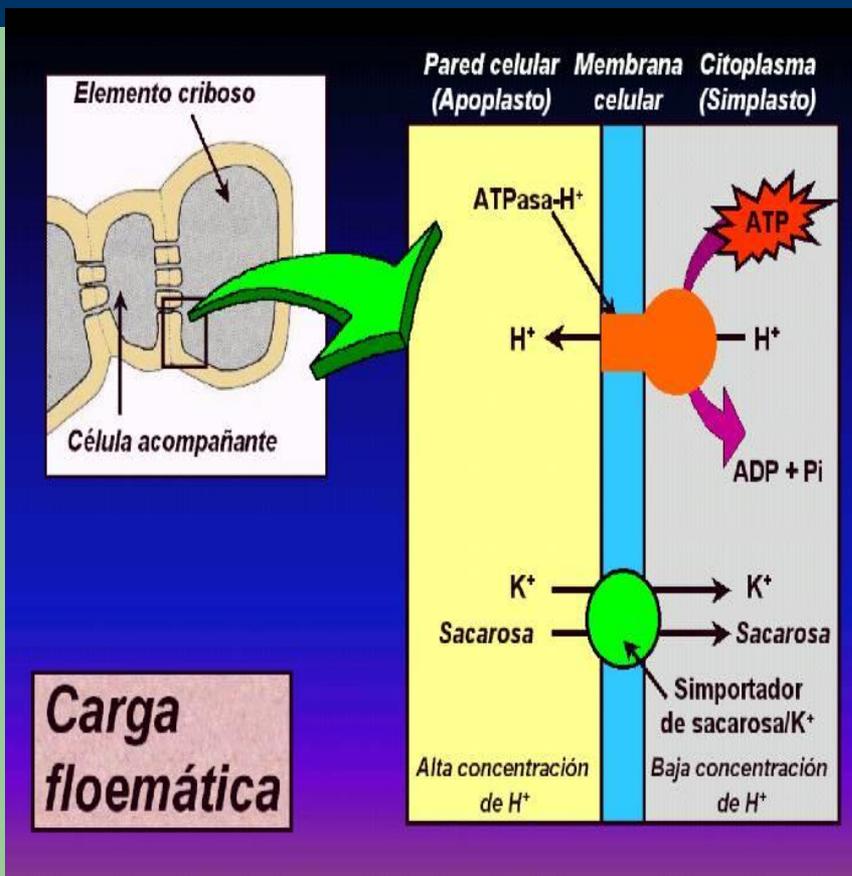
Apoplástica

transporte activo a través de la membrana plasmática de la célula acompañante o del elemento criboso. No hay conexiones por plasmodesmos con células del mesófilo.

El movimiento de la sacarosa de las células del mesófilo a los elementos cribosos, es vía simplática, aunque pueden tener vía apoplástica en una parte del trayecto, esto último asociado a altos niveles de potasio en el apoplasto



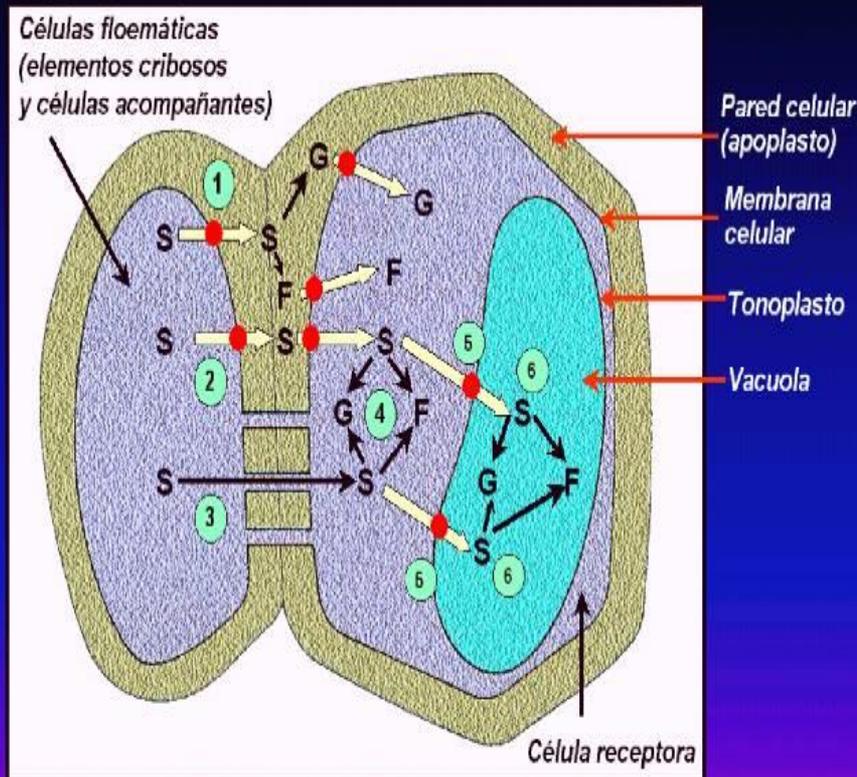
Mecanismo de carga del floema.



- Esquema del proceso de carga floemática.
- Los protones H^+ son primero bombeados hacia el exterior de los tubos cribosos, usando ATP y creando gradiente electroquímico.
- La sacarosa se incorpora en el interior del tubo criboso por cotransporte simporte.

Modelo del proceso de descarga floemática.

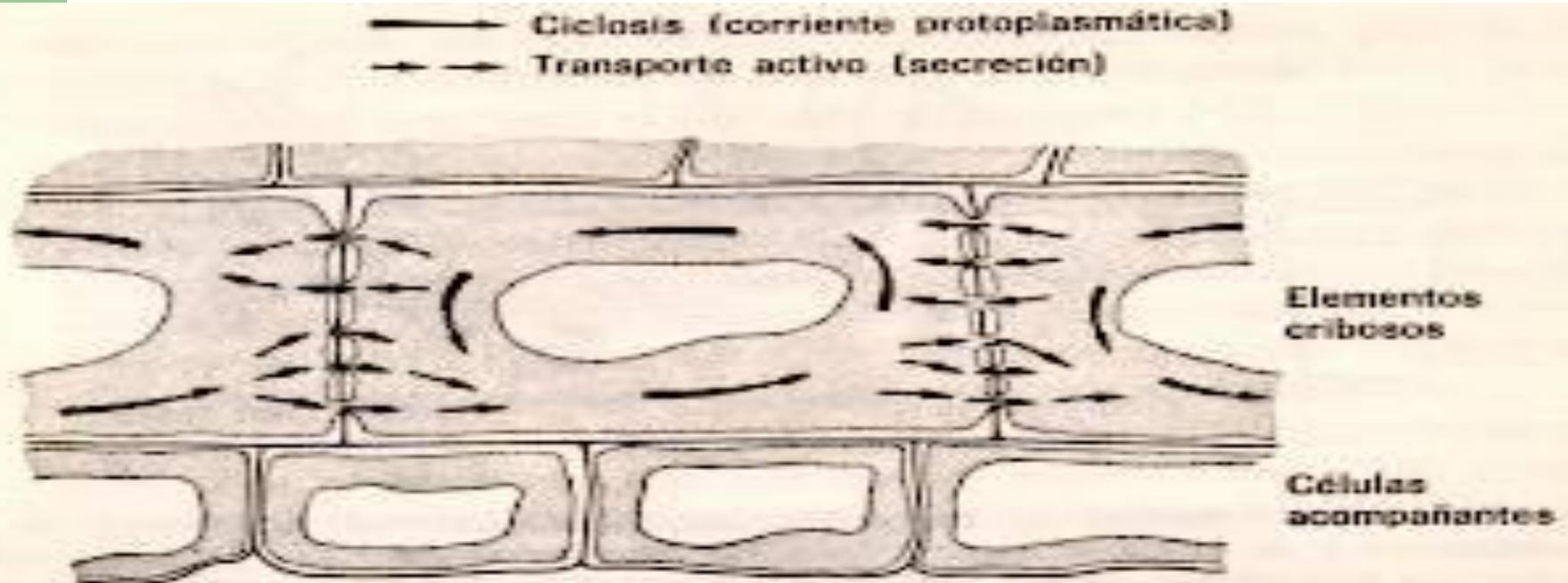
Descarga floemática



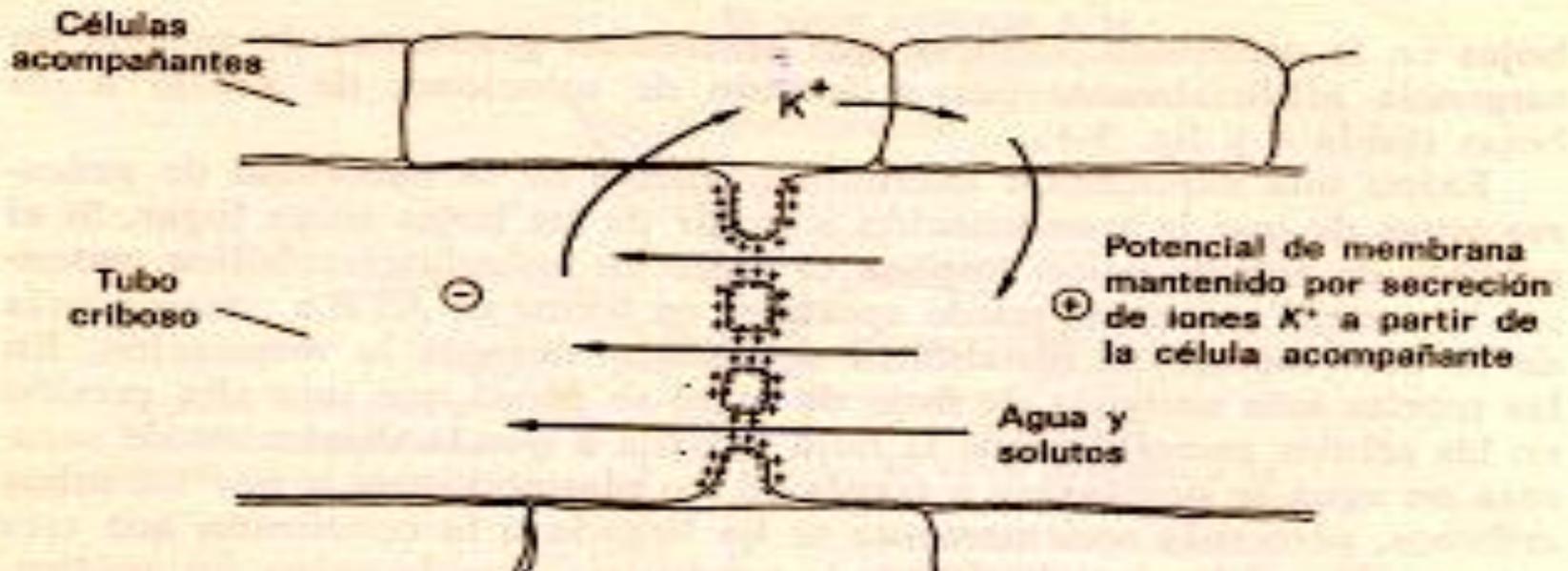
- Si los sumideros son de almacenamiento, la vía es apoplástica y requiere ATP.
- Si los sumideros están en crecimiento, la descarga es vía simplástica por difusión pasiva

TEORIA DE LAS CORRIENTES PROTOPLASMATICAS

- Plantea que los solutos tienen movimiento bidireccional por dentro de los elementos cribosos.
- Este mecanismo estaría limitado a elementos cribosos jóvenes con citoplasma metabólicamente activos, **no se ha observado en los elementos cribosos maduros.**

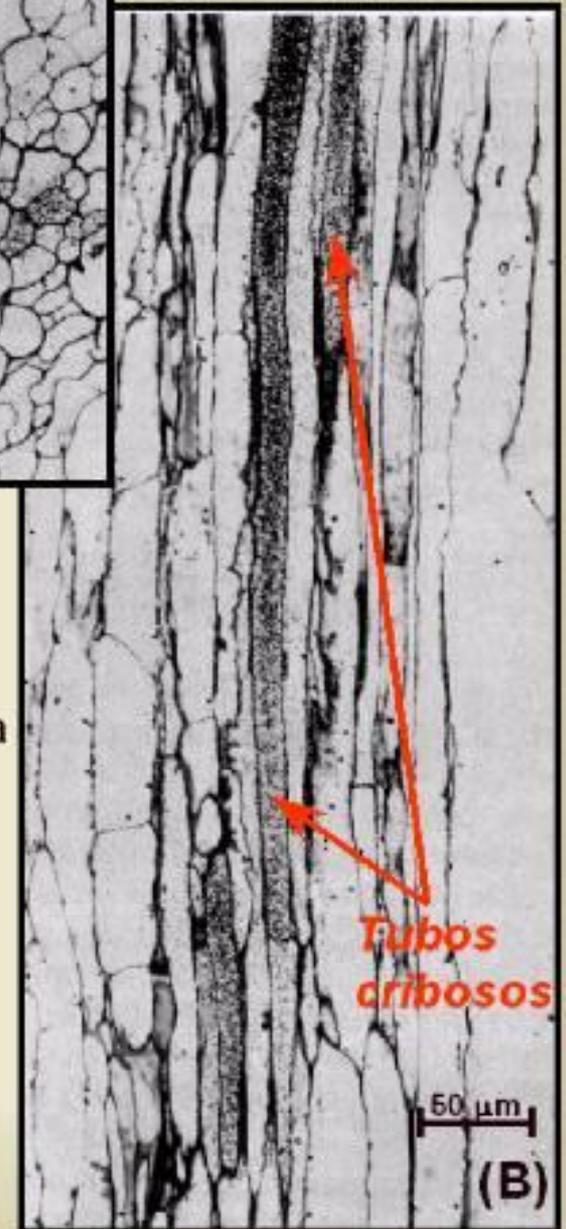
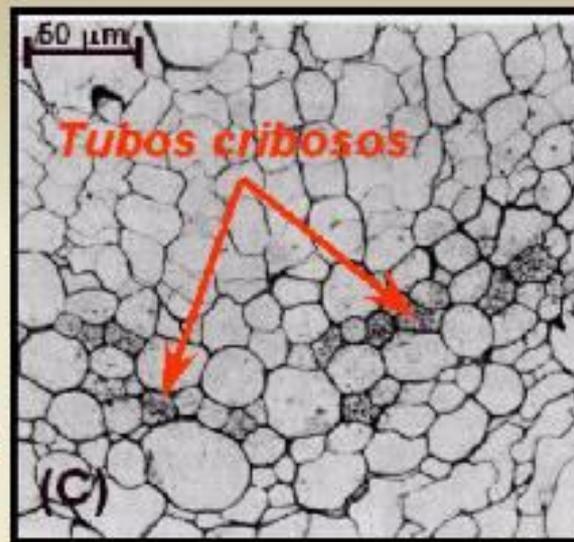


Flujo electroosmótico



- El flujo de agua y solutos a través de los poros cribosos se produce por la polarización de las placas cribosas debido a la absorción por la célula acompañante del K^+ en un lado y la secreción del mismo ión en el otro lado de la placa; creando un ∇ eléctrica que produciría un flujo unidireccional a través de los poros.
- Esta teoría apoya la teoría Münch.

Marcaje con $^{14}\text{CO}_2$



(A) 2 hojas de una planta de *Vicia faba* se colocan en un contenedor hermético de Plexiglas en el cual se genera $^{14}\text{CO}_2$. Las hojas se exponen a la luz y al $^{14}\text{CO}_2$ durante 35 minutos. Durante este tiempo el $^{14}\text{CO}_2$ se incorpora en forma de azúcares en la planta y éstos son transportados a otras partes de la misma. Al cortar secciones longitudinales (B) y transversales (C) del tallo y someterlas a autorradiografía se observa que la radiactividad se encuentra asociada a los tejidos del floema.

MOVIMIENTO BIDIRECCIONAL SIMULTÁNEO

- Se opone a la teoría del FM.
- La fluorescencia es transportada de una hoja terminal sin almidón (en una cámara oscura) a las hojas laterales y simultáneamente se mueve azúcar de las hojas laterales hacia la hoja almidón.

Sin embargo es posible que los componentes del movimiento bidireccional estén en elementos cribosos \neq e independientes.

56 OBJECIONES AL CONCEPTO DEL FLUJO MÁSSICO

