


Tema 13: Transporte de fotoasimilados. Translocación.

**Prof. Francisco J. García Breijo
Unidad Docente de Botánica
Dep. Ecosistemas Agroforestales
Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología
Universidad Politécnica de Valencia**



ÍNDICE

- Generalidades.
- Estructura del floema.
- Transporte por el floema.
 - Carga floemática.
 - Descarga floemática.
 - Transporte a larga distancia: de fuente a sumidero.
- Iconos
- Créditos de las figuras.





Generalidades

- El transporte de sustancias orgánicas en las plantas es consecuencia de la especialización funcional.
- Los fotoasimilados producidos por [fotosíntesis](#) han de ser distribuidos desde las [zonas](#) de síntesis (hojas) o de almacenamiento (parénquimas reservantes) a todos los órganos de la planta.
 - Concepto de [fuente y sumidero](#).
- El floema es el tejido conductor encargado de este transporte.



Estructura del floema

- Sistema vascular continuo constituido por células vivas que se extiende por todos los órganos de la planta. Estructura:
 - En angiospermas: **tubos cribosos**.
 - Células con las paredes terminales modificadas en forma de placas cribosas, con perforaciones de un diámetro (entre 0.1 y 5 μm) considerablemente mayor que los plasmodesmos.
 - En gimnospermas: las **células cribosas**.
 - No están alineadas en filas longitudinales y están interconectadas mediante áreas cribosas ubicadas en las paredes laterales.



Transporte por el floema (1)

- Evidencias de que el transporte de fotoasimilados transcurre por el floema.
 - El anillado.
 - Eliminación de un anillo de corteza sin afectar el leño.
 - El marcaje con $^{14}\text{CO}_2$ y la autorradiografía.



Transporte por el floema (2)

- Naturaleza de las sustancias transportadas.
 - Obtención del fluido del floema.
 - Técnica de la exudación por los estiletes de los [áfidos](#) (Mitller, 1957)
 - [Composición](#) de los fluidos floemáticos.



Transporte por el floema (3)

- Velocidades de translocación.
 - Menores que las xilemáticas
- Etapas:
 - Las triosas fosfatos formadas por fotosíntesis se transportan desde el cloroplasto al citoplasma donde se convierten en sacarosa.
 - La sacarosa se mueve desde las células del mesófilo hasta la vecindad de los elementos cribosos presentes en los pequeños vasos conductores de las hojas.
 - Este transporte se realiza a través de dos o tres células en lo que se llama **transporte a corta distancia**.
 - En la tercera etapa, denominada **carga floemática**, la sacarosa se incorpora en los elementos cribosos.
 - Dentro de los elementos cribosos, los fotoasimilados se exportan hacia las zonas sumideros: **transporte a larga distancia**.



Transporte por el floema (y 4)

□ Mecanismo del transporte:

- Carga floemática.
- Descarga floemática.
- Transporte a larga distancia: fuente a sumidero.



Carga floemática (1)

- La carga floemática de los fotoasimilados requiere **energía metabólica**.
 - En las células de los órganos fuente los fotoasimilados se encuentran en menor concentración que la encontrada en los elementos cribosos relacionados con ellas.
 - En la remolacha azucarera: la presión osmótica de las células del mesófilo es de unos 1.3 MPa, mientras que la medida en los elementos cribosos es de 3.0 Mpa.
 - Esta diferencia se debe fundamentalmente a la acumulación de sacarosa en los elementos cribosos.
 - La acumulación en contra de gradiente se realiza con gasto de energía metabólica: por ***transporte activo***.



Carga floemática (y 2)

- La vía de transporte desde las células del mesófilo hasta los elementos cribosos es parcialmente apoplástica.
 - El camino simplástico a través de los plasmodesmos también ocurre pero en menor proporción.
 - La sacarosa, en su mayor parte, pasa al apoplasto en el mesófilo o más tarde, salida que es favorecida por la **concentración de K^+** en el apoplasto.
 - Desde allí se incorpora al simplasto en la célula acompañante o en el elemento criboso por **cotransporte activo**, facilitado por una **ATPasa** de membrana que expulsa H^+ y provoca la entrada de K^+ al simplasto.
 - Otras sustancias que se encuentran en menor concentración, como las hormonas, se cargan pasivamente.



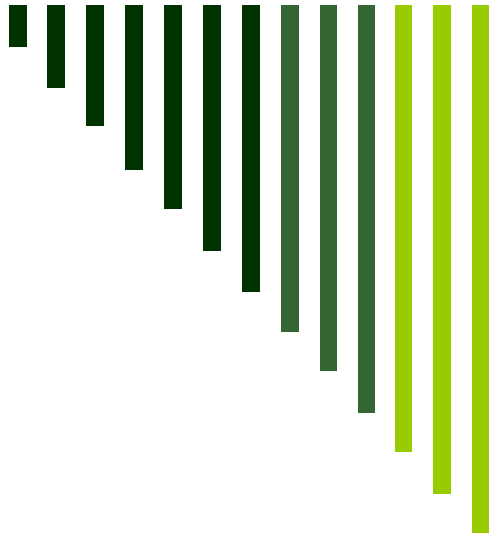
Descarga floemática

- La descarga floemática se lleva a cabo en los órganos sumidero o consumidores.
- El camino desde el elemento criboso hasta la célula donde el soluto se metabolizará puede ser simplástico o apoplástico; en ambos casos, la descarga dependerá de la actividad metabólica.
 - Si los *sumideros son de almacenamiento*, la vía preferida es la *apoplástica* y requiere *consumo de energía* en forma de ATP.
 - En *sumideros en crecimiento*, la descarga es por vía *simplástica*, por *difusión pasiva* ya que la concentración del soluto es mayor en los elementos cribosos que en las células en crecimiento donde se consumen.



Transporte a larga distancia

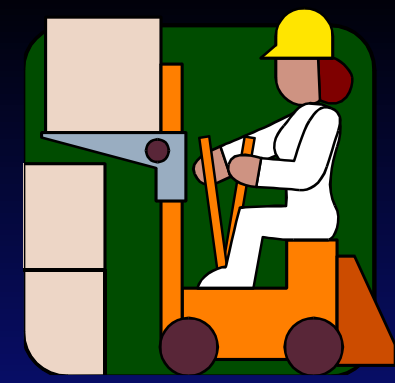
- El transporte floemático entre las zonas fuente y las sumidero puede ser ascendente o descendente.
- Modelos de transporte: el **flujo a presión** o hipótesis de Münch.
 - El transporte en el floema se lleva a cabo mediante un **flujo másico** de agua con diversas moléculas en solución.
 - La fuerza motriz sería el gradiente de presión generado en los extremos de la conducción, debido a que la **presión de turgencia** en el extremo donde se carga el floema sería mayor que en el extremo donde se produce la descarga.
 - Este transporte a larga distancia es un mecanismo básicamente pasivo, pero depende de los mecanismos de transporte activo que se producen durante la carga y la descarga.



Esquemas y Figuras

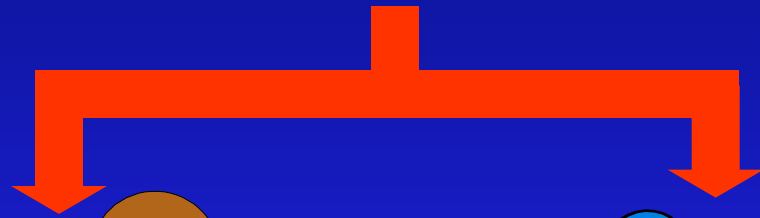


Almacenamiento



**FOTOASIMILADOS
(Materia orgánica)**

Fotosíntesis



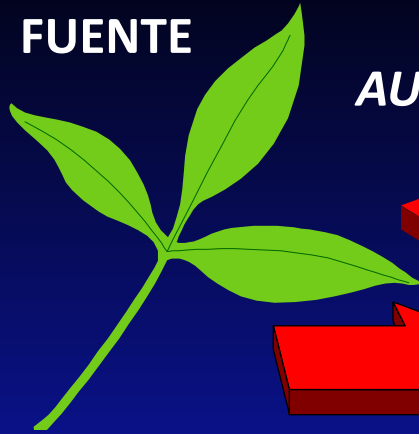
**Biosíntesis
celular**



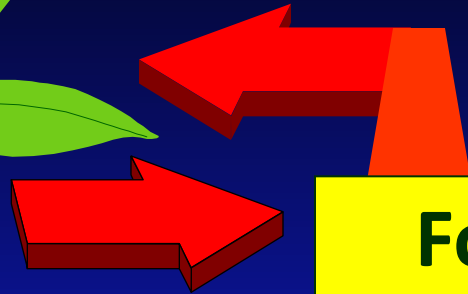
**Obtención de
Energía
Metabólica**



**ÓRGANO
FUENTE**



AUTOABASTECIMIENTO

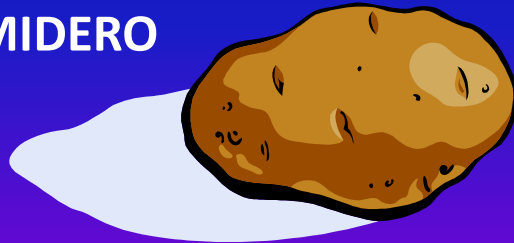


Fotoasimilados

FOTOSÍNTESIS

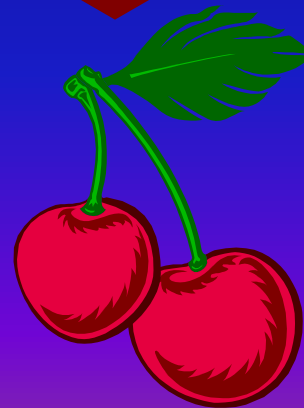
TRANSPORTE

**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.

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.

Hojas fotosintéticas maduras

Órganos reservantes maduros

Ápices de raíces y tallos.

Yemas axilares en crecimiento.

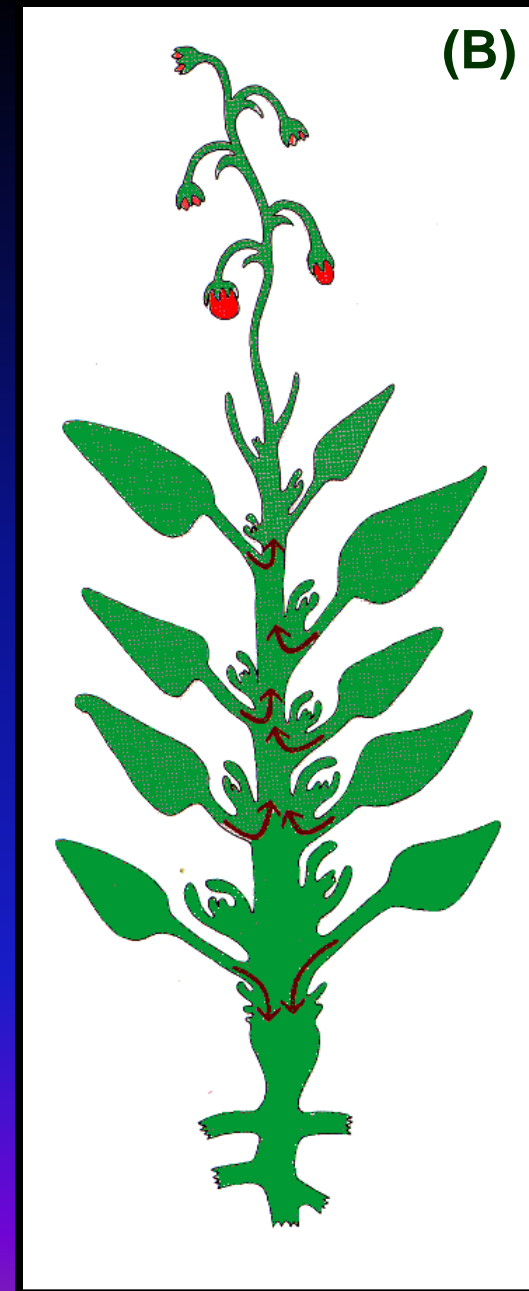
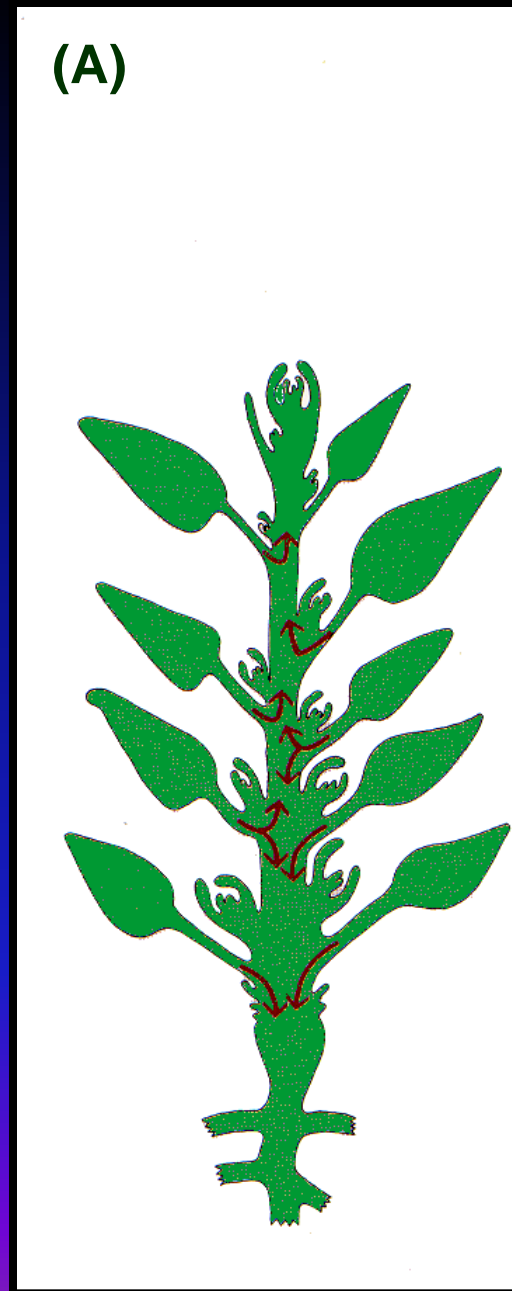
Hojas en expansión

Flores, frutos y semillas

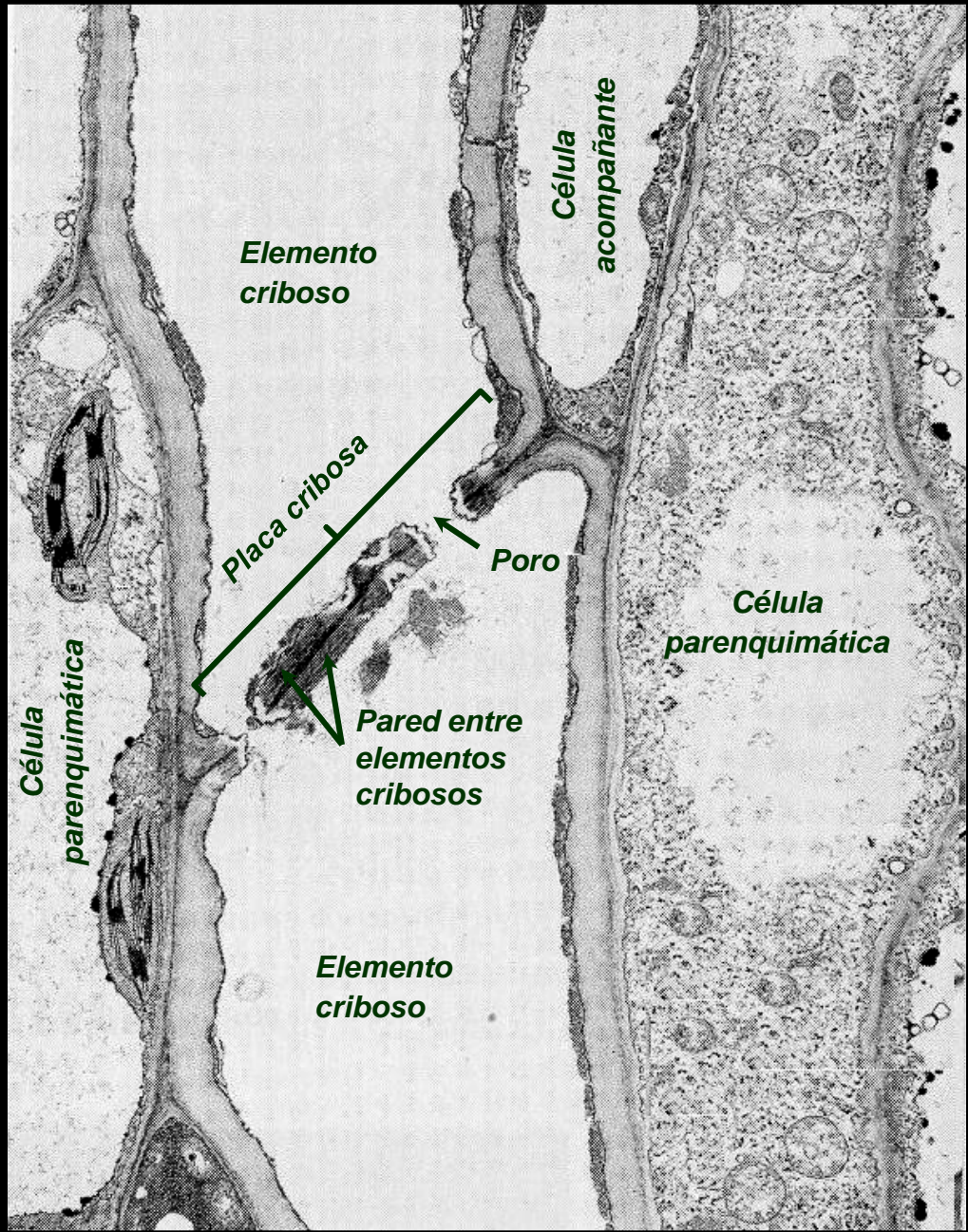
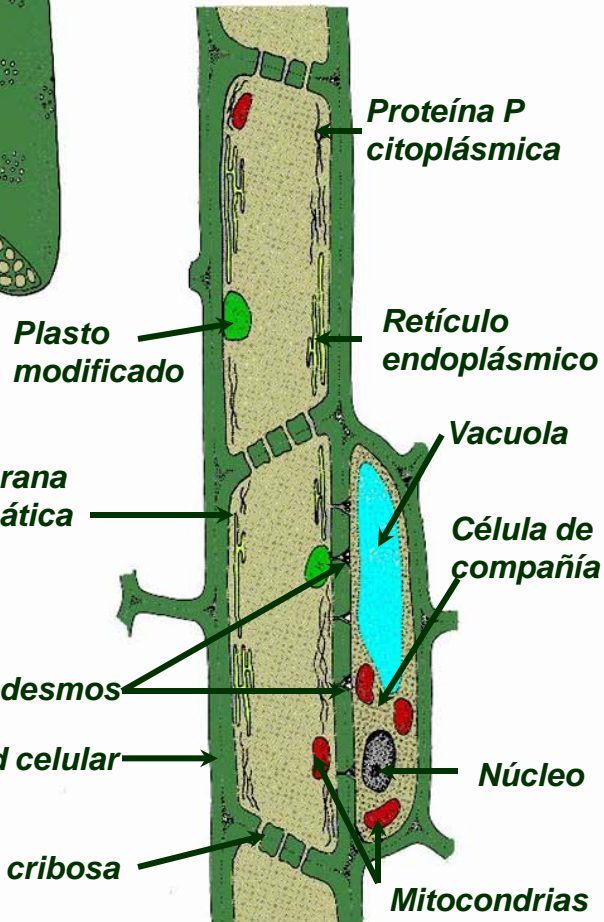
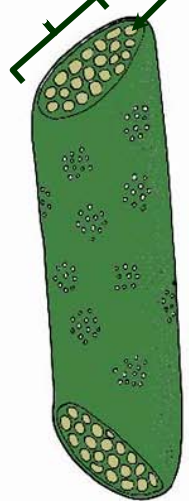
Órganos reservantes en formación.

Fuentes y Sumideros

Diagrama de una planta en (A) el estado vegetativo y (B) en el estado de fructificación. Las flechas indican la dirección de los fotoasimilados en cada etapa. En la etapa de fructificación los fotoasimilados se envían principalmente hacia las zonas donde se están formando los frutos.



Placa cribosa
Poro de la placa cribosa



Elemento criboso

Célula acompañante

Placa cribosa

Poro

Célula parenquimática

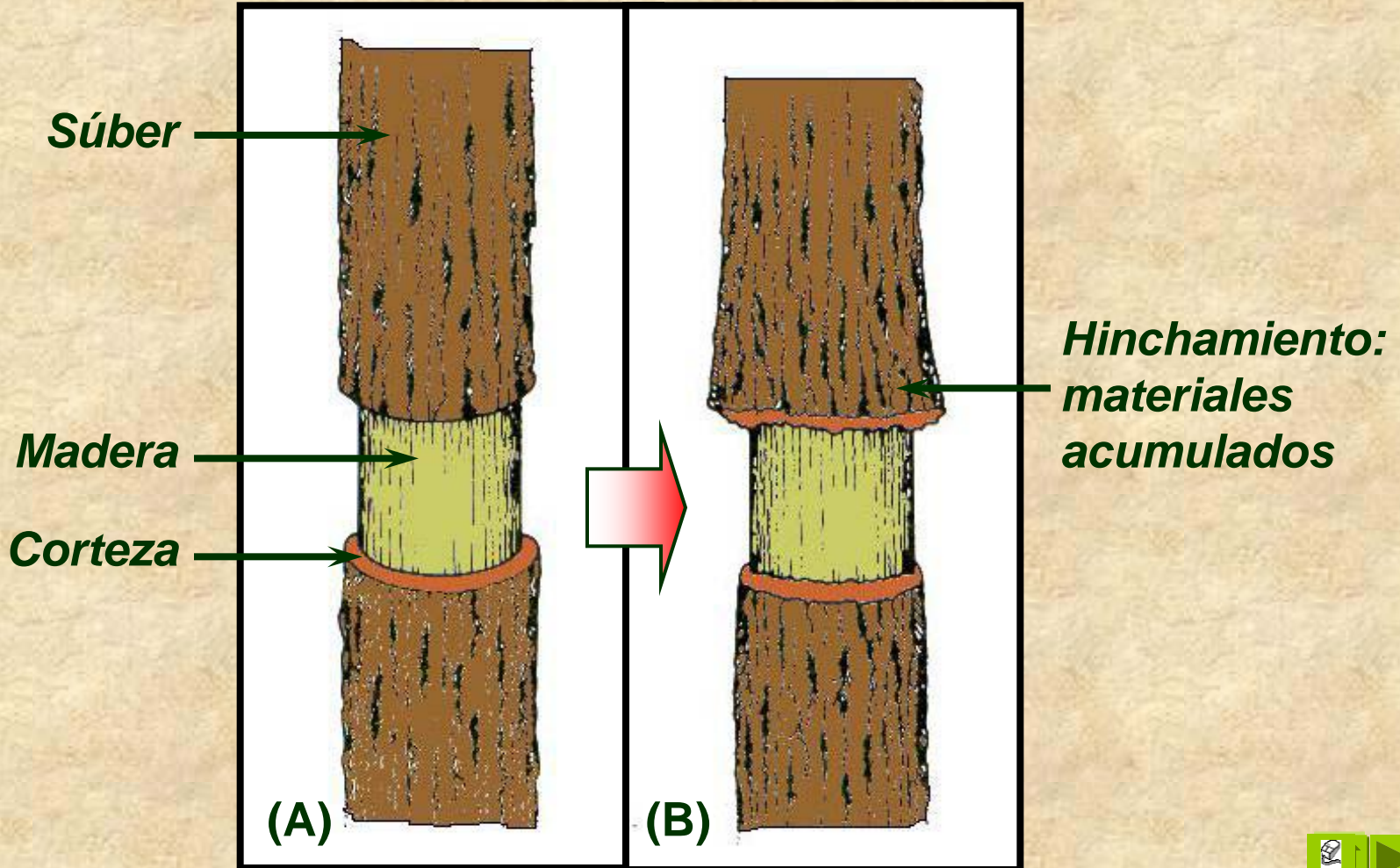
Pared entre elementos cribosos

Célula parenquimática

Elemento criboso

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



El anillado

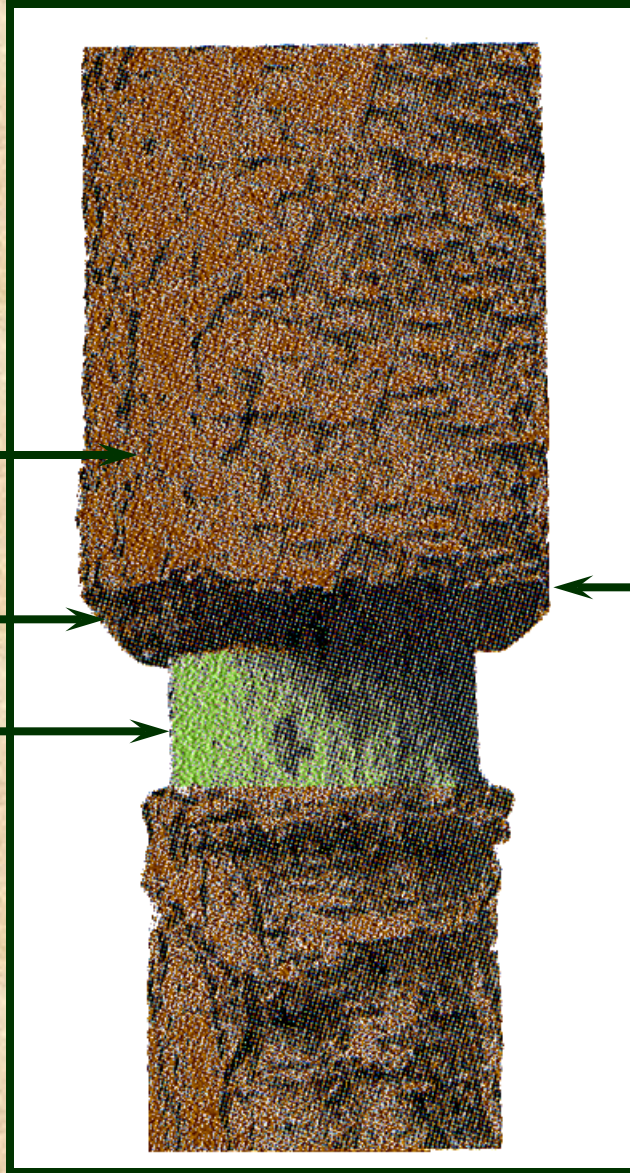
Súber



Corteza

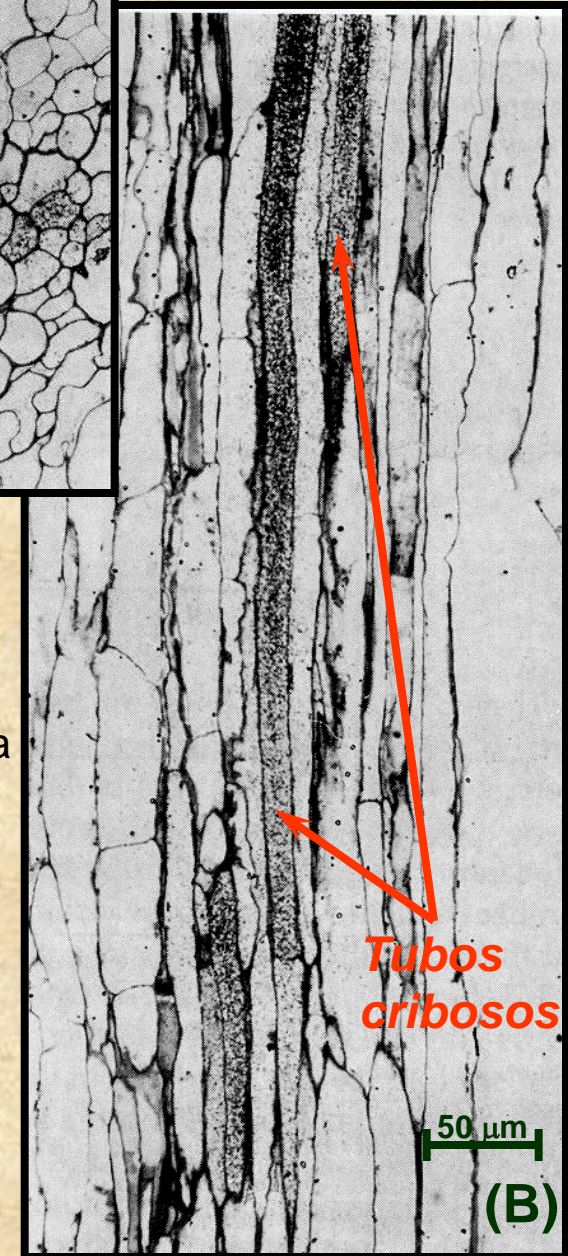
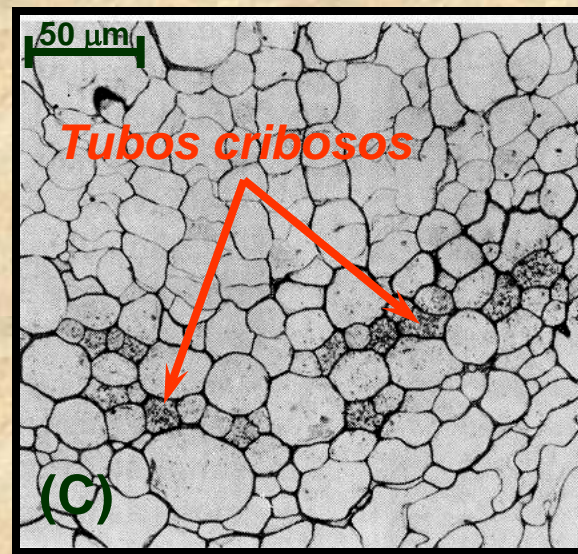
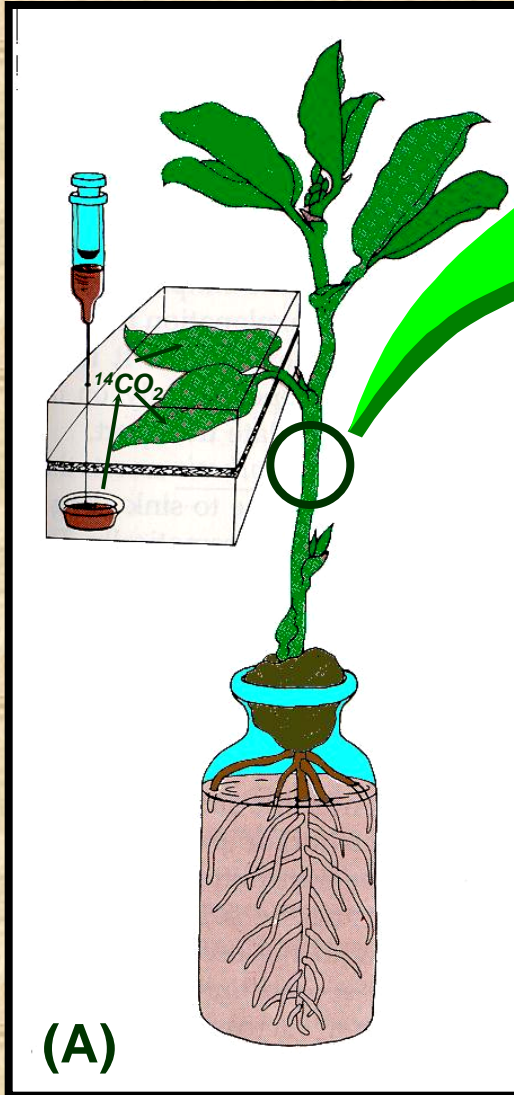


Madera



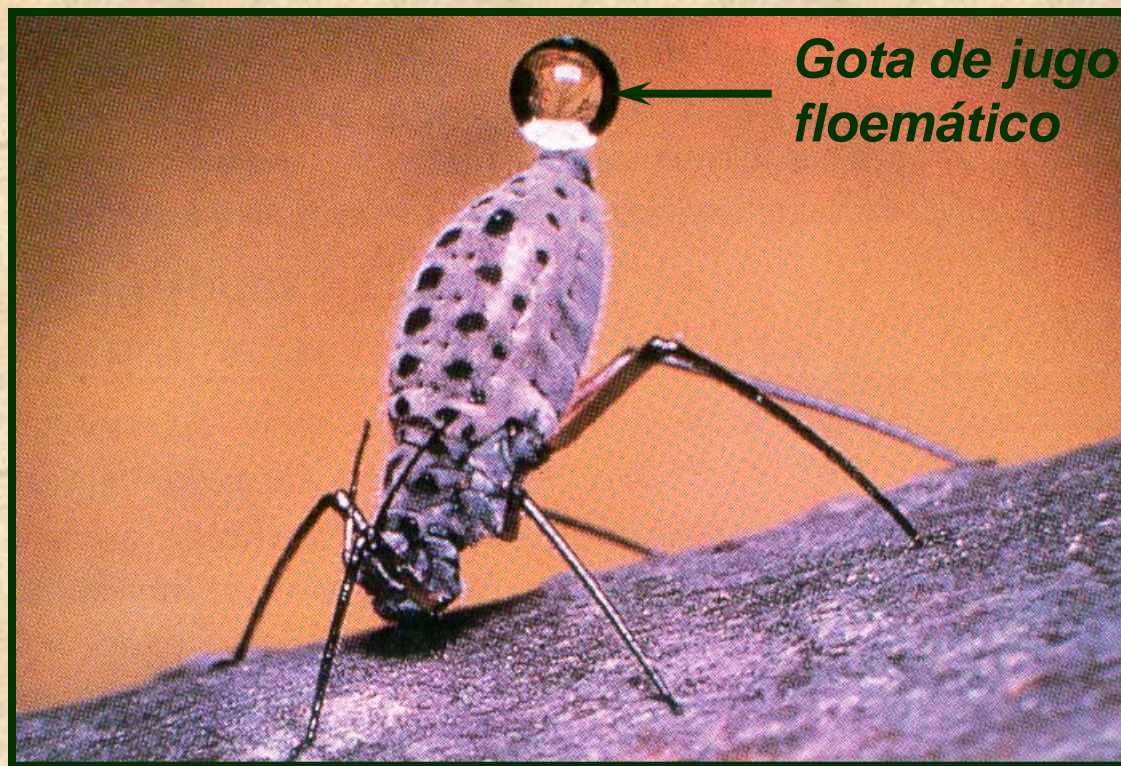
*Hinchamiento:
materiales
acumulados*

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



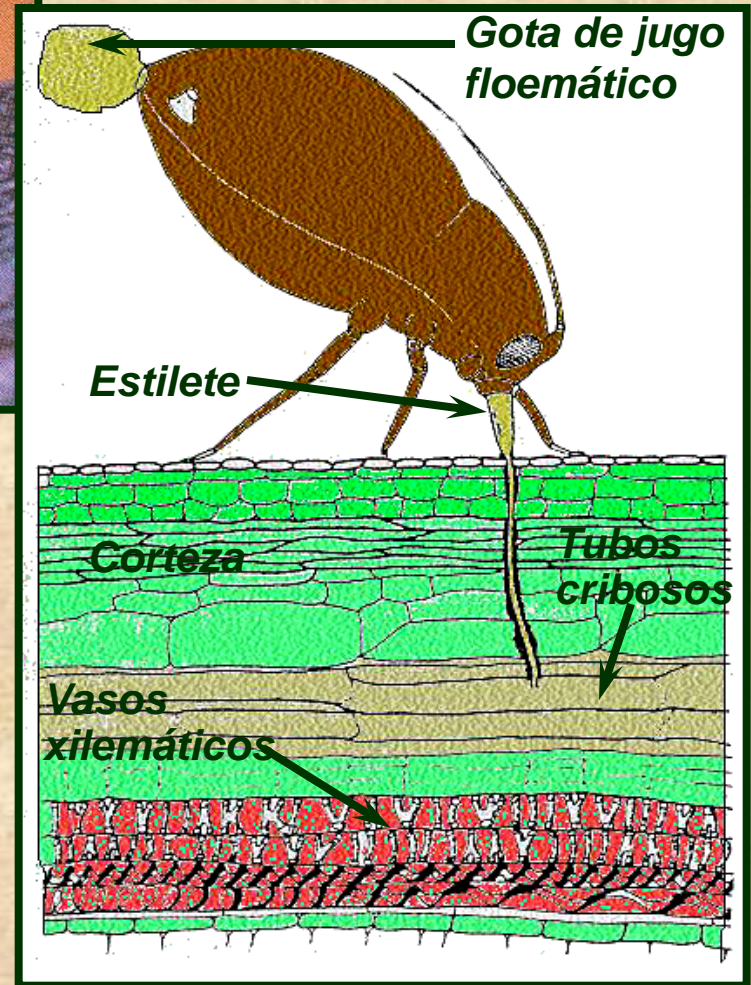
(A) 2 hojas de una planta de *Vicia faba* se colocan en un contenedor hermético de Plexiglas en el cual se genera $^{14}\text{CO}_2$. Las hojas se exponen a la luz y al $^{14}\text{CO}_2$ durante 35 minutos. Durante este tiempo el $^{14}\text{CO}_2$ se incorpora en forma de azúcares en la planta y éstos 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.

Los áfidos



(A) Áfido (*Longistigma caryae*) alimentándose de un tallo de *Tilia americana*. Se observa una gota del jugo absorbido por el áfido a través de su estilete emergiendo por la parte anal del mismo.

(B) Diagrama de un áfido en posición de alimentación con el estilete introducido en un tubo criboso del tallo de una planta.



Concentración de los principales componentes del contenido floemático del ricino (*Ricinus comunis*)

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

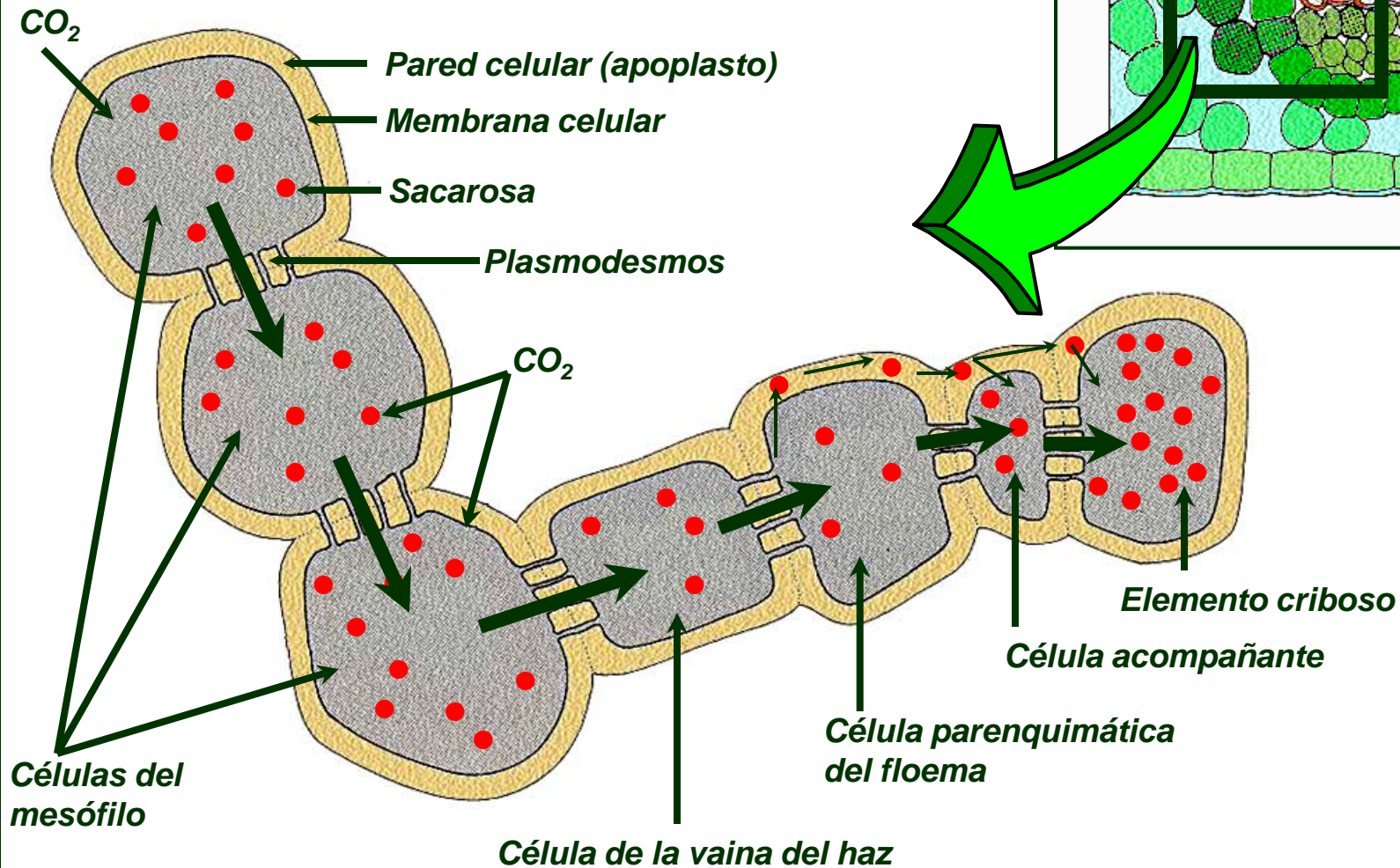
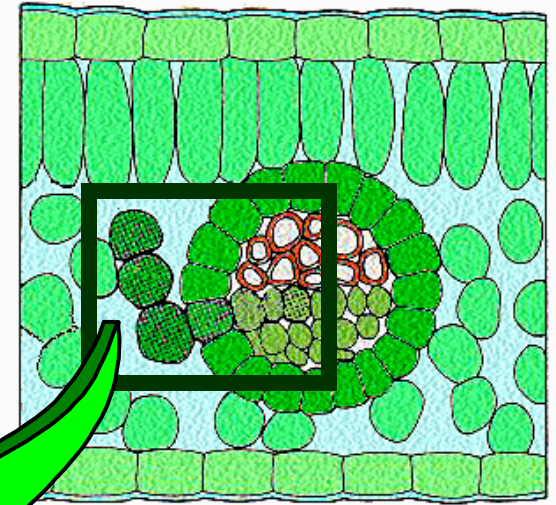


Velocidades de Translocación

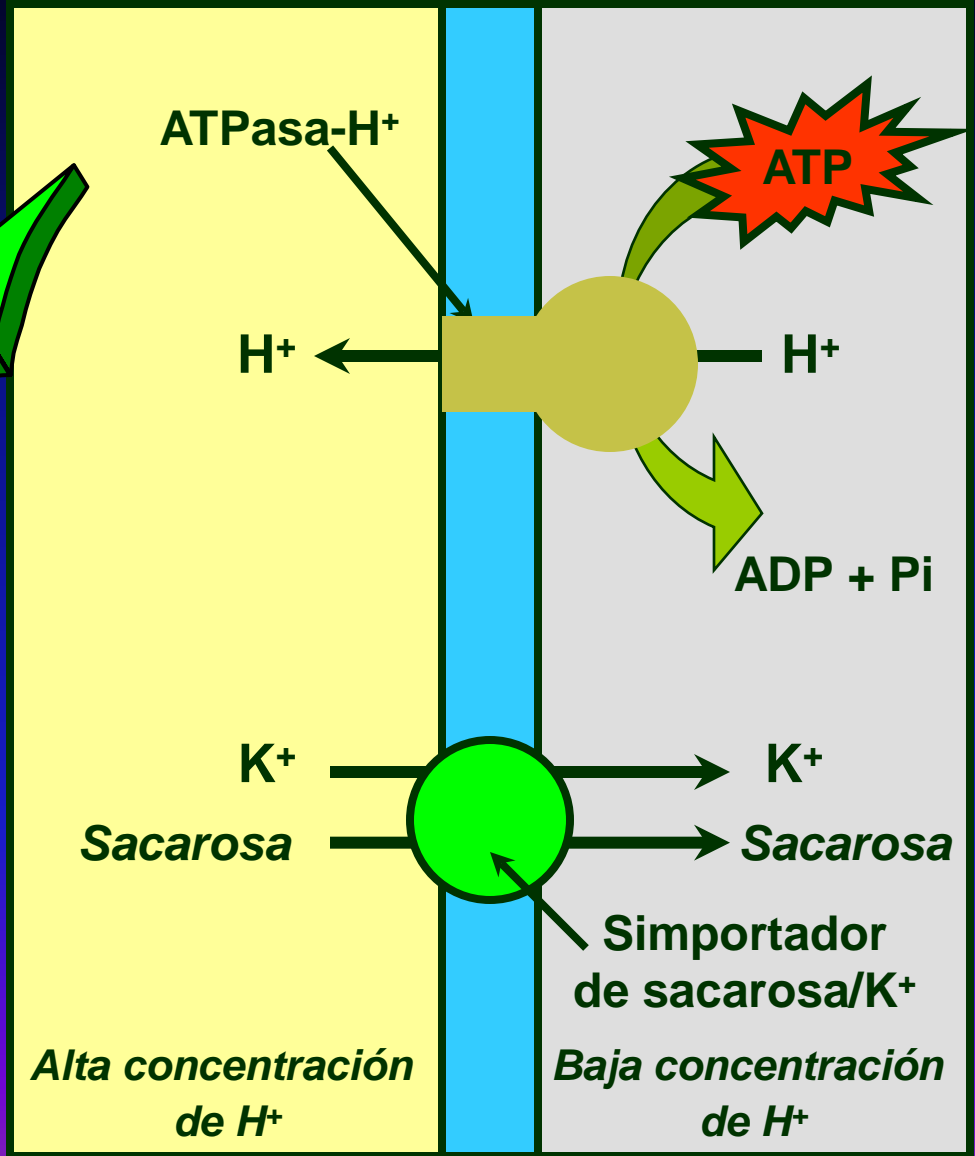
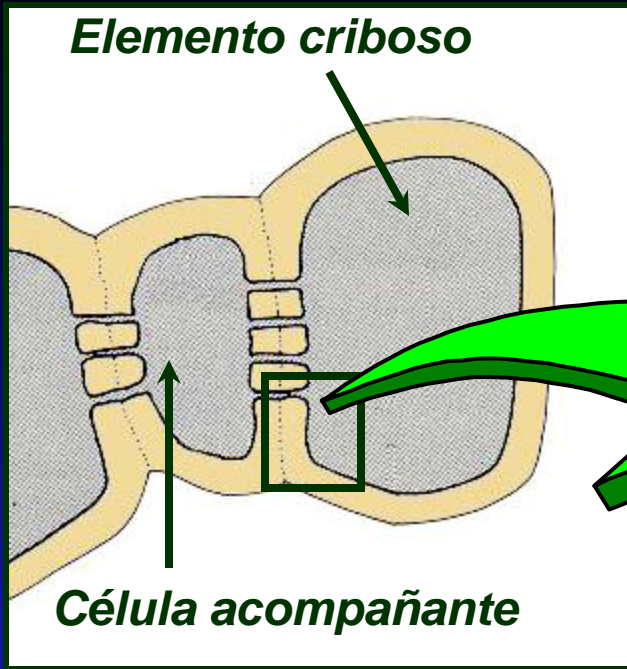
Organismo	Velocidad (cm/hr)
Tallo de <i>Picea</i>	13.2
Tallo de <i>Pinus</i>	48
Tallo de <i>Fraxinus</i>	48
Tallo de <i>Ipomoea</i>	72
Tallo de <i>Ulmus</i>	120
Hoja de <i>Triticum</i>	168
Tallo de <i>Heracleum</i>	210
Tallo de <i>Helianthus</i>	240
Hoja de <i>Zea</i>	660



Etapas: Carga (1)



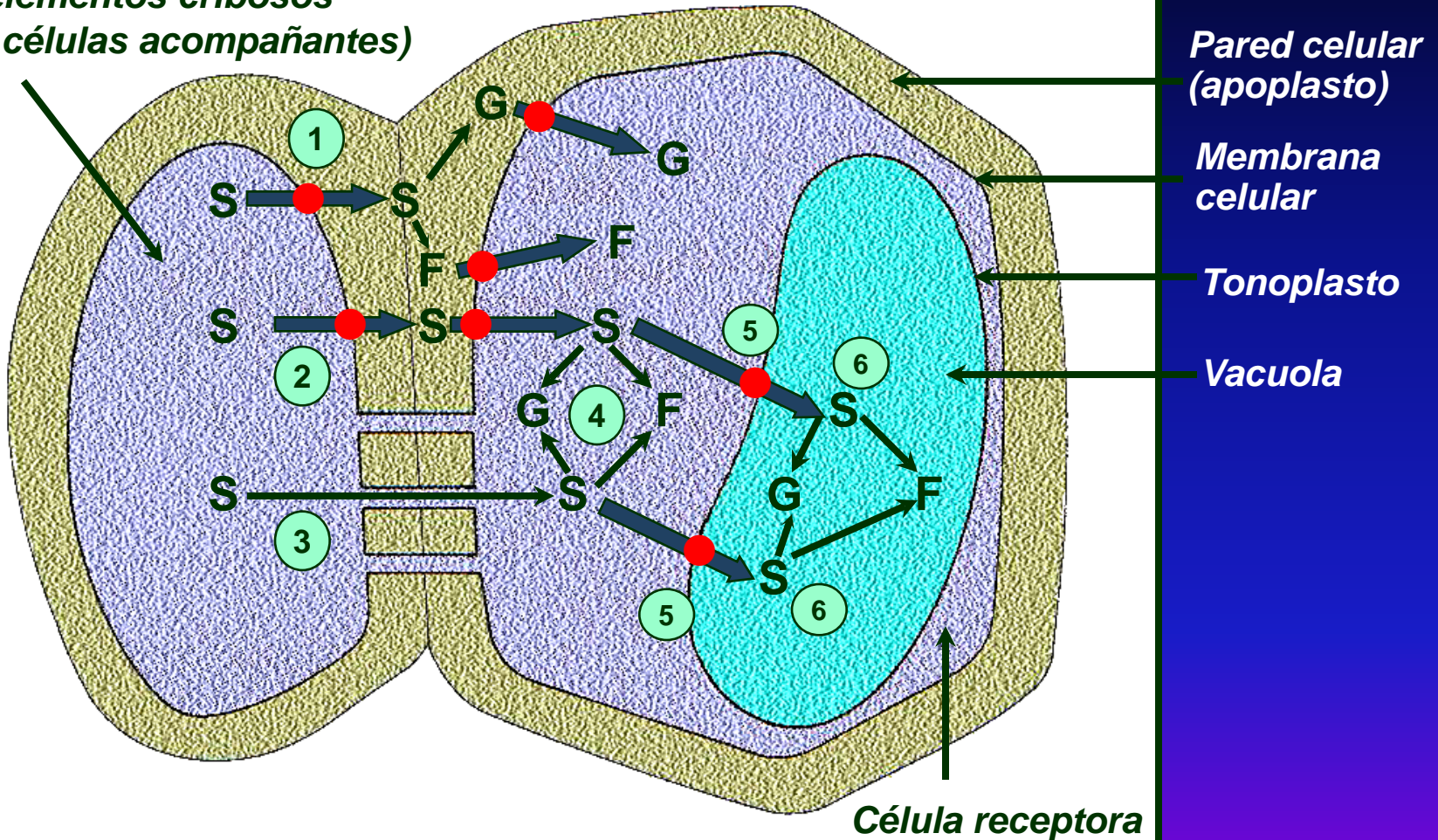
Pared celular (Apoplasto) Membrana celular Citoplasma (Simplasto)



Carga floemática-2

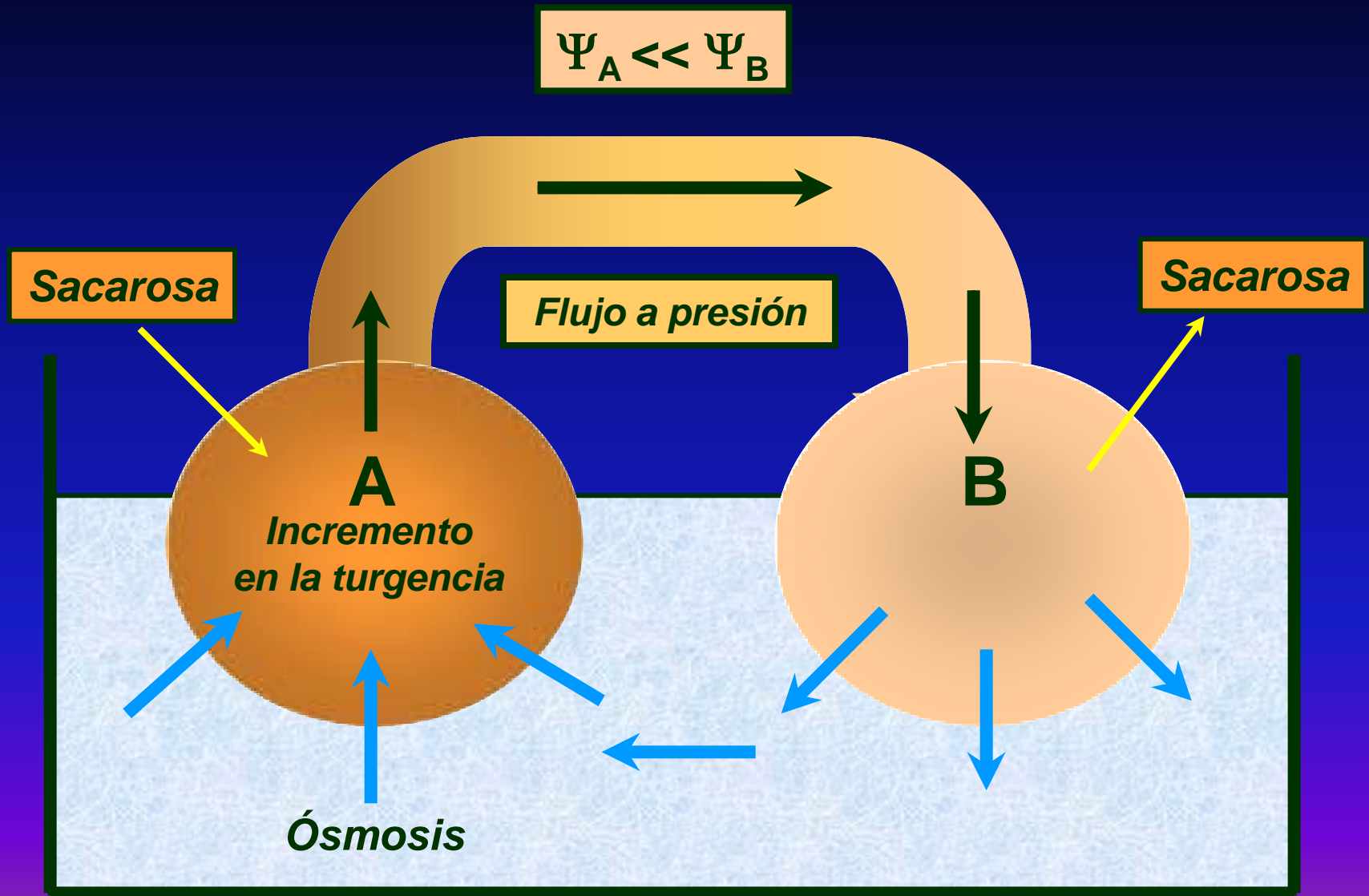
Descarga floemática

Células floemáticas
(elementos cribosos
y células acompañantes)

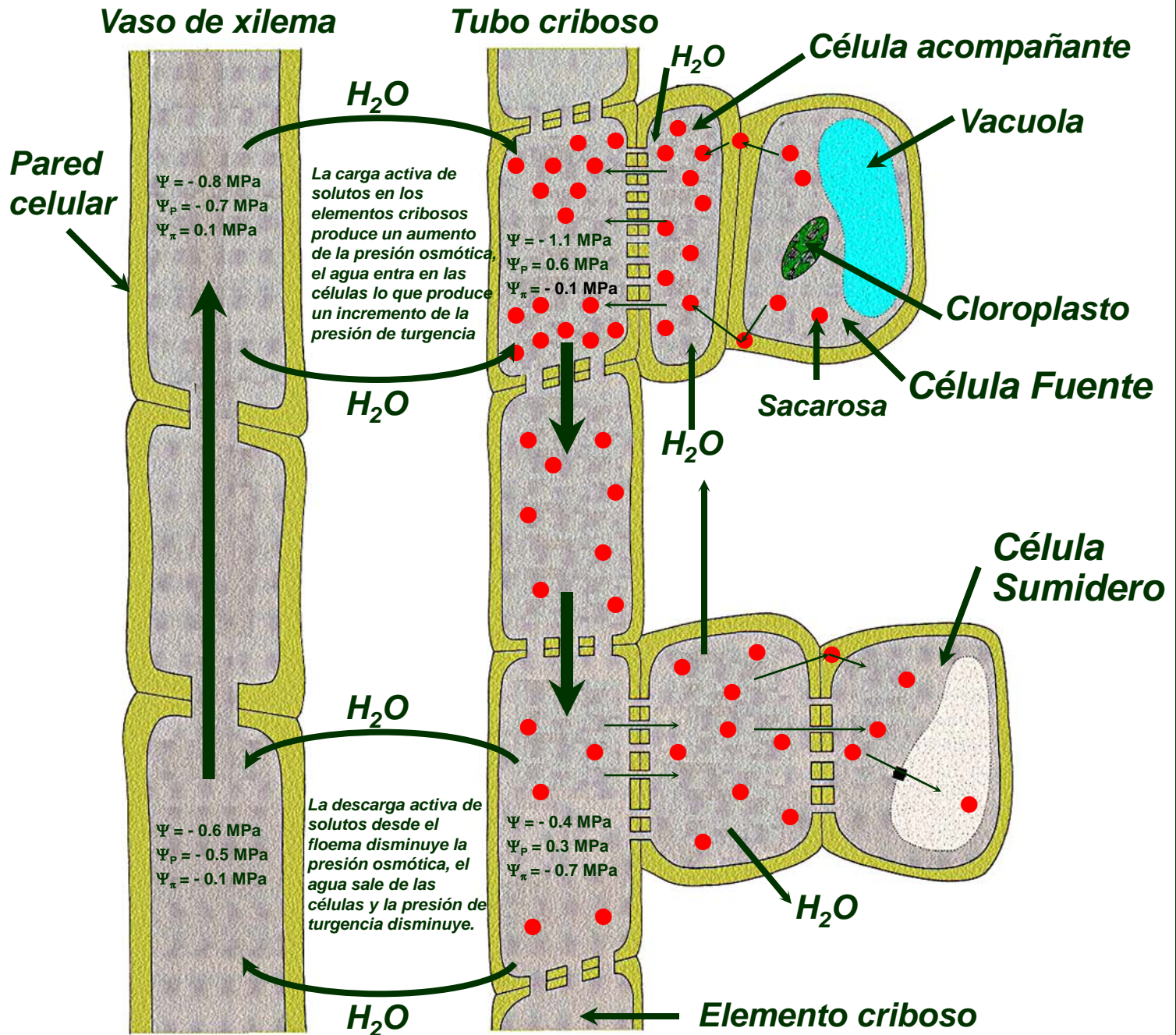


1. Descarga apoplástica con hidrólisis de la sacarosa por una invertasa de la pared (tallo de *Saccharum officinarum*)
2. Descarga apoplástica sin hidrólisis de la sacarosa (tallo de *Vicia faba*; *Beta vulgaris*).
3. Descarga apoplástica en sumideros consuntivos y de almacenamiento. Los azúcares son utilizados en los procesos metabólicos (4) o acumulados en las vacuolas (5).

Hipótesis de Münch del flujo a presión-1















Hipótesis de Münch del flujo a presión-2





Iconos

-  Diapositiva siguiente.
-  Diapositiva anterior.
-  Volver a la última diapositiva mostrada.
-  Ir a la última diapositiva del tema actual.
-  Ir a la primera diapositiva del tema actual.
-  Ir al índice general de temas de la Parte I y II
-  Ir al índice general del tema actual.
-  Información.
-  Activar video.
-  Hacer click con el ratón para continuar.
-  Hacer click sobre el icono para ver aumentado.
-  Ver fotografía.

