

9. BIOLOGÍA VEGETAL (13 horas)

Idea fundamental:

La estructura y la función están correlacionadas en el xilema de las plantas.

Presentación realizada a partir de la creada por Aureliano Fernández (IES Martínez Montañas de Sevilla)
<https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/>

*IES Santa Clara.
1ºBACHILLER
Dpto Biología y Geología.
<https://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/>*

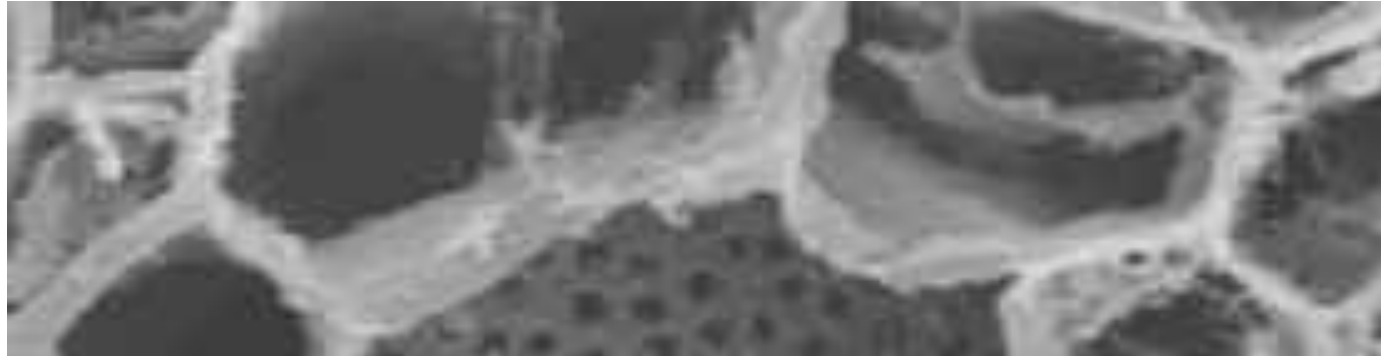
CONTENIDOS

9.1. TRANSPORTE EN EL XILEMA DE LAS PLANTAS.

9.2. TRANSPORTE EN EL FLOEMA DE LAS PLANTAS.

9.3. CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

9.4. REPRODUCCIÓN EN LAS PLANTAS.



9.1. TRANSPORTE EN EL FLOEMA DE LAS PLANTAS.



*IES Santa Clara.
1ºBACHILLER*

Dpto Biología y Geología.

<https://biologiageologiaiessantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/>

9.2. Transporte en el floema de las plantas.



Naturaleza de las ciencias

- Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: los métodos experimentales para la medición de las tasas de transporte por el floema a través de estiletes de áfidos y dióxido de carbono marcado radiactivamente solo fueron posibles una vez los radioisótopos estuvieron disponibles. (1.8).



Comprensión:

- Las plantas transportan compuestos orgánicos desde las estructuras de origen hasta las de destino.
- La incapacidad de compresión del agua permite su transporte a lo largo de gradientes de presión hidrostática.
- El transporte activo se emplea para acarrear los compuestos orgánicos en los tubos cribosos del floema en la estructura de origen.
- Las altas concentraciones de solutos en el floema en la estructura de origen causa la absorción de agua por ósmosis.
- La presión hidrostática provocada hace que el contenido del floema fluya hacia las estructuras de destino.



Aplicaciones

- Relaciones entre estructura y función de los tubos cribados del floema.



Habilidades

- Identificación del xilema y floema en imágenes de microscopio correspondientes a tallos y raíces.
- Análisis de datos de experimentatos de medición de las tasas de transporte en el floema a través de estiletes de áfidos y dióxido de carbono marcado radiactivamente.

Utilización:

- Vinculo con el tema 1.4: transporte de membrana.



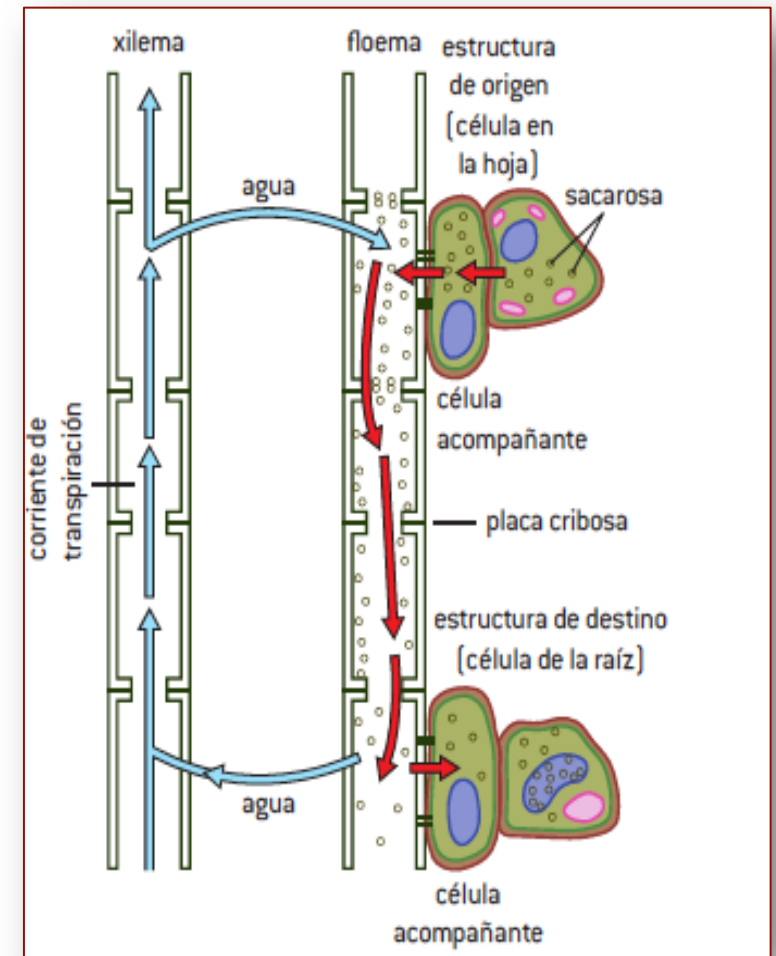
1. La translocación se produce desde las estructuras de origen hasta las de destino.

Término clave

Las plantas transportan compuestos orgánicos desde las estructuras de origen hasta las de destino.

- El floema es un tejido que se encuentra por **toda la planta**, (tallos, raíces y las hojas)
- Formado por **tubos cribosos**, que se componen de columnas de **células especializadas llamadas células cribosas**. Estas células están separadas entre sí por **paredes perforadas llamadas placas cribosas**. Las **células cribosas** están estrechamente asociadas a **células acompañantes**.
- El floema transporta compuestos orgánicos por toda la planta. El transporte de solutos orgánicos en una planta se denomina **TRANSLOCACIÓN**.

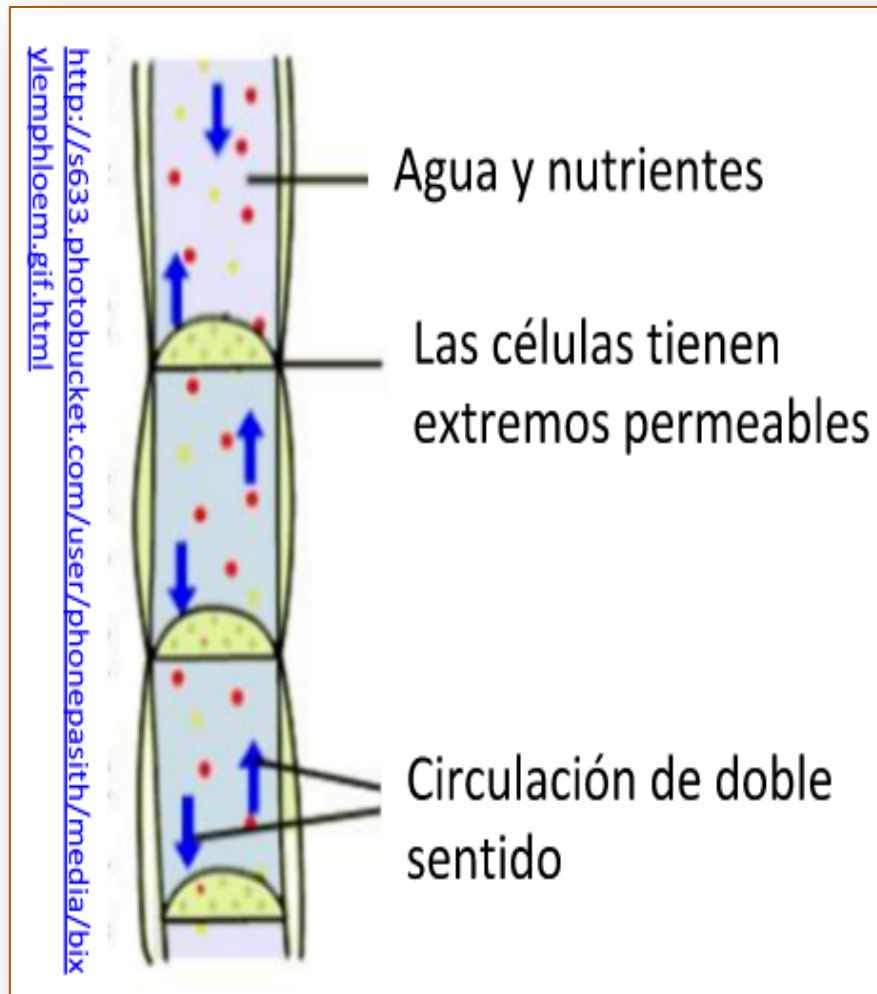
El floema conecta las partes de la planta que necesitan un suministro de azúcares y otros solutos, como aminoácidos, con otras partes que tienen un excedente.



TRANSLOCACIÓN = proceso mediante el cual el floema transporta los productos orgánicos de la fotosíntesis (azúcares) a través de la planta.

Angiospermas => el azúcar se mueve a través de los elementos cribosos, los cuales están organizados de extremo a extremo y perforados por las placas cribosas.

Contenido de la savia del floema: principalmente sacarosa (+ 30%), minerales, hormonas, aminoácidos, agua.



Transporte de la savia: desde una **fuente** (un órgano donde la planta se moviliza o fabrica) hasta un **sumidero** (órgano donde se usa o almacena). Este proceso puede ser ralentizado o parado por las altas temperaturas o inhibidores de la respiración.

Generalmente, las plantas por **difusión** transportan la sacarosa del floema al interior de las células, pero algunas lo realizan mediante **transporte activo** (gasto de energía).

Clasificación de las partes de la planta en estructuras de origen (donde se cargan azúcares y aminoácidos en el floema) y estructuras de destino (donde se descargan y usan los azúcares y aminoácidos) .

Estructuras de origen	Estructuras de destino
<p>Tejidos fotosintéticos:</p> <ul style="list-style-type: none">● Hojas verdes maduras● Tallos verdes <p>Órganos de almacenamiento que están descargando sus reservas:</p> <ul style="list-style-type: none">● Tejidos de almacenamiento en semillas que están germinando● Raíces pivotantes o tubérculos al comienzo del período de crecimiento	<p>Raíces que están creciendo o absorbiendo iones minerales, usando energía de la respiración celular</p> <p>Partes de la planta que están creciendo o creando reservas de alimentos:</p> <ul style="list-style-type: none">● Frutos en desarrollo● Semillas en desarrollo● Hojas en crecimiento● Raíces pivotantes o tubérculos en desarrollo

A veces las estructuras de destino se convierten en estructuras de origen, o viceversa.

Fuente = sitio de producción o almacén

Sumidero = destino/ lugar de uso

Azúcares

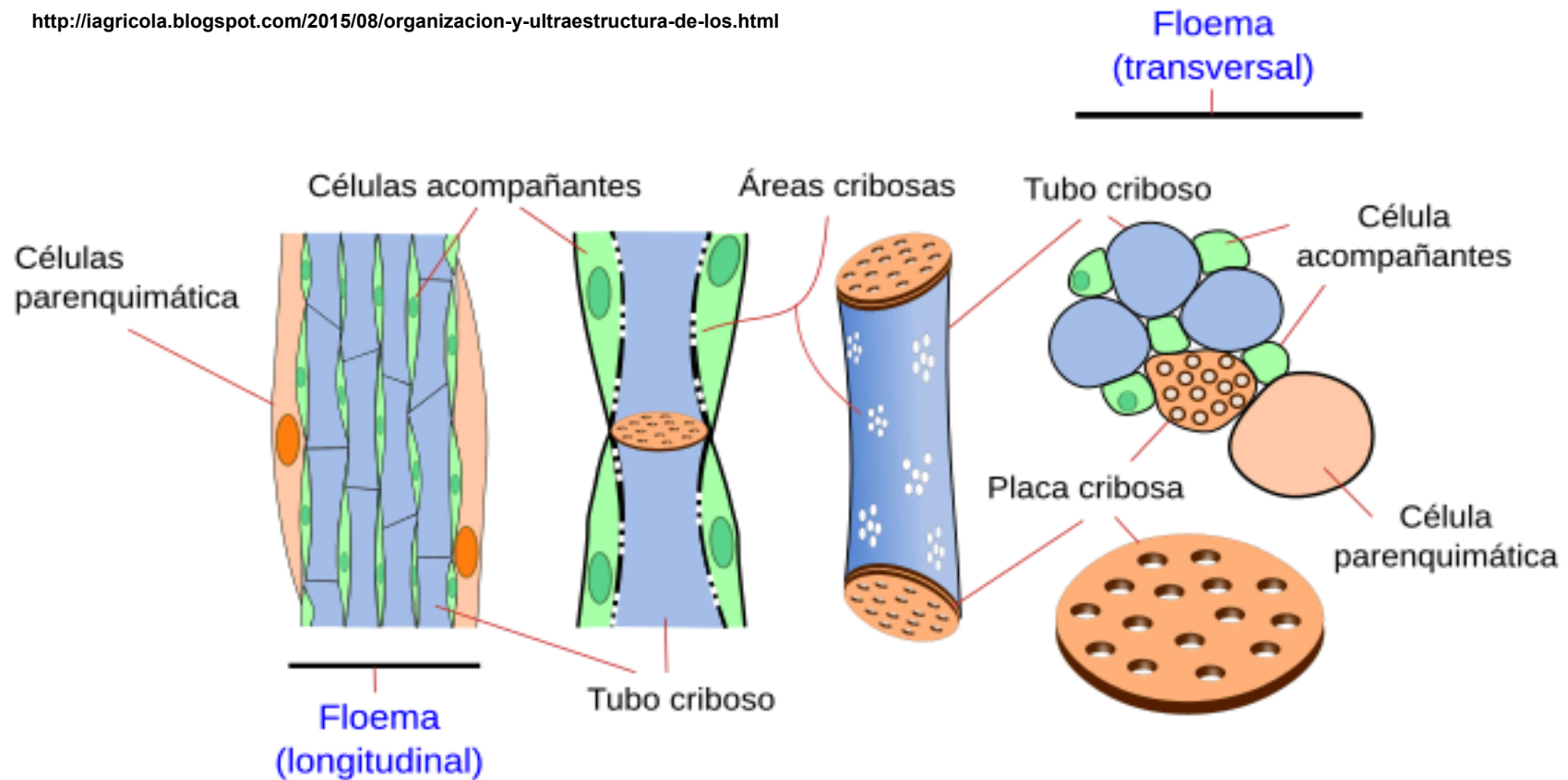
Fuentes: *hojas y tallos verdes; tejidos de almacenamiento en semillas*

Sumideros: *raíces y tallos en crecimiento; raíces absorbiendo iones minerales; producción de frutos u otro almacén energético; floración y reproducción*

Aminoácidos

Fuentes: *raíces, tubérculos, rizomas; almacén en semillas en germinación.*

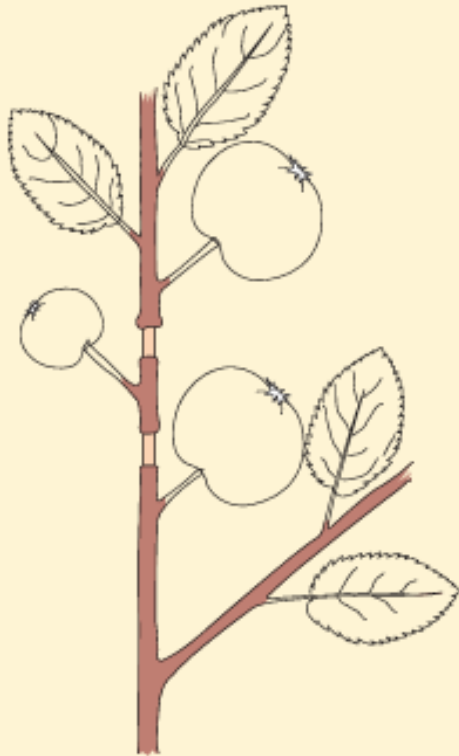
Sumideros: *raíces y tallos en crecimiento; desarrollo de hojas y frutos; floración y reproducción*



A veces las estructuras de destino se convierten en estructuras de origen, o viceversa. Por esta razón, **los tubos del floema deben ser capaces de transportar productos bioquímicos en cualquier dirección** y, a diferencia del sistema sanguíneo de los animales, en el floema no hay válvulas ni una bomba central. Sin embargo, existen semejanzas entre el transporte en el floema y en los vasos sanguíneos: en ambos sistemas un **líquido fluye por tubos debido a gradientes de presión**. Para generar **la presión se necesita energía**, por lo que **la circulación de la sangre y el movimiento de la savia del floema son ambos procesos activos**.

Actividad

- 1 Indica qué estructuras de origen y estructuras de destino están en esta parte del manzano. [2]
- 2 a) Compara los tamaños de las manzanas. [2]
b) Explica las conclusiones que pueden extraerse de los tamaños de las manzanas. [4]



▲ Figura 2 Resultados del experimento de extracción de anillos del manzano

¿QUÉ ESTÁ OCURRIENDO EN ESTE EXPERIMENTO?

La figura 2 muestra Resultados de un experimento sencillo en el cual se extrajeron dos anillos de la corteza de un manzano. La corteza contiene el tejido del floema. Los efectos sobre el crecimiento de la manzana son evidentes.

TEJIDOS CONDUCTORES. SISTEMAS VASCULARES.

SISTEMA VASCULAR

XILEMA

FUNCIÓN

Conduce el agua y los nutrientes minerales desde las raíces al resto de órganos.

SUS CÉLULAS

Son alargadas, de paredes lignificadas gruesas. Cuando son maduras pierden su citoplasma y mueren.

TRÁQUEAS O ELEMENTOS DEL VASO



Microfotografía óptica de corte transversal de xilema (X 440).

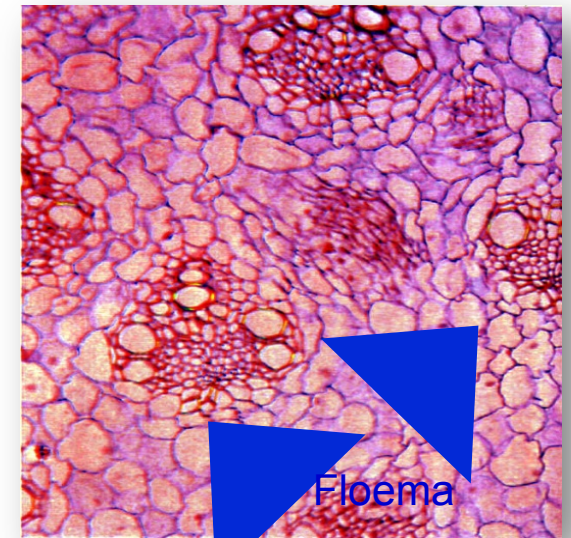
FLOEMA

FUNCIÓN

Conduce la savia elaborada desde los órganos fotosintéticos al resto de la planta.

SUS CÉLULAS

Están vivas y presentan áreas cribosas con poros que comunican sus citoplasmas.



Microfotografía óptica de la sección transversal del tejido vascular (X 380).

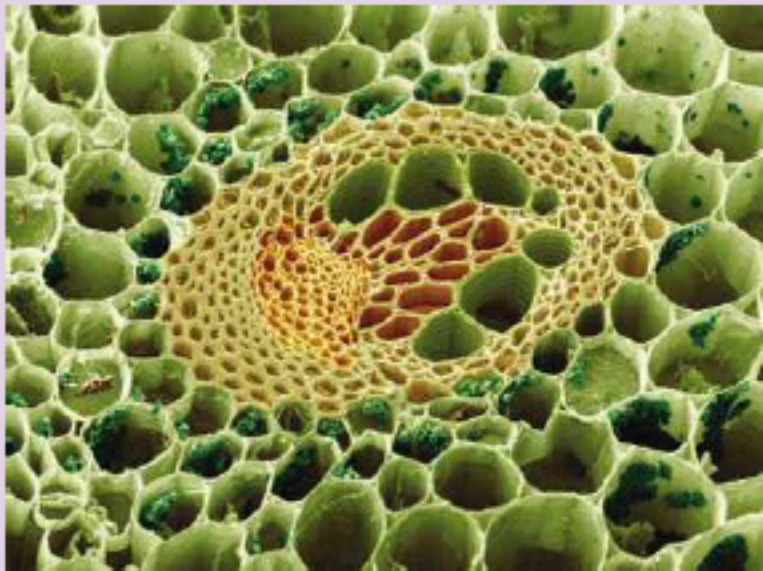
ELEMENTOS DE LOS TUBOS CRIBOSOS



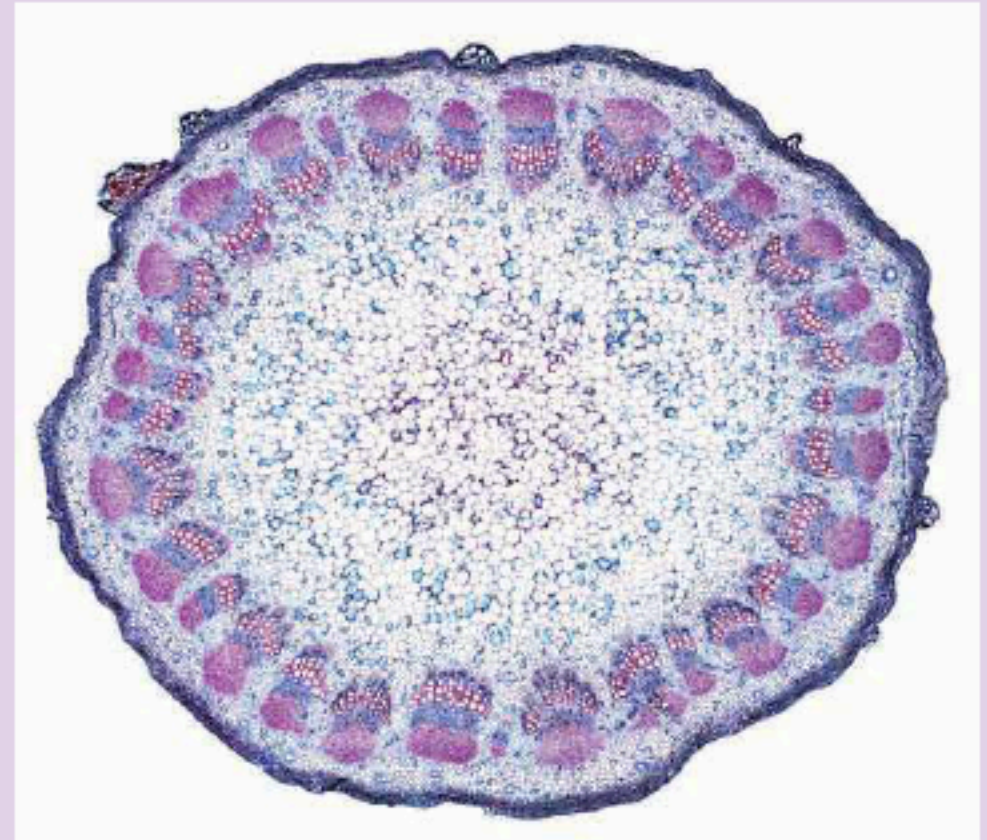
Identificación del xilema y el floema en micrografías de luz

Identificación del xilema y del floema en imágenes de microscopio correspondientes a tallos y raíces

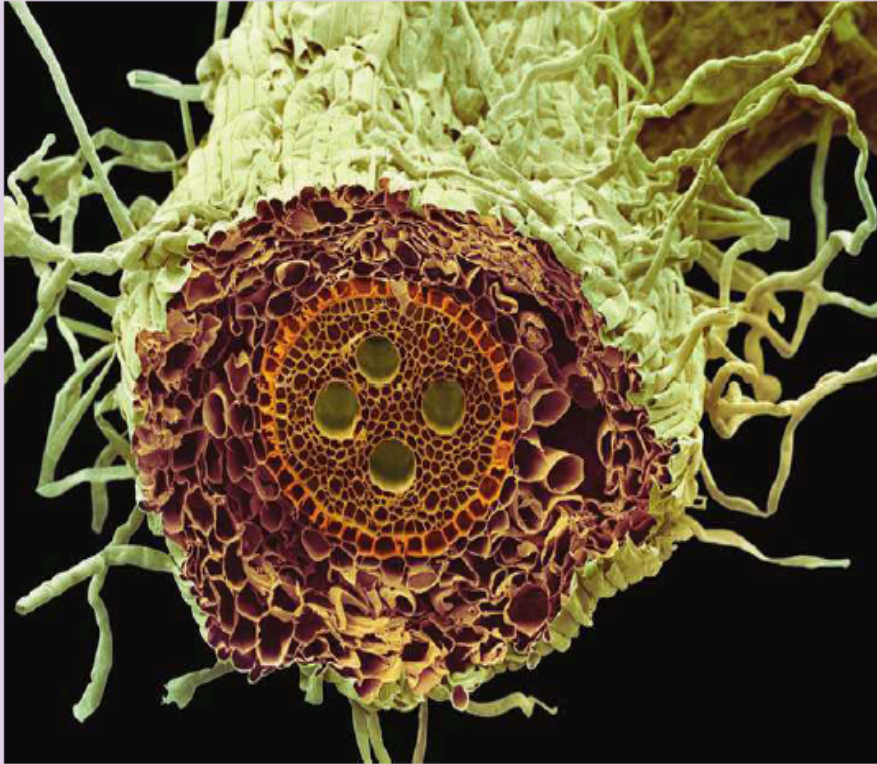
Las células del xilema son generalmente más grandes que las células del floema. En un haz vascular, las células del floema tienden a estar más cerca del exterior de la planta en los tallos y las raíces.



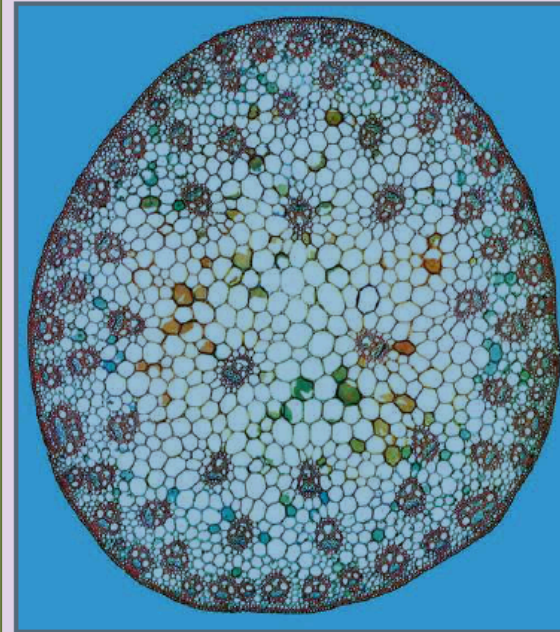
▲ Figura 15 Tallo de ranúnculo (*Ranunculus repens*). Micrografía electrónica de barrido coloreada de un corte transversal de parte del tallo de un ranúnculo, que muestra un haz vascular. Es un tallo típico de dicotiledónea. En el centro hay un haz vascular ovalado incrustado en las células del parénquima cortical del tallo. Algunas células tienen cloroplastos [verde]. El haz vascular contiene grandes vasos de xilema [centro derecha] que sirven para transportar agua; el floema [naranja] transporta nutrientes.



▲ Figura 16 Micrografía de luz de un corte transversal del tallo de un girasol (*Helianthus annuus*)



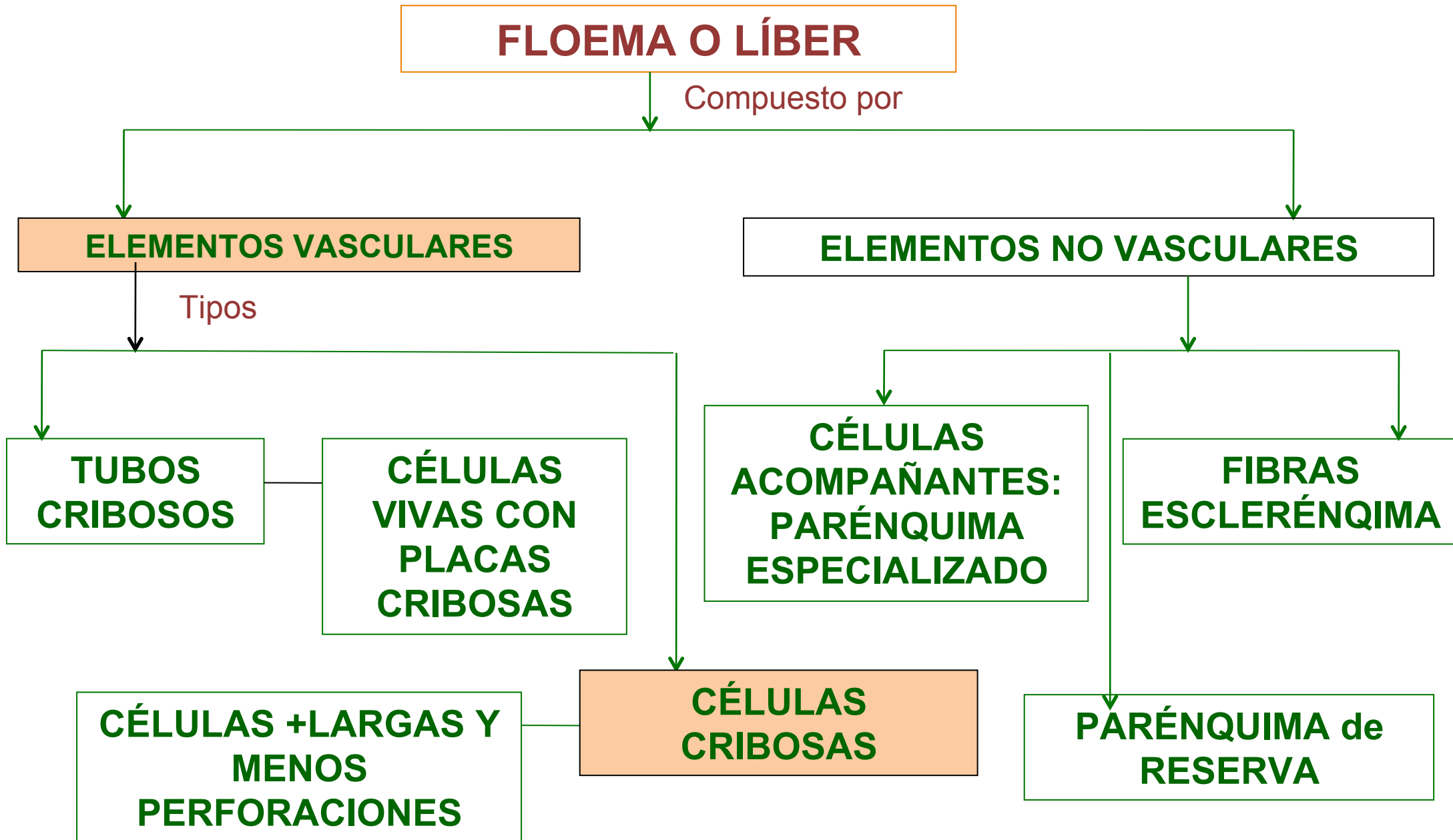
▲ Figura 17 Micrografía electrónica de barrido coloreada de un corte transversal de una raicilla de una planta dicotiledónea. El haz vascular se compone de tejidos del xilema (cuatro círculos amarillos, en el centro) y del floema (beige). El xilema transporta agua y nutrientes minerales desde las raíces a toda la planta y el floema transporta glúcidos y hormonas vegetales alrededor de la planta. Rodeando el haz vascular hay una sola capa de endodermis (naranja) y después el parénquima cortical (marrón). La capa más externa (crema) es la epidermis.



▲ Figura 18 Micrografía de luz de una sección transversal del tallo de una planta de maíz (*Zea mays*). Pueden verse haces vasculares (racimos coloreados) que contienen tejidos del xilema (círculos más grandes, en rojo/negro) y del floema (círculos más pequeños, en azul claro).

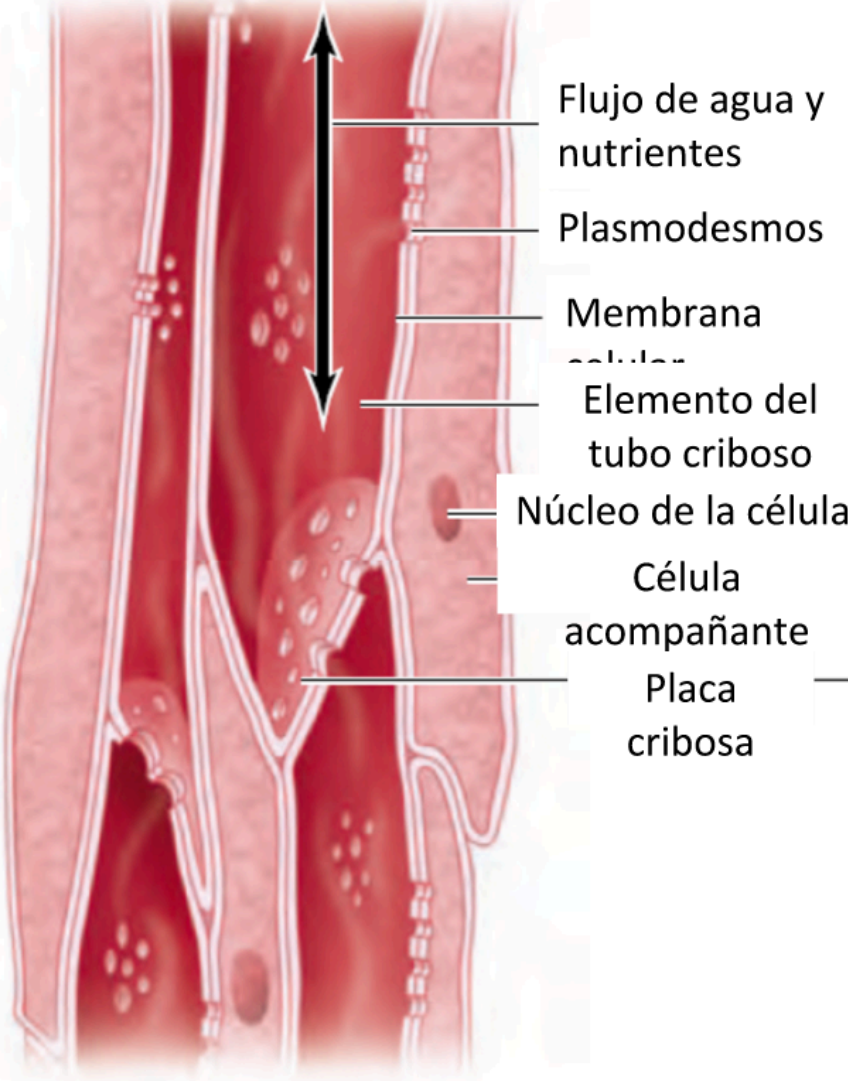


2. Elementos del floema.



Elementos del floema

Tubo criboso (células vivas sin núcleo)



a.



b.

2 μ m

Estructura y características del floema

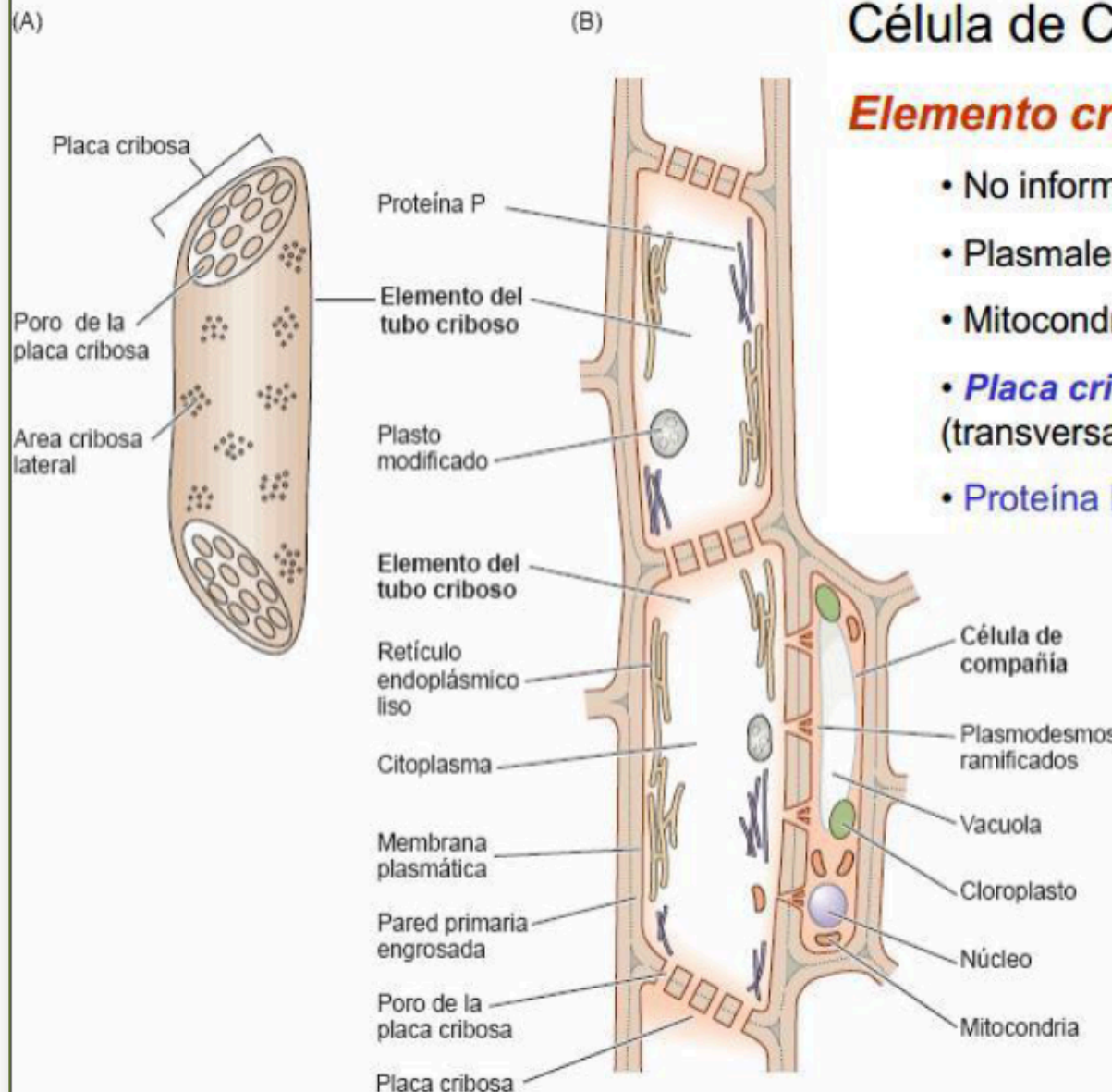
Unidad funcional: Elemento Criboso- Célula de Compañía

Elemento criboso (EC):

- No información genética, no ribosomas
- Plasmalema
- Mitocondrias, plastos modificados. REL
- **Placa cribosa**: perforaciones de la PC (transversales): unir ECs
- **Proteína P** (Angiosp) → sellar EC dañados

Célula de compañía (CC)

- Todos los orgánulos
- Unidas al EC vía plasmodesmos: ensanchadas por el lado del EC y con varias ramificaciones por el lado de la CC



Tomado de: Taiz & Zeiger 2006. Fisiología Vegetal. Col lecció Ciències experimentals. Universitat Jaume I

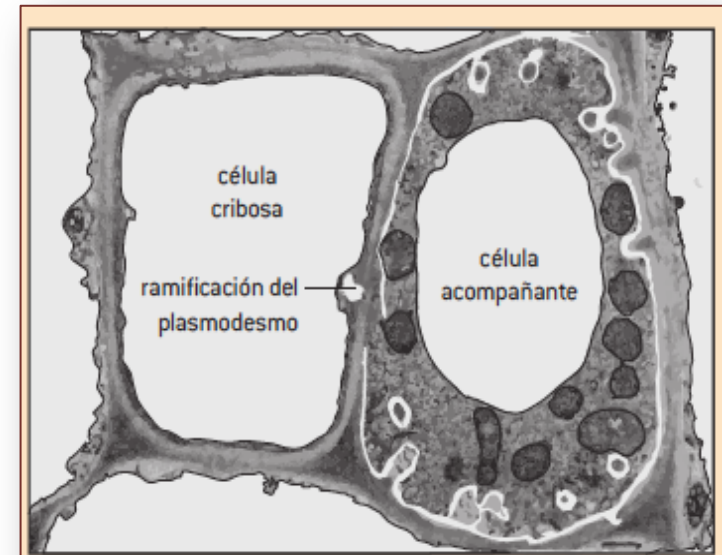
Tubos cribosos del floema

Relaciones entre estructura y función de los tubos cribosos del floema

Las **funciones del floema** incluyen la carga de glúcidos, el transporte de glúcidos a veces a largas distancias y la descarga de los glúcidos en las estructuras de destino.

El **floema se compone** de tubos cribosos. Los tubos cribosos se componen de columnas de células especializadas llamadas células cribosas. A diferencia de los elementos vasculares del xilema, los elementos de los tubos cribosos están vivos, aunque tienen un citoplasma reducido y carecen de núcleo. Una razón por la cual las células cribosas tienen que estar vivas es que dependen de la membrana para mantener la concentración de sacarosa y de otras moléculas orgánicas que se ha acumulado por transporte activo.

Las células cribosas están estrechamente asociadas a células acompañantes, en parte porque comparten la misma célula parental. Las células acompañantes realizan muchas de las funciones genéticas y metabólicas de las células cribosas y mantienen la viabilidad de estas células. La figura 6 muestra la gran cantidad de mitocondrias que tiene la célula acompañante, que facilitan el transporte activo de la sacarosa. Los pliegues de la membrana plasmática de la célula acompañante que se ven en la figura aumentan la capacidad de carga del floema en la ruta apoplástica. Los plasmodesmos conectan el citoplasma de las células acompañantes con



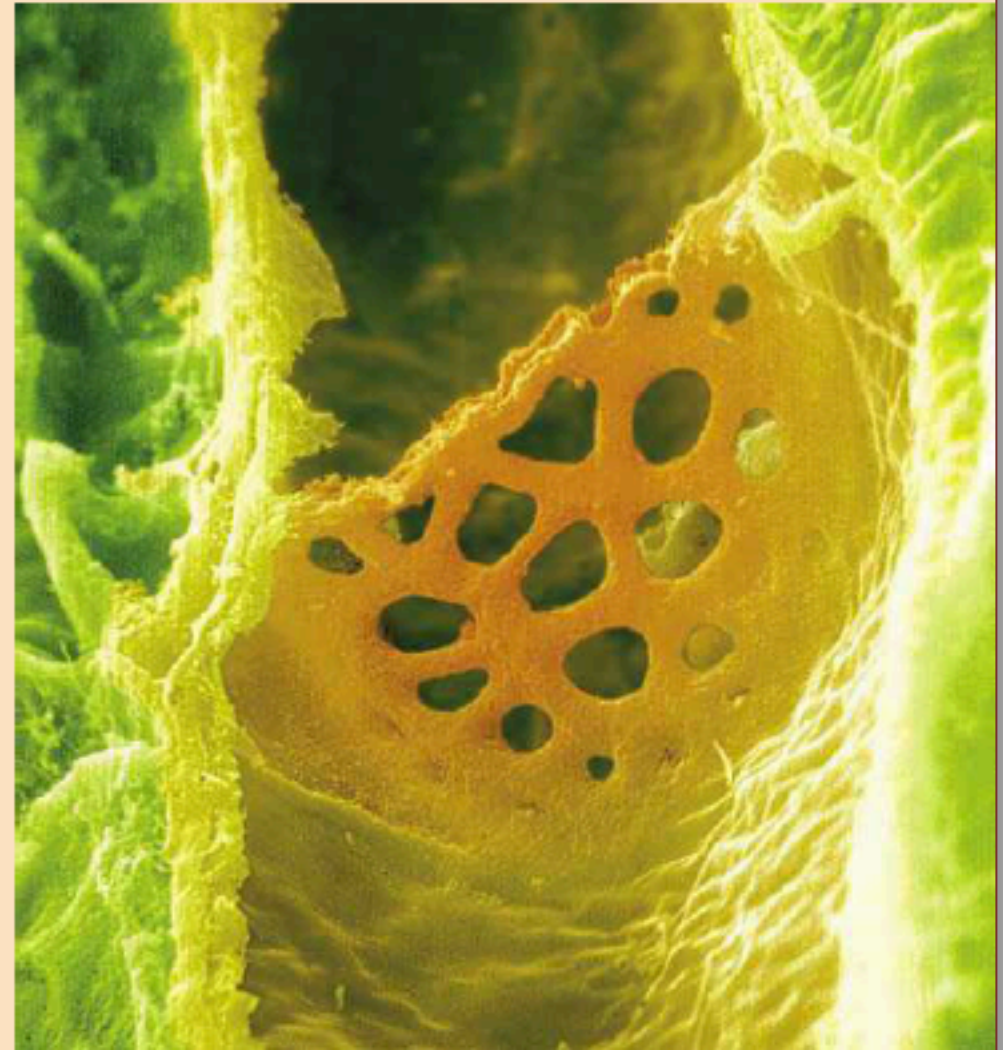
▲ Figura 6

las células cribosas y tienen un diámetro mayor que el de los plasmodesmos de otras partes de la planta para facilitar la circulación de oligosacáridos y elementos genéticos entre las dos células.

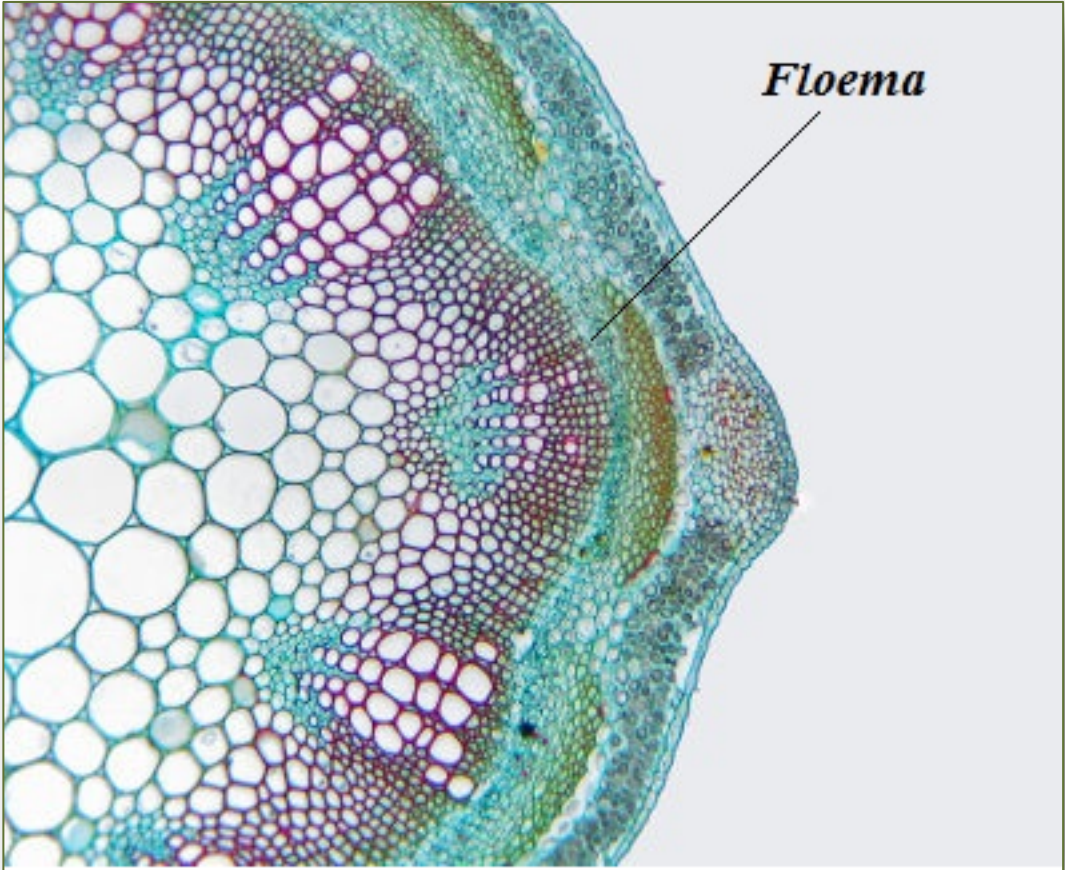
La acumulación de sacarosa en el par formado por el tubo criboso y la célula acompañante requiere que haya proteínas de transporte activo o actividad enzimática en las células acompañantes para producir los oligosacáridos.

La rigidez de las paredes de la célula cribosa permite establecer la presión necesaria para lograr el flujo de la savia del floema en la célula cribosa.

La figura 7 muestra la separación entre células cribosas por unas paredes perforadas llamadas placas cribosas, que son restos de las paredes celulares que separaron las células. Las placas cribosas, en combinación con el citoplasma reducido, comportan una resistencia menor al flujo de la savia del floema.

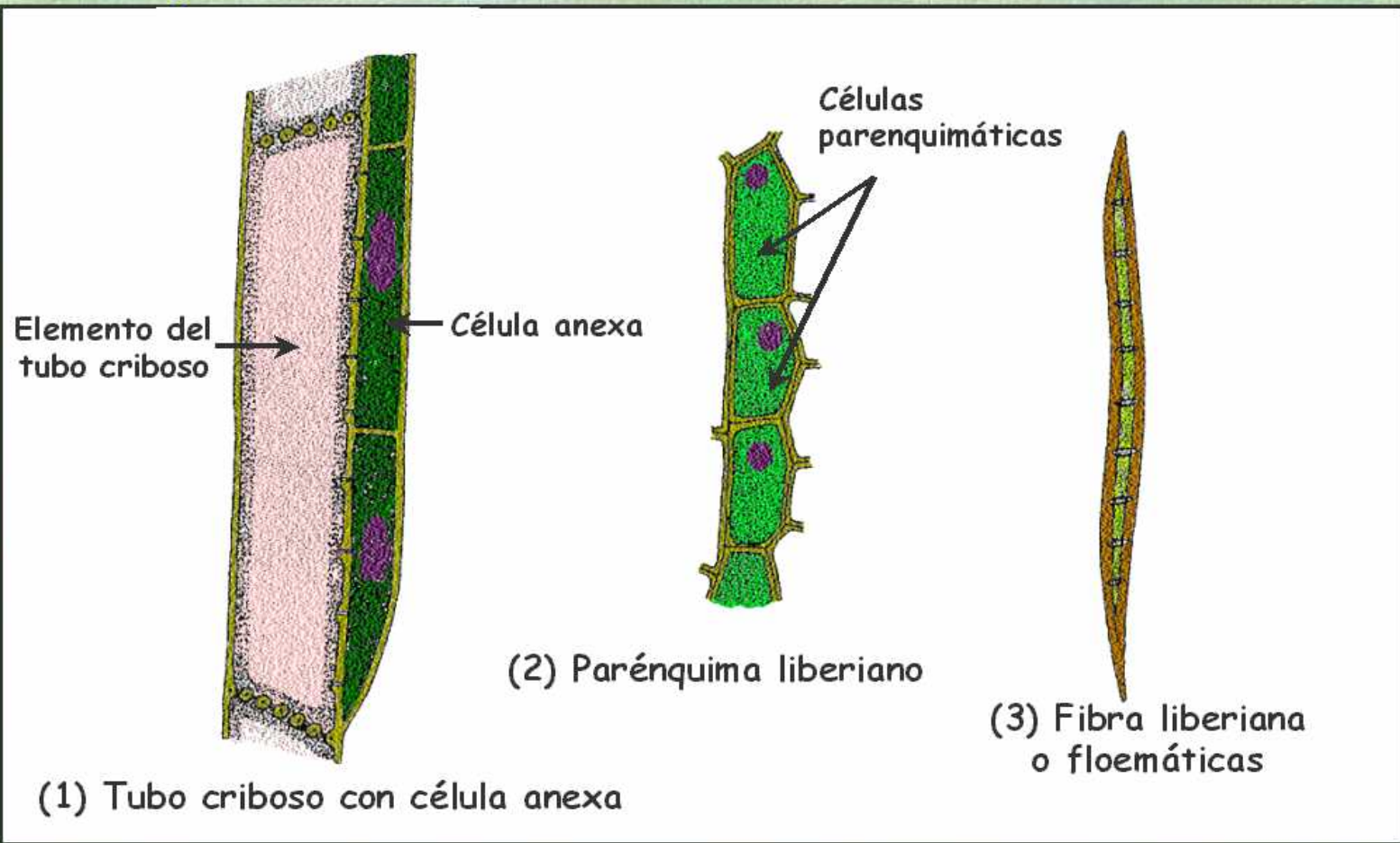


▲ Figura 7



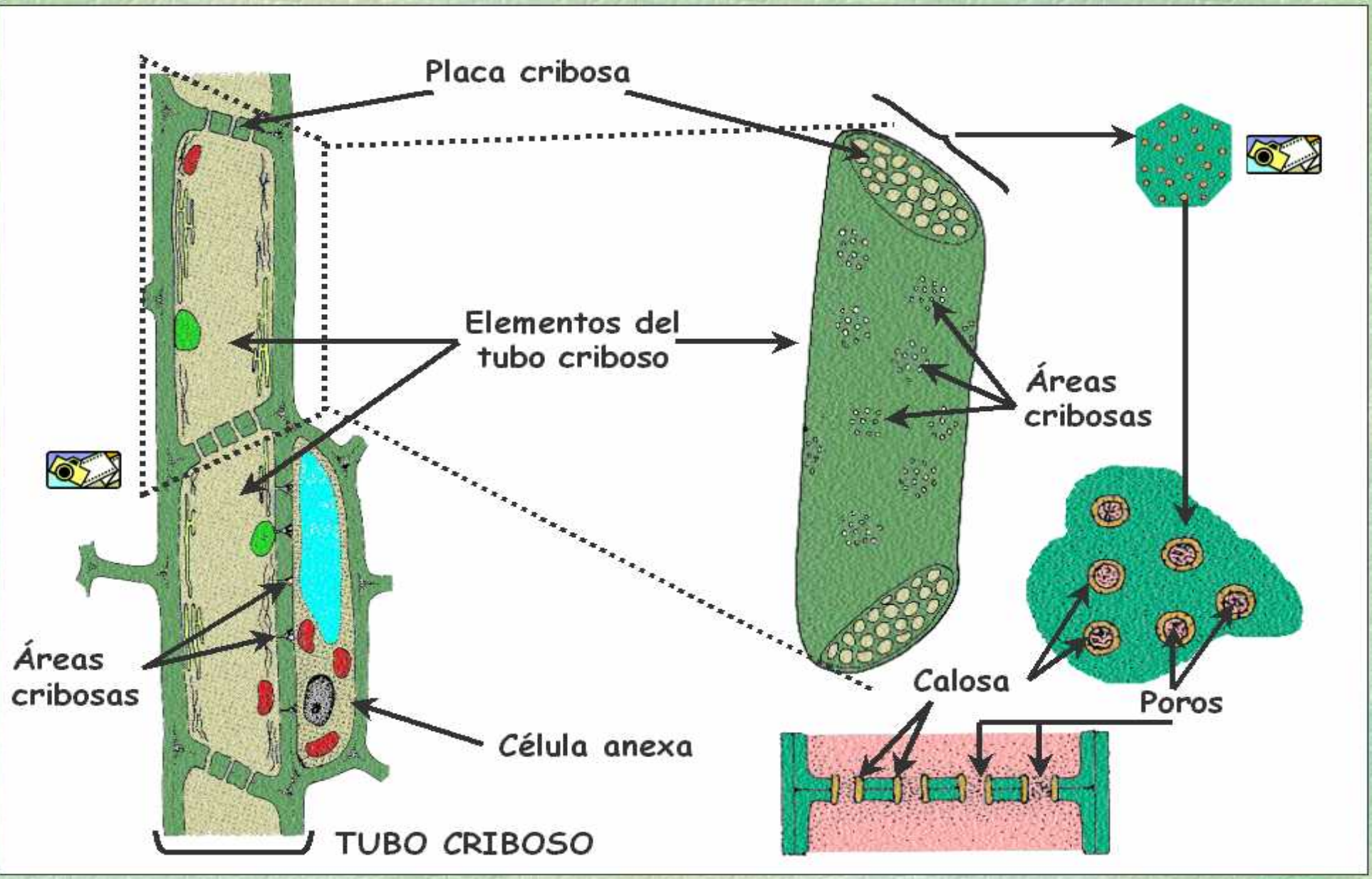
Floema

Tipos celulares del floema



Distribuye la savia elaborada desde los órganos fotosintéticos al resto de la planta y está formado por células vivas denominadas tubos cribosos

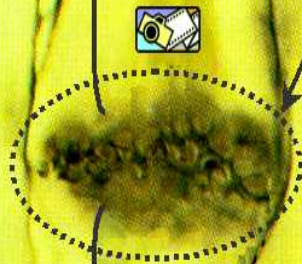
Los Tubos Cribosos



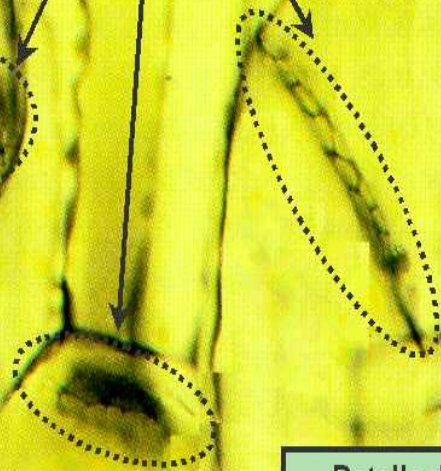
Los Tubos Cribosos

Elemento del tubo criboso

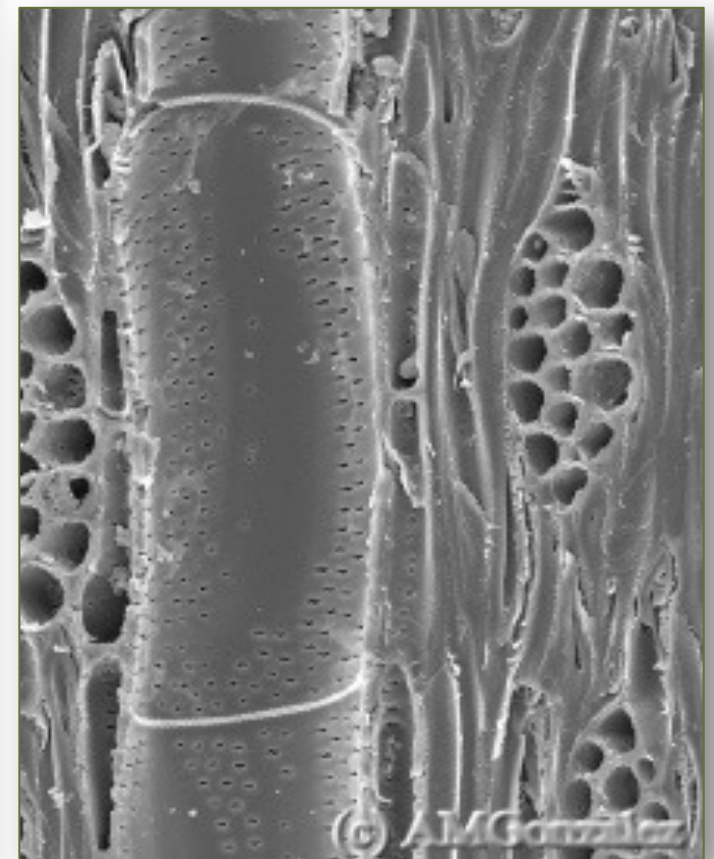
Placas cribosas



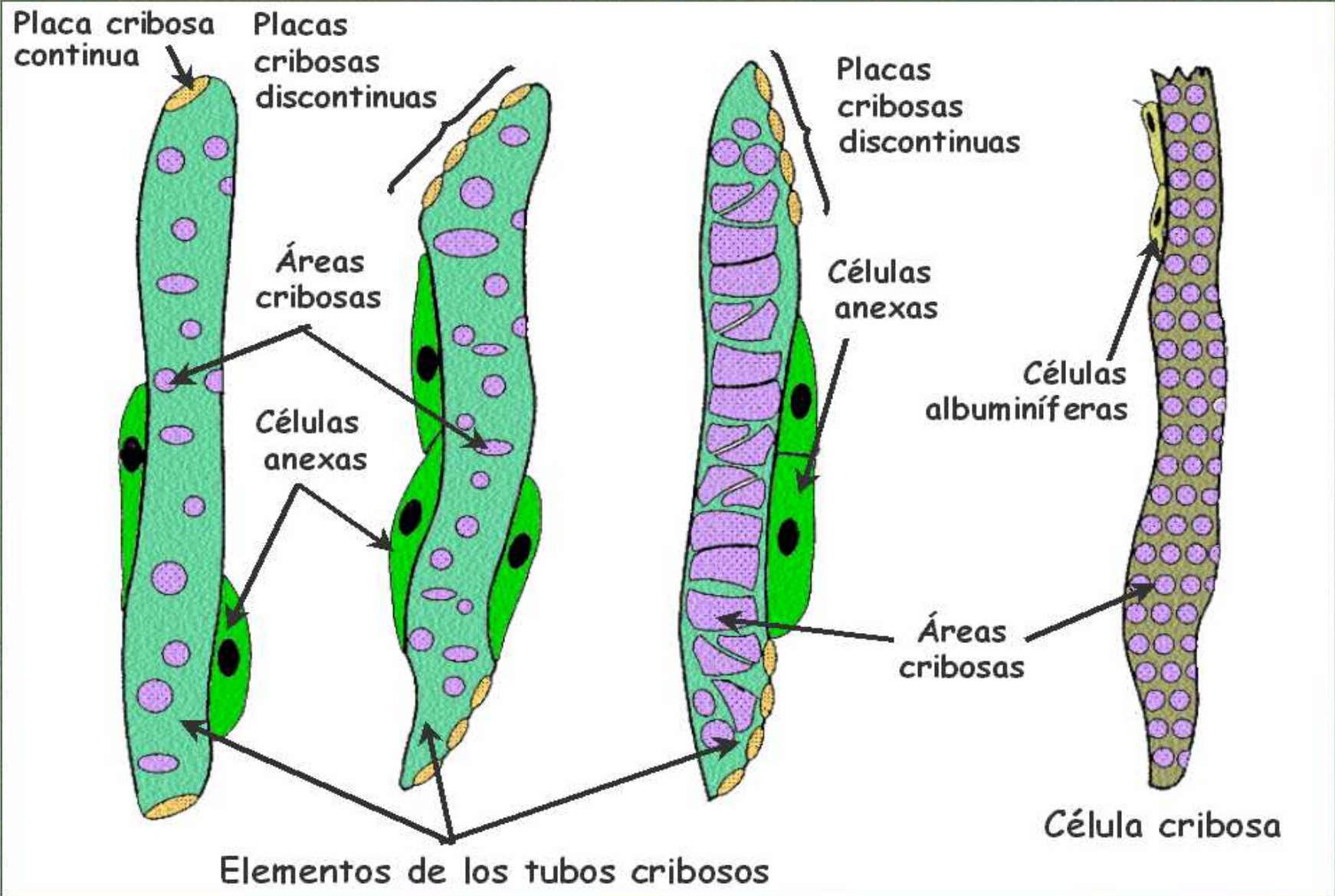
Elemento del tubo criboso



Detalle de varios elementos de los tubos cribosos mostrando las placas cribosas

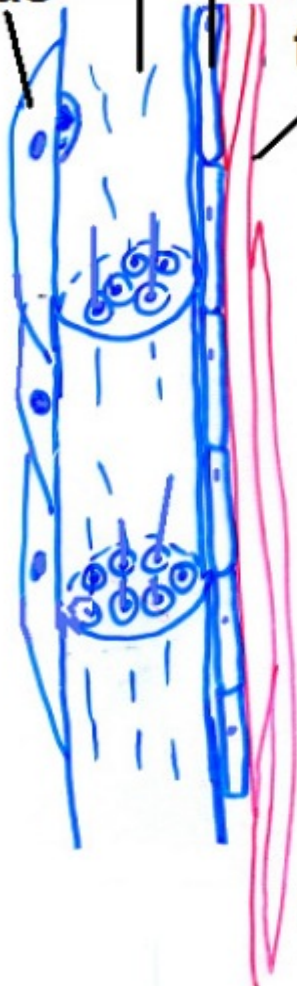


Células Vasculares del Floema



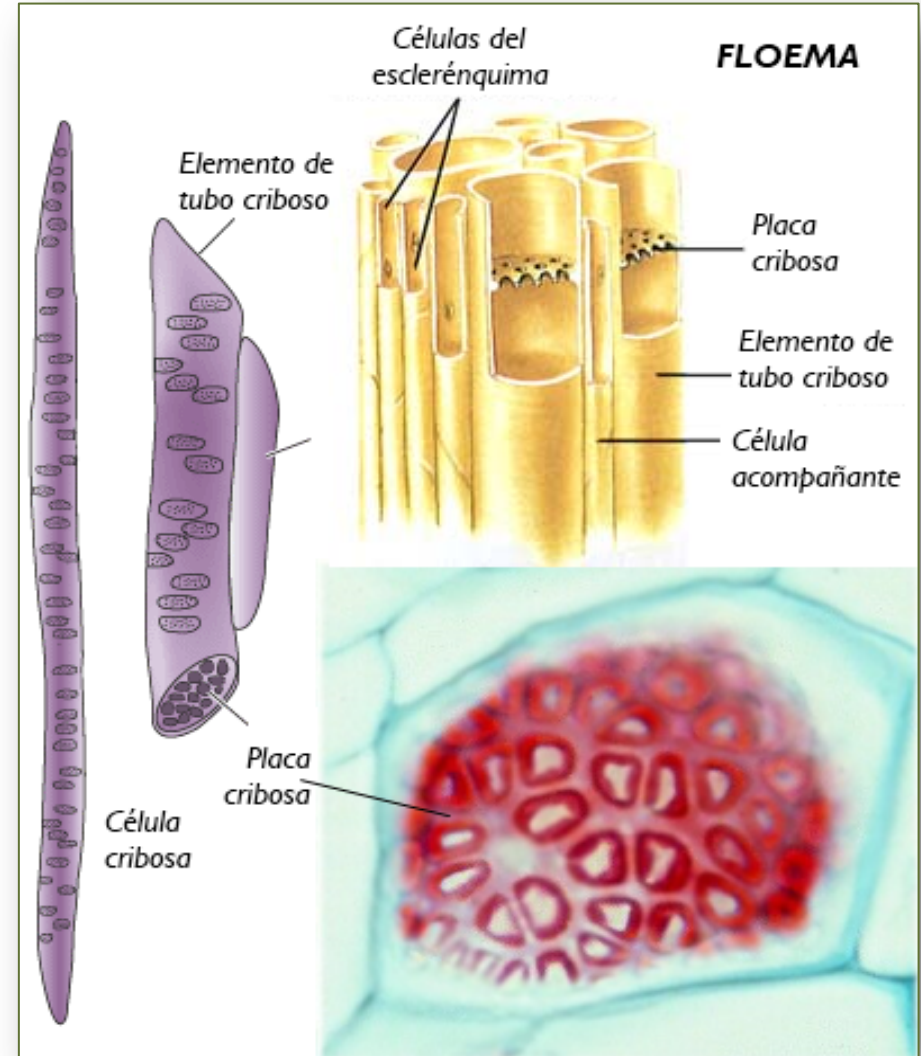
FLOEMA

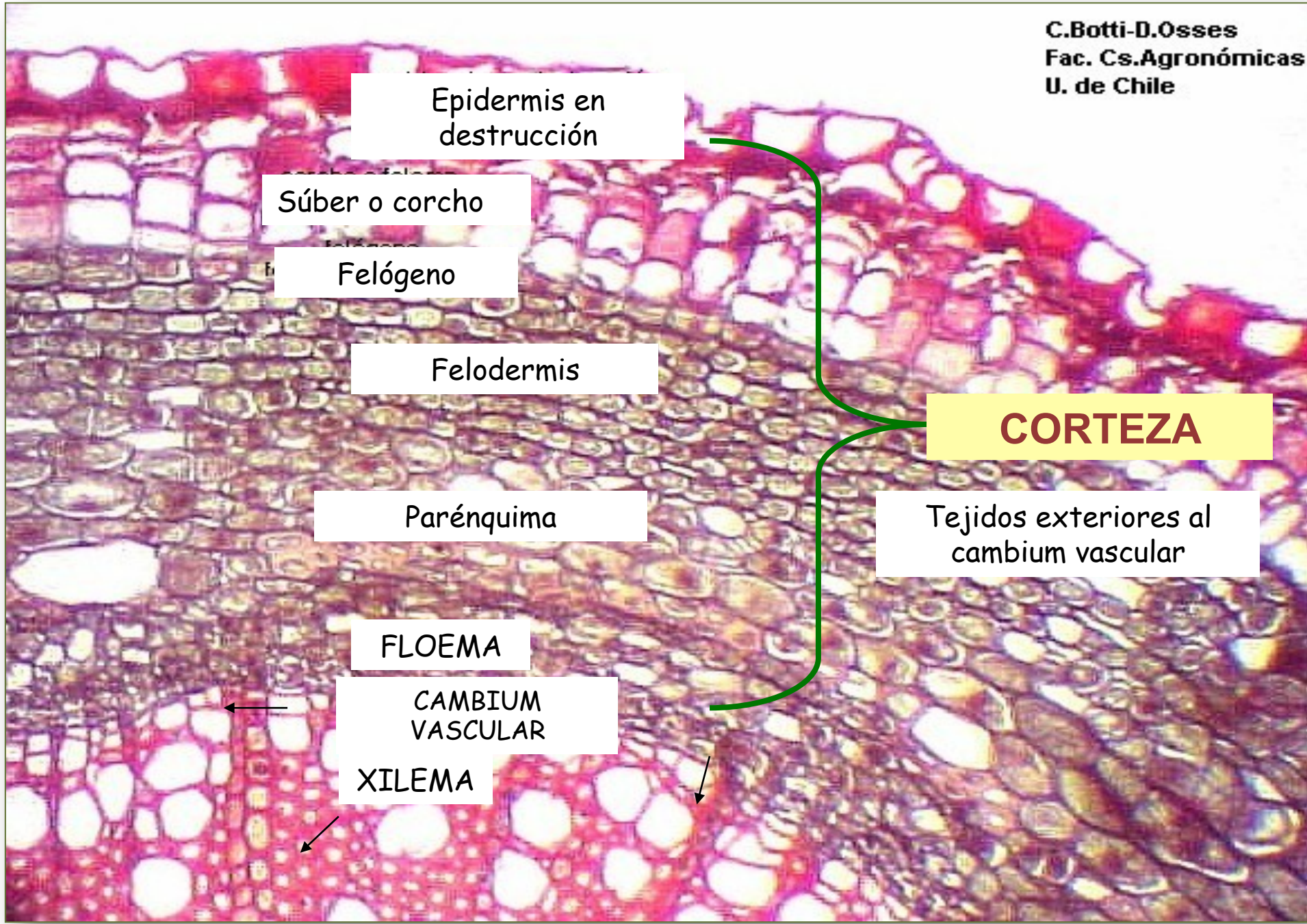
tubo criboso
células
anexas
parénquima
del liber
fibras liberianas



AMA

FLOEMA





Epidermis en destrucción

Súber o corcho

Felógeno

Felodermis

Parénquima

CORTEZA

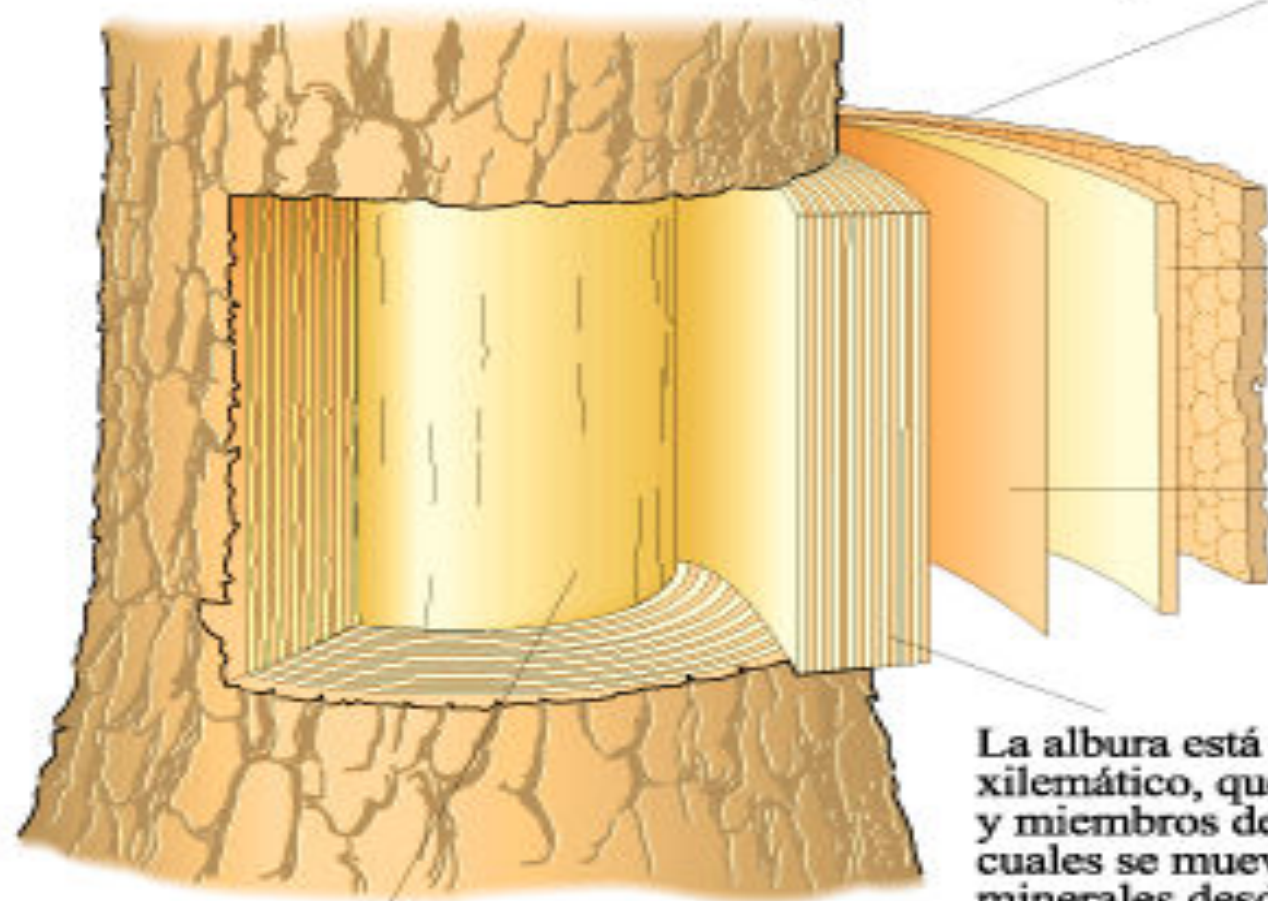
Tejidos exteriores al cambium vascular

FLOEMA

CAMBIUM VASCULAR

XILEMA

El corcho es un tejido muerto que protege los tejidos interiores de la desecación, del daño mecánico y de los insectos y otros herbívoros. El corcho, el cambio suberoso y el floema juntos constituyen la corteza del tronco.



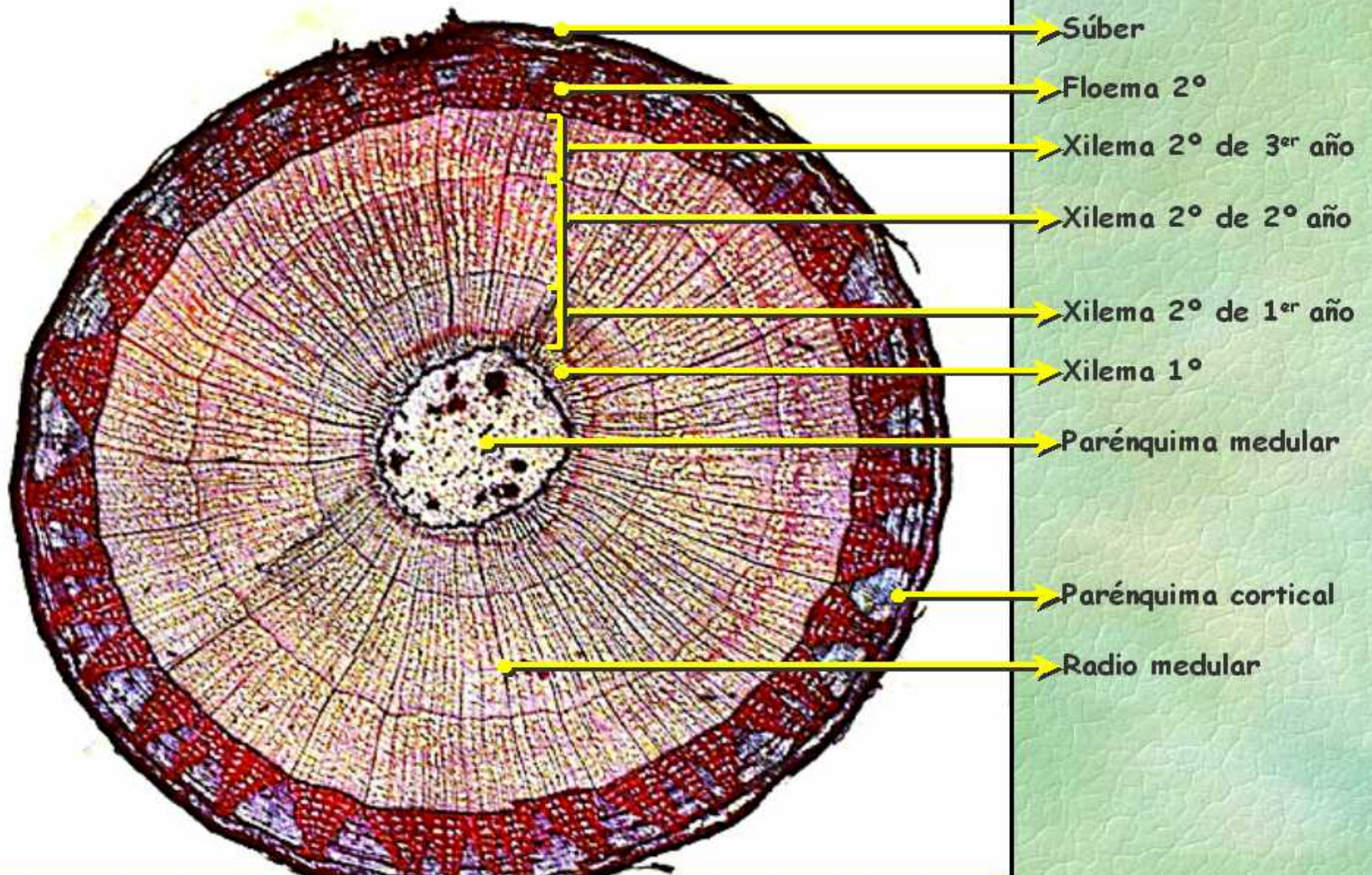
El floema conduce los azúcares producidos por fotosíntesis a las raíces y a otras partes vivientes no fotosintéticas de la planta.

El cambio vascular produce xilema secundario y floema secundario.

La albura está constituida por tejido xilemático, que contiene las traqueidas y miembros del vaso, a través de los cuales se mueven el agua y los minerales desde el suelo a las hojas y a otras partes vivientes del árbol. Cuando mueren las células parenquimáticas vivas del xilema, la albura se transforma en duramen.

El duramen, compuesto enteramente de células muertas, es la columna central de soporte del árbol adulto.

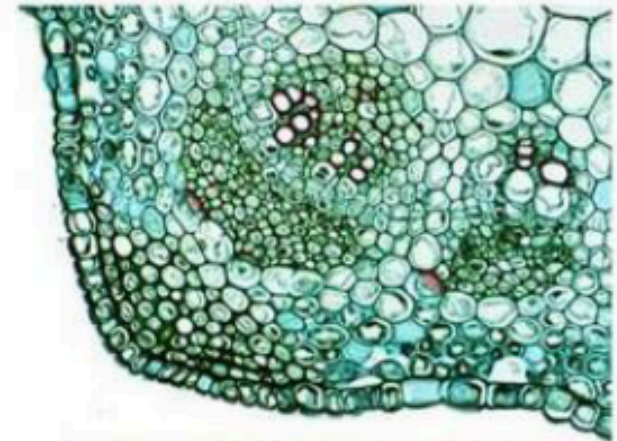
Anillos de crecimiento



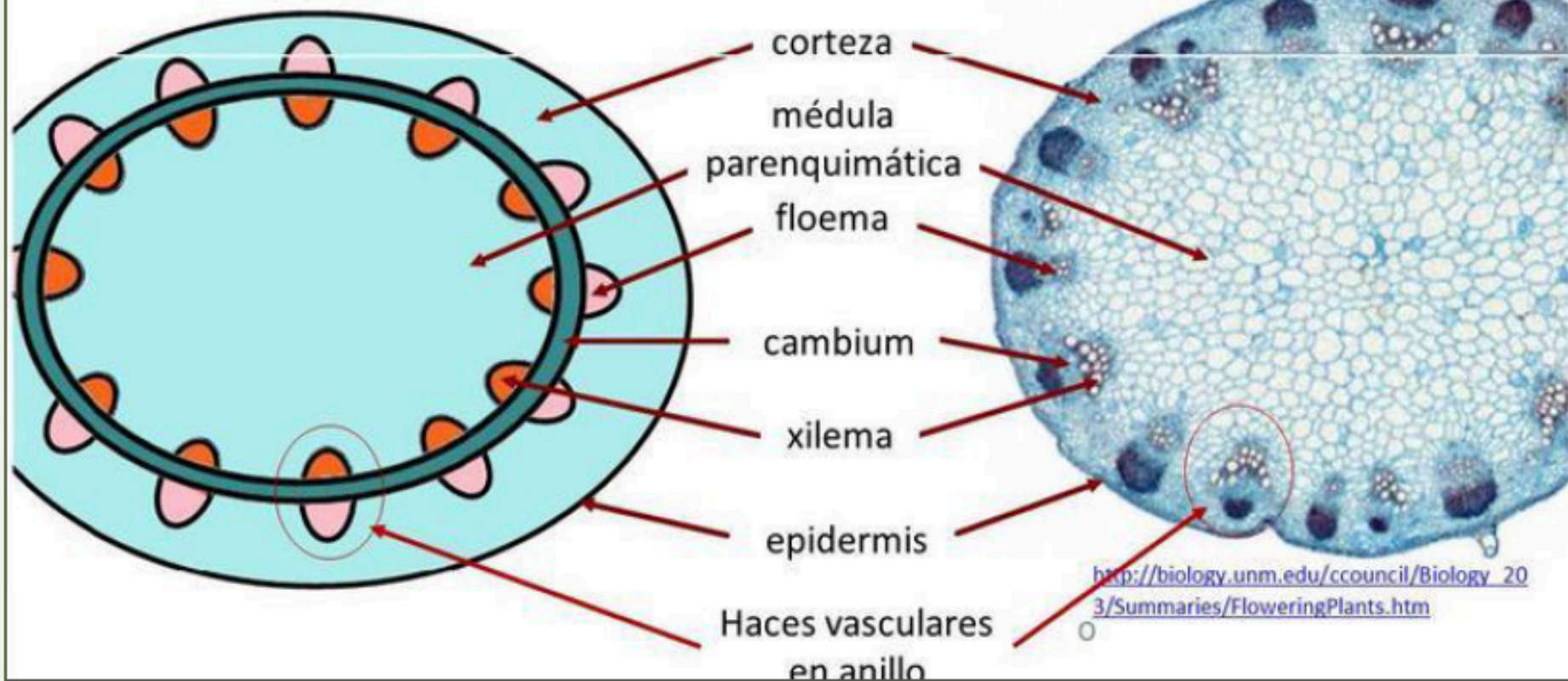
Sección transversal de un tallo de tilo (*Tilia americana*) de 3 años de edad.

Diagrama de distribución de tejidos: Tallo primario de dicotiledónea

Un diagrama de baja resolución es simplemente un mapa de dónde se encuentran los distintos tipos de tejidos. ¡No es necesario dibujar células individuales!



http://www.uri.edu/cels/bio/plant_anatomy/33.html



Actividad

Análisis de micrografías electrónicas de los tejidos del floema

- 1 En la micrografía electrónica de la figura 8, identifica las siguientes partes:
 - (i) Células cribosas
 - (ii) La placa cribosa
 - (iii) La célula acompañante
 - (iv) Plástidos con gránulos de almidón dentro de la célula cribosa
 - (v) El plasmodesmo
 - (vi) El citoplasma de la célula cribosa
 - (vii) Las mitocondrias dentro de la célula acompañante
- 2 Si la barra de escala de la figura representa $5\ \mu\text{m}$, estima la anchura de la célula cribosa cercana a la placa cribosa.
- 3 Sugiere qué prueba hay en la micrografía de que la célula cribosa está viva.



▲ Figura 8

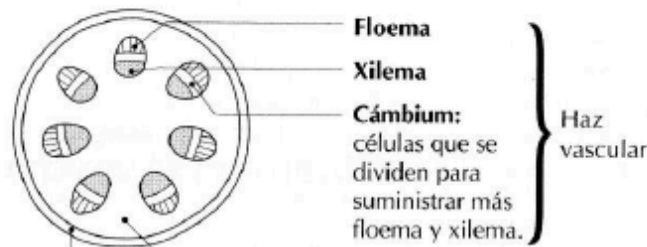
MECANISMO DE TRANSPORTE

- 1. Carga de floema. Células mesófilo a tubos. Corta distancia.**
- 2. Transporte a larga distancia. Lumen vasos del floema.**
- 3. Descarga floema. Fotosintatos pasan de los tubos a las células del sumidero.**

Los sistemas de transporte en las plantas

mueven sustancias vitales de las **fuentes** (lugares de entrada o fabricación) a los **sumideros** (lugares de producción o almacenamiento).

TALLO: la posición de los haces vasculares (en anillo con córtex blando en el centro) ayuda a sujetar el tallo frente a fuerzas laterales, p.ej. el viento.



Córtex: las células se hacen turgentes y ayudan a sostener las partes no leñosas.

Epidermis: protectora frente a, por ejemplo, infección por virus y bacterias, y deshidratación.

INVESTIGACIÓN DE LAS FUNCIONES DE LOS TEJIDOS VEGETALES

- **Floema:** los áfidos (pulgones) pueden tomar su contenido y los azúcares radiactivos identifican este tejido como el lugar de transporte de azúcares.
- **Xilema:** los colorantes hidrosolubles trazan la ruta de movimiento del agua.
- **Raíces:** los inhibidores de la respiración detienen la captación activa de iones.

FRUTOS Y PUNTOS DE CRECIMIENTO

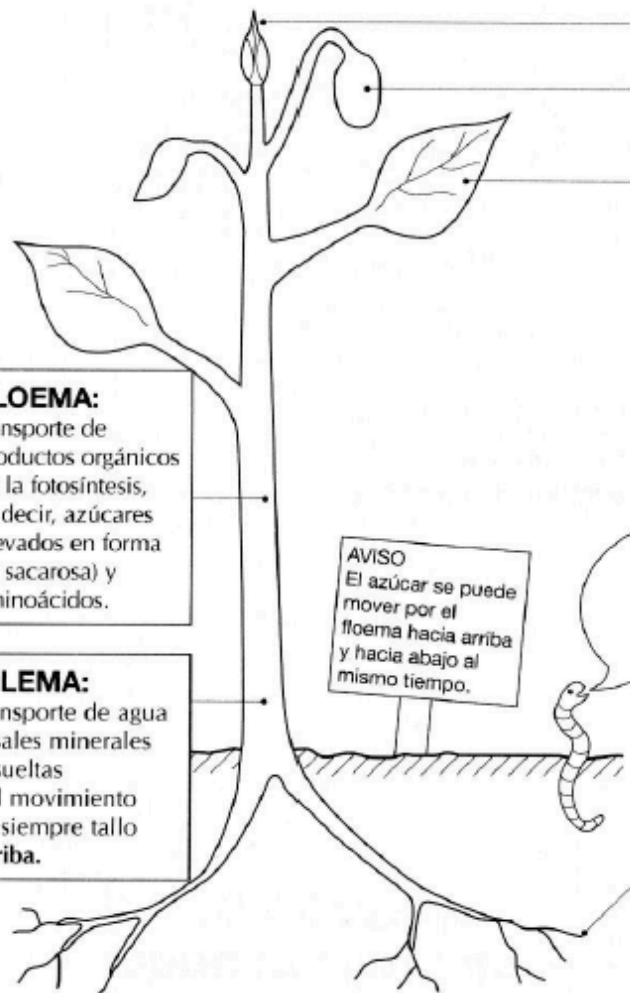
constituyen un **sumidero** para muchos nutrientes.

Frutos

- requieren agua para hinchar la pared del ovario si son carnosos;
- requieren sacarosa para convertirla en almidón como almacén de energía.

Puntos de crecimiento

- requieren agua para el crecimiento celular;
- requieren sacarosa como fuente de energía para la división celular;
- requieren todos los nutrientes como materia prima para la producción celular.



FLOEMA: transporte de productos orgánicos de la fotosíntesis, es decir, azúcares (llevados en forma de sacarosa) y aminoácidos.

XILEMA: transporte de agua y sales minerales disueltas –el movimiento es siempre tallo arriba.

AVISO
El azúcar se puede mover por el floema hacia arriba y hacia abajo al mismo tiempo.

HOJAS: son a la vez sumidero y fuente.

Sumidero

- agua como reactivo en la fotosíntesis;
- magnesio como componente de la molécula de clorofila;
- sacarosa, cuando las hojas son jóvenes, como fuente de energía y subunidades de celulosa.

Fuente

- glucosa formada durante la fotosíntesis
- $\text{DIÓXIDO DE CARBONO} + \text{AGUA}$
 \downarrow
 $\text{GLUCOSA} + \text{OXÍGENO}$
- iones útiles, p.ej. magnesio, justo antes de caer la hoja.

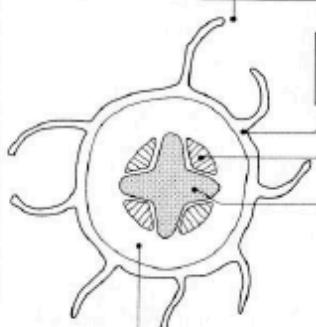
¡LA DIRECCIÓN DEL TRANSPORTE VARÍA CON LAS ESTACIONES!

En Primavera la sacarosa se llevará **desde** los almacenes de la raíz **hasta** las hojas, pero en Verano y Otoño temprano **desde** las hojas fotosintetizadoras **hasta** los almacenes de la raíz.

RAÍZ:

Pelo radicular: células extendidas de la epidermis que aumentan la superficie de captación de agua/iones.

Epidermis: protectora, p.ej., contra infección por hongos.



Córtex (médula): puede actuar como un almacén invernal de almidón.

RAÍCES: son sumideros y fuentes a la vez.

Sumideros

- sacarosa para suministrar energía para el crecimiento y captación activa de iones de la tierra;
- sacarosa para convertirla en almidón para almacenamiento.

Fuentes

- agua, absorbida de la solución de la tierra;
- iones, absorbidos de la tierra por transporte activo;
- sacarosa, cuando las hojas no son capaces de realizar la fotosíntesis, en Primavera.



3. Carga del floema.

Término clave

El transporte activo se emplea para acarrear los compuestos orgánicos en los tubos cribosos del floema en la estructura de origen.

Parte de la planta	Contenido medio de glúcidos (masa fresca en $\mu\text{g g}^{-1} \pm$ error estándar de la media)			
	sacarosa	glucosa	fructosa	almidón
Limbo	1.312 ± 212	210 ± 88	494 ± 653	62 ± 25
Haz vascular en el tallo de la hoja, que consta de xilema y floema	5.757 ± 1.190	479 ± 280	1.303 ± 879	<18
Tejido que rodea el haz vascular en el tallo de la hoja	417 ± 96	624 ± 714	1.236 ± 1.015	<18
Brotes, raíces y tubérculos (órganos subterráneos de almacenamiento)	2.260 ± 926	120 ± 41	370 ± 242	152 ± 242

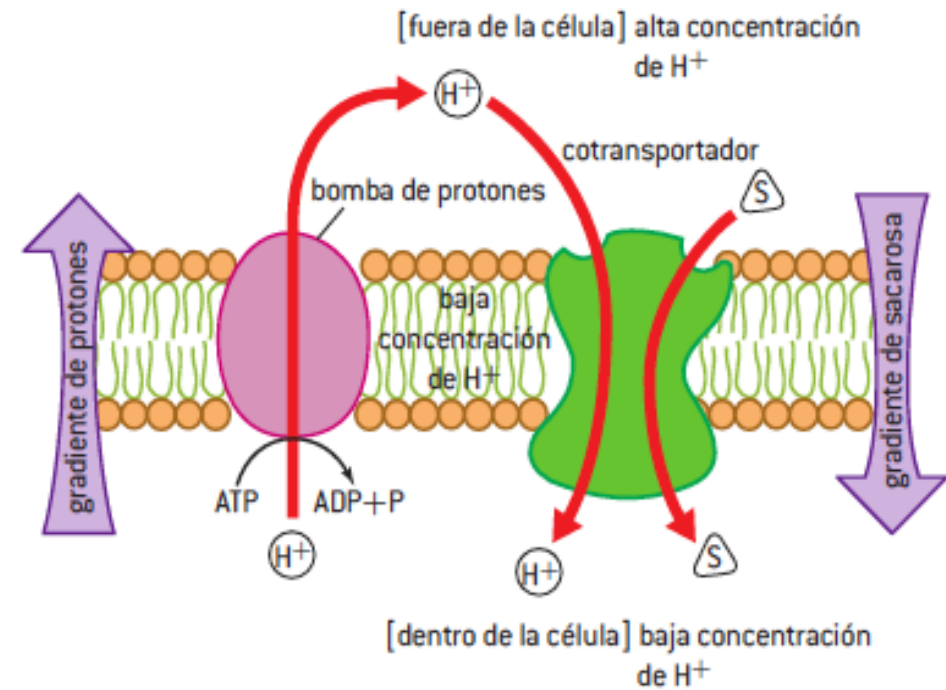
▲ Tabla 2

Los datos en la tabla 2 indican que la sacarosa es transportada en el floema. La sacarosa es el soluto más frecuente en la savia del floema. ***La sacarosa no es tan fácil de metabolizar directamente por los tejidos vegetales en la respiración y, por tanto, es un glúcido excelente que transportar, ya que no se metaboliza durante el transporte.***

Las plantas usan **distintos mecanismos para cargar azúcares al floema**.

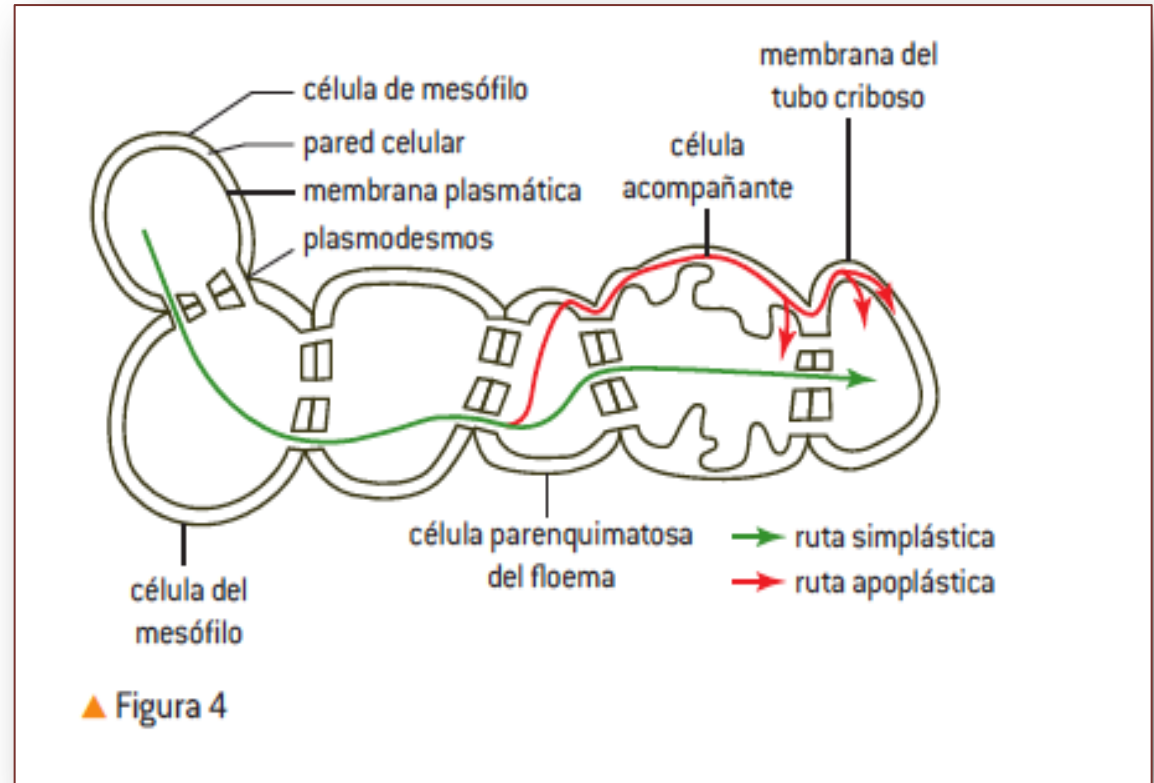
- **Ruta apoplástica.** En algunas especies, una cantidad significativa va atravesando las paredes celulares desde las células del mesófilo hasta las paredes de las células acompañantes, y a veces hasta las paredes de las células cribosas, donde entonces una proteína transportadora de la sacarosa introduce activamente este azúcar. En este caso, **se forma un gradiente de concentración de sacarosa por transporte activo**.

La figura 3 muestra que esto se logra mediante un mecanismo por el cual los iones H^+ son transportados activamente fuera de la célula acompañante desde tejidos circundantes utilizando ATP como fuente de energía. Después, los iones H^+ acumulados pasan de una zona de alta concentración a otra de baja concentración a través de una proteína cotransportadora. La energía liberada se utiliza para transportar la sacarosa al complejo formado por la célula acompañante y el tubo criboso.

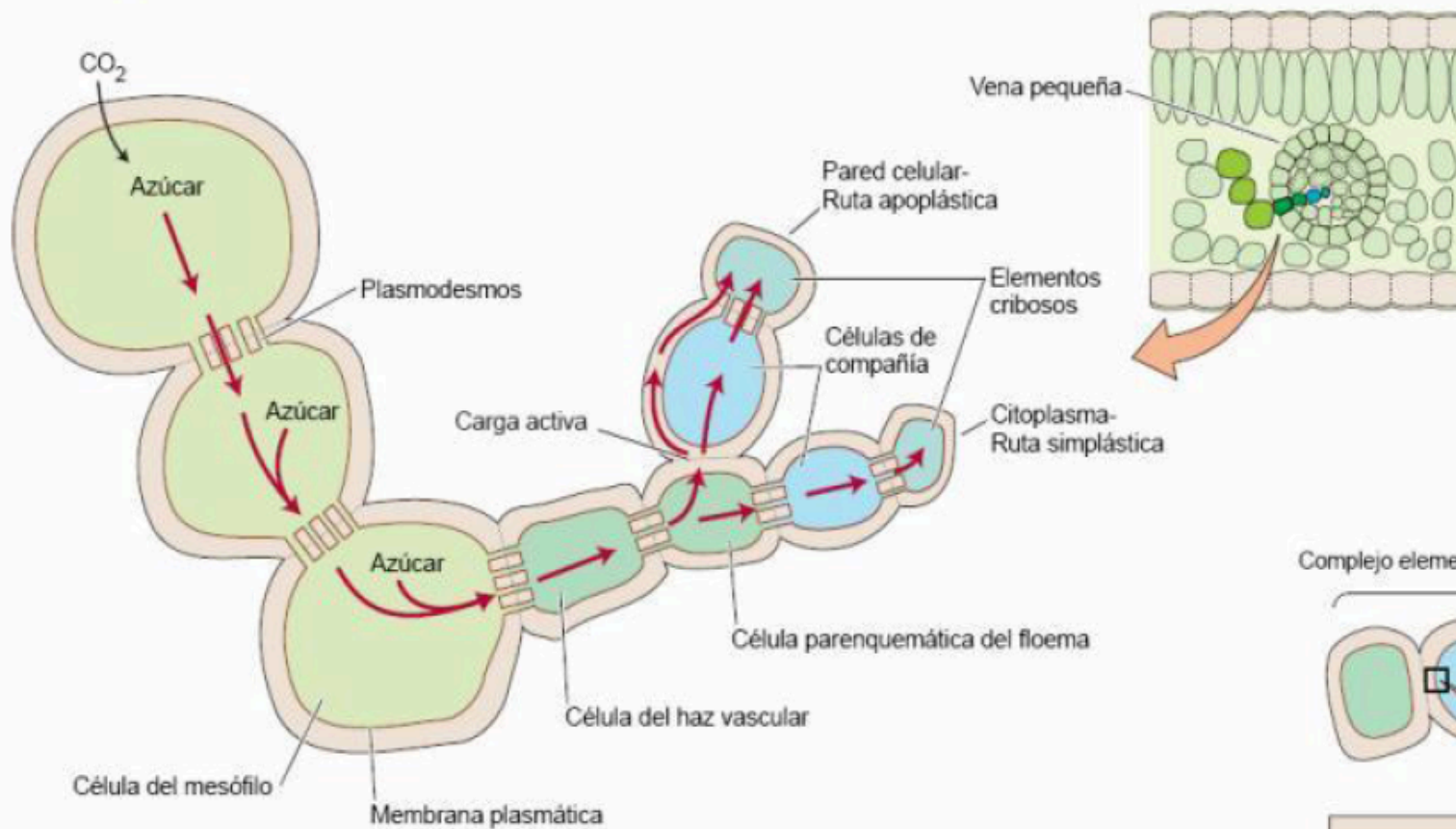


▲ Figura 3 Movimiento de la sacarosa (S) a través de la membrana de tubos cribosos

- **Ruta simplástica.** En otras especies, gran parte de la sacarosa pasa de una célula a otra a través de conexiones entre las células llamadas **plasmodesmos**. Una vez que la sacarosa llega a la célula acompañante, es convertida en un oligosacárido para mantener el gradiente de concentración de sacarosa.

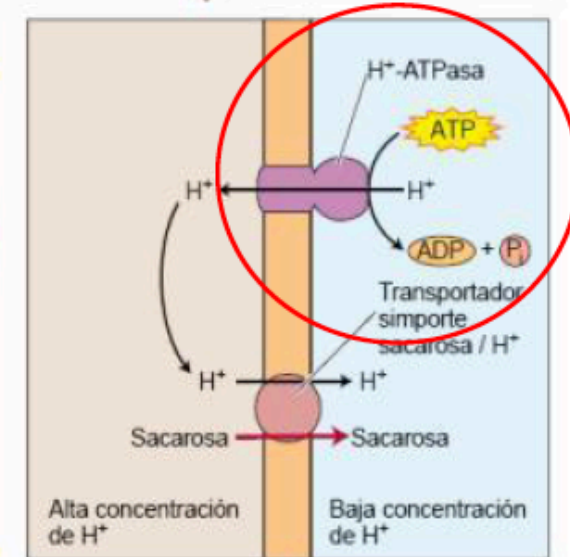
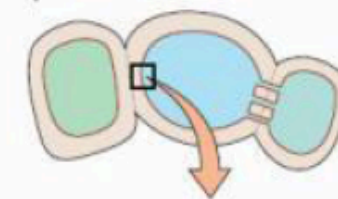


Carga del floema . Movimiento de los fotoasimilados del mesófilo hasta el floema



Tomado de: Taiz & Zeiger 2006. Fisiología Vegetal. Colección Ciències experimentals. Universitat Jaume I

Complejo elemento criboso-célula de compañía



La carga puede ser

- **Simplástica.** Familias poco evolucionadas (Cucurbitáceas)
- Combinación simplasto-apoplasto: **carga apoplástica.** Familias originarias de zonas templadas (Fabáceas, Asteráceas, etc.)

El tipo de carga depende:

- estructura de las células de compañía
- aislamiento simplástico del complejo y
- naturaleza de los azúcares transportados

Preguntas basadas en datos: Glúcidos del ciclamen

- 1 Elige un formato de presentación adecuado para mostrar los datos de la tabla 2, incluidos los valores de error estándar. Puedes utilizar programas de representación gráfica o bien dibujar a mano gráficos, tablas o diagramas.
- 2 Describe las tendencias que muestran los datos y sugiere razones de estas tendencias basándote en tu conocimiento de la fotosíntesis, la estructura de los disacáridos y polisacáridos y el transporte y almacenamiento de glúcidos en las plantas.

Parte de la planta	Contenido medio de glúcidos (masa fresca en $\mu\text{g g}^{-1} \pm$ error estándar de la media)			
	sacarosa	glucosa	fructosa	almidón
Limbo	1.312 ± 212	210 ± 88	494 ± 653	62 ± 25
Haz vascular en el tallo de la hoja, que consta de xilema y floema	5.757 ± 1.190	479 ± 280	1.303 ± 879	<18
Tejido que rodea el haz vascular en el tallo de la hoja	417 ± 96	624 ± 714	1.236 ± 1.015	<18
Brotes, raíces y tubérculos (órganos subterráneos de almacenamiento)	2.260 ± 926	120 ± 41	370 ± 242	152 ± 242

▲ Tabla 2

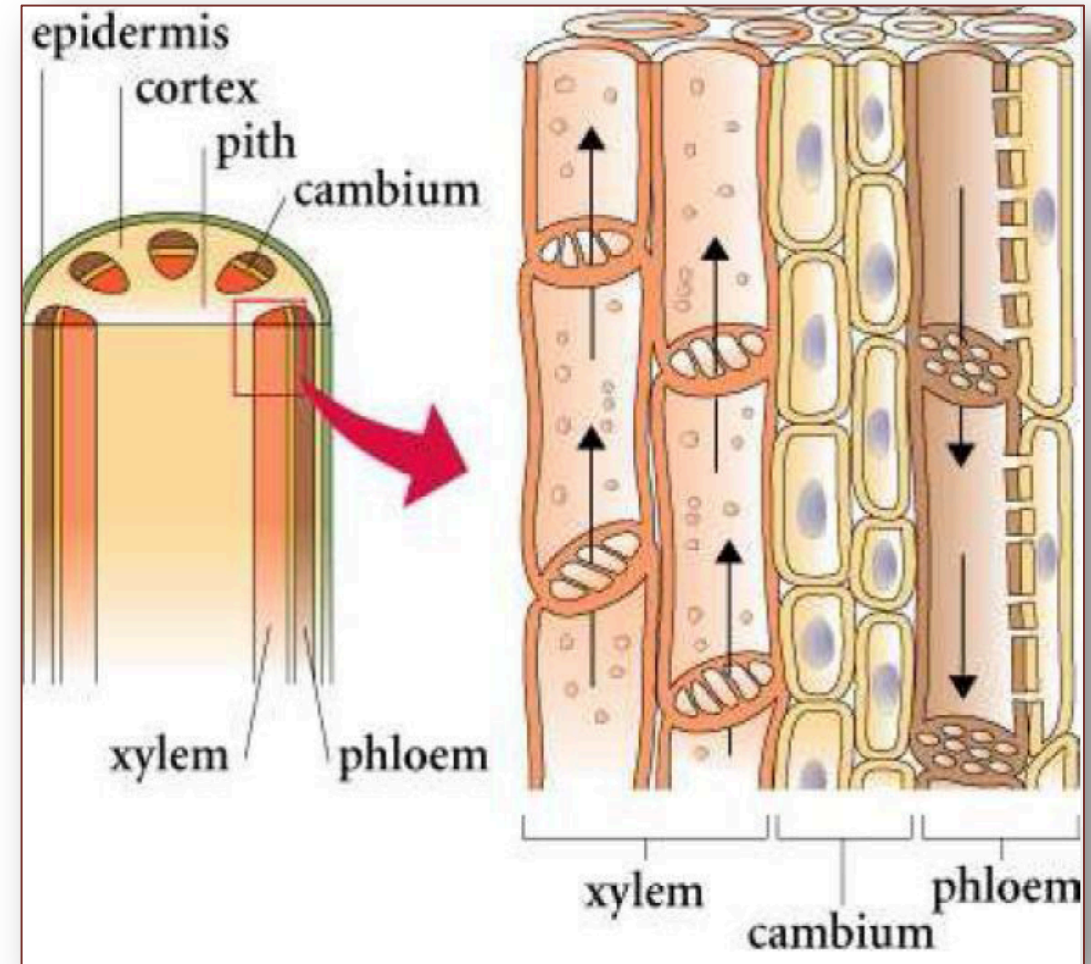


4. Las diferencias de presión y potencial del agua son transcendentales en la translocación.

Término clave

La incapacidad de compresión del agua permite su transporte a lo largo de gradientes de presión hidrostática.

- La acumulación de sacarosa y otros glúcidos hace que se introduzca agua en la célula acompañante mediante **ósmosis**. La rigidez de las paredes celulares, en combinación con la incapacidad de compresión del agua, da como resultado una acumulación de presión. **El agua fluirá desde esta zona de alta presión a un área de baja presión.**
- En la estructura de destino, se descarga la sacarosa del floema y se usa como fuente de energía en procesos como el crecimiento, o bien se convierte en almidón. En cualquiera de los casos, la pérdida de soluto provoca una reducción en la presión osmótica; el agua que llevaba el soluto a la estructura de destino es entonces reabsorbida a la corriente de transpiración en el xilema.

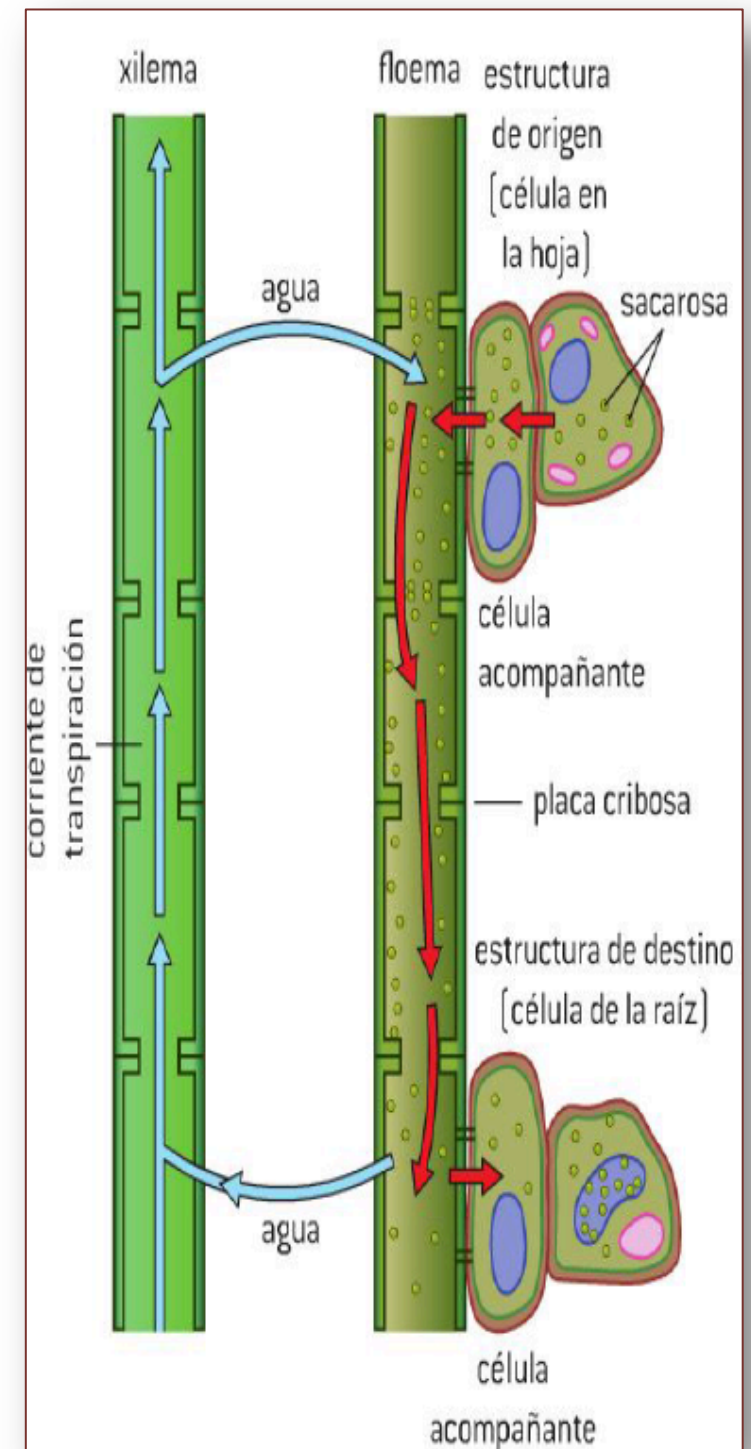


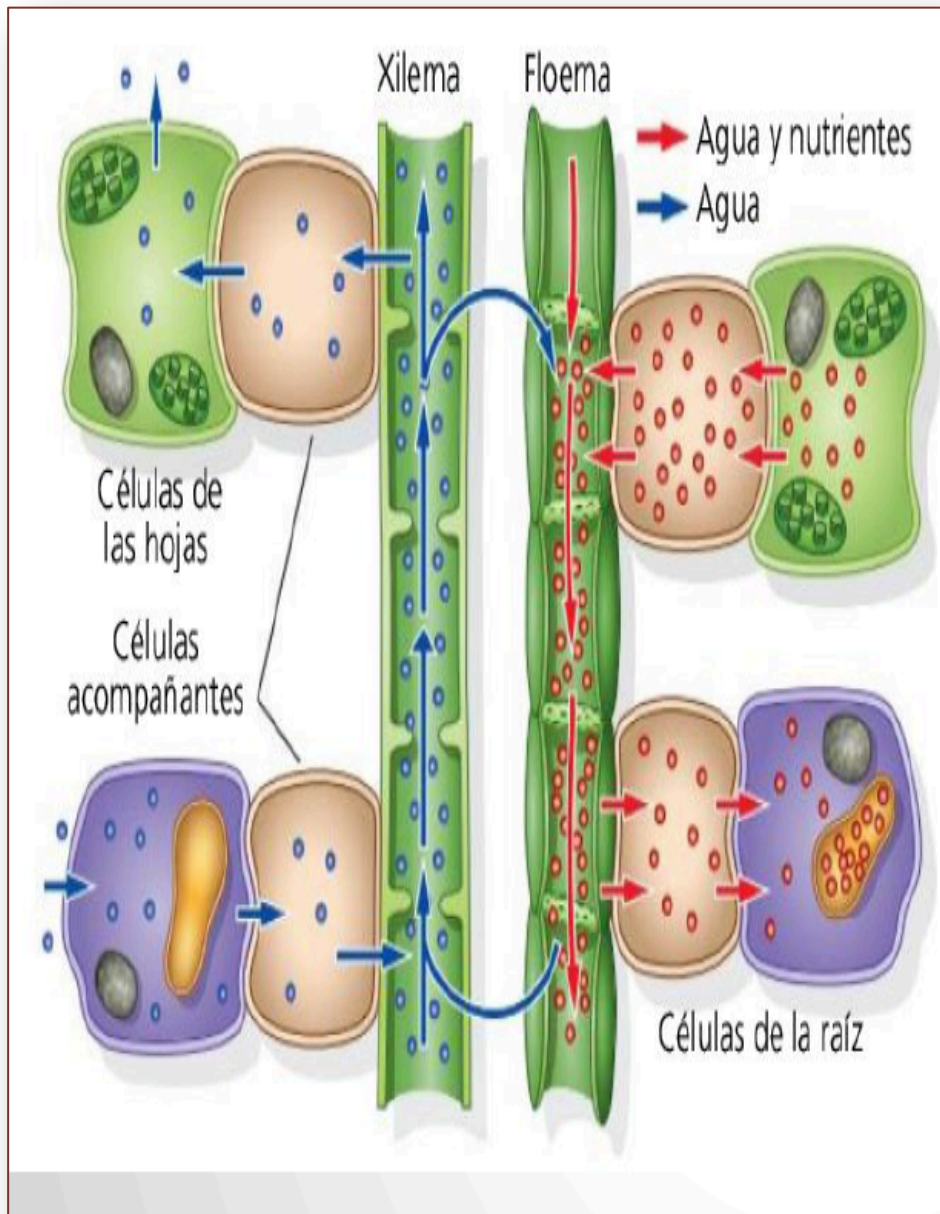
Los vasos conductores del xilema y del floema están dispuestos de tal modo que interactúan entre ellos es algo que veremos muchas veces y con gran éxito, son los **FLUJOS CONTRACORRIENTE**

TRANSPORTE EN EL FLOEMA A PARTIR DE LA DIFERENCIA DE PRESIÓN / FLUJO DE PRESIÓN (PRESSURE-FLOW)

La savia se desplaza desde la fuente hasta el sumidero.
Pasos:

1. Tomar azúcar de una fuente para el floema (ej. célula de hoja) incrementa la concentración de soluto (disminuye el potencial de agua) dentro de los tubos de las células cribosas, lo que provoca que los tubos cribosos tomen agua de los tejidos circundantes por ósmosis.
2. La absorción de agua crea una presión hidrostática que fuerza a la savia a moverse a través del tubo (a granel), igual que la presión empuja el agua a través de una manguera.
3. El gradiente de presión en el tubo criboso está reforzado por el transporte activo de azúcar provocando la pérdida de agua por ósmosis en el sumidero (ej. célula de raíz)
4. El xilema recicla el agua del sumidero a la fuente.

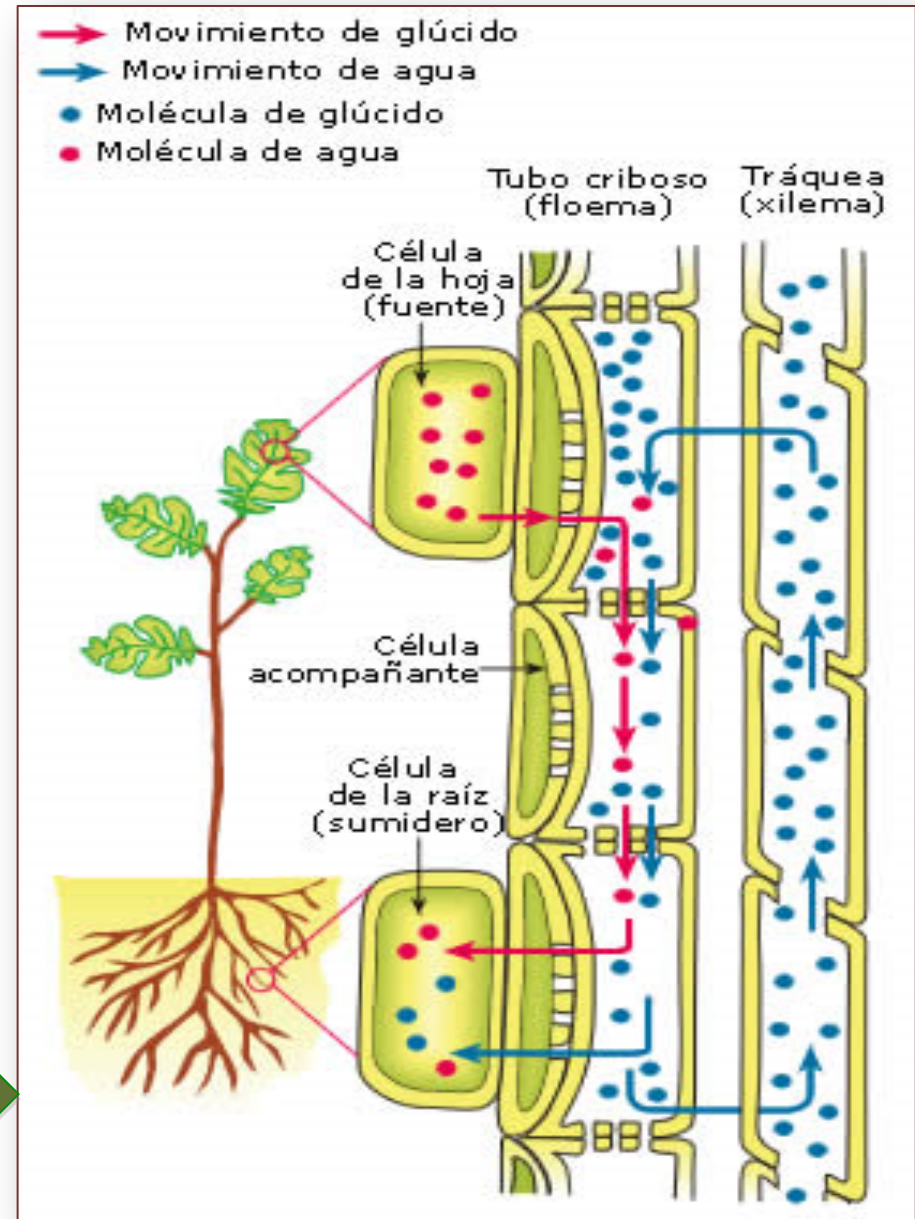




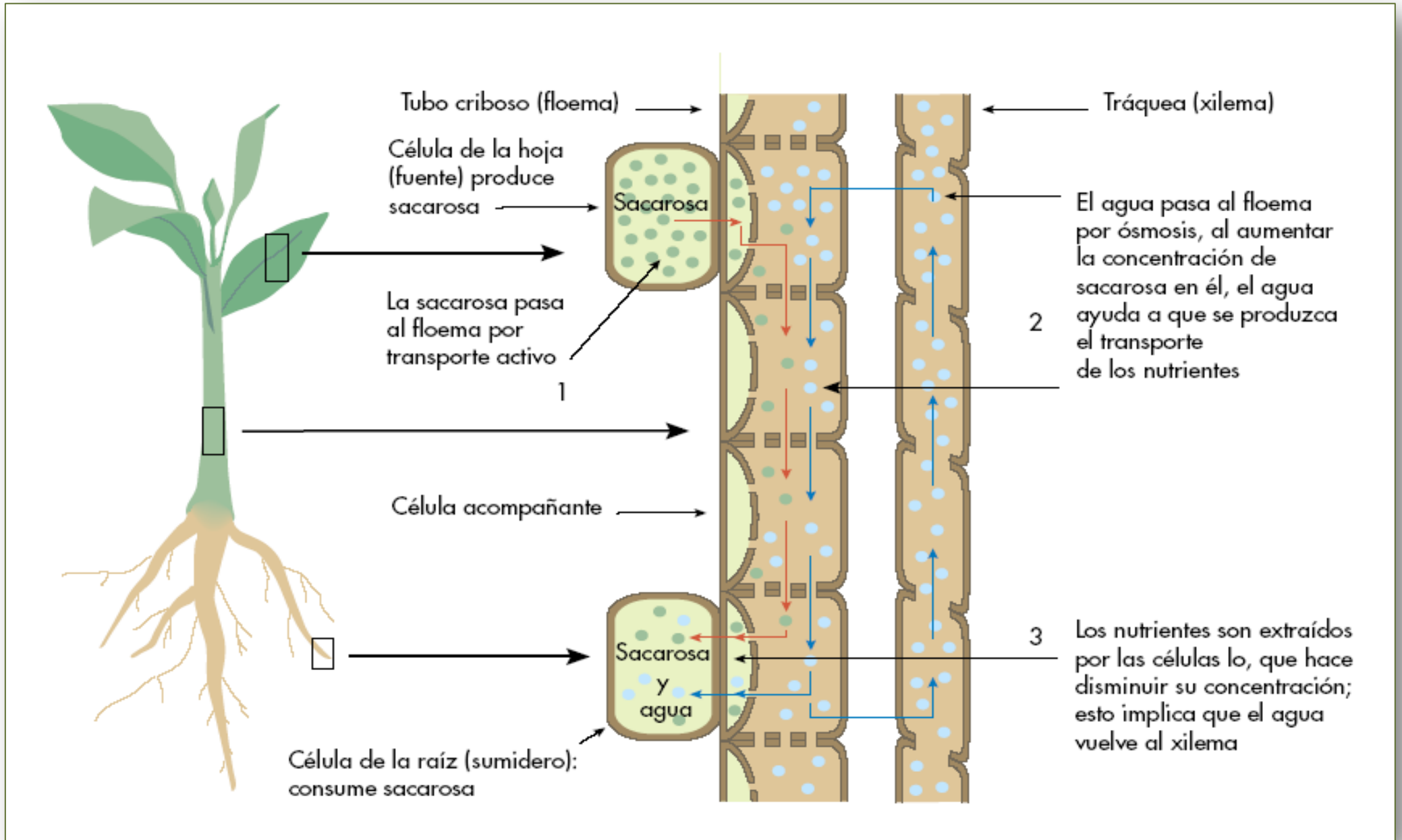
El mecanismo de circulación de la savia elaborada por todo el organismo:

1. La *savia elaborada* pasa, por **transporte activo**, desde las *células productoras del parénquima clorofílico* a las *células acompañantes de los vasos cribosos*.
2. Desde *las células acompañantes* se *desplaza a las células cribosas a través de los plasmodesmos*. Además, el incremento de concentración de azúcares provoca *el paso de agua por ósmosis desde las traqueidas del xilema*, hipotónicas respecto a ellas.
3. *Dentro de los vasos del floema la savia circula de célula a célula atravesando las placas cribosas*.
4. Los *tubos del floema* incrementan su presión hidrostática, y la diferencia de presión entre estos y los sumideros provoca la circulación de la savia hacia ellos. Dicho **gradiente de presión hidrostática** es la auténtica fuerza que mueve la savia elaborada, como se explica en la hipótesis de flujo por presión. *Desde los tubos cribosos a las células de los sumideros* la savia pasa por **transporte activo**.
5. Al perder hidratos de carbono, las células del floema quedan con una concentración hipotónica respecto a las del xilema y esto origina el paso del agua desde el floema al xilema.

- Durante la fotosíntesis la savia bruta se transforma en savia **elaborada**, que es una solución compuesta por azúcares (sacarosa), aminoácidos y otras sustancias nitrogenadas. La savia elaborada es transportada a toda la planta a través del **floema** mediante un proceso denominado **traslocación**.
- La savia elaborada fluye desde las zonas donde se produce o **fuentes** (hojas), hasta los lugares de consumo o almacenamiento o **sumideros** (cualquier parte de la planta: raíces, frutos, semillas, meristemos, etc.). En algunos casos los sumideros pueden actuar como fuentes para redistribuir los nutrientes.
- **Hipótesis del flujo por presión.** En la fuente existe una **presión hidrostática** más elevada que en el sumidero y este gradiente de presión es el que facilita el flujo de la savia elaborada.

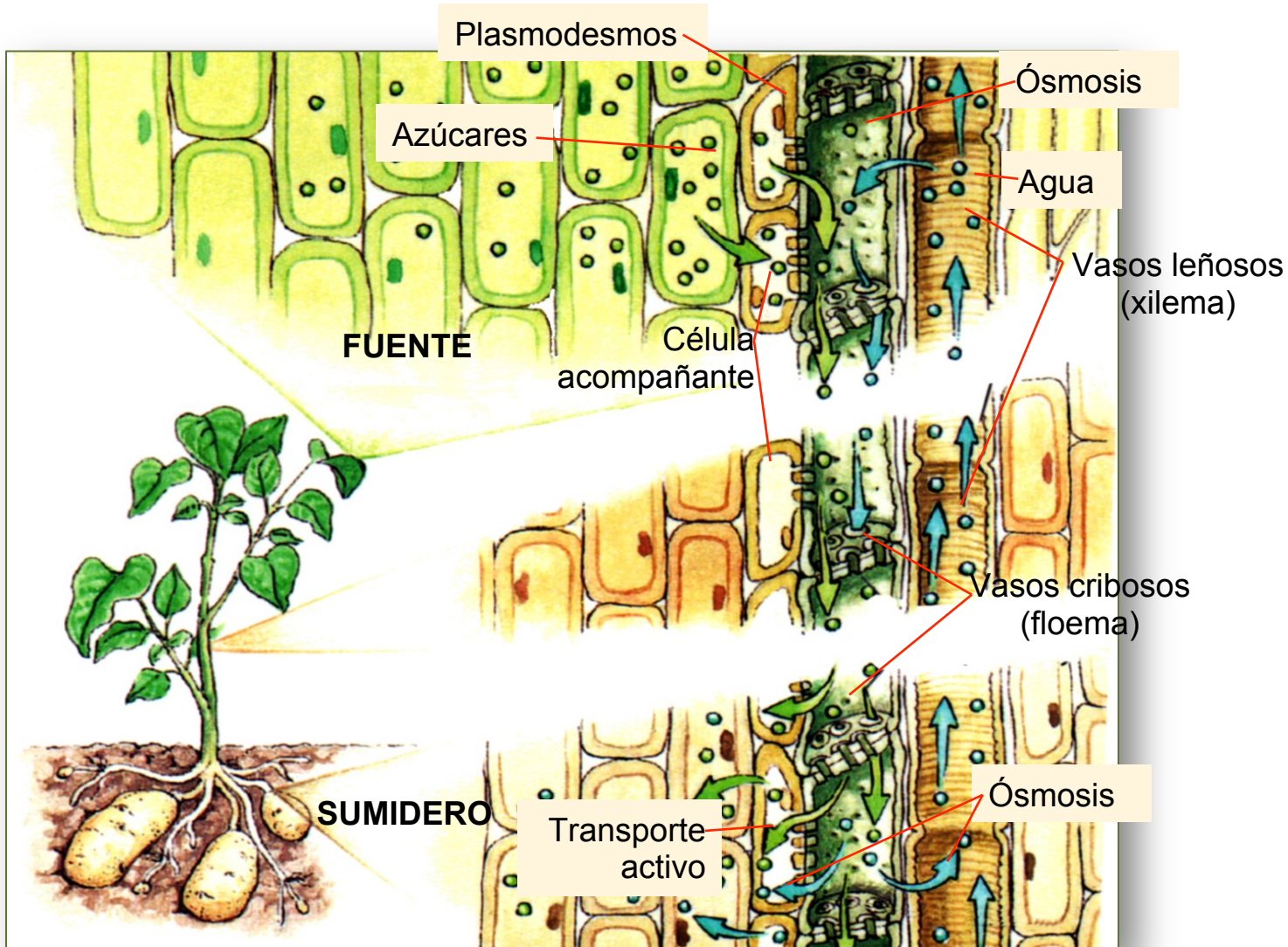


TRANSPORTE SAVIA ELABORADA



Hipótesis de flujo por presión

Explica el desplazamiento de la savia elaborada debido a un gradiente de presión entre el punto en el que penetra en el floema (fuente) y el punto en el que es extraída del mismo (sumidero).



RESUMEN

Parénquima clorofílico = **fuentes** de soluto

Sacarosa pasa de la **fuelle** a la célula acompañante del floema por transporte activo

Sacarosa de la célula acompañante pasa a la célula cribosa (floema) por difusión

Zonas no fotosintéticas (yemas, raíces, flores o frutos) = **sumideros**

● Sacarosa
● Agua

Savia elaborada = sacarosa + aminoácidos

El agua entra por ósmosis en el vaso.

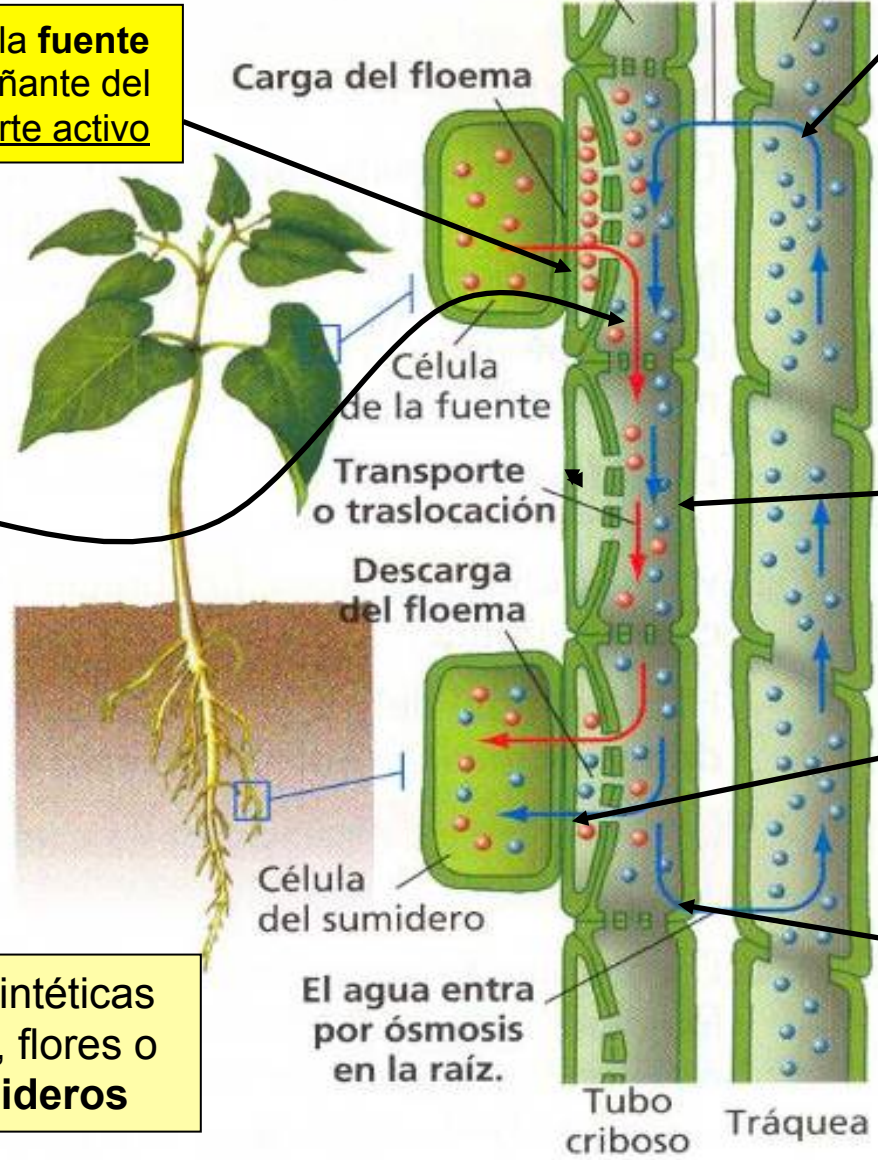
Aumento concentración de soluto en floema convierte a xilema vecino en hipotónico: agua xilema pasa a floema, produciéndose un incremento presión hidrostática en floema

Transporte por el floema = **traslocación**

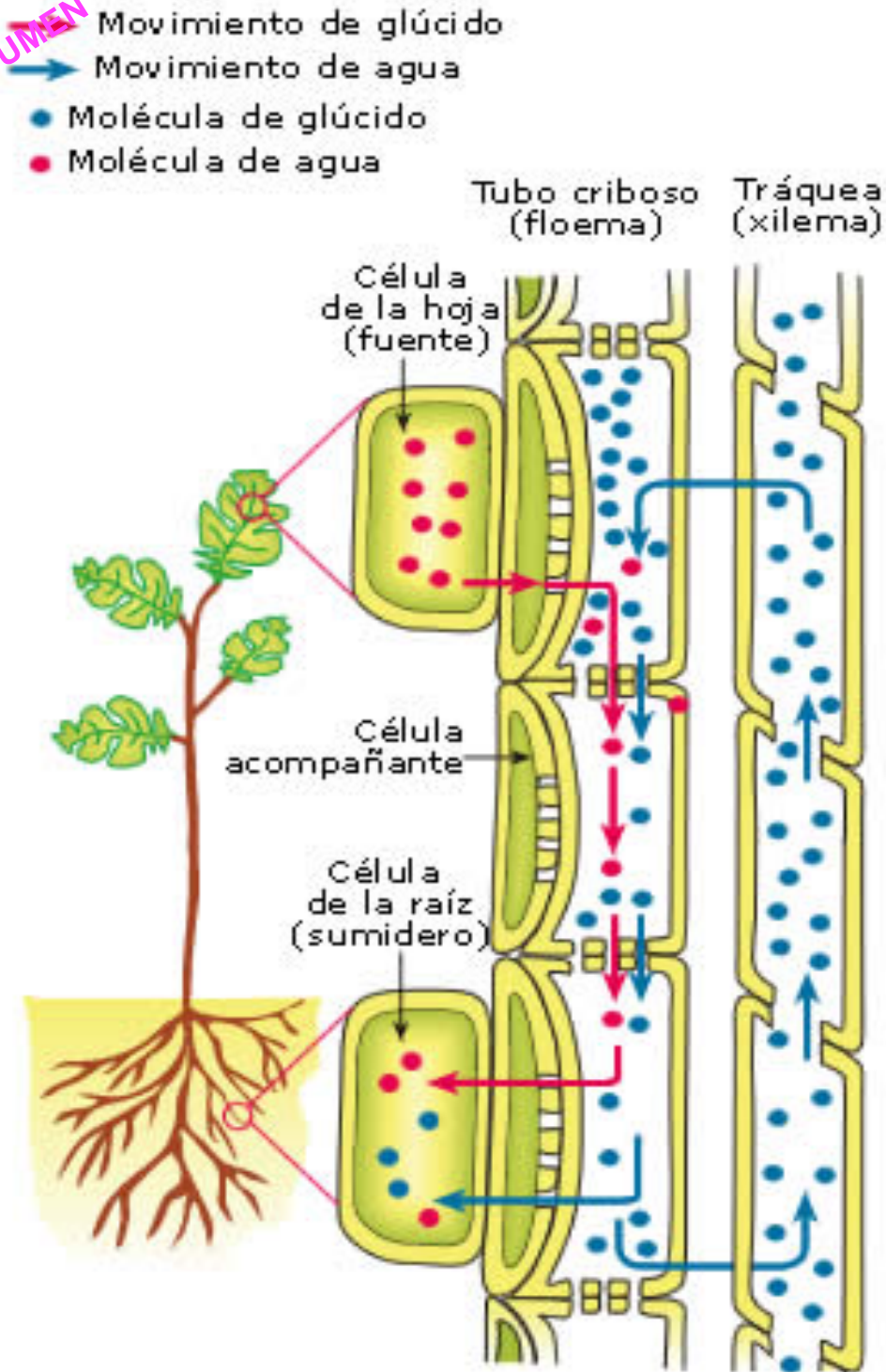
Soluto del floema desciende gracias a la presión hidrostática

Soluto de floema es consumido en raíces

Células cribosas del floema se vuelven hipotónicas y agua sale de floema a células vecinas (las del xilema, por ejemplo)



RESUMEN



Transporte por el xilema

- Presión radicular
- Capilaridad.
- Evotranspiración.

Transporte por el floema

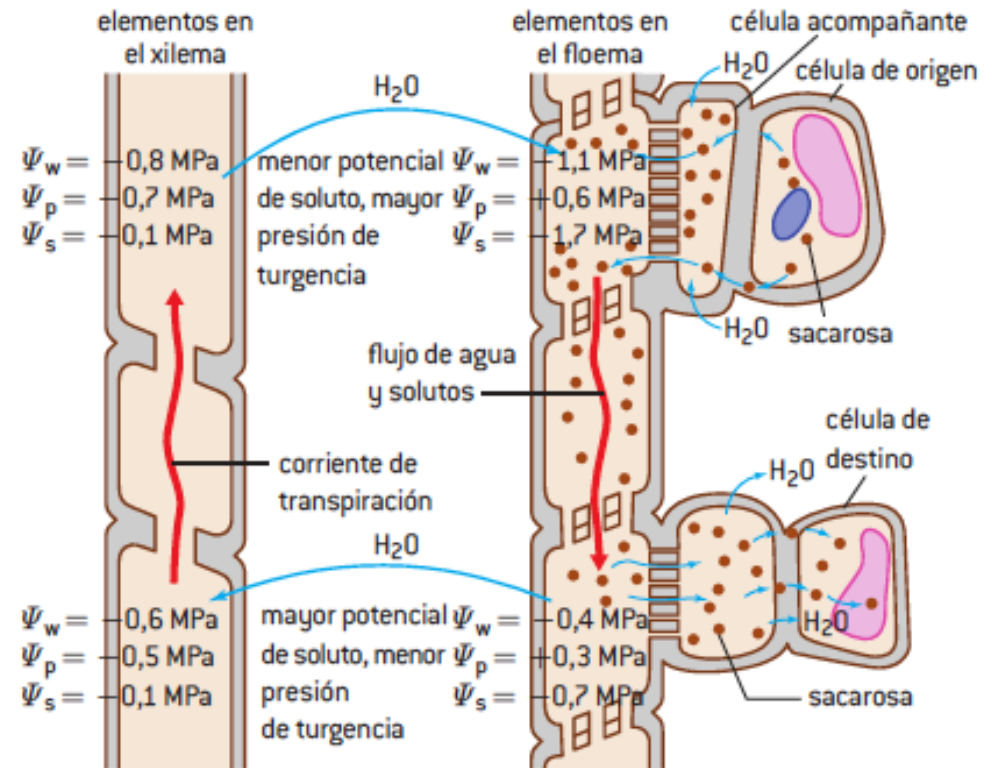
- Difusión pasiva
- Transporte activo
- Flujo por presión

Preguntas basadas en datos: Explicación del movimiento del agua

El potencial hídrico es una medida de la tendencia del agua a moverse de un área a otra. Se representa con la variable Ψ_w y se define como la suma del potencial del soluto y del potencial de presión.

El agua pura tiene un potencial de soluto (Ψ_s) de cero. Cuando se añade soluto, el valor del potencial de soluto se vuelve negativo. Cuanto más negativo sea el potencial de soluto, más probable es que se extraiga agua de otra área con un potencial de soluto mayor (es decir, con una menor concentración de solutos).

El potencial de presión (Ψ_p) en una célula vegetal es la presión ejercida por la pared celular rígida que limita la entrada de más agua. La presión ejercida por la pared celular rígida limita la absorción de más agua a pesar de las diferencias de potencial de soluto.



▲ Figura 5

- 1 Explica el movimiento del agua desde el punto A hasta el punto C. [3]
- 2 Explica el movimiento del agua desde el punto C hasta el punto D. [3]

- 3 Explica el movimiento del agua desde el punto D hasta el punto B. [3]
- 4 Explica el movimiento del agua desde el punto B hasta el punto A. [3]

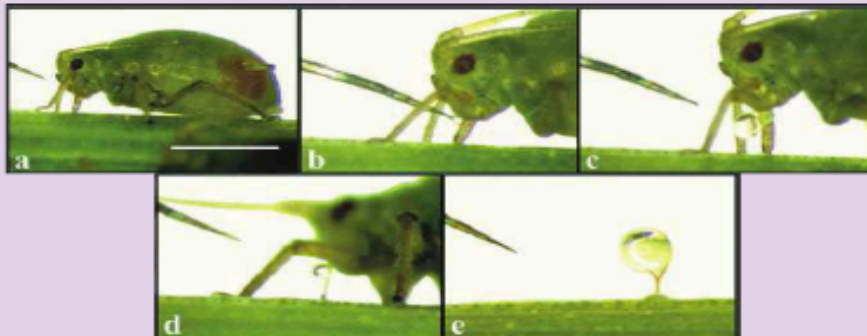
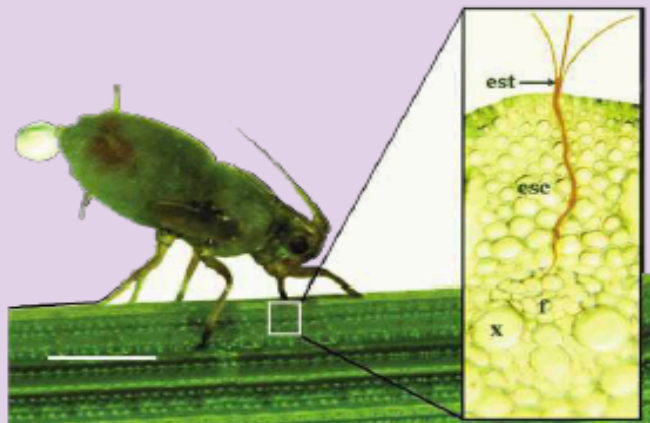


Experimentos con estiletos de áfidos

Análisis de datos de experimentos de medición de las tasas de transporte en el floema a través de estiletos de áfidos y dióxido de carbono marcado radiactivamente

En comparación con muchos otros productos vegetales, la savia del floema es rica en nutrientes y estos nutrientes son pequeñas moléculas solubles que no necesitan ser digeridas. A pesar de esto, los únicos animales que consumen la savia como parte principal de su dieta son los insectos pertenecientes al grupo de los hemípteros, que incluye los áfidos (pulgones), la mosca blanca, las cochinillas y los psíllidos.

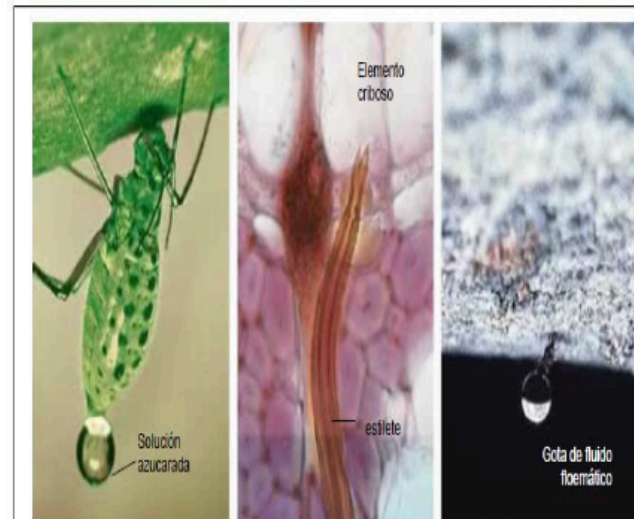
Los áfidos perforan los tejidos vegetales hasta llegar al floema (f en la primera fotografía de la figura 9) usando unas partes bucales llamadas estiletos (est en la primera fotografía). Si el áfido es anestesiado y se le corta el estilete (proceso que se muestra en las fotografías intermedias), la savia seguirá saliendo por el estilete (última fotografía). Así se pueden analizar tanto la tasa de flujo como la composición de la savia. Cuanto más cerca esté el estilete de la estructura de destino, más lenta será la tasa a la que sale la savia del floema.



▲ Figura 9

Composición del fluido floemático

Metodología: estilete de áfidos



Insectos que insertan su trompa succionadora en el interior de un elemento criboso. La presión a la que circula el fluido empuja el contenido de los tubos hacia el sistema digestivo del insecto. Éste absorbe especialmente compuestos nitrogenados, vitaminas y minerales, mientras que el azúcar sobrante se expulsa en forma de solución acuosa azucarada.

Mediante un láser se corta el estilete, se puede analizar el fluido del floema sin contaminar. Al unir el estilete a una sonda barométrica se puede determinar también la turgencia de los tubos cribosos.

Imagen tomada de Campbell & Reece (2005). Biology. Pearson. Benjamin Cummings

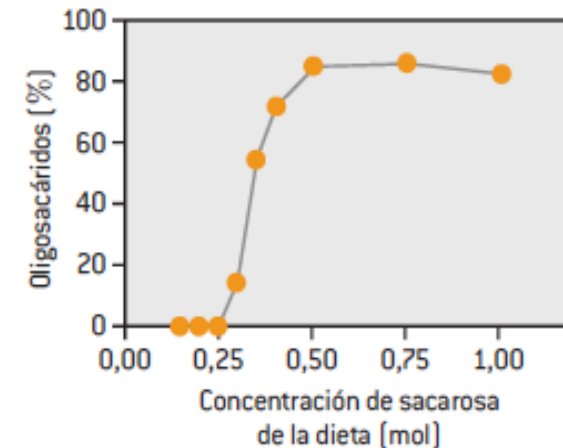
Preguntas basadas en datos

1 a) Los únicos animales que consumen savia del floema como parte principal de su dieta son los insectos pertenecientes al grupo de los hemípteros. Los datos incluidos en esta pregunta se han extraído de investigaciones con áfidos.

El contenido de azúcar de la savia del floema es muy alto, a menudo superior a 1 mol dm^{-3} .

- (i) Explica cómo hacen las plantas para aumentar la concentración de azúcar de la savia del floema a niveles tan altos. [1]
- (ii) Explica cómo las altas concentraciones de azúcar hacen que se forme una alta presión en el floema. [2]

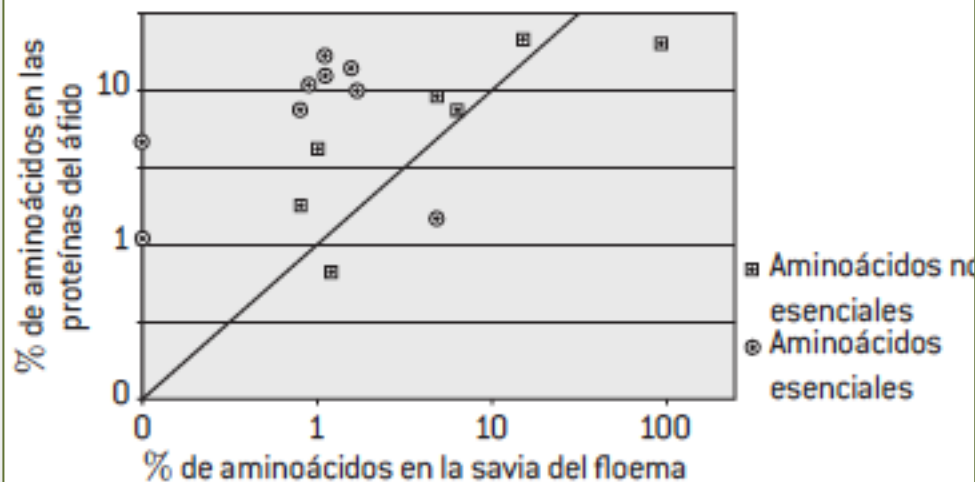
b) Los áfidos ingieren solo una pequeña parte del azúcar de la savia del floema. El resto, un líquido llamado mielato, lo excretan en las heces. Debido a las elevadas concentraciones de azúcar, la savia del floema tiene una concentración de solutos mucho mayor que las células del áfido. Las enzimas segregadas en el intestino del áfido reducen la concentración de solutos de la savia del floema convirtiendo los azúcares en oligosacáridos. La figura 10 muestra la relación entre la concentración de sacarosa en la savia del floema que ingieren los áfidos y el contenido de oligosacáridos del mielato.



▲ Figura 10

- (i) Describe la relación entre la concentración de sacarosa en la savia del floema que ingieren los áfidos y el porcentaje de oligosacáridos en el mielato. [3]
- (ii) Sugiere las razones por las que los áfidos segregan enzimas para reducir la concentración de solutos de la savia en el intestino. [2]

c) Los áfidos ingieren más savia del floema de la que necesitan, con el fin de obtener suficiente azúcar para la respiración celular. Esto es porque también necesitan obtener aminoácidos y la concentración de aminoácidos en la savia del floema es baja. La figura 11 muestra el porcentaje de cada aminoácido en la savia del floema y en las proteínas del áfido. Nueve de los aminoácidos no pueden ser sintetizados en las células del áfido y, por tanto, se llaman aminoácidos esenciales. Los otros aminoácidos pueden ser sintetizados a partir de otros aminoácidos y, por tanto, no son esenciales.



▲ Figura 11

- (i) Evalúa la savia del floema como fuente de aminoácidos para los áfidos. [3]
- (ii) Sugiere razones para las diferencias entre el contenido de aminoácidos en la savia del floema y en las proteínas del áfido. [2]

d) Se han descubierto células especializadas en los áfidos llamadas bacteriocitos. Estas células contienen una bacteria llamada *Buchnera*, que sintetiza aminoácidos esenciales a partir del ácido aspártico y la sacarosa. El ácido aspártico es un aminoácido no esencial que se encuentra en la savia del floema en concentraciones mucho más altas que ningún otro aminoácido. Cuando los áfidos se reproducen, transmiten las bacterias *Buchnera* a su descendencia.

- (i) Explica cómo podrían usarse los antibióticos para obtener pruebas del papel que desempeña la bacteria *Buchnera* en los áfidos. [2]
- (ii) Basándote en los datos de esta pregunta, discute las razones por las que tan pocos animales utilizan la savia del floema como parte principal de su dieta. [3]



Radioisótopos como herramientas importantes en el estudio de la translocación

Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: los métodos experimentales para la medición de las tasas de transporte por el floema a través de estiletes de áfidos y dióxido de carbono marcado radiactivamente solo fueron posibles una vez que los radioisótopos estuvieron disponibles.

El carbono-14 es un isótopo de carbono radioactivo. Durante la fotosíntesis, las plantas pueden incorporar moléculas de dióxido de carbono con carbono marcado radiactivamente. Estas plantas liberarán radiación que puede ser detectada usando películas o detectores de radiación. Como el carbón se metaboliza, se encontrará en diferentes moléculas dentro de la planta. En otras palabras, se puede hacer un seguimiento tanto de la formación como del movimiento de las moléculas radioactivas. La figura 12 muestra un dispositivo conocido como contador Geiger midiendo los niveles de radiación en un campo de girasoles. Los girasoles de la fotografía se utilizan para la biorremediación de suelos contaminados con radiación.



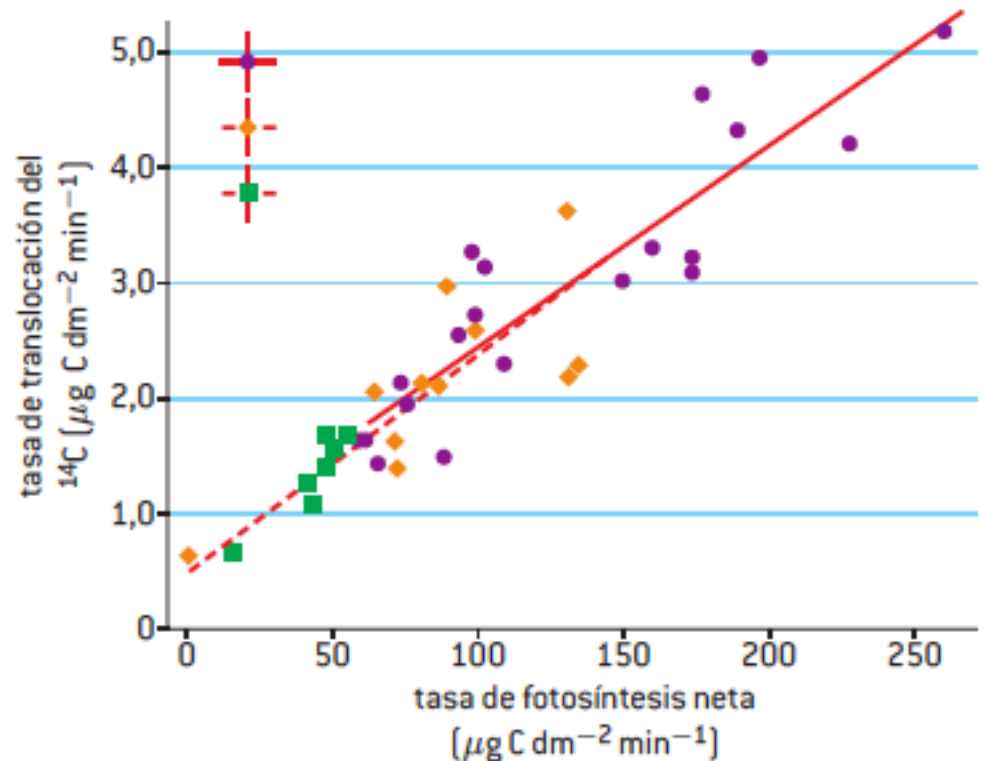
▲ Figura 12

Preguntas basadas en datos: Marcado radiactivo (1)

Se expusieron hojas de origen a una pulsación de carbono marcado radiactivamente y se midió el tiempo que tardó en llegar el carbono radiactivo a las hojas de destino mediante radiofotografía. Para variar la tasa fotosintética, principalmente se modificó la concentración de dióxido de carbono sin marcar. El experimento se llevó a cabo con tres intensidades de luz diferentes (los cuadrados verdes representan 20.000 lux, los rombos naranjas 40.000 lux y los círculos morados 80.000 lux).

- a) Resume la relación entre la tasa de fotosíntesis y la tasa de translocación. [1]
- b) (i) Deduce la relación entre la intensidad de la luz y la translocación. [2]
- (ii) Sugiere si se trata de una correlación o de una relación de causa y efecto. [3]
- c) Determina el cociente entre la tasa de translocación y la fotosíntesis neta en dos puntos diferentes del gráfico. [2]

- d) Deduce, aportando una razón, si la hoja de origen es una hoja en crecimiento o una hoja madura. [2]



▲ Figura 13

Preguntas basadas en datos: Marcado radiactivo (2)

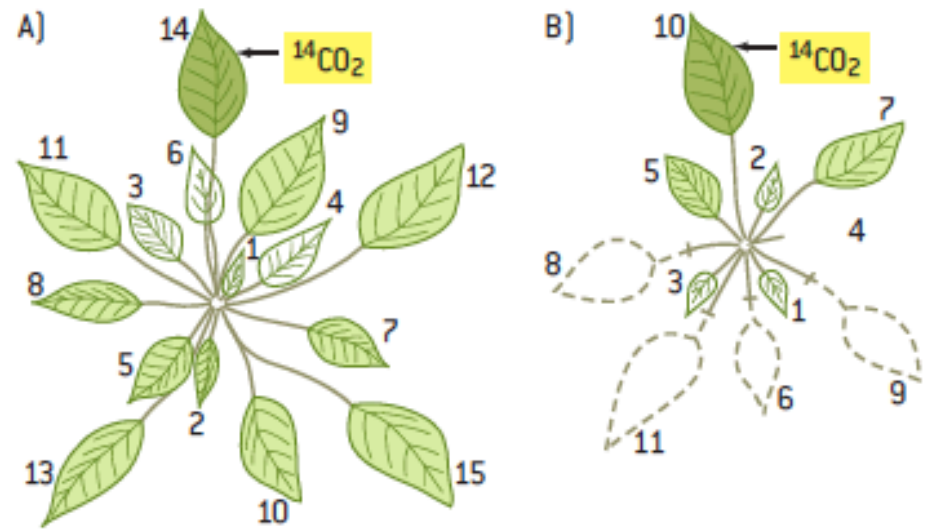
Se determinó la distribución de la radiactividad en las hojas de una planta de remolacha (*Beta vulgaris*) una semana después de haber suministrado $^{14}\text{CO}_2$ durante cuatro horas a una sola hoja de origen (marcada con una flecha en la figura 14). El grado de marcado radiactivo está indicado por la intensidad del sombreado de las hojas. Las hojas están numeradas según su edad (la hoja 1 es la más joven, recién brotada).

El propósito del experimento fue determinar la posición de las hojas de destino en relación con la posición de las hojas de origen. La hipótesis era que las hojas inmediatamente por encima y por debajo de la hoja de origen son más propensas a recibir los productos de la fotosíntesis y que la poda hace que se desvíen las rutas de translocación para incluir las hojas laterales. La figura 14A muestra la distribución de los productos de la fotosíntesis en una planta intacta. La figura 14B muestra la distribución después de quitar varias hojas.

(i) Identifica en la figura 14A las dos hojas que recibieron más productos de la fotosíntesis. [2]

(ii) Basándote en la figura 14A, describe la localización de las hojas de destino que reciben más productos de la fotosíntesis en relación con la hoja de origen. [2]

(iii) Evalúa la hipótesis de que las hojas inmediatamente por encima y por debajo de la hoja de origen son más propensas a recibir los productos de la fotosíntesis y que la poda hace que se desvíen las rutas de translocación para incluir las hojas laterales. [3]



▲ Figura 14

BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB

- **BIOLOGÍA.** ALLOTT, Andrew, MINDORFF, David. AZCUE, José. Editorial Oxford. ISBN 978-0-19-833873-4.
- **ECOLOGY.** GREENWOOD, Trancey. SHEPHERD, Lyn. ALLAN, Richard. BUTLER, Daniel. Editorial BIOZONE International Ltd.
- **ENVIRONMENTAL SYSTEMS AND SOCIETIES.** RUTHERFORD, Jill. WILLIAMS, Gillian. Editorial Oxford.
- **BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA.** PEDRINACI, Emilio. GIL, Concha. GÓMEZ DE SALAZAR, José María.. Editorial SM.
- <http://iagricola.blogspot.com/2015/08/organizacion-y-ultraestructura-de-los.html>
- [CONCEPTOS ANIMADOS EN HIPERTEXTOS DEL ÁREA DE BIOLOGÍA](#)
- www.departamentobiologiaygeologiaiesmuriedas.wordpress.com
- <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~29701428/ccnn/>
- <http://www.lourdesluengo.es/animaciones/animaciones.htm>
- <http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/1bachillerato/animal/invesclona.htm>
- <http://www.youtube.com/watch?v=rjKRQYmi1Lk>
- http://www.youtube.com/watch?v=Sy_hwmrdbiw&feature=related
- <http://www.youtube.com/watch?v=Wx5oNXLTM7c>
- <http://www.youtube.com/watch?v=tvNXgFIHUs>
- <http://www.youtube.com/watch?v=z10iiTkV3XU>

Bibliografía:



IB Biología: Libro del alumno.
Versión en español. Oxford.
Edición 2015.
<https://goo.gl/YkkZ1q>



Biology Study Guide 2014 edition.
En inglés.
<http://goo.gl/yxz0kd>

Agradecimiento:



Parte de esta presentación ha sido confeccionada y traducida con permiso a partir de las presentaciones de Stephen Taylor disponibles en:
<http://i-biology.net/>



Más recursos:



<https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/home>