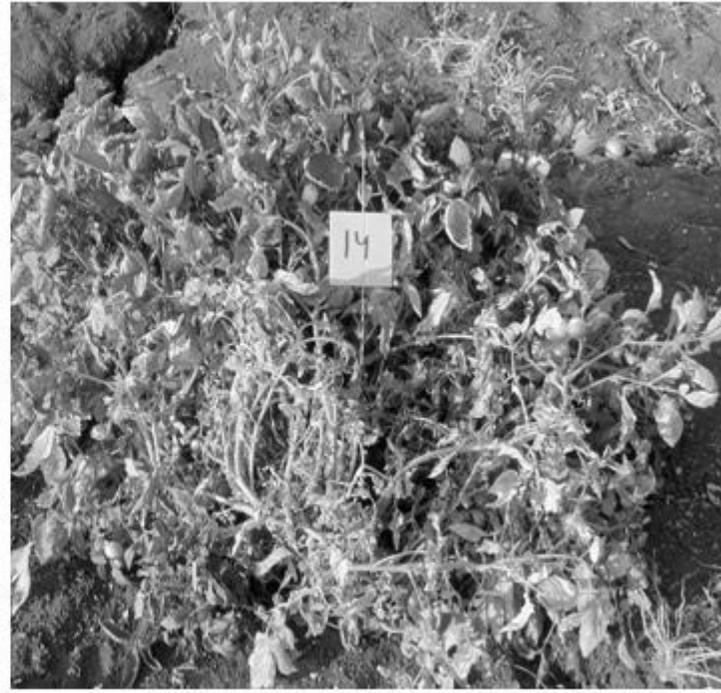


ECONOMÍA DEL CARBONO

5. Transporte y partición de fotoasimilados

Partición de fotoasimilados

- Importancia agronómica
dado que en muchos cultivos sólo se cosecha una parte de la planta, el rendimiento depende no sólo del INC de la planta sino de qué proporción de los productos de la fotosíntesis va a parar a órganos de cosecha.

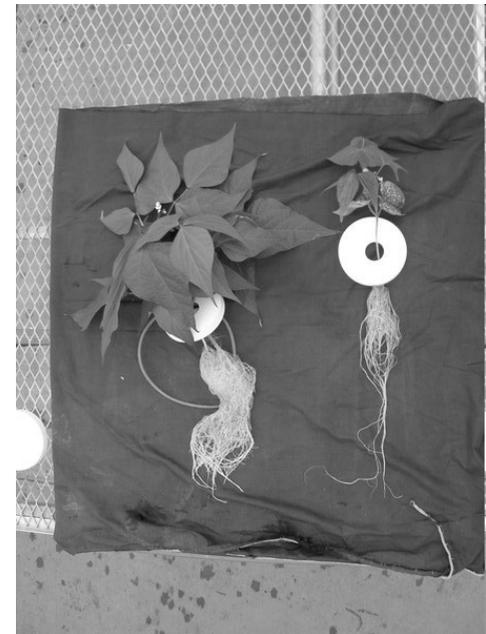


Las plantas de la izquierda no son más grandes que las de la derecha, pero tienen un índice de cosecha más alto

Partición de fotoasimilados

- **Importancia biológica**

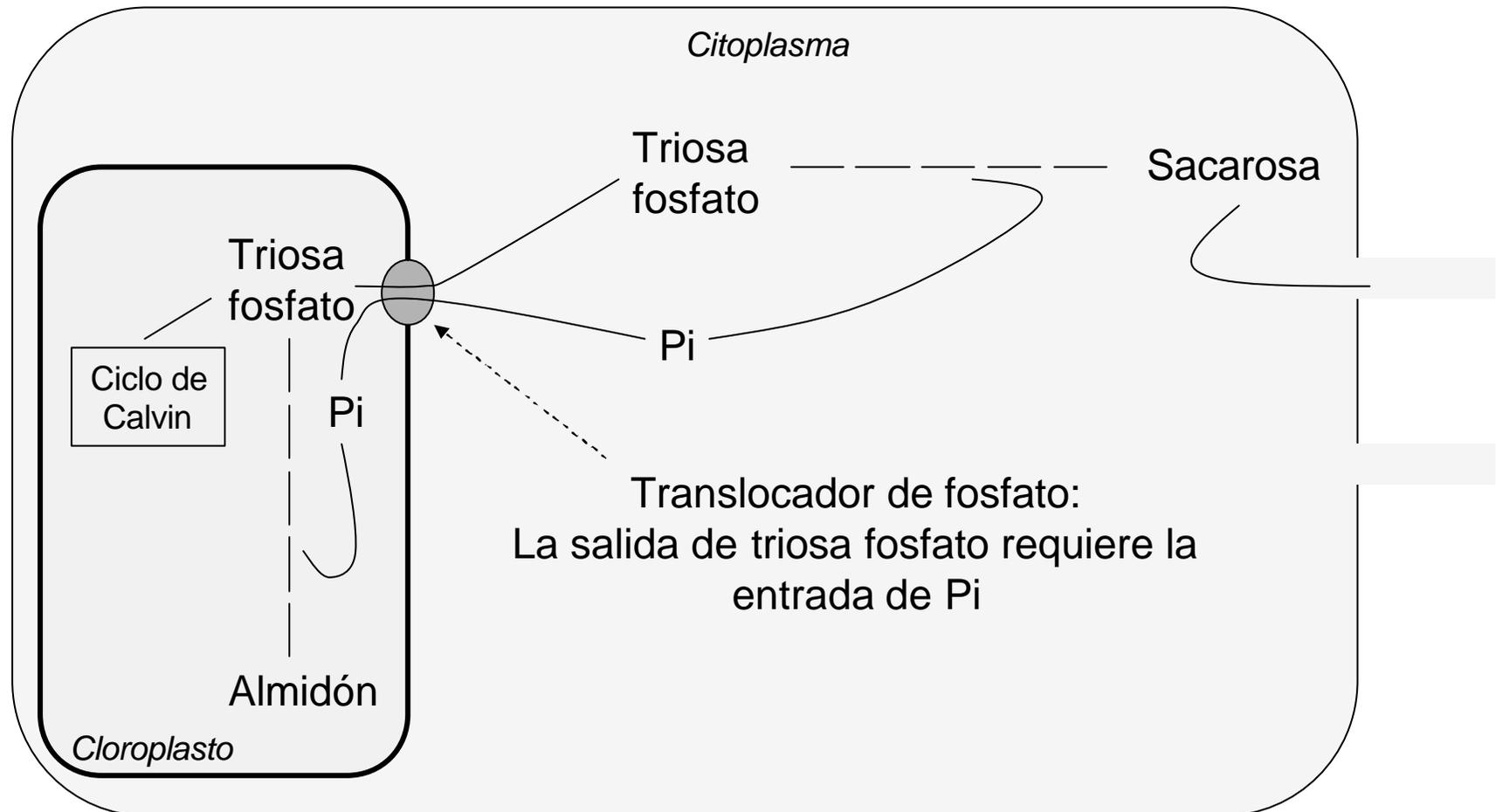
Dado que la transpiración y la fotosíntesis ocurren principalmente en las hojas y la absorción de agua y nutrientes en la raíz, la magnitud relativa de estos procesos va a depender de la proporción de los asimilados asignados a estos órganos.



Partición de fotoasimilados

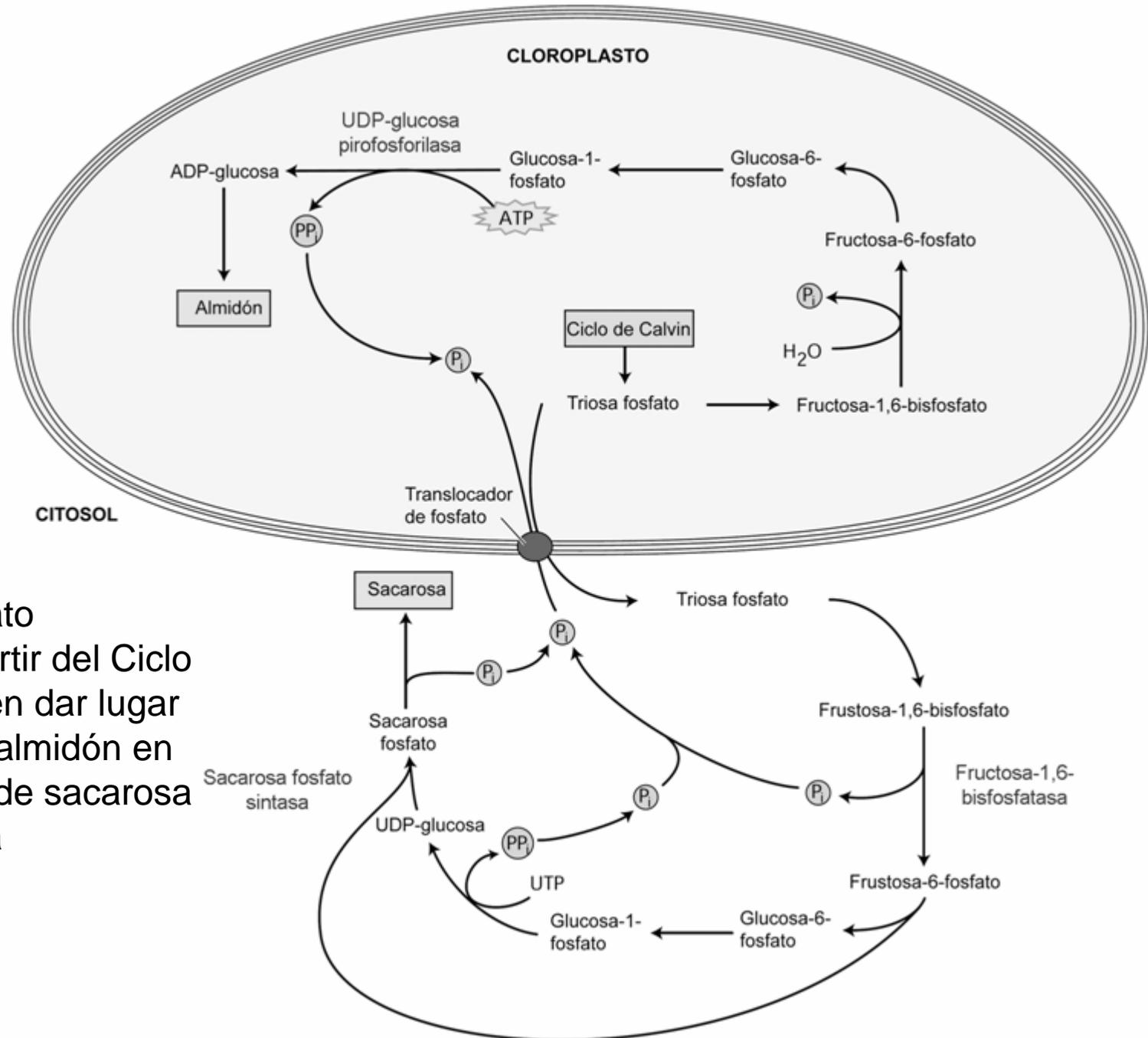
- Nos interesa fundamentalmente la partición a nivel de planta entera, pero la partición diferencial comienza a nivel celular (la sacarosa puede salir de la célula y moverse a otros destinos pero el almidón no).

Las triosas fosfato producidas a partir del Ciclo de Calvin pueden dar lugar a la síntesis de almidón en el cloroplasto o de sacarosa en el citoplasma



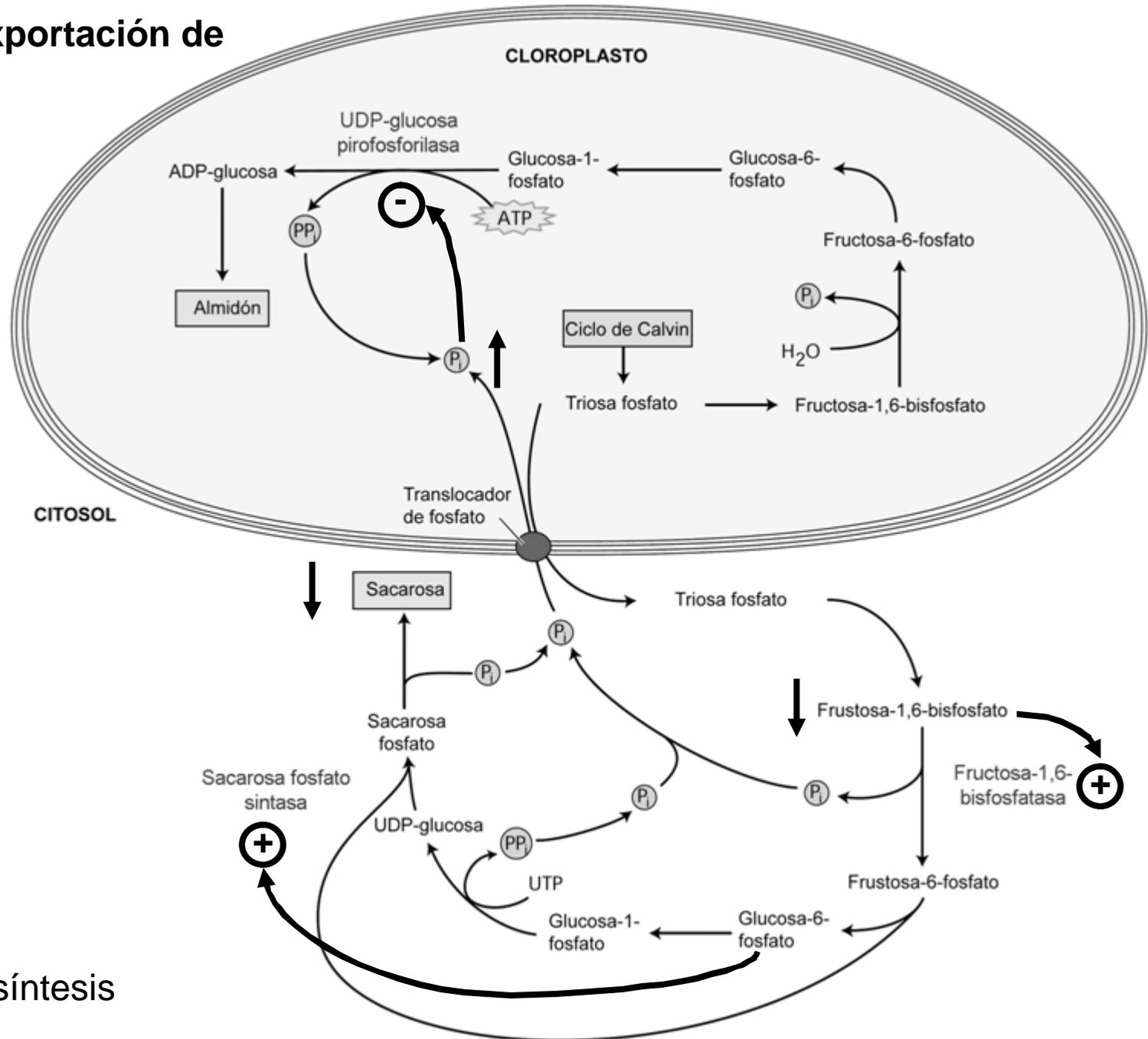
Si hay mayor exportación de sacarosa:

- Aumenta la síntesis de sacarosa: Por regulaciones de la actividad de las enzimas de síntesis
- Cae la síntesis de almidón
- Puede **umentar la tasa de fotosíntesis** por mayor disponibilidad de Pi en el cloroplasto



Las triosas fosfato producidas a partir del Ciclo de Calvin pueden dar lugar a la síntesis de almidón en el cloroplasto o de sacarosa en el citoplasma

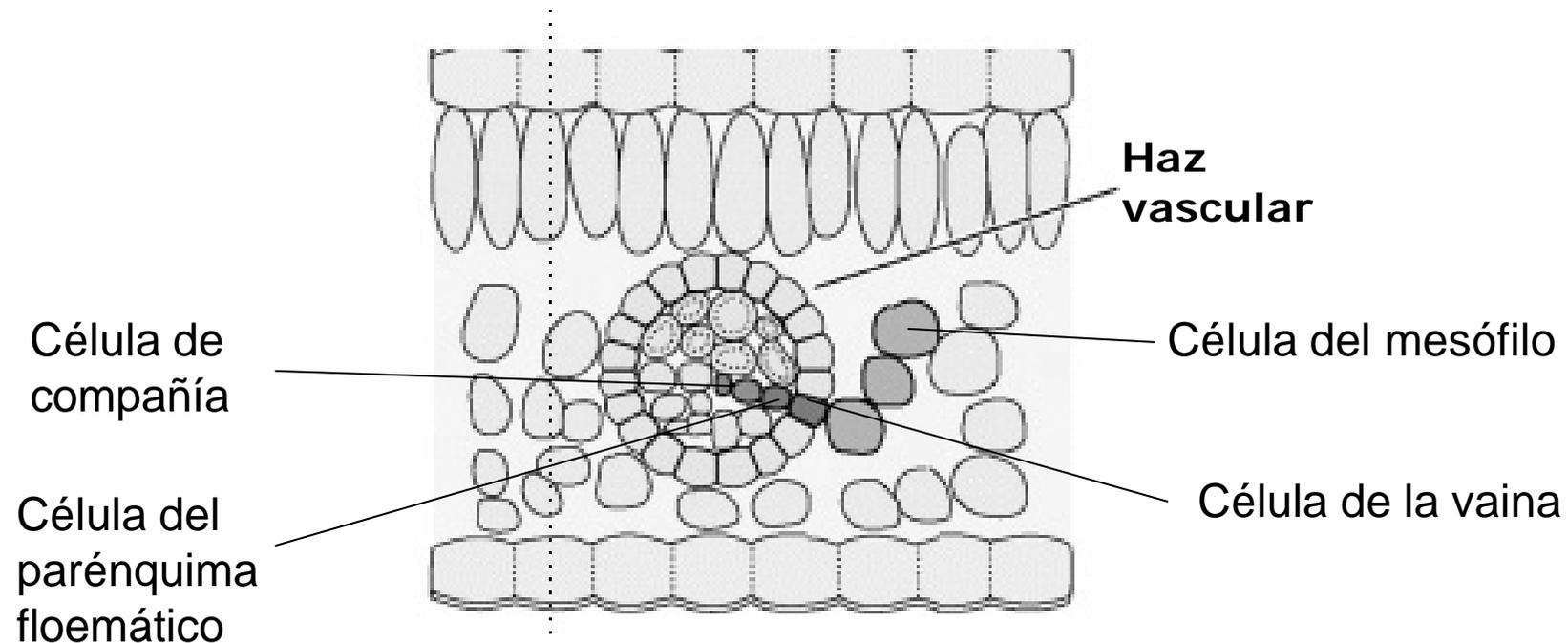
Si hay mayor exportación de sacarosa

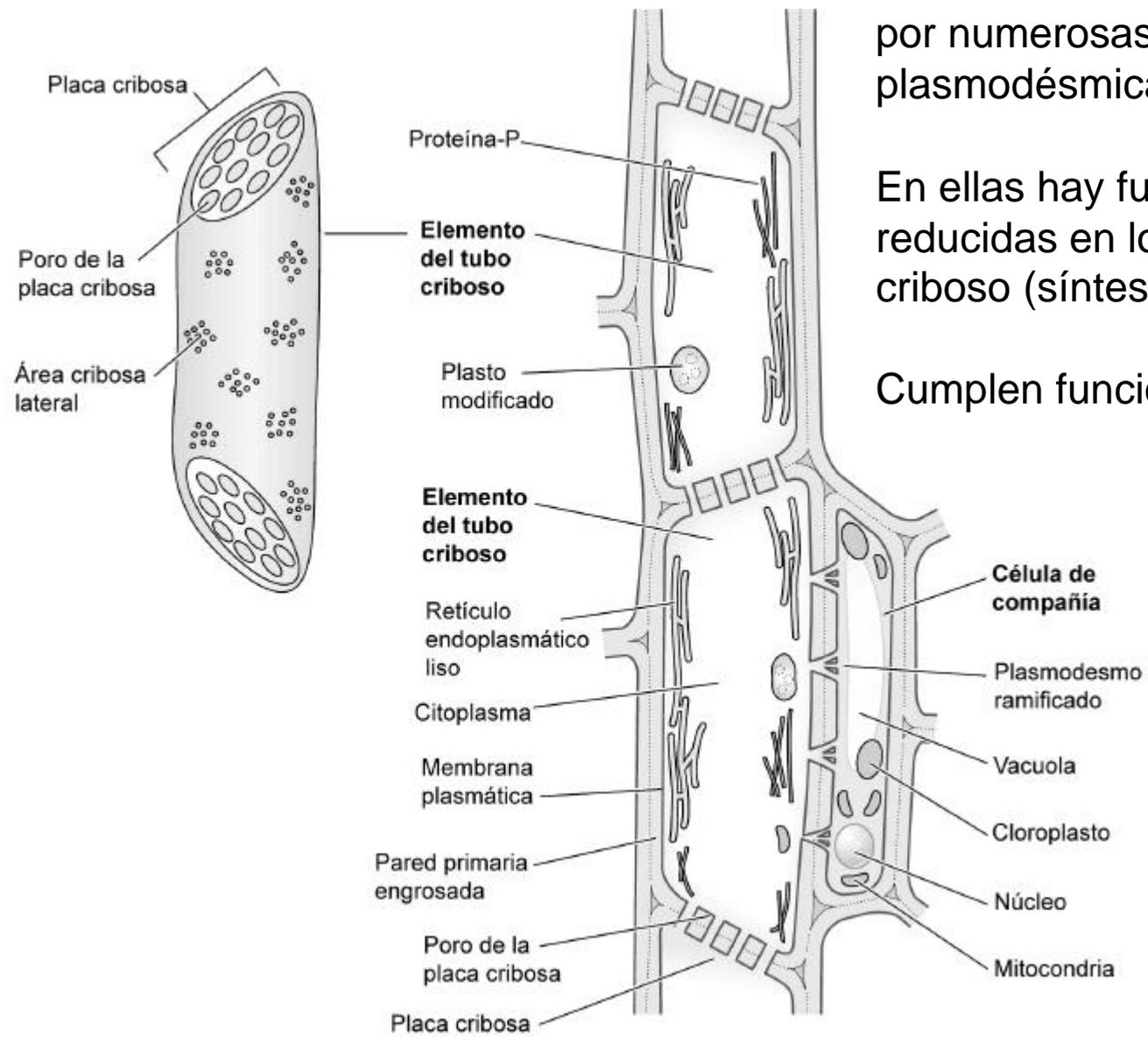


Se estimula la síntesis de sacarosa

El camino hacia el floema

- Las células del mesófilo están a pocas células de distancia de alguna terminación de haces vasculares (ej.: tres células).
- De las células del mesófilo la sacarosa pasa a las células de la vaina y de allí a las células de compañía





Cada elemento del tubo criboso está asociado a una célula de compañía por numerosas conexiones plasmodésmicas.

En ellas hay funciones que son muy reducidas en los elementos del tubo criboso (síntesis de proteínas).

Cumplen funciones en la carga

Hay tres tipos de células de compañía:

1) Células de compañía ordinarias



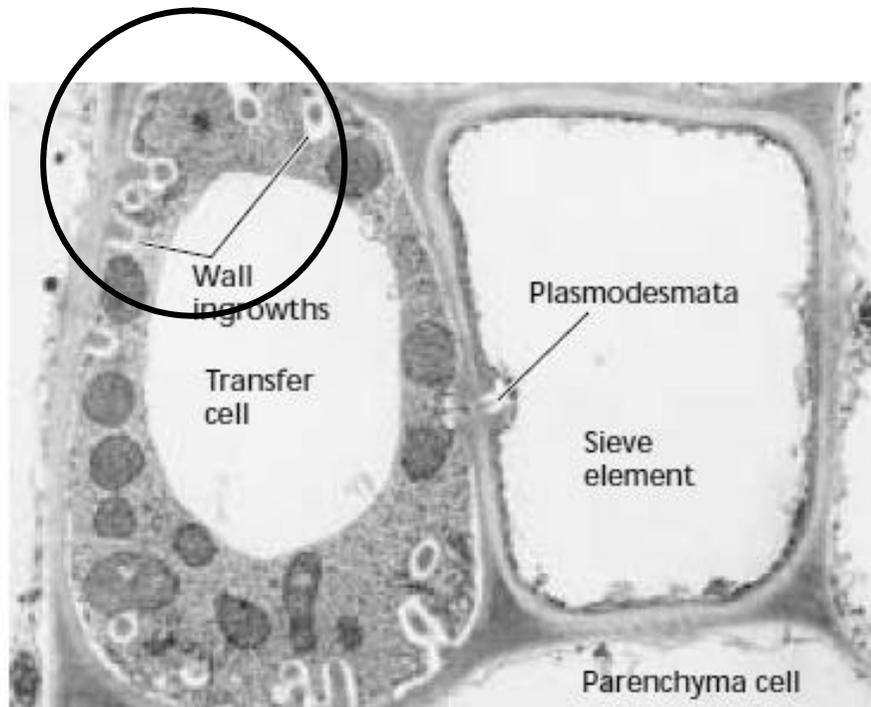
Célula de
compañía
ordinaria

Tubos cribosos

- Contienen cloroplastos bien diferenciados
- Escasas conexiones por plasmodesmos con células circundantes (excepto con el elemento criboso)
- Paredes celulares lisas

Hay tres tipos de células de compañía:

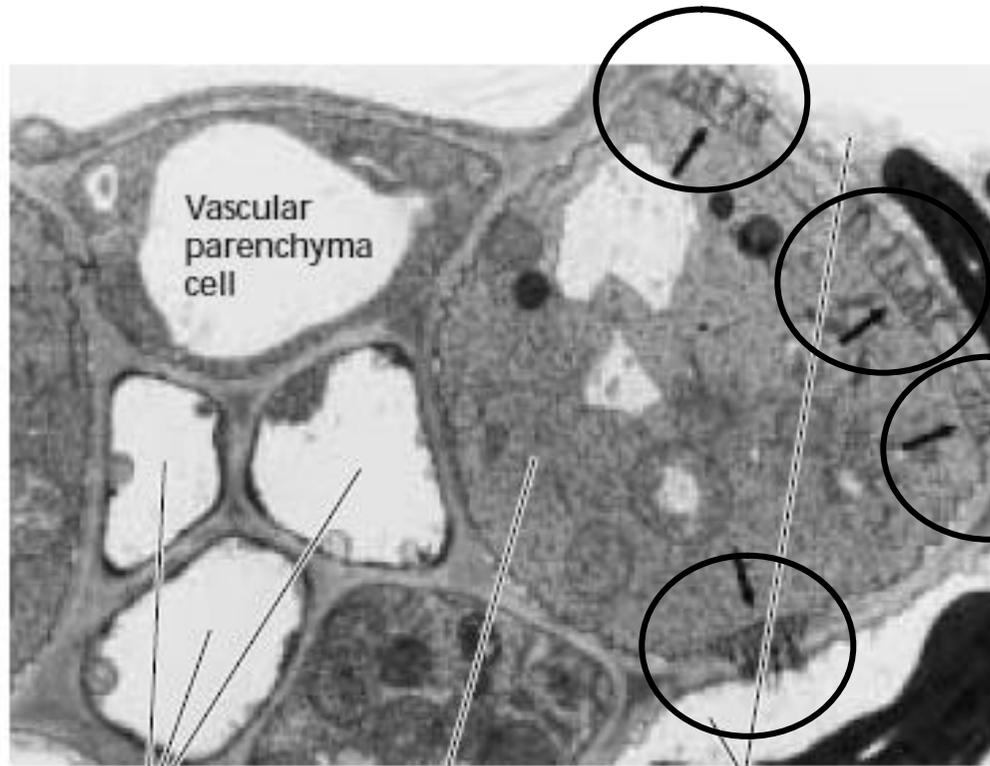
2) Células de transferencia



- Contienen cloroplastos bien diferenciados
- Escasas conexiones por plasmodesmos con células circundantes (excepto con el elemento criboso)
- Paredes con invaginaciones

Hay tres tipos de células de compañía:

3) Células intermediarias



Tienen numerosos plasmodesmos que la conectan sobre todo con células de la vaina

Elementos
cribosos

Célula
intermediaria

Células de la
vainas

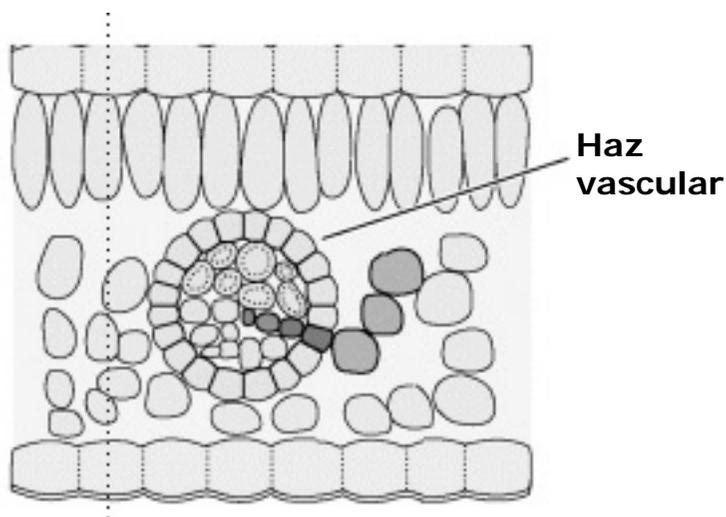
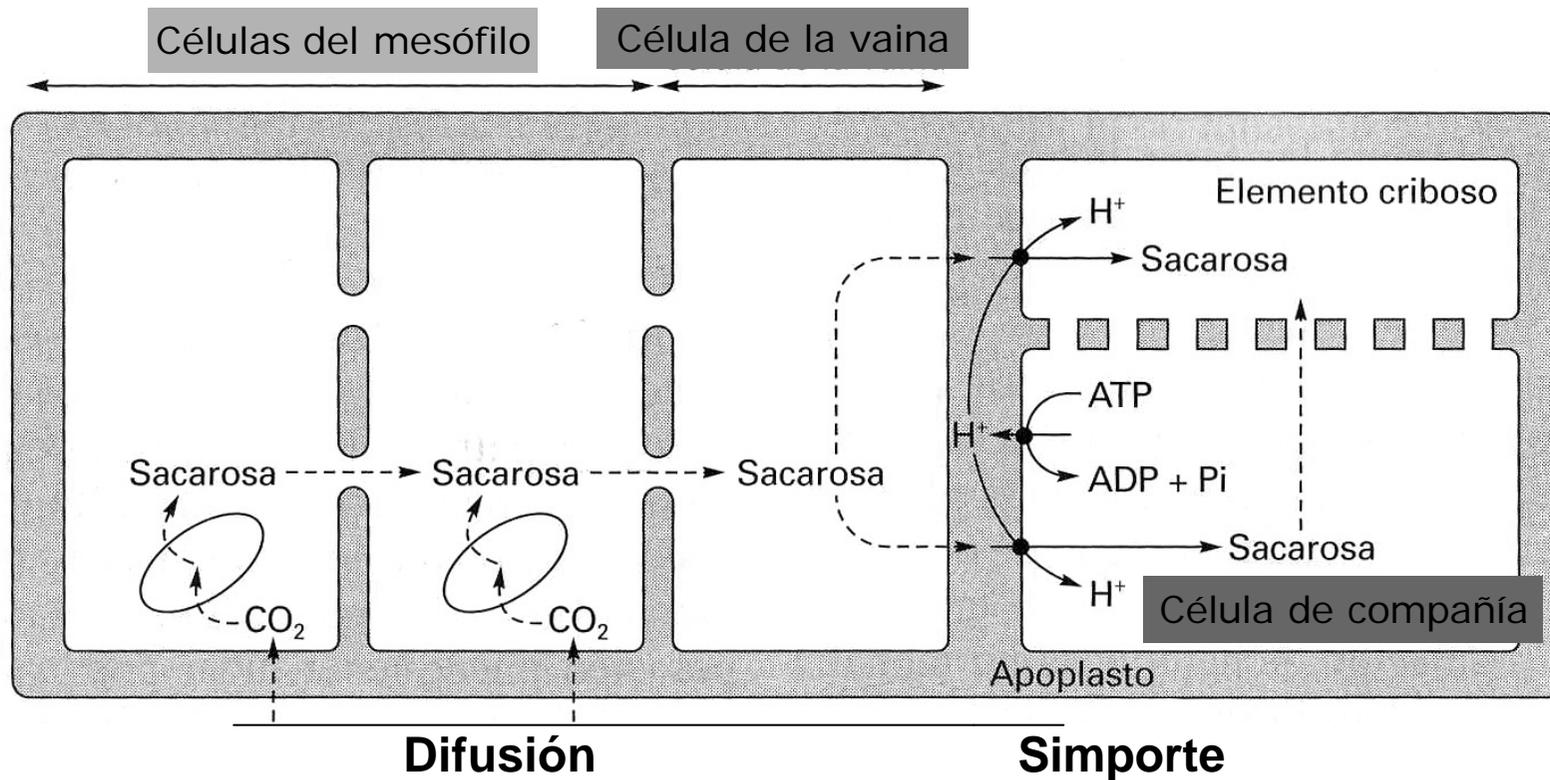
Carga apoplástica del floema

- La sacarosa puede salir de la célula en que fue sintetizada moviéndose por difusión por un gradiente de concentración.
- En la cercanía del floema puede salir al apoplasto por difusión, a favor del gradiente de concentración.
- Desde el apoplasto es cargada al floema por simporte con protones, en contra de su gradiente de concentración.
- El pasaje activo del apoplasto al floema mantiene el gradiente que favorece la difusión desde la célula de síntesis hasta el floema.

Carga simplástica del floema

- En algunas especies (*Coleus blumei*, *Cucurbita pepo*, *Cucumis melo*), los azúcares no salen al apoplasto en su camino hacia el floema, sino que llegan a este por plasmodesmos.

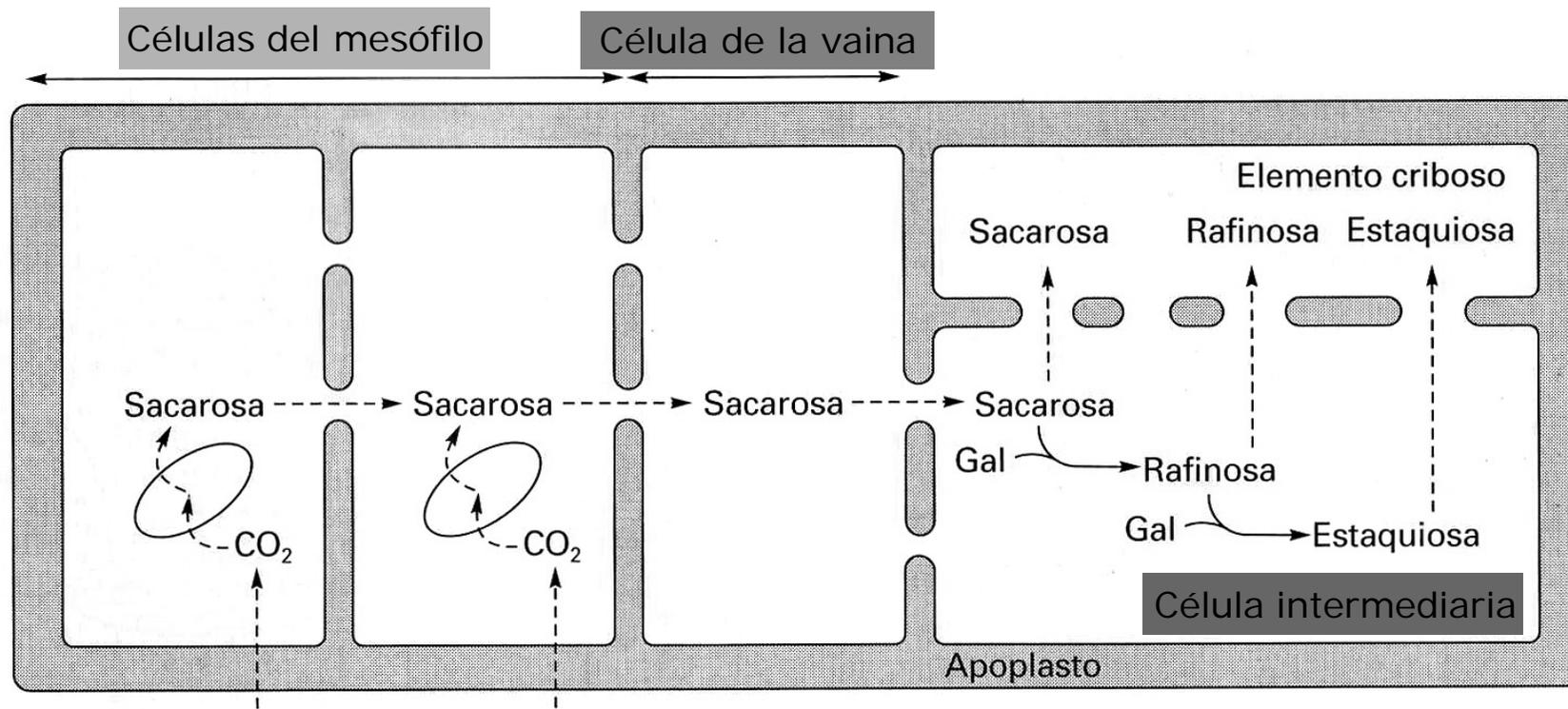
Carga apoplástica del Floema



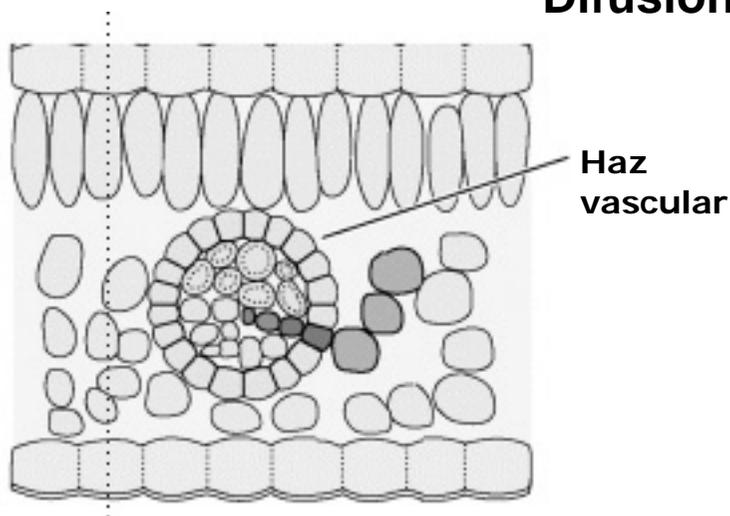
Las especies que tienen carga apoplástica del floema:

- Transportan sacarosa por el floema.
- Tienen pocos plasmodesmos entre células de compañía o tubos cribosos y células circundantes.
- Tienen células de compañía ordinarias y de transferencia (en las venas menores del floema).

Carga simplástica del Floema



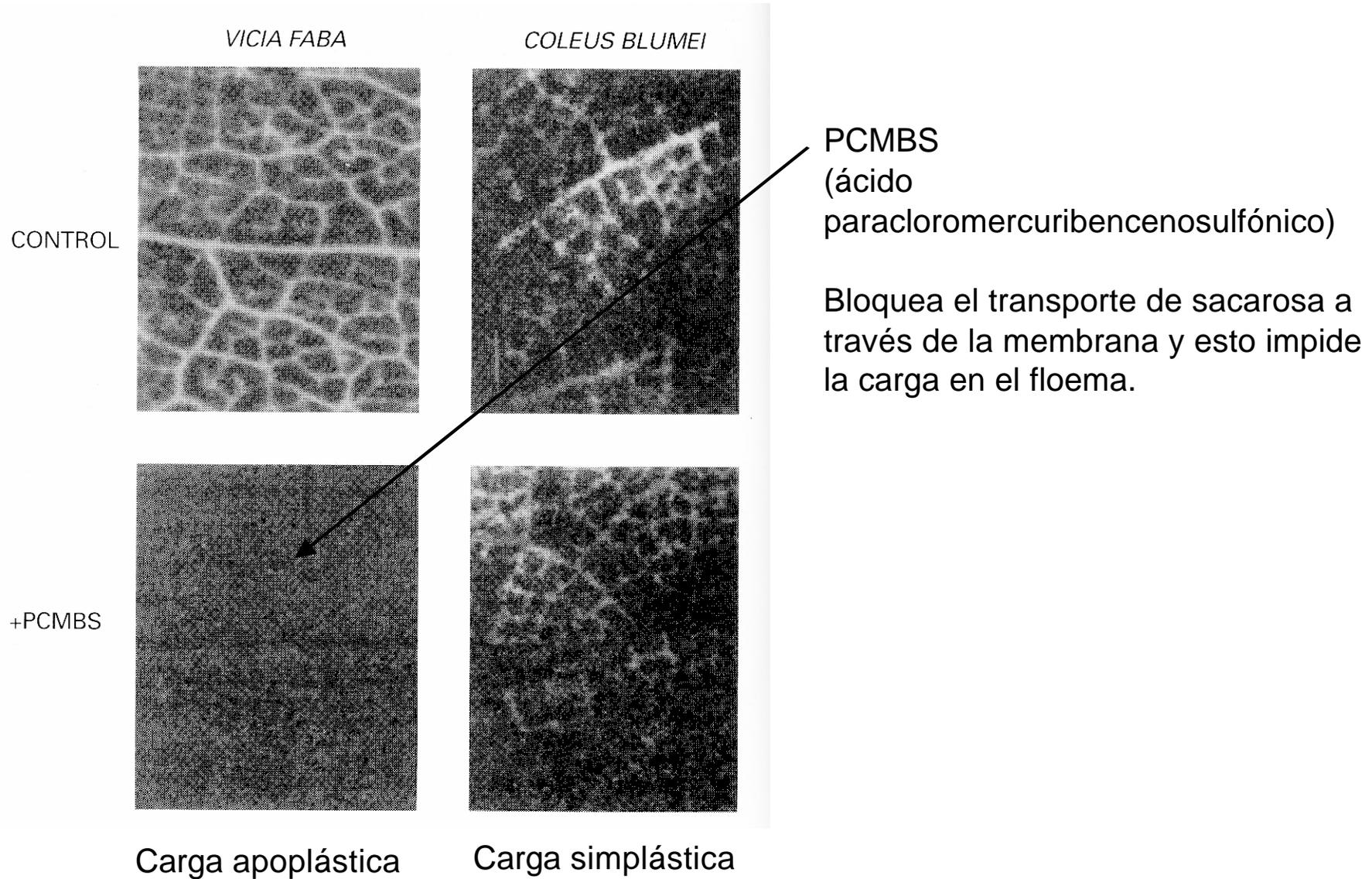
Difusión



Las especies que tienen carga simplástica del floema:

- Transportan oligosacáridos, además de sacarosa, por el floema.
- Tienen abundantes plasmodesmos entre células intermediarias y células circundantes.
- Tienen células intermediarias (en las venas menores del floema).

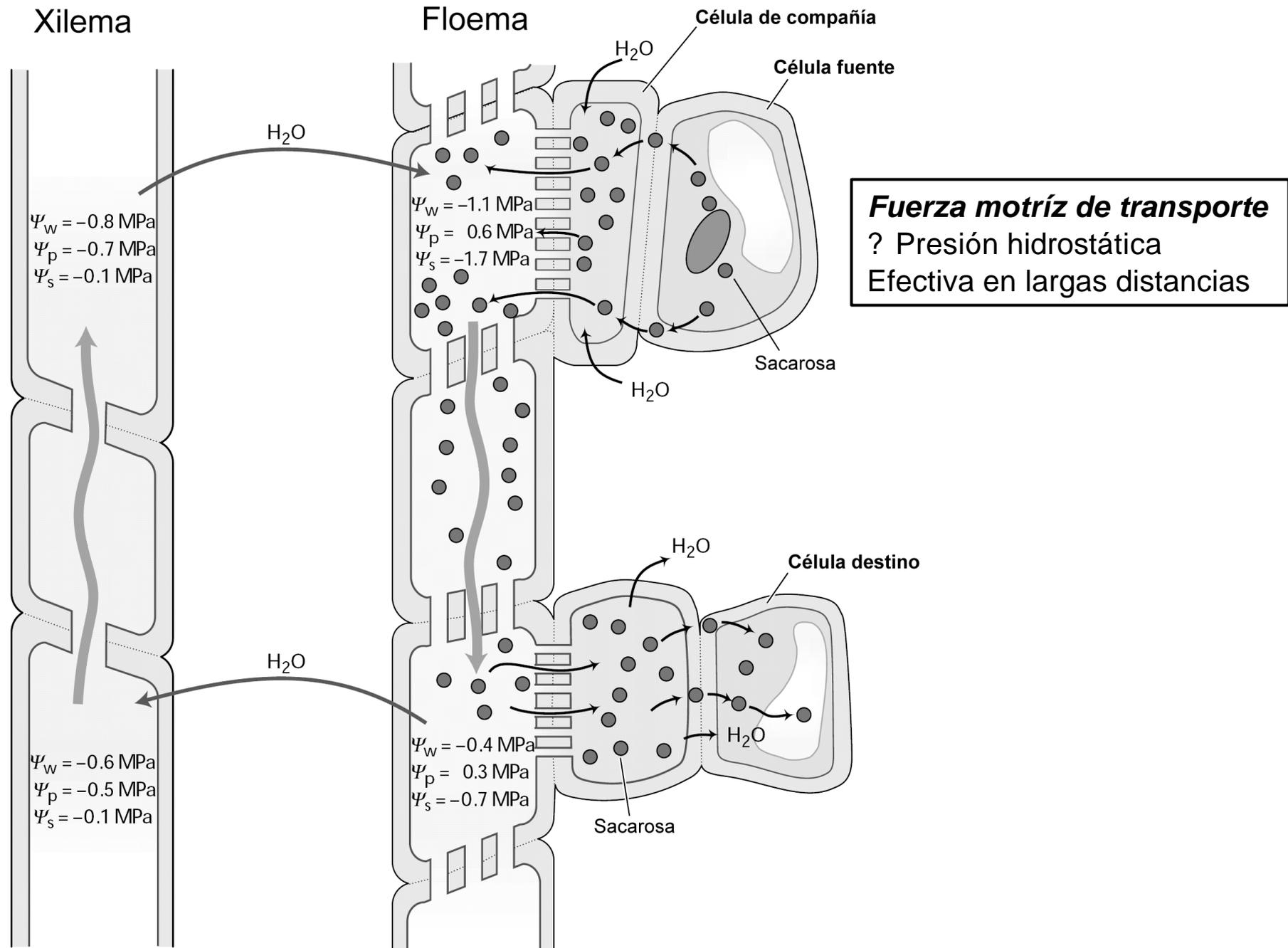
Autorradiografías para detectar $^{14}\text{CO}_2$ en las venas menores del floema



Transporte por el floema

- La carga del floema aumenta la concentración de azúcares.
- El potencial osmótico y el potencial agua se hacen más negativos y entonces entra agua desde el apoplasto.
- El agua que ingresa al floema genera presión.
- El contenido del floema se mueve por flujo masal.

Transporte por floema (mecanismo de transporte: Hipótesis de Munch)



¿Qué se mueve por el floema?

Composición variable, dependiente de la especie, edad y estado fisiológico.

- » pH próximo a 8 (superior al de xilema y parénquima)
- » alto contenido en materia seca (10-25%)
- » bajo peso molecular de las sustancias disueltas
- » potencial osmótico muy negativo (-1 a -3 MPa)
- » viscosidad elevada (hasta 2 veces la del agua)

- azúcares (80-90% de materia seca)
- proteínas, aminoácidos, amidas
- ácido málico
- aniones y cationes inorgánicos
- fosfatos nucleótidos (ADP, ATP)
- hormonas vegetales

» AZÚCARES

- » Sacarosa (más abundante)
- » Derivados de sacarosa (rafinosa, estaquiosa, verbascosa)
- » Manitol, sorbitol
- » *Carácter no reductor*

» NITRÓGENO

- » Aminoácidos (glutamato, aspartato)

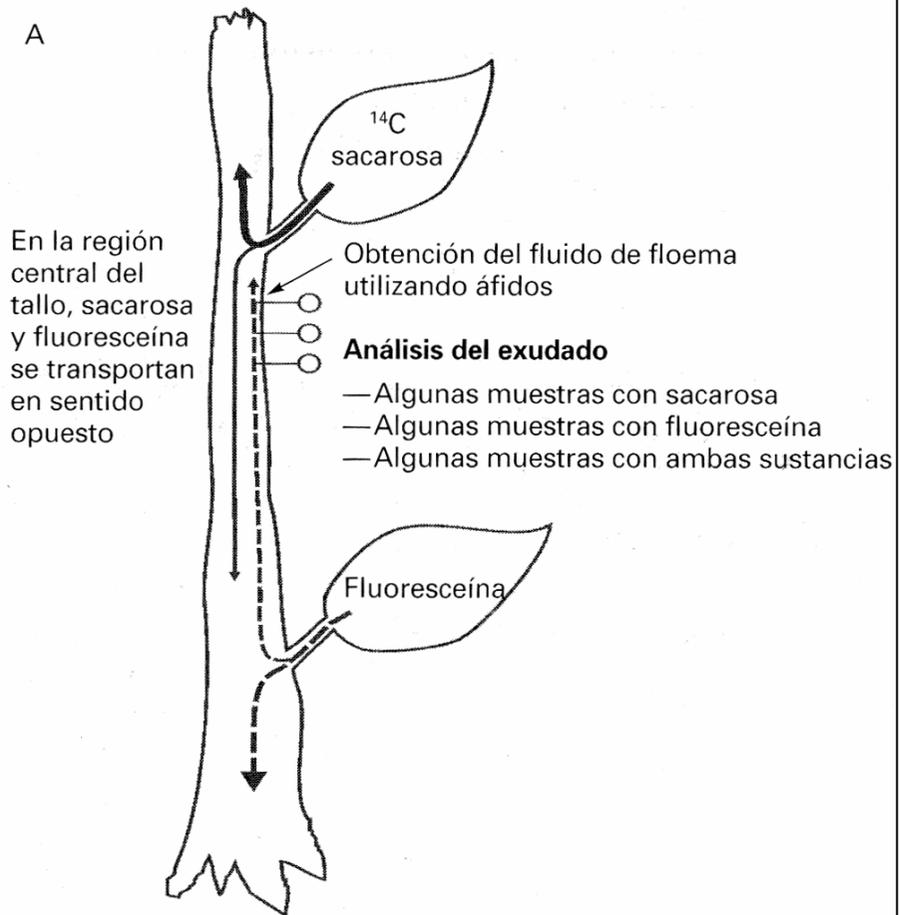
» CATIONES-ANIONES

- » Potasio (más abundante)
- » Magnesio, sodio
- » Fosfato, cloruro

» OTROS

- » Sistémicos (herbicidas)
- » Virus

RNAm CO (señal de floración)



Por el floema viajan sustancias en ambas direcciones, pero por distintos tubos cribosos



Descarga del floema

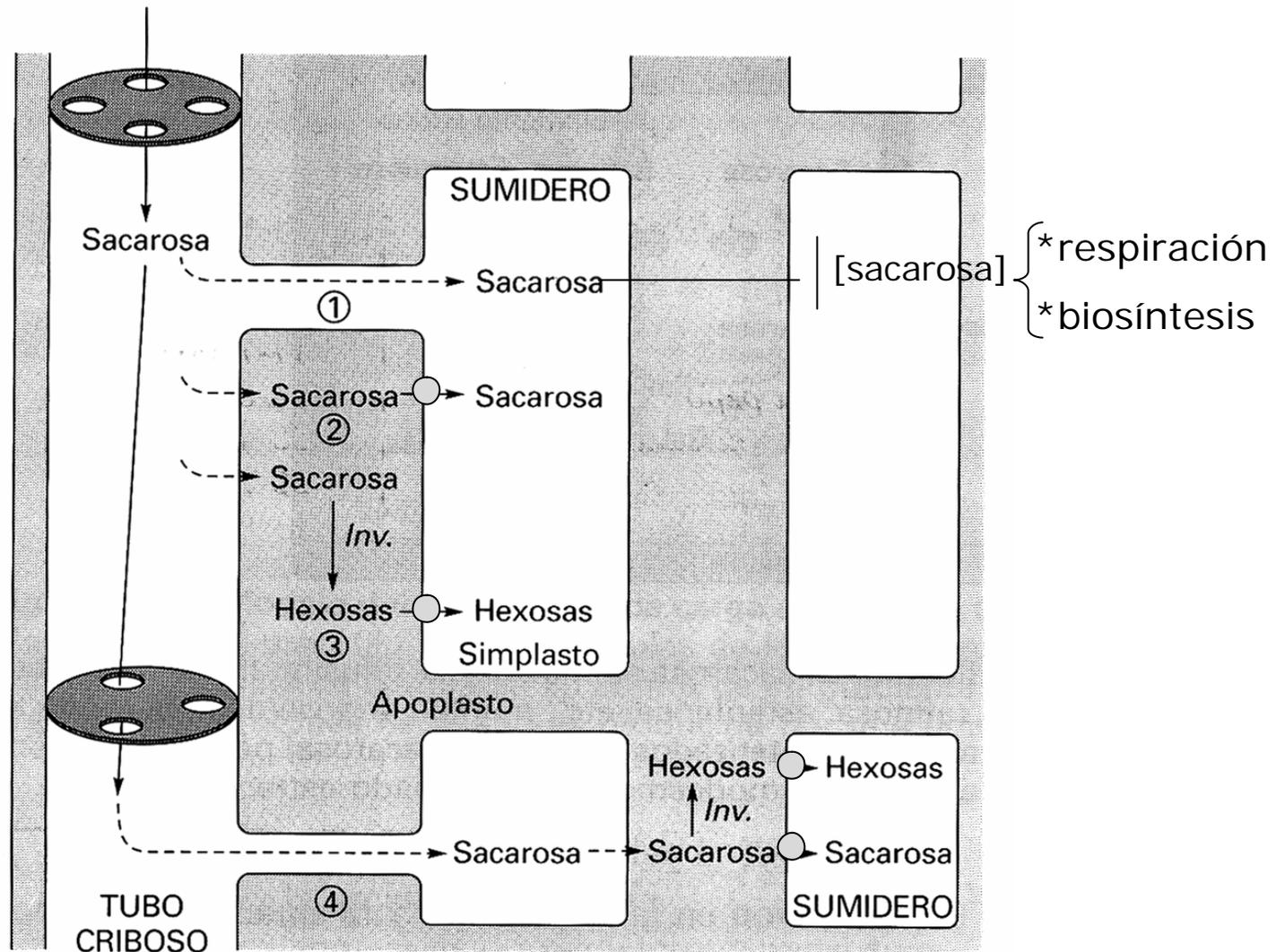
- Los azúcares llegan por el floema a los destinos
- En los destinos ocurre la descarga.
- La descarga ocurre a favor de gradientes de concentración y /o presión (mecanismos pasivos) o en contra de gradientes de concentración (mecanismos activos)

Descarga del Floema

En ápices, raíces, tallos y hojas la descarga es simplástica (1)

En órganos de reserva la descarga es apoplástica (2 y 3)

En frutos y semillas la descarga es simplástica y luego apoplástica (4)



Mecanismos de descarga en los destinos

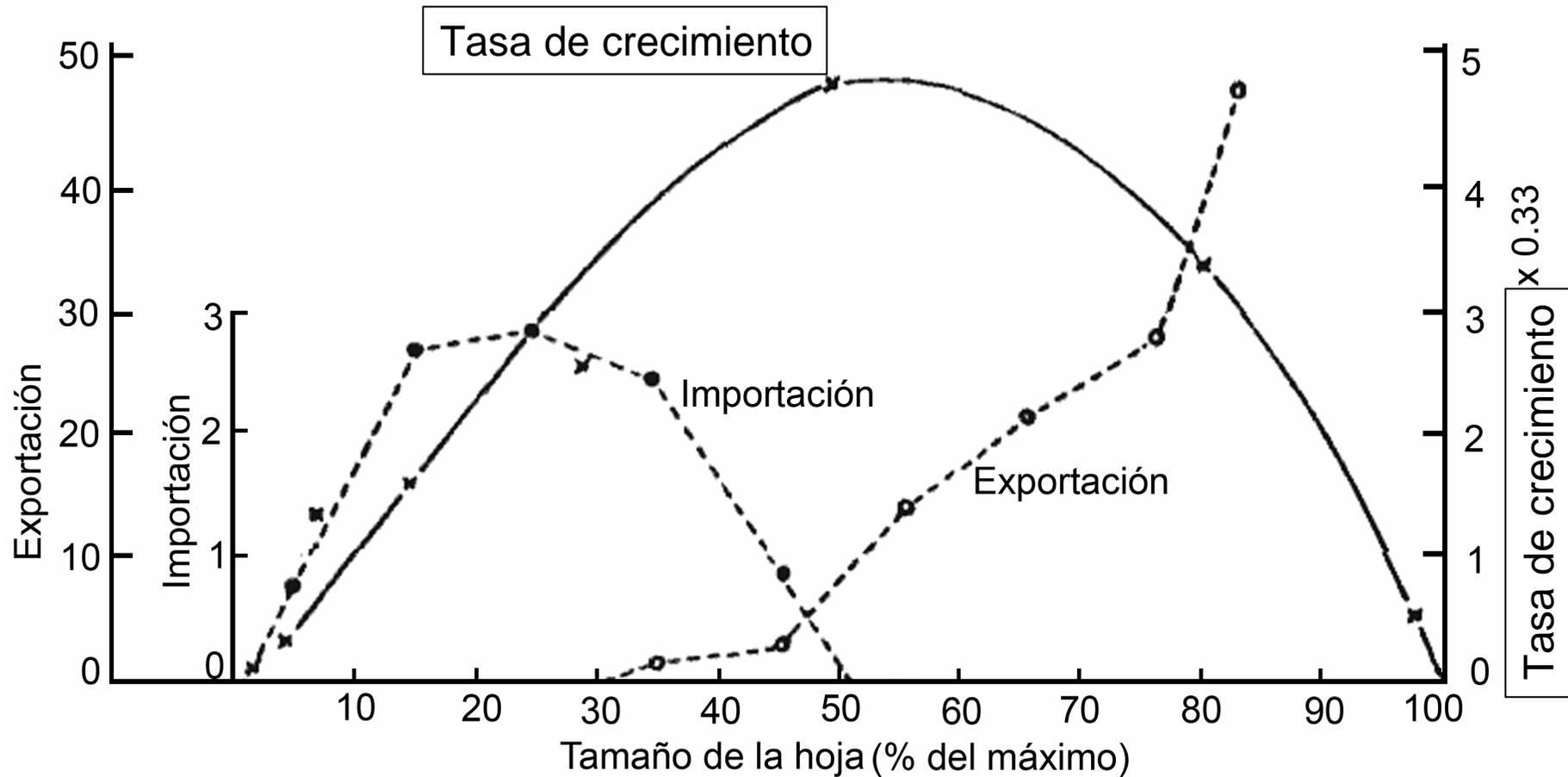
Relación entre crecimiento y descarga simplástica

- Si un tallo crece más es porque sus paredes se ablandan. Al ablandarse las paredes se relaja la presión de turgencia y aumenta la diferencia de presión con el floema, favoreciéndose la descarga por flujo masal
- Si un tallo crece más, los azúcares que llegan son más utilizados en la síntesis (por ejemplo, síntesis de pared). Al caer su concentración aumenta el gradiente de concentración con el floema. También cae su aporte al potencial osmótico y esto reduce el potencial de presión (turgencia), favoreciendo el flujo masal

Las relaciones entre fuentes y destinos son variables

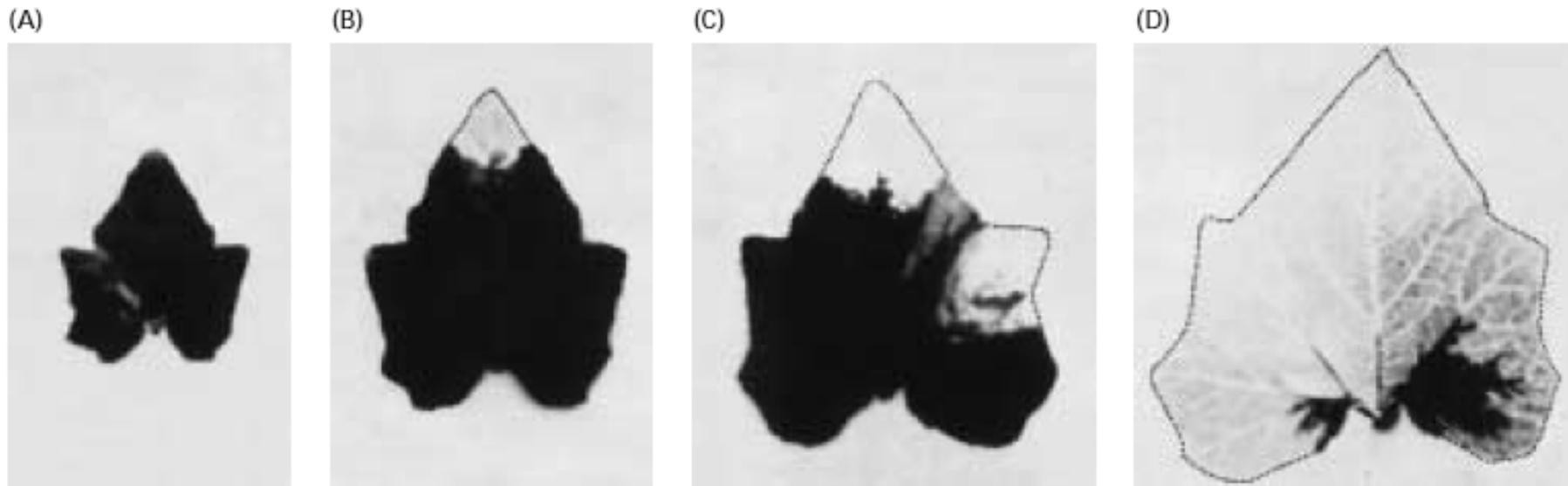
- Un órgano puede ser fuente o destino según su estado ontogénico.
- La relación fuente-destino se establece primariamente dentro del mismo ortóstico.
- La relación entre una fuente y un potencial destino depende de la posición y actividad de otras fuentes o destinos entre ellos.

La hoja según su edad ontogénica se comporta como fuente o destino



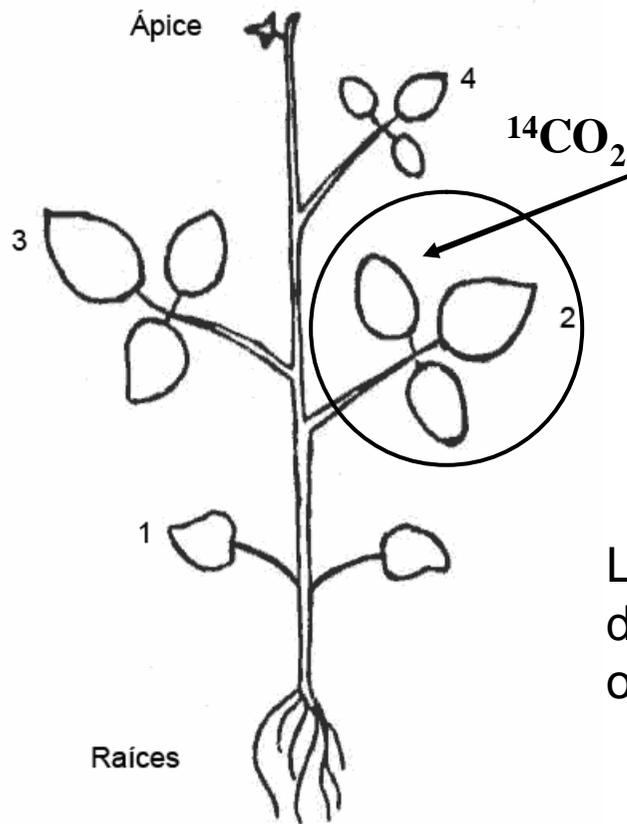
Patrones de importación, exportación y tasa de crecimiento de hojas de soja en función de su tamaño relativo (% del tamaño final). Datos de exportación e importación expresados como % de la actividad total de la planta; tasa de crecimiento, como aumento diario de área en % de área final.

Hojas de *Cucurbita pepo* de distinta edad. El carbono marcado fue dado a otra hoja que actúa como fuente. El color negro indica la presencia de carbono radioactivo que llegó desde la hoja fuente. A medida que la hoja crece, se reduce la llegada de carbono desde otras hojas.



La hoja madura no importa fotoasimilados, ni siquiera si la hoja es sombreada y el INC resulta negativo

Intensidad de velado (escala arbitraria)							
Hoja de aplicación	Raíz	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 4	Apice	Grado de expansión hoja 4 (% del máximo)
1	5	Fuente	0	0	1	1	85
2	4	0	Fuente	0	4	4	50
3	4	0	0	Fuente	4	4	60
4	3	0	0	0	Fuente	4	90
4	0	0	0	0	Fuente	0	45



Variable respuesta: Cuentas por minuto por ápice		
Tratamiento I hojas 3 y 4 iluminadas	Tratamiento II hojas 3 y 4 enmascaradas antes de iniciar el ensayo	Tratamiento III hojas 3 y 4 eliminadas antes de iniciar el ensayo
5.7	14.0	16.6

La relación entre una fuente y un potencial destino depende de la posición y actividad de otras fuentes o destinos entre ellos

En este experimento con remolacha azucarera, los principales destinos de la hoja marcada con carbono radioactivo (^{14}C en B y 10 en C) son las hojas ubicadas directamente por encima de esta. Sin embargo, hojas en posiciones opuestas también reciben carbono de la hoja marcada si se eliminan sus fuentes (hojas eliminadas en C: 8, 11, 6, 9)

