



Sequoia sempervirens
Secuoya



¿Sabías que esta planta mide hasta 115 metros de altura?

La existencia de plantas terrestres con mucha altura solo fue posible cuando desarrollaron un sistema vascular que permitió un movimiento rápido de agua desde el suelo a las hojas mas altas.

En estos casos también es necesario que los fotoasimilados sintetizados en la hoja se transporten a las raíces.





¿Sabías que esta planta mide hasta 115 metros de altura?

Si quieres conocer los procesos fisiológicos que se esconden tras este record, avanza en el temario



Mediante esta planta record se van a abordar los siguientes procesos fisiológicos:

1. Transporte por el xilema

2. Transporte por el floema

1.

Transporte por el xilema

1a.

Definición

1b.

Estructura del xilema

1c.

Fuerzas que intervienen en el movimiento

1d.

Determinación de la transpiración

- El xilema es el sistema conductor que transporta agua diluida y minerales desde el sistema radical a la parte aérea de la planta.
- Esta savia xilemática no es mas que una disolución diluida de sales minerales en el agua absorbida por la raíz.
- Vídeos para la contextualización del xilema y el transporte de agua.

Xylem Vessels (IB Bio) (2015).

<https://www.youtube.com/watch?v=bk5rCF14qp0>

(Vídeo, inglés) 5 minutos

Water transport in a plant.

<https://www.youtube.com/watch?v=tk5lwL2iNgU>

(Vídeo, inglés) 3 minutos

- Los elementos conductores de xilema son células tubulares que en su proceso de maduración desarrollan paredes secundarias gruesas y muy reforzadas con lignina.
- Cuando llegan a ser funcionales son **células muertas**, su contenido celular ha desaparecido y queda un espacio interior hueco (***lumen***), rodeado de pared secundaria (que suele tener estructuras mecánicas de refuerzo muy elaboradas) y libre para su función como tubo. ¡Similar a una pajita para sorber una coca-cola!
- Existen dos tipos de células muertas:

Traqueidas, que aparecen en gimnospermas.

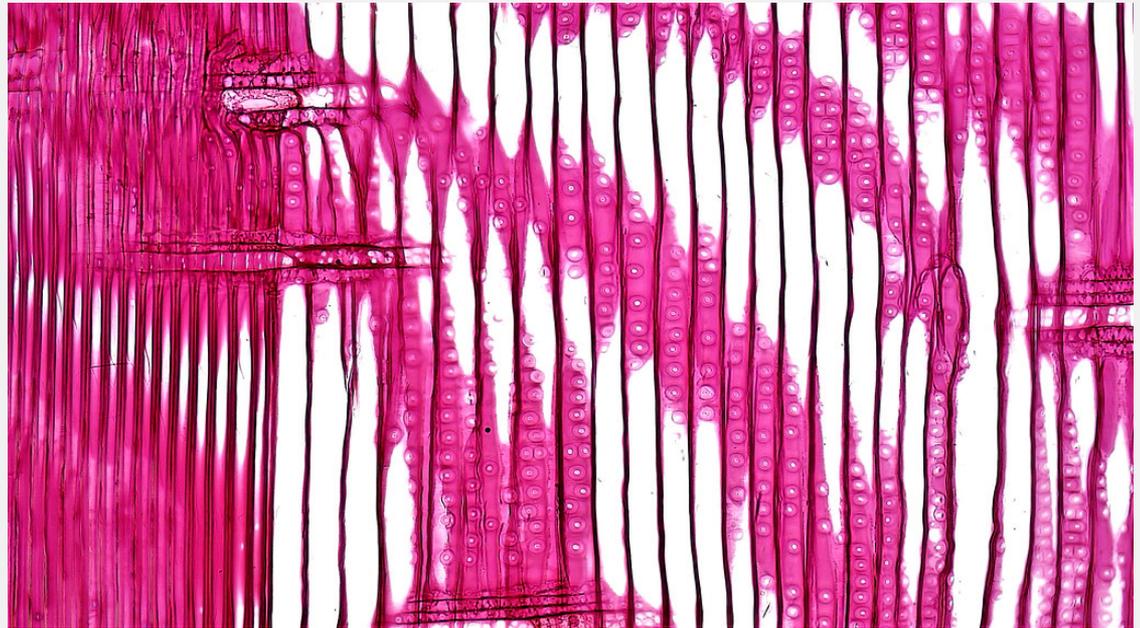
Elementos de los vasos, que aparecen en angiospermas.

Traqueidas (gimnospermas*)

- No suelen estar ordenadas en filas.
- Están interconectados por **poros** entre las paredes laterales adyacentes.
- 0,1-1 cm de longitud.
- 5-80 μm de diámetro.

*Las gimnospermas son plantas vasculares que no tienen verdaderas flores y desarrollan semillas sin fruto.

Ej. Pino, abeto y ciprés.

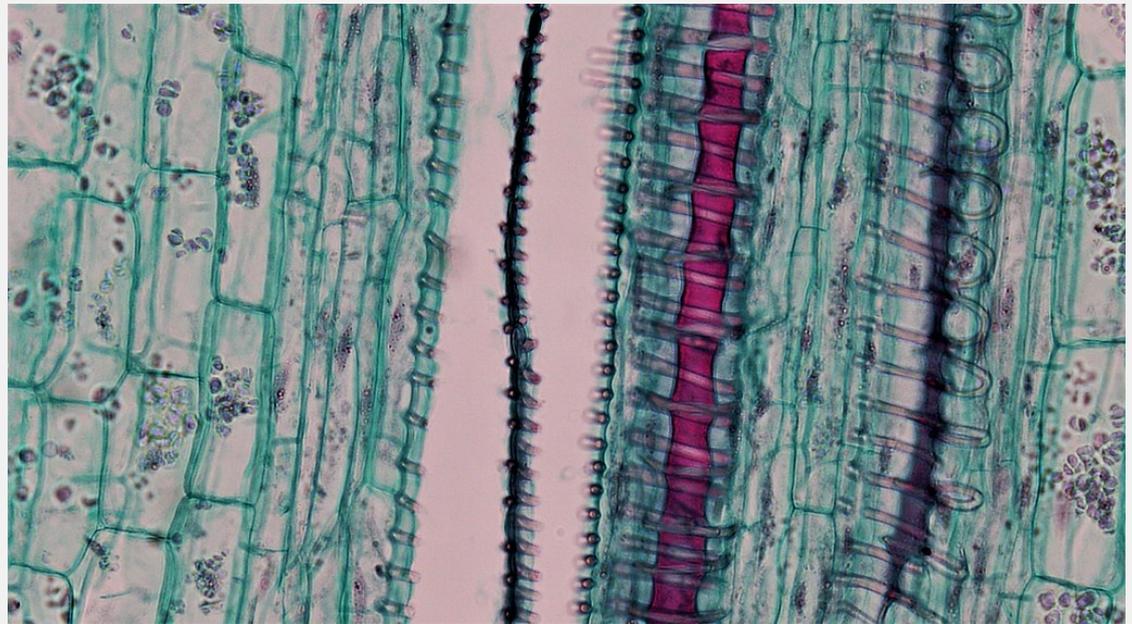


Traqueidas de pino. [CCO 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Elementos de los vasos (angiospermas*)

- Los elementos de los vasos están unidos por perforaciones en sus paredes terminales.
- 1 cm > 1 m de longitud.
- 15-500 μm de diámetro.

*Las angiospermas son plantas vasculares que desarrollan flores y desarrollan semillas envueltas en un fruto. Ej. Manzano y naranjo.



Elementos de los vasos en pepino. [CCO 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1c. Fuerzas que intervienen en el movimiento

El agua siempre se mueve (de forma pasiva) de un punto de potencial hídrico alto a otro punto de potencial hídrico más bajo.

El potencial hídrico (Ψ_h) se define como la capacidad del agua para moverse

El agua se mueve desde el suelo (donde normalmente hay más potencial hídrico) a través de la planta (por transpiración) hasta la atmósfera (que, en la mayoría de las ocasiones, es un gran sistema desecador con potenciales hídricos muy negativos).



Circuelo rojo. Imagen propia: U. Pérez López

Ψ_h en la atmósfera = -100 MPa

Ψ_h en la hoja = -0,5 MPa

Ψ_h en el tallo = -0,2 MPa

Ψ_h en la raíz = -0,1 MPa

Ψ_h en el suelo = -0,05 MPa

1c. Fuerzas que intervienen en el movimiento

El agua siempre se mueve (de forma pasiva) de un punto de potencial hídrico alto a otro punto de potencial hídrico más bajo.

El potencial hídrico (Ψ_h) se define como la capacidad del agua para moverse.

También son importantes:

- Las fuerzas de adhesión.
- Las fuerzas de cohesión.
- La capilaridad.
- La tensión superficial.

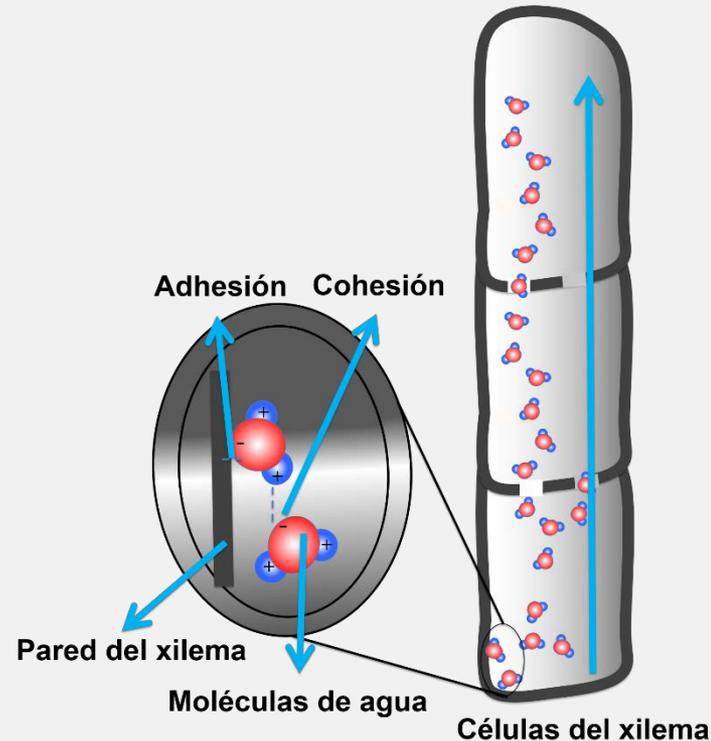


Imagen propia:
U. Pérez López y
J.I. García Plazaola

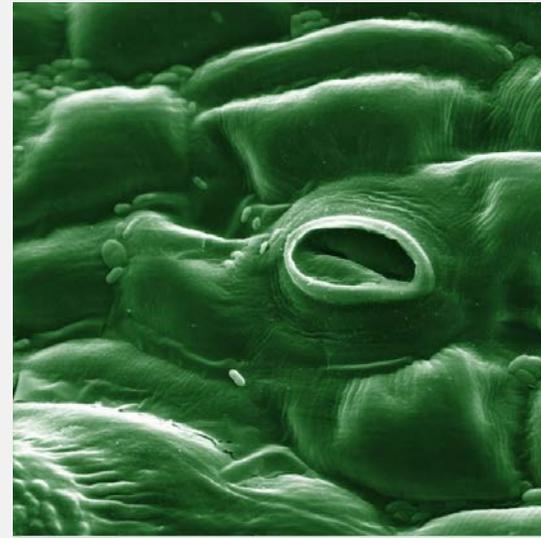
Ascenso de la savia por el xilema.

1c. Fuerzas que intervienen en el movimiento

- Aunque hemos visto por donde se **transporta** el agua, no hay que olvidar
 - ✓ por donde **se absorbe** el agua:
por los **pelos radicales de la raíz**.
Aunque también se puede absorber por las hojas (ver Tema 6).
Además del agua, por los pelos radicales también se toman los nutrientes minerales (ver Tema 3) y los metales (ver Tema 7).
 - ✓ por donde **se pierde** el agua:
por los **estomas de las hojas**.
- La **perdida neta de agua a través de la planta se define como transpiración**.



Pelos radicales. [CC BY-NC-SA 2.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/)



Estoma de una planta de tomate. [Dominio público](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/)

1d. Determinación de la transpiración

- **Método gravimétrico.**
Lisímetros
Balanzas
- **Determinación de la pérdida de vapor de agua.**
Porómetro
IRGA (ver Tema 1).
- Estimación de la **velocidad del flujo de savia.**
- Estimación de la **discriminación isotópica del carbono.**

2.

Transporte por el floema

2a.

Definición

2b.

Estructura del floema

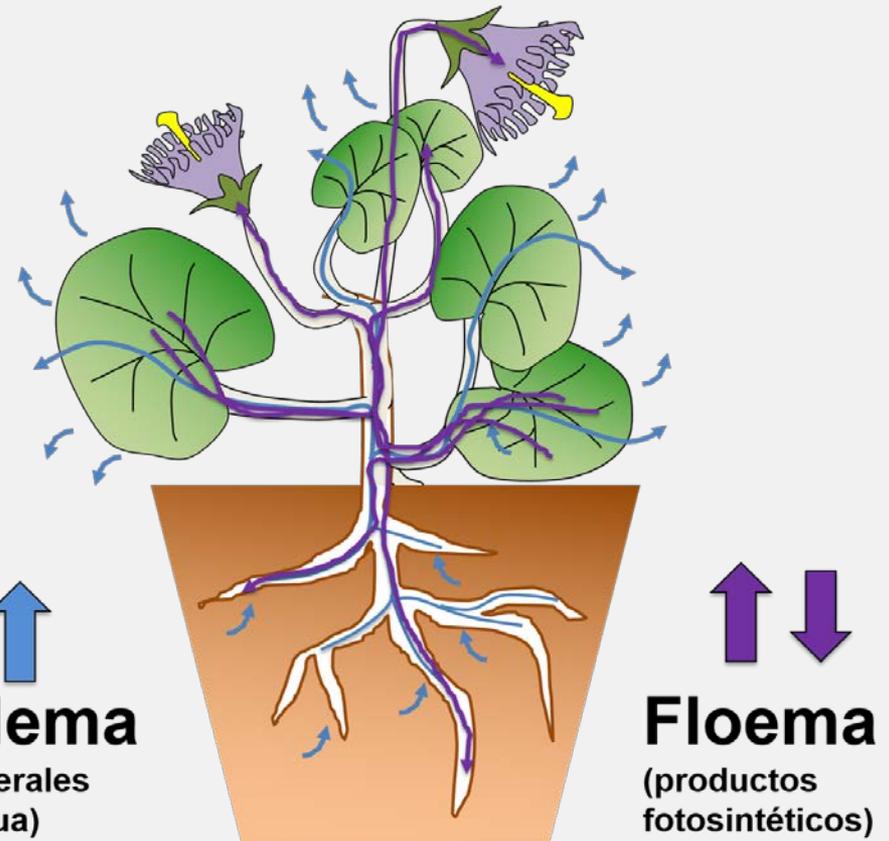
2c.

Fuerzas que intervienen en el movimiento

2d.

Asignación y reparto de fotoasimilados

- El floema es el **sistema conductor que trasfiere los productos de la fotosíntesis desde las hojas maduras a las áreas en crecimiento y a las áreas de almacenaje, incluyendo a las raíces**. El floema también redistribuye el agua y otras sustancias por todo el cuerpo (cormo) de la planta.
- Los azúcares fabricados durante el proceso de fotosíntesis en las hojas (ver Tema 1) son **transportados longitudinalmente** por el floema de los nervios de la hoja y el peciolo, distribuyéndose por los tallos y otras partes de la planta.
- El **sentido del transporte es fundamentalmente hacia abajo** (desde las hojas a las raíces), **pero también hacia zonas superiores** (sumideros metabólicos, como meristemos, zonas jóvenes en crecimiento o flores y frutos en formación).



Xilema
(minerales
y agua)

Floema
(productos
fotosintéticos)

Transporte por el floema en morado.

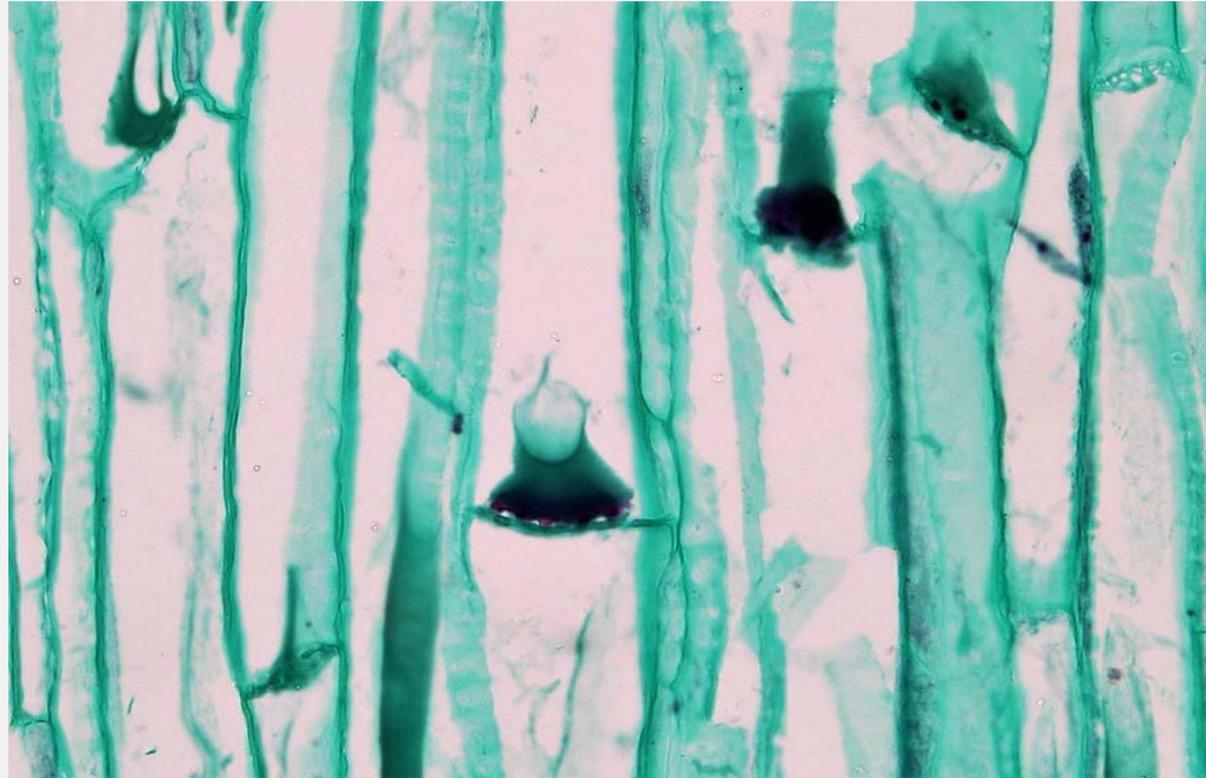
2b.

Estructura del floema

- El movimiento de sustancias en el floema transcurre en células tubulares alargadas denominadas **elementos cribosos**. Estos elementos cribosos se conectan extremo con extremo y forman una serie lineal larga. Un conjunto continuo de elementos cribosos se denomina **tubo criboso** y están unidos por sus paredes terminales formando placas cribosas.

- ✓ 100-500 μm de longitud.
- ✓ 5-20 μm de espesor.

- A diferencia del xilema, el transporte por el floema se realiza a través de elementos celulares vivos (los elementos cribosos).



- El transporte de azúcares en los tubos cribosos se llama frecuentemente **translocación** o **transporte a larga distancia**, para indicar una movilización por un conducto continuo a una distancia que puede llegar a más de 100 metros en los árboles más grandes.
- Además de las células cribosas en dicha translocación también participan las células acompañantes.
- Existen tres tipos de células de compañía:
 - ✓ **Células de compañía ordinarias**
 - ✓ **Células de transferencia**
 - ✓ **Células intermediarias**

2c. Fuerzas que intervienen en el movimiento

Fuentes y sumideros

- Las regiones que suministran azúcares al floema se denominan **fuentes**.

Las fuentes primarias son las **hojas** que han completado su fase inicial de crecimiento en expansión. También pueden actuar como fuentes las zonas de reserva o almacenamiento: **tubérculos, bulbos, rizomas...**

- Las zonas o tejidos que utilizan estos azúcares transportados por el floema son los **sumideros**.

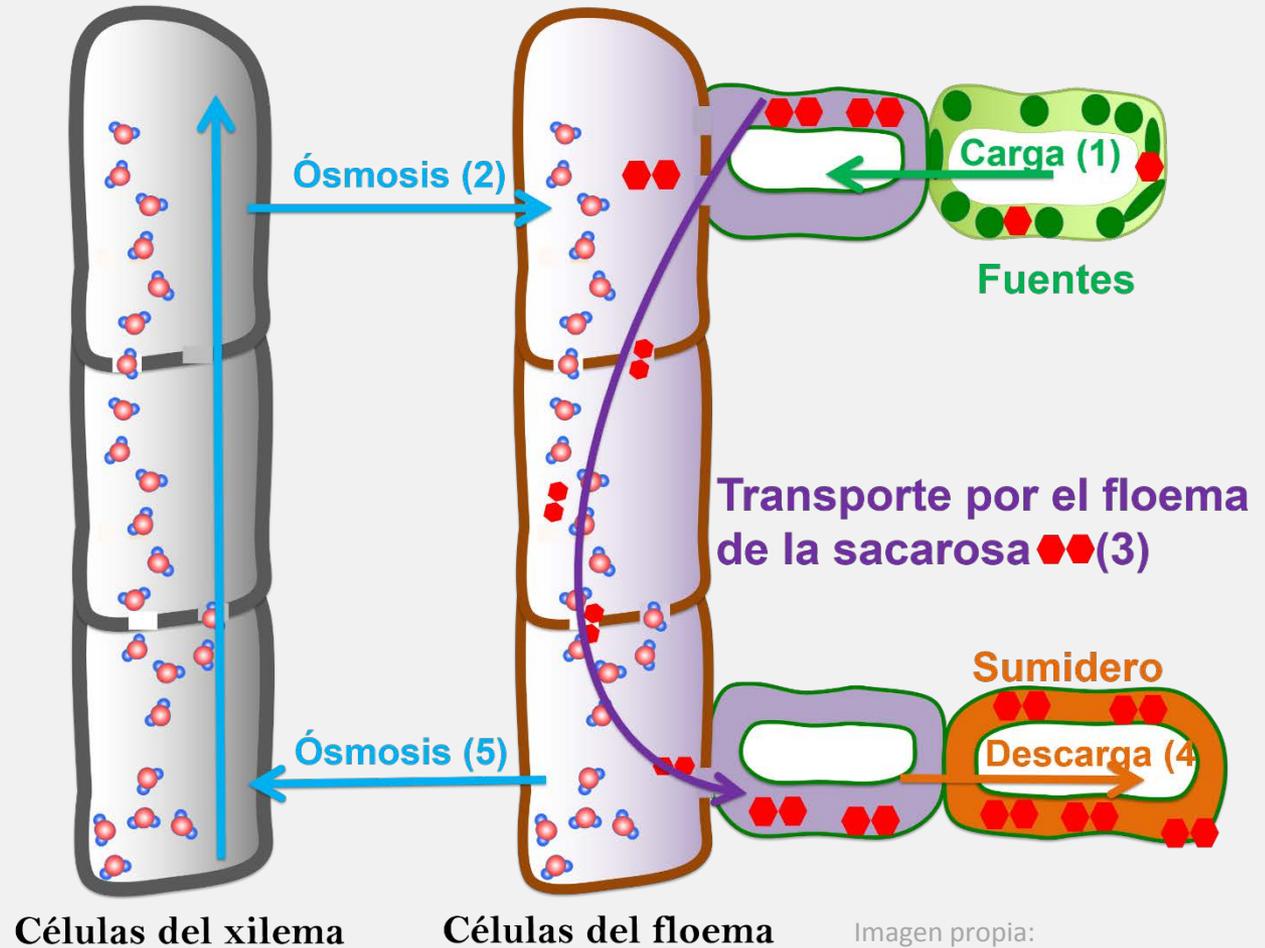
Entre estos, se encuentran las zonas de la planta que no realizan fotosíntesis o lo hacen con tasas muy bajas:

- ✓ **Meristemos** en crecimiento de raíces y tallos.
- ✓ Órganos de almacén, **frutos y semillas**.

2c. Fuerzas que intervienen en el movimiento

Mecanismo de transporte por el floema: El modelo de flujo a presión

Aunque ha habido muchas explicaciones alternativas para el transporte a través del floema, hoy en día se acepta generalmente una de las primeras que se propuso: la del fisiólogo forestal alemán Ernst Münch (1926).



Transporte por el floema.

Imagen propia:
U. Pérez López y
J.I. García Plazaola



2c. Fuerzas que intervienen en el movimiento

Mecanismo de transporte por el floema: El modelo de flujo a presión

- Cuando el azúcar llega por carga de floema (1) al extremo de un tubo criboso en una región “fuente”, **la concentración total de los solutos disueltos será mayor que en las células parenquimáticas y xilemáticas próximas; por tanto, el agua se moverá por ósmosis (2) desde el xilema y células parenquimáticas al floema, originando un aumento de la presión hidrostática entre los dos extremos del tubo criboso.**
- En el siguiente vídeo se explica mediante distintas imágenes como ocurre el transporte de los azúcares por el floema (3). Visualizarlo te puede ayudar a entender mejor la explicación de la siguiente diapositiva.

Phloem and translocation

<https://www.khanacademy.org/science/in-in-class-10-biology/in-in-life-processes/in-in-transportation-in-plants/v/phloem-translocation-life-processes-biology-khan-academy> (Vídeo, inglés)

2c. Fuerzas que intervienen en el movimiento

Mecanismo de transporte por el floema: El modelo de flujo a presión

- En el recipiente “sumidero” se supone que la concentración de azúcares será menor, ya que se van retirando (4) para consumo o almacenamiento y también será inferior la presión hidrostática. La **diferencia de presiones entre la “fuente” y el “sumidero” constituirá la fuerza impulsora del proceso de transporte**. El paso de agua en sentido opuesto a la conducción del floema lo realiza el xilema (5).
- La hipótesis del flujo a presión describe el flujo en masa de la solución de azúcar a través de los elementos cribosos. La entrada continua de solutos en las “fuentes” y su retirada en los “sumideros”, junto con la difusión continua de agua del xilema hacia la “fuente” y fuera de los “sumideros”, mantienen el flujo de la savia floemática.
- La velocidad de transporte en el floema se ha medido aplicando sustancias marcadas y se han encontrado **velocidades de entre 50 – 100 cm·h⁻¹**. Estas velocidades de circulación pueden parecer lentas si se comparan con sistemas animales, que tienen bombas cardíacas para mover fluidos, pero suponen multiplicar la velocidad de la difusión de sacarosa (la principal sustancia transportada) por un factor 10^4 (es diez mil veces más rápido).

2d. Asignación y reparto de fotoasimilados

- La tasa de fotosíntesis condiciona el total de carbono fijado por la planta. Se puede pensar, **de manera simplista**, que una planta que realiza una fotosíntesis mayor dará, también, mayor producción. Esto será válido en algunos casos, pero en muchos otros no se cumple.
- Tras la fotosíntesis, la cantidad disponible para transportar al resto de la planta depende de dos procesos posteriores, más complejos:
 - **Asignación:** comprende los procesos de síntesis de compuestos para almacenar, o para utilizarlos directamente como energía metabólica, o para reelaborar compuestos especializados (ver Tema 5) que luego se vuelven a exportar o liberar.
 - **Reparto:** son los procesos de reparto del transporte de floema entre distintas zonas “sumidero” que compiten entre sí.
- El Reparto es fundamental para entender como los procesos de fotosíntesis (productividad) se concretan en obtención de materia vegetal con interés agronómico (producción). En el tema 8 se puede ver como muchas alteraciones vegetales han buscado un mayor reparto de fotoasimilados a los órganos de interés alimentario.

2d. Asignación y reparto de fotoasimilados

- Los procesos que regulan la competencia entre distintos sumideros aún no se comprenden totalmente. No obstante se está haciendo mucha investigación sobre este proceso. La capacidad de un “sumidero” para movilizar fotoasimilados se denomina “Fuerza del Sumidero” y sería el resultado de dos factores:

$$\text{Fuerza del Sumidero} = \text{Tamaño del Sumidero} \times \text{Actividad del Sumidero}$$

- Como regla general los sumideros se aprovisionan de las fuentes más cercanas. Por ejemplo, se ha demostrado que más de la mitad del carbono de un grano de cereal ha llegado de la hoja que está justamente debajo de la inflorescencia madura; el resto deriva de las brácteas florales (glumas) -mientras se mantienen verdes- y de otras hojas y del tallo. En los granos de maíz, una gran proporción de los azúcares provienen de la hoja que envuelve la panocha.

Lista de verificación: ¿he alcanzado los resultados de aprendizaje?

Mediante la planta de la secuoya se ha abordado el tema del sistema vascular de la planta, analizando tanto el xilema como el floema. Comprueba la siguiente lista de verificación. Si eres capaz de contestar a los enunciados, puedes **comenzar con los ejercicios**. Si no eres capaz, **debes volver a repasar el temario**, antes de realizar los ejercicios propuestos:



- ✓ Conocer la función del tejido xilemático (sección 1a).
- ✓ Diferenciar las células del xilema (traqueidas y elementos de los vasos) (sección 1b).
- ✓ Comprender las fuerzas que intervienen en el movimiento del agua por el xilema (sección 1c).
- ✓ Saber cómo se calcula la transpiración de una planta (sección 1d).
- ✓ Conocer la función del tejido floemático (sección 2a).
- ✓ Diferenciar las células del floema (elementos cribosos, células de compañía) (sección 2b).
- ✓ Comprender las fuerzas que intervienen en el movimiento de los azúcares por el floema (sección 2c).
- ✓ Distinguir los conceptos fuente y sumidero (sección 2c)
- ✓ Entender los conceptos de asignación y reparto de fotoasimilados (sección 2d).