

Taller 1

1. ¿Cómo definimos una planta?

Las plantas, como la mayoría de los animales, son eucariotas multicelulares, terrestres y fotosintéticas.

Multicelulares → Hay distintos tipos de células, y cada una con su rol forman al organismo.

Fotosintéticas → Tienen la capacidad de fijar el CO₂ y hacer estructuras carbonadas.

→ Son organismos autótrofos fotosintéticos, sin capacidad locomotora significa que las plantas tienen que adaptarse al sitio donde están, donde también se van a reproducir, eso las obliga a tener una fisiología y una capacidad de adaptación tanto en el día como a lo largo del año que dará una gran variabilidad en el reino vegetal.

→ Pared compuesta fundamentalmente por celulosa

→ Embriones pluricelulares protegidos por el progenitor femenino

→ Alternancia de generaciones de organismos haploides y diploides

→ Pueden presentar reproducción asexual por fragmentación

2. El reino Plantae ¿qué clase de organismos incluye? ¿Qué filos lo componen? ¿Cuáles son sus principales características?

El conocimiento de los taxones nos da la posibilidad de conocer otras plantas una vez que ubicamos a esa planta en un taxón en particular.

Hay una distinción entre las algas verdes y el reino Plantae. En su forma estricta, con el último estamos hablando de formas terrestres (embriofitas y ellas a su vez constituidas por briofitas, licofitas, helechos, gimnospermas y angiospermas).

→ Briofitas (sin tejido de conducción): Musgos, hepáticas y antoceras, son plantas sin tejido vascular, son plantas muy pequeñas, no tienen tejido vascular aunque tienen algunas células especializadas.

→ Traqueofitas (con tejido de conducción): Son plantas con tejido vascular: licofitas, helechos, gimnospermas y angiospermas.

Las plantas superiores son plantas vasculares, los filos que las componen son:

→ Sin semilla: licofitas, helechos

→ Con semillas: gimnospermas (semillas desnudas) y angiospermas (semillas recubiertas).

Las angiospermas hace millones de años estaban dominando la superficie terrestre pero luego estas se adaptaron mucho más, que son plantas con flores, frutos, y vasculares; de esa manera pudieron coevolucionar y con los insectos; esto es lo que ha podido describir esa dependencia entre el insecto y una planta en su reproducción y en muchas otras relaciones dentro de un ecosistema.

Las angiospermas fueron muy exitosas y son la gran mayoría de todas las especies que hoy tenemos en la superficie terrestre.

Las gimnospermas: El arreglo de las hojas (arreglo especial en las hojas, en manojos, y dispuestas en espiral, adaptadas para el crecimiento en condiciones donde el agua puede ser escasa; tienen una gruesa cutícula la cual reduce la evaporación), la fecundación (no

tienen doble como las angiospermas), el tipo de hábitat, la morfología, se diferencia de las angiospermas por el recubrimiento de las semillas.

Una de las diferencias de las angiospermas es que en las primeras tienen flores y frutos y eso es lo que protege y es la diferencia y de esa manera posibilita la reproducción y la dispersión de las semillas en la naturaleza.

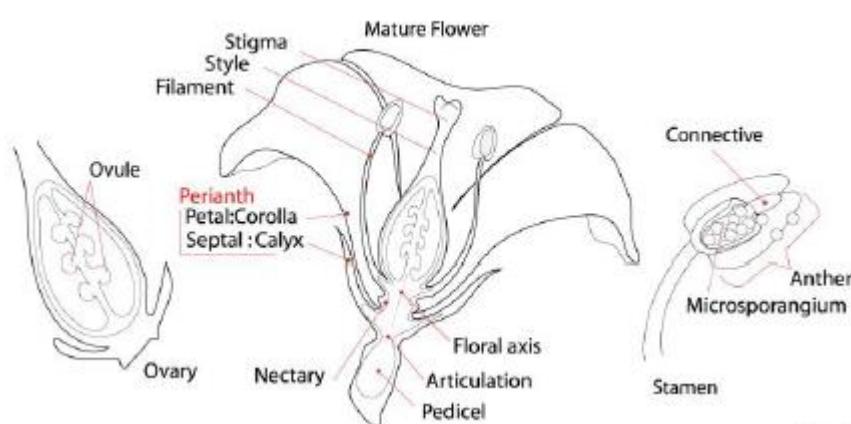
Dentro de ellas tenemos dos grupos:

monocotiledóneas

eudicotiledóneas

3. ¿Qué grandes clases incluyen las angiospermas?

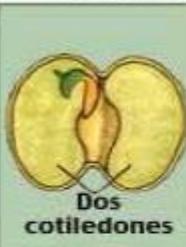
El término angiospermas hace referencia a una de las características más relevantes de este diversificado grupo de plantas: la existencia de semillas protegidas por un fruto, en contraposición a las gimnospermas o plantas de semillas “desnudas”, carentes de un verdadero fruto. Otra característica relevante que permite diferenciar a las angiospermas de las gimnospermas es la posesión de órganos reproductores dispuestos en flores verdaderas, cuyo tipo básico es hermafrodita, esto es, con estructuras sexuales masculinas y femeninas en la misma flor, si bien secundariamente pueden producirse modificaciones de este patrón fundamental. Las típicas flores de angiospermas constan de una envuelta protectora de hojas modificadas, el periantio, diferenciado o no en cáliz (conjunto de sépalos) y corola (conjunto de pétalos); además, los sacos de polen no se disponen en las escamas de un cono, como en gimnospermas, sino en las anteras de los estambres, estructuras cuyo filamento puede interpretarse como una hoja modificada. A su vez, la polinización es generalmente mediada por insectos u otros animales (zoogama) siendo menos frecuente o secundaria la polinización anemógama que caracteriza a las gimnospermas. El polen es recibido por una estructura receptora particularmente diseñada para este fin, el estigma, y no directamente por el rudimento seminal, como en gimnospermas. Por último, otra novedad evolutiva de las angiospermas es el mecanismo conocido como “doble fecundación” que supone un enorme ahorro energético ya que sólo se desarrolla un tejido nutriente en el caso de que el rudimento seminal sea fecundado.



Las angiospermas han desarrollado una enorme variedad de formas y de modos de vida: plantas herbáceas anuales y perennes, árboles y arbustos; formas trepadoras, epífitas, parásitas y saprófitas; plantas acuáticas y terrestres.

Toda esta gran diversidad de plantas suele clasificarse en dos grandes grupos: la Clase Monocotiledóneas, con unas 65.000 especies, y la Clase Dicotiledóneas, con aproximadamente 170.000 especies.

Entre las monocotiledóneas se incluyen plantas tan familiares y conocidas como gramíneas, lirios, orquídeas y palmeras. Las dicotiledóneas incluyen muchas de las herbáceas, casi todos los arbustos y árboles (excepto las coníferas) y muchas otras plantas.

	Embriones	Hojas	Tallos	Piezas florales	de polen
Dicotiledónea	 Dos cotiledones	 Nervadura ramificada	 Haces vasculares dispuestos radialmente	 Normalmente cuatro o cinco (o múltiplos)	 Tres poros
Monocotiledónea	 Un cotiledón	 Nervadura paralela	 Haces vasculares espaciados	 Normalmente tres o múltiplos de tres	 Un poro
CARACTERÍSTICAS	MONOCOTILEDÓNEAS		DICOTILEDÓNEAS		
Piezas florales	Trimeras: Habitualmente tres o múltiplo de tres		Habitualmente cuatro o cinco		
Cotiledones (hojas seminales)	Uno (terminal)		Dos (laterales)		
Granos de polen	Con un surco o pliegue		Con tres surcos o pliegues		
Nerviación de las hojas	Nervios principales por lo general rectos y paralelos		Reticular, pinnada o palmeada		
Haces vasculares en el tallo joven	Dispersos		Formando cilindros concéntricos		
Crecimiento secundario (Leñoso)	Ausente (sin cambium)		Presente (con cambium vascular)		
Tipo de raíz mas frecuente	Raíz con un eje principal y los demás secundarios (pivotante, axonomorfa)		Haz de raicillas más o menos del mismo grosor (fasciculada)		

En las gimnospermas, la polinización es anemófila, es decir, llevada a cabo por el viento. Sin embargo, en las angiospermas la polinización está a menudo mediada por insectos,

diciéndose que es entomógama (zoógama en sentido más amplio). La polinización entomófila debe haber sido más eficiente que la polinización anemógama para muchas especies de plantas, porque claramente la selección comenzó a favorecer a aquellas plantas que tenían insectos como polinizadores. De esta asociación ha surgido un fenómeno de estrecha coevolución entre numerosas angiospermas y los insectos que las polinizan.

El fruto se forma a partir del ovario maduro de una angiosperma y es la estructura que contiene y protege a las semillas. En el curso de la historia de las angiospermas ha surgido una enorme variedad de frutos, adaptados a multitud de mecanismos de dispersión diferentes.

En la mayoría de los casos, el fruto ha sido diseñado con el objetivo de transportar la semilla a cierta distancia de la planta madre, donde es más probable que encuentre condiciones más favorables para que germinen las semillas, fundamentalmente terreno libre y suficiente luz. Con esta pretensión, muchos frutos utilizan a los animales como medios de transporte (dispersión zoócora) y han evolucionado de manera similar a las flores: resultando atractivos y reportando al animal alguna contrapartida nutricia.

Un ejemplo muy conocido es el de los frutos carnosos comestibles que, una vez maduros, exhiben llamativas coloraciones y se tornan dulces, haciendo de esta manera muy atractivos para determinados animales, incluidos los humanos. Una vez ingeridos, el animal los transporta al tiempo que digiere sus partes carnosas para, pasado un determinado tiempo, expulsar con los excrementos las semillas, facilitando no sólo su dispersión sino también su germinación.

Para algunas plantas, la germinación sólo es posible si la cubierta de las semillas ha sido previamente atacada por los jugos digestivos ácidos del animal que actúa como vector de dispersión. Con frecuencia, las semillas son amargas o incluso tóxicas, desalentando su masticación y digestión por los animales.

En otros casos, la dispersión de los frutos y/o de las semillas se lleva a cabo a través del viento, desarrollando entonces alas, vilanos u otras estructuras que les permiten planear o mantenerse en suspensión y viajar largas distancias. Otras veces, los frutos o las semillas desarrollan estructuras adhesivas, ganchos, espinas u otras formas de fijación que les facilitan adherirse al pelo o a la piel de los animales para facilitar su dispersión.

{Las semillas de las plantas monocotiledóneas poseen un único cotiledón (trigo, maíz); las de las dicotiledóneas dos y las tricotiledóneas han desarrollado tres cotiledones perfectamente orbitados (judía, guisante, castaño).

Los cotiledones a menudo se encargan de las reservas nutritivas. Un cotiledón es una hoja seminal embrionaria, producida por el embrión de una planta con semilla, sirven para reservar y absorber nutrientes ubicados en la semilla hasta que la plántula pueda producir sus hojas verdaderas y realizar la fotosíntesis

En las dicotiledóneas, los cotiledones se encargan de distintos tipos de reservas de proteínas, lípidos, y azúcares. Estas reservas que se encuentran bajo formas complejas, se descomponen durante la germinación gracias a enzimas. Las pequeñas moléculas resultantes de esta degradación se transportan hacia el embrión, que las utiliza para seguir su ciclo de desarrollo.

Las semillas de las plantas monocotiledóneas, tienen una estructura completamente diferente de la de las dicotiledóneas. Las monocotiledóneas parecen no tener una verdadera hoja de reserva, por lo tanto deberían denominarse como acotiledóneas.}

4. Se dice que las plantas poseen una estructura supracelular, ¿por qué?

Las plantas son organismos supracelulares, es decir, cuando miramos una célula vegetal, vemos que tiene un contacto estrecho con otras células a través de sus paredes.

5. Pared celular, espacio apoplástico y plasmodesmos.

La pared celular tiene una lámina media, la pared celular de una célula se conecta con la otra y se pega a lo que se llama la lámina media y a todo esto se lo denomina espacio apoplástico.

→ Protoplasto es toda la célula más su membrana plasmática sin su pared celular

→ Protoplasma interior de la célula

6. ¿Qué funciones cumple la pared celular? Composición química y características generales.

La pared celular consta de una compleja mezcla de polisacáridos y otros polímeros, que son secretados por las células y ensamblados en una red organizada, mediante enlaces covalentes y no covalentes.

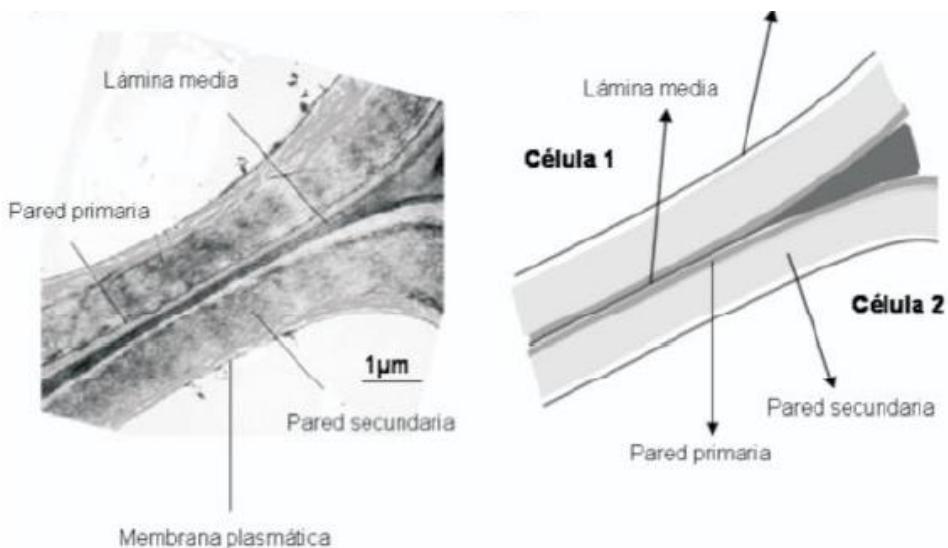
También contienen proteínas estructurales, enzimas, polímeros fenólicos y otros materiales que modifican las características físicas y químicas de la pared.

La función de esta es la de regular el volumen celular y determinar la forma celular.

Características:

- Determinan el soporte mecánico de las estructuras vegetales, lo que permite a estas crecer.
- Mantienen cohesionadas unas células con otras, y evitan su deslizamiento.
- Una cobertura externa fuerte cierra a la célula, la pared celular actúa como exoesqueleto que controla la forma celular y permite generar una presión de turgencia elevada.
- El crecimiento expansivo de las células está limitado principalmente por la capacidad de expansión de la pared celular.
- Es necesaria para las relaciones hídricas normales de la planta porque determina las relaciones entre la presión de turgencia y el volumen celular.
- El gran flujo de agua en el xilema necesita una pared mecánica fuerte que resista el colapso por la presión negativa del xilema.
- Actúa como una barrera de difusión que limita el tamaño de las macromoléculas que pueden alcanzar la membrana plasmática desde el exterior y es la principal barrera estructural para la invasión por patógenos.

7. ¿Por qué la pared secundaria de la célula vegetal está por dentro de la pared primaria? ¿Dónde está la membrana plasmática en relación a las dos paredes celulares? ¿Y la lámina media? Esquematizar.



8. ¿Cómo se sintetiza y forma la pared celular? ¿En qué momento de la división celular?

Una gran parte del carbono que es asimilado por fotosíntesis se convierte en polisacárido de la pared celular. Durante fases específicas del desarrollo, estos polímeros pueden ser hidrolizados en sus azúcares constituyentes, introducidos en las células y utilizarlos para hacer nuevos polímeros.

Este fenómeno es más notable en muchas semillas, en las que los polisacáridos de la pared del endospermo o de los cotiledones funcionan principalmente como reservas de alimento. Además, los oligosacáridos que componen la pared celular pueden actuar como moléculas de señalización durante la diferenciación celular y el reconocimiento de patógenos y simbiontes.

En las células vegetales las paredes celulares pueden clasificarse en pared primaria y pared secundaria. Esta clasificación depende del grado de diferenciación celular, de su composición química y de la función que tiene la célula.

Las paredes primarias están presentes en las células meristemáticas, en las células embrionarias y en general en las células en crecimiento que aún no han entrado en un proceso de diferenciación. Por lo mismo, la pared primaria ocurre en células donde la forma y función celular aún no está bien definida. Las paredes secundarias comienzan a depositarse sobre la pared primaria durante la diferenciación celular.

Además de celulosa y hemicelulosas las paredes primarias poseen pectinas. Las pectinas forman una gran malla de polisacáridos que se proyectan desde la pared a los espacios intercelulares, actuando como substancias cementantes entre célula y célula constituyendo la llamada lámina media. Se caracterizan por retener agua y gelificar por calor. Las pectinas además unen calcio lo que le da a la pared celular la propiedad de ser un reservorio de calcio. Entre las funciones más importantes de las pectinas están: el regular la adhesión celular, la porosidad celular y proporcionar una superficie cargada para adhesión de moléculas en la pared celular, además regular el pH de la pared.

Las paredes secundarias a diferencia de las paredes primarias se construyen sobre la pared primaria con moléculas que restringen su plasticidad La lignina es el mayor componente de algunas paredes secundarias Las paredes secundarias se caracterizan por estar presentes

en células que han dejado de crecer y están diferenciadas cumpliendo una función fisiológica bien definida. Ellas poseen moléculas complejas como la lignina, ceras, suberinas y celulosa de más alto grado de polimerización. Quizás las ligninas son los componentes más obvios de las paredes secundarias. Con algunas excepciones ligninas nunca existe en las paredes. La lignina sólo se sintetiza cuando el depósito de la pared secundaria comienza.

Ubicación de las paredes:

La pared secundaria está por dentro de la primaria porque esta se forma una vez que se detuvo el crecimiento celular, si se formara por fuera estaría cambiando el tamaño ya determinado por la pared primaria. La membrana plasmática está por dentro de la pared secundaria y la lámina media por fuera de la pared primaria, actuando como sitio de unión entre todas las paredes primarias de las células.

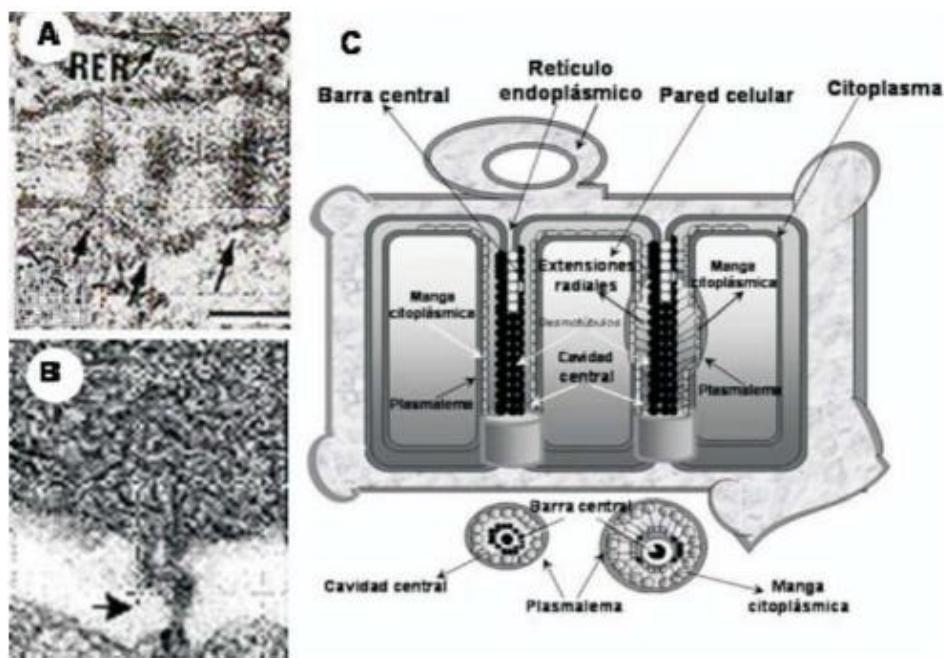
9. ¿La lámina media es continua en todo el vegetal? ¿En qué zonas se interrumpe?

No es continua en todo vegetal, se interrumpe para permitir el transporte simplástico, es decir, a través del citosol.

10. ¿Qué son los plasmodesmos? ¿Cómo se componen? ¿Cuándo se forman?

Los plasmodesmos son túneles o conexiones entre dos células vegetales. Los plasmodesmos son extensiones de parte especializada del RE y de la membrana plasmática que permite la interconexión de los citoplasmas de las células formando un simplasto. Su estructura es muy compleja.

Los plasmodesmos pueden ser simples, en los que hay solamente un túnel o pueden ser complejos formados por un túnel con múltiple ramificaciones o estar formado por una agrupación de múltiples túneles. Cada plasmodesmo contiene un desmotúbulo que es una vesícula del retículo endoplásmico de una célula que pasa por el plasmodesmo conectando al retículo endoplásmico de la célula vecina. Los plasmodesmos tienen una exclusión límite de tamaño que permite la difusión pasiva de moléculas y proteínas que son de un tamaño menor que este límite. Sin embargo, los límites de exclusión de tamaño de los plasmodesmos no son fijos. Su apertura cambia durante el desarrollo o en respuesta a factores del medio ambiente. Por ejemplo, el virus TMV (virus del mosaico del tabaco) codifica por una proteína de movimiento. Esta proteína de movimiento es capaz de aumentar el límite de exclusión de tamaño del plasmodesmo.



11. ¿A que llamamos conexiones simplásticas y apoplásticas?

Taller 2 y 3

ANATOMÍA VEGETAL

Sistemas de tejidos

- Dérmico (Epidermis, Hipodermis, Peridermis)
- Fundamental (Parénquima) , de sostén (Colénquima y Esclerénquima)
- Vascular (Xilema y Floema)

Órganos

- Hoja
 - Raíz
 - Tallo
- CUERPO VEGETATIVO

Plantas vasculares

Plantas vasculares sin semilla (helechos)

Plantas vasculares con semilla

Con semilla desnuda
(Gimnospermas)

Con semilla recubierta
(Angiospermas)

Monocotiledoneas

Eudicotiledoneas

El cormo es el conjunto de hoja, talla, raíz, la cormofita tiene esta estructura.

Tejidos escasamente diferenciados

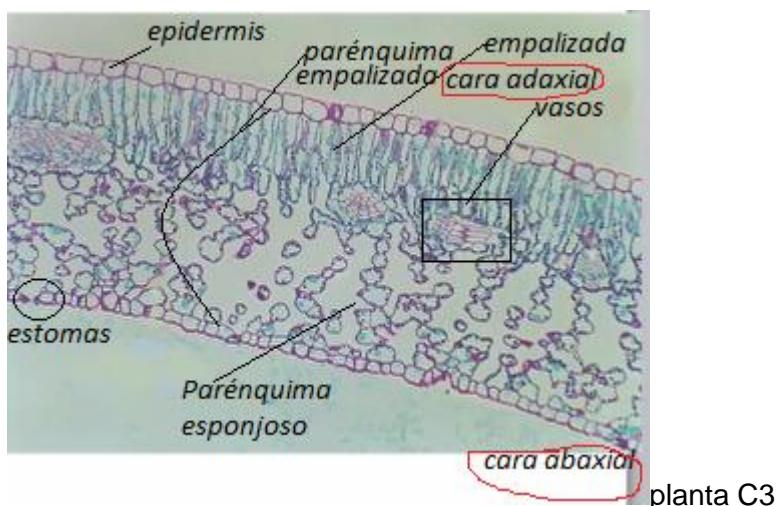
Imagen del microscopio óptico corresponde a una hoja de una planta dicotiledónea

La planta cuando hacemos cortes podemos encontrarnos con una herbácea (planta recién germinada) y hacer un corte el tallo o de una hoja, o podríamos hacer un corte de un tronco, o de una raíz ya con una estructura con corteza.

El desarrollo de las últimas descritas es mayor y entonces no va a ser lo mismo los tejidos que vamos a encontrar en un cuerpo de una planta con crecimiento primario y una planta con

crecimiento secundario (no significa que sea en el segundo año sino significa después del primario, y pueden ser 100, 400 años o meses).

Esto viene genéticamente determinado por la especie, si es mono o dicotiledónea vamos a ver que no tiene un cuerpo con crecimiento secundario en las mono aunque por ejemplo una palmera es una planta con estructura que tiene corteza etc pero no tiene los meristemas para que crezca en forma secundaria sino es cuerpo primario.



La epidermis está en la capa más externa es una monocapa muy pegaditas tanto en la cara adaxial y **ABAJO**

Los estomas se ven un espacio porque es donde se permite el intercambio gaseoso a través de los estomas. El orificio del estoma se llama ostiolo y por este entran gases. Estas células ocultan es decir, pueden abrir y cerrar de acuerdo a su estado hídrico, si la planta necesita o no necesita agua lo abrirá o lo cerrará y del intercambio gaseoso.

Si a la hoja se corta transversalmente ¿qué estaríamos mirando con la micrografía? No estamos en la nervadura central sino que más alejados sería un corte más alejado donde las venas están más finitas.

Las nervaduras tienen vasos, es como el sistema circulatorio. Se ven algunos vasos pero son finitos. En los vasos se encuentra todo el tejido vascular tanto xilema como floema.

La disposición y forma de las células varía.

¿cuántas capas de empalizada hay? 2

Entre las células de la parte globosa están muy separadas entre sí porque hay gases y agua ninguna célula está cerca sino que tienen una capa de agua que las rodea y hay más o menos cantidad de agua, si se ve una hoja que perdió su turgencia seguramente tenga menos capas de agua sobre esa célula que la hoja turgente.

El apoplastro va a ser toda esa capa de agua que rodea a todas las paredes de todas esas células que están en el parénquima esponjoso. (el apoplastro es todo menos el protoplasto). El protoplasto es la célula con su membrana plasmática.

El apoplastro es extracelular, todo lo que está por fuera.

Descripción: Células compactas, pared delgada, si tienen un citoplasma denso (muchos cloroplastos, mitocondrias, un metabolismo muy activo) o no (prácticamente ocupado por vacuolas), en el caso de las epidérmicas, el citoplasma no es muy denso.

No es que no tenga cloroplastos, pero la epidermis protege.

Las de la empalizada están compactas para que entren la mayor de células posibles y la disposición que es muy importante para los cloroplastos, es para la entrada de luz ya que en el parénquima es donde principalmente se realiza la fotosíntesis (también llamado clorénquima).

En las dicotiledóneas los estomas tienen una distribución desigual, generalmente en la cara abaxial hay una mayor disposición de estomas respecto a la cara adaxial y esto se puede deber para no perder tanta agua, si están arriba perderían agua porque les daría más el sol. El ángulo que tiene la hoja respecto del tallo es importante.

Cuando veamos una planta monocotiledónea no veremos lo mismo, aunque en común tendrán la epidermis, parénquima tejido de sostén y los haces vasculares.

¿Qué es la cutícula? ¿Está sólo en la hoja? Supongamos que la célula no tiene esa capa de cutina y esa célula es la última célula que tiene el órgano más externa entonces lo que tiene al aire esa célula es la pared, si yo ademas, debajo de la pared tengo todo el protoplasto si la planta no tuviera esa cutina, esas paredes estarían en contacto con el aire y las otras células entonces ¿cuánto del agua que tiene la célula vegetal (que es un contenido muy alto) quedaría en ella teniendo ese contacto directo con el aire? Evita la evaporación, la cutina es una sustancia de composición lipídica (e hidrofóbica) a veces tienen una capa bien gruesa o a veces es más finita, dependiendo la especie.

A menos que tenga un tronco (que no tiene epidermis sino un tejido con crecimiento secundario), el cuerpo primario no tiene otra cosa más que la epidermis entonces, si hay epidermis hay cutícula.

La cutícula además evitará la entrada de patógenos.

¿Qué pasa cuando hacemos un corte de la parte de la vena central de una planta dicotiledónea?

El tejido vascular está formado por el xilema y floema. Estarán ubicados en la posición de la hoja hacia donde mira.

Hay un tipo de tejido de sostén llamado esclerénquima y dentro de este se pueden encontrar dos tipos: fibras esquelénquematicas y esclereidas.

El esquelencima se caracteriza por tener la pared secundaria muy gruesa y unificada y cuando las células tienen la pared secundaria muy gruesa hace que se den células muertas que cumplen la función de sostén.

Cuando uno habla de tejidos escasamente diferenciados, significa que hay una diferenciación que llega a una madurez. La célula siempre estuvo viva en algún momento, se muere el protoplasto y se diferencia para cumplir una función, y a esa lo llamamos altamente diferenciadas.

Antes esa célula era una viva y antes de eso, era una célula absolutamente indiferenciada, esa misma célula podría haber sido parénquima, epidermis, xilema, o cualquiera (cuando no está diferenciada), cuando le empiezan a caer señales, hormonas y estas no le caen igual si

está al lado de una célula que va a ser epidermis o al lado de otra que va a ser colénquima y no caerá la misma señal si está cerca del haz vascular o en el cuerpo primario. Entonces, las señales le llegan por la circulación del floema, son señales que caminan de célula a célula en el simplasto.

2 cosas importantes:

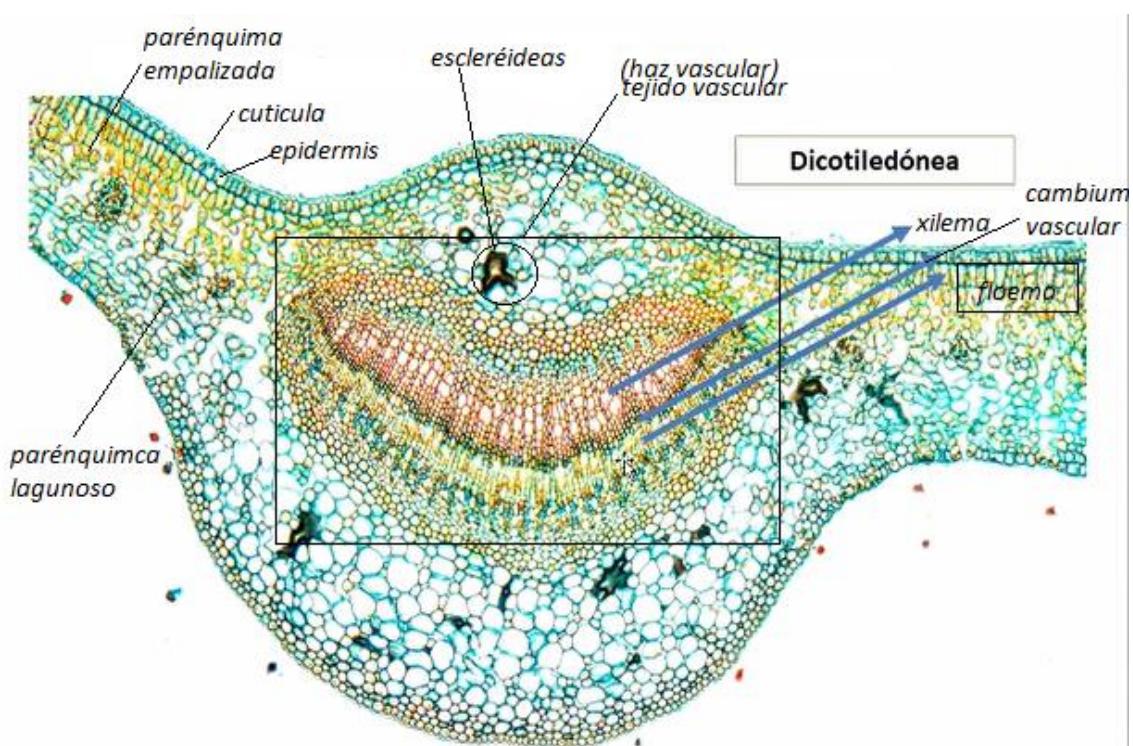
- Señalización hormonal
- Ubicación

A partir de ahí se decide qué gen se apaga, qué gen se prende y se decide ser X cosa.

Por eso la totipotencialidad, como biotecnólogos podemos tomar células que, mientras no estén muertas, obtener una planta entera.

Cuando tengo un corte transversal, las clasificaciones de escasamente diferenciable, lo que estoy viendo es todo, es decir, lo complejo, lo simple, lo muy diferenciado y lo poco diferenciado.

Descripción: cutícula, epidermis, parénquima en empalizada parénquima esponjoso cara adaxial cara abaxial, esclereidas, colénquima (rodea a todos los haces vasculares es un tejido de protección pero escasamente diferenciado), xilema, floema, cambium.



En las dicotiledóneas usualmente el xilema se encuentra hacia la cara adaxial y el floema hacia la cara abaxial.

Entre medio está lo que se conoce como cambium vascular que es el tejido que da origen al xilema y floema (hacia arriba xilema y hacia abajo floema).

Alrededor de esto hay unas células que son más cuadradas que tienen unas paredes un poco más gorditas (no son las esclereidas ni una fibra) pero son células vivas que tienen una pared primaria gruesa no lignificada, y son las células del clorénquima.

Siempre alrededor de algún vaso, en las puntas o todo alrededor de los haces vasculares, siempre hay algo que lo sostiene. Es decir, mantienen la estructura de la planta, no es flácido.

Cuando los estomas están en la cara abaxial y tienen algún estoma en la adaxial, es dicotiledónea. Mirar la forma también. En el centro de la nervadura es una dicotiledónea.

Colénquima: Tejido de sostén, son células vivas con paredes primarias engrosadas no lignificadas a diferencia del esclerénquima que tienen la pared secundaria engrosada lignificada y son células muertas (altamente diferenciadas).

Este corte también pertenece a una dicotiledónea pero no se ve lo mismo que el preparado anterior, ya que es distinto el preparado denominado desgarrado:



Un desgarrado es para ver las células epiteliales.

Se observa la epidermis de las hojas, se ve como si estuviéramos viendo la parte de arriba. Las células epidérmicas no son densas, es decir, no tienen mucho cloroplastos ni núcleo sino que son más transparentes, y esto permitirá que le llegue bien el sol al parénquima para que pueda realizar la fotosíntesis.

Las células de la epidermis de las plantas dicotiledóneas tienen una forma isodiamétrica y en la segunda se observa un tricoma que es una célula epidérmica que está diferenciada y en este caso, se lo conoce como pluricelular (se ven 3 separaciones) y tiene una cabeza glandular para secretar distintos compuestos.

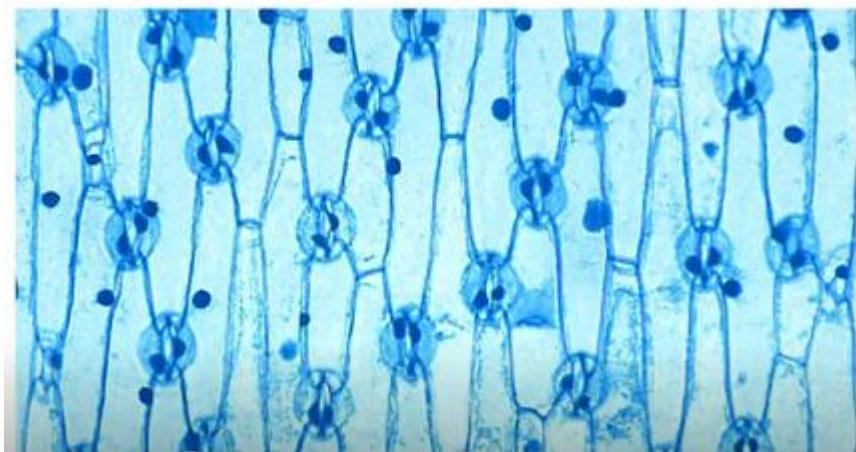
El **tricoma** es una célula epitelial que se diferencia a lo que se conoce como tricoma y tendrá distintas funciones: absorción, secreción de compuestos. Puede haber muchos tipos de tricomas diferentes, en este caso es pluricelular pero puede haber unicelular.

Imagen del microscopio óptico corresponde a una hoja de una planta monocotiledónea

Es un desgarrado. Se observa una diferencia respecto a la dicotiledónea: las formas celulares (en este caso más alargadas), hay mucha más cantidad de estomas y, si nosotros hicieramos un desgarrado de la cara adaxial y abaxial, probablemente se observen las mismas cantidades de estomas porque en las plantas monocotiledóneas no hay una distribución desigual de los estomas en las caras adaxial y abaxial, la cantidad aproximadamente es la misma.

Los círculos azules oscuros son los núcleos.

Monocotiledónea



Preparado de una dicotiledónea

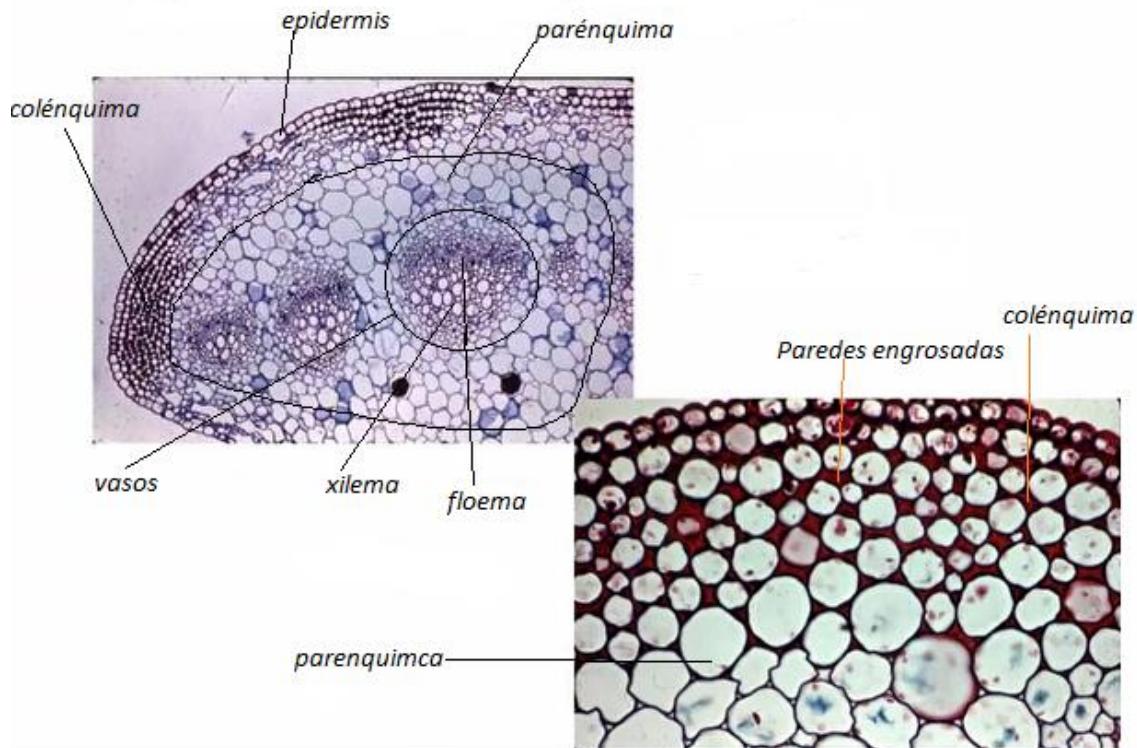
Se puede observar en este preparado el tejido de sostén (colénquima). En bordo se observan las paredes primarias muy engrosadas y se encuentra todo muy compacto y se puede ver en varias capas por debajo de las células epidérmicas. Los protoplastos son células vivas.

La parénquima se observa con las células gorditas, redonditas y esféricas. Un tallo de un cuerpo primario, como un tallo verde, tiene cutícula porque tiene que poder proteger hasta que no tenga una epidermis más gruesa, que evite la evaporación e incluso con una estructura más fuerte; mientras tanto va a tener que tener cutícula.

Los dos puntos negros podría ser una fibra que justo se cortó y queda como una sección de ella.

Cuando veo un haz vascular lo primero que reconozco es el xilema, al lado de este, haya o no haya cambium, está el floema (en las dicotiledóneas). Siempre alrededor de los haces vasculares tienen colénquima. Algo sostiene siempre los haces vasculares.

El xilema es un caño vacío, es apóplasto, no tiene protoplasto; el floema tiene membrana, RE, no tiene núcleo y son más chiquitos, más flexibles, con paredes primarias. El floema se verá como una hilera más teñida de azul



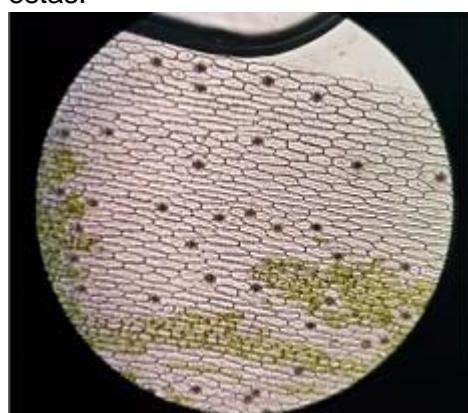
Monocotiledonea

Desgarrado:

Corresponde a un desgarrado de epidermis de monocotiledónea en el cual las células son alargadas y los puntos que se observan son los estomas, si fueran los núcleos, tendrían que estar por dentro de la célula y estos están entre las células.

El estoma está un poco más bajo que la epidermis y a veces a la soclusis las tapas.

Si fueran núcleos, tendría que ver un punto en al menos todas las células o la mayoría de estas.



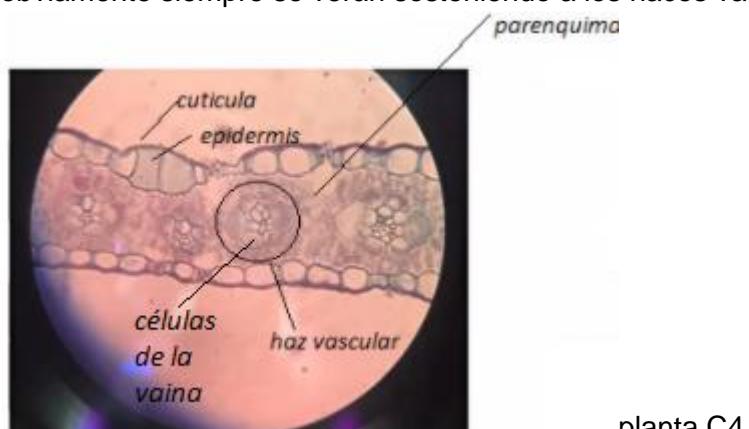
Lo verde que se observa podría ser que del desgarrado se llevo parte de la parénquima y eso es de los cloroplastos.

Corte transversal:

El ángulo con el tallo es mucho más pequeño entonces la distribución de los estomas la función del parénquima es más pareja en una cara que en la otra, recordar que en las dicotiledóneas se distribuyen de una manera más desigual, en cambio, en este tipo de plantas, en general como la hoja está en forma de vaina se encuentran estomas tanto en la cara adaxial como abaxial, es decir, en la misma cantidad.

Lo que se encuentra alrededor de los haces vasculares es la parénquima.

Donde podemos tener una distribución diferente es en el tejido de sostén, que puede estar justo debajo de la epidermis, rodeando el haz vascular, en alguna parte del parénquima (como las esclereidas) porque como es un sostén, depende de la estructura de la hoja, de la especie; varía mucho, entonces donde se necesita el sostén estará el colenquima y esclerenquima, obviamente siempre se verán sosteniendo a los haces vasculares.



planta C4

Es una C4 porque se ven bien las células de la vaina donde se produce la fijación del CO₂ que van a estar rodeando los haces vasculares.

Las células de la vaina son gordas, están formando un anillo, se ven bien.

floema más chiquito, xilema son caños más grandes



Pared gorda esclerenquima!!

vasos xilemáticos

Plantas C3 y C4

C3 y C4 se refiere al tipo de intermediarios metabólicos.

Hay una compartmentalización de esos intermediarios en

Las plantas C3 es como si tomaran la luz por la parénquima empalizada va a los tilacoides,

se produce NADPH y ATP, y en el calvin, con CO₂ se puede formar el gliceraldehido 3p (3C). Las C4 aparecen porque empieza a bajar la concentración de CO₂ en la atmósfera y algunas plantas necesitan alguna concentración de CO₂ más alta porque sino no son suficientemente buenas como para mantener la demanda de azúcares con la fotosíntesis, y tratan de almacenar el CO₂ como un compuesto que pueda ser soluble en la célula (OAA, malato) pero para almacenarlo, lo hacen en ciertas células.

Hay una compartimentalización que son las células de la vaina, que son las que rodean a las vasculares y la diferencia de estas es que ahí reciben los metabolitos de 4C y ahí se produce la fotosíntesis.

Rodeando los haces vasculares están porque ahí es donde hay que mandar todos los azúcares sintetizados, al floema, por eso siempre la empalizada el esponjoso, la vaina, rodean los haces vasculares porque al floema se manda todo lo que se sintetiza.

Maiz C4

Corte gimnosperma

El haz vascular se encuentra en el centro

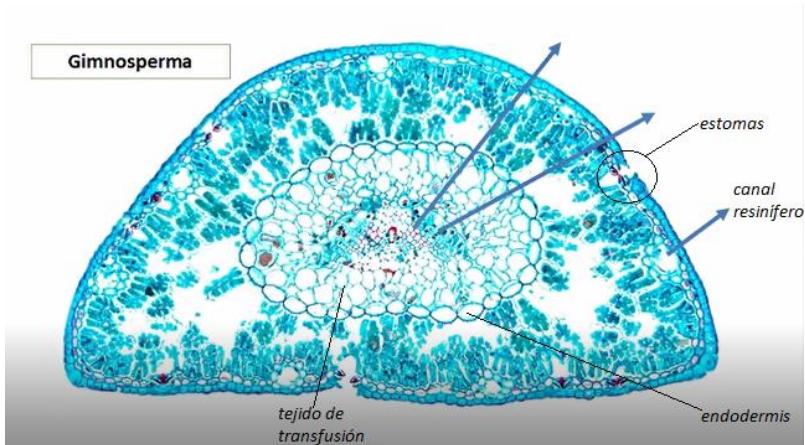
El canal resinífero son espacios blancos más cercanos a la epidermis.

La epidermis es bastante gruesa.

la endodermis tiene células más grandes que protegen (tejido de protección) es como un segundo plano de defensa.

Tienen mucho espacio en el parénquima.

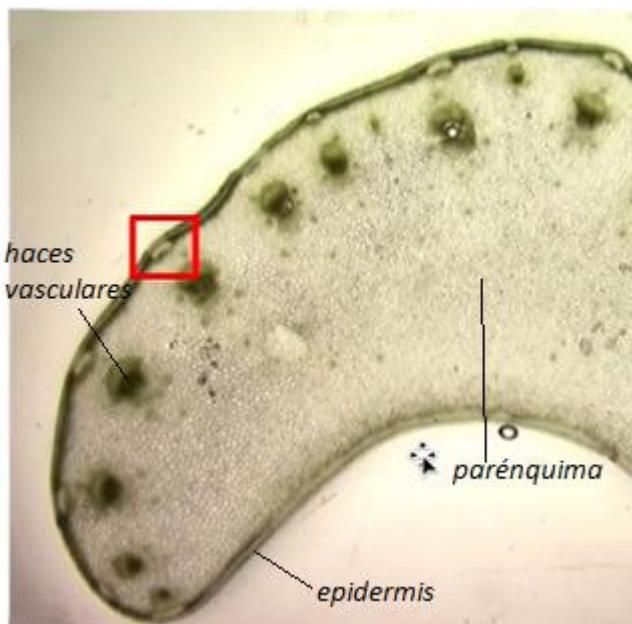
El tejido de transfusión que es parénquima también y está entre los vasos y la endodermis.



Tejidos altamente diferenciados (peridermis, esclerénquima y tejido vascular como el floema y el xilema)

Corte de Tallo

→ Corte transversal de apio (tejido primario)

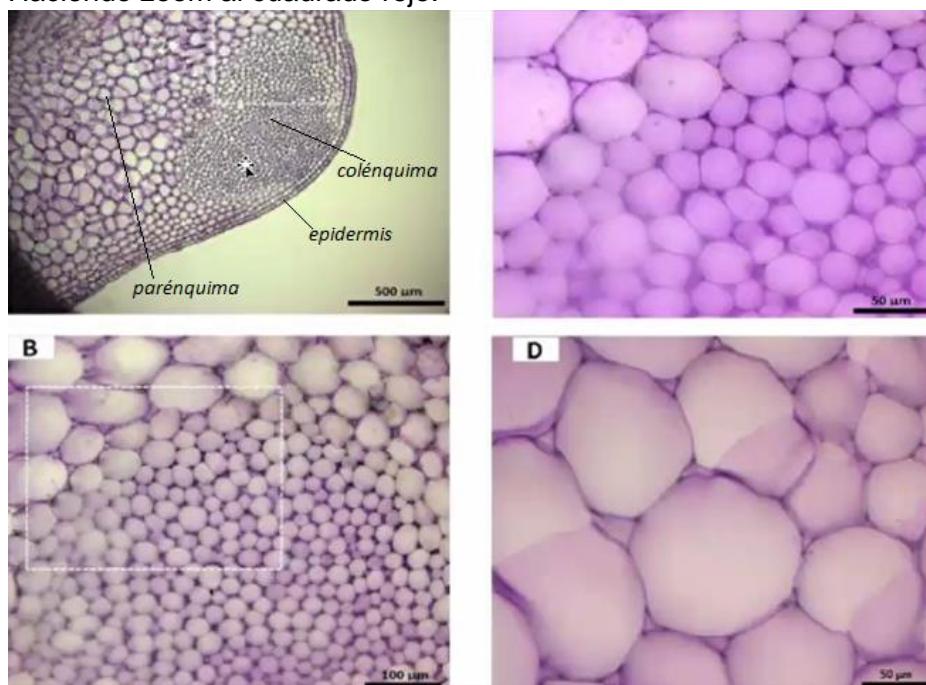


Con este aumento no podría diferenciar qué tipo celular tenemos.

Se tienen que mirar las características de las células, y esos son los cuadrados de los aumentos.

Lo único que podría decir mirando esta micrografía es que aparentemente es un tallo, que tiene la epidermis aunque no se distinga, y se sabe que todos los manojos de células que algunas están como más verdes, se ven más oscuras y generalmente, aunque tengamos un cuerpo de crecimiento primario (es decir, una planta herbácea o una leñosa que recién acaba de germinar), esos vasos siempre tienen algo que los sostienen y los rodean, dándole el sostén para que esa columna de los vasos funcione llevando y trayendo nutrientes (incluida el agua).

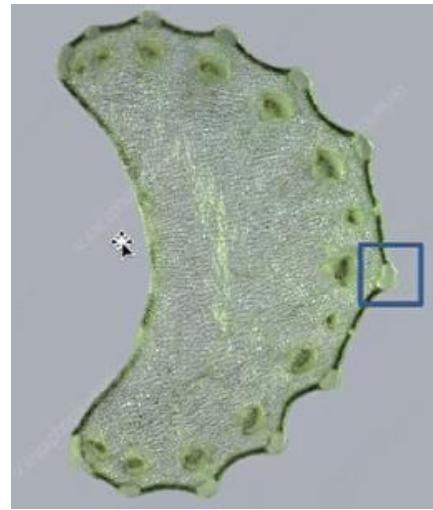
Haciendo zoom al cuadrado rojo:



El **colénquima** tiene una pared primaria engrosada (son **células vivas**) y el **esclerénquima** son **células muertas**.

En la C, las células del colénquima tienen como vértices, aunque no fuera un colénquima con paredes tan gordas

El tejido de sostén no solo está asociado a los haces vasculares sino que también se encuentra en el vértice del tallo y le da la forma que tiene el apio



Cuando se ven estructuras como todas rodeadas de un color y adentro están blanquitas, significa que adentro están huecas, es decir, hay agua o aire.

A su vez, la coloración roja le va a la lignina, sabiendo que los haces vasculares en un tallo se distribuyen de esa manera, tengo que ver qué haces vasculares son.

Como es un corte transversal, lo único que yo veo de un tubo que va desde la raíz hasta la punta de una hoja es una sección de este.

La lignina se encuentra en células con pared secundaria como por ejemplo las del esclerénquima y el xilema

Hacia adentro → xilema (son las tráqueas, los elementos traqueales, vasos leñosos).

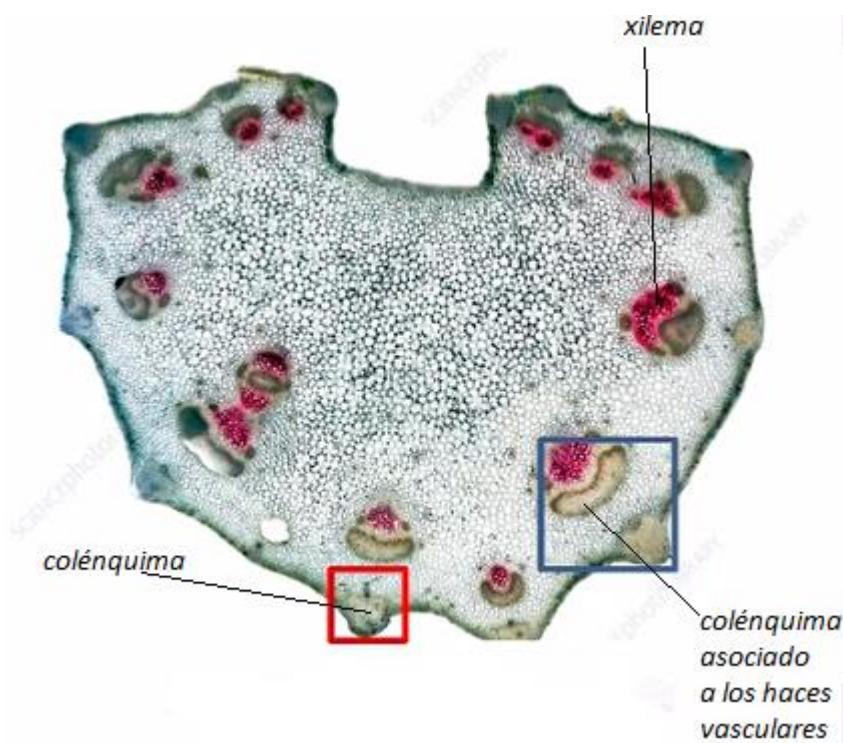
Lo que está teñido es el xilema más todas las células que están sosteniendo dentro del parénquima que tienen lignina.

Xilema es espacio apoplástico, es decir, conecta todos los espacios apoplásticos: pared, lámina media de todas las células. El xilema está hueco.

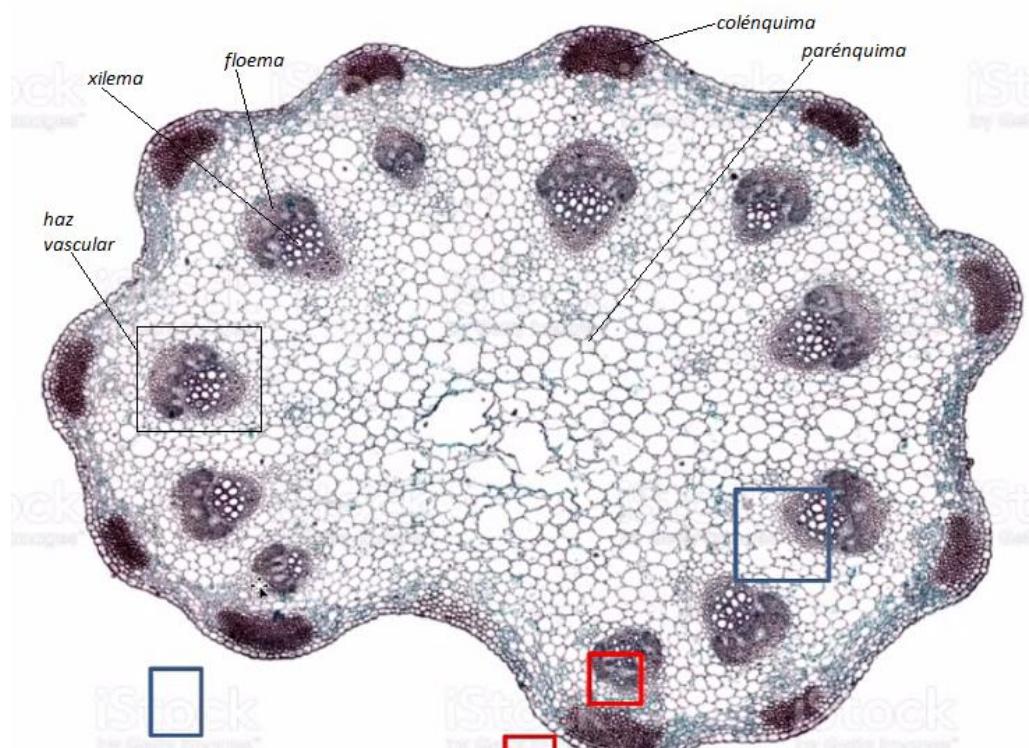
Hacia afuera (epidermis) → floema

El floema son células mucho más chicas que las del xilema, no están muertas y siempre están con las células acompañantes (tubos cribosos, células que tienen placas cribosas).

Puede haber un cambium o procambium que une a dos capas celulares y luego tiene que venir el floema.



Rodeando el haz vascular, lo sostiene un tejido de sostén: fibra, colénquima, esclerénquima. Recordar que cuando se habla de haz vascular, no solo se habla de xilema y floema sino que también asociado a estos vamos a encontrar parénquima (como las células acompañantes) y fibras que serán el sostén de esos tubos.

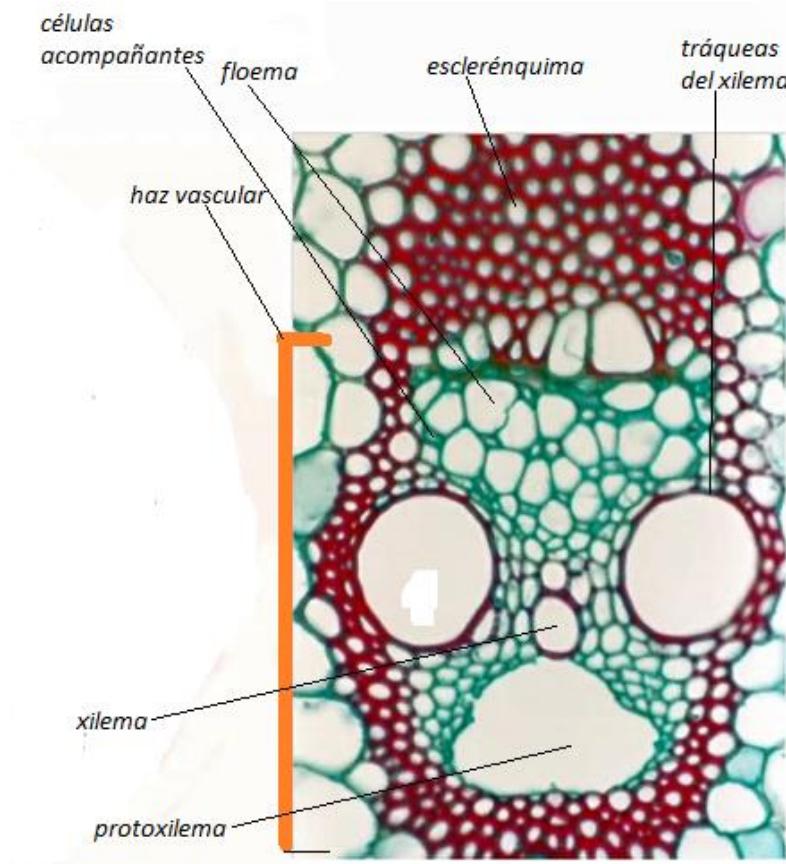


¿Mono o dicotiledónea? con crecimiento primario

→ MONO

Hay que ver la distribución de los haces vasculares, identificar dónde están, cuáles son y en base a la disposición y distribución de ellos definir si es di o mono.

Esta micrografía corresponde a una monocotiledónea ya que los haces vasculares están distribuidos homogéneamente en todo el parénquima, pueden estar un poco más hacia la epidermis pero están distribuidos en todo el parénquima; mientras que en las dicotiledóneas, forman un anillo de haces vasculares, dejando como una médula en el centro de parénquima.



Es **esclerénquima** y no colénquima porque en general, cuando se hacen este tipo de tinciones, cuando se ve el color rojo y engrosado, lo que significa que el colorante tiñe pared secundaria (fijarse que están teñidas las **traqueidas del xilema**).

Recordar que el xilema está formado por tráqueas y traqueidas, en general, en las angiospermas encontramos tráqueas.

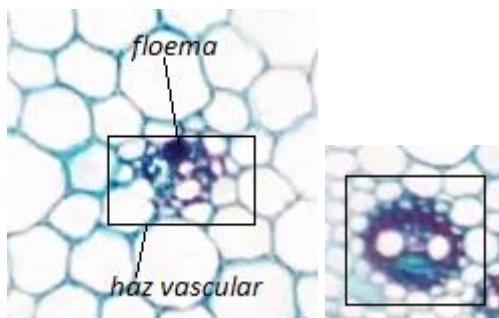
El floema suele ser más estrecho.

Floema + células acompañantes(vivas y mantienen las otras, con plasmodesmos enormes, ramificaciones, etc) + tubos cribosos (muerta) → parénquima floemático

Las paredes del tercer xilema como deformes, no están teñidas de rojo entonces este puede ser un vaso más primario, es decir, lo que sería el **protoxilema**, algo más primitivo dentro del desarrollo de ese embrión, no alcanza a lignificarse la pared secundaria y es reemplazado en

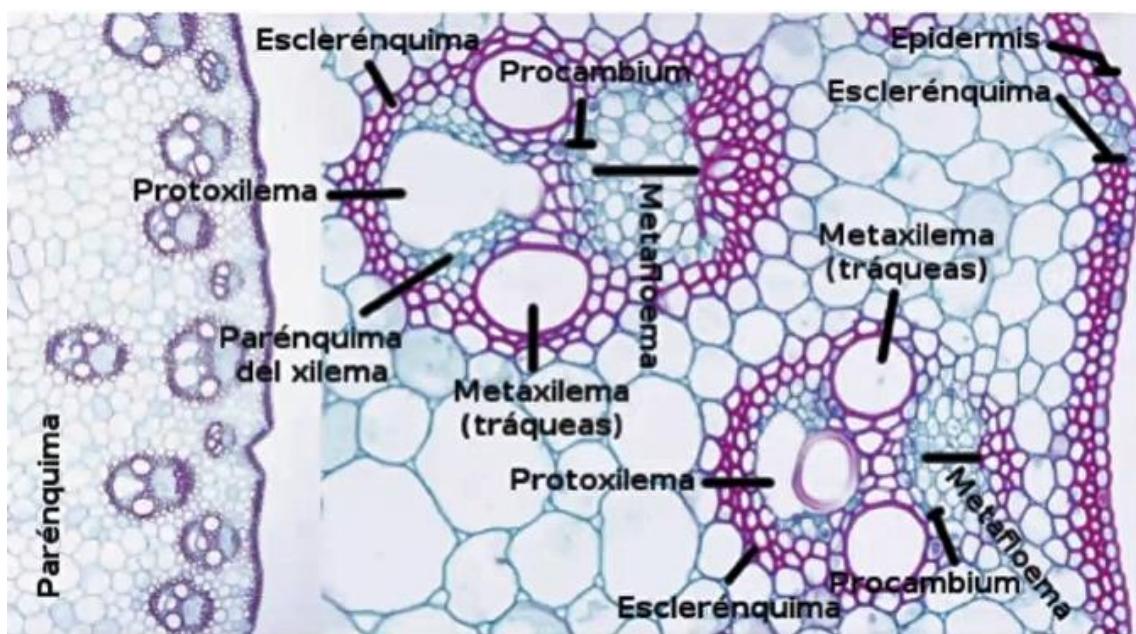
cuanto a la función por el metaxilema (los otros dos “ojos” enormes que se observan).

La parte más azul es el floema y siempre van estar distribuidos de tal manera que el xilema está más adentro y el floema hacia afuera



En la segunda se observan las células del colénquima con paredes más engrosadas, podría ser tejido de sostén (colénquima porque estaba más cerca de la epidermis!!).

Dentro del parénquima va a haber alguna célula que podrá ser xilema, un reemplazo de un vaso por otro; o puede llegar a haber algún tipo celular entre medio del xilema y floema (no cambium porque más de esto en una mono no se ve) pero es difícil distinguirlo.



Corte longitudinal de un haz vascular

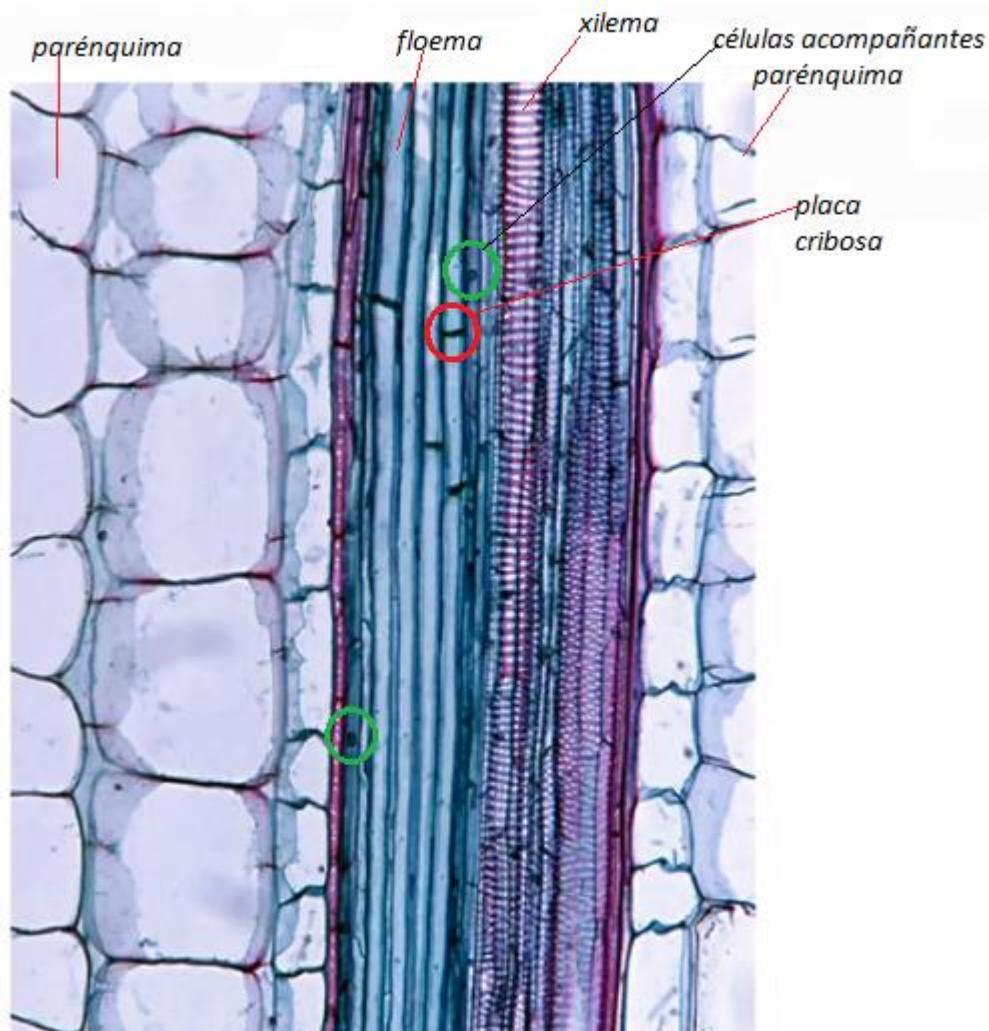
Es aquel que va paralelo al eje del órgano, y el transversal sería perpendicular.

La estructura de anillos es característico del xilema. Fue una célula viva en algún momento, esa célula viva tuvo que pasar a ser espacio apoplástico, es decir, se tuvo que “vaciar” (muerte celular programada) y a las paredes se empezaron a engrosar, depósitos de lignina y llega un momento, en que la célula se empieza como a juntar con la otra y se achatan; esos anillos son engrosamientos de depósitos de lignina y suberina que hacen que ese tubo que se va armando con paredes gruesas con un esqueleto bien duro y resistente.

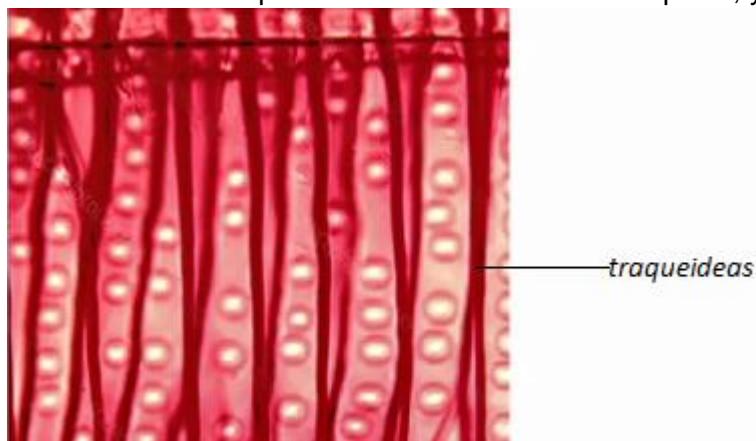
Tiene que ser resistente porque sino con el agua colapsa cuando la planta transpira, el agua

se va a ir en vapor y va a colapsar si no sube la columna de agua.

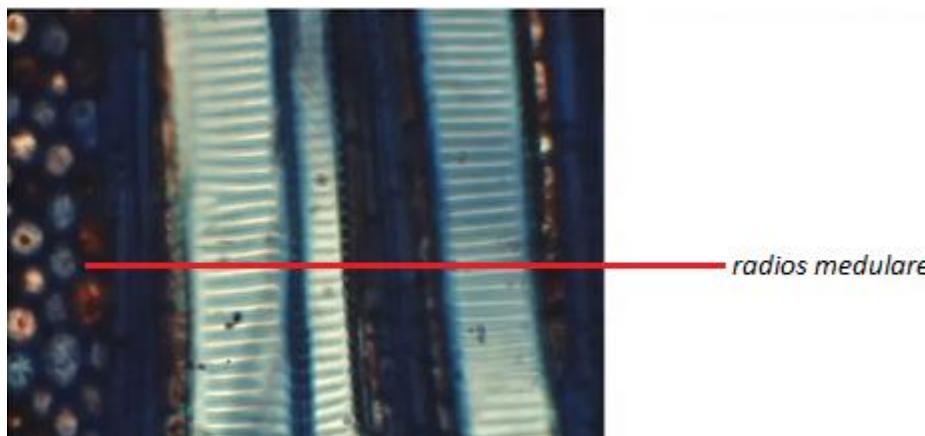
El floema necesita las células acompañantes para todos los procesos metabólicos que no puede hacer.



Las traqueidas se pueden encontrar en gimnospermas y helechos. Las punteaduras están en los laterales de las paredes a diferencia de las tráqueas, y, son mucho más estrechas



En el crecimiento secundario, en el xilema podemos encontrar lo que se conocen como radios medulares (plano transversal)

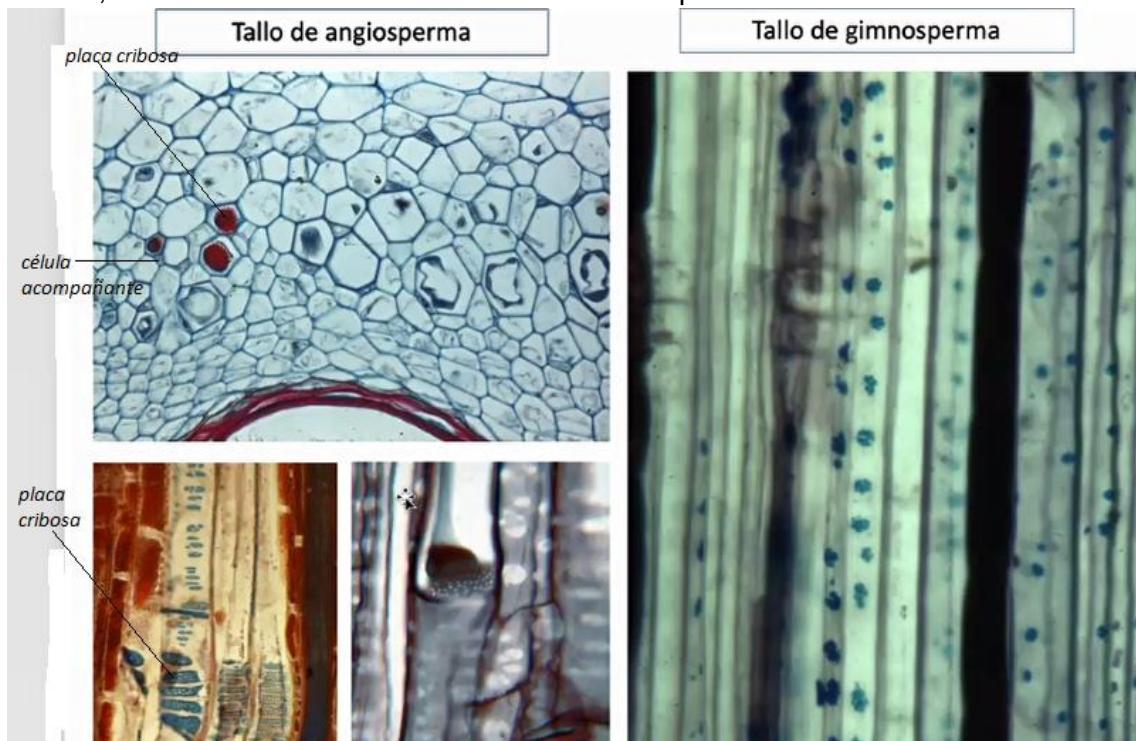


radios medulares

Los cuales son un conjunto de células que van a estar formando rayos en el xilema. Estos van a permitir que haya un transporte de nutrientes desde el centro hacia el exterior, pasando por la madera (es tejido muerto).

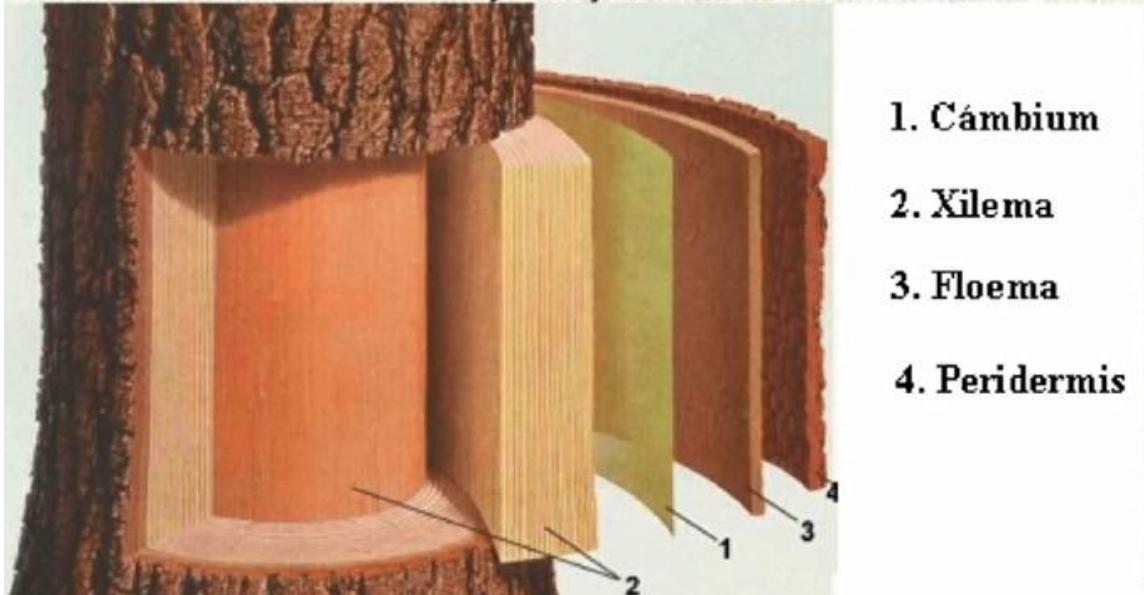
→ En el floema está la placa cribosa va a permitir que haya intercambio de sustancias entre una célula y otra.

En las gimnospermas no se va a ver un tubo como en el caso de las angiospermas sino que el floema son células individuales, y no se ven placas cribosas se ven en los laterales de las células, no en los extremos como en el caso de las placas cribosas.



Tejido con crecimiento secundario

Localización del cámbium y los tejidos vasculares en un tronco



Se verá la actividad de 2 meristemas más importantes: felógeno (que da origen al súber y a la felodermis) y el cambium vascular (da origen al xilema y floema secundario).

La planta tiene zonas de crecimiento, en altura y en ancho.

Las dicotiledóneas tienen un meristema que les permite tener un ancho mucho más desarrollado y tener una estructura diseñada para poder tener un porte mucho más grande, sostener el follaje y tener una gran raíz.

¿Cómo crecen las plantas?

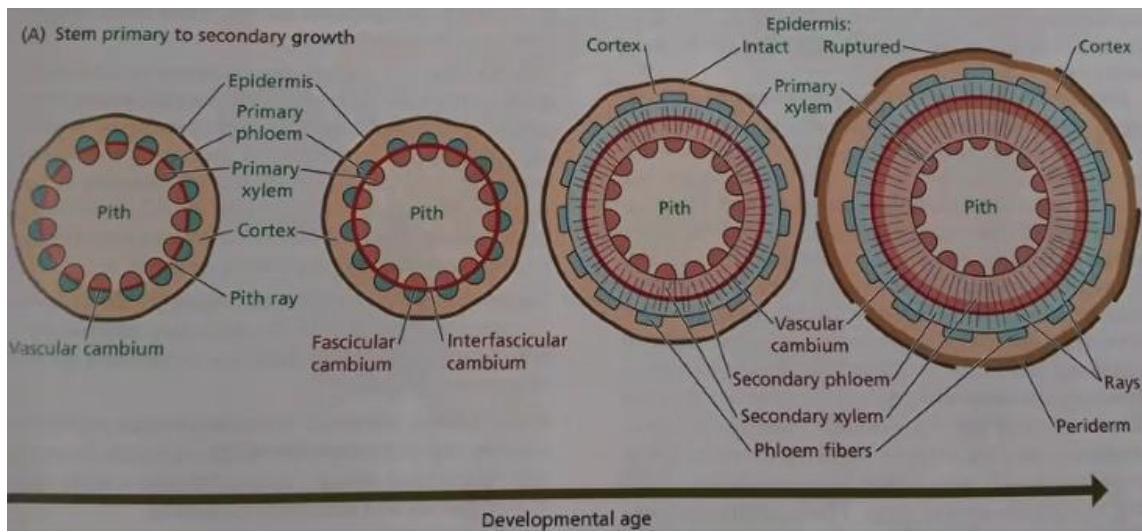
→ Una planta recién germinada siempre se verá el meristema apical (por donde empiezan a salir las hojas), meristemas entre nodos (donde salen más ramas), meristemas en ancho (van a ensanchar el tallo), y ese es el cambium; y tenemos un meristema en la punta de la raíz que se denomina radical.

En la raíz de las dicotiledóneas tenemos células que van a poder dar las raíces secundarias (periciclo).

Cuando vamos al cuerpo de una planta que tuvo crecimiento secundario, lo pudo hacer a partir de sus meristemas, es decir, capas celulares que se van diferenciando y dando hacia adentro o hacia afuera, o hacia un solo lado (etc).

En las monocotiledóneas tenemos engrosamiento pero no tenemos un meristema cambial, por ejemplo, que pueda hacerlo en ancho.

→ Cómo de un tallo primario se genera un tallo secundario:



si yo mirara el cambium en un corte longitudinal, vería una sección del cilindro.

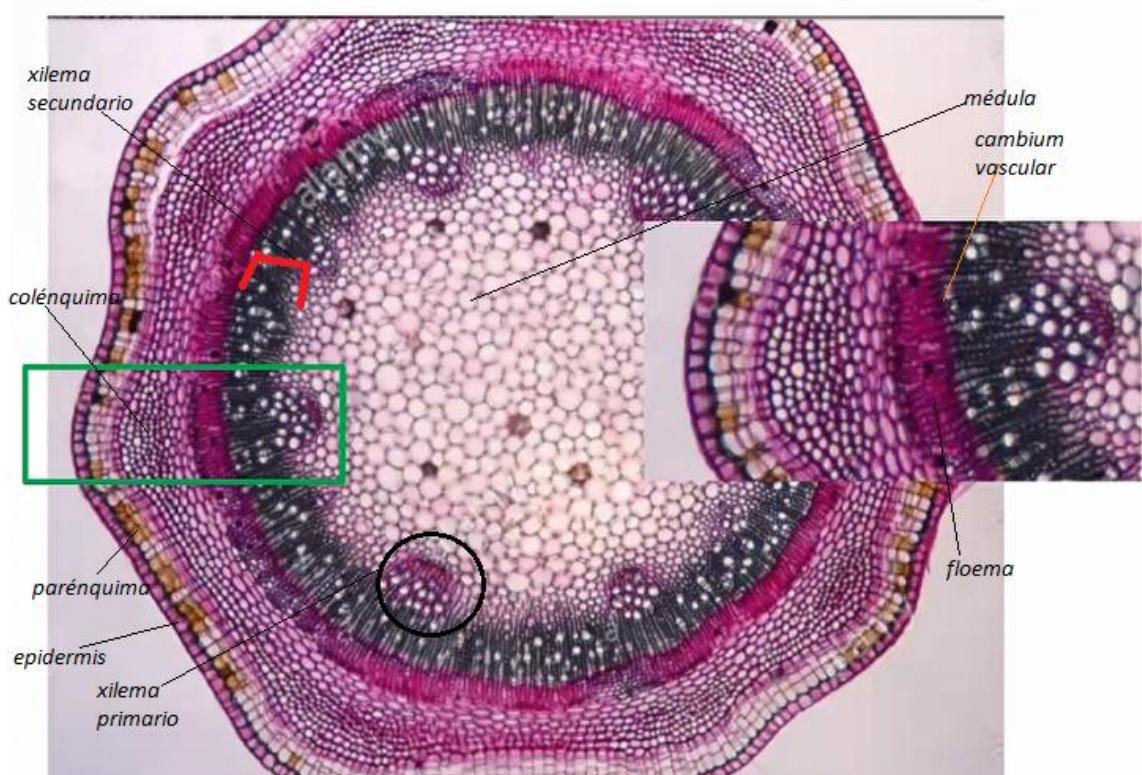
En la primera figura, el cambium está solo entre el xilema y el floema, entonces es: una dicotiledónea (los haces vasculares están en anillo hacia la epidermis) y hay una médula (pith).

Entre el xilema y el floema tenemos el cambium que son una capa de células, que es capaz de diferenciarse después para dar xilema hacia adentro y floema hacia afuera.

Luego, en la segunda figura, el cambium no solo tiene divisiones periclinales (interior y exterior), sino anticlinales (hacia el costado), se irán dividiendo hacia el costado hasta que se juntan, formando un anillo de células meristemáticas.

En la tercera figura se ve un anillo de xilema y todo otro de floema; la epidermis se rompe y se forma la peridermis.

El xilema primario quedará más hacia adentro y el floema primario quedará más hacia afuera.



La médula está formada por células parenquimáticas.

Observar que aunque no se vea tenemos que nombrar la cutícula.

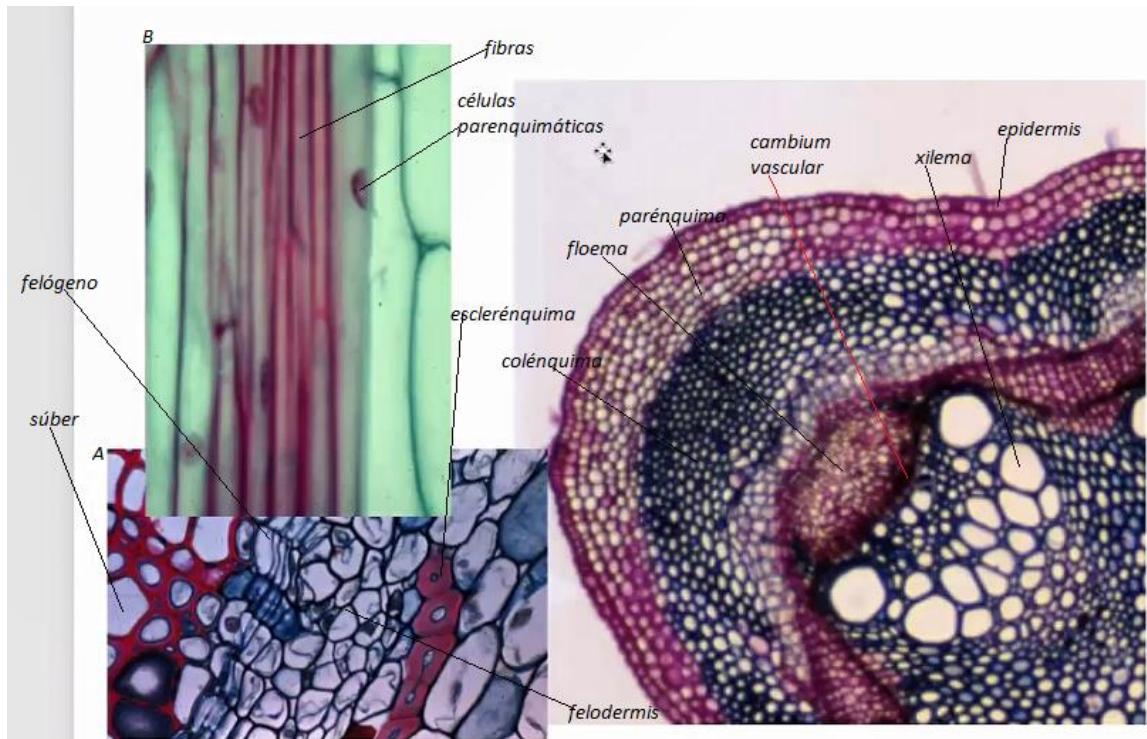
Vemos crecimiento pero observamos que la epidermis todavía no se rompió.

En proporción el xilema ocupa más espacio que el floema en el tronco.

Todo el leño es xilema, y hay una capa de floema; es mucho más delgado y amontonado de año a año.

Hay que llevar un montón de nutrientes a la raíz entonces las hojas estarían produciendo con la fotosíntesis un montón de fotoasimilación, pero tiene que llegar mucha agua a todo ese follaje. Es decir, cuanto más follaje tenga el árbol la cantidad de agua es enorme.

Luego, el xilema se va “amontonando” en los anillos, pasando a ser leño, es decir, no es funcional.



A → Corresponde a la peridermis

B→ Se ven las fibras y células parenquimáticas (con núcleo!!).

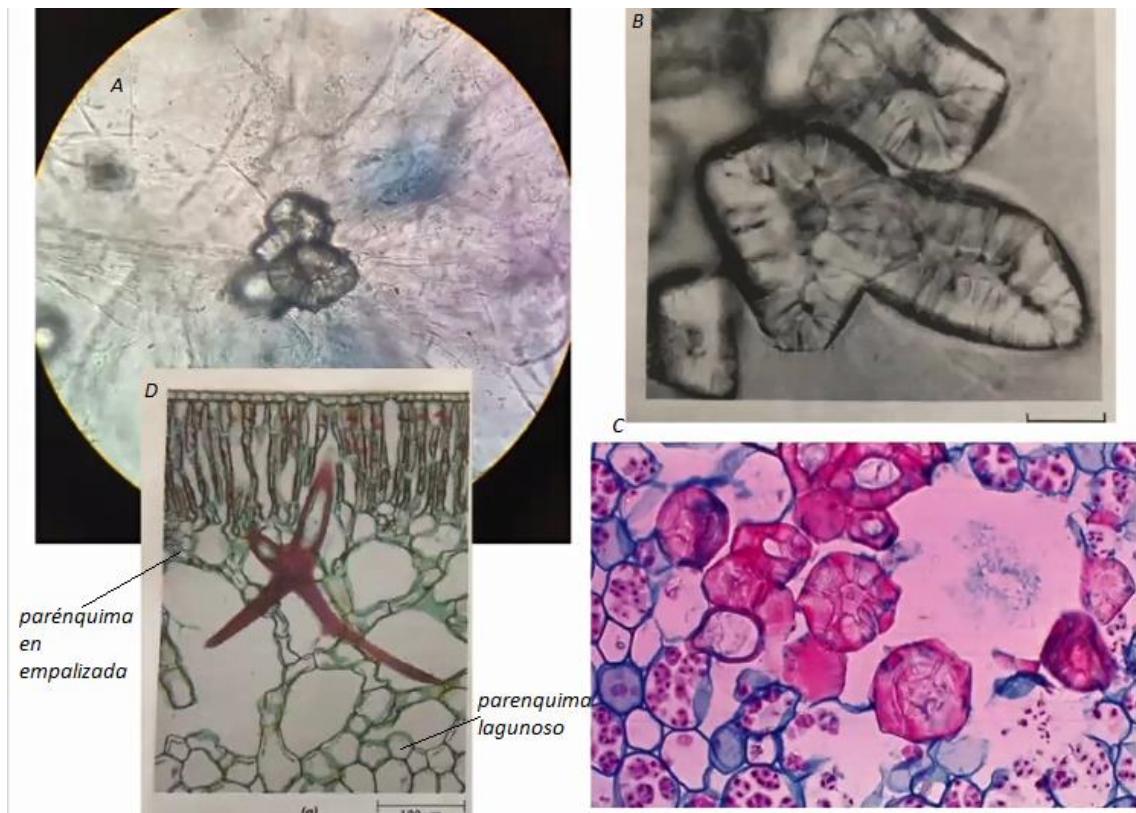
Dentro del tejido sostén podemos encontrar:

- colénquima → Tejidos altamente
- esclerénquima → Podemos diferenciar 2 tipos: fibras esclerenquimáticas y esclereidas.

Se pueden ver tipos distintos de esclereidas:

En A,B y C hay un tipo de estas las cuales se denominan **células pétreas** o **braquiesclereidas**, están muertas, no tienen protoplastos y el hueco (lumen) es “lo que le quedó” el resto es todo pared.

En D se lo denomina astroesclereidas, este corte podría ser de hoja porque tiene el parénquima en empalizada debajo de la epidermis y, tiene el parénquima lagunoso.



Las esclereidas en general son más difíciles de encontrar, no se encuentran en un lugar particular como por ejemplo las fibras.

Tallo con crecimiento secundario mucho más avanzado

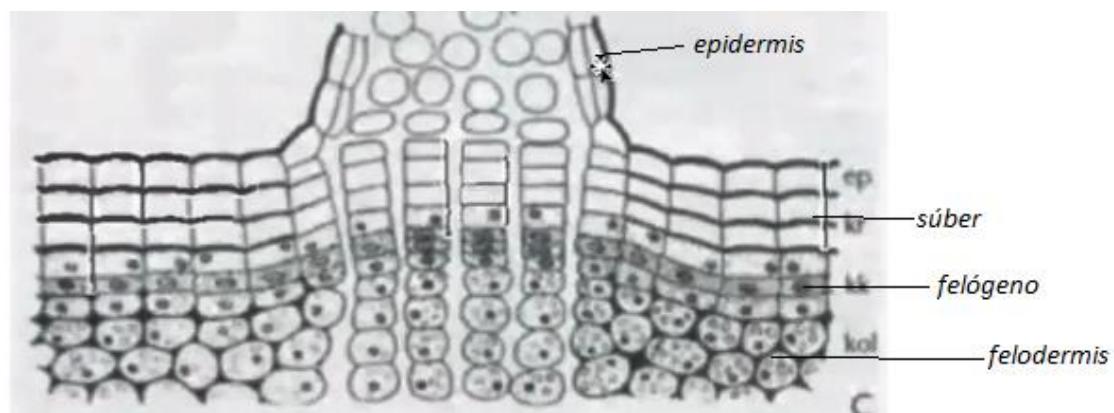
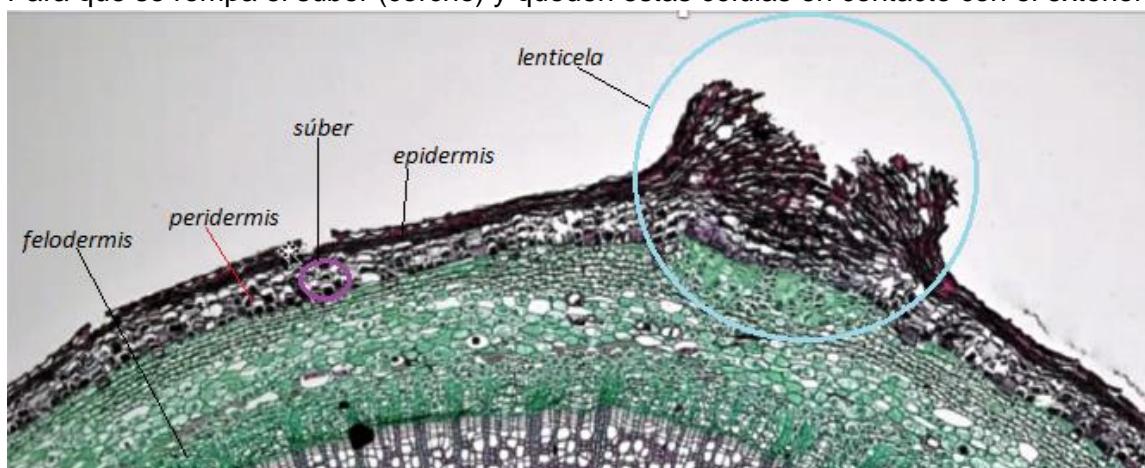
Una vez que salimos del floema, como no se pueden dividir las células epidérmicas, son reemplazadas por un nuevo tejido de protección



La peridermis esta formada por el **súber** (más negro), **felogeno** (que es el meristema que da origen tanto al suber como al exterior, y la **felodermis** hacia el interior) y felodermis (celulas

más apiladitas).

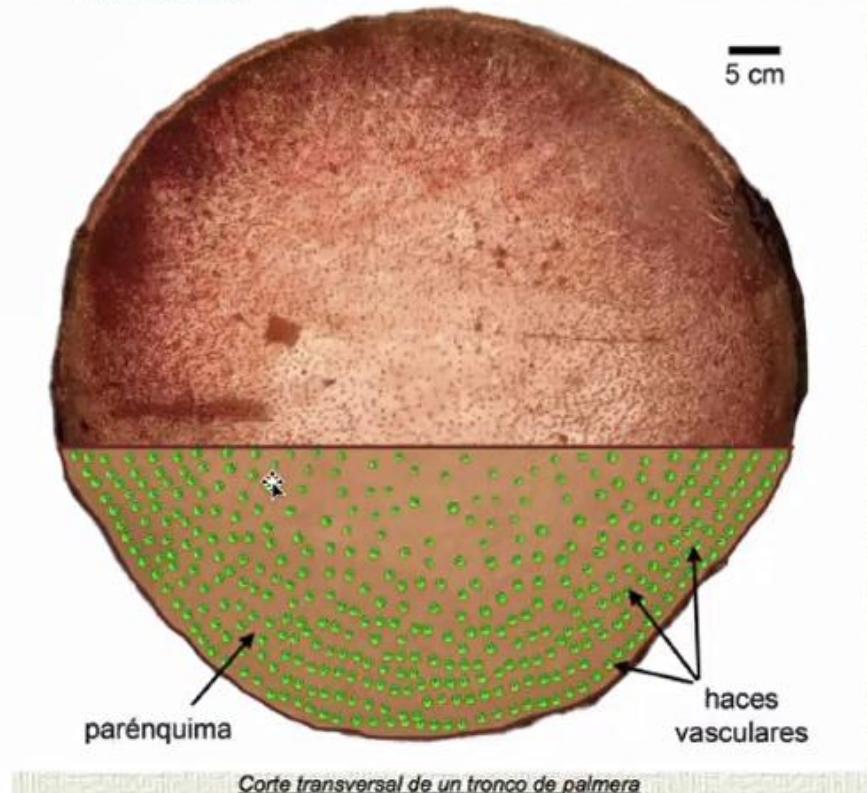
La **lenticela** lo que va a permitir es el intercambio gaseoso de estas células con el exterior. Para que se rompa el súber (corcho) y queden estas células en contacto con el exterior.



El felógeno se empiezan a dividir las células y a diferenciarse en corcho. Muerte celular programada, pura celulosa, lignina y suberina, paredes bien gruesas.

Tallo de palmera (monocot)

las monocot no poseen crecimiento secundario



Corte transversal de un tronco de palmera

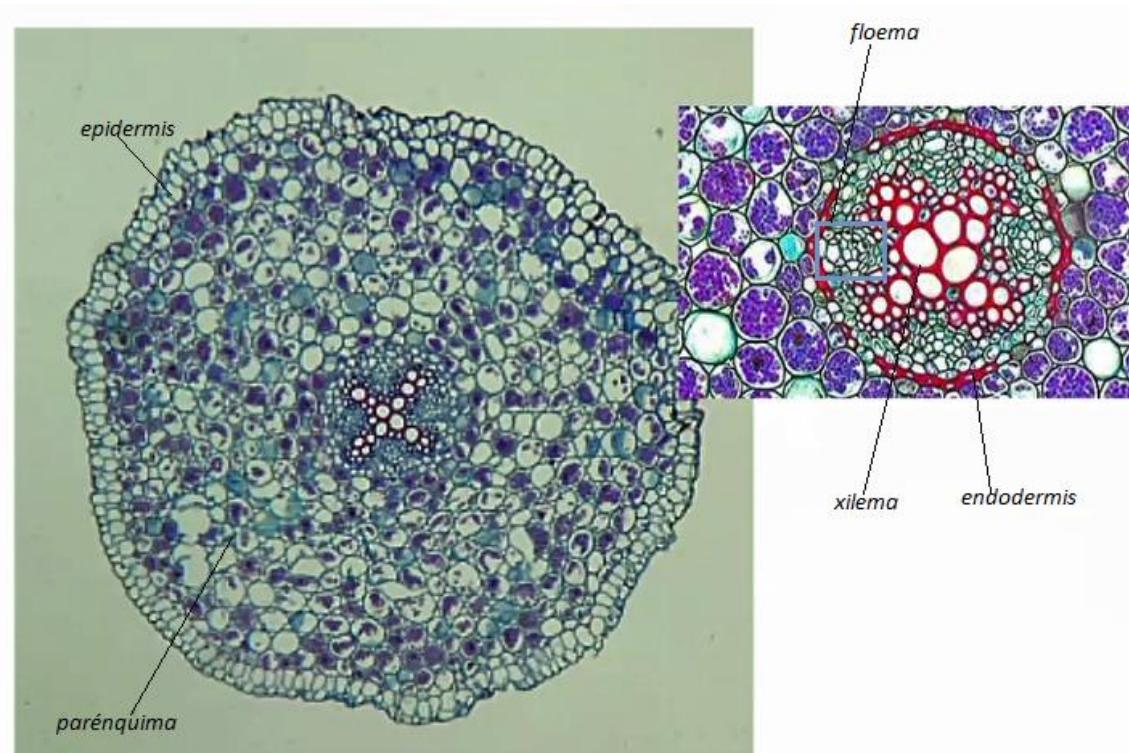
Las plantas monocotiledóneas no poseen crecimiento secundario como las dicotiledóneas.

RAÍZ

Periciclo→ células que conservan la capacidad meristemática, están después de la endodermis y generalmente son una o dos capas de estas células.

Para poder distinguir entre mono o dicotiledónea, se tiene que poder distinguir cómo se distribuyen los haces vasculares. En este caso tenemos al xilema como una especie de cruz y alternando arriba, abajo y a los costados, el floema.

Este corte corresponde a uno transversal de una planta dicotiledónea.



Planta monocotiledónea:

La endodermis tiene lo que se conoce como banda de caspary que es lo que nos permite distinguirla del resto de las células.

Asociados a los haces vasculares podemos encontrar: fibras, parénquima, otros tipos celulares.

¿Qué tipo de raíz es la de 500 micrones? 0,5 mm o sea, que tiene un diámetro muy finito, con lo cual, estamos viendo la raíz a la altura cerca de la punta.

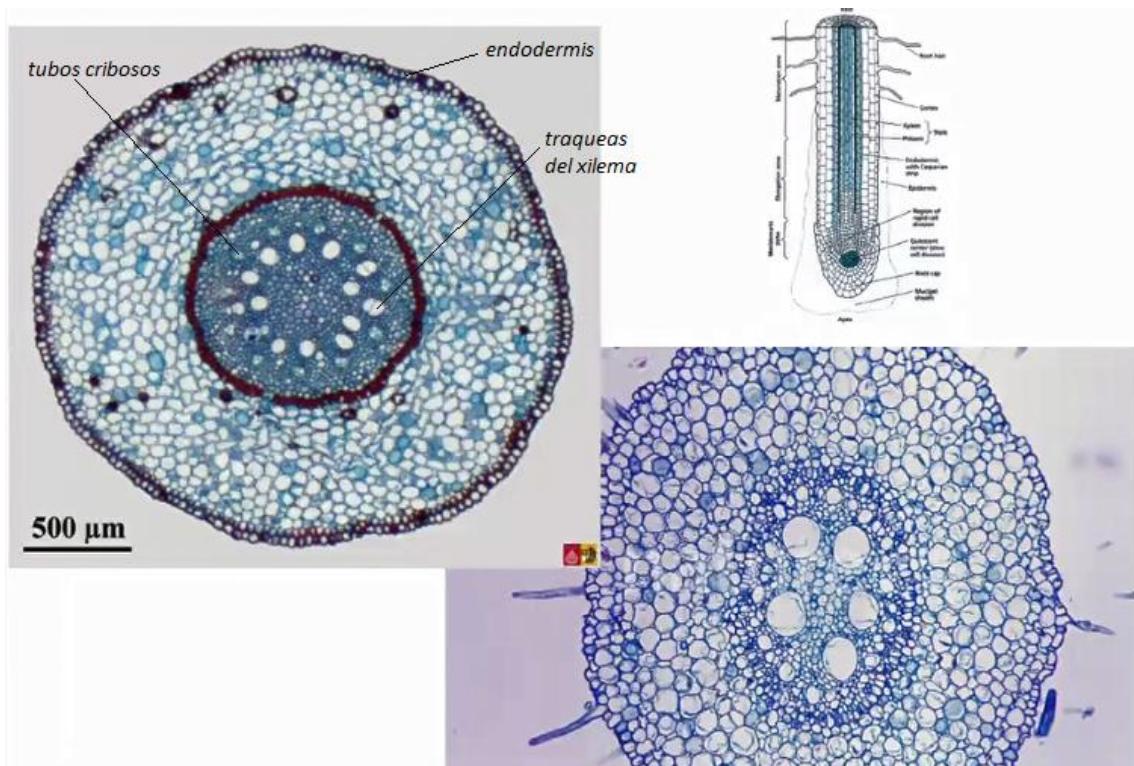
O sea, tejido de sostén puede haber pero es poco. Lo que significa que son finitas, y son las raíces que están creciendo.

En cambio, en la otra micrografía es como si el corte se hubiera hecho en la zona de los pelos, es decir, de la maduración. Tenemos la misma estructura que la anterior pero se le ven los pelos.

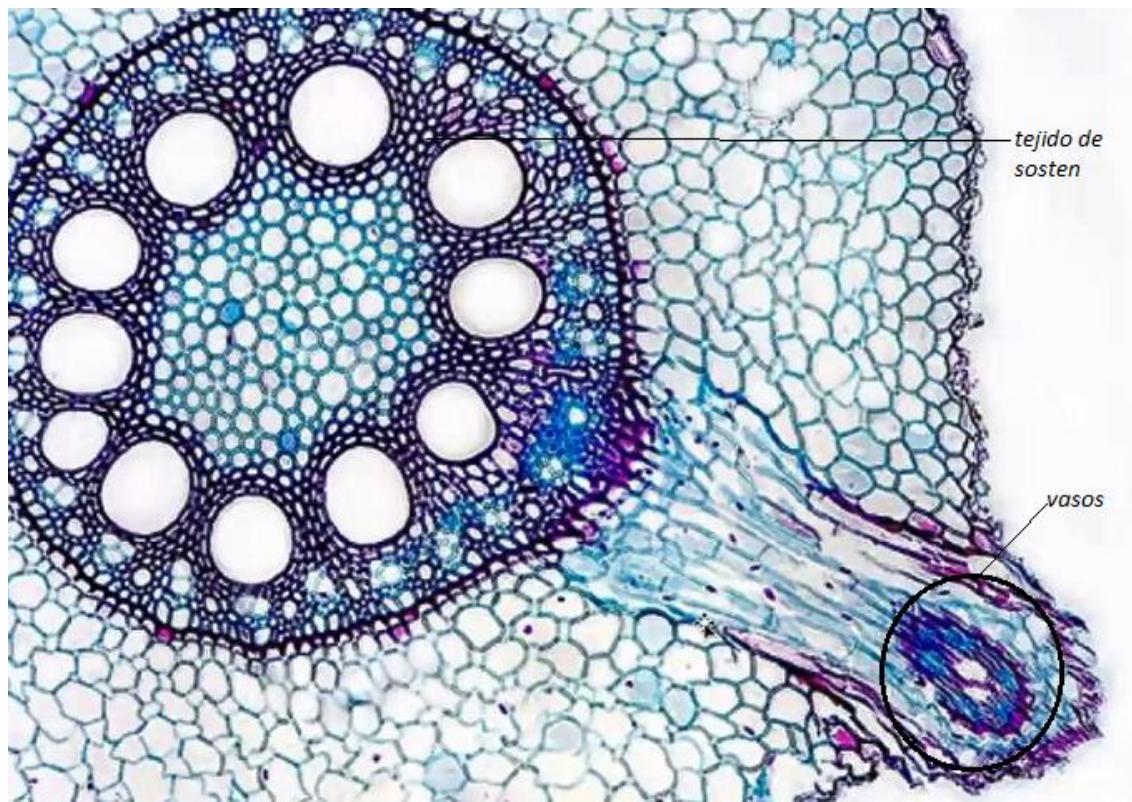
Los pelos son una extensión del citoplasma de la epidermis. No es una célula desarrollada y diferenciada a parte como un tricoma.

El citoplasma se alargó para tener mayor superficie de contacto con el exterior para absorber agua.

El pelo radicular forma parte de una misma célula, de la epidermis.



Raíz con crecimiento secundario



Del periciclo empiezan a hacer divisiones periclinales hacia la epidermis, empieza a crecer nuevamente una raíz.

Está raíz ahora se ve de forma transversal, o sea, en el corte transversal de la raíz veo un

corte longitudinal de la raíz secundaria.

1. ¿Qué es un órgano vegetal? ¿A qué llamamos órganos vegetativos y reproductivos?

Los órganos vegetales son estructuras muy organizadas, formadas por varios tipos de tejidos. El conjunto de órganos vegetales se puede dividir en dos grupos: los de la vida vegetativa, que son el tallo, la hoja y la raíz, y los de la reproducción, que incluye la flor, el fruto y la semilla. Los primeros son los encargados de mantener a la planta viva, al absorber y procesar los elementos necesarios para su alimentación y su desarrollo, como el agua, los nutrientes, la luz solar, etc. Los otros órganos, están presentes en plantas evolucionadas y se encargan de todos los aspectos necesarios para perpetuar la especie mediante la reproducción.

2. ¿Qué es un tejido vegetal? ¿Cómo se clasifican? ¿Cómo se distribuyen en el cuerpo vegetal? Reconozca cada tipo de tejido en hoja, tallo y raíz de mono y dicotiledóneas.

Se denomina tejido a un conjunto de células homogéneas. La homogeneidad hace referencia al aspecto de las células, pero, en la relación general existente entre estructura y función, es aplicable también al comportamiento de éstas. Los tejidos pueden caracterizarse también por su función dentro del organismo. Por lo demás, los tejidos son unidades morfológicas. Las unidades funcionales supracelulares se denominan órganos; éstos con frecuencia están formados por más de un tejido, pero el concepto de «tejido» y el de «órgano» raramente coinciden.

La primera división morfológica de las células formadoras de tejido se basa en su forma: las células aproximadamente isodiamétricas y los tejidos que éstas forman reciben el nombre de parenquimáticas, y las células alargadas y los tejidos fibrosos, el de prosenquimáticas. Así como en los tejidos parenquimáticos no destaca ninguna dirección espacial sobre las demás (isotropía), los tejidos prosenquimáticos presentan, p. ej., de acuerdo con su resistencia mecánica, una dirección prioritaria, precisamente la longitudinal de sus células alargadas y paralelas (anisotropía). Junto a estas dos formas básicas -cúbica y filamentoso-fibrosa- existe también la forma plana, que aparece sobre todo en el tejido epidérmico (forma celular epidérmica).

Las células que se diferencian por su estructura y su función en un tejido uniforme se denominan idíoblastos.

3. ¿Qué es una meristema? ¿Qué tipos de meristemas existen y cuáles son sus funciones? ¿En qué momento del desarrollo pueden aparecer?

IMPORTANTE: Para realizar observaciones de tejidos vegetales en fresco, se aplican prácticas sencillas que se pueden ver en los siguientes links:

- <https://youtu.be/GICOQijkIKc>
- <https://www.youtube.com/watch?v=r6qZ69BwMnk>
- <https://youtu.be/YENgyQrwE7s>

En el estado de embrión prácticamente todas las células de una planta pueden dividirse y diferenciarse en células funcionales. A medida que la planta se desarrolla quedan grupos de células indiferenciadas en diferentes localizaciones de su cuerpo que retienen esta capacidad proliferativa y de posterior diferenciación. En algunas ocasiones, sin embargo, se forman grupos de células con estas características por desdiferenciación a partir de células ya diferenciadas. Independientemente de cómo se forman, los meristemos son grupos de células indiferenciadas responsables del crecimiento permanente de las plantas debido a que tienen una alta capacidad de división celular y posteriormente pueden diferenciarse en una gran

variedad de tipos celulares. No todas las células que se están dividiendo en un meristemo se diferencian en células funcionales, sino que algunas permanecen en estado indiferenciado tras la división mitótica, siendo éstas las que mantendrán al propio meristemo a lo largo de la vida de la planta. Los meristemos proveen de un ambiente tanto para la diferenciación como para el mantenimiento de células indiferenciadas.

Los meristemos pueden ser permanentes y ser funcionales a lo largo de la vida de la planta, como ocurre con los apicales de tallos y raíces. Otros son pasajeros y actúan durante un periodo corto de vida como los que producen las hojas, las flores, o los peciolos. También hay algunos que se pueden generar mucho después de la germinación como el felógeno y el cámibium vascular.

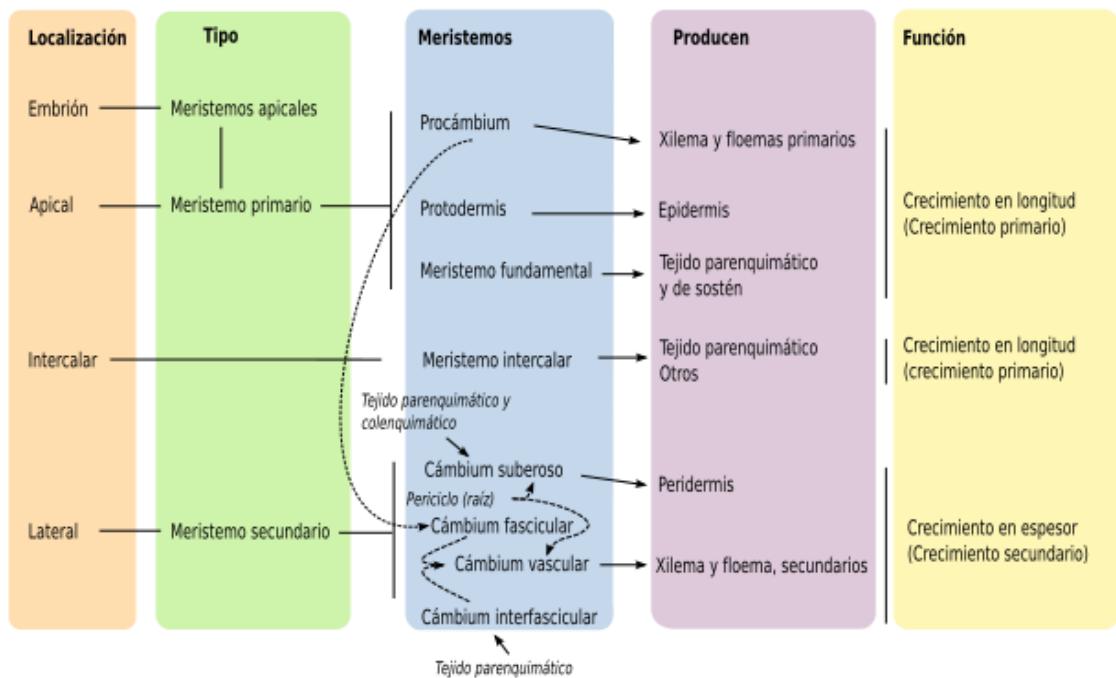
Las células meristemáticas presentan las características citológicas de las células indiferenciadas. Son pequeñas, isodiamétricas y tienen una pared celular primaria delgada. Su citoplasma contiene características propias, como abundantes ribosomas, un retículo endoplasmático rugoso escaso, el complejo de Golgi muy desarrollado para fabricar los componentes de la pared celular, numerosos proplastidios, una cantidad variable de pequeñas vacuolas y un citoplasma desprovisto de inclusiones. El núcleo, con mucha cromatina condensada, es grande y se sitúa en posición central. Las células meristemáticas son células totipotentes, se dividen por mitosis y posteriormente se diferencian para originar el espectro entero de tipos celulares de una planta adulta.

Las plantas crecen por la producción de nuevas células, pero también por el crecimiento en tamaño de estas nuevas células debido a la incorporación de agua en sus vacuolas. En general, las células meristemáticas están densamente empaquetadas, sin dejar espacios intercelulares.

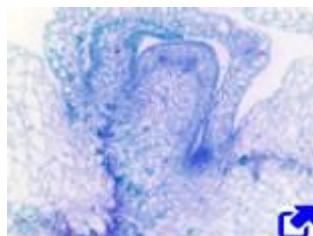
Prácticamente todos los meristemos están formados por un nicho con células madres o iniciales y éstas a su vez por células progenitoras que se dividen muchas veces y se diferencian. En las plantas el camino de diferenciación de las células meristemáticas, es decir, en qué se van a convertir, está determinado por la posición y las señales que hay en cada lugar. Aunque hay una determinación por linaje celular, la posición de la célula en el meristemo es una señal más fuerte que domina su diferenciación, es decir, en qué célula funcional se va a convertir.

Las iniciales dan lugar a células que se siguen dividiendo en una zona denominada de proliferación, hasta que cesan de dividirse empiezan a elongarse, convirtiéndose entonces en zona de elongación, para finalmente empezar la diferenciación.

La clasificación de los meristemos se realiza en base a su posición en el cuerpo de la planta y al momento en que aparecen durante el desarrollo (Figura 1).



2. Meristemos primarios



Meristemo apical caulinar



Meristemo apical radical

Los meristemos primarios se originan en el embrión y son los responsables del crecimiento en longitud de la planta. Por ello a los tejidos derivados directamente de ellos también se les llama **tejidos primarios**.

Este crecimiento en longitud se debe a que sus células se dividen sobre todo por tabicación anticlinal. Los primeros primarios también originan órganos nuevos. Dentro de los meristemos primarios tenemos a los meristemos apicales que se sitúan en el ápice del tallo (Figura 2) y en el de la raíz principal.

Estos meristemos se denominan **meristemos apicales caulinares** y **meristemos apicales radicales**, respectivamente. Del meristemo apical del tallo derivan las yemas axilares, de las cuales surgirán las ramas que llevarán en sus extremos en crecimiento meristemos apicales similares al caulinar original.

Sin embargo, los meristemos apicales de las raíces laterales derivan de la endodermis de la raíz. Pero también en los ápices de las raíces laterales hay un meristemo apical caulinar. Los meristemos apicales del tallo están protegidos por los primordios foliares, mientras que los radicales lo están por la cofia o caliptra.

El número de células en un meristemo apical, caulinar o radical, se mantiene relativamente constante a lo largo del tiempo puesto que hay un equilibrio entre las células producidas y las diferenciadas.

En el meristemo apical caulinar, la zona central y el centro organizador forman el nicho de este meristemo. Mientras que en el meristemo radicular las células troncales forman una capa unicelular alrededor del centro quiescente. Aquí, el nicho lo forman las células del centro quiescente. A partir de cada meristemo apical se formarán la protodermis, que origina la epidermis, el procámbium que dará los tejidos conductores primarios (xilema y floema primarios), y el meristemo fundamental, que dará lugar al resto de los tejidos de la planta.

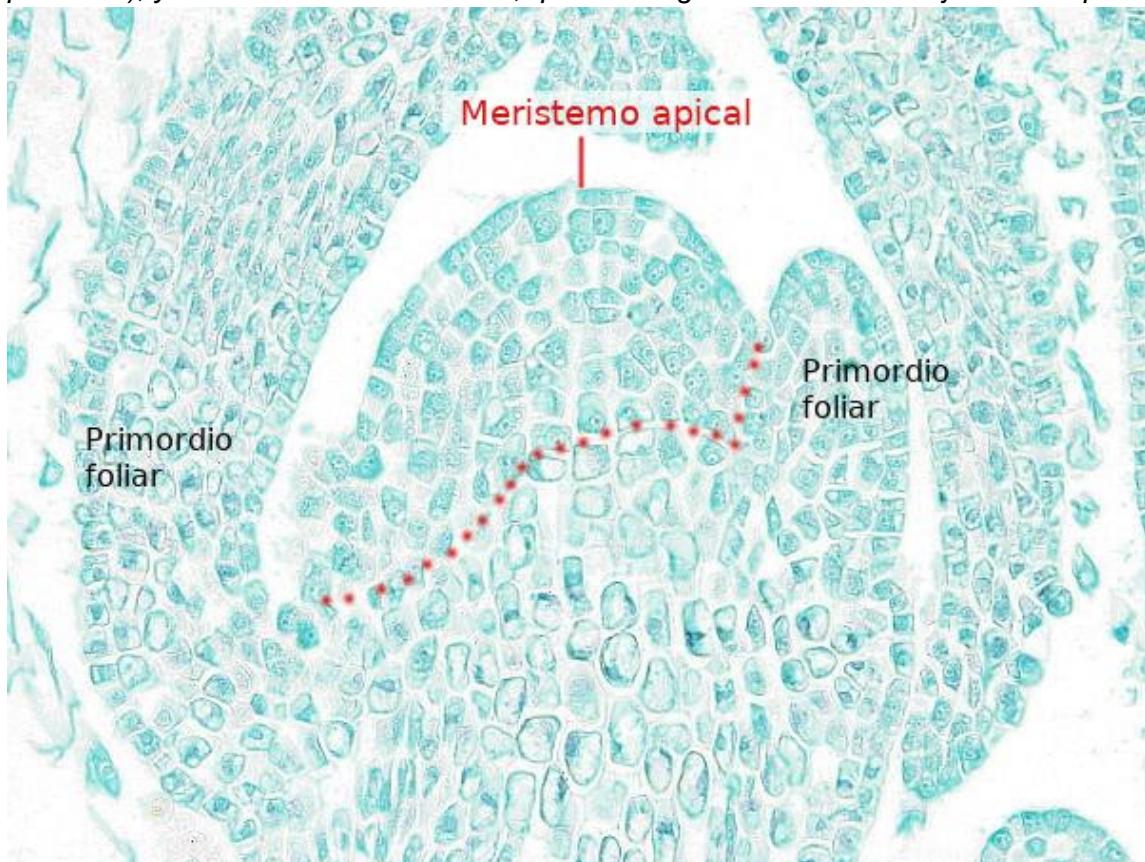
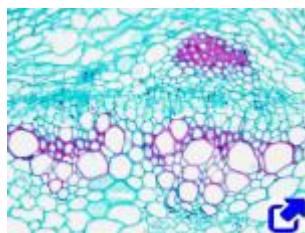


Figura 2. Meristemo apical caulinar.

La ausencia de movimiento celular en las plantas permite predecir en qué se va a convertir cada célula meristemática según la posición que ocupen en el meristemo. En los meristemos apicales, a medida que la zona central indiferenciada produce nuevas células, éstas se van alejando y entrando en la zona de influencia de otras moléculas que inician su diferenciación. La separación se va produciendo por división celular continuada.



Cámbium vascular, crecimiento secundario.

Cámbium suberoso o felógeno, crecimiento secundario.

3. Meristemos secundarios

En aquellas plantas que crecen en diámetro, es decir, tienen crecimiento secundario, presentan otro tipo de meristemos denominados meristemos secundarios (Figura 1), también llamados meristemos laterales, los cuales aparecen más tarde en el crecimiento de la planta y son los responsables de la formación de la madera y de la corteza de los troncos. Éstos son responsables del aumento de diámetro de tallos y raíces y sus células se dividen según planos periclinales (ver [figura](#)).

Estos meristemos son típicos de gimnospermas y dicotiledóneas.

No aparecen en la mayoría de las pteridofitas y monocotiledóneas, ni en determinados órganos como las hojas.

Por supuesto, las plantas que tienen crecimiento secundario también lo tienen primario, localizado los extremos de las raíces y ramas. Hay dos tipos de meristemos secundarios: el cámbium vascular, que origina los tejidos conductores secundarios (xilema y floema secundarios), y el cámbium suberoso o felógeno, que origina la peridermis. Ambos meristemos se disponen como un cilindro continuo, a veces incompleto, a lo largo del tallo o de la raíz.

El cámbium vascular se localiza entre el xilema secundario y el floema secundario y el felógeno entre la felodermis y el súber. El cámbium vascular en los tallos procede de la unión del cámbium fascicular, derivado del procámbium, más el cámbium interfascicular, que se origina principalmente del parénquima. En las raíces el cámbium vascular se genera a partir del procámbium que hay entre el xilema y el floema primario, así como del periciclo que rodea las crestas o costillas de xilema primario. Procámbium y periciclo se unirán para formar el cámbium vascular de las raíces. A ambos lados del cámbium vascular se generan unas capas de células indiferenciadas denominadas zonas cambiales. En las plantas monocotiledóneas todas las células del procámbium se convierten en xilema y floema, y no queda ninguna para convertirse en cámbium vascular que produzca crecimiento secundario.

4. Otros meristemos

En las plantas monocotiledóneas la mayor parte del crecimiento en longitud del tallo no depende tanto de los meristemos apicales, sino que es responsabilidad de los meristemos intercalares. Como su nombre indica, los meristemos intercalares se encuentran intercalados entre los tejidos no meristemáticos. Los mejor conocidos son aquellos localizados en los entrenudos (principalmente próximos la base del entrenudo) y en la vaina de las hojas. Cerca del meristemo caulinar apical los nodos están muy próximos pero irán distanciándose durante el desarrollo por proliferación y elongación celular. En las dicotiledóneas el distanciamiento de los entrenudos es mayoritariamente por elongación celular.

Existen además dos meristemos adicionales relacionados con el sistema vascular: el meristemo provascular y el preprocámbium. El tejido provascular es un tejido embrionario que se sitúa en el futuro cilindro vascular. Aunque este tejido no dará directamente al xilema o al

floema, sí que produce los precursores de las células que darán tanto al xilema y como al floema, es decir, dará lugar al procámbium. Las células del preprocámbium se encuentran en las hojas y son aquellas células que no se distinguen del tejido fundamental pero que son precursoras del procámbium. En las hojas las células del preprocámbium son reclutadas de una población subepidérmica de los primordios foliares. Estas células también se diferenciarán en parénquima. Estas células iniciales de la hoja se generan por la acción de la auxina a alta concentración. Se organizan en cadenas para formar los nervios de las hojas. Estos nervios no se generan por crecimiento o proliferación en longitud sino por adición de incorporación de nuevas células procambiales. Esto parece producirse por el denominado efecto de canalización de la auxina.

Las células, para ser procámbium necesitan una alta concentración de auxina, y una vez diferenciadas parecen canalizar mejor la auxina a su vecina, por lo que ésta también se diferencia en procámbium, y así sucesivamente.

Pueden surgir meristemos a partir de la desdiferenciación de células como las parenquimáticas, colenquimáticas o células de la endodermis de la raíz. Por ejemplo, ya hemos visto que el cámbium vascular se forma a partir del cámbium fascicular y del cámbium interfascicular, y que el cámbium interfascicular se forma a partir de células parenquimáticas. Hay otros ejemplos de desdiferenciación. Así, todos los tipos celulares, meristemos incluidos, de las raíces laterales se forman a partir de la desdiferenciación de células de la endodermis. En los primordios de las hojas, las células del procámbium emergen del preprocámbium. En las monocotiledóneas el crecimiento secundario se perdió durante la evolución, en todas ellas.

Esto pudo ser debido a que todo el procámbium, que da lugar a los haces vasculares, se convierte en tejido y no queda meristemo. El crecimiento en grosor de los tallos se debe al crecimiento del tamaño de las células. Sin embargo, las palmeras y otras monocotiledóneas arborescentes (algunas asparagales) pueden tener tallos muy gruesos debido a un incremento en el número de células parenquimáticas y a la adición de nuevos haces vasculares en zonas alejadas del ápice del tallo.

Este tipo de crecimiento se denomina a veces crecimiento anómalo y se produce por un meristemo nuevo denominado meristemos de crecimiento periférico. En las palmeras, este meristemo se encuentra externamente a los haces vasculares y se denomina meristemo de engrosamiento secundario. Este meristemo da hacia fuera células parenquimáticas y hacia dentro células parenquimáticas y células vasculares. En algunas monocotiledóneas, el meristemo periférico se extiende hacia la raíz en forma de un cilindro formado por cada vez menos células tomando aspecto de cámbium vascular. La actividad de este cilindro formará un tejido extraño similar a un tejido secundario.

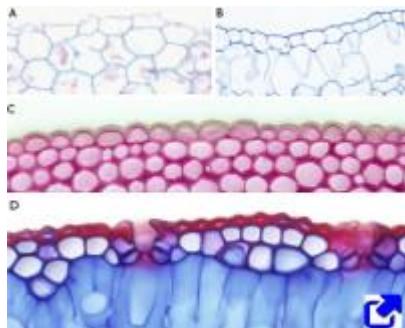
Este tejido sólo se produce cuando esa parte del tallo ha dejado de crecer en longitud. Curiosamente este meristemo produce la mayor parte de su tejido hacia adentro.

4. Tejidos vegetales de protección. Describimos los tipos celulares, su rol, en donde se encuentran en el cuerpo vegetal, los reconocemos en cortes transversales y longitudinales del cuerpo de una planta mono y dicotiledónea.

A) en el cuerpo de una planta con crecimiento primaria, nos encontramos con la epidermis. Células epidérmicas: describa características y funciones. En la planta, ¿dónde se encuentran? ¿Qué es la cutícula? ¿En qué órganos?

Los tejidos de protección forman la parte más externa de los órganos de las plantas y se encuentran en contacto con el medio ambiente. Los tejidos de protección típicos son la epidermis y peridermis, dependiendo de si la planta tiene crecimiento primario o secundario, respectivamente. También se incluyen como protectores a la hipodermis, tejido que aparece en algunas plantas justo debajo de la epidermis de las partes aéreas, y a la endodermis, localizada internamente en la raíz protegiendo a los vasos conductores

1. Epidermis



Tipos de epidermis.

Es la capa celular más externa de las plantas y se acepta que no existe en la caliptra de la raíz y que no está diferenciada en los meristemos apicales. Además, desaparece de aquellos órganos con crecimiento secundario, donde es sustituida como tejido de protección por la peridermis (ver más abajo). En las plantas que tienen crecimiento primario se mantiene a lo largo de toda la vida de la planta, excepto en algunas monocotiledóneas que la cambian por una especie de peridermo. En los tallos se origina a partir de la capa más externa del meristemo apical, o protodermis, mientras que en las raíces se origina desde las células que forman la caliptra o desde las capas más externas de la corteza parenquimática (este origen diferente hace que algunos autores denominan a la epidermis de la raíz como rizodermis). Durante el desarrollo embrionario, la superficie del embrión está formada por una capa indiferenciada denominada protodermo que se diferenciará a protodermis y ésta a la primera epidermis de la planta.

La epidermis constituye el tejido de protección de tallos, hojas, raíces, flores, frutos y semillas. Esta protección es doble, frente a patógenos y frente a daños mecánicos. Otras funciones de la epidermis trascendentales para la vida de la planta son la regulación de la transpiración, el intercambio de gases, almacenamiento, secreción, repele herbívoros, atrae insectos polinizadores, absorción de agua en las raíces, mantiene la integridad física de los órganos de la planta, protege frente a radiación solar, etcétera.

La epidermis está formada comúnmente por una sola fila de células, salvo algunas excepciones donde se aprecian disposiciones estratificadas, como es el caso de las raíces aéreas, plantas xerófitas, y en algunas hojas como las de las adelfas o los ficus. La epidermis estratificada se denomina multiseriada, múltiple, o velamen (Figura 1) cuando es en la raíz. En estas epidermis multi seriadas las capas superficiales actúan como una epidermis típica, con paredes gruesas y con una cutícula en su superficie libre, mientras que las capas profundas pueden actuar como almacén de agua.

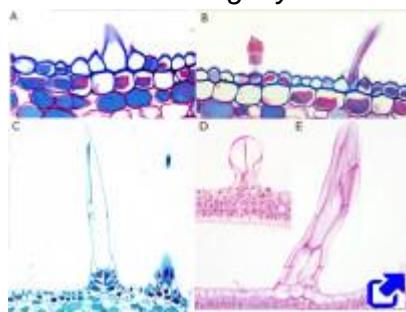
Las células epidérmicas propiamente dichas son las más abundantes y menos especializadas, y se disponen unidas muy estrechamente, sin dejar espacios intercelulares. Tienen forma y tamaño muy variados que se suelen adaptar a la forma de la estructura que recubren. Por ejemplo, son alargadas en el tallo.

En las plantas dicotiledóneas poseen paredes celulares con formas sinuosas, mientras que en monocotiledóneas suelen ser más rectas. Normalmente no tienen cloroplastos, sino plastos no clorofílicos, presentan una gran vacuola, tienen desarrollado el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi y, por lo general, su pared celular es primaria aunque de grosor variable.

Pocas veces presentan pared celular secundaria, como es el caso de las semillas, y también es poco frecuente la lignificación de las paredes secundarias, como ocurre en algunas hojas de gimnospermas. Suelen presentar en sus paredes tangenciales e internas campos de poros primarios y plasmodesmos.

Las células epidérmicas de las partes aéreas de la planta se caracterizan por sintetizar y secretar en sus superficies libres una sustancia lipídica impermeable denominada cutina, que junto con otras moléculas, se deposita en la parte externa de la pared celular para formar una capa continua llamada cutícula. La cutícula impide la pérdida de agua y la entrada de patógenos. El grosor de la cutícula varía dependiendo de la función y localización celular. A veces sobre la cutícula se depositan otras sustancias lipídicas como algunos tipos de ceras que pueden cristalizar o estar disueltas en forma de aceites. Todo esto hace que la célula sea asimétrica con una parte externa y otra interna diferentes. A veces, en la pared libre de la célula epidérmica hay unos canales, denominados ectodesmos, que permiten la comunicación del citoplasma con la cutícula y que permiten la secreción de sustancias al exterior. En la epidermis de la raíz, así como en la de los pelos radiculares, en vez de la cutina, la sustancia secretada es la suberina.

En la epidermis se encuentran los estomas. Las células oclusivas de los estomas son células epidérmicas especializadas que se organizan para dejar un poro u ostiolo entre ellas a través del cual se pone en contacto el medio interno de la planta con el exterior. Existe una cámara de aire bajo el ostiolo denominada cámara subestomática. Ambas estructuras, junto con las células oclusivas, forman lo que típicamente se denomina complejo estomático. Las células oclusivas tienen forma arriñonada o de palillo de tambor, presentan cloroplastos y una pared celular engrosada de manera no uniforme que posibilita que los cambios de turgencia puedan variar su morfología y de este modo aumentar o disminuir el diámetro del ostiolo.



Pelos o tricomas.

Los tricomas o pelos también son células epidérmicas especializadas formadas a partir de células epidérmicas. Pueden ser de protección o glandulares, y a veces se usan como carácter taxonómico, es decir, sirven para clasificar especies. Los tricomas de protección pueden ser unicelulares o pluricelulares, y son especialmente abundantes en estructuras jóvenes de la planta, de las cuales pueden desaparecer cuando se hacen adultas.

Funcionalmente, los tricomas son prolongaciones epidérmicas que realizan numerosas funciones como evitar herbívoros, guiar a los polinizadores, controlar la temperatura y desecación de las hojas, o proteger frente a un exceso de luz. La mayoría de los tricomas están formados por células vivas, aunque se pueden presentar con todas sus células muertas. Las plantas que tienen muchos tricomas se denominan pubescentes.

En la epidermis de la raíz están los denominados pelos radicales, los cuales sirven para absorber agua y sales minerales. Los pelos radicales son células epidérmicas modificadas que crecen a modo de columna perpendicularmente a la superficie de la raíz. En ellos se encuentran también numerosos microorganismos simbiontes tales como las bacterias fijadoras de nitrógeno. Los pelos radicales aparecen en la zona de maduración de la raíz y se diferencian a partir de células epidérmicas indiferenciadas denominadas tricoblastos. Su patrón (número y distribución) es característico de especie, aunque también depende de las condiciones del suelo. Los tricomas tienen un origen diferente a los pelos absorbentes de la raíz, es decir, el juego de genes que se activa en cada caso es diferente.

2. Peridermis



Peridermis y lenticela.

Es un tejido de protección que sustituye a la epidermis como tejido protector en los tallos y raíces que tienen crecimiento secundario, normalmente durante el primer año con crecimiento secundario. Sin embargo, algunas plantas no suelen desarrollar la peridermis hasta varios años después de comenzar con el crecimiento secundario. La peridermis no suele aparecer en hojas ni en frutos. Su aparición aísla a la epidermis del parénquima cortical y provoca la muerte de las células epidérmicas y su descamación a medida que la raíz o tallo crecen en grosor.

La peridermis se produce por la actividad del cámbium suberoso o felógeno, un meristemo secundario y lateral que se puede originar varias veces a lo largo de la vida de la planta. Durante el primer año de crecimiento secundario se forma a partir de la desdiferenciación de las células parenquimáticas o colenquimáticas que se encuentran debajo de la epidermis, pero en algunas ocasiones también de células epidérmicas o floema primario, con lo que se puede formar un meristemo continuo o discontinuo. El primer cámbium suberoso puede durar varios años dependiendo de la especie (en el manzano, por ejemplo, más de 20 años). Más tarde, a veces tras varios años, el felógeno se origina en zonas más profundas a partir de células parenquimáticas del floema secundario. En las raíces el felógeno se forma a partir del periciclo. Las células de felógeno se dividen pericinalmente (ver [figura](#)) dando lugar a filas de células que se distribuyen de manera desigual hacia el interior y hacia la superficie del órgano de la planta. Las capas más externas son más numerosas y sus células se suberifican, algunas lignifican, y luego mueren formando el súber o corcho. Hacia dentro las células están vivas en una disposición apilada formando la felodermis, y aunque su forma se parece a la de las células parenquimáticas corticales, se distinguen de ellas porque se disponen en forma de hileras radiales.

Durante el crecimiento de la raíz o del tallo, en el segundo año de crecimiento secundario o posteriores se forma nuevo cámbium suberoso más internamente. Entonces, la parte externa, que puede incluir floema secundario, células parenquimáticas y la peridermis antigua, se convierte en lo que se denomina ritidoma, que es la corteza que se va desprendiendo de los árboles durante su crecimiento.

La peridermis es una capa impermeable, sobre todo el súber o corcho, al intercambio de gases entre los tejidos superficiales del tronco y raíz con el aire. Este obstáculo puede salvarse con la presencia de unas estructuras llamadas lenticelas, que permiten el intercambio de gases entre los tejidos internos del tallo y raíz y el medio ambiente. Se presentan como zonas lenticulares o circulares que sobresalen en la superficie, con un poro debajo del cual se encuentra el tejido de la lenticela, que no es más que células parenquimáticas de paredes finas y que dejan entre ellas espacios intercelulares más o menos amplios. Las lenticelas se producen con la formación de la primera peridermis y son zonas donde el cámbium suberoso es más activo y deja más espacios intercelulares en los tejidos que produce. A medida que aumenta el grosor del tallo o raíz se forman nuevas lenticelas.

B) En el cuerpo de una planta con crecimiento secundario, nos encontramos con la peridermis. Describa sus características y funciones. En la planta, ¿dónde se encuentran? Súber (o corcho) y felógeno: ¿se encuentran en todas las plantas? Describir y reconocer en cortes transversales y longitudinales del cuerpo de una planta.

5. Tejido fundamental. Parénquima: ¿qué tipos celulares lo componen? Células parenquimáticas: características y funciones. En la planta, ¿dónde se encuentran?

El parénquima es un tejido vivo, principal representante de los tejidos denominados fundamentales (parénquima, colénquima y esclerénquima). Es un tejido sencillo que está implicado en una gran variedad de funciones dependiendo de dónde se encuentre, como la fotosíntesis, el almacenamiento, la elaboración de sustancias orgánicas y la regeneración de tejidos.

El parénquima o las células parenquimáticas se encuentran en prácticamente todos los sistemas de tejidos de la planta.

El parénquima se encuentra formando masas continuas de células en la corteza y en la médula de tallos y raíces, en el mesófilo de la hoja, en la pulpa de los frutos y en el endospermo de las semillas.

Este tipo de tejido rellena espacios entre otros tejidos y dentro de ellos. Puede representar un 80 % de las células vivas de una planta. La célula parenquimática también puede aparecer asociada al xilema y floema, formando parte integral de los mismos. Parte de la capacidad de regeneración de las plantas tras sufrir heridas se debe a la actividad de las células parenquimáticas. Está formado por un solo tipo celular, la célula parenquimática, un célula viva que generalmente presenta una pared celular primaria poco engrosada. Aunque hay ejemplos de células parenquimáticas con paredes gruesas, como las del endospermo de algunas palmeras y el caqui. Son morfológicamente muy diversas, lo que está relacionado con su función. La célula meristemática muestra menor grado de diferenciación que otras células de la planta y por eso se considera que podría ser precursora del resto de los tipos celulares durante la evolución. Es la más parecida a la célula meristemática. Normalmente hay espacios intercelulares entre las células parenquimáticas que pueden formar grandes espacios que facilitan el intercambio de gases.

Las células parenquimáticas se pueden generar a partir de prácticamente todos los meristemos de la planta.

La célula meristemática tiene la capacidad de "desdiferenciación", es decir, puede perder el grosor de su pared celular, convertirse en una célula totipotente y comenzar una actividad

meristemática. Esta propiedad se usa experimentalmente para la formación de callos (masa de células indiferenciadas que es posible manipular en el laboratorio y transformar en una planta adulta).

Las células parenquimáticas que están entre los haces vasculares en los tallos primarios se convierten en el meristemo cámbium vascular cuando el tallo va a empezar el crecimiento secundario.

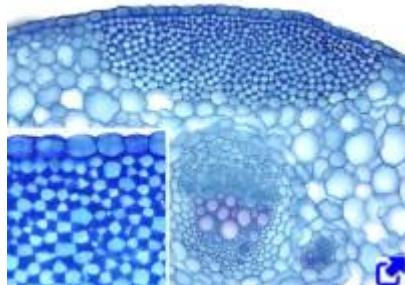
6. Tejido de sostén: Colénquima y esclerénquima. ¿Son células diferenciadas? ¿por qué? Describimos los tipos celulares, su rol, en donde se encuentran en el cuerpo vegetal, los reconocemos los tipos celulares en cortes transversales y longitudinales del cuerpo vegetal.

El colénquima y el esclerénquima son los tejidos especializados de sostén de las plantas. Están constituidos por células con paredes celulares gruesas que aportan una gran resistencia mecánica.

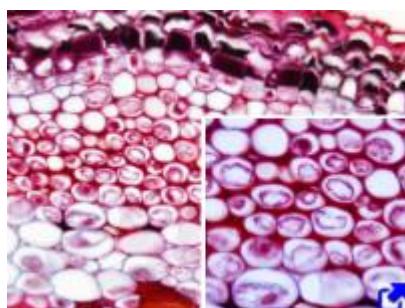
A pesar de compartir la misma función, estos tejidos se diferencian por la estructura y la textura de sus paredes celulares, y por su localización en el cuerpo de la planta.

En plantas de cierto porte, sin embargo, la función de soporte se lleva a cabo por los tejidos vasculares, fundamentalmente por el xilema.

1. Colénquima



Colénquima angular de una hiedra.



Colénquima laminar en el tallo de un saúco.

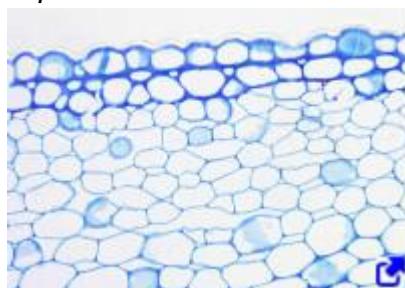
El colénquima es un tejido vivo formado por un solo tipo celular, la célula colenquimática. Se caracteriza por estar viva, por tener paredes engrosadas y por tener una morfología elongada en la dirección del eje principal.

Presentan una gruesa pared celular primaria que las diferencia de las células parenquimáticas y caracterizada por engrosamientos distribuidos de manera desigual, lo que confiere al tejido gran resistencia a la tensión y a otros tipos de estrés mecánico. Se considera pared primaria puesto que puede crecer en superficie, además de en grosor.

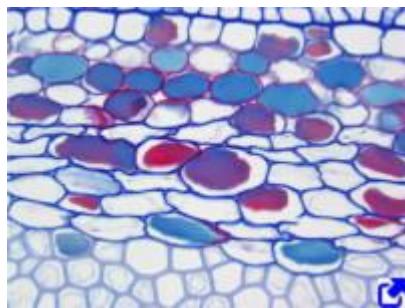
Las células colenquimáticas, al igual que las células parenquimáticas, son capaces de reanudar una actividad meristemática gracias a que sus paredes celulares son primarias y no

lignificadas, a pesar de su grosor. Es posible encontrar formas celulares difíciles de clasificar como parenquimáticas o colenquimáticas, y esto es debido a la capacidad de revertir su diferenciación que tiene el colénquima. Aunque son células vivas raramente presentan cloroplastos. Sin embargo, es un tejido transparente por lo que permite la fotosíntesis en los órganos en los que se encuentra.

*Las paredes celulares de las células colenquimáticas tienen una gran cantidad de pectinas y hemicelulosas, además de celulosa. Juntos confieren a este tejido sus características de resistencia y flexibilidad. Precisamente estas características tisulares le han dado el nombre al colénquima, que deriva de la palabra griega *colla*, que significa goma. Si a esto le sumamos que es un tejido vivo, y por tanto con capacidad para desarrollar y engrosar sus paredes celulares, podemos decir que es el tejido de sostén por excelencia de los órganos que se están alargando, ya que tiene capacidad de adaptarse al crecimiento de cada estructura de la planta.*



Colénquima lagunar del tallo de *Euphorbia*.



Colénquima anular del tallo de una malva.

Es un tejido poco extendido en el cuerpo de las plantas ya que generalmente no está presente en las raíces, excepto en las raíces aéreas, ni tampoco en estructuras con crecimiento secundario avanzado, donde es sustituido por el esclerénquima. Está presente como tejido de soporte en órganos en crecimiento, en el tallo y hojas de numerosas herbáceas maduras, incluyendo aquellas que tienen un crecimiento secundario incipiente, y en órganos nuevos de plantas leñosas, como en tallos, hojas y partes florales de las dicotiledóneas en crecimiento. Está ausente en la mayoría de las monocotiledóneas. En los tallos y peciolos el colénquima se sitúa en posiciones periféricas, donde realiza mejor su función, bien justo debajo de la epidermis o separado de ella por una o dos capas de células parenquimáticas. Forma una especie de cilindro continuo o bien se organiza en bandas discontinuas.

También existe un tipo de colénquima asociado a los haces vasculares denominado colénquima fascicular, aunque no todos los autores lo reconocen como tal.

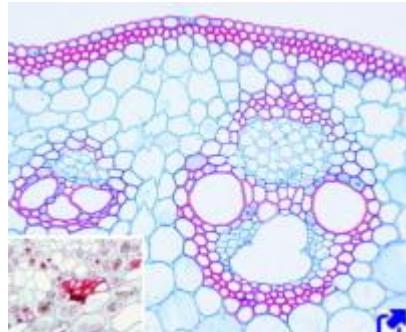
Los distintos tipos de colénquima periférico se caracterizan por el engrosamiento de sus paredes celulares. Si la pared celular está engrosada de forma desigual pero no deja espacios intercelulares tenemos al colénquima angular, en el cual los engrosamientos se dan en los vértices de las células. Cuando los engrosamientos están en las paredes tangenciales

externas e internas tenemos al colénquima laminar. Si el engrosamiento de la pared deja espacios intercelulares y tales engrosamientos están cerca de dichos espacios intercelulares, tenemos entonces al colénquima lagunar, o bien, si el engrosamiento es uniforme alrededor de la célula tenemos entonces al colénquima anular. Sin embargo, existen ejemplos de difícil clasificación y aparecen como formas intermedias.

2. Esclerénquima

El esclerénquima, a diferencia del colénquima, presenta dos tipos de células con pared celular engrosada, pero ésta es secundaria y significada en las células maduras. La palabra esclerénquima proviene del griego "Skléros" que significa duro, seco y áspero. Las células esclerenquimáticas maduras no contienen citoplasma y son células muertas. Gracias a la estructura de sus paredes celulares el esclerénquima tiene una función muy importante en el soporte de los órganos que han dejado de alargarse. Protegen las partes más blandas de las plantas y más vulnerables a estiramientos, pesos, presiones y flexiones. Por eso, aunque está distribuido por todo el cuerpo de las plantas, ya sean estructuras con crecimiento primario o secundario, es más abundante en tallos y hojas que en raíces.

El tejido esclerenquimático es complejo. Los dos tipos de células que lo componen se distinguen principalmente por su forma, su origen y su localización. Un tipo son las fibras, células alargadas y fusiformes, y el otro las esclereidas, que son células variadas en su forma pero típicamente más isodiamétricas que las fibras. El origen de estos dos tipos celulares no está claro pero se propone que las fibras se originan por diferenciación de células meristemáticas y las esclereidas a partir de células colenquimáticas o parenquimáticas que significan sus paredes celulares.



Fibras de esclerénquima del maíz.

Las fibras son células alargadas de extremos puntiagudos, con una pared celular secundaria más o menos gruesa con muchas capas y con un grado de lignificación variable. Se sabe que la lignificación y la diferenciación de las fibras en los tejidos vasculares están influidos por las hormonas vegetales como las auxinas y las giberelinas, que regulan la deposición de lignina en la pared celular. La pared celular de la fibra madura puede ser tan gruesa que a veces ocupa completamente el interior celular. La mayoría de las fibras son células muertas en la madurez, aunque se han encontrado elementos fibrosos vivos en el xilema de algunas dicotiledóneas. Debido a su resistencia a la tensión son de gran importancia económica y se empaquetan por lo general formando hebras que constituyen la fibra comercial.

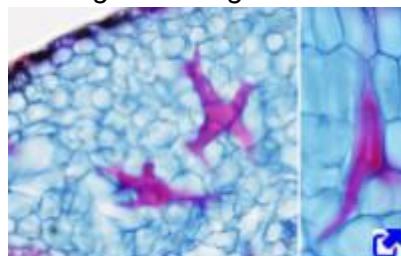
Las fibras de las hojas de algunas monocotiledóneas son comercialmente importantes en la manufactura de la ropa y otros tejidos.

Las fibras se clasifican según su posición topográfica en la planta.

→ Las fibras extraxilares son aquellas que se encuentran en el floema (fibras floemáticas), en la corteza (fibras corticales), o bien rodeando haces vasculares (fibras perivasculares). A

veces las fibras rodean el cilindro vascular en tallos con crecimiento secundario, denominándose fibras pericíclicas.

→ Las fibras xilares se encuentran en el xilema y se clasifican en fibras-traqueidas y fibras libriformes. Ambas son alargadas con paredes gruesas, pero las fibras-traqueidas son intermedias entre la forma de las traqueidas y las de las libriformes. Las fibras mucilaginosas o gelatinosas tienen paredes muy gruesas pero no lignificadas.



Esclereidas, de color rosado, de una hoja de un camelio.

Las esclereidas muestran paredes secundarias muy gruesas y lignificadas que a menudo están interrumpidas por unas patentes punteaduras. Sus formas pueden ser isodiamétricas, estrelladas, ramificadas, etcétera.

Están ampliamente distribuidas entre las angiospermas pero son más abundantes en dicotiledóneas que en monocotiledóneas. Se encuentran en los tallos, hojas, frutos y semillas, aisladas o formando capas (Figura 1). Clásicamente se clasifican según su forma: astroesclereida, braquiesclereida, también llamada célula pétrea, macroesclereida, osteoesclereida y tricoesclereida.

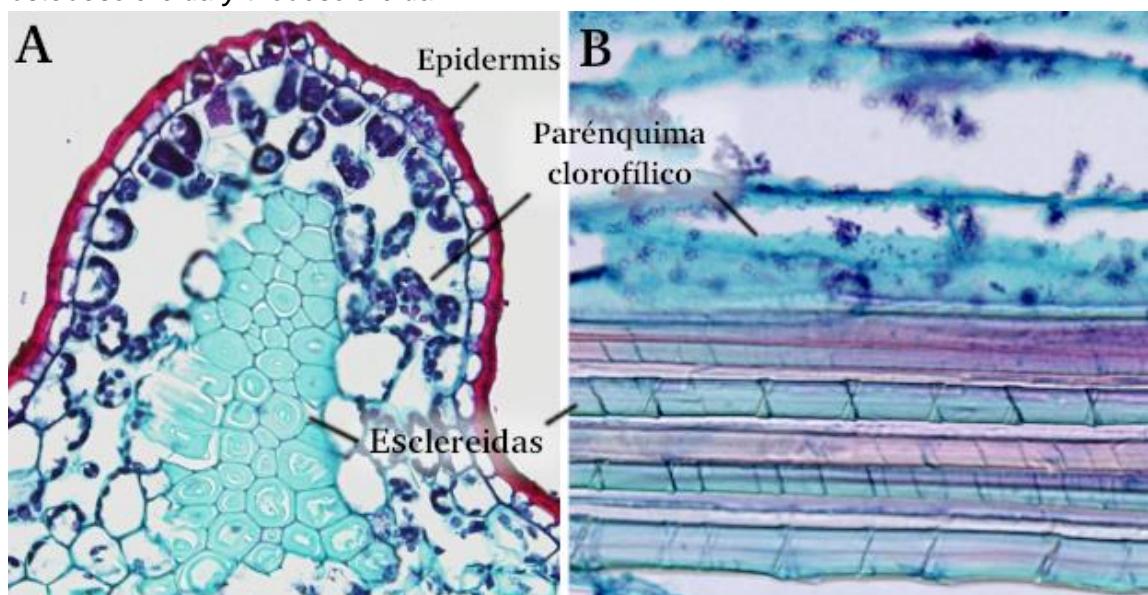


Figura 1. Esclereidas de un tallo de *Ulex*. Teñidas con safranina / azul alcián.

Poco se sabe de la función completa de las esclereidas.

En muchos tejidos, aparte de tener una función mecánica, se les atribuye una misión protectora para paliar el efecto de los herbívoros o para disuadirlos. Aunque se han propuesto otras funciones más específicas en las hojas tales como conducir agua a la epidermis o incluso parecen ser transmisoras de luz (actúan como fibras ópticas) incrementando los niveles luminosos de las hojas.

A menudo se originan tarde en la ontogenia de la planta y lo hacen por esclerosis de células parenquimáticas seguida de un crecimiento intrusivo que las hace penetrar en los espacios intercelulares del tejido donde se encuentran.

7. Tejido de conducción o vascular: floema y xilema, ¿qué tipo celulares poseen?, ¿se trata de un tejido diferenciado?, ¿por qué? ¿Cuál es la función? Relacione los tipos celulares con la función de cada uno. Reconozca los tipos celulares en cortes transversales y longitudinales en cada órgano de una planta mono y dicotiledónea.

La característica más llamativa que distingue a las plantas vasculares de las no vasculares es la presencia de tejidos especializados en la conducción de agua, sustancias inorgánicas y orgánicas. Estos tejidos son el xilema y el floema.

El xilema conduce grandes cantidades de agua y algunos compuestos inorgánicos y orgánicos desde la raíz a las hojas, mientras que el floema conduce sustancias orgánicas producidas en los lugares de síntesis, fundamentalmente en las hojas, y en las estructuras de almacenamiento, al resto de la planta.

Desde el punto de vista fisiológico las plantas necesitan a los tejidos conductores para su crecimiento porque distribuyen agua y sustancias orgánicas, pero también son tejidos que hacen de soporte a modo de esqueleto y sostén de la parte aérea de la planta y dan consistencia a la subterránea.

Otra función de los tejidos conductores es permitir la comunicación entre diferentes partes de la planta gracias a que son vías por la que se distribuyen las señales tales como hormonas. Durante el crecimiento primario de la planta se originan el xilema y el floema primarios. El protoxilema y el protofloema son los primeros tejidos conductores que aparecen en la planta y se forman a partir del procámbium, tanto en el embrión como en las proximidades de los meristemos de las plantas adultas. Posteriormente aparecen el metaxilema y el metafloema, formados también a partir del procámbium, que sustituyen paulatinamente al protoxilema y al protofloema como tejidos conductores.

Si la planta tiene crecimiento secundario se forman el xilema y floema secundarios a partir del cámbium vascular, a la vez que el metaxilema y metafloema dejan de ser funcionales. El xilema y el floema, bien primarios o bien secundarios, se localizan próximos en los distintos órganos de la planta puesto que proceden de las mismas células meristemáticas.

La organización de los tejidos conductores en el tallo y la raíz es diferente. Además, xilema y floema están formados por distintos tipos celulares, algunos de los cuales se han usado filogenéticamente como caracteres para los estudios evolutivos. Al conjunto de haces vasculares en el tallo y en la raíz se le denomina estela, que en función de la organización reciben diferentes nombres. Por ejemplo, protoestela cuando los haces vasculares forman un cilindro sólido y sifonostela cuando los haces vasculares se disponen formando una especie de cilindro en cuyo interior hay parénquima medular

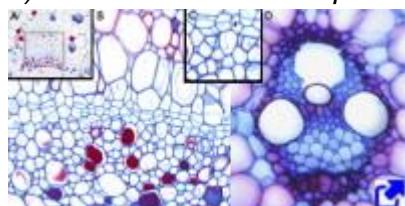
2. Xilema

El xilema, también llamado leño, se encarga del transporte y reparto de agua y sales minerales provenientes fundamentalmente de la raíz al resto de la planta, aunque también transporta otros nutrientes y moléculas señalizadoras. Es también el principal elemento de

soporte mecánico de las plantas, sobre todo en aquellas con crecimiento secundario. La madera es básicamente xilema.

En el xilema nos encontramos cuatro tipos celulares principales:

- a) los elementos de los vasos o tráqueas y
- b) las traqueidas constituyen las células conductoras o traqueales,
- c) las células parenquimáticas, que funcionan como células de almacenamiento o comunicación, y
- d) las células de sostén que son las fibras de esclerénquima y esclereidas.



Metaxilema y metafloema.

Los elementos conductores o traqueales (tipos a y b) son células con una pared celular secundaria gruesa, dura y lignificada, y con un contenido citoplasmático que se elimina tras su diferenciación. Se distinguen a microscopía óptica por engrosamientos de sus paredes secundarias, los cuales pueden ser anulares, helicoidales, reticulados y punteados. El tipo de engrosamiento distingue unos tipos celulares de otros.

Los elementos de los vasos (a) son células de mayor diámetro y más achatadas que las traqueidas (Figuras 2 y 3). Se unen longitudinalmente unas a otras para formar tubos llamados vasos. Por ellos el agua circula vía simplasto (por el interior de las células), y pasa de una célula a la siguiente por las perforaciones que se encuentran en sus paredes transversales (situadas en ambos extremos de la célula), denominadas placas perforadas. En algunos vasos, estas placas pueden no aparecer. Además, el agua y sustancias disueltas pueden atravesar las punteaduras areoladas de sus paredes laterales y pasar a otras células del xilema. Los elementos de los vasos son el principal tipo celular conductor del xilema en las angiospermas.

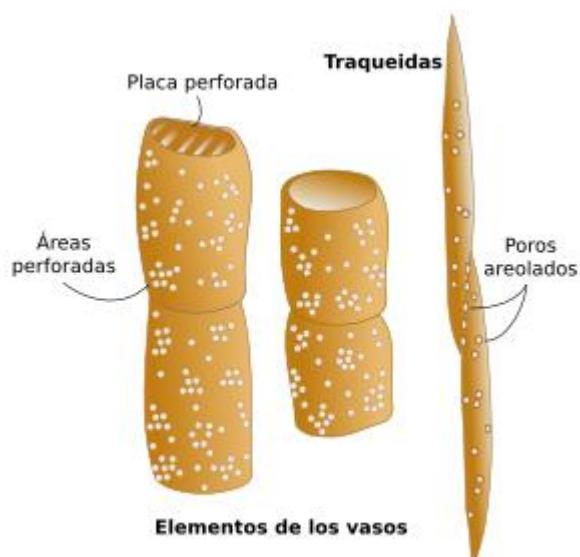


Figura 2. Esquema de los dos tipos de células conductoras del xilema. Las células no están a escala.

Las **traqueidas** (b) son el segundo elemento conductor que aparece en las plantas vasculares. Las pteridofitas y gimnospermas sólo poseen este tipo traqueal como célula conductora. Las angiospermas poseen tanto traqueidas como elementos de los vasos. Las traqueidas son células alargadas, estrechas y fusiformes. El agua circula por ellas y pasa de unas a otras vía simplasto atravesando las punteaduras areoladas, que se encuentran en las paredes que se solapan en ambos extremos de célula y en sus paredes laterales.

En general su capacidad para conducir agua es menor que la de los elementos de vasos, ya que no poseen placas perforadas. Además, tienen paredes celulares más gruesas y un menor volumen interno para la conducción que los elementos de los vasos. Las traqueidas de las coníferas poseen unas punteaduras o areolas muy grandes y circulares que se caracterizan por la presencia de una estructura interna denominada toro, el cual es un engrosamiento en forma ovalada de la pared celular. El toro puede regular el flujo de agua a través de la areola.

Elementos de los vasos	Traqueidas
Principal elemento conductor de las angiospermas	Principal elemento conductor de helechos y gimnospermas
Células cortas que forman filas que crean largos tubos	Son células alargadas con los extremos solapados
Diámetro interno grande y paredes más finas	Diámetro interno pequeño y paredes más gruesas
Poros pequeños y más numerosos	Poros grandes y menos numerosos
Tienen placas perforadas	No tienen placas perforadas
Mayor eficiencia en la conducción de agua	Menos eficiencia en la conducción de agua
Forman tubos	No forman tubos

Figura 3.

Principales diferencias entre los elementos de los vasos y las traqueidas

Las células parenquimáticas (c) se organizan en los tejidos conductores de dos maneras: radialmente o axialmente.

Las radiales forman filas o radios perpendiculares a la superficie del órgano, mientras que las axiales se distribuyen en grupos o tiras longitudinales en el xilema, sobre todo en el secundario (ver más adelante), y en el floema.

Las radiales son células elongadas en la dirección del radio y conectadas por una gran cantidad de plasmodesmos que permiten su comunicación con otras células vecinas.

En coníferas los radios son normalmente uniseriados o biseriados, es decir, formados por una o dos filas de células, mientras que en las angiospermas son típicamente multiseriados, con muchas filas y, a veces, con distintos tipos de células.

Los radios en el xilema se continúan con otros radios en el floema, de manera que una sola célula del cámbrum vascular se puede diferenciar tanto en las radiales del xilema como en las radiales del floema.

Las células parenquimáticas tienen múltiples funciones: almacén de carbohidratos como el almidón, reserva de agua, almacén de nitrógeno, hacer de comunicación entre xilema y floema, etcétera.

Las fibras de esclerénquima y esclereidas (d) tienen como función la protección y soporte (ver figura 4).

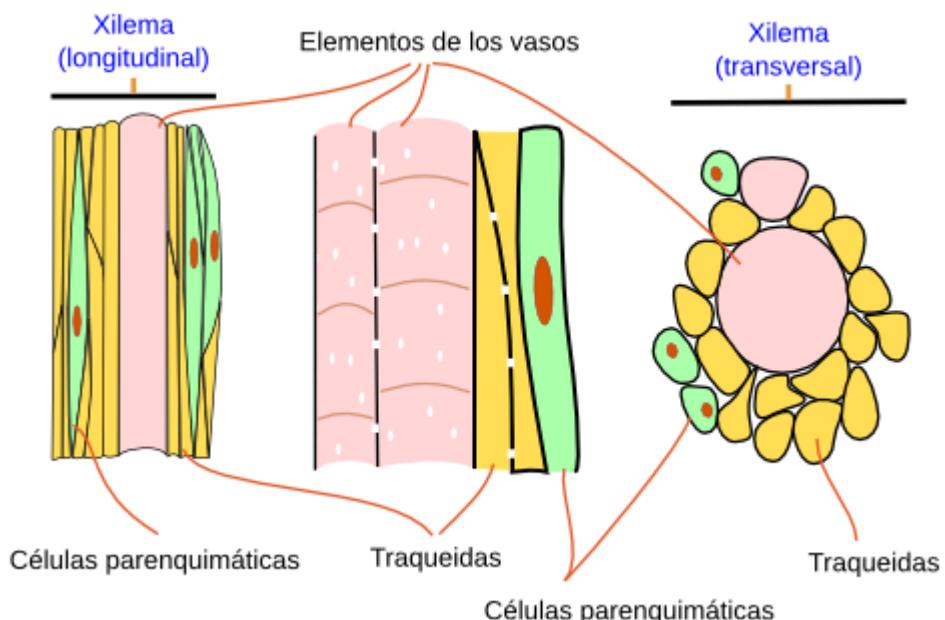
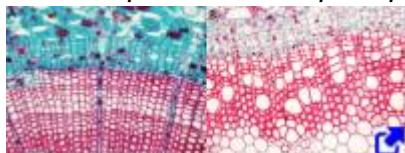


Figura 4.

Esquema donde se representan los principales tipos celulares del xilema primario de una angiosperma.



Xilema y floema.

El xilema primario es el primer tipo de xilema que se forma durante el desarrollo de un órgano de la planta, y está formado por el protoxilema y el metaxilema.

En primer lugar se forma el protoxilema a partir del meristemo procámbium. Completa su desarrollo durante la elongación del órgano y luego desaparece por fuerzas mecánicas producidas durante el crecimiento. La pared secundaria de los elementos conductores del protoxilema, tráqueas y elementos de los vasos, tienen normalmente engrosamientos anulares inicialmente, para luego ser helicoidales. El metaxilema aparece tras el protoxilema, cuando el órgano se está alargando, y madura después que se detiene la elongación. Se origina a partir del procámbium. Sus células son de mayor diámetro que las del protoxilema y las paredes celulares de los elementos conductores tienen engrosamientos en forma reticulada y posteriormente son perforadas. Es el xilema maduro en los órganos que no tienen crecimiento secundario.

El xilema secundario se produce en aquellos órganos con crecimiento secundario a partir del cámbrum vascular. Es el tejido de conducción maduro en plantas con crecimiento secundario, junto con el floema secundario.

3. Floema

El floema, llamado líber o tejido criboso, es un tejido de conducción formado por células vivas. Su principal misión es transportar y repartir por todo el cuerpo de la planta las sustancias carbonadas producidas durante la fotosíntesis, o aquellas movilizadas desde los lugares de almacenamiento, y otras moléculas como las hormonas vegetales.

El floema está formado por más tipos celulares que el xilema. Se compone de dos tipos de células: los elementos conductores y los no conductores. Los elementos conductores son los tubos o elementos cribosos y las células cribosas (Figura 5, 6, 7 y 8). Ambos tipos celulares son células vivas, aunque sin núcleo, y tienen la pared primaria engrosada con depósitos de calosa.

Dentro de los elementos no conductores se encuentran las células parenquimáticas, siendo las más abundantes las denominadas células acompañantes. También se pueden encontrar células de soporte asociadas al floema, entre las que se encuentran las fibras de esclerénquima y las esclereidas.

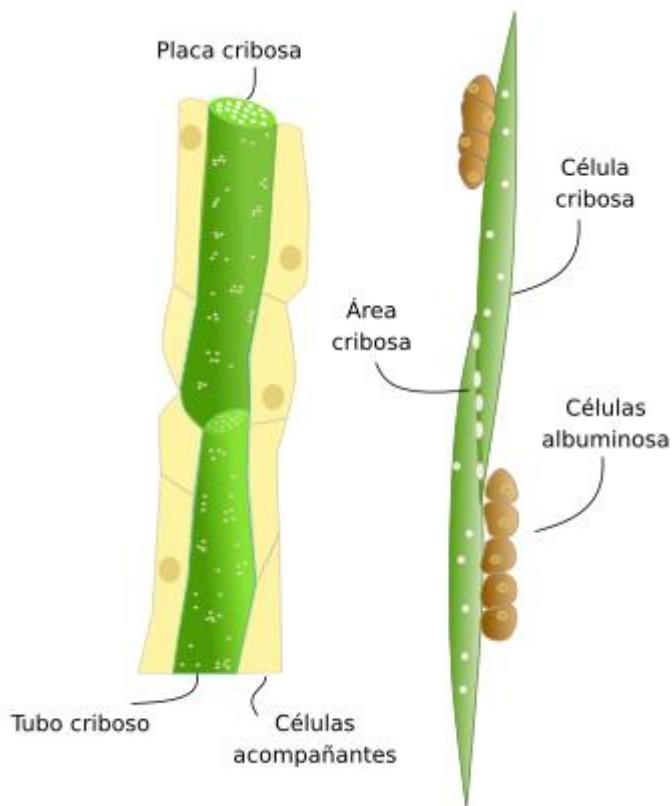


Figura 5. Representación esquemática de los vasos cribosos y de las células cribosas. Las células no están a escala.

Vasos cribosos	Células cribosas
Típicas de angiospermas	Típicas de gimnospermas y plantas vasculares sin semillas.
Diámetro mayor	Diámetro menor
Más cortas	Más largas
Tienen placas cribosas	No tienen placas cribosas
Extremos planos a inclinados	Extremos puntiagudos
Forman tubos	No forman tubos
Asociadas a células acompañantes	Asociadas a células albuminíferas

Figura 6.

Principales diferencias entre los vasos cribosos y las células cribosas.

Los tubos cribosos (Figura 7) son típicos de las angiospermas.

Son células individuales achataadas que se disponen en filas longitudinales y que se comunican entre sí mediante placas cribosas, localizadas en sus paredes transversales o terminales.

Las placas cribosas contienen poros de gran tamaño que comunican los citoplasmas de las células vecinas. Además, poseen áreas cribosas en las paredes laterales que son depresiones en la pared primaria con poros que atraviesan la pared completamente. Éstas sirven para comunicarse con otros tubos cribosos contiguos y con las células parenquimáticas especializadas que los acompañan llamadas células acompañantes o anexas. Los tubos cribosos constituyen el elemento conductor mayoritario en angiospermas.

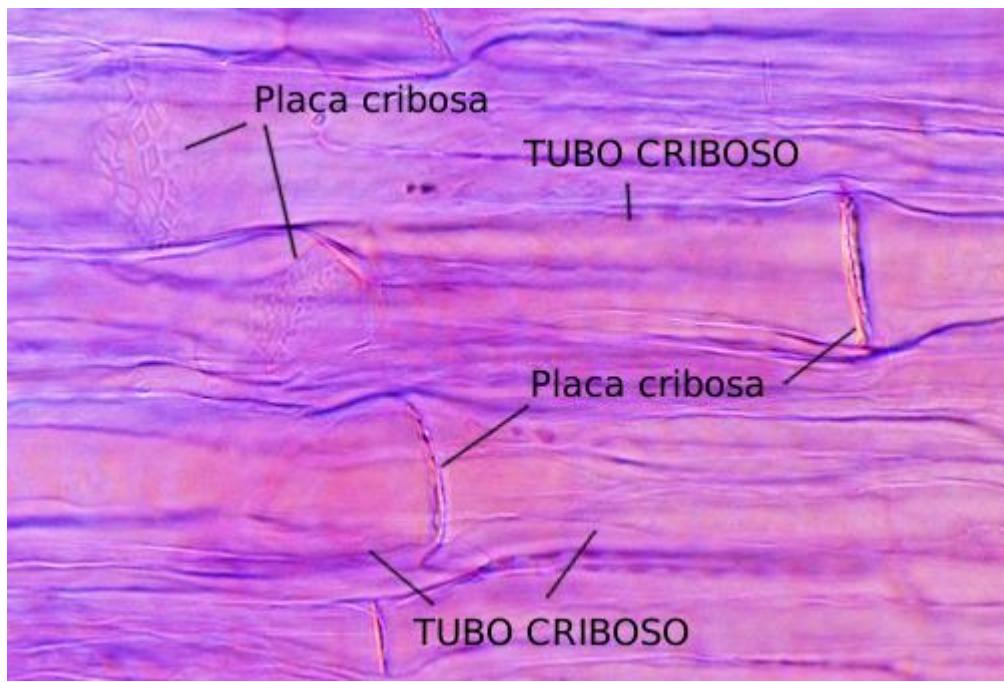


Figura 7.

Imagen de tubos cribosos en una angiosperma.

Las células cribosas (Figura 8) son típicas de gimnospermas y pteridófitas. Son células largas y de extremos puntiagudos, comunicándose entre sí lateralmente mediante grupos de campos de poros primarios que forman las áreas cribosas.

Sin embargo, no poseen placas cribosas. Se relacionan funcional y morfológicamente con una célula parenquimática especializada llamada célula albuminosa. Constituyen el único elemento conductor del floema presente en gimnospermas y pteridófitas.

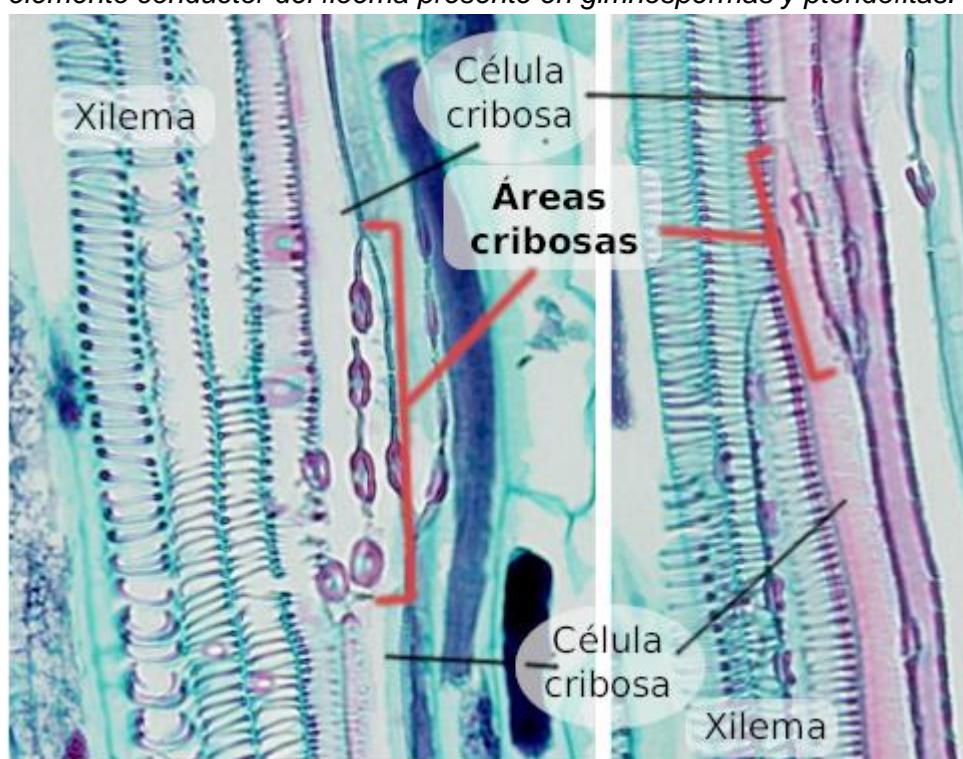


Figura 8. Imagen de células cribosas en la hoja de una gimnosperma.
Las células parenquimáticas son células asociadas al floema.

Las denominadas células acompañantes son células parenquimáticas que están estrechamente asociadas a los elementos conductores del floema puesto que mantienen metabólicamente a los tubos cribosos, ya que éstos carecen de núcleos y tienen un citoplasma reducido.

Por el contrario, las células acompañantes tienen un núcleo grande y un citoplasma muy rico en orgánulos que indican una alta tasa metabólica, aunque carecen de almidón. Las células acompañantes sólo aparecen en angiospermas. En las gimnospermas las células asociadas a los elementos conductores se denominan células de Strasburguer o albuminosa con funciones similares a las acompañantes.

Otras células parenquimáticas funcionan como lugares de reserva de las sustancias transportadas por el propio floema. En algunas especies se encuentran en el floema otras células especializadas con función secretora. Su asociación con los tubos o células cribosas es fuerte, cuando mueren los tubos o células cribosas también lo hacen las células parenquimáticas.

En el floema primario suelen ser alargadas y verticales, mientras que en el floema secundario tenemos un parénquima axial, con células fusiformes y alargadas, y en un parénquima radiomedular con células isodimétricas.

Las fibras de esclerénquima y las esclereidas se encuentran asociadas al floema con una función de protección y soporte.

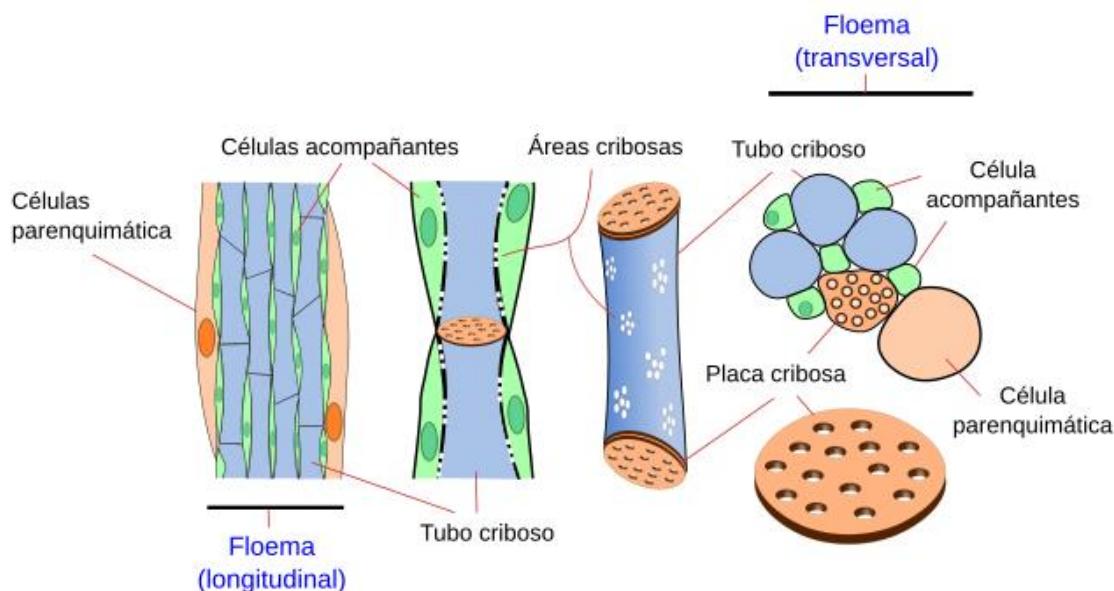


Figura 9. Esquema donde se representan los principales tipos celulares del floema de una angiosperma.

El floema primario es el primer tipo de floema que aparece en los órganos en desarrollo, aparece primero como protofloema y más tarde como metafloema. El protofloema es el primer floema que aparece y se forma a partir del procámbium.

El protofloema contiene elementos cribosos poco desarrollados en angiospermas, mientras que en gimnospermas y pteridófitas posee células cribosas, también poco desarrolladas. Las células acompañantes son muy raras o ausentes.

El metafloema sustituye rápidamente al protofloema, normalmente cuando termina la elongación del órgano, y se origina a partir del procámbium. Contiene tubos cribosos y células

cribosas de grosor y longitud mayores que en el protofloema y siempre tienen células acompañantes. Aquí aparecen las placas cribosas en los tubos cribosos. Este tejido es funcional en las plantas con crecimiento primario.

El floema secundario se forma a partir del cámbium vascular en plantas con crecimiento secundario. Los elementos conductores están muy desarrollados, así como las células acompañantes, y aparecen tanto el parénquima axial como el radiomedular. Las células del floema secundario, al contrario que el xilema, no depositan pared secundaria, y son células vivas. Sin embargo, el citoplasma de los elementos cribosos puede carecer de núcleo, microtúbulos y ribosomas, y el límite entre la vacuola y el resto del citosol no es claro. En los árboles en crecimiento hay muy poco floema secundario activo implicado en la conducción de nutrientes.

Taller 4

Cómo las plantas toman agua del ambiente y la transportan a través de su cuerpo

Dentro de los organismos multicelulares, necesitamos un sistema de tejidos que nos permitan llevar materiales, transmitir información a través de todo el cuerpo (sea animal o vegetal) y para eso necesitamos vías (caminos o conductos por los cuales llevar o traer esas señales, además de los nutrientes, el agua, etc).

Los animales tienen un sistema de circulación sanguínea, alifático; mientras que, en los vegetales, como no tienen un sistema de circulación sino que tienen 2 vías alternativas que son el xilema y el floema.

El agua es necesaria en las plantas porque además de regular la temperatura, ser sustrato de la fotosíntesis, mantiene además, la turgencia de todo el tejido vegetal y por ende, la estructura de la planta depende del estado hídrico que tiene la planta.

El agua se mueve a través de toda la planta, es decir, tiene que llegar a todas las células. Lo que se observa es que ocurre desde un órgano en particular hacia la atmósfera (raíz).

La transpiración es un fenómeno que la planta tiene de forma continua.

Este sistema de transporte, que es a larga distancia, porque estamos llevando agua desde la raíz hasta la atmósfera, lo hace a través del sistema conductor que es el xilema.

El floema se va a encargar de llevar todos los nutrientes obtenidos de la fotosíntesis más señales más hormonas, etc a también, el resto de la planta.

La dirección que toma el contenido del floema es diferente a la dirección que toma el xilema.

- ❖ Xilema → Es unidireccional. Va a ir desde el suelo a la atmósfera.
- ❖ Floema → Las direcciones pueden cambiar y contraponerse de acuerdo a las condiciones que tengan los tejidos.

¿Cómo se mueve el agua dentro del cuerpo vegetal?

El agua se mueve igual que se mueve en el mundo inanimado, es decir, se rige por tres procesos:

1) El **flujo en masa** (a larga distancia).

2) La **difusión** (a nivel celular): En la célula, tenemos un movimiento por difusión por ejemplo el agua que transpira, se mueve por difusión desde el citoplasma, pasando por la membrana plasmática, pasando por la pared; y de esta irá a la atmósfera (movimiento de difusión).

A nivel celular también ocurre un movimiento de difusión cuando un sustrato se encuentra por ejemplo, con un complejo enzimático y ocurre una reacción enzimática.

Es decir, la difusión es el movimiento a muy corta distancia (nm A°) dentro de la célula o dentro de los compartimentos celulares.

3) **Ósmosis** (a nivel de distancias celulares pero a través de una membrana).

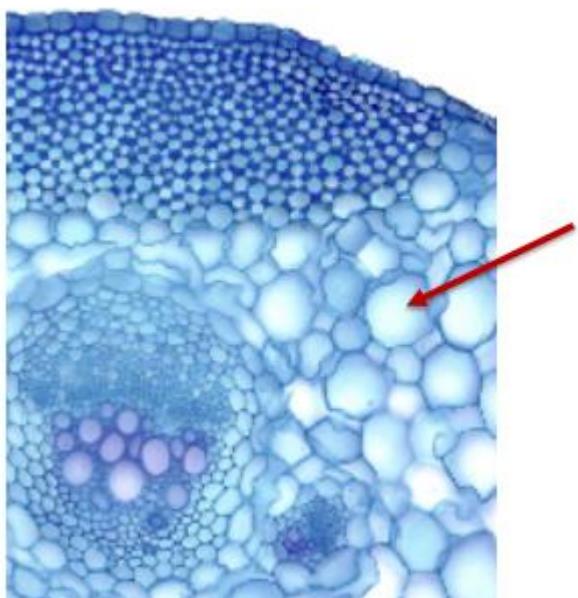
Todos son procesos espontáneos, es decir, no hay gasto energético.

→ DIFUSIÓN

En la difusión las moléculas se van a ir moviendo de un lugar de mayor concentración a otro de menor hasta que la entropía aumente y se llegue a una solución cuya concentración del soluto sea igual, es decir, homogénea en toda la solución. Este proceso termina en el equilibrio.

Supongamos que pudiéramos inyectar agua solamente en esa célula del parénquima.

¿Cómo se va a transportar? El agua tendrá diferentes alternativas:



- I. Si se coloca agua dentro de la vacuola por ejemplo, podría salir a través del tonoplasto, al citoplasma y de ahí ir a la membrana, pared celular, lámina media, la otra pared celular, la otra membrana e ir a la otra célula. Este movimiento sería transmembrana, luego apoplástico.
- II. El agua podría haber pasado de una célula a la siguiente por el plasmodesmo y esto sería la vía simpática.

En un corte transversal, el agua entrará por la epidermis, y se va a ir transportando por ejemplo a través de todos los plasmodesmos hacia el centro de la raíz donde tenemos los haces vasculares, en especial el xilema, que va a ser el que va a transportar en masa el agua.

Además, todo el espacio apoplástico y más de las células que tienen paredes bastante finitas y porosas (no tienen lignina ni algo que impediría el pasaje de agua que serían los productos hidrofóbicos) entonces el agua va a entrar tanto apoplástico como simplásticamente y transmembrana hacia el centro de la raíz.

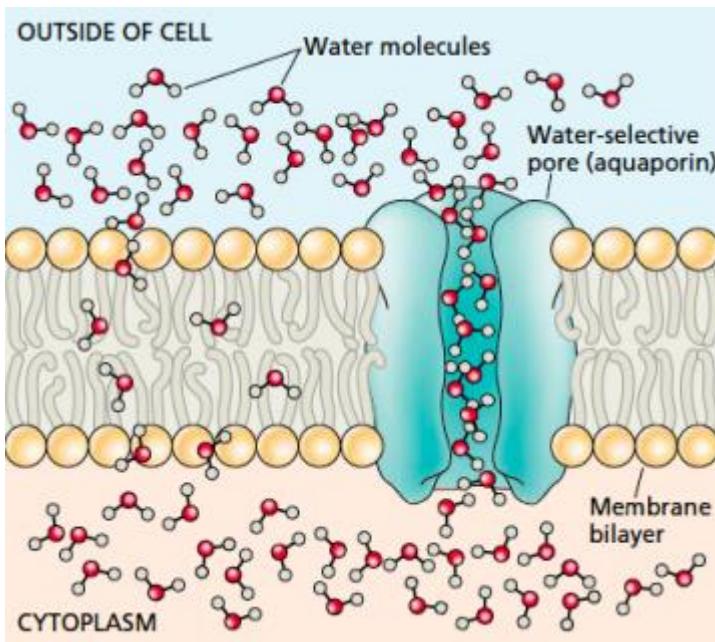
La interconexión de los citoplasmas entre grupos de células crea dominios supracelulares donde la conexión entre las células es tan grande, que prácticamente todas esas células están trabajando como una sola. Es decir, la conexión puede estar muy frecuente no solamente en tiempo sino también en espacio; eso dependerá de: el número de plasmodesmas, de la apertura que tenga, del tipo de plasmodesma que sea; y eso estará asociado al tipo de tejido.

A esto le llamamos procesos autónomos (los que van a ocurrir dentro de la célula y no afectan a la vecina); y los procesos no autónomos (aquellos que por ejemplo en el transporte de agua, la entrada de agua de una célula se va a transportar a menos que esté aislada, el agua de forma pasiva en un proceso espontáneo hacia las células vecinas por plasmodesmas y también en forma apoplástica).

El pasaje de agua a través de la membranas, cuando se hacen los cálculos de cuántas moléculas de agua pasarían a través de la membrana, con una molécula polar como el agua, estaríamos en un 5% de lo que realmente se transporta por ejemplo, al nivel de las membranas plasmáticas que tiene el córtex de una raíz.

Cuando se investiga que es el pasaje que ocurre dentro de la raíz se encuentra que en las células del córtex e incluso de la epidermis y raíz, tenemos una alta frecuencia de acuaporinas.

Las acuaporinas están en todos los eucariotas, transporte de agua, minerales, gases, oxígeno, CO₂; que facilitan el transporte (en mayor cantidad o mayor porcentaje) de todas estas moléculas a través de las membranas, en poros armados por proteínas las cuales forman canales. El pasaje es pasivo.



El número y tipo de acuaporinas hay una familia de genes para cada tipo celular y cada especie, variará de acuerdo al estado hídrico de la célula, al estrés que pueda tener y a la función del órgano en el cual están

El movimiento por difusión va a ocurrir, en un número de células entre 5-10. Es decir, un número bajo de células.

→ OSMOSIS

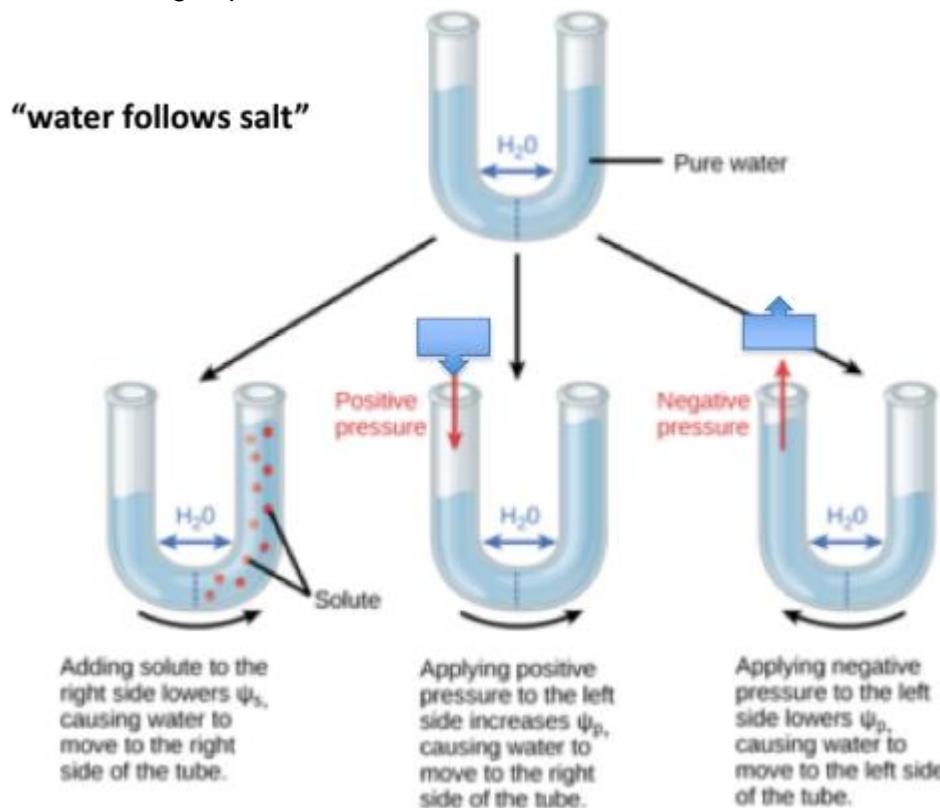
Vimos que el agua iba a pasar a través de las membranas pero eso significa que no tenemos un proceso simple de difusión sino que ahora tiene que atravesar una membrana con una permeabilidad selectiva.

El transporte del agua es a través de las membranas pero a distancias celulares.

Un soluto puede pasar a través de la membrana, este tiene mayor concentración de un lado de la membrana que del otro, y entonces, el agua se va a transportar por difusión a través de la membrana (osmosis) selectivamente permeable a uno de ellos de tal manera que la concentración del soluto sea igual en ambos lados de la membrana.

El agua se transportará hacia el compartimento que tenga mayor concentración de soluto y por lo tanto, el volumen en ese compartimento aumentará.

Este proceso si se grafica con tubos comunicantes y ponemos una membrana en el centro, ponemos soluto de un lado de la membrana; vamos a ver que va a entrar el agua hacia ese compartimento para bajar la concentración de soluto respecto de la referencia que en este caso sería del agua pura.



El pasaje de agua de un lado a otro también podría hacerse no solamente por el agregado de un soluto (que de la izq) sino por una presión (2); si ejerzo una presión positiva (cuando empujo el agua hacia adentro de la célula) que haga pasar el agua al otro compartimento, también puede aumentar el volumen de uno de los lados.

O, (3) podría succionar (presión negativa, cuando succiona el agua hacia fuera de la célula)

Presión positiva → Entrada de agua en la raíz

Presión negativa → El agua se elimina por evaporación de la célula (sale x transpiración)

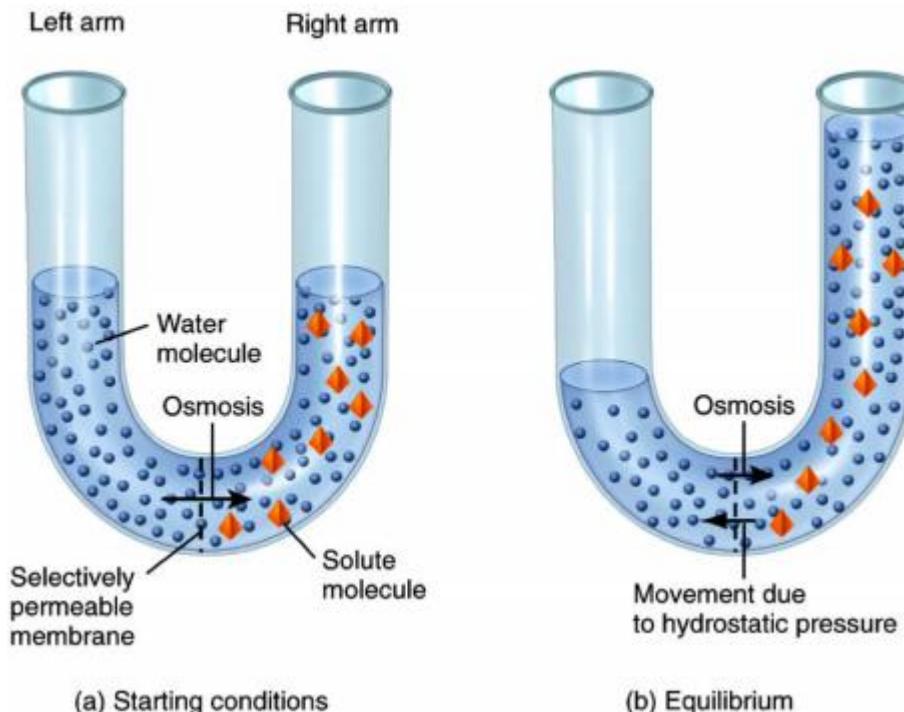
Consideraciones:

¿Cómo medimos las fuerzas impulsoras que van a hacer que se transporte el agua?

Potencial agua: Potencial químico (dividido moléculas de agua para poder referenciar a lo que queremos: movimiento de agua, estado hídrico de la célula).

Tener una idea de cual va a ser la espontaneidad de ese fenómeno, hacia que compartimento se va a mover, teniendo cuantificado entonces, esa energía libre que va a utilizar el agua para transportarse.

La forma en que se mide esto es un potencial presión, es la manera de tener una idea hacia dónde se va a dirigir el agua y para eso lo hacemos es pascales (N/m^2 o J/m^3).



Tenemos los vasos comunicantes divididos por la membrana, y colocamos un soluto en uno de los compartimentos, vamos a determinar cuál va a ser la fuerza impulsora que lleva el agua hacia el compartimento que tiene el soluto por la relación de gibbs, donde depende de la concentración de soluto.

A mayor concentración de soluto mayor tendencia a entrar al compartimento va a tener.

$$\Psi_s = -RT(C)_{\text{sólido}}$$

Al disolverse el soluto, el potencial soluto es negativo y entonces el potencial agua se va a reducir.

Es decir, el potencial agua que tiene un tejido va a estar con una contribución que viene por la concentración de soluto que tiene.

La célula tiene una cierta concentración de soluto y está, dependiendo de como es el medio, el agua va a poder entrar a la célula o salir.

El agua se mueve desde un compartimento donde la solución tiene un potencial mayor a un compartimento con menor potencial (el que tiene soluto).

En general, cuando hablamos de estos conceptos, en las células del parénquima como el clorénquima que está lleno de cloroplastos y tiene una función determinada, necesita agua para hacer la fotosíntesis y entonces su estado hídrico se puede visualizar viendo que las células están turgentes, etc.

Mientras que, en un tejido animal, la diferencia más importante es que tienen una pared celular, entonces si de alguna manera hago llegar agua o sumerjo un pedacito de los tejidos tanto animal como vegetal en agua, voy a ver que de acuerdo al estado hídrico puede entrar agua en las células;

en el caso de las células animales puede entrar agua hasta un cierto punto e incluso pueden ser más flexibles de la que podría llegar a entrar en una célula vegetal porque tenemos una pared celular.

La célula vegetal tendrá un límite volumétrico y este lo pone la pared celular. Está es flexible (hablando de un parénquima) y ese límite impedirá que entre más agua.

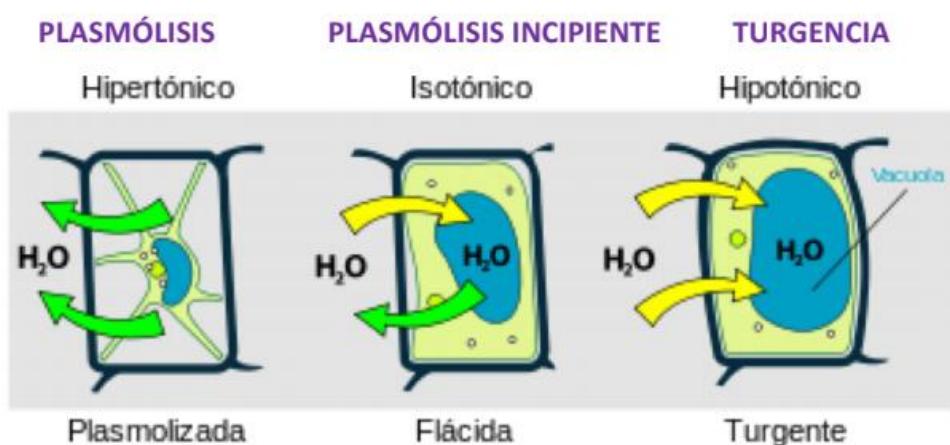
En estas células turgentes e hidratadas, lo pensaremos de forma dinámica por lo que está entrando y saliendo agua. Con un transporte neto de agua cero.

Si estamos poniendo una solución salina mayor a la que está en la célula, el agua va a tender a salir de la célula hacia afuera, denominado plasmólisis.

Si quisiéramos hacer una determinación del potencial agua (estado hídrico del tejido) tendríamos que considerar además de la concentración del soluto, ver hasta dónde podría entrar y salir agua, de acuerdo al límite que tiene la célula que es la pared celular.

Potencial presión que se ejerce sobre las paredes cuando entra y sale agua

Tenemos una presión hidrostática que se ejerce sobre la pared cuando está turgente.



$$\Psi_w = \Psi_{S1}$$

$$\Psi_w = \Psi_{S2}$$

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

S1 > S2 (el potencial en el medio hipertónico es mas negativo que en el isotónico)

➤ Caso isotónico

En el cual podemos considerar de forma dinámica que entra y sale agua, podemos hablar de una célula que está flácida o con 50% plasmolizada en la cual se observa que la célula tiene una cierta separación de la pared celular.

Si consideramos el potencial pared (al potencial agua de la célula no solamente contribuye el potencial sustrato sino también el potencial pared), en este estado, la pared no estaría ejerciendo ninguna presión. Y entonces el potencial agua de este tejido es igual al potencial sustrato.

➤ Caso Hipertónico

Tampoco tiene presión de pared, entonces el potencial agua (hídrico de la célula) será un potencial exactamente igual al potencial sustrato, donde este sustrato, en esta concentración, será mayor que la concentración S2 (la cual es isotónica respecto de la célula).

Si bien en ambos casos el potencial agua depende del potencial sustrato y no del potencial presión o pared porque no hay un contacto entre el protoplasto y la pared.

> Caso hipotónico

En el momento en el cual está entrando agua, la pared se siente porque el agua entrará hasta que la pared pone el límite. Por más que esta concentración siempre sea mayor que el agua pura, el agua no entra hasta que explota la célula sino que entra hasta que la pared le pone el límite. En este caso, el potencial agua dependerá de la concentración del soluto y de la pared potencial.

Los estados hídricos celulares son: turgencia, plasmólisis y plasmólisis incipiente (o 50% de plasmólisis).

Como el potencial de medio hipertónico es más negativo que en el isotónico y los pusiera en contacto, el agua irá desde un potencial mayor a uno menor, si los dos son negativos irá del potencial menos negativo al más negativo.

Water status of plants

Una manera de poderlo calcular es con un equipo de medición (psicrómetro) se calcula en referencia a un estado hídrico X y es importante porque es una manera de conocer el estado de las plantas, el estado hídrico es importante para mantener un cultivo. El estado hídrico de las semillas es importante para saber su condición para la germinación, etc.

Cálculos:

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_s$$

$$\Psi_s = -RT(C)_{\text{sólido}}$$

$$R = 0.00831 \text{ kg}^* \text{Mpa/mol}^* \text{K}$$

T= en K

1 Pa ----> 1.10^-6 MPa

Ψ_p Presión hidrostática. Representa la presión que la pared celular ejerce sobre el agua en respuesta a la presión de turgencia que la vacuola ejerce sobre la pared al llenarse de agua. También se conoce como potencial de presión celular (opuesto al de turgencia). Al tomarse como referencia la atmosférica, Ψ_p es positivo siempre que la vacuola ejerza presión sobre las paredes celulares (turgencia) y 0 cuando esta cesa (plasmolisis). A veces se han medido Ψ_p como efecto ventosa sobre las paredes al contraerse la vacuola.

$\Psi_s (\Psi_o)$ Potencial osmótico o de solutos. Representa el efecto de los solutos sobre el potencial hídrico. Al "diluir" la concentración de agua, los solutos disminuyen su energía libre, por lo que Ψ_s siempre es negativo o 0 en el agua pura. Para evitar el uso de valores negativos, a veces se utiliza el término presión osmótica ($\Pi = -\Psi_s$). Para soluciones ideales, se puede calcular por la ecuación de Van't Hoff

$$\Psi_s = -R T i c_s,$$

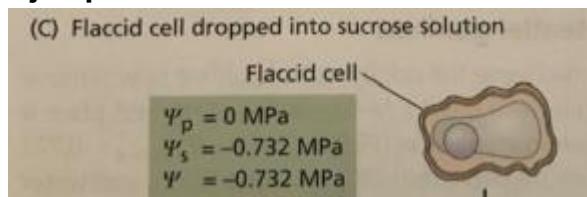
R es la constante universal de los gases ($R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)

T es la temperatura absoluta (K)

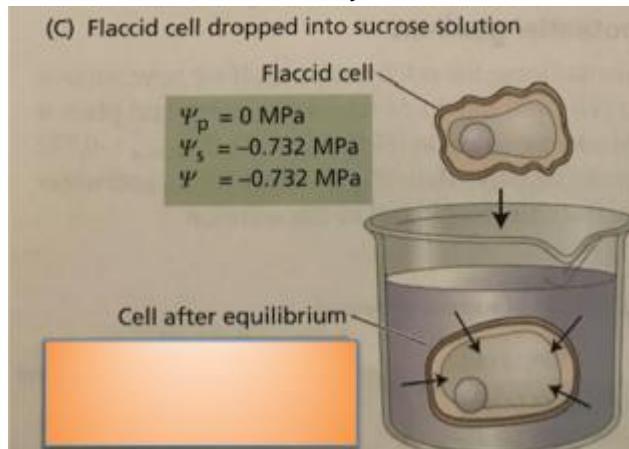
i es el coeficiente de disociación de los solutos iónicos (número de compuestos iónicos distintos que se forman) y es 1 para los solutos no iónicos

c_s es la concentración molal de la solución (mol soluto kg^{-1} disolvente)

Ejemplo:



Ahora, tomo a esta célula y la coloco en una solución de 0,1M de sacarosa, es decir que,



$$\Psi_{w\text{Solucion}} = -RT(C) = -0.244 \text{ MPa}$$

¿Qué ocurre al tomar contacto con la solución 0,1M?

La célula que estaba flácida al entrar en una concentración que era menor a la que tiene la célula, el agua va a entrar, es decir que la célula tiene una concentración de soluto mayor a la concentración de la solución a la cual está en contacto.

El agua se transporta desde un compartimento de mayor Ψ_w (-0.244) a uno de menor Ψ_w (-0.732)

No habla de velocidad (flujo) sino de hacia dónde va a ir el agua (concepto de potencial hídrico).

Ahora, ¿Cuál es el potencial agua de la célula en el equilibrio con esa solución? Es decir, ahora entró agua a la célula, el volumen de la célula cambió(es dato), podemos hacer una corrección de volumen y volver a hacer el cálculo del potencial agua de la célula.

A su vez, podríamos hacer el cálculo de cuál era la diferencia de potencial entre la solución que contiene la célula y la célula.

al entrar agua.....la célula cambio su volumen! En aprox. 15%, por lo tanto, será: $-0.732/1,15 = -0.636$ y $\Delta\Psi_w = -0,244 - (-0.636) = 0,392$

La diferencia de potencial es para ver cual es el camino, que siempre sera desde el de mayor potencial hacia el de menor potencial.

Resumiendo: El agua va a fluir a través de las membranas y acuaporinas, lo va a hacer por: difusión, ósmosis; dependiendo en qué compartimentos este y si tiene que atravesar o no una membrana.

Va a ir por el apoplasto (difusión), va atravesar la pared celular, celulosa, hemicelulosa, contenidos proteicos que tenga esa pared, pero no tiene membrana.

Cuando atraviese la membrana tendremos el fenómeno de ósmosis.

Todos son transportes pasivos y sin gasto de energía.

El agua siempre se va a estar moviendo en forma espontánea.

Cuantificación mediante el potencial hídrico el cual es un potencial químico aplicado al agua, desde una región de mayor a una de menor.

¿La difusión/osmosis podría explicar que el agua llega a una hoja de un árbol de 10 metros de altura?

Estos fenómenos son a pocas distancias, de pocas células.

Si hacemos el cálculo de cuál sería el tiempo (hablando de velocidad) de ese flujo, el coeficiente de difusión, etc; para moverse 1 metro por difusión, el agua necesitaría 32 años, es decir, que el movimiento del agua en una planta no se explica por difusión.

Cuando vemos plantas vasculares, nos vamos a encontrar que ese sistema permite que el **agua se mueva en masa**.

Ya no hablamos de cortas distancias a nivel celular sino a largas distancias (en metros). También son procesos espontáneos

Cuando se hace el cálculo de potencial hídrico de plantas vasculares, y las diferencias que ocurren en la hoja, raíz; tendremos que tener en cuenta el potencial gravitacional porque hay una diferencia de altura, y hay un aporte de este, será despreciable en una altura de 1 metro.

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$$

La diferencia de potencial entre una hoja que esté a un metro de distancia de la otra no tendría prácticamente un valor significativo para aplicar este término del potencial gravitacional; pero si tiene si estamos calculando la diferencia de potencial entre la raíz y las hojas que están al tope del árbol por ejemplo.

La comunicación entre las distintas partes del cuerpo vegetal no es solamente por hormonas y señales, sino que también pueden haber señales hidráulicas.

Es decir, el agua además de tener la función de mantener el cuerpo vegetal, transportar nutrientes, ser nutriente para la fotosíntesis, de mantener la turgencia, de transportar en el floema todas las moléculas Rna, proteínas, ribonucleoproteínas, minerales, aminoácidos fotoasimilados; tiene funciones que son más mecánicas, hidráulicas, eléctricas.

Va a influir en los potenciales de membrana, se forman ondas eléctricas e hidráulicas que hacen que la planta reaccione a esos efectos.

Tienen la posibilidad de transportar una señal que permita a la planta responder por ejemplo a variaciones de T o a un proceso de infección.

SEMINARIO TALLER 4

**1- ¿Cuáles son los procesos que gobiernan el movimiento de agua en las plantas?
¿Cuáles son los movimientos a distancias celulares (distancias cortas)?**

→ *Las moléculas de agua en una solución no están quietas, están en continuo movimiento, chocando unas con otras e intercambiando energía cinética. Las moléculas se entremezclan como resultado de la agitación térmica al azar. Este movimiento al*

azar es la difusión. Considerando que no haya otras fuerzas actuando sobre las moléculas, la difusión es la causa del movimiento de las sustancias desde las zonas más concentradas a las menos concentradas de gradiente de concentración.

→ Un segundo proceso que dirige el movimiento de agua es el flujo másico. El flujo másico es el movimiento concertado de grupos de moléculas en masa, y generalmente en respuesta a un gradiente de presión. Entre los muchos ejemplos cotidianos de flujo másico podemos citar el movimiento del agua a través de una manguera, un río que fluye y la lluvia que cae. El flujo másico del agua impulsado por presión es el principal mecanismo responsable del transporte de agua a larga distancia por el xilema. También es el responsable de la mayor parte del flujo de agua a través del suelo y a través de las paredes celulares de los tejidos vegetales. A diferencia de la difusión, el flujo másico impulsado por presión es independiente de los gradientes de concentración del soluto, así como de los cambios en la viscosidad.

→ Las membranas de las células vegetales son selectivamente permeables, es decir, permiten que el agua y otras sustancias pequeñas no cargadas atraviesen la bicapa, mientras que restringen mucho el movimiento de sustancias grandes y, especialmente, de sustancias cargadas.

Del mismo modo que la difusión y el flujo másico impulsado por presión, la osmosis se produce espontáneamente en respuesta a fuerzas impulsoras.

En la difusión simple, las sustancias se mueven a favor del gradiente de concentración; en el flujo másico impulsado por presión las sustancias se mueven a favor de un gradiente de presión; en la ósmosis, los dos tipos de gradientes afectan al transporte.

La dirección y el flujo hidráulico a través de una membrana no están determinados únicamente por el gradiente de concentración de agua o por el gradiente de presión, sino por la suma de los dos tipos de fuerzas impulsoras.

2- ¿Cómo se transporta el agua entre las células vecinas? ¿Y en el apoplasto, ocurre transporte de agua? Considere todas las vías por las cuales el agua se transporta por ej. entre las células el cortex de una raíz.

> Mediante un citoplasma a otro a través de plasmodesmos Sin ninguna membrana, por el plasmodesmo. Este puede estar tapado de calosa o no, y tiene una sección, puede tener un caudal mucho menor o mucho mayor. Si meto agua en el citosol, el agua pasará de un citosol a otro rápidamente porque hay un potencial de agua que va a ser menor en la célula adyacente, y cuando ingresa en la primer célula agua, este potencial aumenta, desplazándose hacia un potencial menor (movimiento espontáneo) hacia la célula adyacente.

> Vía apoplástica

El agua pasa a través del espacio entre las células. El apoplastro no es membrana plasmática, ni citosol ni simplastro. Tengo las dos paredes y la lámina, más todo lo que se comunique con

eso. Por ejemplo, si la célula fuera del parénquima xilemático y lo siguiente inmediato fuera una punteadura ¿?

➤ *Transporte transmembrana*

El agua pasa por la membrana pero muy poquito, a menos que tengamos acuaporinas y ahí pasa mucho más.

Transmembrana significa que va a pasar por ejemplo, del apoplasto se mete a una membrana, luego al simplástico y vuelve a salir por la membrana al apoplasto; todo esto es transmembrana.

3- ¿Cuáles son las fuerzas que pueden impulsar el agua de un compartimiento a otro, separado por una membrana? Indique la convención (positivo/negativo) que se usa para señalar el proceso.

El pasaje de agua de un lado a otro también podría hacerse no solamente por el agregado de un soluto (q de la izq) sino por una presión (2); si ejerzo una presión positiva (cuando empujo el agua hacia adentro de la célula) que haga pasar el agua al otro compartimento, también puede aumentar el volumen de uno de los lados.

O, (3) podría succionar (presión negativa, cuando succiona el agua hacia fuera de la célula)

Presión positiva → Entrada de agua en la raíz

Presión negativa → El agua se elimina por evaporación de la célula (sale x transpiración)

4- ¿Cómo se pueden cuantificar esas fuerzas impulsoras en términos de energía libre?

La forma en que se mide esto es un potencial presión, es la manera de tener una idea hacia dónde se va a dirigir el agua y para eso lo hacemos es pascales (N/m^2 o J/m^3).

5- ¿Cómo se define el potencial hídrico del agua (Ψ_w)? ¿Que factores contribuyen al Ψ_w ?

El potencial químico del agua es una expresión cuantitativa de la energía libre asociada con el agua. En termodinámica, la energía libre representa el potencial para realizar trabajo. Es importante destacar que el potencial químico es una cantidad relativa: se expresa como la diferencia entre el potencial de una sustancia en un estado determinado y el potencial de la misma sustancia en un estado de referencia. Las unidades de potencial químico son energía por mol de sustancia (J/mol).

Los principales factores que contribuyen al potencial hídrico de la planta son: concentración, presión y gravedad. El potencial hídrico se simboliza por la letra griega psi, y para una solución se puede descomponer en sus componentes individuales, que se expresan normalmente como la siguiente suma:

$$\Psi_w = \Psi_i + \Psi_p + \Psi_g$$

Los solutos: El término llamado potencial de soluto o potencial osmótico representa el efecto de los solutos disueltos sobre el potencial hídrico. Los solutos disminuyen la energía libre del agua por dilución de la misma. Se trata principalmente de un efecto de la entropía, es decir, la mezcla de solutos y agua aumenta el desorden del sistema y disminuye su energía libre. Esto significa que el potencial osmótico es

independiente de la naturaleza específica del soluto. En el caso de soluciones diluidas de sustancias no disociables como la glucosa, el potencial osmótico puede calcularse mediante la ecuación de van't HofT:

$$\Psi_s = -RTc_s$$

La presión: El término indica la presión hidrostática de la solución. Las presiones positivas aumentan el potencial hídrico, mientras que las negativas lo reducen.

A veces Ψ_p se denomina potencial de presión. La presión hidrostática positiva en las células vegetales es lo que se conoce como presión de turgencia. El valor de Ψ_p puede ser negativo, tal como ocurre en el xilema y en las paredes entre células vecinas, donde se puede producir una tensión o presión hidrostática negativa. Como veremos, las presiones negativas fuera de las células son muy importantes en el movimiento del agua a grandes distancias a través de la planta.

La gravedad. La gravedad es la responsable del movimiento hacia abajo del agua, a menos que a la fuerza de gravedad se le oponga una fuerza igual y opuesta. El término Ψ_g depende de la altura (h) del agua por encima del nivel de referencia, de la densidad del agua (ρ_w) y de la aceleración debida a la fuerza gravitacional (g). En forma de símbolos, la expresión es la siguiente:

$$\Psi_g = \rho_w g h$$

Cuando consideramos el transporte de agua a nivel celular, el componente gravitacional suele omitirse debido a que es despreciable en comparación con el potencial osmótico y con la presión hidrostática.

6- Cuando el flujo de agua es hacia adentro de la célula, ¿cuál es el signo del Ψ_w ?
El signo es positivo ya que entra en la planta.

7- Defina potencial soluto Ψ_s . Discuta cómo se calcula. ¿Por qué contribuye negativamente al Ψ_w ?

Al disolverse el soluto, el potencial soluto es negativo y entonces el potencial agua se va a reducir.

8- Defina potencial presión Ψ_p . Discuta cómo se calcula. ¿Por qué contribuye positivamente al Ψ_w ?

La pared se opone a la entrada de agua por lo que contribuye positivamente a Ψ_w y disminuirá la tendencia del agua a entrar en la célula.

9- ¿A qué se le llama plasmólisis incipiente? ¿Cómo podría generar ese estado en un tejido vegetal? Ver videos:

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

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

Plasmolisis incipiente se lo denomina al estado en donde el 50% de las células se encuentran plasmolizadas (como si estuvieran en una solución hipertónica).

Considero estadísticamente que si el 50% de las células están plasmolizadas como si fuera una hipertónica, y el otro 50% no está plasmolizada sino como si fuera una isotónica; entonces consideraré que estoy en el medio (plasmólisis incipiente).

Tengo que probar poner al tejido vegetal en distintas concentraciones de sacarosa, y ver al microscopio en cual se observa lo anteriormente descrito.

Si considero que la célula está en un estado isotónico, significa que su potencial será igual al potencial del soluto, el valor se calcula (-R.T.Cs)

Estos procesos son reversibles, es decir, uno puede tener a una célula en una solución hipertónica y luego ponerla en una solución hipotónica, y el agua ingresará de nuevo.

10- ¿Por qué el Ψ_p es cero (no contribuye al Ψ_w) cuando se genera un estado de plasmólisis y plasmólisis incipiente? ¿Los Ψ_w son iguales en ambos casos? ¿Positivos? ¿Negativos?

Cuando se genera un estado de plasmólisis, Ψ_p no contribuye al Ψ_w ya que la pared no estaría ejerciendo ninguna presión.

Lo mismo ocurre cuando se genera un estado de plasmólisis incipiente.

Los Ψ_w no son iguales en ambos casos. Si se observa, el estado de plasmolisis incipiente (isotónico) tiene mayor concentración de soluto que el estado de plasmólisis (hipertónico) por lo tanto, el Ψ_s del isotónico será mayor al Ψ_w del hipertónico; y como sabemos que para que el movimiento del agua sea un proceso espontáneo, se debe cumplir que está se tiene que mover desde un potencial mayor (isotónico) a uno menor (hipertónico).

Por lo que el Ψ_w del estado isotónico (plasmolisis incipiente) será más positivo que el Ψ_w del hipertónico (plasmolisis).

11- Calcule el Ψ_w de un tejido vegetal que fue sumergido en una solución de sacarosa 0.3 M, observando que se encuentra en un estado de plasmólisis incipiente; luego, calcule nuevamente su Ψ_w cuando lleva el tejido vegetal a una solución de sacarosa 0.1 M. (Ver pág. 39-42 Taiz, 3ra edición)

Estado de plasmolisis incipiente (0,1M) → $\Psi_p = 0$ por lo que

$$\Psi_s = -0.0083 \text{ MPa} \cdot \text{kg/mol} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{ K} \cdot 0.1 \text{ M}$$

$$\Psi_w = -0.247 \text{ MPa}$$

Al pasarla a 0,3M lo que cambiará es la concentración de soluto, que, a su vez, me va a cambiar el potencial soluto de la solución:

$\Psi_s = -0.0083 \text{ MPa} \cdot \text{kg/mol} \cdot \text{K} \cdot 0.3$ (es el potencial de soluto de la solución que vamos a poner al tejido)

$$\Psi_s = -0.742 \text{ MPa}$$

Lo que puedo calcular ahora, es el Ψ_p ya que la célula se hincha.

$$\Psi_p = \Psi_w - \Psi_s$$

$$\Psi_p = -0.247 \text{ MPa} - (-0.742 \text{ MPa})$$

$$\Psi_p = 0.495 \text{ MPa}$$

El potencial presión NO PUEDE DAR NEGATIVO!!

12-. Ver video: <https://www.youtube.com/watch?v=VPwLN6U1spk>

Metodología aplicada:

- Realizar desgarrados de epidermis abaxial de *Tradescantia* spp.
- Colocar fragmentos de los desgarrados de epidermis de *Tradescantia* spp. en cajas de Petri que contengan soluciones de sacarosa de distinta molalidad (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 y 0,5).
- Dejar equilibrando 40 minutos a temperatura ambiente.
- Montar cada uno de los fragmentos de epidermis tratados entre porta y cubre y observar los cambios al microscopio.

A) ¿Qué observaría en las células epidérmicas tratadas a las diferentes diluciones de sacarosa?

B) Asumiendo que en la epidermis tratada con 0,25 molal de sacarosa se observa que las células presentan plasmólisis incipiente*, diga ¿cuál sería el valor del potencial presión o presión pared de las células en ese estado?

* Según este método, se considera que hay plasmólisis incipiente cuando se observa un 50% de las células plasmolizadas.

En plasmolisis incipiente, $\Psi_{sp} = 0$

por lo que puedo calcular el potencial hídrico del tejido:

$$\Psi_s = -0.0083 \text{ MPa} \cdot \text{kg/mol} \cdot \text{K} \cdot 0.25 \text{ M} \cdot 298 \text{ K}$$

$\Psi_w = -0.618 \text{ MPa} = \Psi_s$ por lo que este es el estado hídrico en la planta.

Si este tejido hubiese estado deshidratado, cuando lo tenía a las distintas soluciones, el potencial nos tendría que dar distinto del que calculamos.

Si agarro un tejido deshidratado y agarro uno hidratado, los potenciales deben ser distintos. Es decir, cuando vaya a mirar dónde hay plasmolisis incipiente, me va a dar en distintas concentraciones de soluto.

C) ¿Puede calcularse el potencial hídrico o potencial agua del tejido mediante este método? Justifique.

En el caso si, ya que sabemos que el $\Psi_p = 0$ y con la concentración de sacarosa tratada podríamos calcular al $\Psi_w = \Psi_p$

Aunque es aproximado ya que este ensayo es a ojo, uno cuenta las células. Es decir, este método es una idea del estado hídrico.

D) Considerando que en agua destilada las células no mostraron ningún signo de plasmólisis ¿esto significa que el potencial agua del tejido era igual al del agua destilada? Explique.

Ahora meto a las células en agua destilada, y no se plasmolian. Lo que va a ocurrir es que va a ingresar agua al interior de la célula, es decir, se diluirá la concentración de soluto interno, para aumentar la entropía, es un proceso espontáneo.

En el agua pura va a haber un potencial mayor y entonces irá a una región donde haya un potencial más negativo (es una forma de justificar el aumento de entropía).

Taller 5

Transporte de agua y minerales en el xilema

Los procesos que gobiernan el movimiento de agua en la planta son movimientos de difusión, ósmosis y en masa (larga distancia).

Una planta vascular moderna no puede transportar agua a la difusión y osmosis para transportar de una región a otro, tardaría años y a largas distancias necesitamos un movimiento en masas.

Transporte desde el suelo por la raíz pasando por 3 puntos importantes: absorción de agua por los pelos radiculares a través del xilema al resto de toda la planta y hacia la atmósfera pasando por los estomas en las hojas.

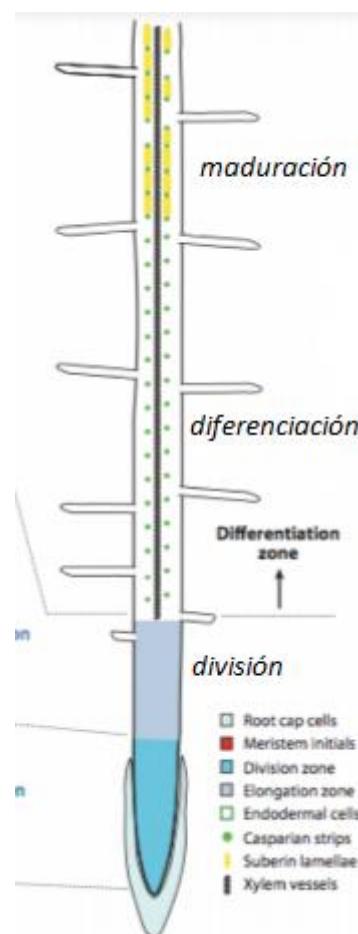
En ese transporte, todos los procesos que van a ir sucediendo son espontáneos.

Hablaremos del transporte de minerales pero no necesariamente entran de forma espontánea sino se utilizan transportadores. Pero cuando hablamos del agua, todos los procesos son espontáneos.

El movimiento del agua va a ser a través de la interfase entre el suelo y la raíz, luego, a través de la raíz, luego en el sistema vascular (xilema), transporte a través del tallo, distribución del agua y minerales en toda la planta y finalmente, la transpiración.

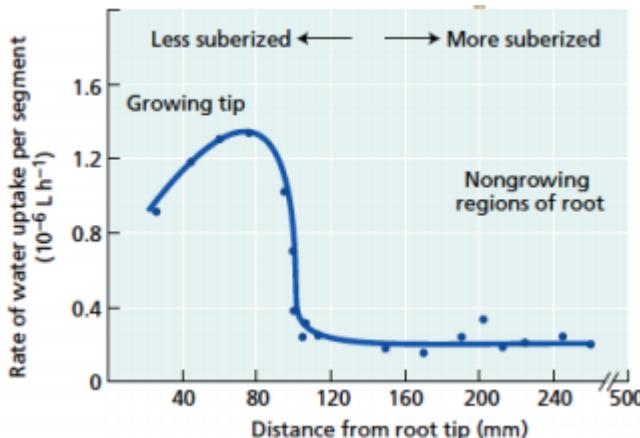
Cuando hablamos de que estos procesos se inicien en la interfase entre el suelo y la raíz, estamos hablando de una raíz que está en plena maduración. Se absorbe agua solo por los pelos radiculares.

No se absorbe agua cuando tenemos corcho o una peridermis. Tiene que haber una absorción en la zona donde hay un crecimiento primario.



¿Para qué la raíz tiene ese crecimiento secundario? Para dar estructura y que la raíz con esa estructura permite ir penetrando en el suelo, buscando agua y nutrientes por medio del desarrollo de raíces secundarias y así dando una red de absorción de agua.

El resto de la raíz lo que hace es sostener, darle la estructura de la raíz para la absorción de agua.



Alrededor de los 8 centímetros la absorción del agua cae abruptamente. Esto significa que hay una zona de absorción de agua pero luego, en la raíz va a haber un desarrollo tal que se van a ir depositando sustancias que son hidrofóbicas (suberina, lignina) impidiendo la absorción de agua. Significa entonces, que estamos entre los primeros centímetros de una raíz recientemente desarrollada.

Contacto entre la raíz en los pelos radiculares los cuales son extensiones del citoplasma de la epidermis, y, cómo va a estar en contacto este citoplasma con el suelo. El proceso espontáneo que debería suceder es que el suelo está rodeado de cierta cantidad de películas de agua y ese suelo tiene una estructura (arenoso, arcilloso) la cual tiene una cierta capacidad de retención de agua.

Aquellos suelos más arcillosos tienen mayor retención de agua, es decir, rodea a las partículas más pequeñas, y eso hace que el agua, de alguna manera, se sostenga en esa estructura.

¿Cómo es que el agua puede llegar a tender a entrar a la planta? ¿Qué potencial agua tiene el suelo respecto de la raíz para ver hacia dónde se va a transportar el agua? ¿Cuál es la tendencia del agua a entrar a la raíz?

El agua se transportará de un potencial mayor a uno menor entonces, supondremos que tenemos un suelo húmedo:

$$\Psi_{W(\text{suelo})} = \Psi_{S(\text{suelo})} + \Psi_{P(\text{suelo})}$$

Por lo que dependerá de la concentración salina que tenga el suelo y de su potencial presión. Suponiendo que el potencial osmótico lo podemos considerar despreciable, nos quedamos con el potencial presión.

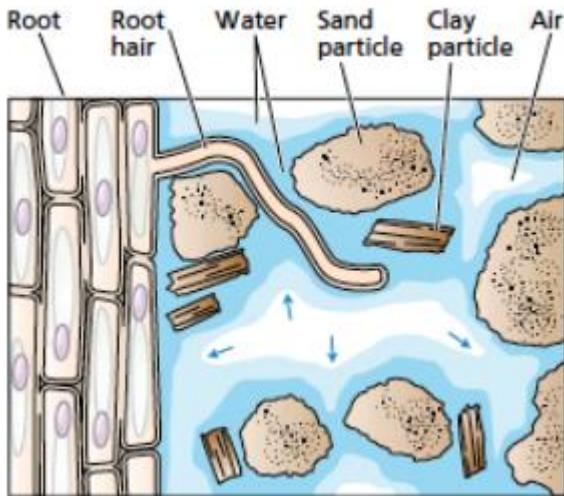
El potencial presión es uno que va a depender (y es la fuerza que va a retener el agua sobre el suelo) es la tensión superficial.

Si este suelo está más o menos hidratado va a variar el radio del menisco

Depende de: $\Psi_{P(\text{suelo})} = -2T/r$

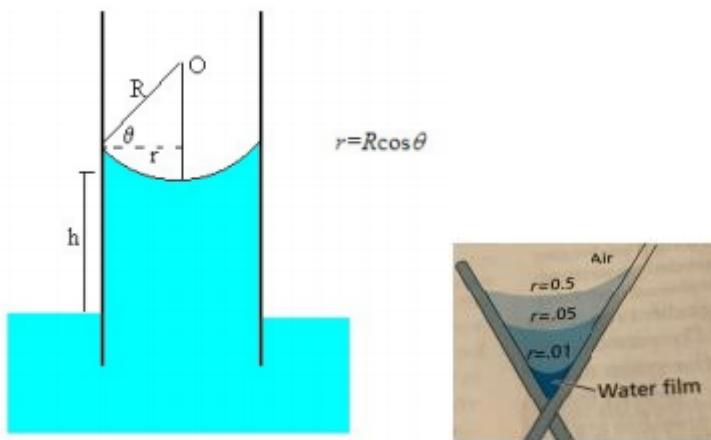
Porque la tensión superficial es una constante que va a depender del líquido, en este caso el agua.

En la imagen se ven dos capas de agua



La capa entre los colores más claros sería un suelo húmedo; supongamos que comenzó a absorber agua y entonces en un segundo estado, sería una película de agua (como un film) que está rodeando a todas las partículas del suelo que está con menor cantidad de agua más cercano a esas partículas.

Si nos fijamos en el radio,



A medida que estamos viendo que hay mayor cantidad de agua, el radio es mayor.

A medida que se gasta el agua (se transportó hacia la raíz), la cantidad de agua sobre lo que está en la superficie baja y esa tensión superficial es lo que va a retener más agua. Con lo que el radio será cada vez menor y el cociente será cada vez más negativo.

Si el potencial hidrostático es más negativo, significa que cada vez es más difícil sacarle agua al suelo porque el potencial hidrostático de la raíz (supongamos constante); la diferencia de potencial entre el suelo y la raíz es lo que nos va a dar una idea de cuánto se va a transportar y cuanta va a ser la facilidad de esa raíz de sacarle agua a ese suelo.

Cuanto mayor sea el potencial negativo, más difícil es que entre agua en la raíz. Por eso los potenciales de los suelos salinos son aun peor, es decir, mayor tendencia van a tener de retener el agua el suelo que la raíz.

Cuando se va agotando el agua, el r se va haciendo menor, con lo cual, el potencial se hará menor.

Una vez que el agua entra a los pelos radiculares, hay 3 vías:

- Simplástica
- Transmembrana (mediada por acuaporinas)
- Apoplástica (pared celular) vía de mayor contribución para el transporte en masa de agua, y hasta que llega a la epidermis.

Cuando llega a la endodermis, el agua y los minerales no pueden transportarse por vía apoplástica ya que la pared está bloqueada por la banda de Caspary y lignina/suberina.

ENDODERMIS: La vía que entra por el pelo, atravesando el córtex, y la raíz, es una vía en masa. Lo que significa que el agua va a entrar en cantidad hasta la endodermis (el flujo será alto) y se debe al transporte apoplástico.

Lo que significa es que si en algún momento este transporte apoplástico de alguna manera, se bloquea (parcial o totalmente) significa que esa entrada de agua va a estar regulada.

Va a entrar hasta la endodermis ya que está es una capa celular que tiene una banda que se llama la banda de Caspary cuya propiedad es un depósito de lignina que la hace impermeable al agua (porque es una sustancia hidrofóbica).

Esto se encuentra a la altura de los pelos radiculares cuando se absorbe agua.

La banda de Caspary rodea solo una cara que está con el depósito de lignina. Si ahora lo miro en un corte longitudinal donde miro todas las células de la endodermis a lo largo de toda la región de la raíz, lo que veré será un cilindro alrededor del haz vascular (donde tenemos el xilema y donde el agua se transportará).

Rodeando todos los haces vasculares hay una malla (banda caspary) lo cual significa que el agua puede pasar solo por aquello que no va es simplástico porque todos los espacios apoplástica están lignificados (significa que están impermeabilizados frente al agua).

La función de la banda de Caspary es de protección porque la entrada en masa de agua y de minerales también es de patógenos, significa que hay que regular qué cantidad de minerales necesita la planta para su nutrición. Es una manera de bloquear una entrada que era prácticamente apoplástica (en masa) de agua para hacerla solo simplástica. (Transporte regulado de minerales).

La endodermis por lo tanto actúa como una barrera física y un filtro selectivo. Con la banda de Caspary, todo aquello que pasa por la endodermis difícil es que vuelva por el espacio apoplástico (si justamente tengo bloqueado el espacio apoplástico).

Es decir, si el sodio o cualquier otro mineral, una vez que pasa la endodermis, no puede volver hacia atrás por la vía apoplástica. Si tiene que volver por la vía simplástica va a estar regulado.

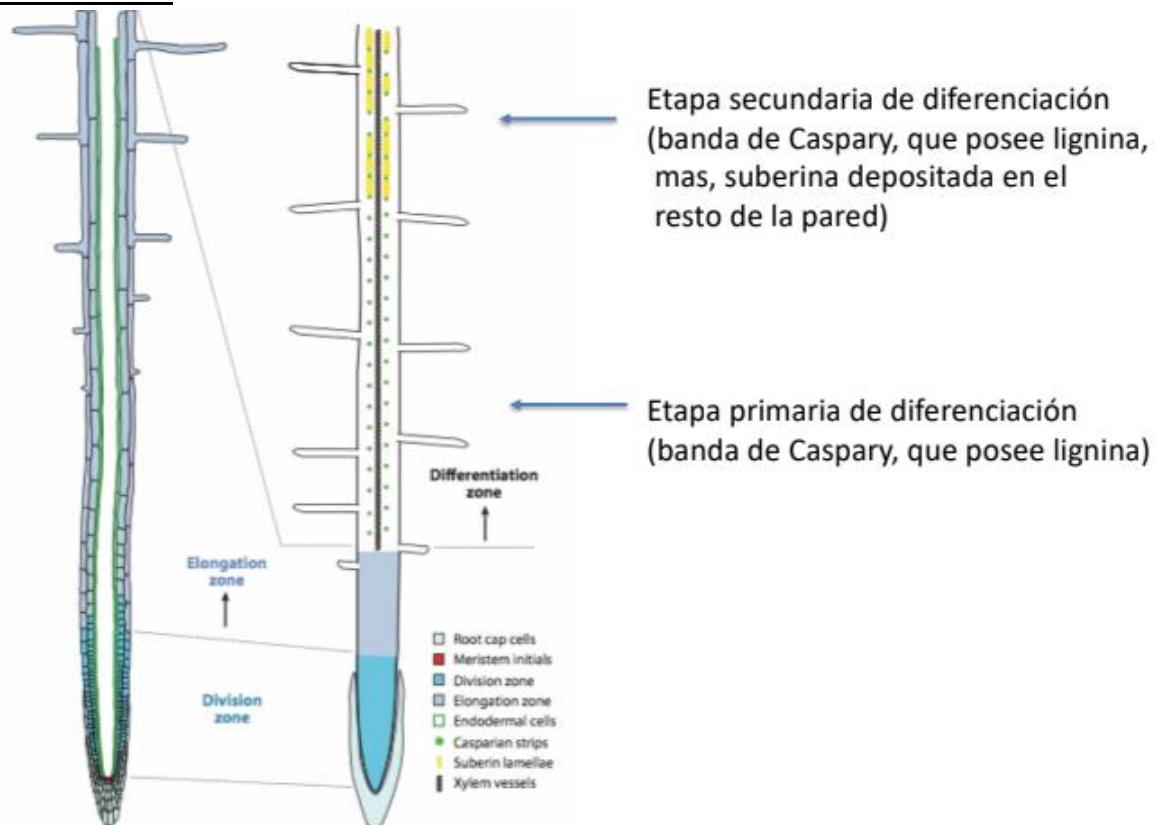
Un aspecto importante de la endodermis en su etapa de diferenciación porque tenemos una etapa primaria de diferenciación endodérmica y secundaria.

En la etapa primaria hay un depósito de lignina pero hay transportadores que pueden pasar por vía apoplástica.

En una segunda etapa hay un depósito de suberina a lo largo de toda la pared y de toda la membrana de las células de la endodermis, con lo cual ya no hay transportador que pueda

facilitar a través de la membrana plasmática ningun transporte de minerales ni de agua, sino que solo será simplástico.

¿Dónde están?



Esto significa que la raíz siempre va a estar creciendo e ir saliendo raíces secundarias que a su vez va a ser otro ápice con pelos para la absorción de agua, va a ser una forma de ver como es el crecimiento de la raíz porque se ven todas las etapas de desarrollo en el mismo órgano y al mismo tiempo.

Una vez que pasa la endodermis, tenemos una capa del periciclo y después tenemos floema y xilema.

Ahora, las posibilidades de pasaje van a ser simplástica, apoplásticas, transmembrana, transcelular y va a llegar hasta el xilema, no va a ir al floema porque el agua se transportará hacia un potencial hídrico cada vez menor. En la raíz el floema no va a ser el momento sino que desde la endodermis al periciclo y de este hacia el xilema.

En el xilema a su vez, el agua se puede transportar entre los capilares xilemáticos (vaso xilemático) y tienen también unas punteaduras donde hay una interrupción de la pared en traqueidas principalmente y tiene la capacidad de tener como una válvula para bloquear el pasaje de agua entre los vasos xilemáticos con mayor o menor resistencia pero eso permite una cierta flexibilidad de pasaje de agua.

¿Cómo llega el agua en una planta que tiene por ejemplo 100m o 10m de altura?

Lo que tira hacia abajo es la gravedad, y entonces tenemos un término más en el cálculo del potencial agua que es el potencial gravitacional (aproximadamente 0,01MPa por metro).

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$$

$$\Psi_g = 100 \times 0.01 \text{ MPa}/\text{mt}$$

$$\Psi_{p(\text{topo})} - \Psi_{p(\text{base})} = 2 \text{ MPa} \quad \text{una columna de agua de 100mt}$$

$$+ 1 \text{ MPa de } \Psi_{g(100\text{mt})} = 3 \text{ MPa}$$

Suponiendo que tengo un capilar y lo pongo sobre una gota de agua va a empezar a subir por el capilar, esto será por la tensión superficial, la cohesión entre las moléculas de agua entre ellas, el hecho de que vayan mojando de alguna manera las paredes del capilar es que va subiendo el agua.

¿Hasta qué punto? Hasta que en un momento, el impulso que dio la cohesión y adhesión de las moléculas de agua sobre el capilar, hasta que tengamos el peso de la gravedad.

Sin embargo, en la planta sabemos que entra el agua, pasa por los capilares que son los xilemas pero luego ¿cómo se mueve? No puedo explicar la salida del agua, es decir, es un continuo suelo-planta-atmósfera.

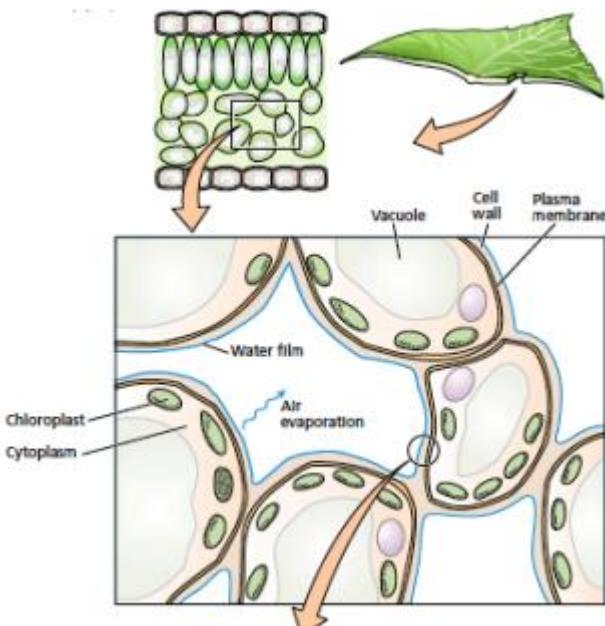
Las propiedades del agua me van a explicar cómo sube por capilaridad (tensión y cohesión) lo que no me van a explicar es que a su vez, se siga moviendo el agua y que incluso llegue hasta el tope del árbol.

Eso es la evaporación (transpiración). Cuando se eliminan esas moléculas de agua, serán reemplazadas por otras moléculas de agua, dando lo que se llama una tensión negativa o un potencial de presión negativo sobre el xilema (un espacio apoplástico) que va a depender de las diferencias de potencial que va a haber entre la atmósfera y la entrada de agua.

El agua se mueve en el xilema porque está impulsada por la evaporación. Las propiedades del agua hacen que pueda subir por el capilar pero lo que explica el movimiento del agua y la salida de agua es la evaporación.

La transpiración se hace a través de las hojas, en los estomas.

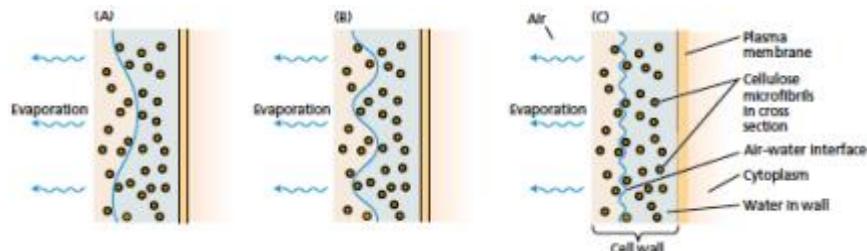
En las hojas tenemos el parénquima globoso, en el cual tenemos células cuya pared celular está en contacto con el aire con una película de agua que es la que se está evaporando (transpirando).



$$\Psi_{P(xilema)} = -2T/r$$

$$\Psi_{W(xilema)} = \Psi_{S(xilema)} + \Psi_{P(xilema)} + \Psi_G$$

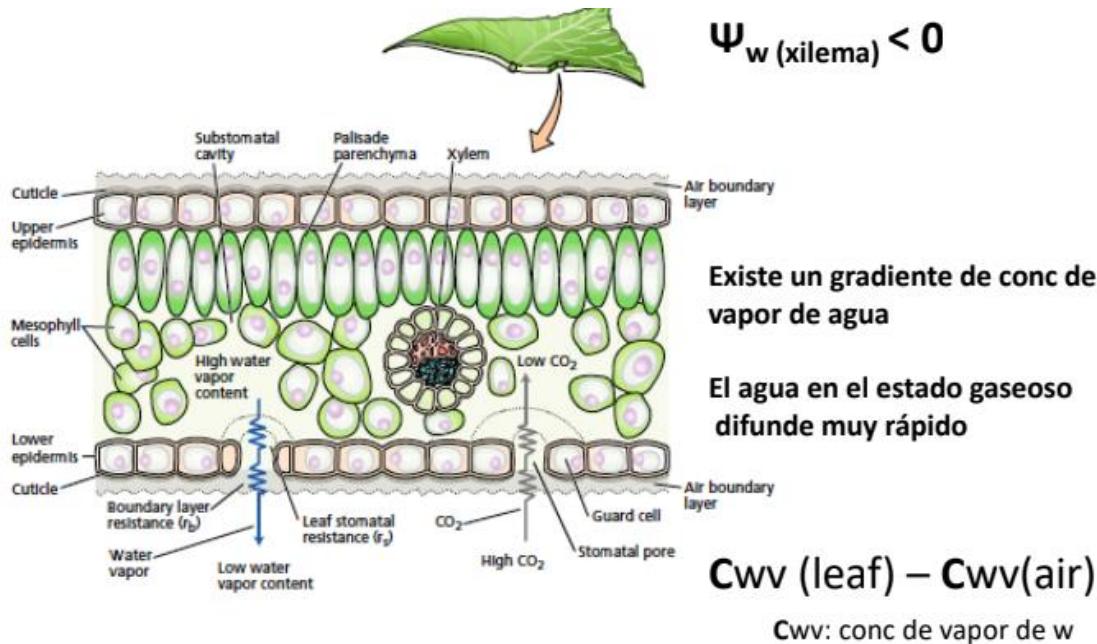
A menos que estemos hablando de 100% de humedad, la cantidad de agua que hay en la atmósfera es mucho menor que la cantidad de agua que está mojando esas células en el interior del mesófilo.



Lo que sucede es que estas paredes que están rodeadas por la película de agua, a medida que vaya evaporándose (cada vez menor cantidad de agua en la pared, que significa las fibras de celulosa y hemicelulosa) se van a ir formando distintos radios, que justamente, el radio va a ir siendo cada vez más pequeño, con lo cual, el potencial hidrostático va a ser cada vez más negativo.

Otra vez, lo que se observa es cuál va a ser la diferencia de potencial de acuerdo a la curvatura y al estado hídrico de este tejido, respecto de la atmósfera.

Cuando hacemos el cálculo de esta concentración de vapor de agua en la atmósfera, y la concentración de vapor de agua en esta cámara subestomática, de la T, humedad relativa, del viento y de la resistencia (conductancia que va a permitir el estoma si está más cerrado o abierto a que haya ese intercambio de gases y una evaporación) va a depender la diferencia de potencial.



Cwv concentración de vapor de agua

una Cwv tendiendo a ser baja 5-10% de humedad relativa, todas las películas de agua van a tender a salir a la atmósfera, donde el potencial es mucho más negativo.

Estomas

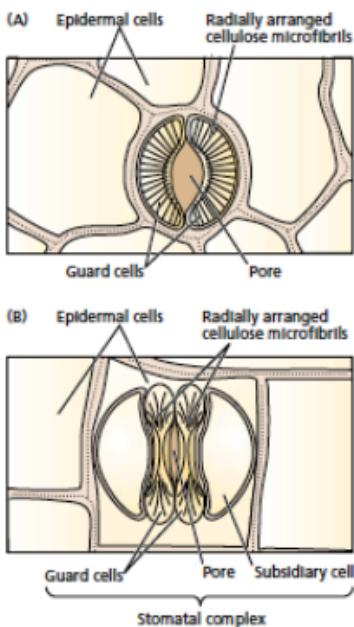
La cutícula cerosa es lo que impide que haya pérdida de agua y lo que regula esa transpiración es cuán cerrado o abierto están los estomas.

Recordar que en las dicotiledóneas están en la cara abaxial, mientras que en las monocotiledóneas, la distribución de estomas es más similar en una cara y la otra.

La apertura y cierre de los estomas está regulada por la humedad relativa ambiente, abba (hormona importante en el estrés hídrico de la planta).

El estoma es el lugar por donde va a entrar el CO₂ para fijarlo y permitir la producción de fotoasimilados; y, al mismo tiempo, cuando está abiertos para obtener el mayor intercambio gaseoso y la salida de oxígeno, también se transpira más, es decir, tienen más posibilidades de pérdida de agua, con lo cual, siempre hay una tasa de transpiración, con una cierta eficiencia fotosintética que es este "dilema" que tiene la planta en cuanto abre sus estomas para hacer fotosíntesis pero cuanto lo tiene que cerrar para evitar una transpiración excesiva. La transpiración es necesaria pero está mayor o menor apertura es lo que se tiene que regular de acuerdo a lo que sea necesario para la planta en ese momento.

Cuando la planta tiene menos cantidad de agua, más cerrados van a estar los estomas y, por consiguiente, va a hacer menos fotosíntesis (también tiene menos agua) entonces también se cierran los estomas.



Tasa de transpiración = la cantidad de agua transpirada por la cantidad de dióxido de carbono asimilado por la fotosíntesis

500 molec de agua por cada molec CO₂

Uso eficiente del agua es 1/500, o 0.002

En abundante riego:
la apertura de los estomas es temporal
abiertos durante el día, cerrados a la noche

En escasez de agua:
Menor apertura de los estomas, menor
deshidratación y menor intercambio de CO₂

Recordar cómo son los potenciales en la raíz con el suelo; en el xilema, en la hoja, en la atmósfera e ir recorriendo los cálculos.

Embolia por cavitación

Cuando a la planta de repente se pone en una condición extrema (sea de muy baja o muy alta temperatura).

Si hay alta temperatura, la planta tendrá una alta transpiración y la tensión sobre el xilema va a ser mucho más alta y entonces será probable que los gases entren al xilema (formando burbujas) por esa alta tensión que se ejerce en la transpiración y entonces, queden bloqueados parte de los tubos capilares por una burbuja de agua.

Lo mismo va a pasar con las temperaturas bajas, no tendrá alta tensión porque no transpirara a estas temperaturas sino que la solubilidad de los gases es mayor en el agua y entonces, al ser mayor se empezaran a formar burbujas hasta que se forme una burbuja lo suficientemente grande para que bloquee el capilar.

Ahí se tiene ese xilema con embolia que no es tan “descabezado” en el sentido de frecuentes. Se da mucho en los forestales (árboles de alto porte).

¿Cómo regulan las plantas la absorción de los minerales?

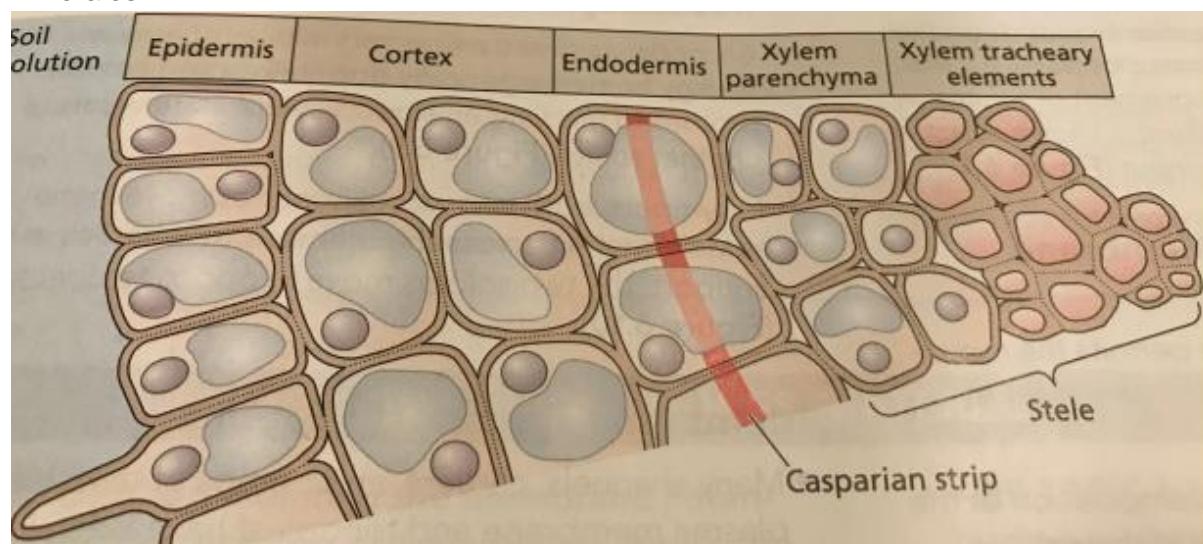
Además de que la raíz absorbe agua, no solo es el agua lo necesario para que viva la planta sino que también son importantes los minerales.

La nutrición mineral es absolutamente vital para la planta. Es decir, hay un montón de procesos celulares que dependen por ejemplo de un segundo mensajero como es el Ca⁺², necesitan hierro, cromo. Para parte de estructuras y procesos metabólicos.

La endodermis actúa como filtro selectivo. Podemos pensar supongamos que entra en masa tanto agua como minerales y nos encontramos con la endodermis, y allí entonces otra vez, va a haber una selección porque ese pasaje de agua y minerales va a hacerse o por transportadores en la zona del desarrollo primario de la raíz, y luego va a haber directamente

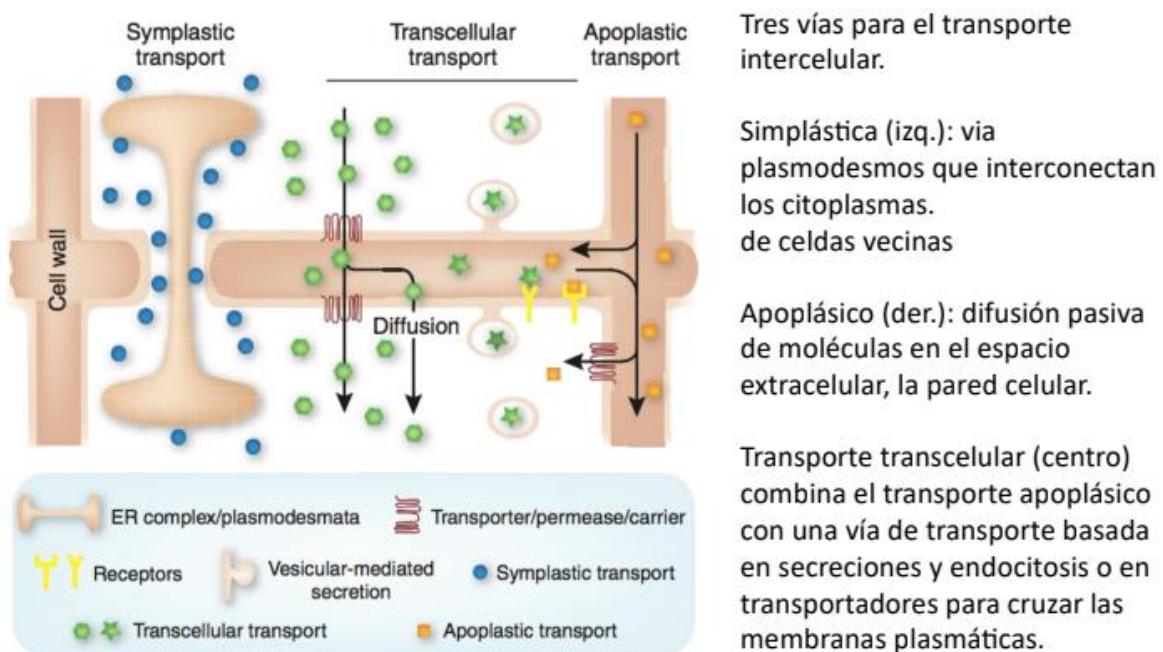
solo pasaje por simplasto cuando ya la raíz tiene lignificada la endodermis, la que sería la segunda etapa de diferenciación.

Esos son los dos puntos donde vamos a tener mayor regulación de la entrada de los minerales.

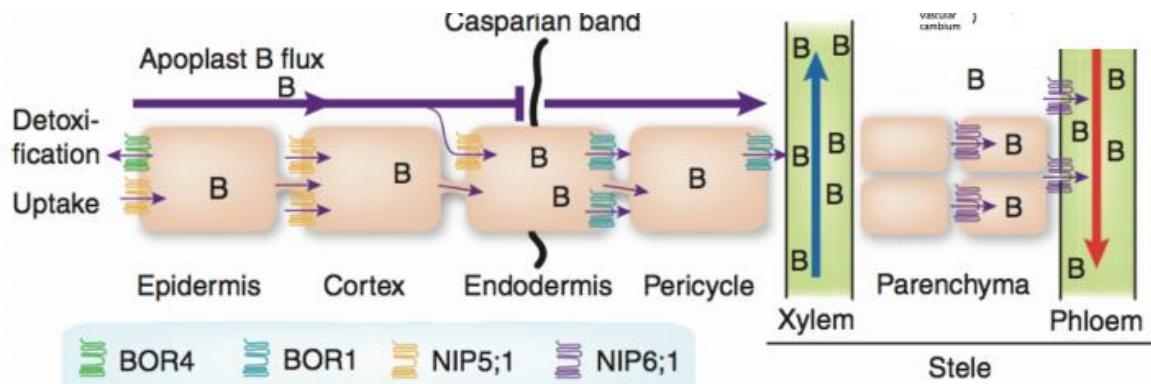


Stele: el centro de la raíz contenido los vasos xilemáticos (tráqueas y traqueidas), rodeados de parénquima vivo y periciclo.

Vías por las cuales pueden entrar los minerales



Volviendo sólo a los minerales



El transporte de boro como ejemplo de los diferentes mecanismos de transporte (alfalfa es muy dependiente de la concentración de Boro en el suelo)

El transporte radial de boro utiliza varios transportadores localizados en la membrana plasmática.

Lo que se ve son transportadores que no necesariamente están en todas las células sino que pueden estar en el epitelio, cortex, solo en la endodermis, en parte del parénquima vascular (entre xilema y floema para un transporte hacia el floema).

Hay una detoxificación, es decir, para sacar iones de la raíz, ésta no necesariamente va a estar en el mismo estado, es decir, puede ser que necesite más transportadores de un tipo, que tenga que bajar esos transportadores en otro momento; dependiendo del suelo y de las condiciones climáticas.

Siempre esto es a nivel de los pelos radiculares donde es la zona de maduración donde ocurre la absorción.

Fertilizantes

A medida que aumentamos los fertilizantes en el campo, aumenta la producción.

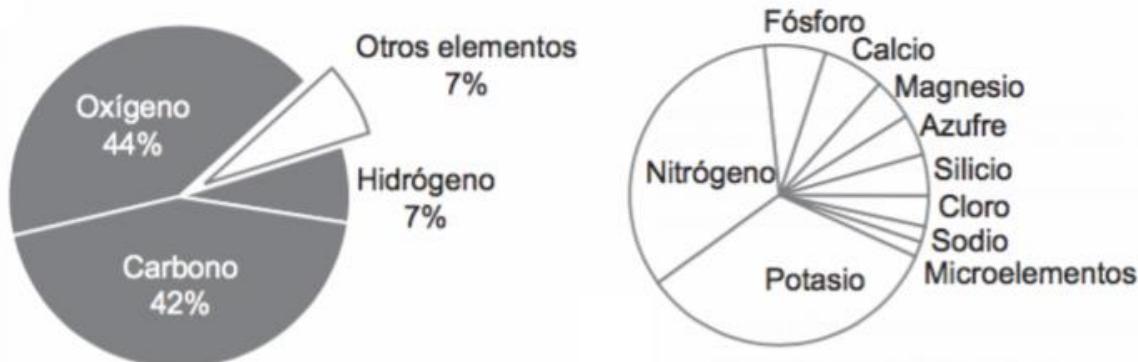
Los suelos que se van agotando o que no están exactamente acondicionados en un cultivo especial y entonces está es necesaria para cubrir cualquier deficiencia que hiciera que los rendimientos bajen.

Una planta con deficiencia de minerales se acorta su ciclo de vida, la cantidad de fruto que dará también será menor.

Es decir que dependemos de esa fertilización, no sólo del riego.

Nutrición mineral

Elementos que tiene la planta:



Los grises están en la atmósfera y por ende en grandes cantidades.

Los que vamos a llamar elementos esenciales van a ser todos los demás que se tienen que absorber del suelo, y esos son los que pueden estar en déficit.

Hablamos de un elemento esencial cuando en ausencia de estos, no pueden completar el ciclo vital.

Macronutrientes (N₂, K, Ca, Mg, P,)

La planta los necesita en grandes concentraciones

Los macro son los que tienen que absorber en mayor concentración. El nitrógeno en el suelo tenemos bacterias que fijan este y hacen simbiosis con la planta y en está, la planta adquiere nitrógeno que es absorbido en forma de gas como N₂ por las bacterias y pasado a sales de amonio en una forma la cual la planta puede absorber.

Micronutrientes

Son en mucha menor cantidad pero son esenciales como Zn, B, Fe, Na)

¿Las plantas pueden vivir sin algún otro compuesto más elaborado, con estructura?

Se demostró que las plantas pueden vivir solo con ciertos minerales, CO₂, luz y H₂O.

Experimento sencillo: Una planta creciendo en agua a la cual se le van agregando distintos minerales en diferentes concentraciones. Viendo cual era la necesidad de acuerdo a las especies.

Además de ser una demostración de las plantas autótrofas, es una importante forma de poder crecer plantas sin la necesidad de un suelo. (hidroponia)

La hidroponía son cultivos intensivos donde simplemente tienen una tubería donde van todos los nutrientes necesarios para la planta, luz, agua y todas las plantas crecen al mismo tiempo, en un ambiente climatizado.

Tienen muchas ventajas los cultivos hidropónicos, no solo para comestibles sino ornamentales.

Son cultivos que se pueden tener en zonas áridas del planeta en donde no hay recursos de suelo suficientes o son suelos en condiciones muy extremas, para cultivos que estamos acostumbrados a consumir y entonces, estas se pueden regular perfectamente todas las condiciones.

Además, los cultivos están libres de cualquier contaminación, se evita la maquinaria agrícola, no se altera el medio ambiente, cultivo orgánico, precocidad de los cultivos, auto porcentaje de automatización.

La desventaja es que es una técnica cara, el costo tecnológico es importante para iniciarla. Y donde se infecta una planta, se infectan todos y entonces se pierden los cultivos.

Seminario taller 5

<https://www.youtube.com/watch?v=EV0E3pNkiDI>

1- En términos de potencial hídrico, ¿cómo explica la entrada de agua desde el suelo a la raíz?

Al igual que el potencial hídrico de las células vegetales, el potencial hídrico de los suelos puede descomponerse en potencial osmótico y presión hidrostática. El potencial osmótico del agua del suelo es generalmente despreciable porque las concentraciones de solutos suelen ser bajas, con valores típicos de -0,02 MPa. Sin embargo, en suelos que contienen una elevada concentración de sales, Ψ_s , es significativo.

El segundo componente del potencial hídrico del suelo es la presión hidrostática Ψ_p . Para suelos mojados, Ψ_p es próximo a cero. A medida que un suelo se seca, Ψ_p disminuye y puede llegar a ser bastante negativo.

¿De dónde procede la presión negativa en el agua del suelo? Del análisis sobre la capilaridad, sabemos que el agua tiene una elevada tensión superficial, que tiende a minimizar las interfasas aire-agua. A medida que un suelo se seca, el agua desaparece inicialmente de la zona central de los espacios más grandes entre las partículas. Las fuerzas de adhesión provocan que el agua quede unida a la superficie de las partículas del suelo, desarrollando una gran área superficial entre el agua y el aire del suelo.

A medida que el contenido de agua del suelo disminuye, el agua se retira hacia los intersticios entre las partículas del suelo, generando interfasas aire-agua curvadas en la superficie aire-agua. El agua desarrolla una tensión o presión negativa en estas superficies curvadas, que puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$\Psi_p = \frac{-2T}{r}$$

donde T es la tensión superficial del agua ($7,28 \times 1-8 \text{ MPa m}$) y r es el radio de curvatura de la interfase aire-agua.

El movimiento del agua a través de los suelos se produce fundamentalmente por un flujo másico impulsado por un gradiente de presión. Además, la difusión del vapor de agua también contribuye al movimiento del agua. A medida que la planta absorbe agua del suelo, la zona de la rizosfera se vacía. Este vaciado reduce el Ψ_p del agua cerca de la superficie radical y se establece un gradiente de presión con respecto a la región adyacente del suelo con valores de Ψ_p mayores. Como los espacios porosos del suelo, que están llenos de agua, están interconectados, el agua se mueve hacia la superficie radical por un flujo másico a través de estos canales a favor de un gradiente de presión.

La existencia de un contacto directo entre la superficie de la raíz y el suelo es esencial para que la absorción de agua por la raíz sea efectiva. Este contacto proporciona el área superficial necesaria para la absorción de agua y es optimizado por el crecimiento de las raíces y de los pelos radicales en el suelo. Los pelos radicales son las extensiones microscópicas de las células epidérmicas de la raíz que aumentan mucho el área superficial radical, proporcionando así una mayor capacidad para la absorción de iones y agua del suelo. Cuando se examinaron plantas de centeno (*Secale*) de cuatro meses de edad se encontró que los pelos radicales formaban más del 60 % del área superficial de las raíces.

El agua entra mayoritariamente por la parte apical de la raíz que incluye la región de los pelos radicales[^] Las regiones más maduras de la raíz tienen con frecuencia una capa externa de tejido protector, denominada exodermis o hipodermis, que contiene materiales hidrofóbicos en sus paredes y que es relativamente impermeable al agua. El contacto directo entre el suelo y la superficie radical puede romperse fácilmente cuando se altera el suelo. Esta es la razón por la que plántulas y plantas recién trasplantadas necesitan ser protegidas de las pérdidas de agua durante los primeros días después de su trasplante.

- No todos los suelos son iguales. Hay dos extremos: arena y arcilla (más compacta)
- Cómo se distribuye el agua en cada tipo de suelo
- Es un suelo mezcla de arena y arcilla: el potencial químico del suelo tiene que ser mayor al potencial hídrico de la raíz, para que el agua se transporte desde el suelo hacia la raíz. El potencial depende del tipo de suelo, del tamaño de partícula
Si el suelo no es salino, consideramos despreciable al potencial osmótico.
Entonces el potencial agua del suelo será $-2T/r$ que r es del menisco el cual aumenta a medida que el menisco se hace más plano.
Cuando la raíz está tomando agua con las 2 capas, le tiene que ser más fácil que cuando está tomando agua y solo le queda una capa porque tengo que "tirar" más del agua por la tensión superficial.
Menor tensión superficial va a haber (menor retención de agua de parte del suelo va a haber) cuanto mayor capas de agua haya.

El drenaje es necesario, no puede ser compacto porque si lo es, no entra el oxígeno y este es importante para la respiración.

La raíz es un tejido gastador, gasta lo que producen las hojas: azúcares; además, tiene algunos transportadores.

2-¿Qué función cumple la banda de Caspary? Explique sus estados de diferenciación, y diga en qué zonas de la raíz las puede encontrar.

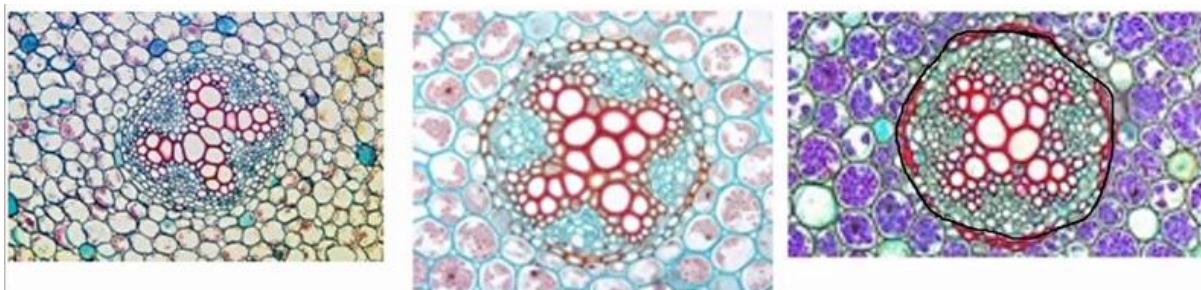
En el suelo el agua es transportada principalmente por flujo másico. Sin embargo, cuando el agua entra en contacto con las superficies radicales, la naturaleza del transporte se hace más compleja. Desde la epidermis hasta la endodermis de la raíz, existen tres rutas a través de las que el agua puede fluir: apoplasto, transmembrana y simplasto.

1. *En la ruta del apoplasto, el agua se mueve exclusivamente a través de la pared celular sin atravesar ninguna membrana. El apoplasto es el sistema continuo de paredes celulares y de espacios aéreos intercelulares en los tejidos vegetales.*
2. *La ruta transmembrana es la ruta seguida por el agua que entra en una célula por un lado, sale por el otro, entra en la célula siguiente por un lado y sale por el otro, y así sucesivamente. En esta ruta el agua atraviesa al menos dos membranas por cada célula en su camino (la membrana plasmática de entrada y de salida). También puede estar implicado el transporte a través del tonoplasto.*

3. En la ruta del simplasto, el agua viaja de célula a célula a través de plasmodesmos. El simplasto está formado por una red continua de citoplasmas celulares interconectados por plasmodesmos.

En la endodermis, el movimiento del agua a través de la ruta del apoplasto está bloqueado por la banda de Caspary.

La banda de Caspary es una franja en las paredes radiales de las células de la endodermis impregnada con suberina, sustancia hidrofóbica similar a la cera. La suberina actúa como una barrera que impide el movimiento del agua y de los solutos. La endodermis se suberiza en las partes de la raíz que no están en crecimiento, algunos milímetros por detrás del ápice radical, al mismo tiempo que maduran los primeros elementos del protoxilema. La banda de Caspary rompe la continuidad de la ruta del apoplasto y fuerza al agua y a los solutos a cruzar la endodermis a través de la membrana plasmática. Así, a pesar de la importancia de la ruta del apoplasto en el córtex y en el cilindro vascular de la raíz, el movimiento de agua a través de la endodermis se produce por el simplasto.



El círculo negro es la endodermis.

Lo rojo es suberina porque está rodeando al xilema (cruz) para formar las tráqueas.

Después de la endodermis viene el periciclo y luego el floema y xilema.

3- Explique el continuo suelo-planta-atmósfera en términos de potencial hídrico. El transporte de agua en la planta, ¿es un proceso espontáneo? En este sentido, ¿cómo lo relaciona con la hipótesis que enunció Isaac Newton en su época de estudiante? (ver material suplementario).

El movimiento del agua desde el suelo a través de la planta hasta la atmósfera implica diferentes mecanismos de transporte:

- En el suelo y en el xilema el agua se mueve por un flujo másico en respuesta a un gradiente de presión ($\Delta\psi_p$).
- En la fase gaseosa, el movimiento se produce principalmente por difusión, al menos hasta que el agua alcanza el aire exterior, donde domina la convección (una forma de flujo másico),
- Cuando el transporte de agua se produce a través de las membranas, la fuerza impulsora es el gradiente del potencial hídrico a través de la membrana. Dicho flujo osmótico se produce cuando las células absorben agua y cuando las raíces transportan agua desde el suelo al xilema.

En todas estas situaciones, el agua se mueve hacia zonas de menor potencial hídrico o energía libre.

El potencial hídrico disminuye continuamente desde el suelo a las hojas. Sin embargo, los componentes del potencial hídrico pueden ser muy diferentes en distintos

puntos de la ruta. Por ejemplo, dentro de las células del mesófilo de las hojas el potencial hídrico es aproximadamente el mismo que en el xilema vecino, aún siendo sus componentes bastante diferentes.

El componente dominante del Ψ_w en el xilema es la presión negativa (Ψ_p), mientras que en la célula de la hoja el Ψ_p suele ser positivo.

Esta gran diferencia en el Ψ_p se produce a través de la membrana plasmática de las células de la hoja. En éstas, el potencial hídrico se reduce por la alta concentración de solutos disueltos (Ψ_p bajo).

Figura 4.16 Visión global del potencial hídrico y sus componentes en varios puntos de la ruta de transporte desde el suelo a la atmósfera a través de la planta. El potencial hídrico (ψ) puede medirse a lo largo de este continuo, aunque sus componentes varían. En la parte líquida de la ruta, la presión (ψ_p), el potencial osmótico (ψ_o) y la gravedad (ψ_g) determinan el ψ_w . En el aire, sólo la humedad relativa (RT/ln (HR)) es importante. Obsérvese que, aunque el potencial hídrico es el mismo en la vacuola de una célula del mesófilo que en la pared celular que la rodea, los componentes del ψ_w difieren mucho (así, en este ejemplo, ψ_p en el interior de la célula del mesófilo es 0,2 MPa mientras que fuera es -0,7 MPa). (Según

El potencial de la raíz es menor al del suelo (húmedo, no salino).

Debo sumar los distintos términos de cada uno de los potenciales y ver cómo aportan.

Si el suelo no es salino, el potencial suelo es despreciable mientras que la raíz tiene un potencial osmótico.

Si el suelo es salino el potencial del suelo disminuye y entonces el agua no iría con tanta facilidad hacia la raíz, o sea, tendría mayor capacidad de retención de agua.

Si tengo un suelo salino con una concentración salina x, el potencial del suelo se puede calcular como -RTC más el potencial osmótico

¿Que podría hacer la raíz para atraer el agua en condiciones del suelo salinas?

→ Hay algunas plantas que, usando ciertos transportadores, meten iones (pero estos son activos, por lo que tendrán un gasto energético).

De esta manera aumentan también su potencial osmótico y la diferencia de potencial entre el suelo y la raíz va a ser que siga entrando agua.

→ Podría dejar que entre el Na⁺ y luego sacarlo, por ejemplo. Es como que “rebota” en la endodermis y sale. Esto se hace con transportadores.

Planta en un suelo hidratado de bajo porte (1m o 2 m de altura), explicar el continuo planta-suelo-atmósfera para poder explicar por qué se transporta el agua desde el suelo hasta la atmósfera a través de la planta.

En un suelo húmedo no salino, el potencial hídrico del suelo va a ser mayor al de la raíz y entonces va a entrar agua.

A partir de ahí, el potencial hídrico del agua una vez que entra al xilema, hasta que llega al mesófilo de la hoja, el potencial es el mismo.

Lo único que puedo explicar cómo llegó ahí es por capilaridad. Pero si no hubiera nada más, el agua se quedaría estancada.

El continuo suelo-planta-atmósfera se explica por diferencias de potenciales, y, cuando quiero explicar el mecanismo por el cual se transporta el agua, la diferencia de potencial entre el suelo y la raíz y entra a un capilar (cohesion, adhesion) y el transporte (más del capilar) si no hubiera transpiración (por la presión negativa que se ejerce en las hojas).

El agua se va a ir difundiendo a través del suelo desde un potencial mayor a uno menor (suelo seco porque tiene menor radio, entonces en valor absoluto será mayor pero es negativo).

4-Cuando describimos el transporte de agua en diferentes partes del continuo suelo-planta-atmósfera es esencial el uso del término potencial agua. Para un análisis del intercambio gaseoso de la hoja, el potencial se expresa en términos de diferencias de presión de vapor entre la hoja (espacio sub-estomático) y la atmósfera.

En estos términos es que puede predecirse, en forma relativa, los cambios en la transpiración, de acuerdo a las condiciones en que se encuentra la planta.

Explique el fundamento y diga cuál será, en forma relativa, la planta con mayor transpiración, en las siguientes condiciones: 4 plantas de la misma especie, edad, y crecidas bajo las mismas condiciones de luz, humedad relativa ambiente (HR) y nutrición (regadas).

- a) HR del 40%, sin viento
- b) HR del 90%, sin viento
- c) HR del 90%, con viento
- d) HR del 90%, con viento y a una temperatura 10°C mayor que en los casos anteriores.

$$\text{Pot (HR)} = \frac{RT}{V} \cdot \ln(\frac{HR}{100})$$

Compare entre:

a) y b)

En b la humedad es del 90%, el agua no transpirará tanto, cambiando la diferencia de potencial entre la hoja y la atmósfera.

Tendremos mayor tasa de transpiración en el a. Hay una menor tasa de transpiración con una menor HR y sin viento.

b) y c)

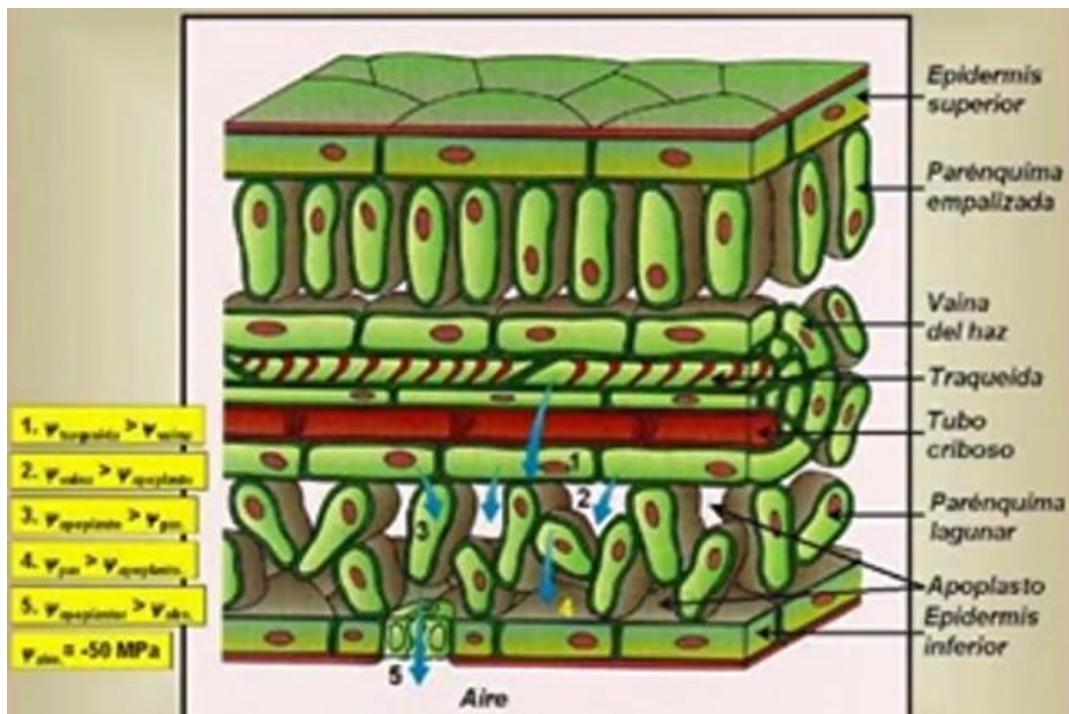
*El viento se debe a la capa límite,
Hay mayor tasa de transpiración en c.*

c) y d)

Habrá mayor tasa de transpiración en d porque las altas T, la planta tiene mayor transpiración, hay mayor tensión sobre el xilema y se generan las burbujas de aire.

Tengo que poder calcular el potencial, ver que pasa con el potencial agua de la atmósfera y ahí decidir hacia dónde irá el agua.

Venimos en el xilema, con un cierto potencial hídrico, ¿Cómo pasará? Tengo una tráquea muy fina y al lado están las células que acompañan a la tráquea que podrían ser células de la vaina, luego hasta.... en este cambio de fase, Tenemos el fenómeno de tensión superficial porque el contacto es agua-aire.



¿Por que el agua se difunde hacia el parénquima esponjoso? La transpiración.

$$\Psi_{W(xilema)} = \Psi_{S(xilema)} + \Psi_{P(xilema)} + \Psi_G$$

$$\Psi_{P(xilema)} = -2T/r$$

Como el agua va a salir por transpiración entonces el potencial tiene que ser mayor que el de la atmósfera. (tendremos más cantidad de moléculas en la planta que en la atmósfera).

O sea, el sentido es opuesto a como se calcula (en el sentido de cómo las direcciones) con respecto al suelo.

La forma del cálculo es lo mismo porque en las dos situaciones: suelo-planta y planta-atmósfera, depende de la tensión superficial del agua (entre el suelo y la absorción de la raíz y entre la hoja con la atmósfera).

En la epidermis hay cutícula, acá no. La pared está directamente con una capa de agua y aire, no hay nada más.

¿Cómo explico los radios? Si bien el viento “arrasa” con moléculas de arrastre, estará sacando moléculas de la capa de la pared y entonces estará disminuyendo el radio. Mientras que, si la capa de agua sobre las paredes de la cámara están completamente húmedas, el radio será más cercano a uno.

5- En el siguiente video,

<https://www.youtube.com/watch?v=k1O9jBHgsxs&t=102s>

se muestra como se realiza un TP donde se midió, en forma aproximada, el potencial agua de un tejido (tubérculo de *Solanum tuberosum*), mediante el método gravimétrico.

Explique:

El objetivo de la experiencia es calcular el potencial hídrico.

Para esto, prepararon distintas soluciones de sacarosa las cuales se modificaba la concentración del soluto.

Primero sacaban "tubitos" de papa, los secaban un poco y luego los pesaban.

Luego se ponía a cada uno en una solución con un tiempo determinado, se volvían a secar y se volvía a pesar.

En los casos en los cuales la solución era diluida, el peso disminuye; y cuando más concentrada estaba la solución, el peso aumentaba.

a) ¿Cuál es el fundamento del método?

Si la solución es muy concentrada el agua irá de las células hacia la solución externa, y si está es muy diluida (respecto a las células vegetales) lo que ocurrirá es que el agua irá de esa solución a la célula, hinchándose.

b) ¿Cuál/es fueron las aproximaciones que tuvo que establecer para aplicarlo?

Sacaban la diferencia de peso porcentual, y, con las concentraciones de sacarosa; lo que hicieron fue una curva de calibración.

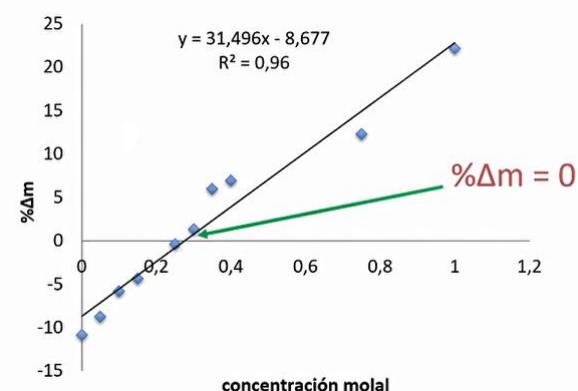
Luego se fijaron para qué concentración de sacarosa, la diferencia de peso porcentual era nula, es decir, que la masa no cambiaba porque esto quiere decir que el potencial hídrico tanto del tejido como de la solución es el mismo, entonces el agua no salía ni entraba (solución isotónica).

c) ¿Cómo realizó el cálculo del potencial agua, una vez obtenidos los pesos iniciales y finales?

Se mide la masa inicial y final para luego hacer: (para cada tubo)

$$\% \Delta m = [(m_i - m_f) \times 100 / m_i]$$

Luego, se grafica una curva de calibración concentración (X) vs $\% \Delta m$ para luego de calcular la ecuación de la recta, reemplazar $\% \Delta m = 0$ y calcular el valor de la concentración molal



$$\Psi_e = -iRTc_e$$

$$\Psi_i = \Psi_s + \Psi_p + \cancel{\Psi_m} + \cancel{\Psi_g} + \cancel{\Psi_{HR}}$$

$$\Psi_s = -iRTc_s$$



$$\Psi_e = -iRTc_e$$

ERRORES PROBABLES DEL MÉTODO:

- Secar mal los tubos cilíndricos de papa, y que pese con error
- Estado de la papa: Si es muy vieja o papa verde; el potencial hídrico no será el mismo. La papa vieja estaría totalmente deshidratada y la papa vieja más hidratada.
- El potencial del agua pura es 0 porque la concentración de soluto es cero.
- Vamos a pensar respecto del agua pura.
Si yo pusiera una papa vieja o deshidratada al lado de la hidratada, el agua irá hacia la primera papa. Por lo que el potencial de la papa deshidratada será menor que el de la hidratada (porque el agua va de menor a mayor potencial).
- Si la papa deshidratada tiene menos agua entonces tendrá más concentración de soluto por unidad de volumen (más almidón por ejemplo).

d) ¿Cree usted que de esta manera puede medir el potencial agua (aprox.) de por ejemplo, la raíz de alguna otra especie herbácea? Justifique.

6- En el siguiente video verá el fenómeno de cavitación

<https://www.youtube.com/watch?v=uWL0EoZh09w>

¿Por qué este fenómeno es importante para el estado hídrico de la planta? ¿Cómo se corrige la planta ese estado?

Una vez formada una burbuja de gas en una columna de agua bajo tensión, se expandirá porque los gases no pueden resistir las fuerzas de tensión. Este fenómeno de formación de una burbuja se conoce como cavitación o embolia y es similar al bloqueo del conducto de combustible de un automóvil por gases o a la embolia en los vasos sanguíneos.

El bloqueo de la vía principal del transporte de agua a las hojas, provocado por las embolias, podría provocar la deshidratación y la muerte de las hojas.

El impacto de la cavitación del xilema en la planta se minimiza de varias formas.

Como los elementos traqueales del xilema están interconectados, una burbuja de gas podría, en principio, extenderse hasta ocupar toda la red xilemática. En la práctica, las burbujas de gas casi no se expanden ya que no pueden extenderse fácilmente a través de los pequeños poros de las membranas de las punteaduras. Como los capilares en el xilema están interconectados, una burbuja de gas no puede detener completamente

el flujo de agua. El agua puede sortear un punto bloqueado, moviéndose lateralmente a través de los conductos vecinos conectados. Así, la longitud finita de las traqueidas y de los vasos del xilema, aunque aumenta la resistencia al paso del agua, también proporciona un sistema que restringe la cavitación.

Las burbujas de gas también pueden ser eliminadas del xilema. Durante la noche, cuando la transpiración disminuye, aumenta el Ψ_p del xilema, de forma que el vapor de agua y los gases tienden a disolverse de nuevo en la solución del xilema. Además, como hemos visto, algunas plantas desarrollan presiones positivas (las presiones radicales) en el xilema.

Finalmente, muchas plantas tienen un crecimiento secundario en el cual se forma un nuevo xilema cada año. Este xilema es funcional antes de que el xilema anterior deje de serlo debido a la oclusión por burbujas de gas o por otras sustancias secretadas por la planta.

7- ¿Qué es la gutación y en qué casos se produce? Explique en términos de potencial agua.

En ocasiones las plantas manifiestan un fenómeno conocido como **presión radical**. Por ejemplo, si el tallo de una plántula joven se corta por su base, justo por encima de la línea del suelo, ésta exudará fluido desde el xilema de la raíz durante horas. Si se acopla un manómetro en el extremo cortado se pueden medir presiones positivas. Estas presiones pueden llegar a valores de entre 0,05 y 0,5 MPa.

Las raíces generan una presión hidrostática positiva al absorber iones desde la solución diluida del suelo y transportarlos al xilema. La acumulación de estos solutos en el xilema provoca un descenso en su potencial osmótico (Ψ_v) y por lo tanto una disminución en su potencial hídrico (Ψ_w). Este descenso del Ψ_w en el xilema proporciona una fuerza que impulsa la absorción de agua, generando una presión hidrostática positiva en el xilema. De hecho, la raíz en su conjunto actúa osmóticamente como una célula; los tejidos de la raíz se comportan como una membrana osmótica, al crear una presión hidrostática positiva en el xilema en respuesta a la acumulación de solutos.

La presión radical se produce con mayor probabilidad cuando los potenciales hídricos del suelo son grandes y las intensidades de transpiración son bajas. Cuando los niveles de transpiración son altos, el agua se absorbe tan rápidamente hasta las hojas y se cede a la atmósfera tan deprisa, que nunca se desarrolla una presión positiva en el xilema.

Las plantas que generan presión radical suelen presentar gotitas de líquido en los bordes de las hojas, un fenómeno conocido como **gutación** (Figura 4.5). La presión positiva del xilema provoca la exudación del líquido xilemático a través de poros especializados llamados *hidátodos*, estructuras que están asociadas a los extremos de los nervios en el margen de la hoja. Las gotas de rocío que se pueden ver en las puntas de las hojas de césped por la mañana son gotitas de gutación exudadas desde estos poros especializados. La gutación es más evidente cuando cesa la transpiración y la humedad relativa es alta, tal y como ocurre por la noche.

GUTACIÓN→ Se da en condiciones en donde la planta puede absorber mucha agua y nutrientes y entonces esto se va acumulando en el xilema, formando gotas en la hoja y esto se da por los hidatos.

Este fenómeno ocurre en ambientes de humedad elevados.

¿Esto es bueno? Generalmente, cuando no ocurre la transpiración, la gutación se da a la noche

Una vez que baje la humedad relativa del ambiente la gutación disminuirá.

Es una forma de sacar agua que no es por transpiración, para sacar ese continuo ciclo del transporte de agua. La raíz es la que ejerce la fuerza como para que el agua suba y salga por los poros.

O hay una presión negativa o hay una presión positiva(desde la raíz), pero el agua se tiene que mover. Tiene que llevar nutrientes, tiene que haber intercambio con el floema, agua que va a ir del floema al xilema y viceversa; todos estos procesos deben ocurrir sino no habría transporte de nutrientes ni fotoasimilado, hormonas.

Presión positiva→ La acumulación de los solutos en el xilema provoca un descenso en su potencial osmótico, y, por lo tanto, una disminución en su potencial hídrico.

Este descenso proporciona una fuerza que impulsa la absorción de agua, generando una presión hidrostática positiva.

8- En el video BBC de hidroponía:

Explique cuáles son las ventajas y desventajas de esta estrategia de crecimiento de cultivos.

<https://www.youtube.com/watch?v=FecuxU0tMmE>

VENTAJAS:

Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.

Reducción de costos de producción.

Independencia de los fenómenos meteorológicos.

Cosechas en contra estación

Menos espacio y capital

Ahorro de agua, que se puede reciclar.

Ahorro de fertilizantes e insecticidas.

DESVENTAJAS: -PUESTA EN MARCHA CON ALTOS COSTOS TECNOLÓGICOS,

- SI SE INFECTA UNA PLANTA, SE DISEMINA LA ENFERMEDAD A TODAS LAS PLANTAS, RAPIDAMENTE

9- ¿Cuáles son los macro y micronutrientes? ¿Cuáles son los síntomas que pueden ocasionar la falta de estos minerales?

Los tres primeros elementos (hidrógeno, carbono y oxígeno) no se consideran nutrientes minerales porque se obtienen principalmente a partir del agua y del dióxido de carbono.

Los elementos esenciales se clasifican normalmente en macronutrientes y micronutrientes, de acuerdo con su concentración relativa en el tejido vegetal

El aporte inadecuado de un elemento esencial provoca un desorden nutricional que se manifiesta en síntomas característicos de dicha carencia. En los cultivos hidropónicos es posible asociar la carencia de un elemento esencial con un conjunto de síntomas de deficiencia aguda. En las plantas que crecen en suelo, el diagnóstico puede ser más complejo, debido a las siguientes razones:

- Se pueden producir carencias crónicas y agudas de varios elementos simultáneamente.
- La carencia o el exceso de un elemento pueden inducir una carencia o una acumulación excesiva de otro.

- Algunos virus inducen enfermedades en las plantas cuyos síntomas son similares a los que producen carencias nutritivas.

Los síntomas de las carencias de nutrientes en una planta son la expresión de desórdenes metabólicos consecuencia del aporte insuficiente de un elemento esencial.

Estos desórdenes están relacionados con algunas funciones desarrolladas por los elementos esenciales en el metabolismo normal de una planta.

En general, los elementos esenciales participan en la estructura vegetal, en las funciones metabólicas y en la osmorregulación de las células vegetales. Puede haber otras funciones más específicas relacionadas con la capacidad de los cationes divalentes, como el calcio o el magnesio, de modificar la permeabilidad de las membranas vegetales.

Cuando se relacionan los síntomas de una carencia aguda con el papel de un elemento esencial, una consideración importante es el grado de reciclaje que puede sufrir un elemento desde las hojas más viejas a las más jóvenes. Algunos elementos como el nitrógeno, el fósforo y el potasio pueden moverse de hoja a hoja rápidamente, mientras que otros como el boro, el hierro y el calcio son relativamente inmóviles en la mayoría de las especies vegetales. Si un elemento esencial es móvil, los síntomas de las carencias se presentarán primero en las hojas más viejas. Por otro lado, la carencia de un elemento esencial inmóvil será evidente primero en las hojas más jóvenes. Aunque no se conoce bien el mecanismo preciso del proceso de movilización, parece haber implicadas hormonas vegetales como las citoquininas (Grupos explicados página 92 PDF Taiz).

Taller 6

Transporte de fotoasimilados, redistribución de nutrientes, señales, proteínas, mRNA, miRNAs, virus, bacterias en FLOEMA

El floema transporta fotoasimilados. Hay un reparto en esta nutrición en la planta, en el cual, el xilema que tiene agua y minerales, los lleva y los distribuye a toda la planta.

Lo hace desde la raíz hasta la atmósfera y debido a presiones que se ejercen gracias a la transpiración.

El contenido floemático no se mueve por los efectos de transpiración o diferencias de presión que ocurren entre el suelo-raíz o el continuo suelo-planta-atmósfera, sino que lo hace de acuerdo al estado metabólico que tengan los tejidos.

El reparto de fotoasimilados, aminoácidos, proteínas, etc; de acuerdo a las necesidades de la planta.

Estamos ubicados en los haces vasculares, donde estarán tanto el floema y el xilema muy cercanos. Hay un parénquima que rodea al xilema (parénquima xilemático), el parénquima floemático (es decir, ciertas células están dispuestas o en pleno desarrollo o acompañando para cumplir con una función).

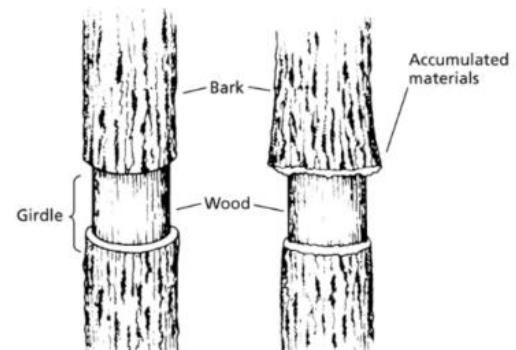
Injerto → Hacer una conexión de vasos floemáticos para conectar tejidos de diferentes plantas.

Corteza → Desprendimiento que corresponde a todo lo que es externo al cambium, es decir, el floema. Aquí se pueden realizar las conexiones entre distintos tejidos de plantas diferentes, la cual la planta irá generando tejidos de conducción entre el patrón, o pie y la parte aérea de la planta para que fluya floema y xilema hacia la parte injertada.

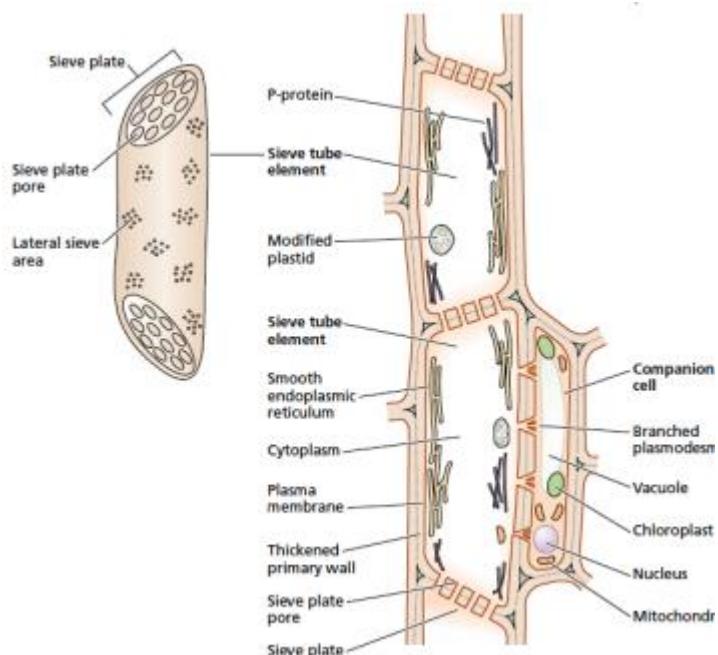
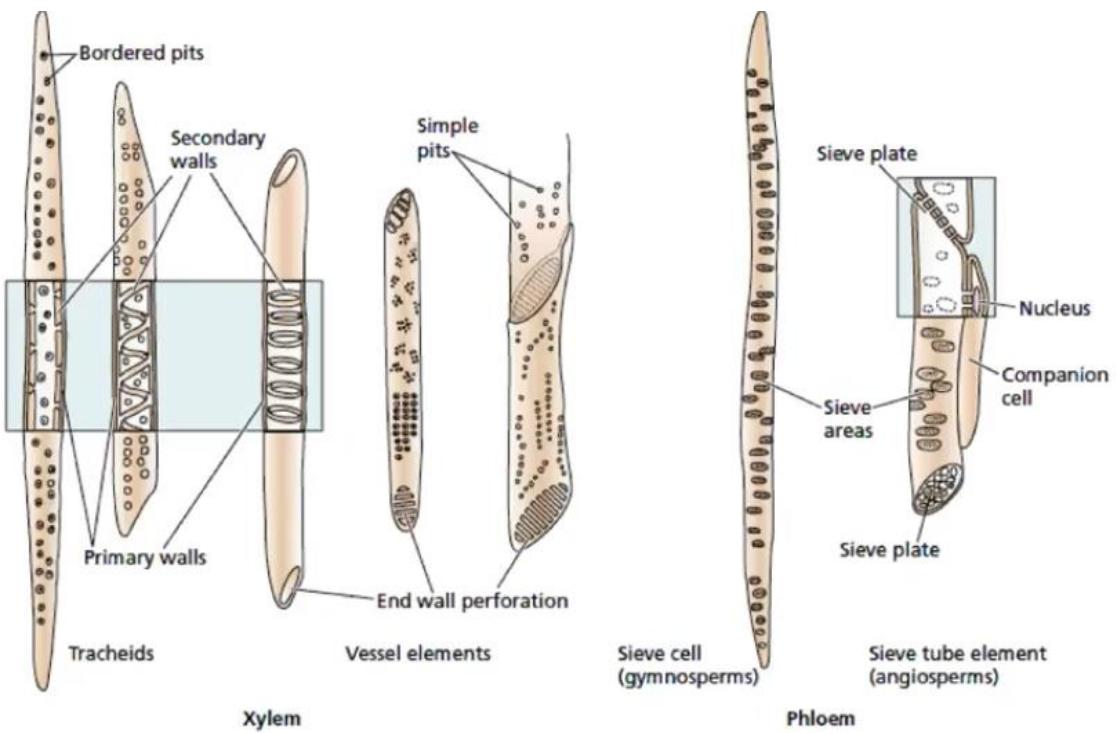
Experimento de Malpighi

Se ve que le corta el aro de corteza a un tallo y ve que hay una acumulación de material, mientras que, en la parte inferior, esa acumulación o hinchacon que observaba, en la parte baja no estaba.

Esto es los haces conductores del floema que estarían indicando que se estaba acumulando algo que, se transportaba hacia abajo.



Estas células están vivas, están en contacto directo con las células acompañantes y estas acompañantes, son las que mantienen vivas a los elementos cribados, que, si bien no tienen núcleos ni citoplasma, tienen RE, membrana plasmática y eso se tiene que mantener y le permite a la célula tener ciertas ventajas o diferencias con el xilema.

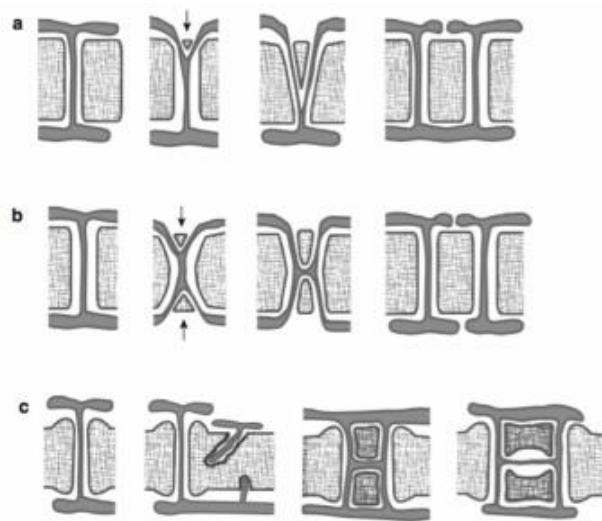


Tienen células intermedias como parte del parénquima floemático entre el complejo de tubo cribado con las células acompañantes con el mesófilo, que serían las células encargadas de sintetizar los fotoasimilados.

La anatomía nos va a indicar los tipos de mecanismos que tienen cada una de las especies en estos transportes.

Pueden tener invaginaciones, es decir, la membrana aumenta el volumen para el transporte de estos azúcares que se sintetizan en la célula del mesófilo.

¿Cómo se generan los plasmodesmas para poder comprender cómo es que se genera el complejo del elemento cribado con las células acompañantes?

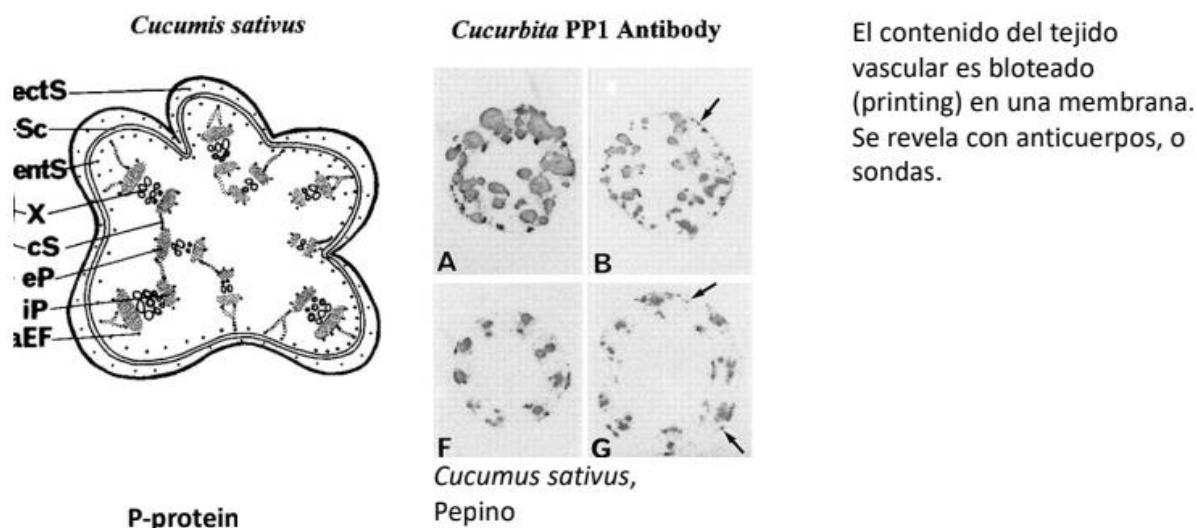


Como se generan los PD al divisor la célula que va a dar el elemento criboso con la acompañante? en la división celular

Fig. 4.2 Formation of twin and branched plasmodesmata. (a) and (b) show cell wall synthesis-mediated initiation of new plasmodesmata via Y-shaped and X-shaped intermediates. Arrows indicate sites where new cell wall material is deposited either on one side (a) or two sides (b) of the plasmodesmata. The images from left to right show continued cell wall deposition that leads to bifurcation of the ER and ultimately to twin plasmodesmata. (c) shows ER-mediated initiation of plasmodesmata formation proceeding from left to right. First, ER strands enter the area of the cell wall and then fuse with the ER of the desmotubule in the original plasmodesmata forming an H-shaped "branched" structure. Further expansion of the cell wall leads to larger plasmodesmata that sometimes contain a central cavity (indicated by lack of shading)

Un punto importante es que estas células están vivas, tienen además, ciertas proteínas como las p.

Sección transversal de un tallo de una planta cucurbitácea (por ej. Pepino)



Este es un tubo criboso que tiene como depósitos los cuales pueden aumentar por ejemplo, la presencia de patógenos o para cerrar una herida. Son respuestas que va a generar la planta frente a esas situaciones y para eso tiene un mecanismo de poder cerrar estos tubos para no perder savia o para impedir que el patógeno circule por el floema.

El printing se trata de tocar un corte de una membrana y luego revelarse como si fuera un western-blot.

El depósito que se observa es dependiente de calcio

Calosa, beta glucano, y P-protein en angios eudic, muchas mono y ausente en gimnospermas

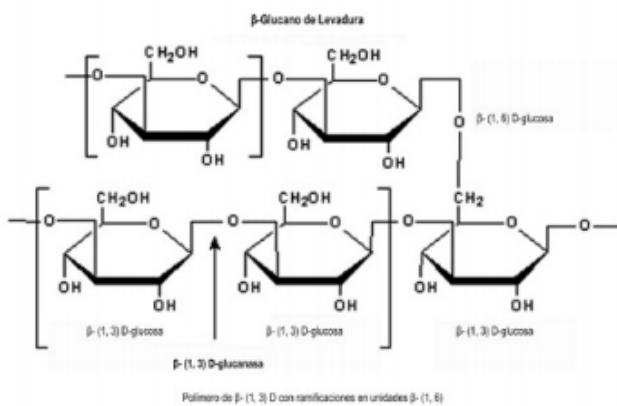


Figura 1. Estructura de β -glucanos de la pared celular de una levadura (Tomado de Volman et al., 2008).

Rapidamente se deposita después de una diferencia de presión (provocada por una injuria), requiere Ca^{+2}

P-proteins tambien taponan los poros de las placas cribadas

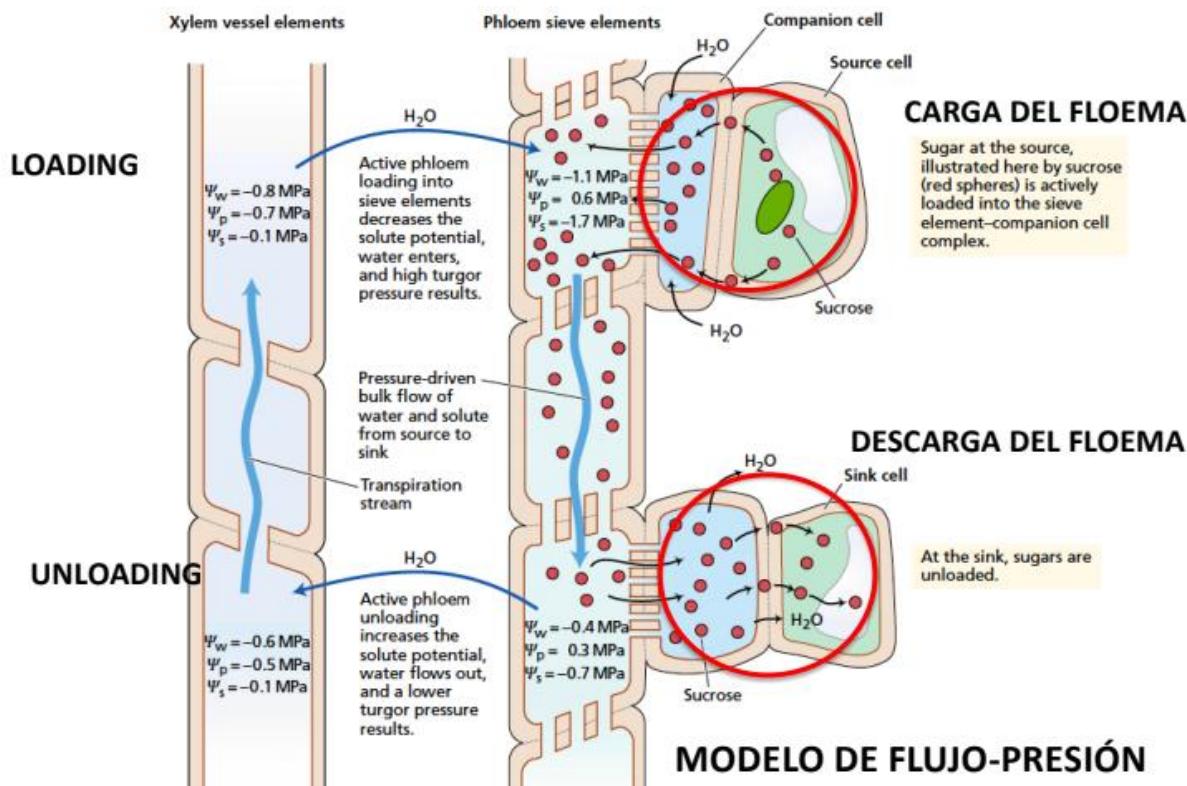
Aísla la parte de la planta que está dando una respuesta ya sea a un agente biótico o a una cierta situación abiótica.

Hay muchos estudios que determinan los contenidos de la savia floemática. Sería determinar la composición y, además, el tipo de RNA, proteínas que se transportan.

Lo que se ve es que tienen moléculas señal, hormonas, proteínas, aminoácidos, y todo esto se transporta por el floema.

¿A qué velocidad va el contenido floemático? Se ve en poco tiempo, a los pocos minutos se encuentra la hinchazón cuando se cortan los vasos floemáticos.

Manera en la cual se explica el mecanismo por el cual la savia floemática fluye a través de toda la red del floema, desde los lugares donde hay síntesis (aa, azúcares) o señales que van a ir desde un tejido fuerte (carga de un tejido floemático) a un tejido sumidero (descarga del contenido floemático).



En el xilema, el transporte está explicado por las diferencias de presión de agua o potencial agua, entre suelo-planta-atmósfera.

¿Cómo explicamos el movimiento de la savia floemática? Por un lado, tenemos que tener en cuenta los tipos celulares:

- Las células que sintetizan azúcares
- Célula acompañante con el tubo cribado
- Las células vivas, aunque tengan una pared mucho más engrosada que una célula del mesófilo, son muy flexibles y tienen membrana plasmática
- La placa cribada es diferente, el flujo será más rápido y la conductancia mayor a la del xilema. La placa cribada le da ciertas propiedades que por un lado son como células más aisladas que las que conforman los elementos traqueales y por el otro, hay una oposición que puede pasar.

No es como el pasaje simplasto, esto es mucho más fluido, y el pasaje es mucho mayor.

Tenemos las células que están sintetizando ciertos azúcares, estos, pasarán a las células acompañantes y de éstas, al tubo criado.

Cuando ocurre esto, estamos entonces aumentando (supongamos sacarosa) la concentración de sacarosa en este complejo de células.

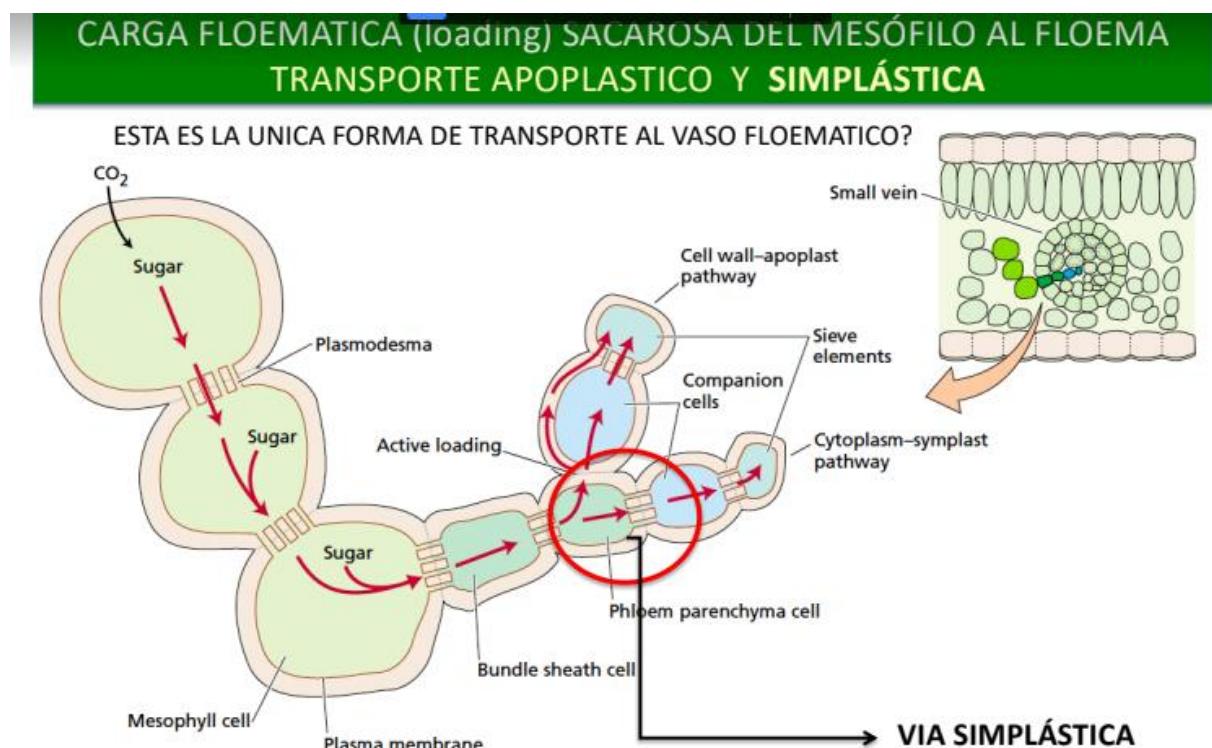
Lo que va a suceder cuando aumente la concentración de un soluto, aumentará la presión osmótica, y, lo que va a suceder es que va a pasar agua de aquellos tejidos cuyo potencial agua sea mayor (para pasar a un potencial de agua menor) que será el contenido floemático. De esa manera, las células aumentan su volumen. Por eso la flexibilidad que tiene la célula viva con su membrana plasmática a diferencia de la que tiene el xilema que es una pared mucho más rígida y actúa como un tubo.

En este caso tendremos un aumento del volumen por la entrada de agua, y está, vendrá del parénquima xilemático. De esta manera, en el floema aumentará la presión, y al aumentar el

contenido de agua que tendrá esta zona del tejido, lo que va a suceder del otro lado del tubo cribado, es que, si hace falta, si la cantidad de fotoasimilados y la cantidad de sacarosa, aminoácidos, etc, se están utilizando (mucho más baja la concentración de lo que estaba en la zona de carga) lo que va a suceder es que el modelo de flujo presión lo que indicará es que el aumento de volumen y de presión va a impulsar el contenido floemático hacia las zonas donde tenemos menor presión.

Cuando los fotoasimilados, azúcares, etc, llegan a las zonas donde tenemos menores potenciales lo que sucederá es la situación inversa: Se supone que si hacen falta fotoasimilados, estos serán transportados hacia una región del tejido de menor concentración, y entonces ahora, la cantidad de agua que tiene este tubo va a estar volviendo al xilema, debido a que otra vez, los potenciales agua para equilibrarse vuelve, debido a que la presión osmótica bajó.

¿Cómo ocurre el transporte para la carga del floema?



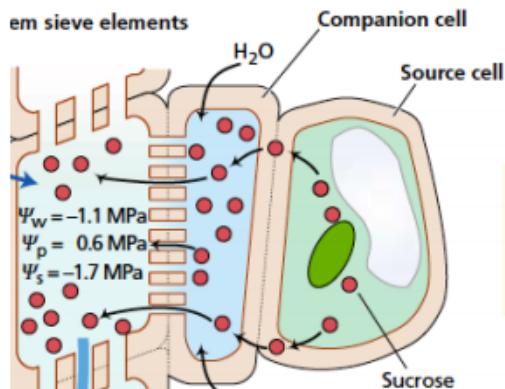
Tenemos representadas las células del mesófilo y de la vaina.

Puede haber un parénquima floemático el cual podemos hablar como células intermedias.

Lo primero que observamos es que para pasar al complejo del tubo cribado con las células acompañantes, los fotoasimilados pueden pasar directamente por el espacio simplástico, es decir, pasando por plasmodesmas a medida que se va sintetizando hacia la luz de los tubos cribados. A esta forma se la denomina vía simplástica y significa que va a estar regulado de acuerdo a las necesidades que haya en el tubo cribado, las diferencias de presión osmótica y entonces tendrá una dirección dependiente a esas diferencias osmóticas.

No hay transportadores ni células intermedias, va todo pasivo.

Ejemplos:



En árboles:

Salix babylonica
Malus domestica
Pinus silvestris



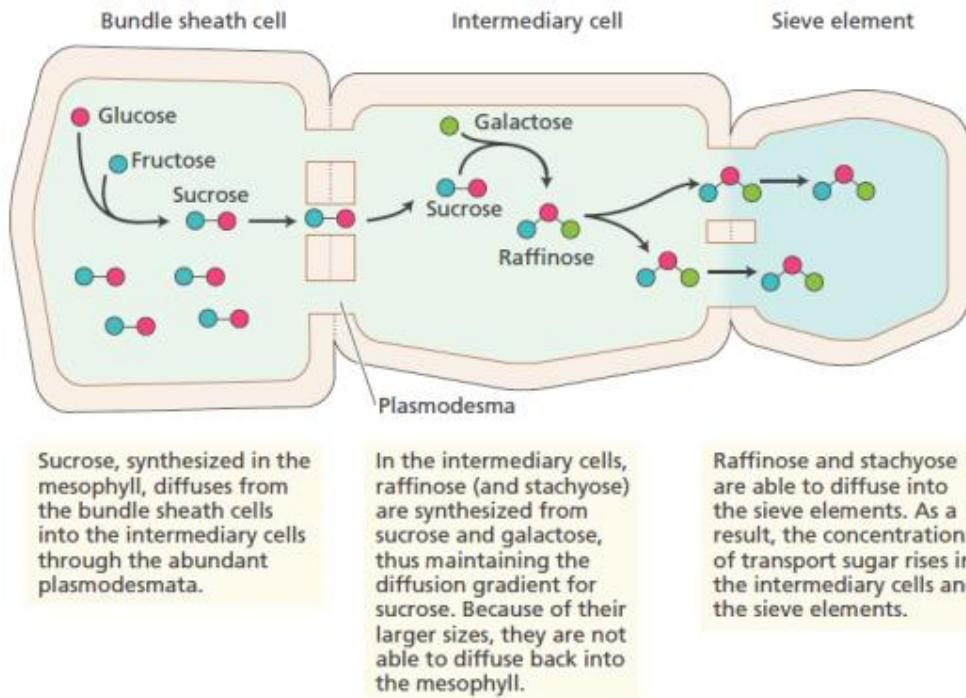
No hay transportadores,
No hay celulas intermedias, solo están las células
que rodean al complejo elemento cribado-célula acompañante y
la célula que lo rodea.

Las células que sintetizan sacarosa están directamente en contacto con las células acompañantes, es decir, vuelcan el contenido de forma continua al tubo cribado.

Mientras que, hay otra forma: Por el espacio apoplástico, que para poder pasar (en cantidad= azúcares o moléculas que sin un transportador no pasarían) de una membrana hacia la otra.

Tanto los transportes apoplásticos y simplásticos pueden darse al mismo tiempo.

Hay una diferencia importante entre ambos transportes: en la simplástica, será por una presión osmótica que es la que va a generar el impulso que sigan volcándose azúcares en el tubo cribado. Mientras que, en la apoplástica, se puede dar el caso de que la concentración de azúcares que haya en el tubo cribado pueda ser mayor que la que tienen las células que la están sintetizando porque hay un aislamiento entre las células y la manera en que se transporta es mediante un transportador de forma activa y entonces se puede dar una diferencia de concentración importante. Mientras que en la simplástica es por un gradiente de situación.



En este caso, se podría aumentar la concentración en las células intermedias que las pasara a las acompañantes y a los tubos cribados, la forma es transformar a la sacarosa con una molécula de galactosa, en rafinosa; entonces, la concentración de rafinosa en las células de la vaina (bundle sheath cell) será cero y en la célula intermedia, donde se empieza a sintetizar.

Es decir, toda la sacarosa que entre en la célula intermedia, va a estar convirtiéndose en rafinosa. Con lo cual la concentración de sacarosa en estas células será mucho más baja que en la célula donde se sintetiza y de esa manera, la sacarosa puede pasar de forma simplástica con una diferencia de concentración importante. Esto es lo que se llama “síntesis y captura de polímeros”.

De esta manera puede haber una gran concentración de azúcares volcados en el floema.

Esto es importante porque si fuera solo por un gradiente de concentración, debería estar bajando la concentración en el floema para que luego vuelva a sintetizarse y entonces sería un proceso más lento.

Como el floema no es solo el tubo cribado y la célula acompañante, sino que los fotoasimilados tienen que estar accesibles de forma rápida, es que, hay otras formas de poder almacenar los azúcares.

Resumiendo:

CARGA FLOEMÁTICA AL SUMIDERO DEL MESÓFILO AL PARÉNQUIMA FLOEMÁTICO/TUBOS CRIBOSOS

El mecanismo de transporte del contenido floemático (azúcares, aa, etc) varía según la especie, tejido, y estado de desarrollo

Los mecanismos de *loading* o carga floemática son a corta distancia (en el tejido fuente) y pueden ir por diferentes vías:

- Carga apoplástica
- Carga simplástica con captura de polímeros
- Carga simplástica pasiva

Ejemplo de carga: De arroz, se ve que la carga puede ser muy alta del tubo cribado y la célula acompañante cuando se aísla el complejo de donde se están sintetizando y transportando los fotoasimilados.

Aislar significa que suponemos que puede pasar por vía simplástica pero muy poco. Sino que todo el transporte se hace prácticamente por un transporte activo.

Los mecanismos de carga son activos a diferencia de lo que sucede en el xilema que son espontáneos y pasivos→ No necesariamente siempre es activo, pasa por simplasto y hay algunas especies que solo tienen mecanismos de pasajes simplasto; mientras que, en muchas otras, tenemos una carga del floema activa.

Es una forma de regular y, al mismo tiempo, de concentrar una cantidad de fotoasimilados mucho mayor de lo que se está sintetizando mientras tanto o al mismo tiempo, en el mesófilo.

Bacterias, hongos y virus

Estos se van dispersando en las plantas por vía floemática.

Dentro del mesófilo pasan por el simplismo y se va transportando por esta vía hasta el floema. Del floema puede pasar a otros tejidos, donde se puede descargar.

De esta manera, podría estar viendo cómo es que se distribuye el contenido floemático.

¿Hacia dónde va el contenido floemático? ¿Va como el xilema que tenía una única dirección, desde el suelo-atmósfera o desde la raíz hacia el resto de la planta?

Como el floema no se mueve por cambios de potenciales hídricos debido a la transpiración (debido a una tensión) sino, por cambios metabólicos o por necesidades metabólicas.

Si bien está explicado por potenciales (para una explicación en términos de termodinámica), el contenido floemático se mueve desde una zona de síntesis (fuente) a otra de gasto (sumidero).

desde que salen del meristema las hojas no están haciendo fotosíntesis.

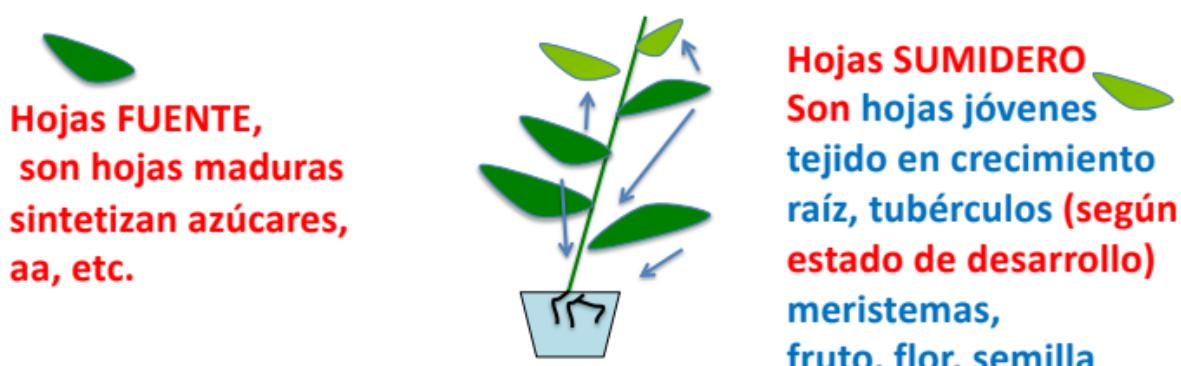
¿Cómo es la distribución de los fotoasimilados? Hay una hoja inoculada con el virus del mosaico del tabaco, en su genoma tiene bajo un promotor viral, la proteína GFP, que cuando uno lo ilumina con violeta, se ve verde.

Uno estaría marcando con el virus, el contenido floemático ya que sabemos que el virus va por el floema.

De esa manera, voy a ver que el virus se irá distribuyendo en las hojas cada vez más jóvenes.

Es decir, el contenido floemático irá desde una hoja más vieja (que está haciendo plenamente fotosíntesis) a una más nueva, a un meristema, y a la raíz porque son los órganos que van a estar consumiendo los fotoasimilados que las hojas están sintetizando.

Tejido fuente y tejido sumidero



Los órganos sumideros son: meristemas, frutos, semillas, raíces, tubérculos

Las hojas fuente son aquellas que están haciendo fotosíntesis.

Las 4 hojas verdes son hojas que hacen fotosíntesis y envían hacia "arriba" o el tope de la planta, fotoasimilados a las hojas verdes que son, en este momento, sumidero porque son hojas pequeñas que se están desarrollando, en plena división celular, armando sus plástidos, principalmente tienen paredes que gastan mucha glucosa y entonces la vía floemática será hacia la parte superior.

Por otro lado, las hojas más viejas, serían las más encargadas de mandar los fotoasimilados hacia la raíz.

¿Qué pasaría si les saco dos hojas viejas a la planta? Si bien la vía floemática tenía una dirección hacia el tope de la planta, cuando le saque 2 hojas, la raíz que sigue gastando, va a hacer que las hojas que estén, serán encargadas de alimentar o enviar esos fotoasimilados hacia la raíz.

Si bien la única vía floemática era hacia el tope de la planta, ahora vamos a encontrar que vamos a tener hacia el tope de la planta y hacia la raíz.

Es decir que la dirección del flujo floemático no es hacia arriba o hacia abajo, sino que va desde un tejido que lo está sintetizando a un tejido que lo necesita.

Por el mecanismo que vimos con flujo presión, diferencia de la presión osmótica que impulsa ese fluido pero la dirección no es simplemente como pasaba en el xilema, una única dirección sino que va de acuerdo al estado metabólico.

¿Cómo se regula la carga y descarga de los fotoasimilados?

Las regulaciones enzimáticas van a estar respondiendo a las necesidades de cada uno de los tejidos.

Se plantean dos cuestiones:

En la fuente, se está sintetizando una cierta cantidad: ¿cuanta cantidad saldrá hacia el floema? ¿En qué momento? ¿Cuánto tiempo?

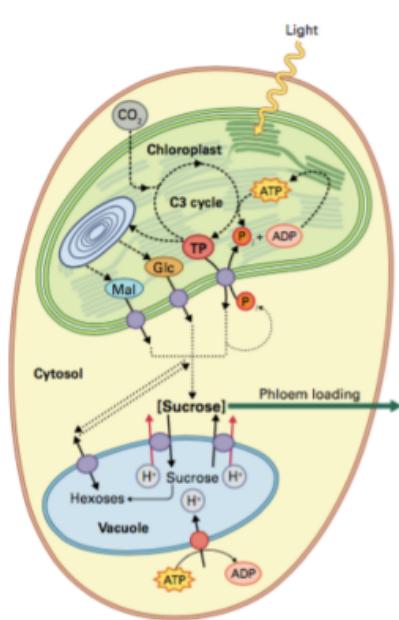
Esto va a depender de la capacidad que tiene la fuente de poder sintetizar y de la necesidad que tiene el sumidero de recibir esa carga. Las limitaciones están dadas por lo anteriormente descrito.

Cuando por ejemplo en el sumidero ya no se necesita más, de alguna manera en la fuente, tiene que haber alguna señal por la cual se entere que el sumidero ya no lo necesite.

O el sumidero va a hacer una descarga de sus fotoasimilados, pero la limitante la va a poner la fuente en su capacidad de síntesis.

Entre esas dos situaciones es que se va a regular la carga del floema en las distintas zonas de la planta. No necesariamente está ocurriendo esto igual en las hojas superiores de las plantas, entre las inferiores.

La flexibilidad que tiene el floema de carga/descarga puede ser diferente de acuerdo a las condiciones y la situación que tenga la planta.

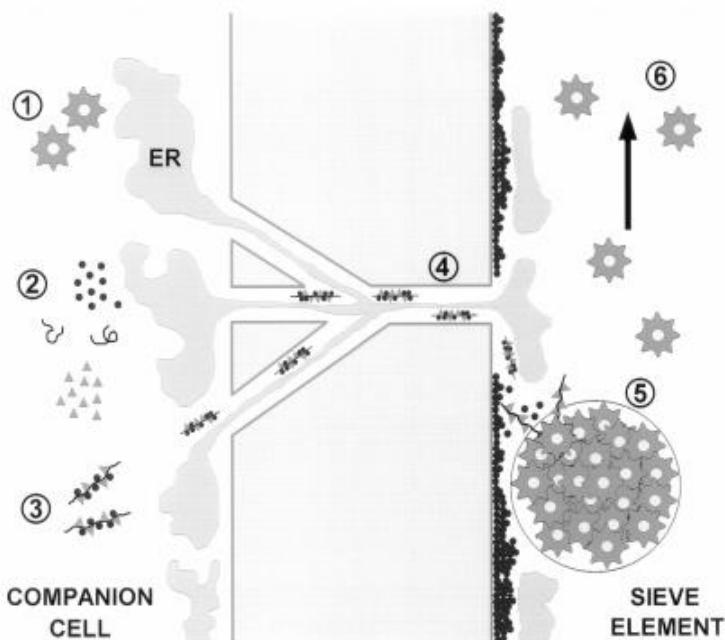


El flujo de sacarosa que se reserva en las vacuolas de las células del mesófilo está controlado por la expresión de enzimas fotosintéticas, enzimas de la síntesis de sacarosa y de los transportadores de membrana para la salida de carbono de los cloroplastos e intercambio vacuolar.

La fotosíntesis, la biosíntesis de sacarosa y la movilización de los azúcares de las hojas que lo almacenan determinan la disponibilidad para la exportación.

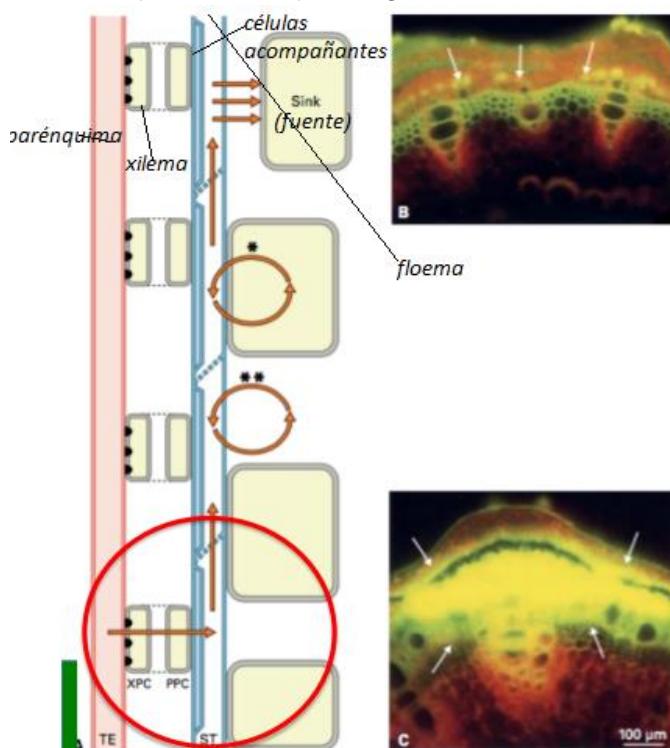
Entre las células acompañantes y el tubo cribado, tenemos unos plasmodesmas complejos:

Movimiento de proteínas, RNA y complejos ribo-nucleoproteicos en una vena menor de hoja de *Nicotiana clevelandii*



Podemos considerar casi que es una misma célula.

Estos plasmodesmas, a su vez, están entre las células acompañantes y las células del mesófilo que son las que cargan a las células acompañantes los fotoasimilados.



De acuerdo a la relación de nutrientes entre tejidos:

- fuente/sumidero baja, los PDs se cierran y las cél del parénquima floemático quedan aisladas (carboxifluoresceína en tubos cribados)
- Si fuente/sumidero es baja, los PDs están abiertos, permitiendo el tporte al sumidero (carboxifluoresceína extendido al parénquima)

Se tienen las traqueas a la izquierda, los puntitos negros son algun transporte al parenquima xilematico (XPC) las formas de conexion para pasaje de agua en masa puede ser los pits porque es todo hidrofobico.

Los pits es el único momento en el cual la pared se encuentra interrumpida, por eso puede pasar agua. sino el xilema tiene que contener el agua estrictamente sino la presión se pierde.

La fuente está abajo y el sumidero arriba. Desde un lado y del otro, entre medio, el parénquima que está desde lo que está "chupando" sustrato de lo que viene, situaciones intermedias, temporarias.

Temporalmente pueden entrar los azúcares ahí y reservarse. esto dependerá de las presiones, del tipo de tejido; pero puede hacer de reservorio.

→ En definitiva se ve una **relación fuente/sumidero baja**, o sea, está actuando como sumidero, los PD se cierran y las células del parénquima floemático se quedan aisladas. Es decir, que actúa como sumidero, entra y se cierran los PD, no vuelve para atrás.

→ Distinta la situación abajo, **la relación fuente/sumidero es alta**, es decir, está actuando como fuente, los PD están abiertos y todo está fluyendo hacia el parénquima y se va hacia el tejido sumidero.

El xilema está en contacto con el parénquima para el pasaje de agua.

Primero pensaremos en el pasaje de agua entonces este floema tiene una dirección, se descarga en el tejido sumidero y podemos tener la situación en la cual, la fuente sumidero baja o cierra si se quiere , los plasmodesmas del parénquima; quedan más aisladas.

→ Plasmodesmas cerrados: Me encuentro con tubos cribados

→ Fuente sumidero baja: Plasmodesmas abiertos y entonces no se ven los fotoasimilados en un tipo celular sino que se ve por todo el parénquima, está como invadiendolo.

El mecanismo de flujo presión nos explica la manera en la cual, termodinámicamente, estarán pasando y cuál sería el mecanismo de esta posibilidad del floema de aumentar o bajar el volumen, para poder hacer ese transporte.

Pero, la regulación de cuánto entra y cuanto sale, de acuerdo a la situación metabólica de los tejidos, se regula de otra manera.

La regulación enzimática en fuente, la regulación en la apertura de los plasmodesmas tanto en una situación donde puede haber una cantidad de fotoasimilados no necesariamente para llevarlos al sumidero.

El sumidero pone límite en que ya no necesita esa cantidad de fotoasimilados y entonces, hay ciertas señales, al comunicarse al tejido fuente, se cierran los plasmodesmas, acumulándose los carbohidratos en esa zona, con lo cual, va a disminuir la actividad de las enzimas de síntesis y, de esa manera, queda acumulado en el parénquima para las nuevas necesidades.

Mientras que en otro caso, sale hacia el parénquima, y además de que los plasmodesmas se abrieron para que salgan los fotoasimilados hacia el parénquima y de este hacia el tubo cribado y de este se descargue en el tejido donde lo necesita, lo que estoy viendo es que no solo tengo los fotoasimilados en el tubo cribado sino todo el parénquima está lleno de fotoasimilados. Es decir, el parénquima es parte del tejido de reserva que tiene el floema, es un tejido de reserva temporal, el cual irá actuando a medida que se necesite en el sumidero (a demanda del sumidero).

Por un lado estamos hablando de la síntesis pero por el otro, los fotoasimilados irán entrando o saliendo del parénquima de acuerdo a las necesidades que haya, y estas se darán por el mecanismo de flujo presión (diferencia de presión osmótica y de potencial agua) que va a haber entre el tejido y el sumidero.

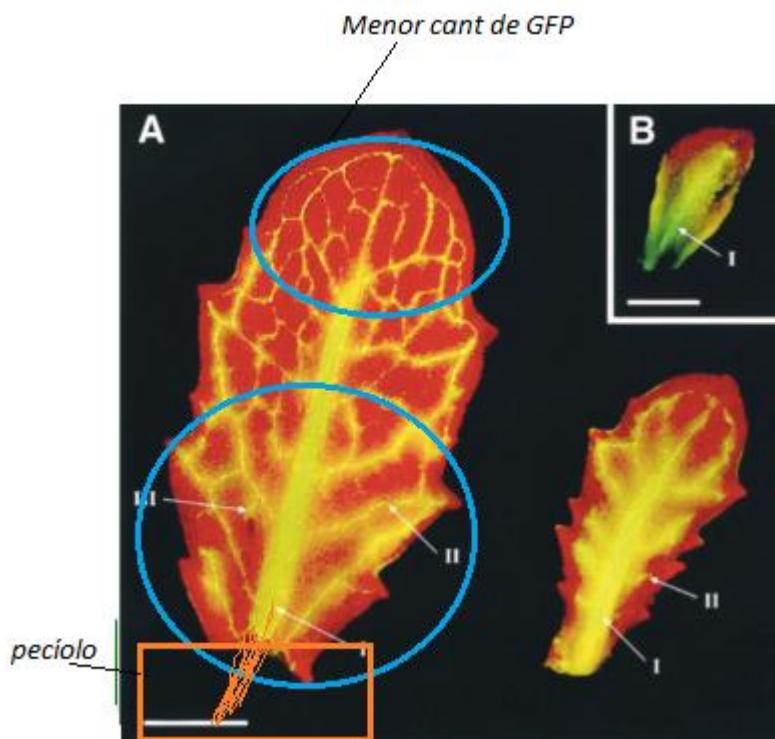
Cuando un tejido sumidero deja de serlo ¿Por qué podría dejar de serlo?

La planta tiene que poder regular, recargando el floema a un sumidero que no lo necesita.

A) GFP en una hoja sumidero (pequeña) y en una hoja durante la transición de sumidero a fuente (hoja más grande).

B) Hoja muy joven, sumidero. Las flechas indican las nervaduras (clases I, II y III)

Al GFP lo podríamos pensar como un fotoasimilado, y este puede pasar a través de los plasmodesmas. Es una proteína pequeña y podríamos ver una red de distribución de GFP. En este caso, por un lado tenemos una hoja que recién está saliendo en el meristema apical, luego otra hoja donde se ve que el GFP no solo invade las venas (I, II, III, IV que dan las clases dependiendo de los diámetros que tienen los tubos cribados) sino que además, se observa que el GFP está distribuida en el parénquima. Mientras que en una hoja más grande, más desarrollada, más crecida, se observa que se limita casi prácticamente hacia la dirección en el pecíolo.



Esto es una transición entre lo que es una hoja sumidero (esta hoja está creciendo, dividiéndose, blah) a una hoja que en el futuro, de acuerdo al desarrollo que va teniendo, será una hoja fuente. Es decir que, a medida que esta hoja pase de lo que fue sumidero a fuente, tiene que ir bajando la cantidad de carbohidratos, (en este caso una proteína que se puede distribuir de manera simplástica en el parénquima) Limitándose solo a que esa distribución está en el floema pero no en el parénquima. Es decir, no está siendo necesitado en el parénquima.

La forma más sencilla que tiene de regularlo es aislarlo del floema por cierre de plasmodesmas (no entrará al parénquima, se aísla).

¿Cómo sucede la descarga?

LA DESCARGA FLOEMATICA (en el tejido sumidero): el contenido floemático se transporta desde los tubos cribados y células acompañantes (CC/SE) al tejido que lo necesite (hojas en desarrollo mas cercanas, raíz, tubérculos, tejido reproductivo, meristemas)

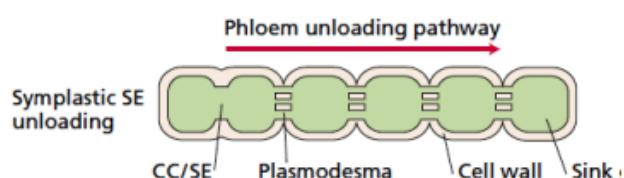
La forma o vía por la cual ocurre la descarga desde CC/SE puede ser:

- Descarga simplástica
- Descarga apoplástica y transporte simplástico
- Descarga simplástica y mas tarde se transporta por apoplásto

UN CAMINO INVERSO A LA CARGA
Simplástico (meristemas)

o,
Apoplástica (frutas, semillas, altas conc de azúcares):
en algún punto, a corta distancia,
pasa por el apoplasto:
el transporte desde
los CC/SE a corta distancia es por
membranas (ACTIVO)

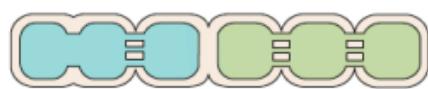
(A) Symplastic phloem unloading



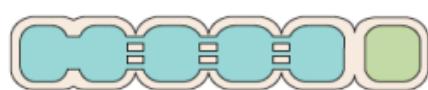
(B) Apoplastic phloem unloading



Type 2A
Apoplastic SE unloading



Type 2B
Apoplastic SE unloading



(A) Supongamos que los fotoasimilados vienen por las células acompañantes, tejido floemático y luego llegan al tubo cribado. Esta descarga puede ser simplástica, es decir, solo por simiplasto y va a las células que la necesitan.
Esto suele suceder en los meristemas. Los vasos llegan hasta un punto y no se comunican hasta la última célula que tenemos en el meristema, es mucho antes, y, a partir de ahí, el transporte que haya de las sustancias que necesitan las células que están en el meristema (en división) es, a través de los simiplastos. Transporte lento, pasaje de célula a célula y se hace a través de los plasmodesmas.

(B) La otra forma, que tienen las frutas o semillas, que necesitan una alta concentración de azúcares, es que cada vez que vemos una concentración muy alta de azúcares,

tenemos que pensar en un transporte apoplástico porque va en contra de la concentración.

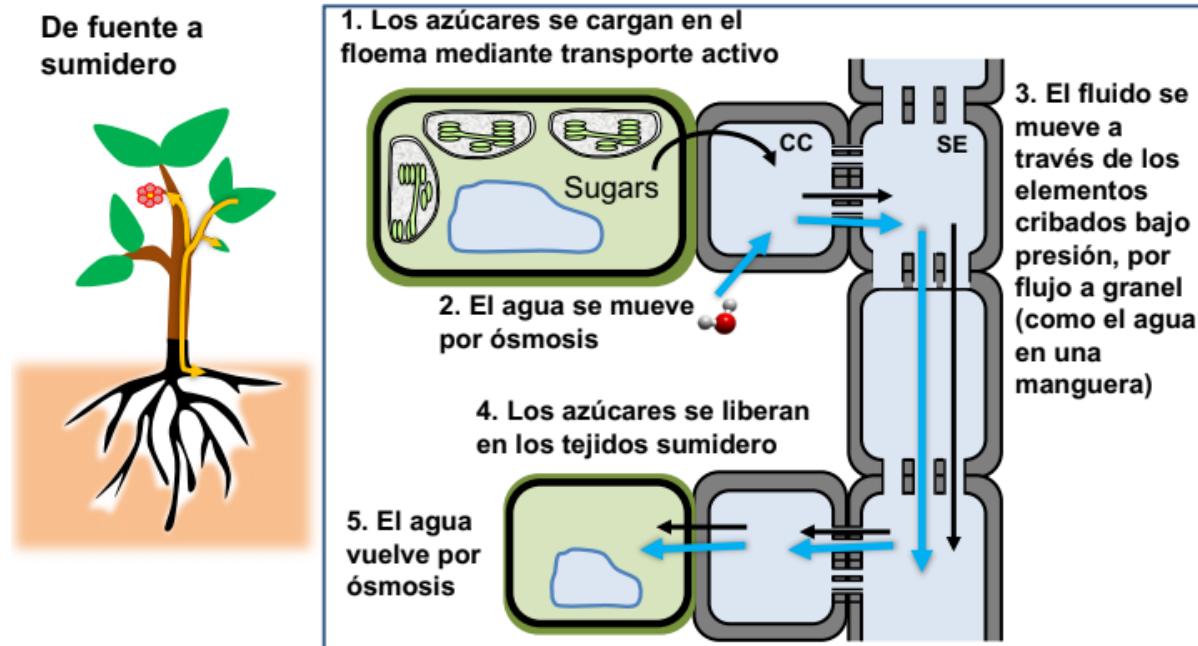
Puede haber una X concentración en el complejo de células acompañantes con el tubo cribado, y el pasaje será directamente apoplástico, y, luego simplástico entre las células del tejido que se va a alimentar de los fotoasimilados.

Los otros, que se llaman a corta distancia, pueden tener un transporte simplástico con la célula que está directamente tomando contacto con el tubo cribado y luego, apoplástico para controlar el pasaje hacia el resto del tejido; o, a corta distancia, que sería simplástico y luego a corta distancia para pasarlo apoplasticamente.

Excepto A que es todo simplástico, las otras que son más o menos a distancia de lo que es el tubo cribado, lo controlan de forma apoplástica, y esto es, generalmente cuando las concentraciones de azúcar son muy altas porque si el transporte es simplástico y necesito una gran concentración de azúcar, la forma en la cual tengo que mantener la baja concentración de solutos para que la presión osmótica sea baja y pasen desde una alta presión osmótica a una de baja presión osmótica, es que esta concentración de azúcares aumenta.

Para poderlo aislar de la concentración de azúcares baja, no va a hacer un simplástico, tiene que ser un pasaje membrana-pared-membrana para poderlo controlar y mantener una alta concentración en uno de esos compartimentos.

Resumiendo del transporte floemático:



¿Cómo vuelve al xilema? La presión ósmosis es lo que pasa el agua otra vez al xilema o al parénquima xilemático.

Este pasaje de agua entre el floema y xilema es muy dependiente del tejido, de la situación hídrica de este, puede pasar al tejido y quedarse en él sin pasar por el xilema, etc blah blah.

Los potenciales es lo que rige hacia donde va a ir el transporte de agua.

Seminario Taller 6

1-¿Qué se transporta en el floema?

Las células del floema que conducen los azúcares y otros materiales orgánicos por la planta se denominan elementos cribosos. El término elemento criboso es un término global que

incluye los elementos del tubo criboso, altamente diferenciados y típicos de las angiospermas, y las células cribosas de las gimnospermas, relativamente poco especializadas.

Además de los elementos cribosos, el tejido del floema contiene células de compañía y células parenquimáticas (que almacenan y liberan moléculas de reserva). En algunos casos, el tejido del floema también contiene fibras y esclereidas (para la protección y resistencia del tejido) y laticíferos (células que contienen látex). Sin embargo, sólo los elementos cribosos están directamente implicados en el transporte.

El agua es la sustancia más abundantemente transportada por el floema. Los solutos transportados, principalmente carbohidratos, están disueltos en el agua. La sacarosa es el azúcar que más frecuentemente se transporta en los elementos cribosos. Hay siempre sacarosa en la savia de un elemento criboso y su concentración puede variar entre 0,3 y 0,9 M.

El nitrógeno se encuentra en el floema fundamentalmente en forma de aminoácidos y amidas, especialmente glutamato y aspartato y sus respectivas amidas, glutamina y asparagina. Los niveles de aminoácidos y ácidos orgánicos varían mucho, incluso en la misma especie, aunque normalmente sus niveles son inferiores a los de los carbohidratos.

En los elementos cribosos se han encontrado casi todas las hormonas vegetales endógenas, incluidas auxinas, giberelinas, citoquininas y ácido abscísico. Se cree que el transporte de las hormonas a larga distancia se produce, al menos parcialmente, por los elementos cribosos. Los nucleótidos fosfato y proteínas también están presentes en la savia del floema.

Entre las proteínas encontradas en el floema están los filamentos de proteína P (que están implicados en el sellado de los elementos cribosos dañados), proteína quinasas (fosforilación de proteínas), tiorredoxina (reducción de puentes disulfuro), ubiquitina (reciclado de proteínas), chaperonas (plegamiento de proteínas) e inhibidores de proteasas (protección del floema contra la degradación y defensa contra los insectos que se alimentan del floema).

Los solutos inorgánicos que se mueven por el floema son potasio, magnesio, fosfato y cloruro. Por el contrario, nitrato, calcio, azufre y hierro son relativamente inmóviles en el floema.

Además de ácidos nucleicos, ribonucleoproteínas.

Transporte en el xilema → es unidireccional

Transporte en el floema → depende de las necesidades metabólicas de la planta

Los fotoasimilados le dan cierta densidad o viscosidad a la savia floemática y esa composición cambia con el desarrollo, el estado, la época del año, la especie; al igual que el xilema.

Cuánto puede cambiar el potencial del floema por una molécula que está a concentraciones muy bajas, básicamente se considera que no varía, el cambio no es tal que impida que el xilema continúe con la función de distribuir agua y minerales.

2- ¿Cuál es la dirección del transporte floemático?

En el floema la savia no se desplaza exclusivamente en un único sentido, ascendente o descendente, por lo que el transporte en el floema no está definido respecto a la gravedad. La savia se mueve desde las áreas de aporte, llamadas fuentes a las áreas de metabolismo o almacenamiento, llamadas sumideros.

Las fuentes son cualquier órgano de exportación, normalmente hojas maduras, capaz de producir fotoasimilados en exceso, respecto a sus necesidades. El término fotoasimilado se refiere a los productos de la fotosíntesis. Otro tipo de fuente es un órgano de reserva de los productos durante la fase de exportación en su ciclo de desarrollo.

Los sumideros incluye cualquier órgano no fotosintético de la planta, así como los órganos que no producen suficientes productos fotosintéticos como para mantener su propio crecimiento o sus necesidades de almacenamiento. Ejemplos de sumidero son raíces, tubérculos, frutos en desarrollo y hojas inmaduras, ya que necesitan importar carbohidratos para su desarrollo normal. Los resultados de experimentos de anillado y mareaje apoyan el patrón de transporte de fuente a sumidero en el floema.

Aunque el patrón de transporte en el floema puede ser reducido al movimiento de fuentes a sumideros, las rutas específicas implicadas son con frecuencia más complejas. No todas las fuentes suministran a todos los sumideros de la planta; más bien, algunas fuentes suministran preferentemente a sumideros específicos. En el caso de plantas herbáceas, como remolacha o soja, se pueden admitir las siguientes generalizaciones:

→ Proximidad. La proximidad de la fuente al sumidero es un factor importante. Las hojas maduras de la parte superior del tallo normalmente proporcionan fotoasimilados al ápice del brote en crecimiento y a las hojas jóvenes inmaduras; las hojas de la parte inferior del tallo aportan fotoasimilados sobre todo al sistema radical. Las hojas intermedias exportan en ambas direcciones, pero sin suministrar a las hojas maduras en su recorrido.

→ Desarrollo. La importancia de los sumideros puede cambiar durante el desarrollo¹ de la planta. Mientras los ápices de las raíces y del brote son normalmente los principales sumideros durante el desarrollo vegetativo, los frutos se convierten en los principales sumideros durante el desarrollo reproductivo, sobre todo para las hojas adyacentes y cercanas.

→ Conexiones vasculares. Las hojas fuente aportan asimilados preferentemente a sumideros con los que tienen conexiones vasculares directas. En el vástagos, por ejemplo, una hoja dada suele estar conectada a través del sistema vascular a otras hojas que están directamente encima y debajo de ella en el tallo. Esta distribución vertical de las hojas se denomina ortóstico. El número de entrenudos entre hojas en el mismo ortóstico varía según la especie.

→ Modificaciones de las rutas de transporte. Las interferencias por una poda o una herida sobre la ruta de transporte pueden alterar los patrones establecidos por proximidad y las conexiones vasculares que hemos descrito. En ausencia de conexiones directas entre fuentes y sumideros, las conexiones intervasculares, llamadas anastomosis pueden proporcionar una ruta alternativa. En la remolacha azucarera, por ejemplo, la eliminación de las hojas fuente de un lado de la planta puede provocar transporte cruzado de fotoasimilados a las hojas jóvenes (hojas sumidero) de la zona podada. La eliminación de las hojas fuente de la parte inferior puede forzar a las hojas fuente de la parte superior de la planta a transportar materiales a las raíces, y la eliminación de las hojas fuente de la parte superior

puede forzar a las hojas fuente de la parte inferior de la planta a transportar materiales a las partes superiores de la planta.

La plasticidad de la ruta de transporte depende de la extensión de las interconexiones entre haces vasculares y, por lo tanto, de las especies y órganos estudiados. En algunas especies, las hojas de una rama sin fruto no pueden transportar fotoasimilados a los frutos de una rama adyacente defoliada. Pero en otras plantas, como las sojas (*Glycine max*), los fotoasimilados son transferidos rápidamente desde el lado frutos al lado parcialmente defoliado.

Xilema

Parenquima xilemático

Tráqueas

Floema

Parenquima floemático

Elementos cribados

→ Estos tejidos se encuentran juntos para impulsar el flujo del floema.

→ Entre ellos hay parénquima!!

TABLE 10.4

Patterns in apoplastic and symplastic loading

	Apoplastic loading	Symplastic loading
Transport sugar	Sucrose	Oligosaccharides in addition to sucrose
Type of companion cell in the minor veins	Ordinary companion cells or transfer cells	Intermediary cells
Number of plasmodesmata connecting the sieve elements and companion cells to surrounding cells	Few	Abundant

Todo el recorrido que puede pasar, puede ser en forma directa por una célula o por los parénquimas.

Todo esto dependerá de los potenciales y cómo se manejan estos en esas zonas y entonces pueden haber distintas situaciones.

Lo importante es que tienen todo junto, los haces vasculares están en contacto (directo o indirecto) a través del parénquima o en forma directa (una célula).

El estado hídrico de uno y del otro están tendiendo a equilibrarse, a pasar el agua, minerales e incluso puede que (como en la descarga) no pase nada de agua porque se lo consume el tejido que está recibiendo los fotoasimilados porque está deshidratado y entonces no pasa nada al xilema. El tejido va a ir acomodándose a la situación hídrica de acuerdo a las necesidades (flexibilidad).

Los haces vasculares tienen tal disposición, el pasaje de agua se hace de tal manera o a través del parénquima.

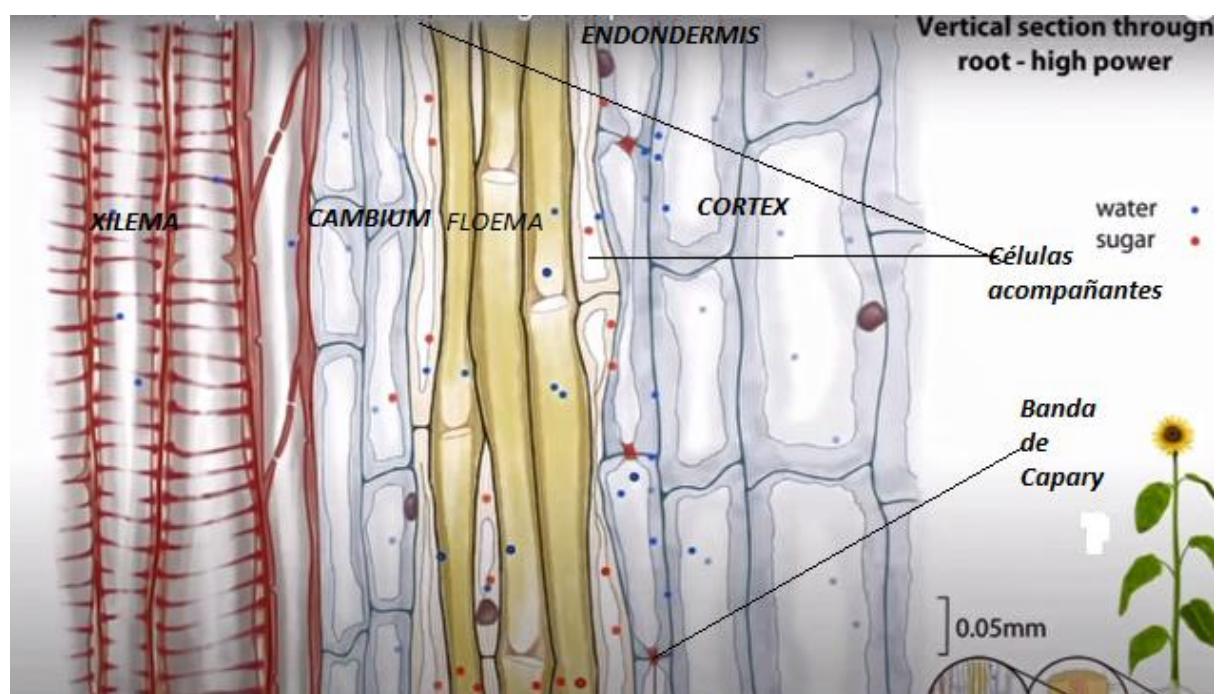
El parénquima se tiene que tener en cuenta que no está aislado y entonces el agua va a pasar donde el agua sea necesario, que si medimos el potencial será desde una zona de mayor potencial a una de menor potencial.

La zona de la raíz donde se encuentran los pelos radiculares se la denomina zona de maduración. Por debajo de esta no tenemos pelos radiculares y es la zona de diferenciación celular.

Por arriba tampoco tendrán pelos, y después pasa a tener crecimiento secundario.

En la zona de los pelos radiculares que es la de absorción de agua tengo todo, azúcares que vienen de las hojas y agua que viene del suelo, disposición de los haces: hacia el interior el xilema, hacia el exterior el floema.

Los tubos del floema son más finos que los del xilema en general.



Entre el xilema y el floema tenemos el cambium (las células a partir de las cuales se van a generar el xilema por un lado y el floema por el otro).

La síntesis de los fotoasimilados ocurre en las hojas. Parenquima en empalizada, globoso, vaina, por ahí se van a estar sintetizando los fotoasimilados, de ahí pasaran por Célula acompañante + tubo cribado son un complejo celular que es como si fuera la misma célula.

Cuando hablo que algo se virtió en la célula acompañante, es lo mismo que si fuera al tubo cribado. La comunicación es tan alta (por unos plasmodesmas) que es la misma célula.

Cuando se vuelca a la acompañante, el potencial de agua de esa zona disminuye (en esta altura este potencial tenía dos términos: soluto (u osmótico) y presión (pared)).

Los fotoasimilados se vuelcan en el floema, en el tubo cribado y aumenta el potencial osmótico porque aumentó la concentración de azúcares, por lo que el potencial soluto será más negativo y el potencial agua va a ser más negativo que lo que era antes.

El agua fluye desde el xilema que tendrá mayor potencial de agua que lo que tendría el floema
Si tengo mayor concentración de solutos, el agua se debe mover hacia ese lugar. ¿Cómo se
transporta?; Cuál es el mecanismo?; De dónde?

→ Del xilema

→ El mecanismo por el cual se transporta el agua puede ser: en masa, ósmosis o difusión.

Difusión sería si sólo fuera por el apoplasto o dentro de la célula, muy despacio.

En ósmosis hay una membrana de por medio así que el mecanismo sería osmosis.

El floema necesita membrana plasmática, por algo es que lo necesita. Ya que cuando entra agua, se hincha esa zona, estructuralmente ocurre esto porque la célula es flexible.

Una vez que se hincha, va a tener mayor presión pared y está baja porque tengo otra zona de esos tubos cribados que tiene menor presión de agua porque está más “floja” de solutos (compuestos osmóticamente activos).

Entonces lo que ocurre es que hay un transporte de agua, de todo el contenido. hacia una zona donde haya menor potencial de presión.

¿A qué se debe que haya una zona de menor potencial de presión en el tubo cribado? La cantidad de solutos es baja porque se los consume (o lo almacena o los consume, dependiendo el tejido que está creciendo o en desarrollo).

Desde el punto de vista del consumo, a ese tejido que gasta se lo denomina sumidero.

3- ¿Cuál es el mecanismo que explica el transporte del contenido floemático?

El mecanismo de transporte por el floema en las angiospermas se explica bien por el modelo de flujo de presión que concuerda con la mayoría de los datos experimentales y estructurales actualmente disponibles. Veremos en este análisis que el modelo de flujo de presión explica el transporte por el floema como un flujo de solución (flujo másico) dirigido por un gradiente de presión generado osmóticamente entre la fuente y el sumidero.

En las primeras investigaciones sobre el transporte por el floema se consideraron mecanismos activos y pasivos. Todas las teorías, tanto las activas como las pasivas, implicaban un requerimiento energético en las fuentes y los sumideros.

En las fuentes, la energía es necesaria para mover los fotoasimilados desde las células productoras a los elementos cribosos. Este movimiento de fotoasimilados se denomina carga del floema.

En los sumideros la energía es esencial para algunos aspectos del movimiento desde los elementos cribosos a las células sumidero, que son las que almacenan o metabolizan el azúcar. Este movimiento de fotoasimilados desde los elementos cribosos a las células sumidero se denomina descarga del floema.

El modelo de flujo de presión propone que el flujo de la solución en los elementos cribosos está dirigido por un gradiente de presión entre la fuente y el sumidero ($\Delta\Psi_p$), que es generado osmóticamente. El gradiente de presión se establece como consecuencia de la carga del floema en la fuente y la descarga del floema en el sumidero.

En los tejidos fuente, la carga del floema, que consume energía, conduce a la acumulación de azúcares en los elementos cribosos, generando un potencial de solutos bajo (negativo) ($\Delta\Psi_s$) y provocando una caída escalonada en el potencial hídrico ($\Delta\Psi_w$). En respuesta al

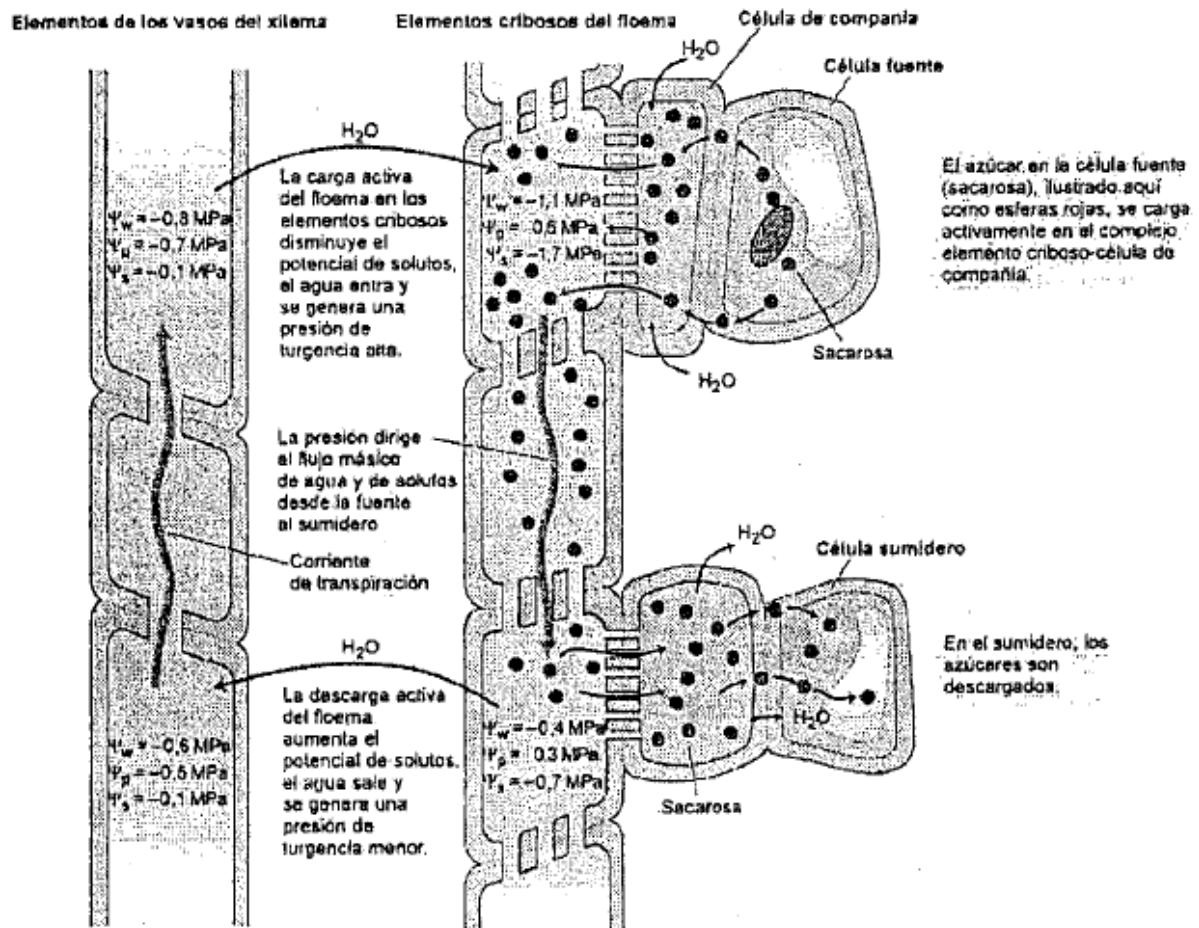
gradiente del potencial hídrico, el agua entra en los elementos cribosos y provoca el aumento de la presión de turgencia ($\Delta\psi_p$).

En el otro extremo de la ruta de transporte, la descarga del floema da lugar a una reducción de la concentración de azúcares en los elementos cribosos, generando un potencial osmótico mayor (más positivo) en los elementos cribosos de los tejidos sumidero. Como el potencial hídrico es mayor en el floema que en el xilema, el agua, tiende a salir del floema en respuesta al gradiente de potencial hídrico, provocando el descenso de la presión de turgencia en los elementos cribosos del sumidero.

Si no hubiera paredes transversales en la ruta de transporte, es decir, si toda la ruta fuera un único compartimento de membrana, las diferentes presiones presentes en el sumidero y la fuente alcanzarían rápidamente el equilibrio. La presencia de las placas cribosas aumenta fuertemente la resistencia a lo largo de la ruta y provoca la generación y el mantenimiento de un gradiente de presión importante en los elementos cribosos entre la fuente y el sumidero. El contenido de los elementos cribosos es empujado físicamente a lo largo de la ruta de transporte en un flujo másico, al igual que el agua fluye a través de una manguera.

El agua en el floema se mueve contra un gradiente de potencial hídrico de la fuente al sumidero. Este movimiento del agua no transgrede las leyes de la termodinámica porque el agua se mueve por flujo másico y no por ósmosis. Es decir, no se cruzan membranas durante el transporte desde un tubo criboso a otro, y los solutos se mueven a la misma velocidad que las moléculas de agua.

En estas condiciones, el potencial de solutos ($\Delta\psi_s$) no contribuye a la fuerza que dirige el movimiento del agua, aunque influye en el potencial hídrico. El movimiento del agua en la ruta de transporte es por tanto dirigido por el gradiente de presión y no por el gradiente de potencial hídrico. Desde luego, el transporte pasivo a larga distancia dirigido por la presión en los tubos cribosos depende, en último término, de los mecanismos de transporte activo a corta distancia implicados en la carga y descarga del floema. Estos mecanismos activos son responsables del establecimiento del gradiente de presión.



¿Por qué los potenciales?

→ ¿Por que el potencial agua arriba es -0.8 y abajo -0.6? Es para justificar el movimiento del agua, el potencial será cada vez menor. Esto está representando una situación no muy cercana donde los potenciales se diferencian y veo que la dirección del xilema, unidireccional, va de un potencial mayor a uno menor. Esto se debe a que el potencial soluto no varía entre ambas zonas, es decir, en el xilema, la concentración de solutos se considerará constante.

→ Mientras que, en el floema, esos cambios son importantes y eso es lo que permite el transporte (por las diferencias de presión) de la savia floemática.

En el xilema la diferencia está en el potencial presión!! Y cada vez que se acerque más a la cámara substomática o a la atmósfera, ese potencial presión será cada vez menor.

→ La diferencia del transporte en el xilema y el floema respecto al potencial agua es que en el primero, las zonas más altas del tubo tendrán un potencial menor que las bajas, y en cambio, en el floema, varía, no tiene una dirección, es decir, son diferentes entre fuente y sumidero.

→ En el floema, arriba el potencial presión es mayor que el de abajo y esto iría en contra (aumenta, se hincha, aumentaría el potencial presión) abajo no va a ir porque tengo un potencial presión menor ¿entonces??

XILEMA:

El potencial agua es el que define hacia dónde va el agua. No puedo decir hacia dónde va el agua si no tengo el resultado del potencial hídrico.

El potencial presión en el xilema cambia y será menos a medida que nos acercamos a la atmósfera.

El potencial soluto en el xilema es el que no varía.

FLOEMA:

Cambian las dos cosas: soluto y presión, el resultado es la sumatoria de esto; y lo que veo es que va hacia el potencial menor. Irá en contra del gradiente del potencial hídrico (a favor del gradiente del potencial osmótico) porque la fuerza impulsora acá es el potencial osmótico (respecto al que tenemos en los sumideros).

Lo que me están diciendo los potenciales hídricos es que el agua debería pasar para donde está más concentrado (termodinámicamente).

La cantidad de soluto en el momento en el cual se produjo y se cargó el floema, empuja hacia abajo, costado o arriba, hacia donde hay menor presión de pared, porque como se hincha, el potencial presión no se mantuvo en la célula porque está todo conectado. Se hincha y se expande, es un fluido. El flujo está dominado por el potencial presión, se llama mecanismo de flujo presión y esas diferencias de presiones se generan por diferencias de concentraciones entre la fuente y el sumidero.

Si yo pongo los 2 tejidos juntos, si no hubiera otra cuestión que la diferencia de potencial hídrico, el agua debería ir desde el sumidero a la fuente. Pero no son dos células con paredes cada una. Es un único tubo, y entonces la concentración de soluto arriba no se va a quedar encerrada en ese sitio de carga, se va a transportar e inmediatamente los potenciales hídricos van a cambiar. Esto además, es dinámico, va a ir cambiando de forma continua.

FLOEMA: ¿A dónde se va a transportar el agua? Siempre serpa de un potencial hídrico mayor a uno menor, no importan los términos que suban o bajen, siempre será así.

Si en este esquema miro cuál es el potencial agua de la fuente es menor que el potencial agua del sumidero y entonces el agua tendría que ir del sumidero a la fuente.

En realidad, esto ocurriría si yo no tuviera un tubo conductor de una situación de menor y mayor presión. Como tengo un fluido que se conduce por ese tubo, no es lo mismo colocar una célula que tiene un potencial agua mayor o una célula que tiene un potencial agua menor y ver hacia dónde va el agua, sino que lo que veo, que son las diferencias de presión, no son de una célula y la otra sino de distintas regiones de un mismo tubo y que además es flexible.+

Lo que se ve es que aumentó la concentración de sustrato arriba y eso hace que inmediatamente porque es flexible, tienda a volver a su estado menos hinchado, y eso hace que, se transporte toda esa solución (y en ese momento los potenciales deberían ser iguales).

En el esquema está el estado hídrico de la fuente y del sumidero pero cuando hablo del transporte de solutos, responde a esto dinámico de la presión que induce un flujo hacia donde tengo menor presión (es el comportamiento de una fluido en una caja flexible,

diferente de lo que pasa en el xilema que es una caja rígida y entonces no hay una diferencia de presión por la pared sino porque tira la transpiración).

En el floema. esto de cambiar sus presiones sobre la pared e hincharse, tenderá a deshinchar y entonces ahí las mezclas de sustrato y por ende las presiones, serán las mismas.

El floema funciona como una bomba debido a que este tiene la capacidad en sus paredes, y como tiene membranas, de ser más flexible, y de esa manera, aumentar la presión en una zona del elemento cribado que va hacia una zona de menor presión del otro elemento cribado.

Que no es lo mismo que colocar una célula con su pared al lado de otra célula con su pared con diferentes concentraciones de soluto (diferentes potenciales agua).

→ *Se explica por el modelo de flujo presión donde aumenta (por la flexibilidad que tienen las paredes y la membrana del floema, aumenta la presión de esa zona de tal manera que impulsa el movimiento del fluido hacia una zona de menor presión) el volumen de la zona de carga del floema que impulsa el fluido hacia una zona de menor carga o de descarga de soluto.*

manera mecánica de movilizar el flujo

En este modelo, el flujo de masas de la savia del floema se produce en respuesta al gradiente de presión generado osmóticamente. Existen una gran cantidad de datos estructurales y fisiológicos que indican que los materiales son transportados en el floema de las angiospermas por el flujo de presión.

La descarga:

Va a pasar donde sea necesario. Si esto es en masa, es decir, mucha cantidad de fotoasimilados al tejido sumidero, este no absorberá toda el agua que viene junto a los fotoasimilados.

Esa cantidad en masa de agua tiene que volver a algún lugar y entonces vuelve al xilema donde este lo distribuye.

Si en el tejido sumidero hay una gran necesidad de agua, quedará en el tejido sumidero.

El que decide cómo se distribuye el agua son los potenciales.

¿Cómo entra y sale el agua del xilema? Es un tejido compacto, suberizado, difícil que transpire entonces ¿¿??

→ *En la raíz, pasa agua mediante el espacio apoplástico que luego tiene que pasar la membrana del floema. (o sea hacia el floema)*

El xilema es un espacio apoplástico porque tengo pared-agua-pared, no tengo simplasto (no tiene citoplasma, son células muertas).

→ *En este caso, el flujo de agua puede ser mucho mayor, no todo es raíz. La raíz tiene un cortex especializado para ese pasaje de agua en masa, es muy esponjosa y tienen paredes abiertas y muy fáciles de atravesar por el agua.*

→ *¿Que tiene el xilema para evitar la cavitación? Los píts o punteaduras. Las tráqueas y las traqueidas, los gimnospermas, pueden pasar agua en masa para donde sea necesario, tanto como para defenderse de las cavitaciones como para pasarle agua al floema (tratar de equilibrar)*

El agua saldrá de potenciales menores e irá hacia potenciales mayores.

El agua pasa apoplásticamente y a través de los pits.

4- ¿Qué características determinan que un tejido/órgano se comporte como fuente o como sumidero?

Un tejido es fuente cuando sintetiza los fotoasimilados, minerales, agua, aminoácidos (porque la cantidad en masa de lo que se está transportando es prácticamente eso); y un tejido sumidero es cuando necesita a estos compuestos en gran cantidad.

Una hoja muy chiquita que recién abrió sería sumidero.

No se puede generalizar a las hojas como un tejido sino que hay que fijarse en el estado de desarrollo y diferenciación, tipo de tejido, edad de la planta, especie, etc.

5- Un tejido/órgano, ¿es siempre fuente o sumidero? Dé ejemplos.

En los órganos sumidero, los azúcares se mueven desde los elementos cribosos a las células que los almacenan o metabolizan. Los sumideros pueden ser órganos vegetativos en crecimiento (ápices de raíces y hojas jóvenes), tejidos de almacenamiento (raíces y tallos) y órganos de reproducción y dispersión (frutos y semillas).

Si lo que estoy enviando en el floema, está entrando en el parénquima, ¿qué tipo de tejido es? Tejido sumidero, se está descargando.

Si no se observa lo mismo, significa que cerró los plasmodesmas, en el parénquima no se observa porque no hay soluto. Todo lo que se genera en este tejido lo transporta al floema menos lo que necesita (o sea, todo aquello que le sobre) este tejido es de fuente.

Es decir, se empieza a invertir la dirección, empieza a producir sus propios fotoasimilados porque los plastidos que tenían, que eran poco diferenciados, se empiezan a diferenciar en cloroplastos y cuando empieza a hacer fotosíntesis, la cantidad de fotoasimilados que necesita no es tanta y llega un momento en que los produce de más y entonces pasa a ser de una hoja sumidero a una fuente.

6- Explique las diferentes vías de transporte de azúcares/aminoácidos para la carga del floema.

En las hojas sumidero de dicotiledóneas con carga

simplástica, factores que podían causar el cese de la descarga son el cierre de los plasmodesmos, un descenso en la frecuencia plasmódésmica u otros cambios en la continuidad simplástica. Los datos experimentales muestran que la ruta de descarga está bloqueada en las hojas maduras con carga apoplástica. La exportación de azúcares se inicia cuando la carga del floema ha acumulado suficientes fotoasimilados en los elementos cribosos como para dirigir el transporte fuera de la hoja. En hojas normales con carga apoplástica, la exportación se inicia cuando:

- *La ruta de carga simplástica está bloqueada.*
- *La hoja está sintetizando fotoasimilados en cantidad suficiente como para hacer posible la exportación.*
- *Los genes para la síntesis de sacarosa están expresándose.*
- *El transportador simple de sacarosa y protones está en la membrana plasmática*

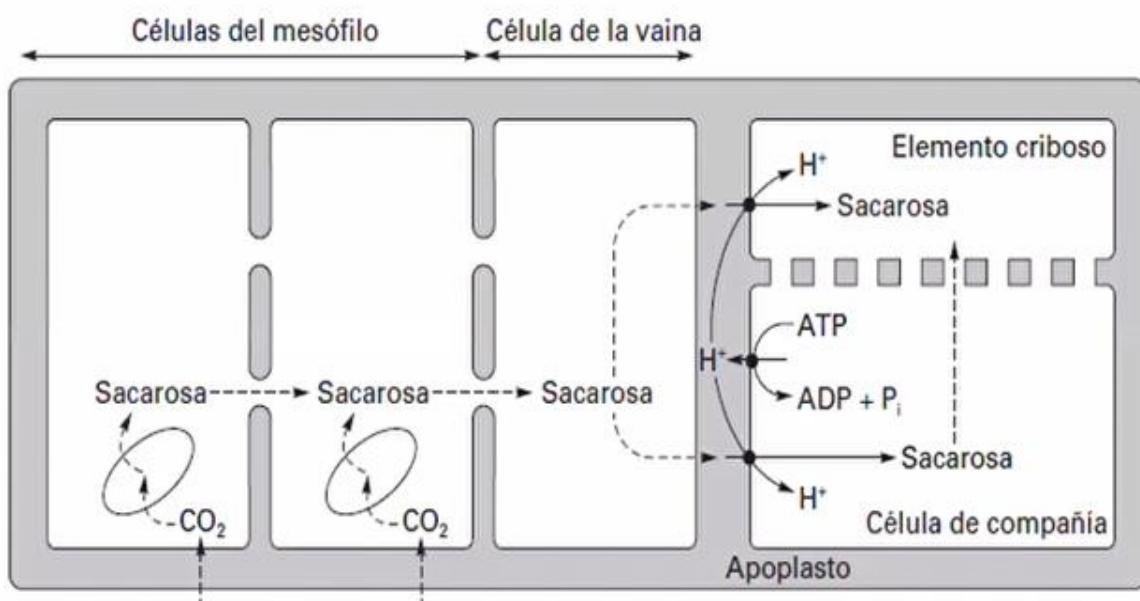
del complejo elemento criboso-célula de compañía.

En el xilema el flujo es PASIVO

En el floema, la vía simplástica es pasiva pero para la vía apoplástica se necesita energía metabólica.

en cantidad: simplasto o apoplasto (no es apoplasto simplemente, sino tiene que entrar a la célula: es apoplástico en algún momento pero irá hacia el transmembrana: citoplasma, membrana, pared, kama media, pared, membrana, citoplasma; todo ese recorrido, si quiero acumular, tiene que ser activo).

CARGA:



Si yo quiero mandar sacarosa hacia la derecha (de las células del mesófilo que están haciendo fotosíntesis lo paso al floema).

Lo puedo hacer de forma simplástica, la concentración será por un gradiente. (mayor donde se está sintetizando e irá bajando a medida que pasa por las células que simplemente dejan el transporte).

Si quiero llevar mucha mayor cantidad de sacarosa al elemento criboso, para aumentar la concentración de sacarosa sin que vuelva para atrás si es solo simplástico, lo que hago es compartmentalizar y esto es una manera de regular, de acumular algo en un sitio: vesícula, granos de almidón.

Está compartmentalización es de célula a célula y si quiero acumular del lado del elemento criboso tengo que impedir que vuelva, poniendo una membrana. La forma de acumular y llevárselo en contra de la concentración es de forma activa.

Tanto para la carga como para la descarga, esto va a suceder.

Si yo quiero descargar en la fruta toda la fructosa y que se acumule, si no tengo una manera de poder concentrarlo, volverá para atrás, si es espontáneamente a cómo se va a difundir la sacarosa o lo que sea que está viniendo hasta llegar a un equilibrio. Es decir, también debería ser un transporte activo.

7- El parénquima floemático, ¿qué función cumple?

Puede actuar de reserva temporaria, es decir, pueden entrar los fotoasimilados y salir. No se gasta ni se vuelve, depende de las presiones y de las concentraciones para que vuelva al floema y sea transportado al sumidero.

8- ¿Cómo se descarga el floema? Señale y explique las diferentes vías.

En muchos casos, los acontecimientos en los tejidos sumidero son simplemente el proceso inverso a los pasos que ocurren en las fuentes. El transporte a los órganos sumideros, como raíces en desarrollo, tubérculos y estructuras reproductivas, se llama importación. En la importación de azúcares a las células sumidero están implicadas las siguientes etapas.

1. Descarga desde el elemento criboso. Este es el proceso por el que los azúcares importados abandonan los elementos cribosos en los tejidos sumidero.
2. El transporte a corta distancia. Después de la descarga del elemento criboso, los azúcares son transportados a las células en el sumidero por una ruta de transporte a corta distancia. Esta ruta también se conoce como transporte post-elemento criboso.
3. Almacenamiento y metabolismo. En la etapa final, los azúcares son almacenados o metabolizados en las células sumidero.

El conjunto de las tres etapas de transporte constituye la descarga del floema, el movimiento de los fotoasimilados desde los elementos cribosos y su distribución a las células sumidero que los almacenan o metabolizan.

9- Explique a qué se le llama transporte de corta distancia en la descarga floemática.

10- En términos generales se señala que, a diferencia del transporte en el xilema, el transporte en el floema es activo. ¿En qué etapas? Explique.

XILEMA → Transporte pasivo. Una diferencia de potencial hídrico de un lado y del otro que impulsa al agua.

FLOEMA → Tengo transporte pasivo (como puede ser simplasticamente) pero luego, en algún punto, puedo tener la necesidad de un transporte activo.

Seminario taller 7

Problema 1

Cuando una porción de epidermis de cebolla se coloca en una solución de CINa 0.164 M a 25 °C, observamos que tiene un intercambio neto nulo de agua. Cuando a este

tejido se los coloca en una solución de Cl_{Na} 0.307 M, observamos plasmólisis incipiente (50% de células plasmolizadas) a 25 °C.

Calcule los distintos componentes del potencial hídrico de la célula en el estado inicial y al final de la plasmólisis. Consideraremos que el Ψ_m es despreciable y que las membranas no son permeables al Cl_{Na}.

Estado inicial:

[NaCl] = 0.164M , T=298K , intercambio neto nulo de agua (isotónico o estado de plasmolisis incipiente)

$$\Psi_s = -0.0082 \text{ MPa} \cdot \text{kg/mol} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{ K} \cdot 0.164 \text{ M}$$

$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$ como la pared no está ejerciendo ninguna presión entonces:

$$\Psi_w = \Psi_s$$

$$\Psi_w =$$

Estado final:

Plasmolisis incipiente [NaCl] = 0.307M , estado de plasmolisis incipiente

$$\Psi_s = -0.0082 \text{ MPa} \cdot \text{kg/mol} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{ K} \cdot 0.307 \text{ M}$$

$$\Psi_s =$$

$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$ en donde el potencial pared no se estaría considerando y entonces:

$$\Psi_w = \Psi_s$$

$$\Psi_w =$$

Problema 2

Seleccione aquellos factores que pueden aumentar la tasa de transpiración. En cada factor seleccionado,

indique cómo responde la planta para estimular la transpiración.

a) Viento fuerte

Al aumentar la velocidad del viento el espesor de la capa límite disminuye, haciendo de este modo más sencilla la difusión del vapor de agua hacia la atmósfera. Aumenta la tasa transpiratoria.

b) Baja velocidad del viento

En este caso el espesor de la capa límite es mayor que en el anterior por lo que la difusión del vapor de agua es menor.

c) Humedad relativa baja

Al ocurrir esto el gradiente de vapor de agua es más marcado (hay más vapor de agua dentro de la hoja que fuera de la misma), por lo que aumentaría la tasa transpiratoria.

d) Humedad relativa elevada

En estas condiciones el gradiente de vapor de agua se ve disminuido, ya que aumenta la cantidad de vapor de agua por fuera de la hoja. Esto hace que la tasa transpiratoria disminuya.

e) Temperatura foliar por encima de la temperatura ambiente

En esta condición el vapor de agua dentro de la hoja tiene una energía cinética mayor que el vapor de agua exterior, por lo que las moléculas se van a difundir más rápido hacia afuera. Aumenta la tasa transpiratoria.

f) Temperatura foliar por debajo de la temperatura ambiente

Caso contrario al anterior. Disminuye la tasa transpiratoria.

g) Estomas cerrados

Al presentar los estomas cerrados la hoja no puede liberar el vapor de agua que contiene, por lo que la tasa transpiratoria baja.

h) Estomas muy abiertos

Al estar abiertos los estomas las moléculas de vapor de agua pueden escapar más fácilmente, por lo que la tasa transpiratoria aumenta.

Problema 3

Explique cómo es posible que el agua se mueva hasta la parte superior de un árbol de 100 m de altura pero que, en cambio, una bomba mecánica no pueda succionar agua hasta una altura superior a 10.3 m. ¿Qué es lo que impide que se rompa la columna de agua en un árbol? ¿En qué condiciones se puede romper la columna de agua y, si se rompe, cómo se restablece?

Suponiendo que hablamos de plantas vasculares, el movimiento del agua hasta la parte superior de un árbol de 100 m de altura es en masa, y se debe tener en cuenta el potencial gravitacional ya que hay una diferencia de altura que no es posible despreciarla. El transporte de agua en el xilema se explica con la Teoría de Tensión-Cohesión.

En teoría, los gradientes de presión necesarios para mover agua a través del xilema podrían resultar de la generación de presiones positivas en la base de la planta o presiones negativas en la cima de la planta. Algunas raíces pueden desarrollar presiones hidrostáticas positivas en su xilema (la presión radical). Sin embargo, la presión radical es típicamente muy baja y desaparece cuando la tasa de transpiración es alta, así que es claramente inadecuada para el movimiento de agua hasta la cima de un árbol de gran altura.

En cambio, el agua en la parte superior de un árbol desarrolla una gran tensión (una presión hidrostática negativa) y es esta tensión la que empuja el agua a través del xilema. Este mecanismo se denomina la Teoría de Tensión-Cohesión del ascenso de la savia porque requiere las propiedades cohesivas del agua para sostener las grandes tensiones en las columnas de agua del xilema. Las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua ha sido determinada mediante varios procedimientos y está en el rango de 10 a 30 MPa, lo que es suficiente para mantener una columna líquida de 100 metros y más, sin que se rompa, aguantando las grandes tensiones que se desarrollan en el tallo, halando la columna líquida que se mueve a través del xilema.

Las tensiones en el xilema podrían demostrarse fácilmente perforando un xilema intacto sumergido en una gota de tinta en la superficie del tallo de una planta transpirante. Cuando se alivia la tensión en el xilema, la tinta es atraída instantáneamente hacia el mismo, resultando en tiras visibles a través del tallo.

Problema 4

Un método muy sencillo para medir el potencial hídrico de un tejido vegetal es el gravimétrico. El mismo consiste en tomar un trozo de un tejido (por ejemplo, un trocito de un fruto, de raíz, etc.), cortarlo en secciones pequeñas de tamaño similar y pesarlas en una balanza analítica (mi). Luego, cada trocito es sumergido en un tubo con una solución de sacarosa de concentración creciente durante 1,5 h. Finalmente,

cada trocito es extraído, se escurre el líquido en exceso y es vuelto a pesar (mf). En este caso, el material vegetal de interés fue tubérculo de *Solanum tuberosum* (papa), y los resultados obtenidos son los que se registran en la Tabla 1:

Tabla 1. Resultados de la determinación gravimétrica del potencial hídrico en papa.

Nº tubo	Sacarosa (molal)	m _i	m _f
1	0	0,6123	0,6583
2	0,05	0,5560	0,6040
3	0,10	0,6347	0,6681
4	0,15	0,5525	0,5738
5	0,25	0,5708	0,5867
6	0,30	0,5756	0,5692
7	0,35	0,5805	0,5503
8	0,40	0,5439	0,5049
9	0,50	0,6182	0,5464
10	0,65	0,6140	0,5054
11	0,75	0,5511	0,4291
12	1,00	0,5346	0,3892

a) ¿En qué se fundamenta el método gravimétrico?

El fundamento de este método es el potencial hídrico de un tejido el cual si la solución es muy concentrada, el agua irá desde la célula hacia la solución externa, y si es diluida, irá desde esa solución hacia la célula (hinchándose).

b) ¿Qué ecuación emplearía para determinar el potencial hídrico?

Para determinar el potencial hídrico teniendo como datos las masas iniciales y finales sería hacer un %Δm, luego se grafica la curva de calibración concentración vs %Δm para luego calcular la ecuación a la recta, reemplazar el %Δm =0 y calcular el valor de la concentración molal.

Para luego:

$$\Psi_s = -i \cdot R \cdot T \cdot C_s \rightarrow \Psi_e = -i \cdot R \cdot T \cdot C_e$$

$$\Psi_i = \Psi_s + \Psi_p \text{ ya que } \Psi_m = 0, \Psi_g = 0 \text{ y } \Psi_{HR} = 0$$

c) ¿Cómo obtendría el potencial hídrico de la papa y cuál sería en este caso?

R=0,00831 kg.MPa/mol.K. Considere que el ensayo se realizó a 25°C.

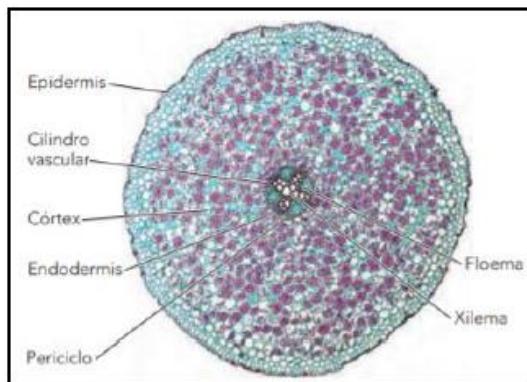
Problema 5

El aporte de nitrógeno (un macronutriente) para los cultivos de importancia económica es un tema de preocupación constante en el mejoramiento sustentable de cereales y otros cultivos. La capacidad de absorción del amonio en raíces, ha sido estudiada con el fin de mejorarla. Se sabe que se realiza mediante transportadores específicos (AMT-type ammonium transporters, The Plant Cell, 2636–2652, Yuan L. et al. 2007) que se

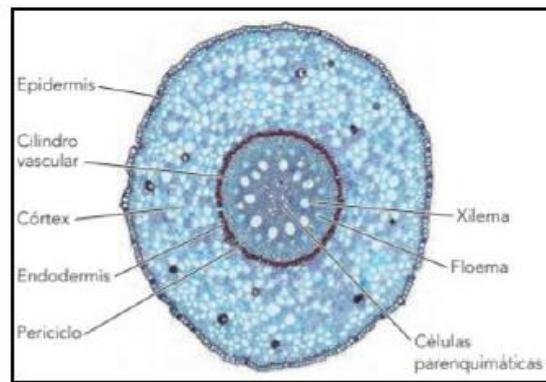
localizan en las membranas de ciertas células radiculares, y que la distribución de los AMT en los distintos tipos celulares de la raíz es un factor muy importante para la absorción y por ende, un tema de continua investigación.

Para comprender estos procesos y discutir estas estrategias usted debe conocer, y responder, a los siguientes interrogantes:

- Realice un esquema de un corte transversal de una raíz de mono y dicotiledónea, indicando los tipos de tejidos que la constituyen. Señale las diferencias más importantes entre estas angiospermas.



A Dicotiledonea

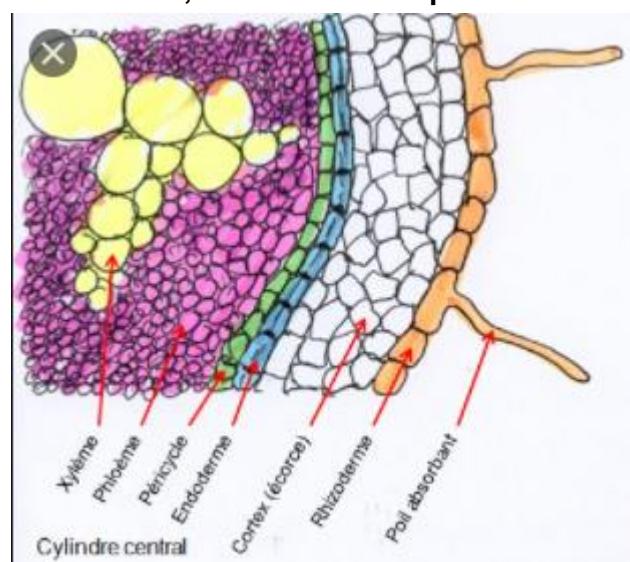


B Monocotiledonea

La diferencia que se puede observar es la disposición de los haces vasculares los cuales en la monocotiledónea se encuentran distribuidos de forma homogénea por el parénquima mientras que en las dicotiledóneas forman como una especie de anillo.

Otra diferencia notable es que las raíces de las plantas monocotiledóneas no tienen crecimiento secundario, en cambio, las raíces de las plantas dicotiledóneas lo tienen.

- Los diferentes tipos celulares de la zona pilífera de la raíz (zona de crecimiento de pelos radiculares) cumplen una función distinta. En un corte transversal de esa zona de una dicot, señálelos e indique brevemente la función de cada uno de ellos



3) Si se realizaran estudios de localización subcelular con AMT marcados mediante fusión a GFP (AMT-GFP) y mediante microscopía confocal, ¿Dónde espera encontrar los AMT-GFP? ¿En la epidermis o en la endodermis? ¿En el citoplasma? ¿En membrana plasmática de esas células? Explique por qué.

El pelo radicular es una extensión citoplasmática de la epidermis.

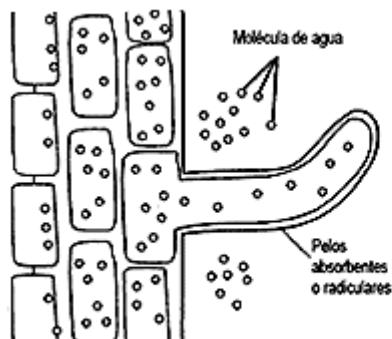
El nutriente entrará por vía apoplástica hasta llegar a la endodermis y entonces no podrán seguir por esta vía ya que se encuentra la banda de Caspary la cual contiene lignina (sustancia hidrofóbica) que lo hace impermeable al agua. Por lo que podrá entrar de manera simplástica y así regular el pasaje de agua y nutrientes.

Por lo tanto, los AMT-GFP los esperaría encontrar en la endodermis

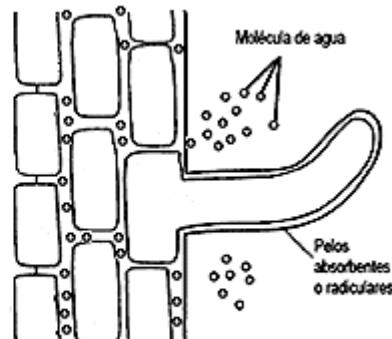
4) Los investigadores se preguntaban si en la raíz el amonio llegaba al xilema por vía apoplástica o por vía simplástica.

a) Explique a qué se le llama vía apoplástica y vía simplástica.

Son vías de transporte desde la raíz hacia el xilema de agua y nutrientes.



Vía Simplástica



Vía Apoplástica

- Vía apoplástica: Pasaje extracelular
- Vía simplástica: Pasaje intracelular

- En la vía apoplástica, el agua se mueve exclusivamente a través de las paredes sin atravesar ninguna membrana hasta llegar a la endodermis. Luego su paso se ve impedido por las bandas de Caspary, por lo

que tiene que atravesar la membrana a fin de llegar al xilema.

- En la vía transmembrana, el agua entra por un lado de la célula y sale por el otro sucesivamente,

atravesando por lo menos dos membranas por célula (puede estar implicado el tonoplasto).

- En la vía simplástica el agua viaja a través de los plasmodesmos.

La banda de Caspary actúa como barrera hidrofóbica impidiendo que el agua y otros compuestos entren

por la vía apoplástica, por lo que se ven obligados a pasar a través de la membrana, de este modo la

célula puede reconocer las sustancias que ingresan. Además impide la pérdida de agua por esta misma vía.

b) Los resultados de esas investigaciones, indican que la absorción del amonio es dependiente de los AMT. De acuerdo a eso, diga cuál es la vía (apo o simplástica) que tomaría el amonio para entrar al xilema radicular.

Estos transportadores AMT se localizan en las membranas de ciertas células radiculares por lo que la vía por la cual tomaría el amonio para entrar al xilema radicular sería por vía apoplástica.

c) La banda de Caspary, ¿jugaría algún papel en este transporte? Justifique.

El agua y los nutrientes entrarán por los pelos radiculares hasta la endodermis mediante un transporte apoplástico (en masa).

En la endodermis se encuentra la banda de Caspary la cual tiene depósitos de lignina y esta es una sustancia hidrofóbica por lo que debería dejar de pasar de manera apoplasto y pasar vía simplástico (y ser regulado).

5) ¿Cree usted que un aumento del número de estomas (o de la apertura de los mismos) mejoraría la absorción de amonio? ¿Cuál es la función de los estomas? Explique sus razonamientos.

Los estomas regulan el intercambio gaseoso y la transpiración.

La apertura de estos, implica que hay un aumento en la tasa de transpiración y se podría pensar que como consecuencia absorberá agua y nutrientes del suelo por los pelos radiculares.

Por lo que aumentar el número de estomas o la apertura de estos podría ser una forma de mejorar la absorción del amonio, suponiendo que el suelo contiene una importante cantidad de este nutriente.

La transpiración en la planta es necesaria pero la mayor o menor apertura de los estomas está regulada de acuerdo a las necesidades de la planta en ese momento.

Problema 6

Un/a amiga/o le ha regalado una planta muy especial, ya que la ha obtenido mediante cultivo in vitro en su flamante empresa biotecnológica. Su amigo/a le trajo la planta en una maceta que está envuelta en una bolsa plástica, una condición que mantiene la planta a una humedad ambiente alta, 100%, similar a la condición de cultivo in vitro. Es recomendable que permanezca en esta condición durante unos días, y luego, para aclimatarla a las condiciones ambientales (aprox. 60% humedad relativa, HR), se deje ingresar aire día a día, hasta retirar completamente la bolsa plástica.

A. Explique brevemente cómo espera que sean los potenciales hídricos de esta planta en la raíz, xilema, hoja y atmósfera, en términos relativos (positivos/negativos, mayores/menores) cuando la planta se encuentra en la bolsa plástica.

Cuando la bolsa se encuentra en la bolsa plástica, se tiene un 100%HR por lo que tendrá una tasa de transpiración alta.

$$Pot (HR) = R*T/v * \ln(HR/100)$$

Como el agua va a salir por transpiración el potencial del xilema debería ser mayor al de la atmósfera. El agua se mueve gracias a un gradiente de potencial hídrico, por lo que esperaría que:

$$\begin{array}{ll} (\text{menos negativo}) & (\text{más negativo}) \\ \Psi_w (\text{suelo}) > \Psi_w (\text{raíz}) > \Psi_w (\text{xilema}) > \Psi_w (\text{hoja}) > \Psi_w (\text{atm}) \end{array}$$

B. Si después de varios días usted retira la bolsa plástica (60% HR), ¿qué espera que suceda con los potenciales agua en los mismos tejidos? Explique en forma relativa a las propuestas en el inciso anterior.

Al disminuir la humedad relativa, también estaría disminuyendo la tasa de transpiración, se modificarían en número los potenciales pero seguiría esperando lo mismo de forma relativa.

C. ¿Cómo realizó los cálculos de potenciales hídricos en el TP? ¿Podría aplicarlo al caso de la planta que le regaló su amiga/o, en ambas condiciones de humedad ambiente?

Problema 7

Usted realizó los cálculos de los potenciales hídricos en el TP.

A. Explique a qué se llama potencial hídrico.

El potencial hídrico es una medida de la fuerza impulsora que va a hacer que el agua se mueva en la planta. Es el potencial químico del agua y con este dato se tiene una idea de la espontaneidad del fenómeno.

B. ¿Cuáles pueden ser los potenciales que aportan o restan al potencial hídrico de un tejido en particular? Explique el origen de cada uno.

Hay 2 factores que contribuyen al potencial agua:

→ *Potencial osmótico o de soluto: El cual es el efecto de los solutos sobre el potencial hídrico, al diluir la concentración disminuyen su energía libre y por lo tanto este potencial contribuirá de manera negativa al potencial agua.*

→ *Potencial pared: Representa el efecto de la fuerza que hace la pared sobre el agua en respuesta a la turgencia. Este potencial puede sumarse al potencial hídrico ya que si se toma como referencia la atmósfera es positivo (cuando hay turgencia) o nulo cuando no*

→ *Gravitacional: Es la presión que ejerce la gravedad hacia abajo, es despreciable cuando la diferencia de altura es pequeña.*

C. ¿Cómo varía el potencial hídrico? Explique en qué condiciones un potencial (elija uno en particular) es mayor o menor, indique su signo (positivo o negativo).

El potencial hídrico puede ser positivo cuando entra el agua a la raíz o negativo cuando el agua se elimina por evaporación en las hojas (transpiración).

D. ¿Cómo haría para definir cualitativamente si las células de un tejido vegetal están en estado flácido, plasmolizadas o turgentes?

Pondría a la célula vegetal en una solución con distintas concentraciones y vería la turgencia de estas para luego determinar el estado hídrico de ésta.

Si la concentración salina es mayor a la que se encuentra en la célula, el agua tenderá a salir de esta y este estado se denomina plasmólisis.

Problema 8

Un fragmento de tejido vegetal se dejó equilibrar en agua destilada. Una vez que se hubo conseguido el equilibrio, se tomó un pequeño trozo del tejido y se determinó que

su jugo vacuolar presentaba una concentración de 0,4836 m (molal). Posteriormente, el mismo tejido se sumergió y se dejó equilibrar en dos soluciones de manitol (el manitol es un soluto sin carga que no puede permear a través de membranas) con potenciales osmóticos de -0,8 y -1,2 MPa. Se observó entonces que el volumen celular disminuyó del 100% (cuando estaba en agua destilada) al 95 y 90%, respectivamente. Complete la siguiente tabla con los valores de potencial hídrico, osmótico y de presión (en unidades MPa) en las tres situaciones. Los medios estaban a una temperatura de 25 °C. El componente matricial se puede considerar despreciable. ($R = 0,00831 \text{ kg.MPa/mol.K}$)

	Pot. Hídrico (Ψ_a)	P. Osmótico (Ψ_s)	P. Presión (Ψ_p)	Volumen, %
En agua destilada				100
En manitol - 0,8 MPa				95
En manitol - 1,2 MPa				90

$$\rightarrow SC \text{ agua destilada } C1 = 0.4836M$$

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

Los valores de Ψ_s y Ψ_p varían de manera tal que se iguale al Ψ_s externo= 0 por lo que tendrán el mismo valor con signo opuesto

$$\Psi_s = -0.00831 \text{ kg.MPa/mol}^{\circ}\text{K} * 298\text{K} * 1 * 0.4836M = -1.19758 \text{ MPa}$$

Por lo que $\Psi_p = 1.197$

El Ψ_s de la sc =

$$\rightarrow SC \text{ manitol } C2 = -0.8 \text{ MPa (volumen 95%)}$$

$$\Psi_s = -0.8 \text{ MPa} = \Psi_s \text{ ext}$$

$$\rightarrow SC \text{ manitol } C3 = -1.2 \text{ MPa (volumen 90%)}$$

Problema 9

a) Describa la trayectoria seguida por el agua desde el suelo, a través de la planta y hasta la atmósfera. **¿Dónde se encuentran las resistencias al movimiento del agua más importantes en este camino?**

En el movimiento del agua desde el suelo a través de la planta hasta la atmósfera participan diferentes mecanismos de transporte.

1. El agua se mueve en el suelo y en el xilema mediante flujo de masas en respuesta al gradiente de presión.
2. En la fase gaseosa el agua se mueve primeramente por difusión, hasta que alcanza el aire externo.
3. Cuando el agua se transporta a través de la membrana, la fuerza impulsora es la diferencia de potencial hídrico a través de la membrana. El flujo osmótico ocurre cuando las células absorben agua y cuando las raíces transportan agua desde el suelo hasta el xilema.

El transporte desde el suelo por la raíz pasa por 3 puntos importantes: absorción de agua por los pelos radiculares, a través del xilema al resto de los tejidos y hacia la atmósfera por los estomas.

Las propiedades del agua (tensión y cohesión) van a explicar cómo el agua sube pero cómo el agua se mueve por el xilema es explicado por la transpiración.

El movimiento del agua por el xilema está impulsado por la evaporación.

b) ¿Cuál es la fuerza motriz para el movimiento del agua desde el suelo hasta la parte superior de un árbol y hacia la atmósfera?

La fuerza motriz para el movimiento del agua desde el suelo hasta la parte superior de un árbol y hacia la atmósfera es un gradiente de potencial hídrico.

c) Describir el modelo flujo-presión de translocación en el floema. En este modelo ¿el agua se mueve hacia abajo del gradiente de potencial de agua?

El modelo de flujo a presión explica el transporte en el floema como el flujo de una solución que se debe a un gradiente de presión osmótica entre fuente y sumidero.

En las fuentes, la energía es necesaria para mover productos fotosintéticos desde las células productoras a los elementos cribosos. Este movimiento se llama carga del floema.

En los sumideros, la energía es esencial para mover los contenidos del tubo criboso a las células sumidero, que almacenan o metabolizan los azúcares. Esto se llama descarga del floema.

El agua no tiene una dirección definida como en el xilema que es unidireccional sino que será dependiendo de las necesidades metabólicas que tenga la planta.

El modelo de flujo a presión dice que el flujo de solución en los elementos cribosos se debe a un gradiente de presión osmótica entre fuente y sumidero ($\Delta\text{?}p$). El gradiente de presión se establece como consecuencia de la carga del floema en la fuente y la descarga del floema en el sumidero (fenómenos de ósmosis), dado que $\text{?}p = \text{?}w - \text{?}s$.

En los tejidos fuente, la carga genera una acumulación de azúcares en los tubos cribosos, produciendo un potencial de solutos bajo (negativo) ($\Delta\text{?}s$) y causando una baja en el potencial del agua. ($\Delta\text{?}w$). En respuesta al gradiente de potencial del agua, ésta entra al tubo criboso y aumenta la presión de turgencia.

En la otra punta del floema, la descarga baja la concentración de azúcares en los elementos cribosos generando un potencial de solutos alto (positivo) en los tejidos sumidero. A medida que el potencial hídrico del floema se eleva por sobre el del xilema, el agua tiende a dejar el floema en respuesta y causa una baja en la presión de turgencia de los tubos cribosos en las células sumidero.

La presencia de los platos cribosos incrementa en gran medida la resistencia a través del tubo y resulta en el mantenimiento de un gradiente de presión sustancial en los elementos cribosos que se encuentran entre fuente y sumidero. Los contenidos son físicamente empujados a lo largo del conducto como un caudal grueso.

d) Una molécula de sacarosa se sintetiza en el estroma del cloroplasto de una célula del mesófilo. Describa la trayectoria que seguiría la molécula de sacarosa si su destino final fuera un meristema.

El proceso se denomina carga del floema.

1. Las triosas fosfato formadas en la fotosíntesis durante el día se transportan del cloroplasto al citosol donde se convierten en sacarosa. Durante la noche, el carbono del almidón

almacenado sale del cloroplasto probablemente en forma de glucosa y se convierte en sacarosa.

2. La sacarosa se mueve de las células del mesófilo a la proximidad de los elementos cribosos por las venas más pequeñas de la hoja. Este camino de transporte a corta distancia usualmente ocupa dos o tres diámetros celulares.

3. En la carga del tubo criboso, los azúcares se transportan al interior del mismo y de las células de compañía. En la mayoría de las plantas, los azúcares se encuentran más concentrados en los elementos cribosos que en las células del mesófilo. A veces se denomina a los elementos cribosos y las células de compañía como un complejo. Una vez dentro, la sacarosa y otros solutos se traslocan lejos de la fuente, en un proceso conocido como exportación. El transporte a través del sistema vascular hasta el sumidero se dice transporte de larga distancia.

Los azúcares pueden moverse completamente a través del plasmodesmo por los plasmodesmos (carga simplástica) o pueden entrar al apoplasto en algún momento de la ruta del floema (carga apoplástica).

Problema 10

Usted sabe que muchos complejos ribonucleoproteicos (RNP) viajan a través de venas principales y secundarias de las hojas pasando por los plasmodesmos.

a) Explique brevemente, pero con detalle, el recorrido que siguen esos complejos RNP desde el mesófilo de una hoja madura inferior, al mesófilo de una hoja joven inmediatamente superior que se encuentra en pleno desarrollo.

El transporte hacia los órganos sumidero, tales como las raíces en desarrollo, los tubérculos o estructuras reproductivas se denomina importe e involucra los siguientes pasos:

1. Descarga de los elementos cribosos. Es el proceso por el cual los azúcares importados dejan los tubos cribosos de los tejidos sumidero.

2. Transporte a corta distancia. Luego de la descarga de elementos cribosos, los azúcares son transportados a las células en el sumidero por un camino de transporte a corta distancia que también se denomina transporte post--elementos cribosos.

3. Almacenamiento y metabolismo. En el paso final, los azúcares son almacenados o metabolizados en las células sumidero.

b) Indique los tipos de células que va atravesando, e indique en cada caso si se trata de un tejido fuente a sumidero. Defina tejido fuente y sumidero.

Tenemos las células que sintetizarán ciertos azúcares, luego pasan a las acompañantes y por último al tubo cribado.

Como consecuencia de esto, tendremos un aumento en la concentración de soluto

→ Un tejido es fuente cuando sintetiza azúcares, aminoácidos, etc. Son hojas maduras.

→ Un tejido es sumidero cuando necesita estos compuestos en grandes cantidades, generalmente hojas jóvenes, tejido en crecimiento, flor, frutos, semillas.

c) ¿Qué vía estarían tomando esos complejos?

→ Para pasar al complejo del tubo criboso + células acompañantes, los fotoasimilados pueden pasar directamente por el espacio simplástico, es decir, pasando por los

plasmodesmas a medida que se van sintetizando hacia la luz de los tubos cribados. Es decir, va a estar regulado de acuerdo a las necesidades, la diferencias de presión osmótica y entonces la dirección será dependiente a las diferencias osmóticas.

→ Por otro lado, pueden ir mediante vía apoplástica la cual se podría dar en el caso que la concentración de azúcares en el tubo cribado pueda ser mayor que las células que lo están sintetizando ya que hay un aislamiento entre estas células y la manera en que se transporta es activa, dando una diferencia de concentración.

Ambas vías se pueden dar al mismo tiempo.

d) Suponga que ese complejo RNP es un virus que ha logrado infectar una célula epidérmica de la raíz, en la zona pilífera, y que sólo puede transportarse por vía simplástica. Explique con fundamentos, si ese virus podría invadir el resto de los órganos de la planta.

Dependiendo del estadio y desarrollo de las hojas.

Como puede transportarse a través de la vía simplástica, podría distribuirse hasta el floema y de este podría invadir el resto de los tejidos de la planta.

Se podría ver cómo el contenido floemático irá desde una hoja más vieja (fuente) a: una hoja más nueva, a un meristema o a la raíz (sumidero).

Problema 11

La adelfa o laurel rosa (nombre científico: *Nerium oleander*, figura 1) es un arbusto originario del Mediterráneo, muy empleado como planta ornamental en jardines y espacios públicos. Es una planta xerófita (es decir, adaptada a climas secos). Cuando se realiza un corte transversal de la hoja y se observa al microscopio, se observan las imágenes de las figuras b, c y d.



Figura a. *Nerium oleander*

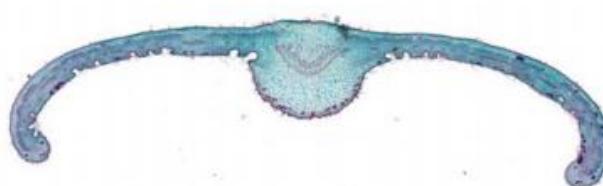


Figura b

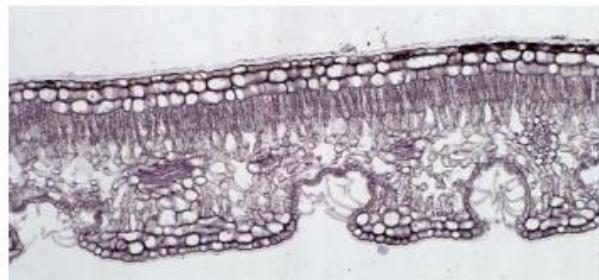


Figura c

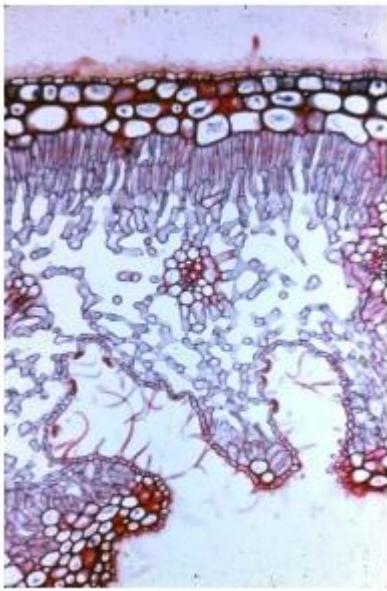


Figura d

a) Explique cómo realizaría el corte transversal de la hoja de *Nerium oleander*.

Primero definiría en qué zona de la hoja quisiera realizar el corte, si más cerca de la vena central o alejada, y el corte se hace de forma perpendicular a la posición de la hoja.

b) Indique en la Fig. 2b y 2c los tejidos que pueda identificar. ¿Se trata de una mono o dicotiledónea? ¿Por qué?

Se pueden identificar dentro de los haces vasculares al xilema y floema.

La figura b se trata de una dicotiledónea. Porque hay una distribución desigual de los estomas en las caras adaxial y abaxial.

c) Señale los estomas en las figuras 2c y 2d ¿Son como los observó previamente? ¿Por qué?

No, ya que en ambos cortes de las hojas, los estomas se encuentran abiertos.