

SESIÓN 7 Nutrición y transporte en plantas.

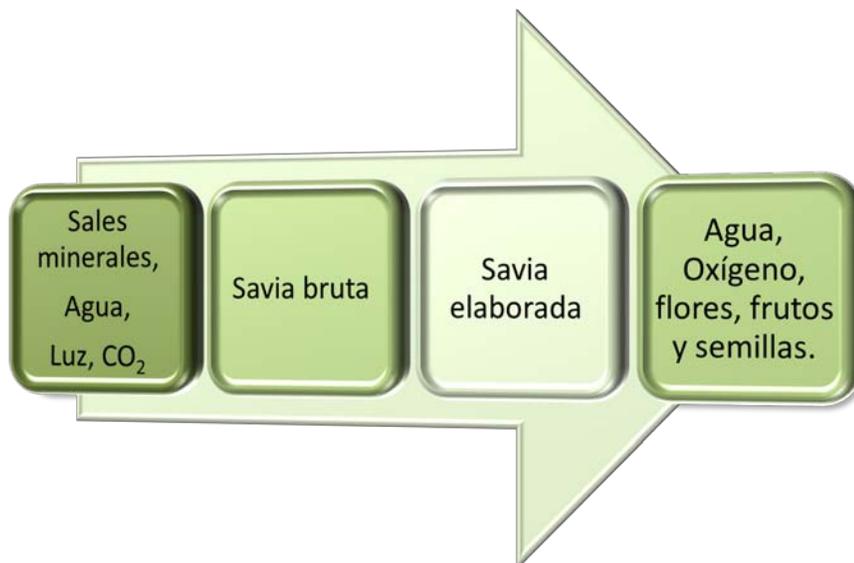
OBJETIVO

Describirá los procesos de nutrición y transporte de las plantas a partir del análisis estructural y funcional de los vegetales.

INTRODUCCIÓN

Todos los seres vivos llevan a cabo la función de nutrición, pero las plantas son unos seres vivos muy especiales porque son capaces de elaborar su propio alimento.

MAPA CONCEPTUAL



DESARROLLO

Nutrición y transporte en plantas.

La **nutrición vegetal** es el conjunto de procesos que permiten a los [vegetales](#) absorber en el [medio ambiente](#) y asimilar los [elementos nutritivos](#) necesarios para sus distintas funciones [fisiológicas](#): [crecimiento](#), [desarrollo](#), [reproducción](#)...

El principal elemento nutritivo que interviene en la nutrición vegetal es el [carbono](#), extraído del [gas carbónico](#) del [aire](#) por las plantas [autótrofas](#) gracias al proceso de la [fotosíntesis](#). Las plantas no [clorofílicas](#), llamadas [heterótrofas](#) dependen de los organismos autótrofos para su nutrición carbonosa.

La nutrición recurre a procesos de absorción de [gas](#) y de [soluciones minerales](#) ya directamente en el agua para los vegetales inferiores y las [plantas acuáticas](#), ya en el caso de los vegetales vasculares en la *solución nutritiva* del [suelo](#) por las [raíces](#) o en el aire por las [hojas](#).

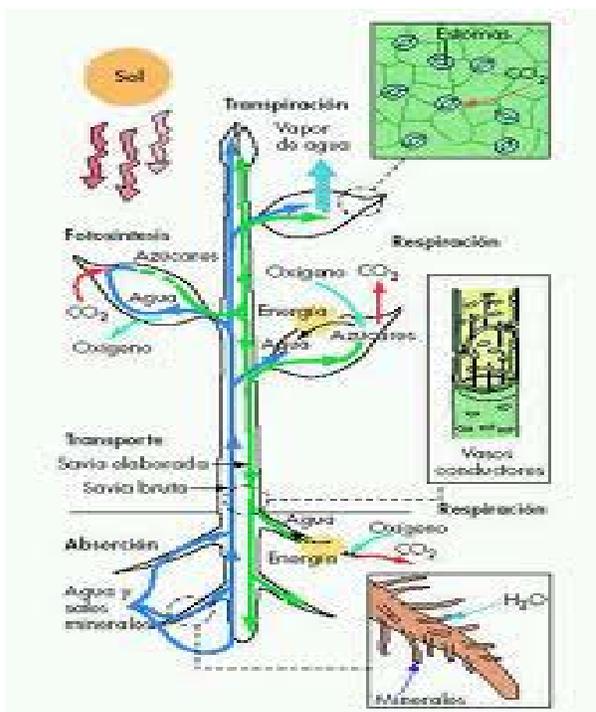
Las raíces, el tronco y las hojas son los órganos de nutrición de los vegetales vascularizados: constituyen el *aparato vegetativo*. Por los pelos absorbentes de sus raíces (las raicillas), la planta absorbe la solución del suelo, es decir el agua y las [sales minerales](#), que constituyen la [savia bruta](#) (ocurre que las raíces se asocian a [hongos](#) para absorber mejor la solución del suelo, se habla entonces de [micorriza](#)).

Por las hojas, allí donde se efectúa la [fotosíntesis](#), la planta recibe [aminoácidos](#) y [azúcares](#) que constituyen la [savia elaborada](#). Bajo las hojas, los [estomas](#) permiten la evaporación de una parte del [agua](#) absorbida (oxígeno: O₂) y la absorción de [dióxido de carbono](#) (CO₂).

Por el [tallo](#), circulan los dos tipos de savia: la savia bruta por el [xilema](#) y la savia elaborada por el [floema](#).

La nutrición de las plantas comprende las siguientes etapas:

- Incorporación de nutrientes: agua ,sales minerales y dióxido de carbono. Fotosíntesis: por acción de la luz, la materia inorgánica se transforma en materia orgánica y se desprende oxígeno.
- Utilización de la materia orgánica: la planta utiliza la materia orgánica fabricada para crecer, pero también para obtener energía que la planta necesita para seguir viviendo mediante un proceso llamado respiración.
- La respiración es un proceso que consiste en una lenta combustión de la materia orgánica (azúcares). A la vez que la planta obtiene energía, también se desprenden dióxido de carbono y agua.
- Eliminación de las sustancias de desecho: en la nutrición se producen sustancias que han de ser eliminadas.



Los elementos nutritivos indispensables para la vida de una planta se subdivide en dos categorías los macronutrientes y los micronutrientes.

Los **macronutrientes** se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0.1% de la materia seca. Entre ellos se encuentran los principales elementos nutritivos necesarios para la nutrición de las plantas, que son el [carbono](#), el [hidrógeno](#), el [oxígeno](#) y el [nitrógeno](#). Estos cuatro elementos que constituyen la [materia orgánica](#) representan más de un 90% por término medio de la [materia seca](#) del vegetal. Al cual se añaden los elementos utilizados como [abono](#) y [enmiendas](#) que son: el [potasio](#), el [calcio](#), el [magnesio](#), el [fósforo](#), así como el [azufre](#). Los tres primeros macronutrientes se encuentran en el aire y en el agua. El nitrógeno, aunque representando un 78% del aire atmosférico, no puede ser utilizado directamente por las plantas que no pueden, a excepción de algunas [bacterias](#) y [algas](#), asimilarlo más que bajo forma mineral, principalmente bajo la forma de [ión nitrato](#) (NO₃). Eso explica la importancia de la "nutrición añadida de nitrógeno" en la nutrición vegetal y su adición como [abono](#) por los productores.

Macronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg.	Funciones
Hidrógeno	H	H ₂ O	60000	El hidrógeno es necesario para la construcción de los azúcares y por lo tanto para el crecimiento. Procede del aire y del agua.
Carbono	C	CO ₂	450000	El carbono es el constituyente principal de las plantas. Se encuentra en el esqueleto de numerosas biomoléculas como el almidón o la celulosa. Se fija gracias a la fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono procedente del aire, para formar hidratos de carbono que sirven como almacenamiento de energía a la planta
Oxígeno	O	O ₂ , H ₂ O, CO ₂	450000	El oxígeno es necesario para la respiración celular, los mecanismos de producción de energía de las células. Se encuentra en numerosos otros componentes celulares. Procede del aire.
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	15000	El nitrógeno es el componente de los aminoácidos , de los ácidos nucleicos , de los nucleótidos , de la clorofila , y de las coenzimas.
Potasio	K	K ⁺	10000	El potasio se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico , así como en la apertura y el cierre de los estomas ; activa también de numerosas enzimas
Calcio	Ca	Ca ²⁺	5000	El calcio es un componente de la pared celular ; cofactor de enzimas ; interviene en la permeabilidad de las membranas celulares ; componiendo la calmodulina , regulador de actividades enzimáticas y también de las membranas.
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	2000	El magnesio es un componente de clorofila ; activador de numerosas enzimas .
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻	2000	Se encuentra el fósforo en los compuestos fosfatados que

		HPO_4^{2-}		transportan energía (ATP , ADP), los ácidos nucleicos varias coenzimas y los fosfolípidos .
Azufre	S	SO_4^{2-}	1000	El azufre forma parte de algunos aminoácidos (cisteína, metionina), así como de la coenzima A

Los **micronutrientes** llamados también [oligoelementos](#) no sobrepasan el 0.01% de la materia seca. Son el [cloro](#), el [hierro](#), el [boro](#), el [manganeso](#), el [zinc](#), el [cobre](#), el [níquel](#), el [molibdeno](#), etc. El déficit de alguno de estos elementos puede determinar enfermedades de [carencia](#).

Micronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	Funciones
Cloro	Cl	Cl^-	100	El cloro se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico ; probablemente indispensable para las reacciones fotosintéticas que producen el oxígeno .
Hierro	Fe	Fe^{3+} , Fe^{2+}	100	El hierro es necesario para la síntesis de la clorofila ; componente de los citocromos y de la nitrogenasa
Boro	B	H_3BO_3	20	El boro interviene en la utilización del Calcio, la síntesis de los ácidos nucleicos y la integridad de las membranas.
Manganeso	Mn	Mn^{2+}	50	El manganeso es activador de algunas enzimas; necesario para la integridad de la membrana cloroplástica y para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis
Zinc	Zn	Zn^{2+}	20	El zinc es el activador o componente de numerosos enzimas.
Cobre	Cu	Cu^+ , Cu^{2+}	6	El cobre es el activador o componente de algunas enzimas que se producen en las oxidaciones y las reducciones .
Níquel	Ni	Ni^{2+}	-	El níquel forma la parte esencial de una enzima que funciona en el metabolismo
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	0,1	El molibdeno es necesario para la fijación del nitrógeno y en la reducción de los nitrato

Estructuras vegetales:

-Hoja, Tallo, Raíz

Estructura y reproducción de las plantas

Los ciclos de vida de las plantas

Las plantas modernas se clasifican en anuales, bienales y perennes. El ciclo de vida de las plantas anuales se completa en una sola estación de crecimiento. Cuando termina la estación, los órganos vegetativos mueren y las semillas son el

único nexo entre una generación y la siguiente. En las plantas bienales, el ciclo de vida incluye dos estaciones de crecimiento. En la primera estación se forma una roseta de hojas cerca del suelo y de la [raíz](#); en la segunda se movilizan las reservas almacenadas, la planta florece y completa el ciclo con la formación de frutos o semillas. Finalmente, la planta muere y las semillas dan lugar a la nueva generación. En las plantas perennes, la estructura vegetativa persiste año tras año. En las especies de este grupo, es frecuente observar el envejecimiento y la muerte de las hojas a lo largo del año. Las plantas caducas pierden las hojas durante el otoño.

Las estructuras reproductoras:

La [semilla](#) está formada por el [embrión](#), el [endosperma](#) y la cubierta. El ovario maduro se transforma en fruto; los pétalos, los estambres y otras partes de la flor por lo general caen. Según la disposición de los carpelos en la flor, los frutos pueden ser simples, agregados o múltiples. Los frutos simples pueden ser blandos y carnosos o secos.

La primera división del [cigoto](#) produce dos células. La célula inferior da origen a una estructura de sostén (suspensor) que interviene en el envío de nutrientes al embrión. La célula superior origina el embrión verdadero.

Al comienzo del crecimiento embrionario, todas las células se dividen. Luego, sólo los meristemas lo siguen haciendo en forma indefinida. Existen dos tipos de meristemas: los que originan el cuerpo primario de la planta (apicales) y los que la engruesan (laterales).

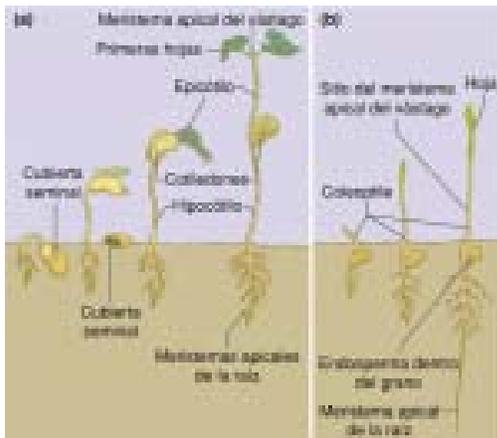
Los meristemas apicales se localizan cerca del ápice de la raíz y del [vástago](#). Originan los meristemas primarios que darán los tejidos primarios de la planta adulta: la [protodermis](#) origina el [tejido dérmico](#), que produce una cubierta externa protectora de la planta; el [procambium](#) origina el [tejido vascular](#) (compuesto por el [xilema](#) y el [floema](#)) y el [meristema fundamental](#) origina el [tejido](#) fundamental,

donde ocurren las principales funciones metabólicas. La mayor parte de las células de la planta son de tipo parenquimático.

El crecimiento de las plantas

Cuando la semilla germina, se rompe la cubierta y surge el [esporofito](#) joven que, al principio, depende de las reservas acumuladas en la semilla. El crecimiento primario de la planta implica la [diferenciación](#) de los tres sistemas de tejido, el alargamiento de las raíces y los tallos y la formación de las raíces laterales y de las ramas.

Desarrollo de plántulas monocotiledóneas y dicotiledóneas

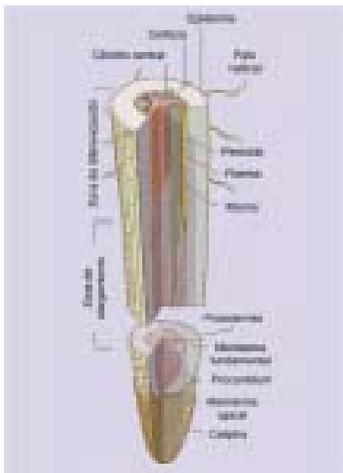


(a) Una plántula de frijol o poroto ([especie](#) de *Phaseolus*), una [dicotiledónea](#). Antes de la germinación, la semilla absorbe agua, se hincha y rompe la cubierta seminal. Primero emerge la raíz joven, seguida del hipocótilo (que significa “debajo de los cotiledones”). Los cotiledones finalmente se marchitan y caen. Luego emerge el epicótilo que se encuentra entre el [cotiledón](#) y el haz de hojas. (b) Una plántula de maíz, una [monocotiledónea](#). La primera estructura que aparece por encima del suelo es el [coleoptilo](#), que forma una vaina cilíndrica sobre el vástago en crecimiento de la planta. Típicamente, el resto de endosperma, con el escudete (el cotiledón único) en su interior, está presente en la joven plántula.

Estructuras que fijan y absorben: la raíz

Las raíces fijan la planta al suelo e incorporan agua y minerales esenciales. La raíz embrionaria ([radícula](#)) es la primera estructura que rompe la cubierta seminal. En la mayoría de las plantas, la estructura interna de la raíz está formada por los tres sistemas de tejidos dispuestos en tres capas concéntricas: la [epidermis](#), la [corteza](#) y el [cilindro central](#).

Las regiones de crecimiento de una raíz de dicotiledónea

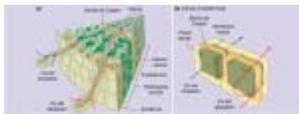


Las células nuevas se producen por división de las células del [meristema apical](#). Las células que se encuentran por encima del [meristema](#) sufren cambios característicos a medida que aumenta la distancia entre ellas y el ápice de la raíz. Primero hay una tasa máxima de división, seguida por alargamiento celular con pocas divisiones posteriores. Cuando las células se alargan, se diferencian en los tres meristemas primarios que originan los tres sistemas de tejido de la raíz. La protodermis se transforma en epidermis, el meristema fundamental, en corteza, y el procambio se transforma en el xilema y el floema primarios. Algunas de las células producidas por el meristema apical se diferencian y forman la [caliptra](#) protectora de la raíz.

La epidermis protege a los tejidos internos y cubre la totalidad de la raíz joven. Las células epidérmicas tienen extensiones tubulares finas, los pelos radicales. A través de estos pelos, la planta absorbe la mayor parte del agua y de los

minerales. La corteza, formada por células parenquimáticas, sin cloroplastos funcionales, ocupa casi todo el volumen de la raíz joven. La [endodermis](#) está formada por una sola capa de células, en cuyas paredes se deposita suberina, una sustancia impermeable que impide que el agua y los nutrientes disueltos pasen por las paredes celulares. A causa de esta barrera, los nutrientes se mueven por las células endodérmicas a través de los plasmodesmos, canales que atraviesan las paredes y conectan los citoplasmas de células contiguas. El cilindro central de la raíz consiste de xilema y floema, rodeados por una o más capas de células ([periciclo](#)), de donde surgen las ramificaciones de la raíz (raíces secundarias).

Dos vías de [absorción](#) de agua y sustancias disueltas de una raíz



(a) La mayor parte de los solutos y parte del agua que entran en la raíz siguen la vía del [simplasto](#) (la continuidad del [protoplasma](#) a través de los plasmodesmos); el agua se mueve por diferencia de gradiente del potencial químico (véase cap. 3). Otra parte del agua y algunos de los solutos entran en la raíz por la vía del [apoplasto](#), moviéndose a través de las paredes celulares y a lo largo de sus superficies. (b) Células endodérmicas. La [banda de Caspari](#) bloquea la vía del apoplasto. Tanto el agua como los solutos cruzan esta banda a través de las membranas de las células endodérmicas o de otras células situadas más externamente por la vía del simplasto (célula de la izquierda). Después de que la mayoría de los solutos han cruzado la endodermis, continúan por el simplasto y la mayor parte del agua retorna al apoplasto cubriendo la distancia que resta hasta llegar a las células del xilema. En las zonas más jóvenes de la raíz, donde aún no se ha formado la banda de Caspari, el agua y los nutrientes esenciales pueden alcanzar el xilema a través de la vía del apoplasto (célula de la derecha).

En la porción superior del meristema, las células nuevas sufren un alargamiento, que es la causa principal del crecimiento primario. Sin embargo, el crecimiento

depende en última instancia de la incorporación de nuevas células a la zona de alargamiento. A medida que se alargan, las células se diferencian en el siguiente orden: floema, xilema, endodermis y periciclo. Esta secuencia de crecimiento ocurre en la raíz primaria y se repite en las raíces de las plantas adultas. Muchas especies poseen crecimiento secundario de la raíz, en el que la zona más próxima al vástago se torna leñosa y se especializa en la fijación al [sustrato](#).

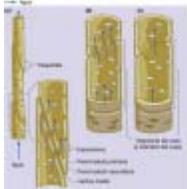
En muchas dicotiledóneas, la raíz primaria es un gran eje principal que origina raíces laterales. En las monocotiledóneas se originan varias raíces que pueden persistir toda la vida de la planta. En este grupo también se desarrollan numerosas raíces desde la base del [tallo](#), que forman un sistema de raíces fibrosas (raíces adventicias).

Sostén y transporte: el tallo

Los tallos portan las hojas y son la vía por la cual las sustancias van desde las raíces a las hojas, y viceversa. Los tallos jóvenes están cubiertos por tejido dérmico, formado por células epidérmicas; en algunas especies tienen estomas y son fotosintéticos. La masa del tejido es fundamental, formado esencialmente por células parenquimáticas y por tejidos de soporte especializados, como el [colénquima](#) y el [esclerénquima](#).

El floema y el xilema están formados por células parenquimáticas, células de conducción y fibras de sostén. Las células de conducción del floema transportan los productos de la [fotosíntesis](#) a las células no fotosintéticas. En las angiospermas, estas células son elementos del [tubo criboso](#). Este tubo es una columna vertical formada por los miembros del tubo criboso unidos por sus paredes terminales (las [placas cribosas](#)). En la madurez, los miembros vivos del tubo criboso contienen la [savia](#). Las células del xilema conducen agua y minerales desde las raíces a otras partes de la planta. En las angiospermas, las células conductoras del xilema son traqueidas y vasos. Las plantas vasculares sin semillas y la mayoría de las [gimnospermas](#) sólo tienen traqueidas.

Células de conducción del xilema en angiospermas



(a) Las traqueidas son células largas y delgadas que se superponen en sus extremos ahusados. Las superficies superpuestas contienen áreas adelgazadas o depresiones que carecen de pared secundaria, por las cuales pasa agua de una [traqueida](#) a la siguiente, atravesando dos paredes celulares primarias y la [laminilla media](#). (b) Los vasos difieren de las traqueidas en que sus paredes primarias y laminillas medias están perforadas en los extremos, donde se unen con otros vasos. Además son mucho más cortos y anchos y sus paredes terminales contienen perforaciones o faltan por completo. Así, forman un conducto continuo más eficiente que una serie de traqueidas. Puede haber numerosas perforaciones en células contiguas de miembros del [vaso](#), o (c) las paredes contiguas pueden disolverse por completo cuando las células maduran, y formar una sola abertura. Los vasos se conectan con otros vasos y también con otras células por depresiones de las paredes laterales. (d) Microfotografía que muestra el interior de un vaso en el xilema de una raíz de sostén de una planta de maíz.

En los tallos verdes, el xilema y el floema corren en cordones paralelos longitudinales (los haces vasculares). En las dicotiledóneas jóvenes, los haces vasculares forman un anillo, el cilindro [vascular](#), alrededor de una [médula](#) central. La corteza es el tejido fundamental situado por fuera de los haces. En cada haz, el xilema está hacia adentro y el floema hacia afuera.

El sistema del vástago incluye el tallo y todas las estructuras que éste origina. El desarrollo del ápice comienza con la división celular; luego se alargan las células que, finalmente, se diferencian. Las zonas de crecimiento lateral se encuentran en los meristemas axilares. Las células más externas desarrollan la epidermis; las

células subyacentes forman los tejidos fundamentales y los tejidos vasculares primarios. El meristema apical produce los tejidos que darán nuevas hojas, ramas y flores.

Las hojas se originan por división celular en áreas ubicadas a lo largo del meristema apical. En algunos casos, aparecen en pares que se oponen, en otros se forman en espiral o en círculos (verticilos) en los nudos. Al alargarse el vástago, las yemas axilares quedan aisladas por encima de los puntos de inserción de las hojas y permanecen latentes hasta que la hoja completa su crecimiento o, en las plantas perennes, hasta la siguiente estación de crecimiento. A veces, la yema terminal inhibe el desarrollo de las yemas axilares.

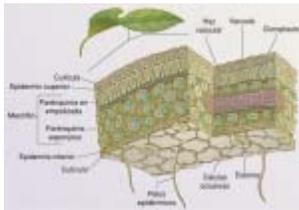
En muchas especies, las yemas axilares originan vástagos especializados, como los estolones y los rizomas, estructuras que producen raíces adventicias y originan plantas nuevas, genéticamente idénticas a la planta materna.

Las dicotiledóneas leñosas aumentan el grosor de sus troncos, tallos, ramas y raíces por crecimiento secundario. Los tejidos secundarios responsables de este aumento son producidos por los [meristemas laterales](#): el [cambium vascular](#) y el [cambium suberoso](#). El cambium vascular es una vaina delgada y cilíndrica de tejido situada entre el xilema y el floema. A partir de la corteza, se forma el cambium suberoso, que produce el corcho que reemplazará a la epidermis como cubierta de los tallos y las raíces. Cuando la planta envejece, las células del xilema del centro del tallo y la raíz mueren y sus vasos vecinos dejan de funcionar. Este xilema se llama [duramen](#) y forma el centro del tronco y las raíces principales de los árboles. Las células vivas y los vasos abiertos por debajo del cambium vascular forman la [albura](#), por la cual se mueve el agua y los minerales desde los extremos de la raíz hasta las hojas.

Estructuras fotosintéticas: las hojas

La estructura de una hoja típica resulta del compromiso entre la existencia de superficies con grandes áreas fotosintéticas expuestas a la luz, poca pérdida de agua y buen intercambio de los gases que participan en la fotosíntesis. En las plantas C_3 , las células fotosintéticas están estructuradas de dos formas: [parénquima en empalizada](#), ubicado debajo de la superficie superior y donde ocurre la mayor parte de la fotosíntesis, y [parénquima esponjoso](#), situado en el interior de la hoja. Ambos forman el [mesófilo](#), envuelto por células epidérmicas que secretan la [cutícula](#).

Estructura de una hoja típica



La fotosíntesis ocurre en las células en empalizada y, en menor grado, en el [parénquima](#) esponjoso. Los cloroplastos están indicados en verde oscuro. Nótese que el [citoplasma](#), que contiene los cloroplastos, está concentrado cerca de la superficie celular y en la parte central de las células se encuentran vacuolas grandes. Los haces vasculares llevan agua y solutos hacia las células del mesófilo y desde ellas. El interior de la hoja está contenido entre células epidérmicas cubiertas por una capa cerosa, la cutícula. La epidermis contiene aberturas, los estomas, que permiten el intercambio de gases. Las [células oclusivas](#) que rodean a los estomas también tienen cloroplastos.

Las sustancias entran y salen de las hojas a través de los haces vasculares y los estomas. Los haces transportan el agua y los minerales disueltos hacia las hojas y los productos de la fotosíntesis fuera de ellas. A través de los estomas, el O_2 y el CO_2 entran y salen de las hojas por [difusión](#).

Las hojas presentan una gran variedad de formas y tamaños, que guardan relación con los ambientes en los cuales viven las plantas. Además, pueden estar

especializadas en otras funciones, como el almacenamiento de alimento y agua o el sostén.

RESUMEN

Nutrición y transporte en plantas.

La **nutrición vegetal** es el conjunto de procesos que permiten a los vegetales absorber en el medio ambiente y asimilar los elementos nutritivos necesarios para sus distintas funciones fisiológicas: crecimiento, desarrollo, reproducción...

El principal elemento nutritivo que interviene en la nutrición vegetal es el carbono, extraído del gas carbónico del aire por las plantas autótrofas gracias al proceso de la fotosíntesis. Las plantas no clorofílicas, llamadas heterótrofas dependen de los organismos autótrofos para su nutrición carbonosa.

La nutrición recurre a procesos de absorción de gas y de soluciones minerales ya directamente en el agua para los vegetales inferiores y las plantas acuáticas, ya en el caso de los vegetales vasculares en la solución nutritiva del suelo por las raíces o en el aire por las hojas.

Las raíces, el tronco y las hojas son los órganos de nutrición de los vegetales vascularizados: constituyen el *aparato vegetativo*. Por los pelos absorbentes de sus raíces (las raicillas), la planta absorbe la solución del suelo, es decir el agua y las sales minerales, que constituyen la savia bruta (ocurre que las raíces se asocian a hongos para absorber mejor la solución del suelo, se habla entonces de micorriza).

Por las hojas, allí donde se efectúa la fotosíntesis, la planta recibe aminoácidos y azúcares que constituyen la savia elaborada. Bajo las hojas, los estomas permiten la evaporación de una parte del agua absorbida (oxígeno: O_2) y la absorción de dióxido de carbono (CO_2).

Por el tallo, circulan los dos tipos de savia: la savia bruta por el xilema y la savia elaborada por el floema.

La nutrición de las plantas comprende las siguientes etapas:

- Incorporación de nutrientes: agua, sales minerales y dióxido de carbono. Fotosíntesis: por acción de la luz, la materia inorgánica se transforma en materia orgánica y se desprende oxígeno.
- Utilización de la materia orgánica: la planta utiliza la materia orgánica fabricada para crecer, pero también para obtener energía que la planta necesita para seguir viviendo mediante un proceso llamado respiración.
- La respiración es un proceso que consiste en una lenta combustión de la materia orgánica (azúcares). A la vez que la planta obtiene energía, también se desprenden dióxido de carbono y agua.
- Eliminación de las sustancias de desecho: en la nutrición se producen sustancias que han de ser eliminadas.

Los elementos nutritivos indispensables para la vida de una planta se subdividen en dos categorías: los macronutrientes y los micronutrientes.

Los **macronutrientes** se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0.1% de la materia seca. Entre ellos se encuentran los principales elementos nutritivos necesarios para la nutrición de las plantas, que son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno. Estos cuatro elementos que constituyen la materia orgánica representan más de un 90% por término medio de la materia seca del vegetal. Al cual se añaden los elementos utilizados como abono y enmiendas que son: el potasio, el calcio, el magnesio, el fósforo, así como el azufre. Los tres primeros macronutrientes se encuentran en el aire y en el agua. El nitrógeno, aunque representando un 78% del aire atmosférico, no puede ser utilizado directamente por las plantas que no pueden, a excepción de algunas bacterias y algas, asimilarlo más que bajo forma mineral, principalmente bajo la forma de ión nitrato (NO₃). Eso explica la importancia de la "nutrición añadida de nitrógeno" en la nutrición vegetal y su adición como abono por los productores.

Los **micronutrientes** llamados también oligoelementos no sobrepasan el 0.01% de la materia seca. Son el cloro, el hierro, el boro, el manganeso, el zinc, el cobre, el níquel, el molibdeno, etc. El déficit de alguno de estos elementos puede determinar enfermedades de carencia.

Estructura y reproducción de las plantas

Las estructuras reproductoras: la flor

Las angiospermas se caracterizan por tener estructuras reproductoras llamadas flores. Una flor completa está formada por cuatro conjuntos de piezas florales constituidos por hojas modificadas: los sépalos, los pétalos, los estambres y los carpelos. Los sépalos forman el cáliz, que encierra y protege a la yema floral en desarrollo. Los pétalos forman la corola, que contiene a los estambres que forman el androceo. En el extremo de cada estambre hay una antera, en la que se forman los granos de polen (gametofito masculino). Los carpelos forman el gineceo, constituido por uno o varios estigmas y un estilo. La base del gineceo, llamada ovario, contiene uno o más óvulos.

La génesis de una nueva planta

La semilla está formada por el embrión, el endosperma y la cubierta. El ovario maduro se transforma en fruto; los pétalos, los estambres y otras partes de la flor por lo general caen. Según la disposición de los carpelos en la flor, los frutos pueden ser simples, agregados o múltiples. Los frutos simples pueden ser blandos y carnosos o secos. La primera división del cigoto produce dos células. La célula inferior da origen a una estructura de sostén (suspensor) que interviene en el envío de nutrientes al embrión. La célula superior origina el embrión verdadero.

Al comienzo del crecimiento embrionario, todas las células se dividen. Luego, sólo los meristemas lo siguen haciendo en forma indefinida. Existen dos tipos de meristemas: los que originan el cuerpo primario de la planta (apicales) y los que la engruesan (laterales). Los meristemas apicales se localizan cerca del ápice de la raíz y del vástago. Originan los meristemas primarios que darán los tejidos primarios de la planta adulta: la protodermis origina el tejido dérmico, que produce una cubierta externa protectora de la planta; el procambium origina el tejido vascular (compuesto por el xilema y el floema) y el meristema fundamental origina el tejido fundamental, donde ocurren las principales funciones metabólicas. La mayor parte de las células de la planta son de tipo parenquimático.

El crecimiento de las plantas

Cuando la semilla germina, se rompe la cubierta y surge el esporofito joven que, al principio, depende de las reservas acumuladas en la semilla. El crecimiento primario de la planta implica la diferenciación de los tres sistemas de tejido, el alargamiento de las raíces y los tallos y la formación de las raíces laterales y de las ramas.

(a) Una plántula de frijol o poroto (especie de Phaseolus), una dicotiledónea. Antes de la germinación, la semilla absorbe agua, se hincha y rompe la cubierta seminal. Primero emerge la raíz joven, seguida del hipocótilo (que significa “debajo de los cotiledones”). Los cotiledones finalmente se marchitan y caen. Luego emerge el epicótilo que se encuentra entre el cotiledón y el haz de hojas. (b) Una plántula de maíz, una monocotiledónea. La primera estructura que aparece por encima del suelo es el coleoptile, que forma una vaina cilíndrica sobre el vástago en crecimiento de la planta. Típicamente, el resto de endosperma, con el escudete (el cotiledón único) en su interior, está presente en la joven plántula.

Estructuras que fijan y absorben: la raíz

Las raíces fijan la planta al suelo e incorporan agua y minerales esenciales. La raíz embrionaria (radícula) es la primera estructura que rompe la cubierta seminal. En la mayoría de las plantas, la estructura interna de la raíz está formada por los tres sistemas de tejidos dispuestos en tres capas concéntricas: la epidermis, la corteza y el cilindro central. *Las células nuevas se producen por división de las células del meristema apical. Las células que se encuentran por encima del meristema sufren cambios característicos a medida que aumenta la distancia entre ellas y el ápice de la raíz.* El cilindro central de la raíz consiste de xilema y floema, rodeados por una o más capas de células (periciclo), de donde surgen las ramificaciones de la raíz (raíces secundarias).

Sostén y transporte: el tallo

Los tallos portan las hojas y son la vía por la cual las sustancias van desde las raíces a las hojas, y viceversa. Los tallos jóvenes están cubiertos por tejido dérmico, formado por células epidérmicas; en algunas especies tienen estomas y son fotosintéticos. La masa del tejido es fundamental, formado esencialmente por células parenquimáticas y por tejidos de soporte especializados, como el colénquima y el esclerénquima. El floema y el xilema están formados por células parenquimáticas, células de conducción y fibras de sostén. Las células de conducción del floema transportan los productos de la fotosíntesis a las células no fotosintéticas. En las angiospermas, estas células son elementos del tubo criboso. Este tubo es una columna vertical formada por los miembros del tubo criboso unidos por sus paredes terminales (las placas cribosas). En la madurez, los miembros vivos del tubo criboso contienen la savia. Las células del xilema conducen agua y minerales desde las raíces a otras partes de la planta. En las angiospermas, las células conductoras del xilema son traqueidas y vasos. Las plantas vasculares sin semillas y la mayoría de las gimnospermas sólo tienen traqueidas.

En los tallos verdes, el xilema y el floema corren en cordones paralelos longitudinales (los haces vasculares). En las dicotiledóneas jóvenes, los haces vasculares forman un anillo, el cilindro vascular, alrededor de una médula central. La corteza es el tejido fundamental situado por fuera de los haces. En cada haz, el xilema está hacia adentro y el floema hacia afuera.

El sistema del vástago incluye el tallo y todas las estructuras que éste origina. El desarrollo del ápice comienza con la división celular; luego se alargan las células que, finalmente, se diferencian. Las zonas de crecimiento lateral se encuentran en los meristemas axilares. Las células más externas desarrollan la epidermis; las células subyacentes forman los tejidos fundamentales y los tejidos vasculares primarios. El meristema apical produce los tejidos que darán nuevas hojas, ramas y flores.

Las hojas se originan por división celular en áreas ubicadas a lo largo del meristema apical. En algunos casos, aparecen en pares que se oponen, en otros se forman en espiral o en círculos (verticilos) en los nudos. Al alargarse el vástago, las yemas axilares quedan aisladas por encima de los puntos de inserción de las hojas y permanecen latentes hasta que la hoja completa su crecimiento o, en las plantas perennes, hasta la siguiente estación de crecimiento. A veces, la yema terminal inhibe el desarrollo de las yemas axilares.

En muchas especies, las yemas axilares originan vástagos especializados, como los estolones y los rizomas, estructuras que producen raíces adventicias y originan plantas nuevas, genéticamente idénticas a la planta materna.

Estructuras fotosintéticas: las hojas

La estructura de una hoja típica resulta del compromiso entre la existencia de superficies con grandes áreas fotosintéticas expuestas a la luz, poca pérdida de agua y buen intercambio de los gases que participan en la fotosíntesis. En las plantas C_3 , las células fotosintéticas están estructuradas de dos formas:

parénquima en empalizada, ubicado debajo de la superficie superior y donde ocurre la mayor parte de la fotosíntesis, y parénquima esponjoso, situado en el interior de la hoja. Ambos forman el mesófilo, envuelto por células epidérmicas que secretan la cutícula.

Estructura de una hoja típica

La fotosíntesis ocurre en las células en empalizada y, en menor grado, en el parénquima esponjoso. Los cloroplastos están indicados en verde oscuro. Nótese que el citoplasma, que contiene los cloroplastos, está concentrado cerca de la superficie celular y en la parte central de las células se encuentran vacuolas grandes. Los haces vasculares llevan agua y solutos hacia las células del mesófilo y desde ellas. El interior de la hoja está contenido entre células epidérmicas cubiertas por una capa cerosa, la cutícula. La epidermis contiene aberturas, los estomas, que permiten el intercambio de gases. Las células oclusivas que rodean a los estomas también tienen cloroplastos.

Las sustancias entran y salen de las hojas a través de los haces vasculares y los estomas. Los haces transportan el agua y los minerales disueltos hacia las hojas y los productos de la fotosíntesis fuera de ellas. A través de los estomas, el O₂ y el CO₂ entran y salen de las hojas por difusión.

Las hojas presentan una gran variedad de formas y tamaños, que guardan relación con los ambientes en los cuales viven las plantas. Además, pueden estar especializadas en otras funciones, como el almacenamiento de alimento y agua o el sostén.

ACTIVIDADES

En una imagen de la planta desarrollar el proceso de nutrición y transporte mediante señalización de cada paso del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

Lira, G. I; Ponce, S. M; y López, V, M. L. (2003). Biología II Diversidad, continuidad e interacción. Edit. Esfinge. México

<http://www.bioinformatica.uab.es/divulgacio/evol.html>

http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_12.htm

<http://web.educastur.princast.es/cp/josebern/recursostic/plantas/nutricion.htm>

<http://www.curtisbiologia.com/node/1738>

http://es.wikipedia.org/wiki/Nutrici%C3%B3n_vegetal