

A obtención do alimento nos vexetais

Tema 9

Intercambio de materia e enerxía: a nutrición

- Todos os seres vivos necesitan materia e enerxía para:
 - Constituir e renovar as súas estruturas e
 - Realizar as súas actividades vitais.
- **Nutrición:** conxunto de procesos mediante os cales un organismo intercambia materia e enerxía co medio que o rodea.
- **Segundo o tipo de nutrición** clasifícanse en:
 - a) **Autótrofos:** incorporan materia inorgánica do medio e a transforman na súa propia materia orgánica. Atendendo á enerxía utilizada:
 1. **Fotosintéticos:** obteñen a enerxía da luz. Organismos: as Plantas e as Algas
 2. **Quimiosintéticos:** obteñen a enerxía da oxidación de compostos químicos inorgánicos.
 - Oxidan compostos como o Amoníaco (bacterias nitrosificantes e nitrificantes) ou
 - oxidan sulfhídrico (bacterias sulfobacterias).
 - Ambas teñen gran importancia biolóxica pois fixan o N₂ atmosférico en compostos asequibles aos demais seres vivos
 - b) **Heterótrofos:** utilizan como fonte de materia aos compostos orgánicos elaborados por outros seres vivos. A enerxía obtéñena da degradación destes compostos orgánicos. Son heterótrofos os Animais, os Fungos e gran número de Bacterias.

Procesos implicados na nutrición

O intercambio de materia e enerxía que supón a nutrición nos seres vivos implican procesos que se realizan tanto a nivel orgánico como a nivel molecular:

- **Incorporación da materia** (inxestión do alimento): chega nutrientes:
 - Nos animais, unha gran variedade de estruturas implicadas na captura e inxestión do alimento que proporciona os **nutrientes** necesarios
 - Nos vexetais, mediante o mecanismo de absorción incorporan a materia inorgánica que pasa directamente ás súas células
- **Dixestión do alimento**: é a degradación á que se someten as grandes moléculas orgánicas que serán transformadas noutras máis pequenas que poidan atravesar as membranas celulares
- **Intercambio de gases**: o intercambio de O_2 e CO_2 , necesarios para o metabolismo celular se fai a través de estruturas respiratorias:
 - Nos animais: tráqueas, branquias, pulmóns, cutánea, ...
 - Nos vexetais, a través de estomas e lenticelas

Procesos implicados na nutrición

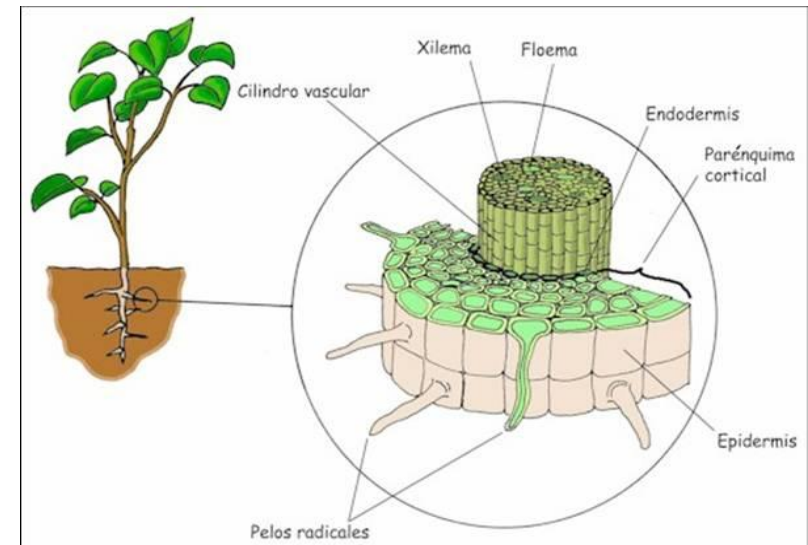
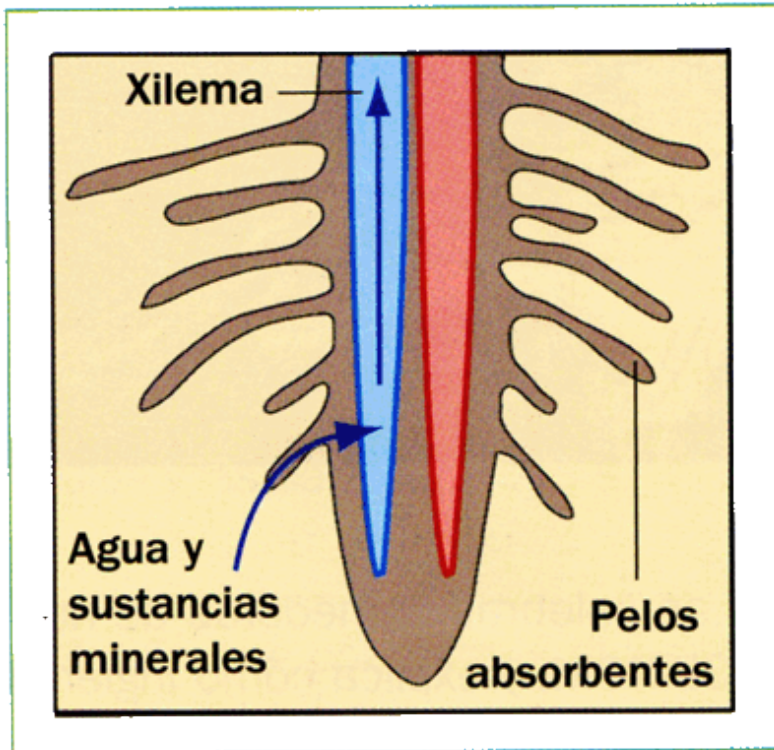
- **Transporte:** distribución dos nutrientes por todo o organismo. Nos seres vivos pluricelulares é necesario un sistema de transporte
- **Metabolismo:** nas células, os nutrientes son transformados químicamente en substancias aproveitables.
- **Excreción:** as substancias de refugallo producidas durante o metabolismo celular son eliminadas ao exterior a través de órganos excretores.

Incorporación de nutrientes en vexetais

- A incorporación de nutrientes non se realiza da mesma forma en todos os vexetais:
 - Nos Organismos de organización **TALOFÍTICA**: toman directamente os nutrientes do medio a través das súas membranas. Non desenvolven órganos especializados na absorción e transporte.
 - Organismos **CORMOFITAS**: presentan estruturas especializadas na absorción e no transporte. As estruturas que presentan son:
 - Raíz
 - Follas
 - Talos
- No interior destas estruturas localízase os sistema vascular constituído por vasos conductores (xilema e floema) que transportan as substancias necesarias para a nutrición.

As Raíces: parte soterránea pola que absorben a auga e os sales minerais

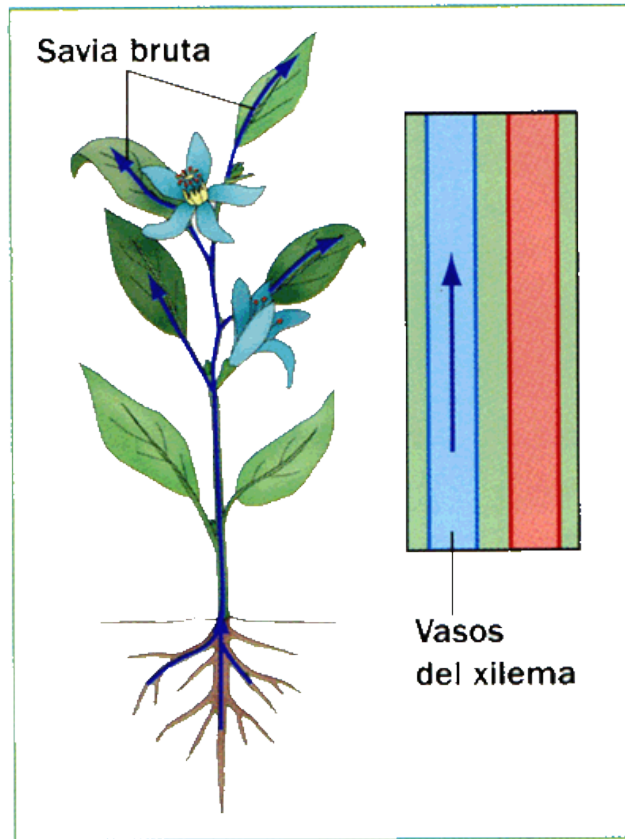
▼ Absorción de substancias minerais e auga



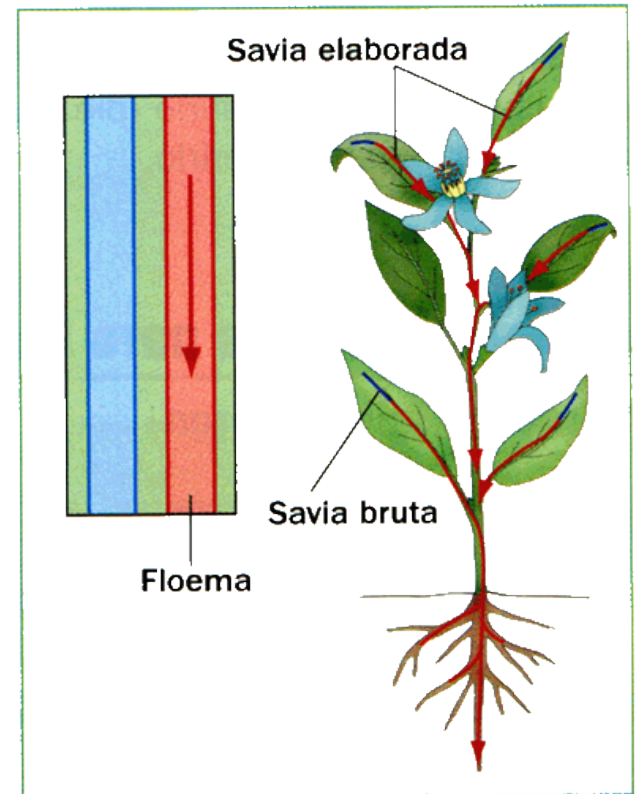
Os talos:

- estruturas pelas que circulan
- A auga e os sales minerais desde as raíces ata as follas
- Os produtos da fotosíntese desde as follas ao resto da planta.

▼ Transporte de la savia bruta



▼ Distribución de la savia elaborada

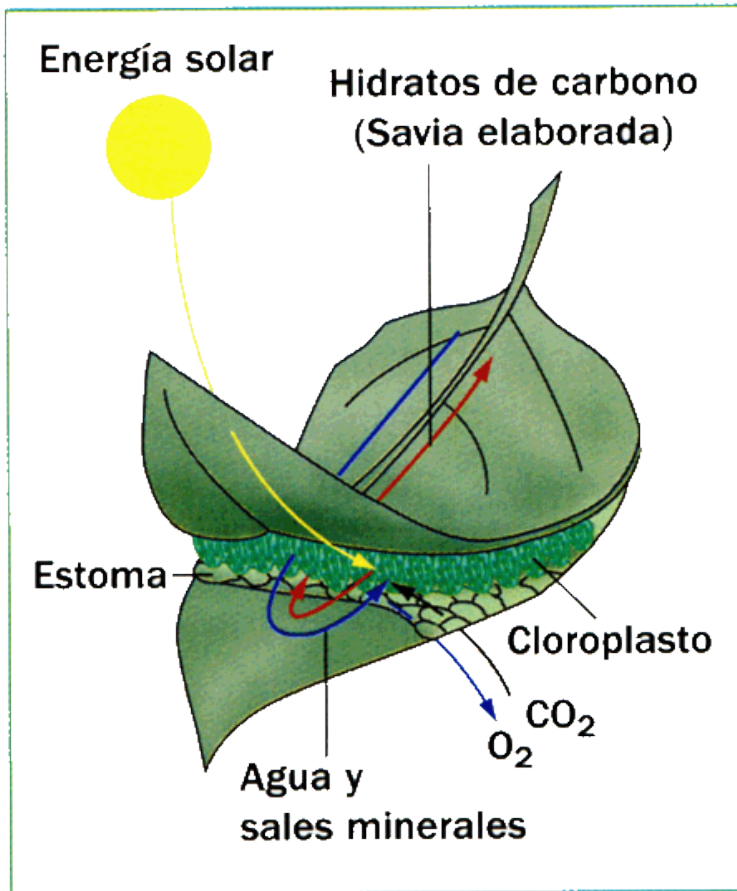


As follas

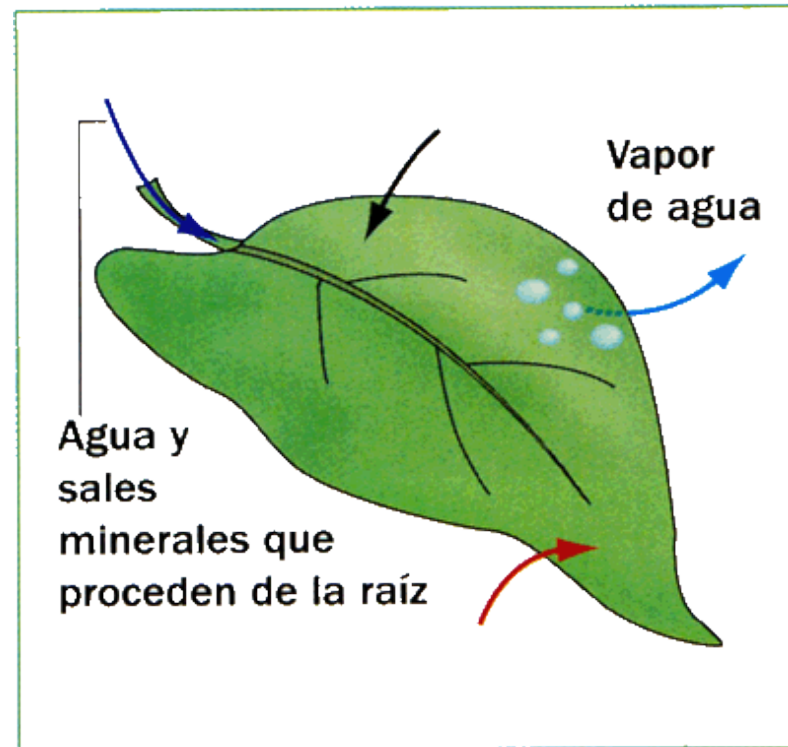
Onde os compostos inorgánicos se converten en orgánicos

Absorben o CO_2 a través dos estomas

▼ Fotosíntesis



▼ Transpiración



Incorporación de auga e dos sales minerais

- A incorporación da **auga** e dos **sales minerais** realízase polas raíces a través dos **pelos radicais**, que son evaxinacións das células epidérmicas que incrementan a superficie de contacto das raíces co solo.
- Como se fai:
 - A **auga** por **ósmose**, xa que no interior existe unha maior concentración de solutos. No interior da raíz segue a circular por procesos osmóticos ata chegar aos vasos leñosos
 - Os **sales minerais** penetran no interior da raíz mediante un sistema de **transporte activo**, que implica un gasto de enerxía porque se realiza en contra dun gradiente de concentración.
 - O transporte o realizan proteínas especializadas (**proteínas transportadoras**) localizadas na propia membrana.
 - A maioría dos sales absórbese en forma de **ións**.

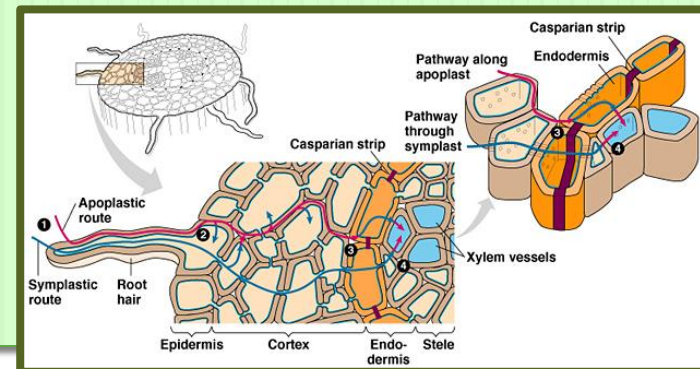
O papel da raíz na nutrición vexetal

A estrutura interna na raíz está formada por varias capas concéntricas

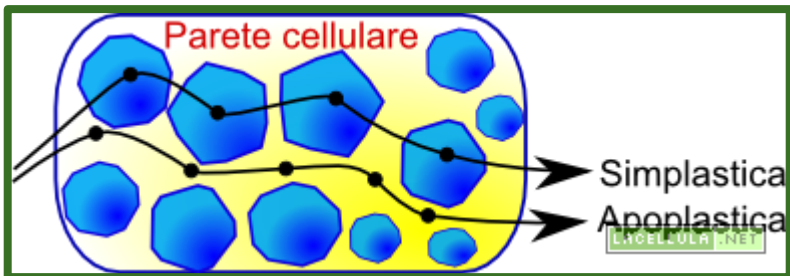
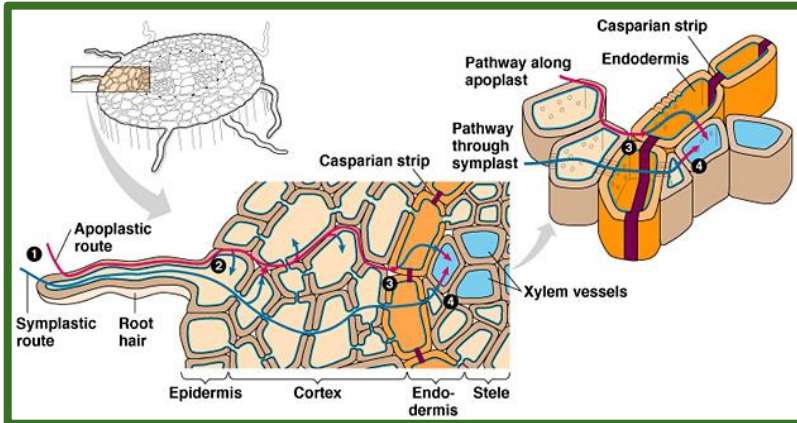
- A **Epiderme** é a capa que cobre a superficie das novas raíces. As funcións son:
 - Absorbe auga e sales minerais do solo
 - Protexe aos tecidos internos
- O **Cortex** ocupa a maior parte da raíz e está formado por:
 - **Parénquima cortical** que contén células parenquimáticas, con moitos espazos intercelulares entre elas que permiten a circulación dos gases.
 - O **Endoderma** é a capa máis interna do parénquima cortical, formada por un estrato de células sen espazos intercelulares entre elas. As súas células presentan un engrosamento de **suberina**, impermeable a auga, nas súas paredes radial e transversal, denominada a **Banda de Caspari**. A existencia desta banda condiciona o paso da auga e dos sales disolvidos, que para atravesar as células endodérmicas deben facelo a través da membrana plasmática.
- O **periciclo** encóntrase por dentro da endoderma, é unha única capa de células que dá orixe ás raíces laterais
- O **cilindro vascular** está formado polos tecidos condutores do **floema** e do **xilema**.
 - O floema está constituído polos vasos liberianos e
 - O Xilema constituído polos vasos leñosos

A raíz ten as seguintes funcións:

- ❖ absorber auga e sales minerais
- ❖ Fixar a planta ao solo
- ❖ Almacenar substancias de reserva



Vías de entrada dos nutrientes na raíz



O conxunto da auga e dos sales minerais que chegaron ata o Xilema denomínase ZUME BRUTO, e será transportado polos vasos leñosos ata as follas, onde se utilizan na fotosíntese

En función das características estruturais da raíz, a auga e os sales minerais unha vez no interior poden seguir 2 vías distintas:

- **VIA A ou vía Simplástica:** unha parte da auga e dos sales minerais circulan polo interior da raíz ata os vasos leñosos, a través do citoplasma das células que forman o parénquima cortical. Dunha célula a outra pasan a través das membranas plasmáticas e dos plasmodesmos:
 - Os **sales minerais** faíno por **transporte activo**
 - A **auga** por **ósiose**
- **VIA B ou vía Apoplástica:** a maior parte da auga e dos sales minerais circulan polo interior da raíz a través das paredes celulares e os espazos intercalares ata chegar a endoderma. A partir de aí,
 - A **auga** atravesa a membrana e o citoplasma das células da Banda de Caspari por **ósiose**
 - Os **sales minerais** penetran nas células da endoderme por **transporte activo**

Transporte de zume bruto

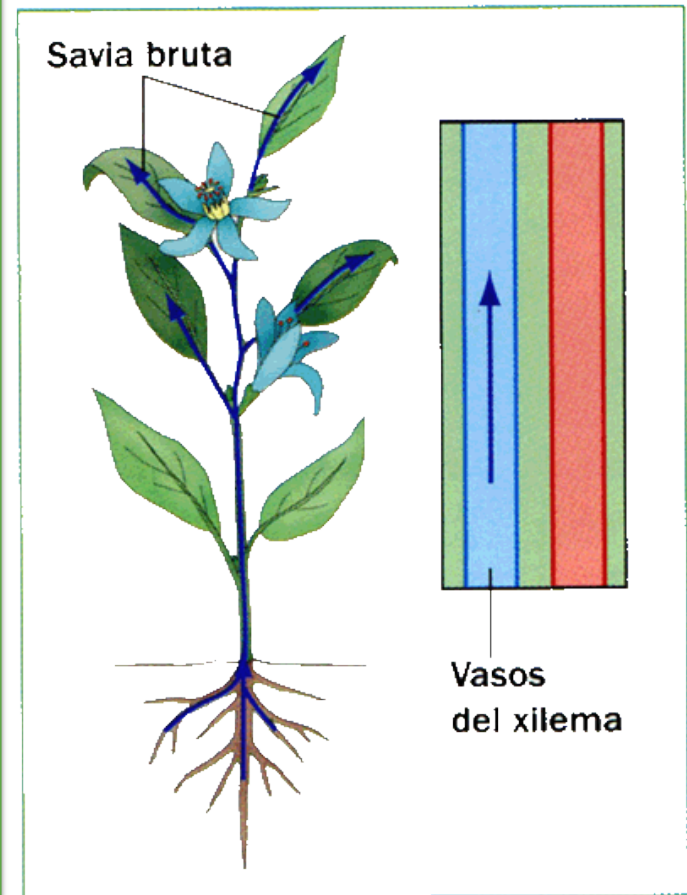
- O zume bruto debe ascender polo talo ata as follas.
- O ascenso realízase a través do xilema, formado por vasos leñosos, cun diámetro de 20-70 μ m.
- Os vasos leñosos están formados por células alongadas, mortas, nas que desaparece a parede celular que as separaban formando un longo tubo oco.

MECANISMO de TENSION-ADHESIÓN-COHESIÓN

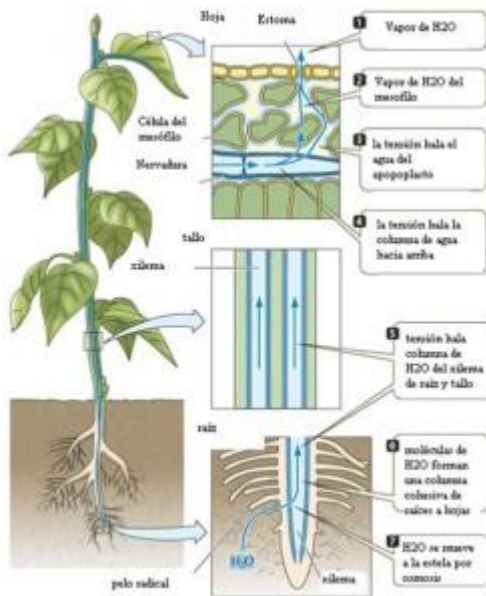
- O ascenso do zume bruto en contra da gravidade prodúcese por varios fenómenos físicos naturais que dependen:
 - Tanto da estrutura interna das plantas (capilaridade – tensión)
 - Como das propiedades físicas da auga (cohesión-adhesión)
- O conxunto destes fenómenos denomínase Mecanismo de Tensión-Adhesión-Cohesión e son:
 - A presión radicular
 - A transpiración e
 - A tensión-cohesión

Por sí sólos, non chegarían para realizar o transporte en contra da gravidade

▼ Transporte de la savia bruta



Mecanismo de tensión-adhesión-cohesión

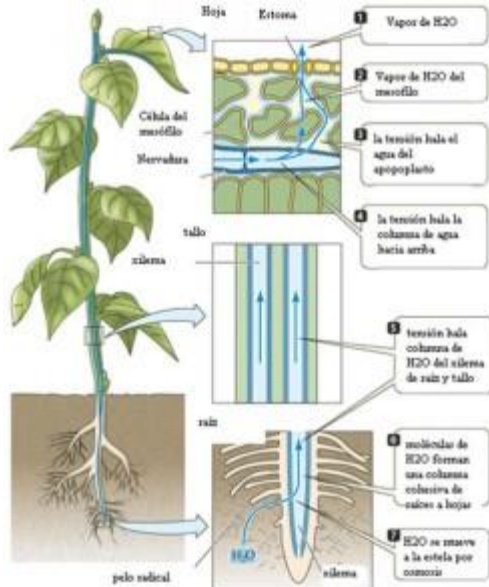
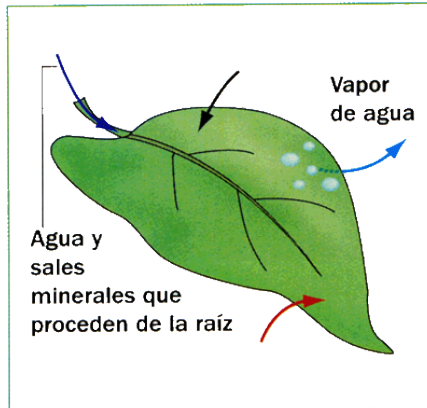


Presión radicular: as células da raíz teñen unha concentración de solutos maior ca do auga do solo e en consecuencia, penetra no interior da raíz por ósmose.

- A continua entrada de auga produce a presión radicular, que é suficiente para que o zume bruto ascenda polas plantas de pequena altura.
- Nas de gran altura, esta presión non é suficiente como único mecanismo de ascenso, sobre todo cando redúcese ou anúlase a transpiración como durante a noite

Mecanismo de tensión-adhesión-cohesión

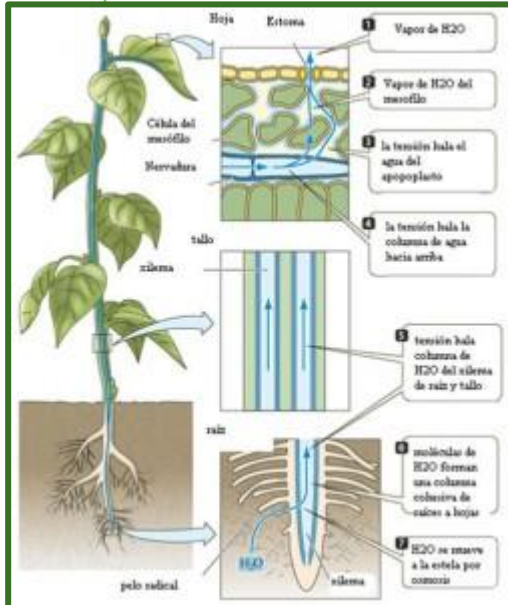
▼ Transpiración



Transpiración: ocurre nas follas

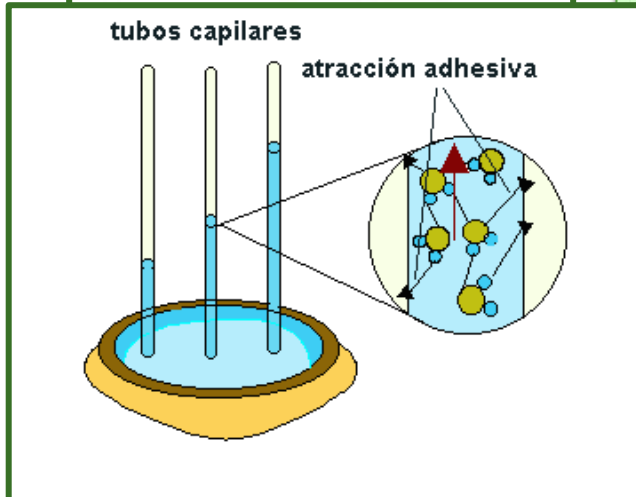
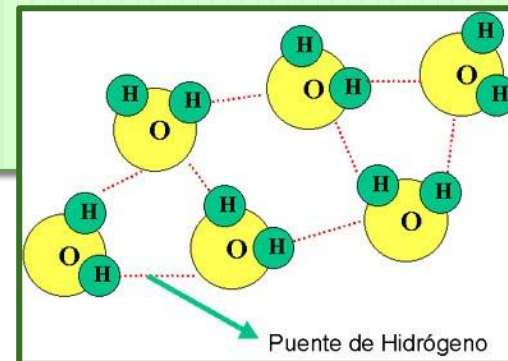
- Consiste na perda de auga por evaporación
- Existe unha relación entre absorción de auga nas raíces e a transpiración.
- O incremento na transpiración favorece un incremento da absorción de auga.
- A perda de auga por evaporación produce unha forza capaz de absorber na raíz, e conducirla polo xilema ata as follas.
- Esta forza aspirante exerce unha presión que é a **tensión**: “tira” de cada molécula de auga para arriba.
- É eficaz a tensión debido á elevada forza de **cohesión** das moléculas da auga

Mecanismo de tensión-adhesión-cohesión

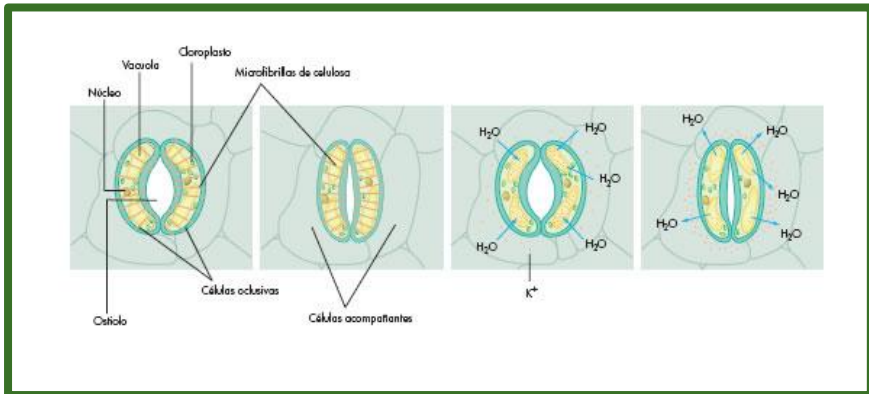
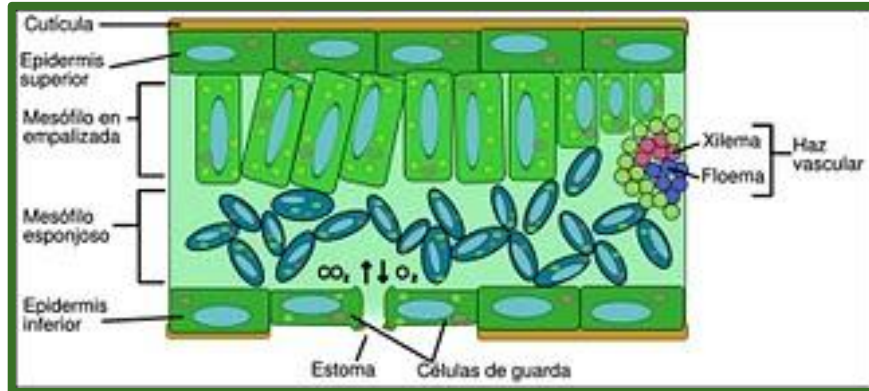


Tensión-Cohesión: as moléculas da auga están unidas entre sí por enlaces por ponte de hidróxeno. Isto permite unha **cohesión** moi elevada, de tal xeito que a **tensión** que pode soportar unha columna de auga sen que chegue a romper, é moi grande.

- Neste mecanismo de **tensión-cohesión** intervén tamén a **adhesión** das moléculas da auga ás paredes dos finísimos vasos leñosos, polo que tamén intervén a **capilaridade** na ascensión da auga.
- **Capilaridade**= capacidade que ten a auga para ascender polos tubos de pequeno calibre, como consecuencia das súas propiedades cohesivas e adhesivas.



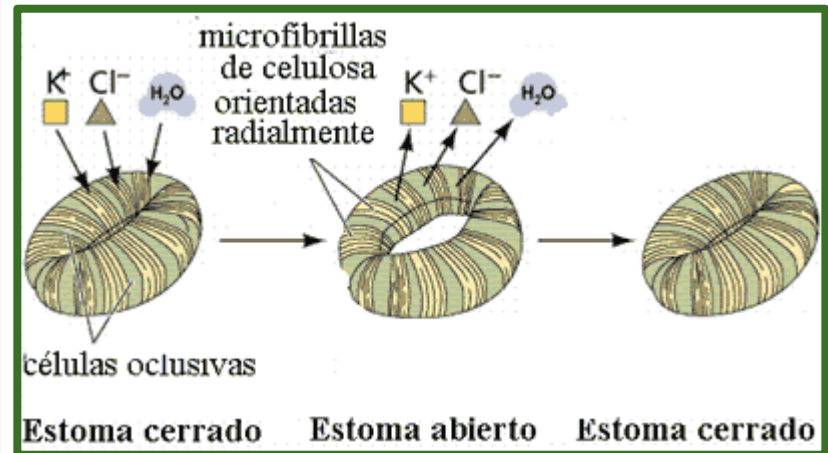
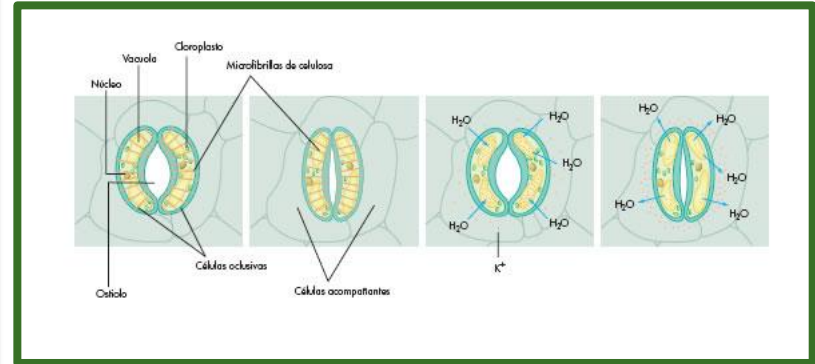
O intercambio de gases



- As plantas necesitan:
 - O_2 atmosférico para a respiración celular e
 - requieren CO_2 para o proceso fotosintético, para fabricar as moléculas orgánicas
- A entrada destes gases é por **3 vías**:
 - a. **Estomas**: a vía máis importante de entrada de gases, gran parte do O_2 e CO_2 é a través deles. Xa no interior, disólvense en auga e son transportados a calquera parte da planta polo floema.
 - b. Os **Pelos radicais**: sirven de entrada daqueles gases disoltos na auga que se absorben do solo
 - c. As **Lenticelas**: son aberturas nas paredes dos talos leñosos, é a 3ª vía de entrada de gases

Mecanismo de apertura e pechamento dos estomas

- O mecanismo de apertura e pechamento dos estomas é debido a cambios na **turxencia** que experimentan as **células oclusivas** que o forman
- Cando **chega auga** desde as células adxacentes ás células oclusivas, vólvense turxentes e córvanse, **ábrense os estomas** e entran e saen os gases a través do **ostiolo**
- Cando as células oclusivas **perden auga**, vólvense flácidas polo que os estomas **péchanse**

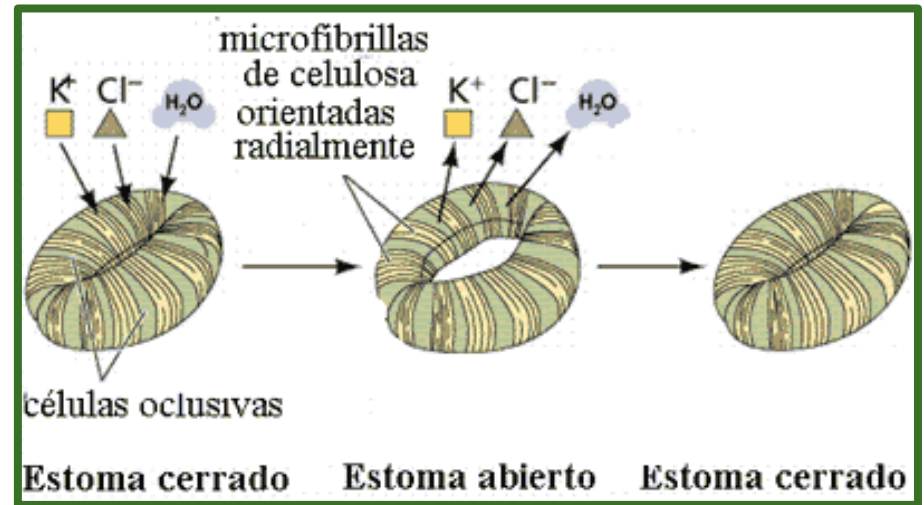
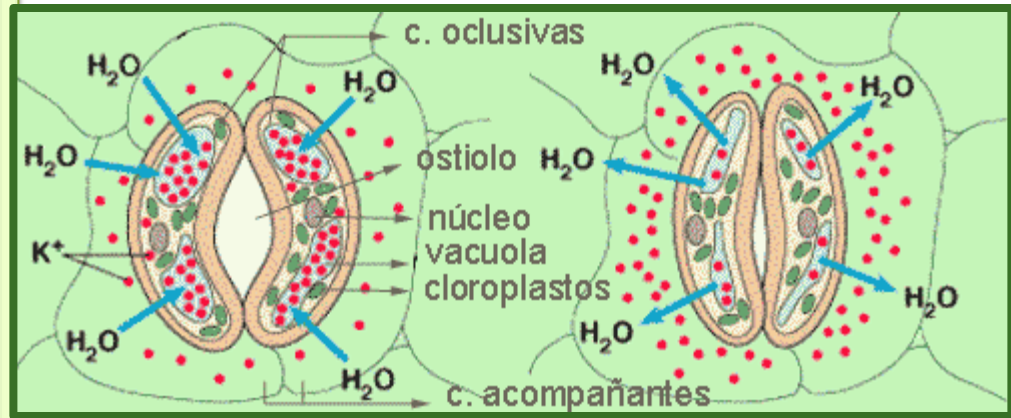


Os cambios de **turxencia** nos **estomas** está condicionado por unha combinación de distintos **factores ambientais**

- A **concentración** de **determinados ións**, sobre todo o **ión potasio (K^+)**:

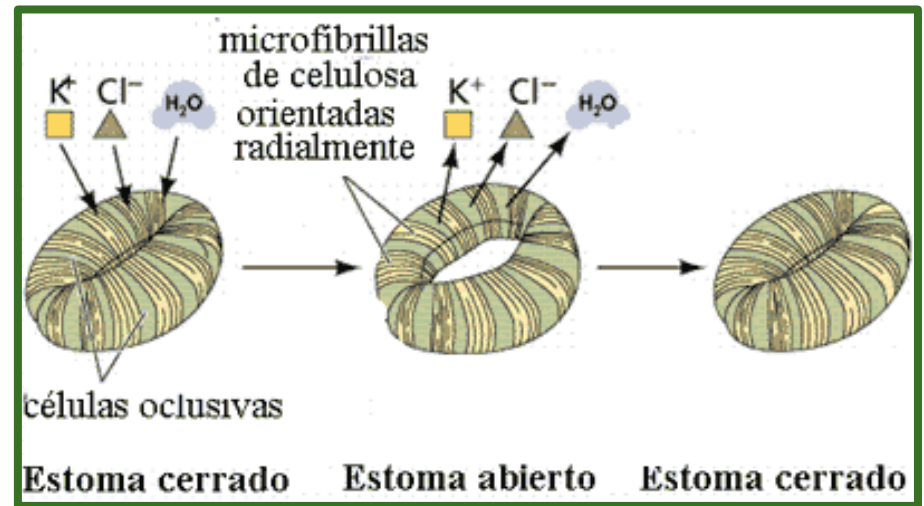
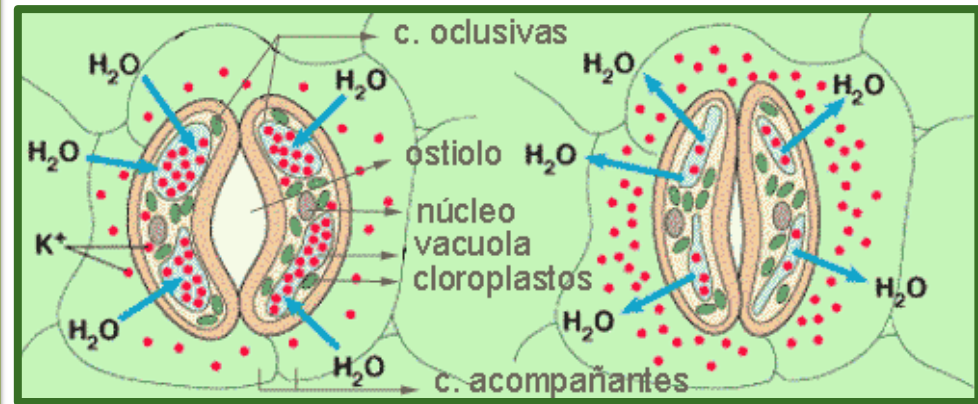
- **De día**, a luz estimula a **entrada de K^+** desde as células epidérmicas adxacentes ás células oclusivas. Ao aumentar a concentración salina no seu interior (fáñse hipertónicas), da lugar á entrada de auga por ósmose, **ínchase os estomas e ábrense**.

- **De noite**, dase o proceso contrario, a falta de luz fai que os ións K^+ sexan bombeados desde as células oclusivas ás células epidérmicas circundantes, polo que sae a auga e a perda de turxencia fai que se **pechen** os estomas.



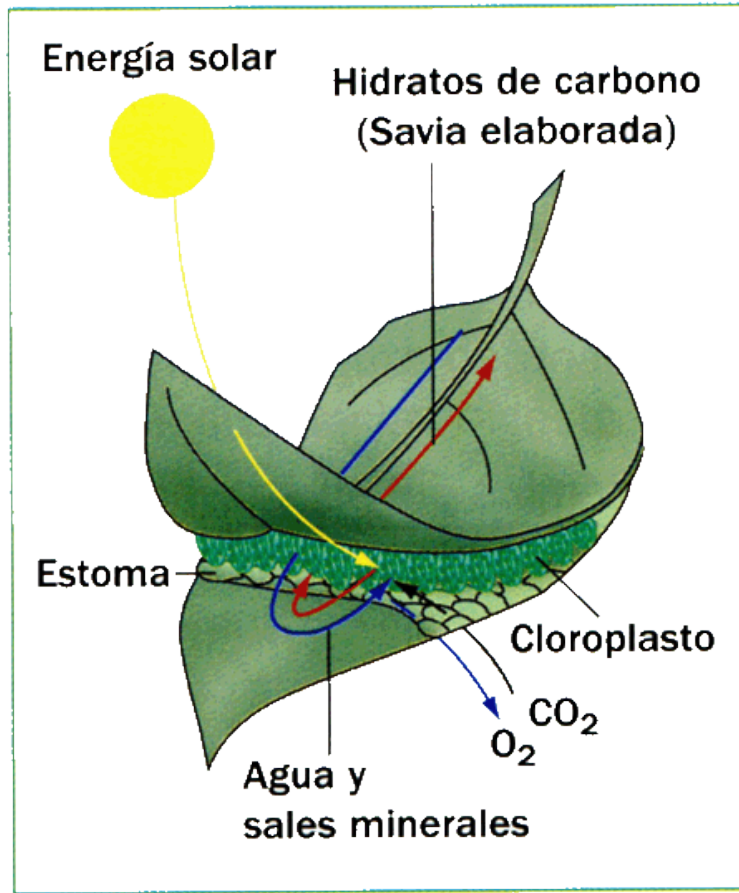
Os cambios de **turxencia** nos **estomas** está condicionado por unha combinación de distintos **factores ambientais**

- **A luz:** na maioría das plantas, agás as que viven en ambientes cálidos e secos, os estomas péchanse de noite, unha vez que a fotosíntese xa non se pode realizar, para evitar a perda de auga, e volven a abrir pola mañá. Isto está relacionado con:
 - **A entrada de ións K^+** ás células oclusivas desde as células adxacentes. Este proceso está activado pola luz, de maneira que a súa ausencia provoca o proceso contrario
 - **o aumento ou a diminución na concentración de CO_2** , nos espazos intercelulares da folla.
 - **En presenza da luz**, a planta ademais de respirar, realiza a fotosíntese e consome máis CO_2 do que produce, polo tanto, a súa **concentración interna diminúe**, o que provoca a **apertura** dos estomas.
 - **En ausencia de luz**, a planta só respira, o que produce un **aumento da concentración** interna de CO_2 e, polo tanto, o **peche** dos estomas.
- **Temperatura:** afecta ao mecanismo de apertura e peche dos estomas, só cando alcanza valores altos. Cando a temperatura **supera os $35^\circ C$** , os estomas **péchanse** para evitar perdas de auga.



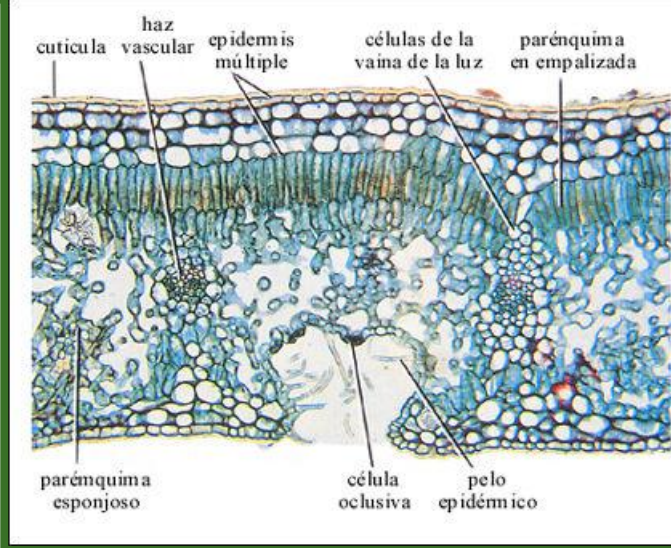
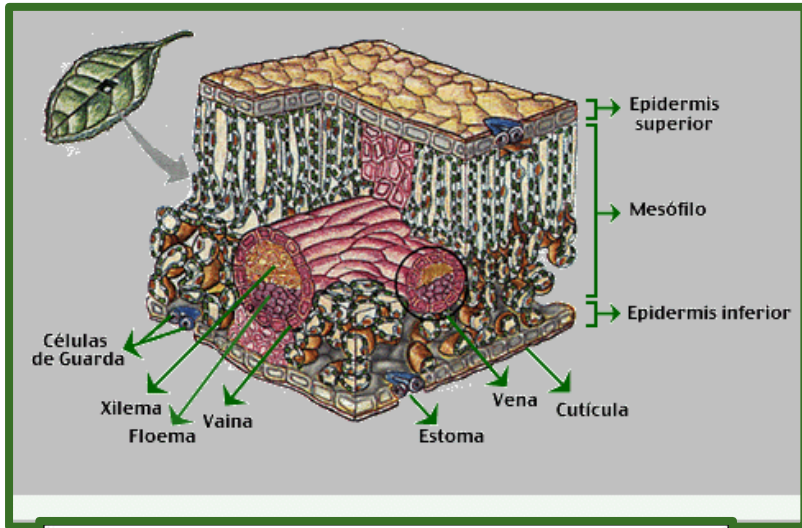
A captación da luz

▼ Fotosíntesis



- A nutrición autótrofa, propia dos vexetais, fai necesaria a captación de luz procedente do sol
- Para iso, adáptase por medio dalgunhas estruturas especializadas, as **follas**, que presentan unhas superficies amplas para que a captación sexa eficaz
- As follas teñen unhas características que lles permiten realizar a fotosíntese con eficacia:
 - Son **finas** (menos dun mm de grosor, o que favorece a difusión de gases
 - Son **alongadas** e
 - Son **numerosas**, } con o que conseguen expoñer á luz unha gran superficie.

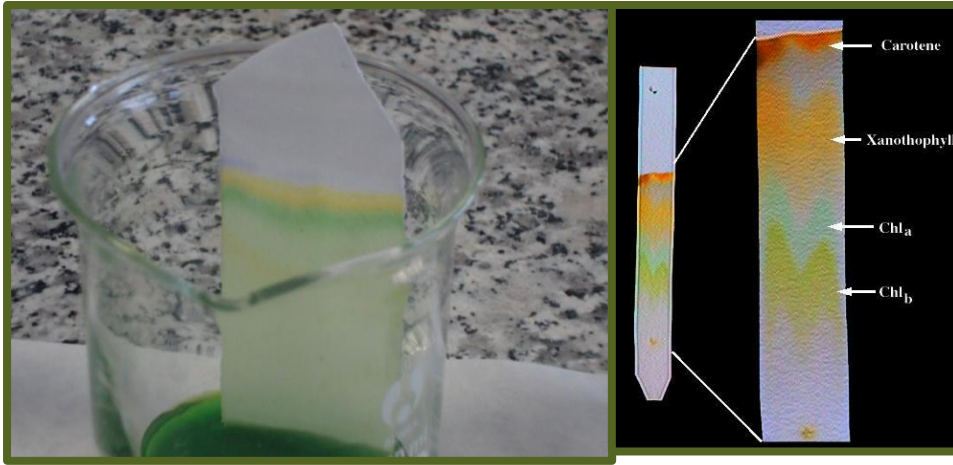
Estrutura das follas



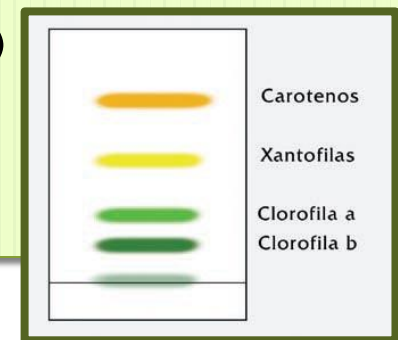
O interior está formado por 2 tipos de tecidos:

1. **O Parénquima:**
 - **Lacunar** (forma de lagoa):
 - situado no envés.
 - Deixa grandes espazos comunicados co exterior polos estomas, o que favorece a circulación dos gases.
 - **En estacada** (valo de paos)
 - células que teñen máis cloroplastos,
 - situado no face (zona máis iluminada)
2. **Tecidos condutores:** son os encargados do transporte. Compóñeos:
 - **Xilema:** formado polos vasos leñosos
 - **Floema:** formados polos vasos liberianos.Atópanse agrupados formando unha **densa rede de nervios**, constituídos por un feixe de vasos liberianos e leñosos, o que asegura que todas as células estean preto do sistema de transporte

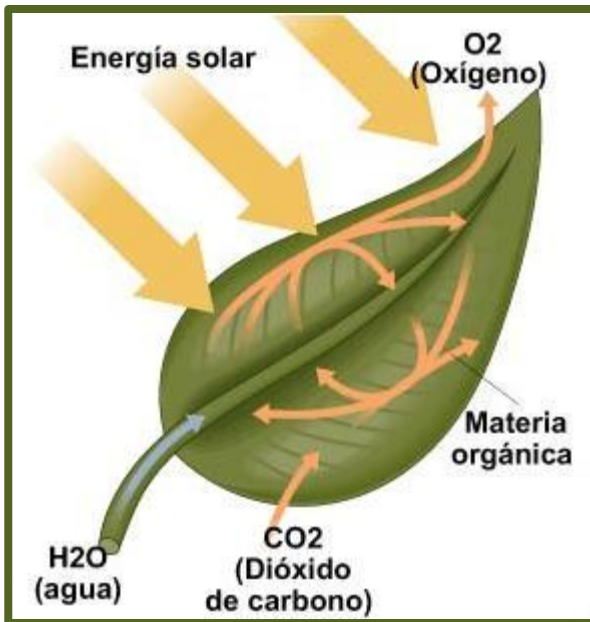
Importancia da fotosíntese



- Realízase nos cloroplastos onde existen pigmentos capaces de captar a enerxía luminosa.
- Tales pigmentos son:
 - A **clorofila** (cor verde)
 - A **Xantofila** (cor amarela)
 - E os **Carotenoides** (cor vermella)



Importancia da fotosíntese



FOTOSÍNTESIS



FOTOSÍNTESIS (Fórmula Resumida)



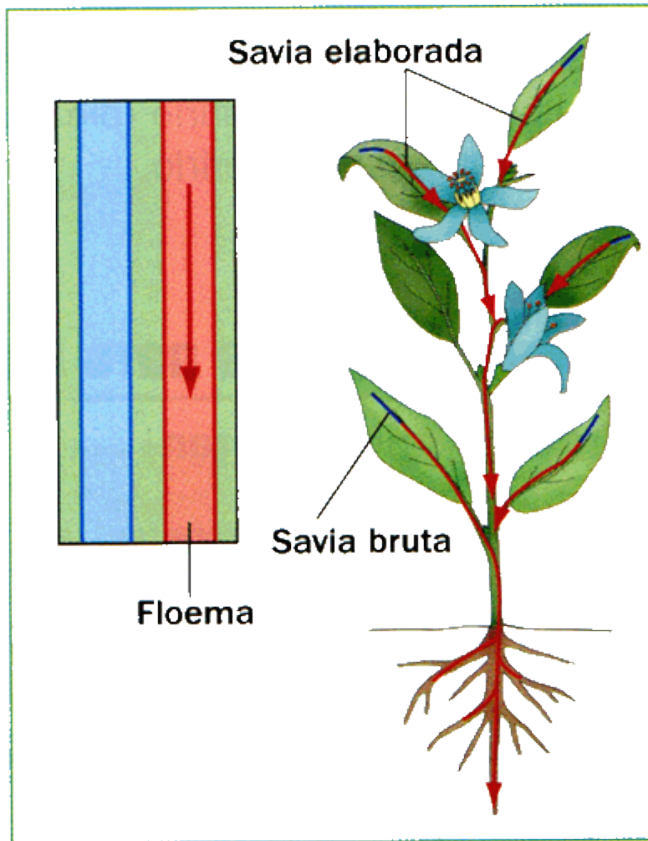
- A fotosíntese (desde calquera punto de vista) é un proceso anabólico máis importante xa que a materia orgánica sintetizada permite o funcionamento da Biosfera.
- Os pasos son:
 - a. **Transfórmase a materia inorgánica en orgánica**, indispensable para todos os seres vivos. Faise a partir dunha fonte de carbono (CO₂), abundante, pero que non todos os seres vivos son capaces de utilizar.
 - b. **Transfórmase a enerxía luminosa en enerxía química**, usada por todos os seres vivos
 - c. **O osíxeno libérase como un produto residual**, pero que é utilizado pola maior parte dos seres vivos na Respiración celular

Factores ambientais e fotosíntese

- A intensidade e a eficacia da fotosíntese varía segundo un factores ambientais. Isto ten importancia biolóxica, que condiciona a produción (maior ou menor cantidade de materia orgánica)
- Os principais factores ambientais que inflúen na fotosíntese son:
 - Concentración de CO₂: a maior concentración, maior capacidade fotosintética
 - Concentración de O₂: a maior concentración, a cantidade de CO₂ asimilado é menor, pois diminúe a actividade dun enzima que cataliza a fixación de CO₂
 - Intensidade luminosa
 - Tempo de iluminación ou fotoperíodo
 - Humidade
 - Temperatura.

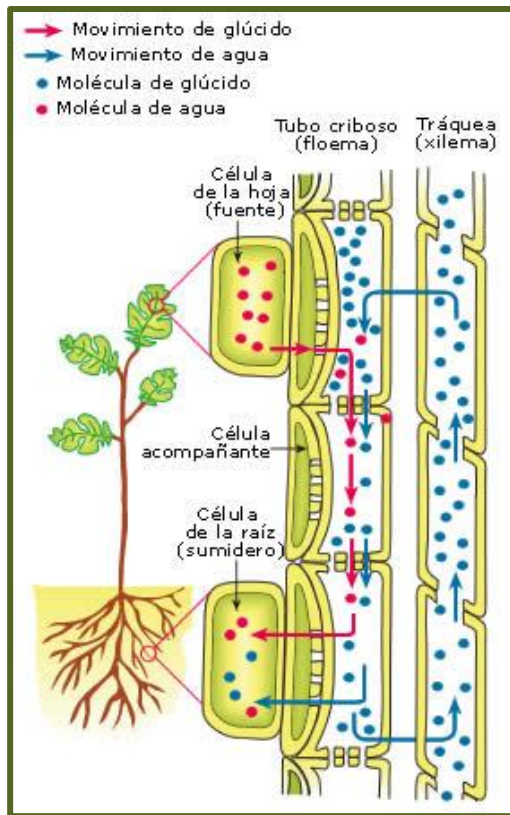
O transporte dos produtos da fotosíntese

▼ Distribución de la savia elaborada



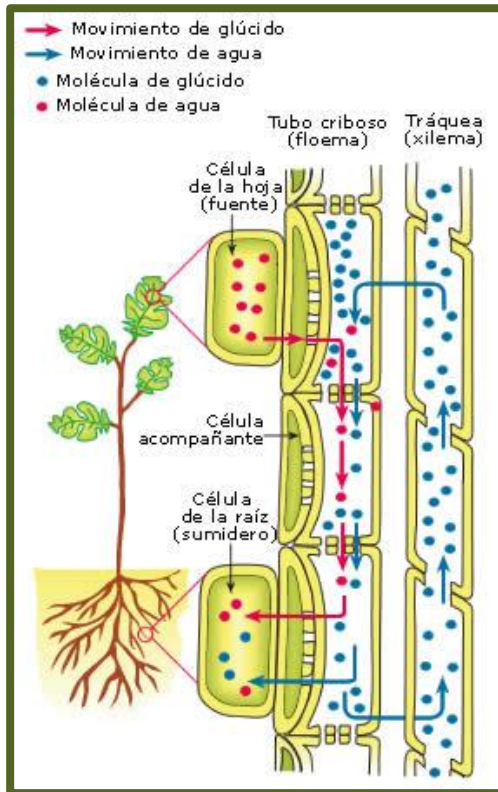
- Durante a fotosíntese, o zume bruto transportado polo xilema ata as follas, transfórmase en **zume elaborado** (solución formada fundamentalmente por azúcares –sacarosa-, aminoácidos e outras substancias nitroxenadas)
- O **zume elaborado** é transportado a toda a planta polo **floema**, por vasos de 25 μ m de diámetro, formado por células alongadas, dispostas en fila, con tabiques de separación perforados (tubos cribosos). Este proceso denomínase **translocación**
- O fluxo do zume elaborado é ascendente e descendente, desde as **zonas de produción** ou **fontes** (as follas) ata as **zonas de consumo** ou **sumidoiros**:
 - Tecidos de reserva ou
 - Zonas con unha gran actividade metabólica (fritos, raíces, sementes ou meristemas apicais), que poden actuar en determinados momentos como fontes

Hipótese de fluxo por presión



- A existencia dun **fluxo por presión** explica o desprazamento do zume elaborado debido á **existencia dun gradiente de presión entre a fonte** (onde penetra no floema) e o **sumidoiro** (onde o zume elaborado é extraído)
 - A **fonte** é unha zona de elevada presión hidrostática debido á alta concentración en azucres
 - O **sumidoiro** é unha zona de baixa presión hidrostática debido a que a súa concentración de azucres é menor.

Proceso do fluxo do zume elaborado



1. Na **fonte**, o zume elaborado desprázase por **transporte activo** cara ás células acompañantes
2. Desde cada célula acompañante, desprázase ás células do tubo criboso a través dos plasmodesmos existente entre ambos. A alta concentración en azúceres nas células do vaso criboso, fai que entre auga por ósmose procedente do xilema. Ao aumentar a cantidade de auga, despraza o zume cara os sumidoiros.
3. Cando o zume elaborado chega aos sumidoiros, os **solutos** saen dos vasos cribosos por **transporte activo** e ao perder azúceres, pérdese auga por **ósmose** ás células que se atopan ao redor (células acompañantes e vasos leñosos). Cesa o proceso de consumo nos sumidoiros

Outras formas de nutrición nos vexetais

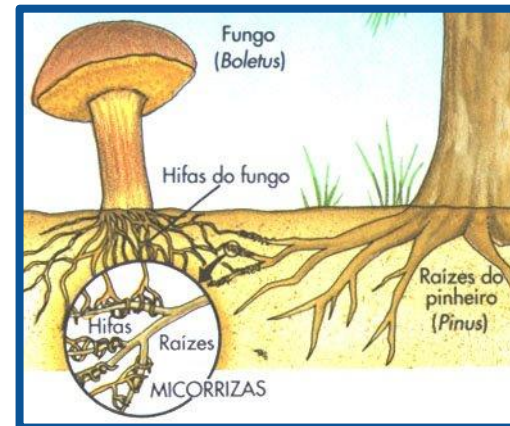
A maioría das plantas son autótrofas, pero non todas cobren os seus requerimientos nutricionais por fotosíntese. Estas son:

- Plantas simbióticas
- Plantas parásitas ou
- Plantas carnívoras

Plantas simbióticas

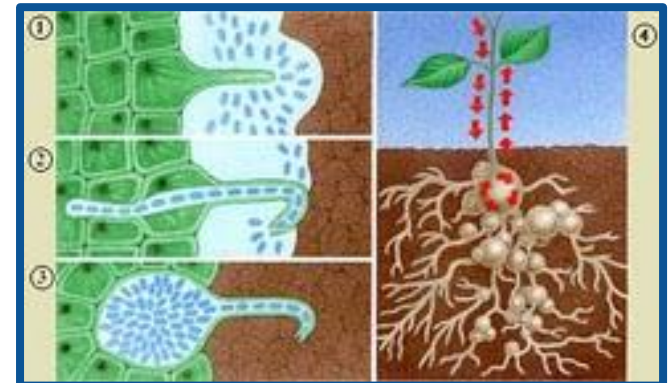
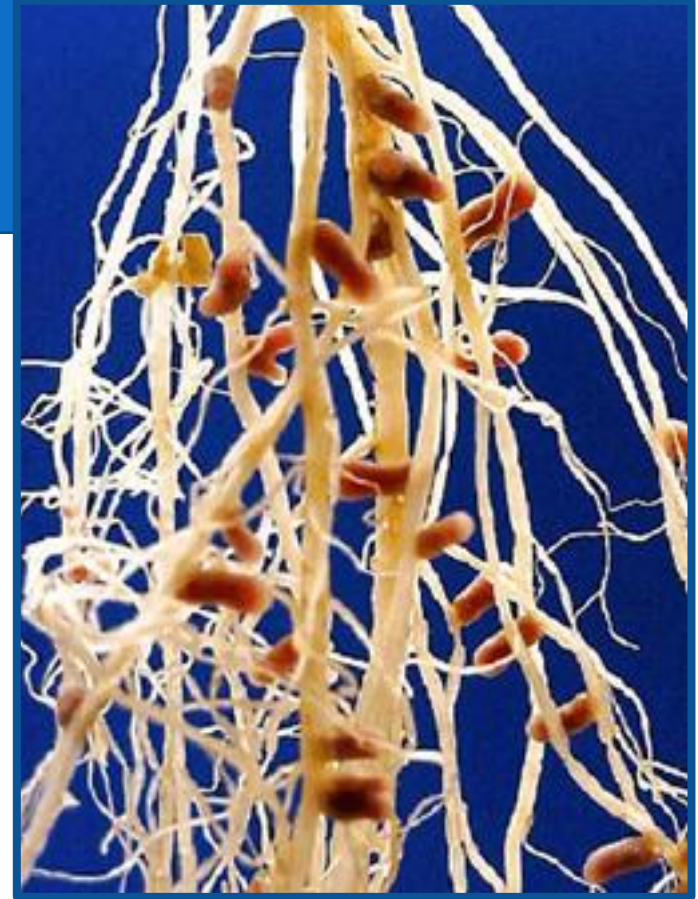
Viven asociadas a outros organismos como **bacterias** ou **fungos**, obtendo un beneficio mutuo. 2 tipos de relación:

- **RIZOBIOS**
- **MICORRIZAS**



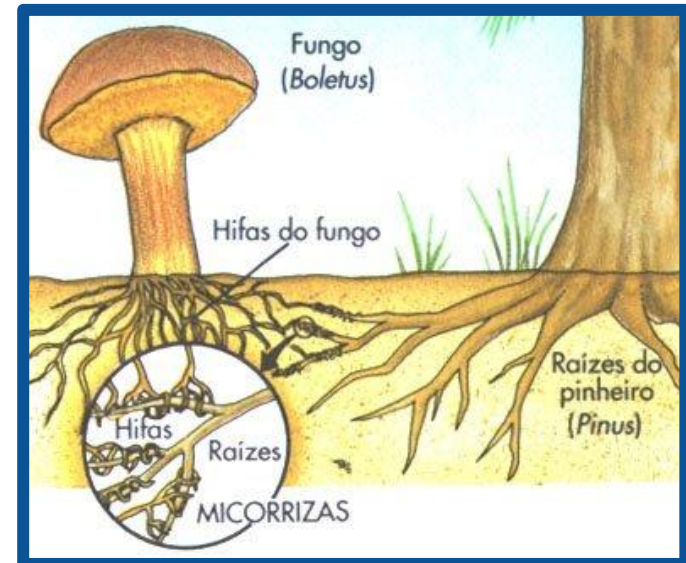
Rizobios

- É unha relación entre unha planta e bacterias fixadoras do nitróxeno.
- Pola súa importancia agrícola destaca a simbiose entre as bacterias *Rhizobium* e as raíces de leguminosas (lentellas, fabas,...)
- As bacterias penetran na raíz polos pelos radicais, onde forman un filamento de infección. Chegan ao parénquima onde se multiplican activamente, penetran no interior das súas células e forman uns vultos denominados **nódulos radiculares**.
- A planta benefíciase desta relación xa que as bacterias fixan o N_2 atmosférico e convérteno en amoníaco, composto que pode usar a planta, mentres que as bacterias se alimentan dos compostos orgánicos sintetizados pola planta.



Micorrizas

- As micorrizas están xeneralizadas no reino vexetal.
- Trátase dunha simbiose entre as raíces das plantas e certos fungos, de maneira que a planta proporciona compostos orgánicos e o fungo, por medio das súas hifas, aumenta nas raíces a superficie de absorción de auga e sales minerais.



Ectomicorrizas em plântula de *Pinus* com 4 cm acima do solo (extraído de Raven *et al.* 2001)

Plantas parásitas

Visgo (muérdago)



Barbas do cuco (Cúscuta)



Plantas parásitas

- Viven a expensas doutra planta, da que obteñen os nutrientes necesarios para súa supervivencia.
 - **FOTOSINTÉTICAS:** o **visgo** é unha planta parásita que vive na codia dalgúns árbores como o carballo. A Través de **haustorios**, modificacións das raíces, penetran ata o xilema, succionando auga e sales minerais que despois se transformarán en zume elaborado.
 - **NON FOTOSINTÉTICAS:** algunhas, como as **barbas de cuco** (cúscuta), carecen de clorofila, teñen nutrición heterótrofa e succionan o zume elaborado directamente do floema da planta parasitada por medio de **haustorios**



Plantas carnívoras

- Son plantas fotosintéticas que obtienen una parte del nitrógeno e dos sales minerales necesarios de insectos e doutros animais pequenos.
- Viven en solos pobres en nutrientes e teñen follas modificadas en forma de trampa, dotadas de glándulas secretoras de enzimas dixestivos cos que dixiren as súas presas



Venus pillamoscas
(*Dionaea muscipula*)

O destino da materia orgánica

É semellante en animais e vexetais

Os compostos orgánicos son utilizados para obtención de materia e enerxía no metabolismo

O Metabolismo está dividido en:

- Procesos catabólicos e
- procesos anabólicos e

Anabolismo en vexetais

- Anabolismo agrupa todas as reaccións químicas nas que se elaboran substancias complexas a partir doutras sinxelas
- As substancias complexas sírvenlle ás células para:
 - Fabricar as súas propias estruturas celulares
 - Utilizalas como substancias de reserva
- Nestes procesos as plantas sintetizan: amidón, celulosa, proteínas, lípidos, enzimas, etc.
- Algúns exemplos son:
 - Amidón: substancia de reserva por exelencia nos vexetais
 - Reacción reversible:
 - Se hai moita glicosa, acumúlase en forma de amidón
 - Se vai pouca glicosa, o amidón transfórmase en glicosa
 - Os engrosamentos suceden en talos, raíces, follas, sementes e froitos. É podemos utilizarla nós en produtos como a:
 - Pataca: talo subterráneo
 - Cana de azúcre: todo o talo
 - Remolacha: raíz (sacarosa)
 - Trigo ou arroz: sementes con amidón
 - Celulosa: para a formación das paredes celulares
 - Lípidos: para a construción de membranas celulares
 - Proteínas: para a construción de membranas celulares e enzimas

Catabolismo en vexetais

- É semellante nos Animais e nos Vexetais
- **Catabolismo** = degradación de compostos orgánicos noutros químicamente máis sinxelos, liberando a enerxía metabólica utilizada para outros procesos vitais.
- O principal proceso catabólico é a **Respiración celular**, que nas plantas ten lugar tanto de día como de noite.
- Unha das particularidades do catabolismo das plantas é que as células vexetais son capaces de transformar as graxas en glícidos (moi importante nas plantas oleaxinosas, como o xirasol ou a oliveira)
- Durante a xerminación das sementes, as graxas transfórmanse en glicosa, que servirá para a alimentación do embrión.