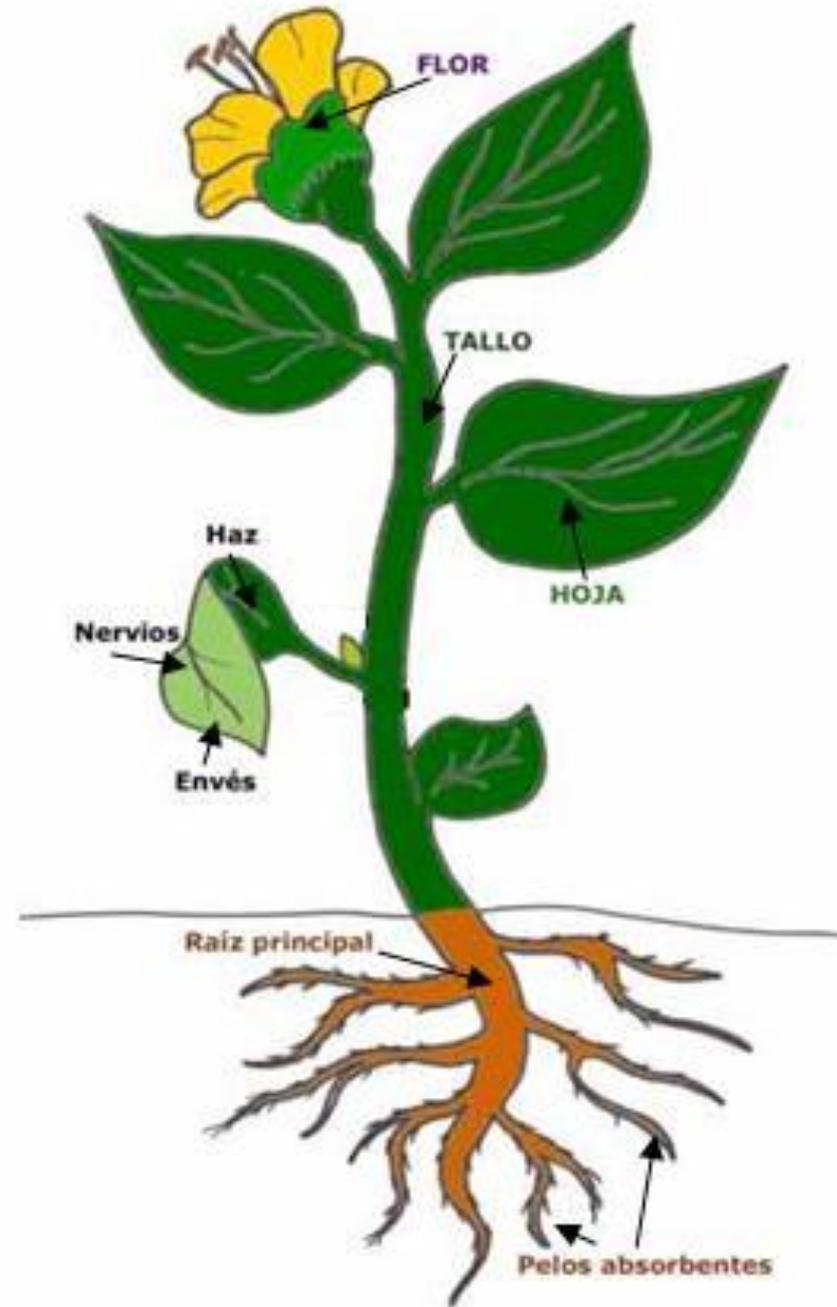
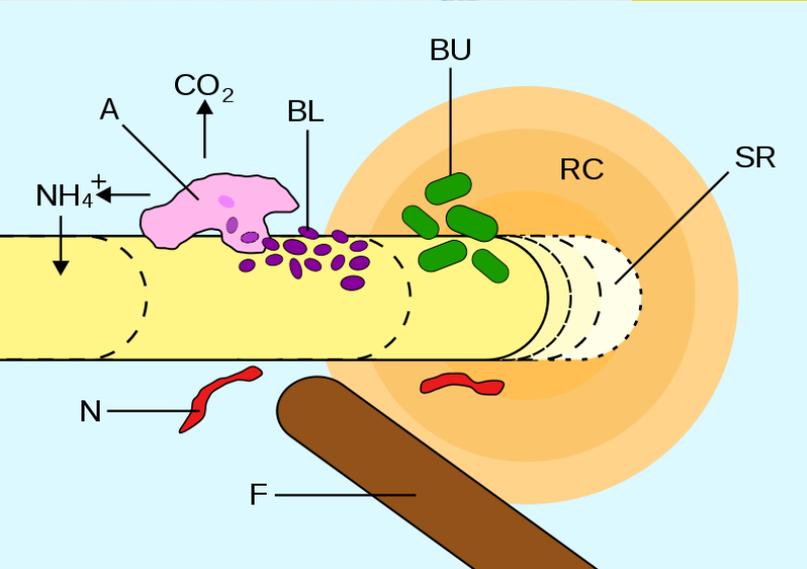
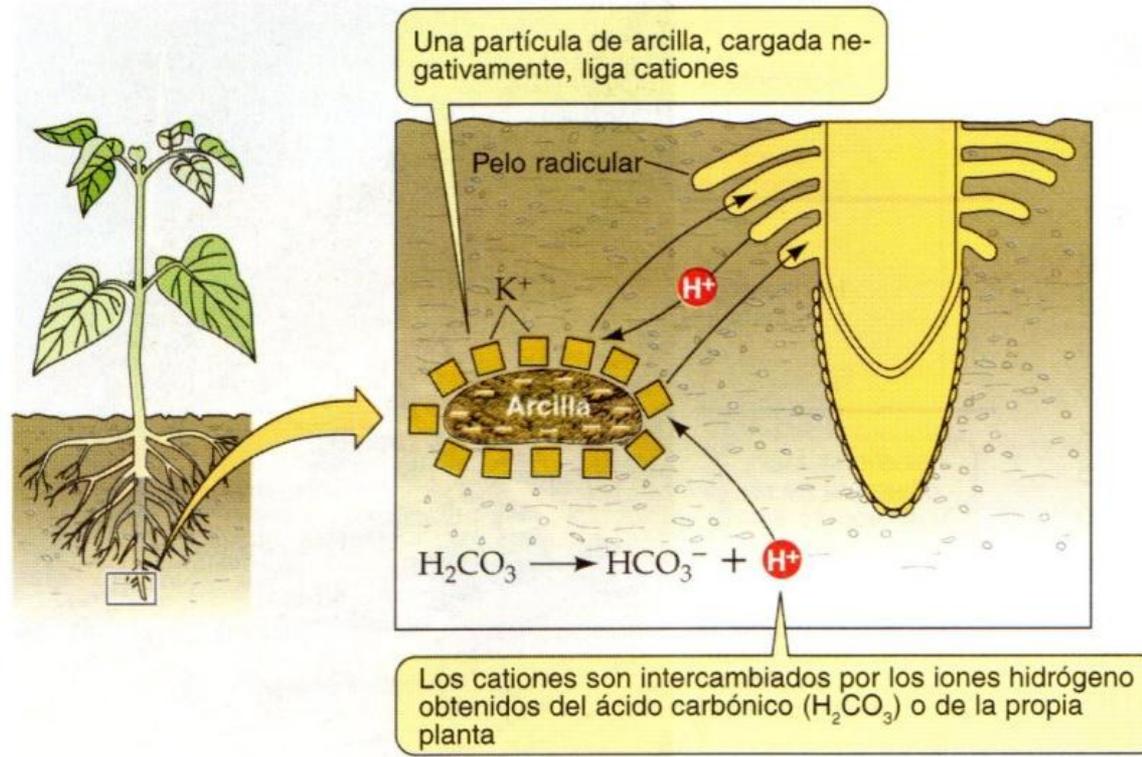


# *Nutricion Mineral*



# CALIPTRA > MUCIGEL



# RIZOSFERA > MUCIGEL > interfase suelo-planta

## Comunidad de la rizosfera

- A**= ameba que ingiere bacterias,
- BL-BU**= bacterias;
- RC**= carbohidratos derivados de la raíz;
- SR**= células descamadas de los pelos radiculares;
- F**= hifas de hongos;
- N**= nematodos



# NUTRICION MINERAL

## CRITERIOS DE ESENCIALIDAD

- \*En ausencia de un determinado elemento la planta no puede completar su ciclo biológico.
- \*No puede ser sustituido totalmente por otro elemento.
- \*Si esta implicado en la nutrición vegetal el elemento es constituyente de un metabolito esencial o esta implicado en el funcionamiento de una enzima.

MACRONUTRIENTES: Son requeridos en cantidades relativamente grandes por las plantas. 1000 mg/ kg Peso Seco –

**Nitrógeno-N- Potasio- K- Fósforo-P- Calcio- Ca- Magnesio- Mg- Azufre- S- Hierro- Fe-**

MICRONUTRIENTES: Son requeridos en cantidades pequeñas por las plantas. 100 mg/ kg Peso Seco-

**Cloro-Cl- Boro-B- Manganeso-Mn- Zinc- Zn- Cobre-Cu- Molibdeno-Mo-**

MACRONUTRIENTE	$\mu\text{Mol.g}^{-1}$
Nitrógeno – N	1000
Potasio – K	250
Calcio – Ca	125
Magnesio – Mg	80
Fósforo – P	60
Azufre – S	30

MICRONUTRIENTE	$\mu\text{Mol.g}^{-1}$
Cloro – Cl	3
<b>Hierro – Fe</b>	<b>3</b>
Boro – B	2
Manganeso – Mn	1
Zinc – Zn	0.3
Cobre – Cu	0.1
Niquel – Ni	0.002
Molibdeno – Mo	0.001

# ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

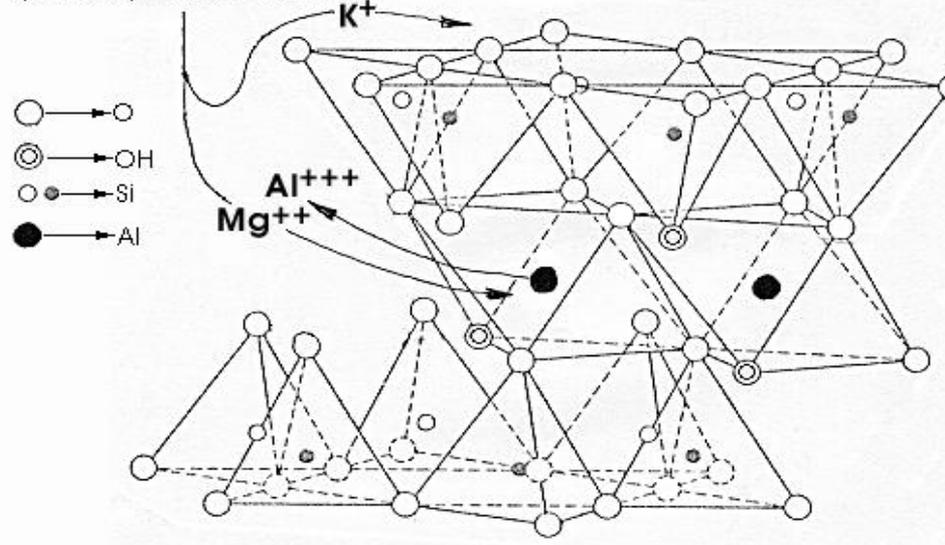
**Transporte pasivo** > sin gasto energético, por diferencias de potencial electro químico.

**Intercambio iónico** >> ocurre entre los iones adsorbidos en las partículas del suelo ( $K^+$  -  $NH_4^+$ ) y las paredes celulares del tejido radicular (cationes).

En el suelo son varios los materiales que pueden intercambiar cationes.

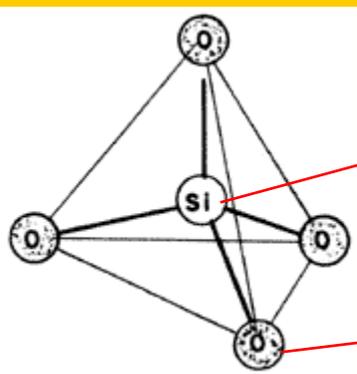
**Los principales intercambiadores son las arcillas (silicatos o aluminatos con predominio de cargas -)**

El aluminio dioctaédrico abandona la estructura del mineral y al ser sustituido por un magnesio se crea un déficit de carga que atrae a un catión monovalente que queda en posición de cambio.



**La materia orgánica (grupos  $COO^-$  por disociación del ácido carboxílico).**

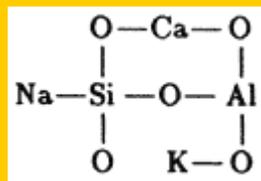




Si<sup>+4</sup>

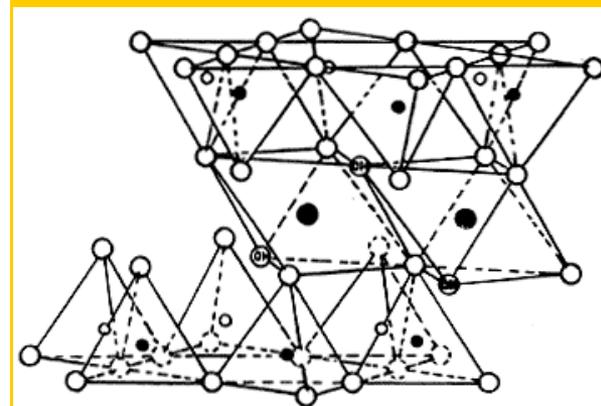
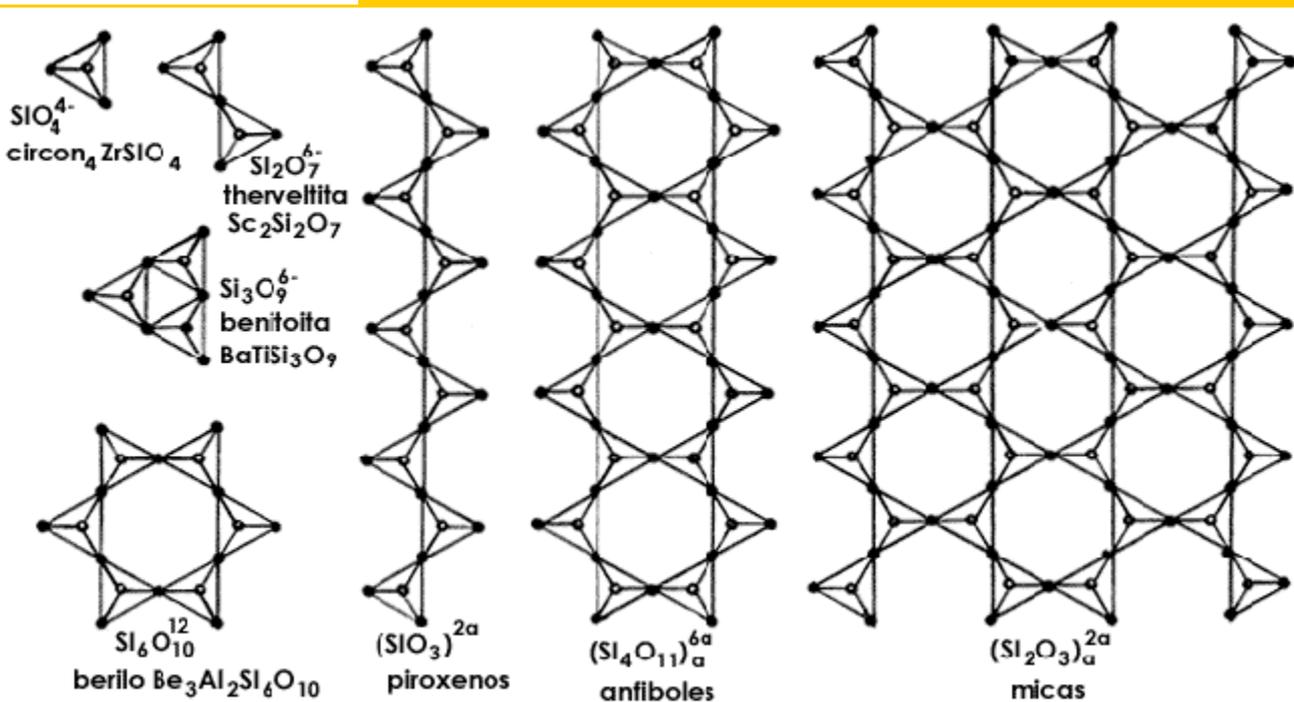
Tetraedro

O<sup>-2</sup>

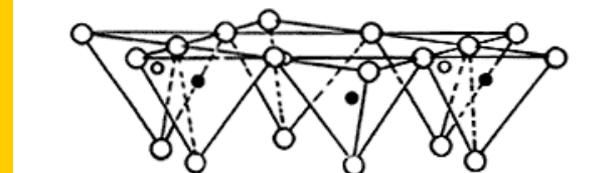


Reemplazo  $\text{Si}^{+4} > \text{Al}^{+3}$   
 deja cargas - libres que atraen cationes  
 para compensarse, Na, K, Ca, ...

### Sustitución isomorfica



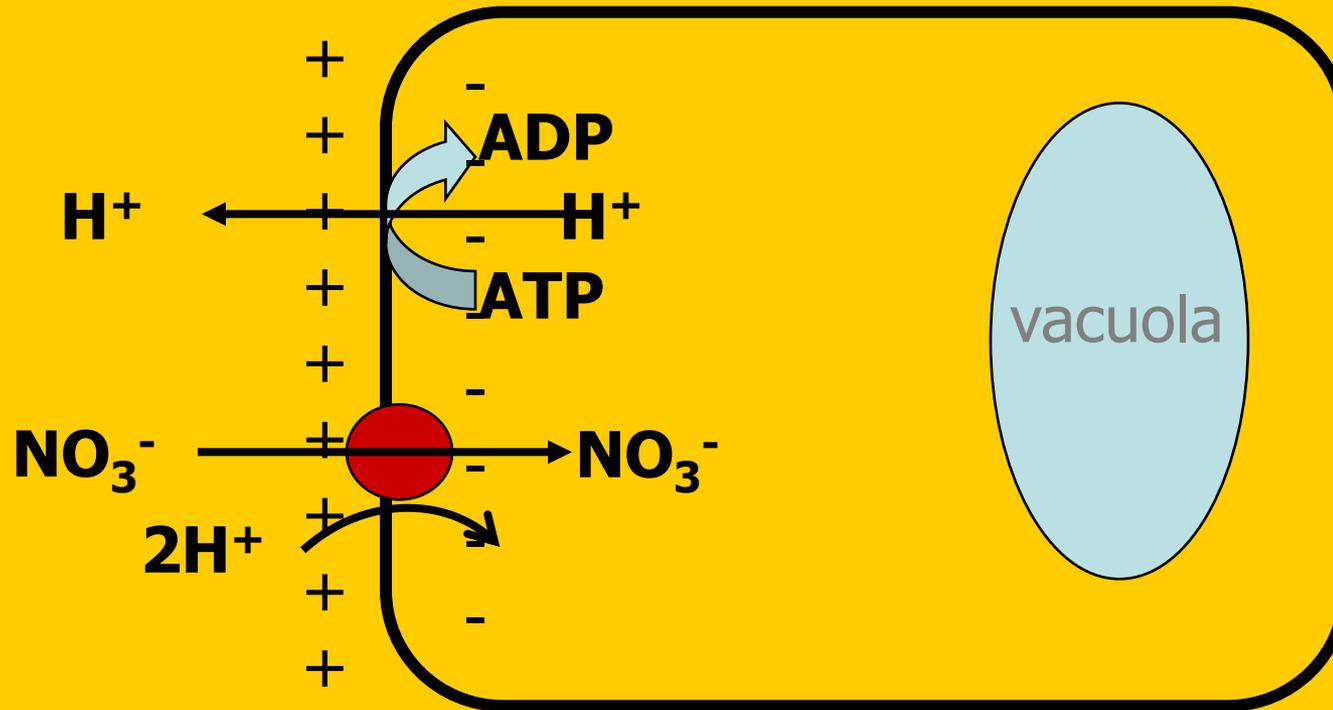
CATIONES INTERCAMBIABLES Y AGUA INTERLAMINAR



○ Oxígeno    ⊕ Hidroxilos    ● Aluminio, Hierro, Magnesio  
 ○ y ● Silicio

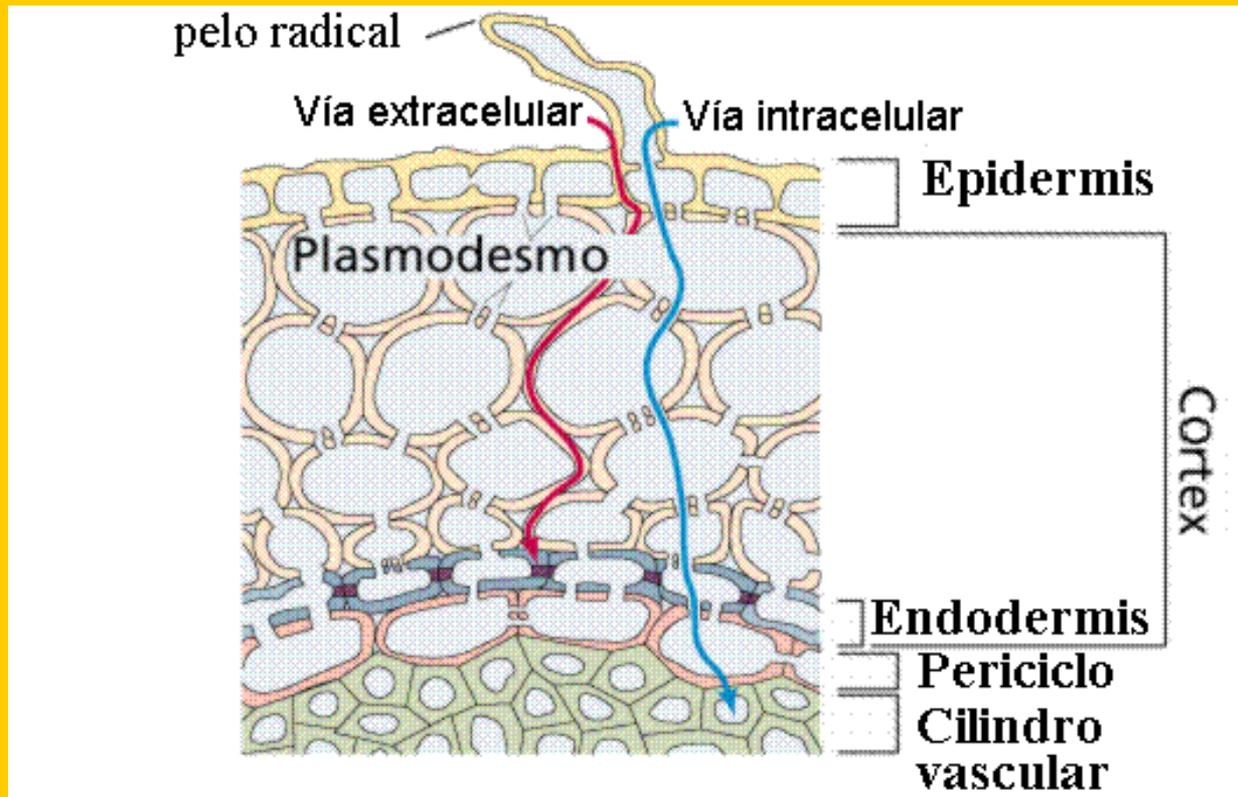
**Flujo masal** >> arrastre de iones de la solución del suelo junto con la corriente de agua.

**Transporte activo** >> con gasto de energía >> en las raíces se asocia a la energía de la cadena transportadora de electrones >> Teoría quimioosmótica ( $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ).



**La absorción de  $NO_3^-$  está mediada por un mecanismo de simporte  $2H^+/NO_3^-$**

# TRANSPORTE A CORTA Y LARGA DISTANCIA



## A larga distancia

- \* **Flujo masal** provocado por  $\Delta \Psi_w$
- \* **Intercambio iónico** >> en el xilema  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$
- \* **Discriminación iónica** >> las células que rodean al xilema absorben más  $Na^+$  que el resto de las células para evitar el exceso de  $Na^+$  en las hojas
- \* **Exportación**

# ALGUNAS CONSIDERACIONES

**pH** >> es un factor importante en el proceso de crecimiento de la planta

- \* Las raíces crecen en suelos levemente ácidos entre 5,5 / 6,5

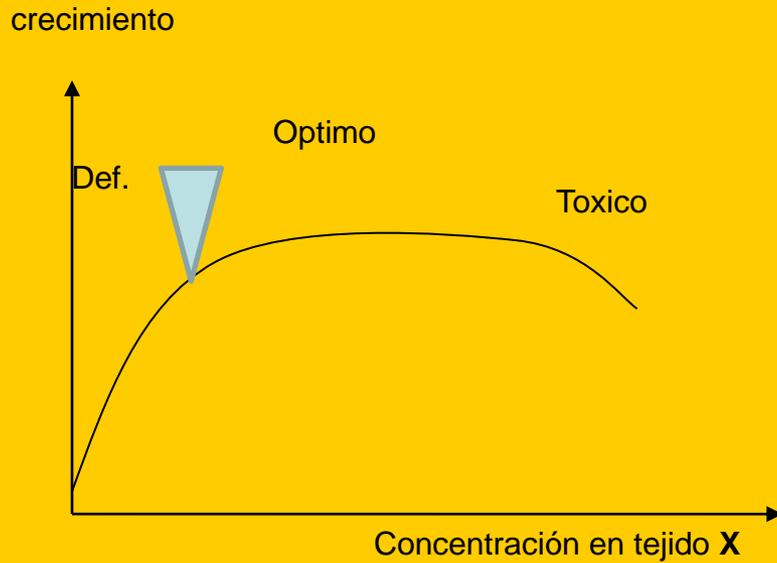
- \* Los hongos predominan en suelos ácidos y las bacterias en suelos alcalinos

- \* La descomposición de materia orgánica favorece la acidez

- \* La meteorización de rocas en zonas áridas libera cationes, pero no son lixiviados por las bajas precipitaciones, lo que favorece la alcalinización del suelo.

- \* La disponibilidad de nutrientes en el suelo depende en gran medida del pH del suelo. La acidez favorece la liberación de  $K^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  de las rocas y aumenta la solubilidad de los carbonatos, sulfatos y fosfatos.

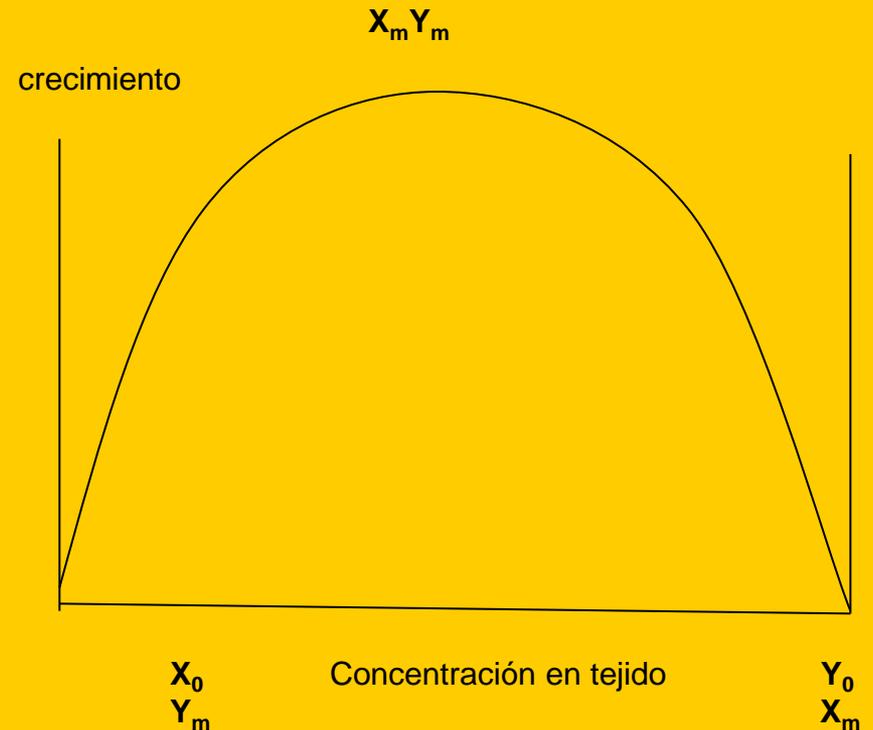
# Curvas de crecimiento



**Punto crítico:** concentración a partir de la cual se reduce entre 5-10% el crecimiento de la planta

## DEFICIENCIA NUTRICIONAL

Produce una serie de alteraciones que pueden retrasar e incluso detener el crecimiento y/o desarrollo de la planta.



## MOVILIDAD DE LOS NUTRIENTES

Se refiere a la exportación de nutrientes que se realiza desde algunos órganos de la planta a otros, por la vía del floema. Es un factor importante a tener en cuenta cuando hay que descubrir cuál es el elemento en déficit.

**Nutrientes Móviles:** Nitrógeno, Fósforo

**Nutrientes Poco Móviles:** Potasio, Calcio

La pérdida de nutrientes por lavado es una forma de recuperar los elementos poco móviles. El lavado ocurre normalmente por la lluvia y devuelve los nutrientes al suelo, para ser nuevamente absorbidos.

Son susceptibles de **lavado** el K, Ca, Mg, Mn. En cambio el P, Zn y N son retenidos más fuertemente.

# EXCESO DE NUTRIENTES

**SALINIDAD:** restringe el crecimiento de las plantas. Las plantas que crecen en suelos salinos se denominan >> **Halófitas** (Quenopodiaceas y Plumbaginaceas).

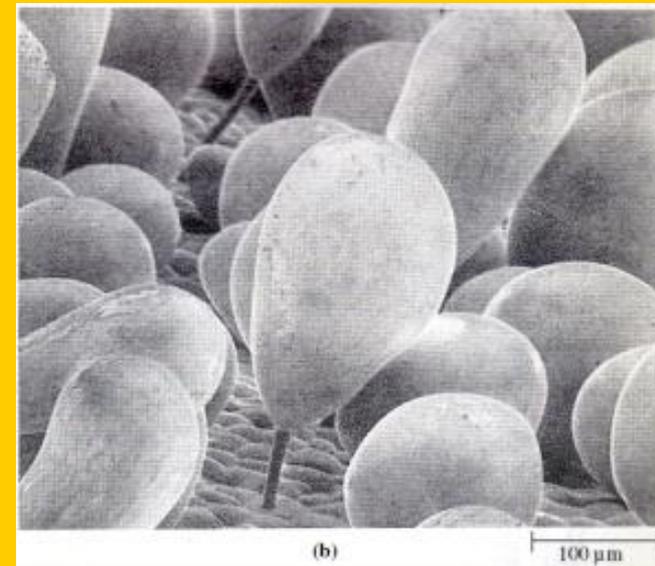
Las consecuencias negativas de la salinidad se deben a dos fenómenos:

- Restricciones al ingreso de agua >> deshidratación y reducción de la expansión celular.
- Asociadas al ingreso de  $\text{Na}^+$  >> disminución en la concentración interna de  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$ , >> reducciones en el crecimiento y muerte de órganos.

**Dilución:** Suculencia (*Suaeda maritima*)

**Exclusión de sal:** la sal se bombea fuera de la célula (*Agropirum junceiforme*) y en algunos casos se confina en las raíces (*Eragrostis Tenella*).

**Excreción de sal:** la sal se excreta mediante glándulas especializadas, fuera de la planta (*Atriplex lampa*, *Tamarix sp.*)



**CALCIO:** su exceso produce clorosis generalizada debido a la imposibilidad de captar Fe (antagónicos). Las plantas tolerantes se denominan **Calcícolas**, la concentración intracelular de  $\text{Ca}^{+2}$  es elevada, en forma de malatos de Ca, elemento soluble.

**METALES PESADOS:** algunas plantas presentan concentraciones elevadas de Zn, Pb, Ni, Cr, Cu, Co. Se las considera tolerantes a los metales pesados y algunas incluso se utilizan como indicadores de yacimientos metálicos (*Astragalus* >> selenio).

La tolerancia esta genéticamente determinada, es específica para un ion determinado. Se han encontrado mecanismos de tolerancia al Zn que implican su acumulación en las paredes celulares. La toxicidad puede disminuir por reducción enzimática. Se postula la presencia de sustancias orgánicas como aminoácidos (cisteína) o peptidos pequeños (*metalotioneinas*), que forman complejos inocuos con los metales pesados >>>

**Fitoquelatinas** >> promueven el “*confinamiento vacuolar*”

# FUNCION DE LOS NUTRIENTES

**NITROGENO**- aminoácidos, proteínas, ác. nucleicos, clorofila, coenzimas (NAD) >> clorosis generalizada. Se absorbe principalmente como  $\text{NO}_3^-$  y en menor proporción como  $\text{NH}_4^+$ .

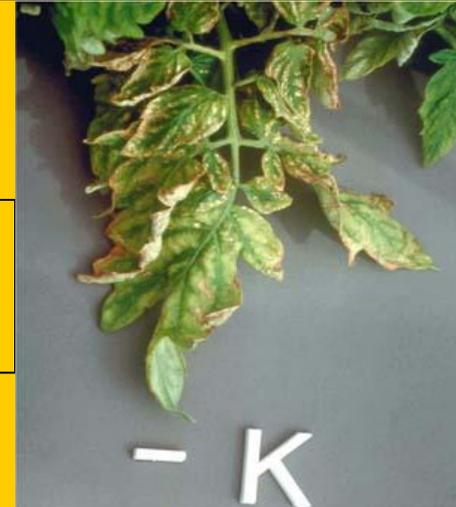
Necesita ser reducido para incorporar a los aminoácidos.



**FOSFORO**- nucleótidos (ATP, GTP, ác. Nucleicos), fosfolípidos > induce severas alteraciones en el metabolismo. Se absorbe principalmente como  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ . Puede quedar en estado libre o formar esteres con azúcares.



**POTASIO**- responsable del  $V_m$ , activador de numerosas enzimas, participa en el ajuste osmótico:  $\Psi_s$ , turgencia, apertura estomática, movimiento de hojas, transporte de floema, crecimiento celular >> reduce el crecimiento.



**CALCIO**- componente de membranas y paredes celulares (pectatos de  $\text{Ca}^{+2}$ ), cofactor enzimático > regulador iónico >> malformación de hojas jóvenes, necrosis de ápices, raíces pequeñas, clorosis, necrosis.





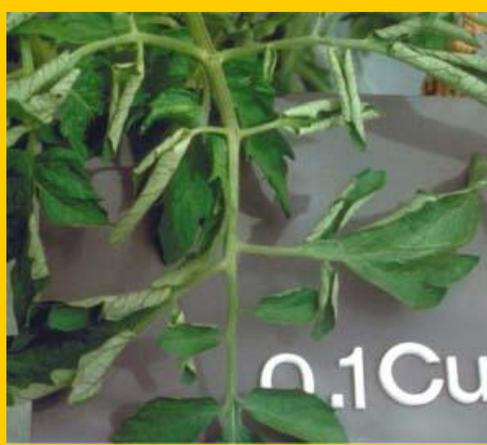
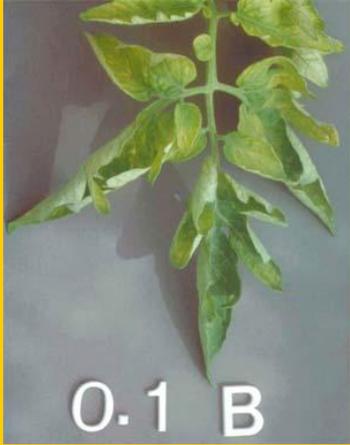
**AZUFRE-** coenzima A, vitaminas (biotina, tiamina), aminoácidos (cisteína, metionina), proteínas, enzimas >> provocando clorosis generalizada. Se absorbe como  $\text{SO}_4^{=}$  y debe ser reducido para incorporar a compuestos orgánicos. La hoja puede absorber  $\text{SO}_2$ , en solución forma ion bisulfito  $\text{HSO}_3^-$ , se oxida a  $\text{SO}_4\text{H}_2$



**MAGNESIO-** clorofila (10%), cofactor enzimático (metabolismo energético, formación ADN y ARN), mantiene integridad ribosomas, ác. Nucleicos y membranas > clorosis de hojas e internerval. Fuerte antagonista con  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{K}^+$



**HIERRO-** metaloproteínas (ferredoxina, citocromooxidasa, catalasas, citocromos), cofactor enzimático >> clorosis generalizada. Se absorbe principalmente en estado ferroso  $\text{Fe}^{+2}$ , por eso en suelos muy alcalinos (> 7) puede haber deficiencia de Fe.



**COBRE-** integrante de enzimas oxidativas

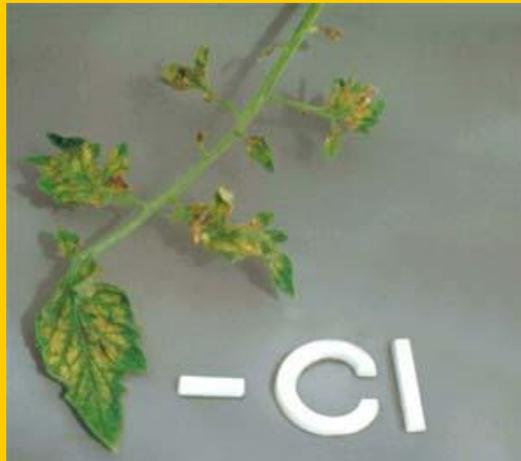
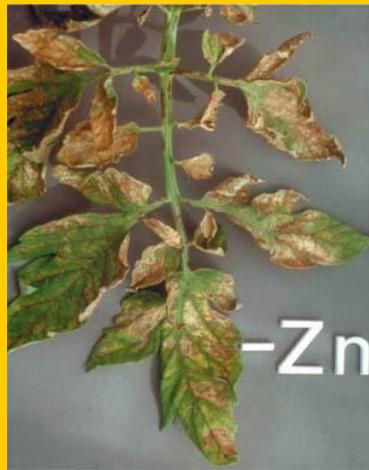
**CLORO-** participa de la regulación osmótica, y protege al Fotosistema II de oxidaciones perjudiciales.

**BORO-** facilitaría el transporte de azúcares, participa en la glucólisis y en la ruta de las pentosas.

**MANGANESO-** participa transferencia de  $e^-$  durante la hidrólisis del  $H_2O$  (fotosíntesis), activador enzimático.

**MOLIBDENO-** componente de la enzima nitratorreductasa y nitrogenasa > fijación de N atmosférico.

**ZINC-** activador enzimático (ribonucleasas), participa síntesis de auxinas.





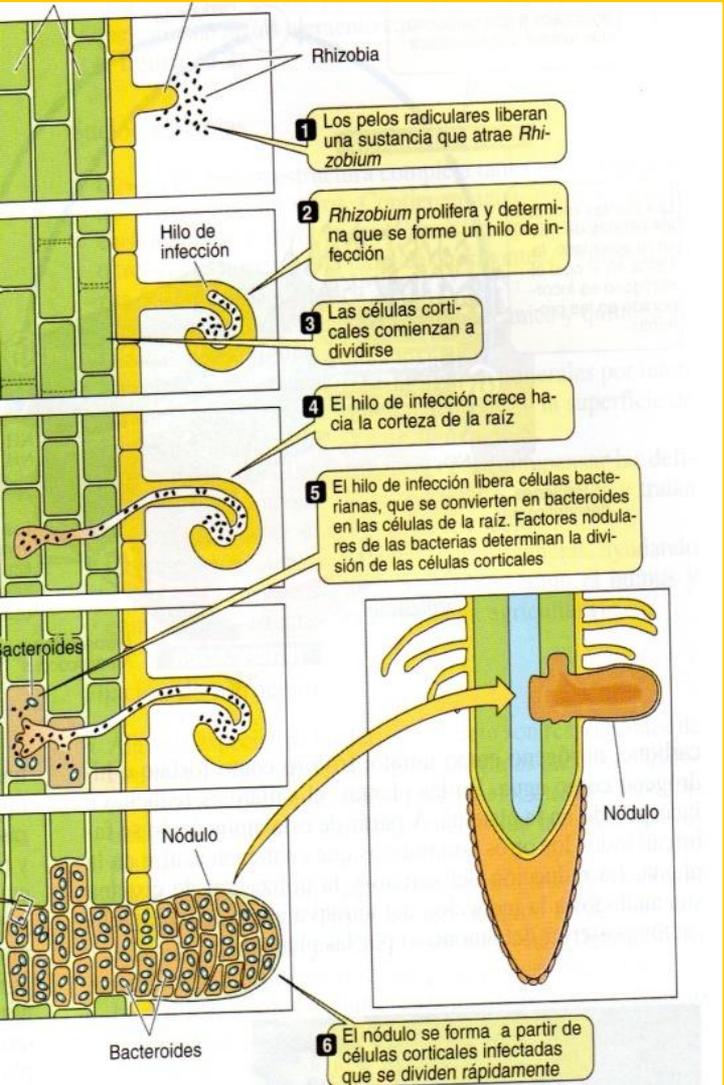
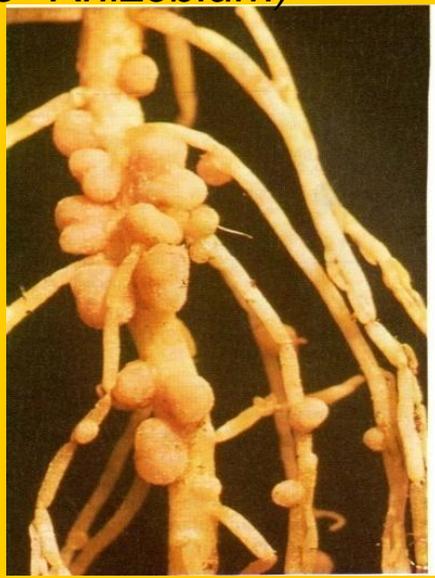
# FIJACION DEL N ATMOSFERICO (Bacterias fijadoras del Nitrógeno- *Rhizobium*)



complejo Nitrogenasa

Nitrogenasa: es activada por ARNm de la planta huésped

$\gggg$  vía cetoácidos  
 ac. Glutámico, glutamina  
 $\gggggg$  aminoácidos  
 $\gggggg$  proteínas



La planta libera al medio **favonoides** (Flavonas e Isoflavonas) que interaccionan con la proteína **Nod D** bacteriana.

**Nod D** es un factor de transcripción presente en todas las especies de rizobios; regula la transcripción de genes *nod*.

Dichos genes *nod* inducen la síntesis de **Factores Nod**, que generan la deformación y enrulamiento del pelo radicular, la formación del hilo de infección y la división celular cortical en la planta huésped  $\ggg$  **INDUCEN LA NODULACION**

Los factores Nod D son determinantes de la especificidad de huésped, ya que se activan con un flavonoide específico

