

Nutrición Vegetal



Fijación del Nitrógeno



MOVIMIENTO INTERNO DE *NUTRIMENTOS*

- Los nutrimentos son transportados desde las raíces hacia las hojas a través del **xilema**
- Los nutrimentos pueden ser transportados (redistribuidos, translocados) desde las hojas viejas hacia las hojas jóvenes y raíces a través del **floema**
- **Xilema:** en la transpiración (pasivo)
- **Floema:** por gradiente de presión hidrostática (activo = se requiere energía)

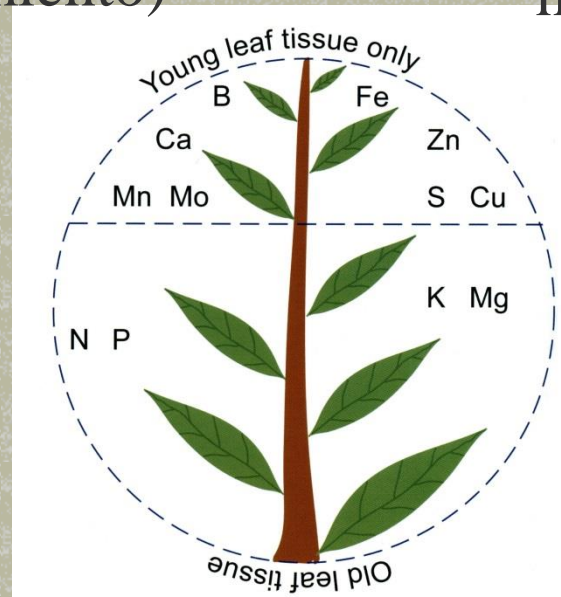


MOVIMIENTO INTERNO DE NUTRIMENTOS

- Los nutrientes que pueden trasladarse en la planta - **móviles**:
 - **Nitrógeno**
 - **Fósforo**
 - **Potasio**
 - **Magnesio**
 - **Molibdeno**
 - **Calcio**
 - **Cloro**
 - **Sodio**
 - **Zinc**
- Los nutrientes que son fijados luego de su uso – **inmóviles**:
 - **Azufre**
 - **Hierro**
 - **Cobre**
 - **Manganeso**
 - **Boro**

DEFICIENCIAS DE NUTRIMENTOS

- Nutrimientos **móviles**:
 - Los síntomas se muestran en las **hojas más viejas** (ya que la planta trasloca los nutrientes hacia las zonas de nuevo crecimiento)
- Nutrimientos **inmóviles**:
 - Los síntomas se muestran en las **hojas más nuevas** (ya que la planta no puede mover dichos nutrientes)





Macronutrientes

- Carbono > 0.1%
 - Hidrógeno
 - Oxígeno
 - Nitrógeno
 - Fósforo
 - Azufre
 - Magnesio
 - Potasio
 - Calcio
- Se requieren en concentraciones de 1g/kg de materia seca



Micronutrientes

< 0.01%

- Molibdeno
- Níquel
- Cobre
- Zinc
- Manganeso
- Boro
- Hierro
- Cloro

Se requieren en concentraciones iguales o menores de 100 mg/kg de materia seca.

Importante:

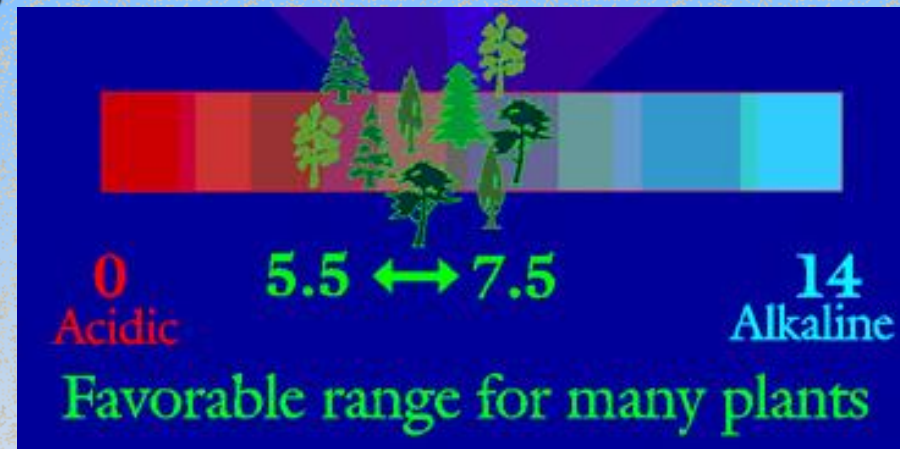
- 1. Para que el funcionamiento metabólico de la planta sea adecuado y su desarrollo óptimo, es necesario que las sustancias nutritivas se encuentren en equilibrio**
- 2. Un exceso o déficit origina plantas débiles, susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, baja calidad alimentaria y cosechas de poca durabilidad**
- 3. Cada nutriente no se evalúa de forma aislada, sino en su relación con los demás (de aquí que es importante el conocimiento de las funciones de cada uno en relación con el metabolismo vegetal)**

Concepto de elemento mineral indispensable

1. Su **presencia**, incluso a tenores infinitesimales, es necesaria para el desarrollo de la planta
2. Su **ausencia** ocasiona efectos drásticos en la fisiología de la planta
3. Un **elemento indispensable** debe tener uno o varios roles específicos en el metabolismo del vegetal
- 4.- Un **elemento indispensable** debe ser **específico** y no puede ser reemplazado integralmente por otros elementos similares.

Efecto del pH del suelo

Entre los valores de pH del suelo de 5.0-7.5, la mayor parte de los nutrientes suelen ser directamente asimilables por la mayor parte de los vegetales



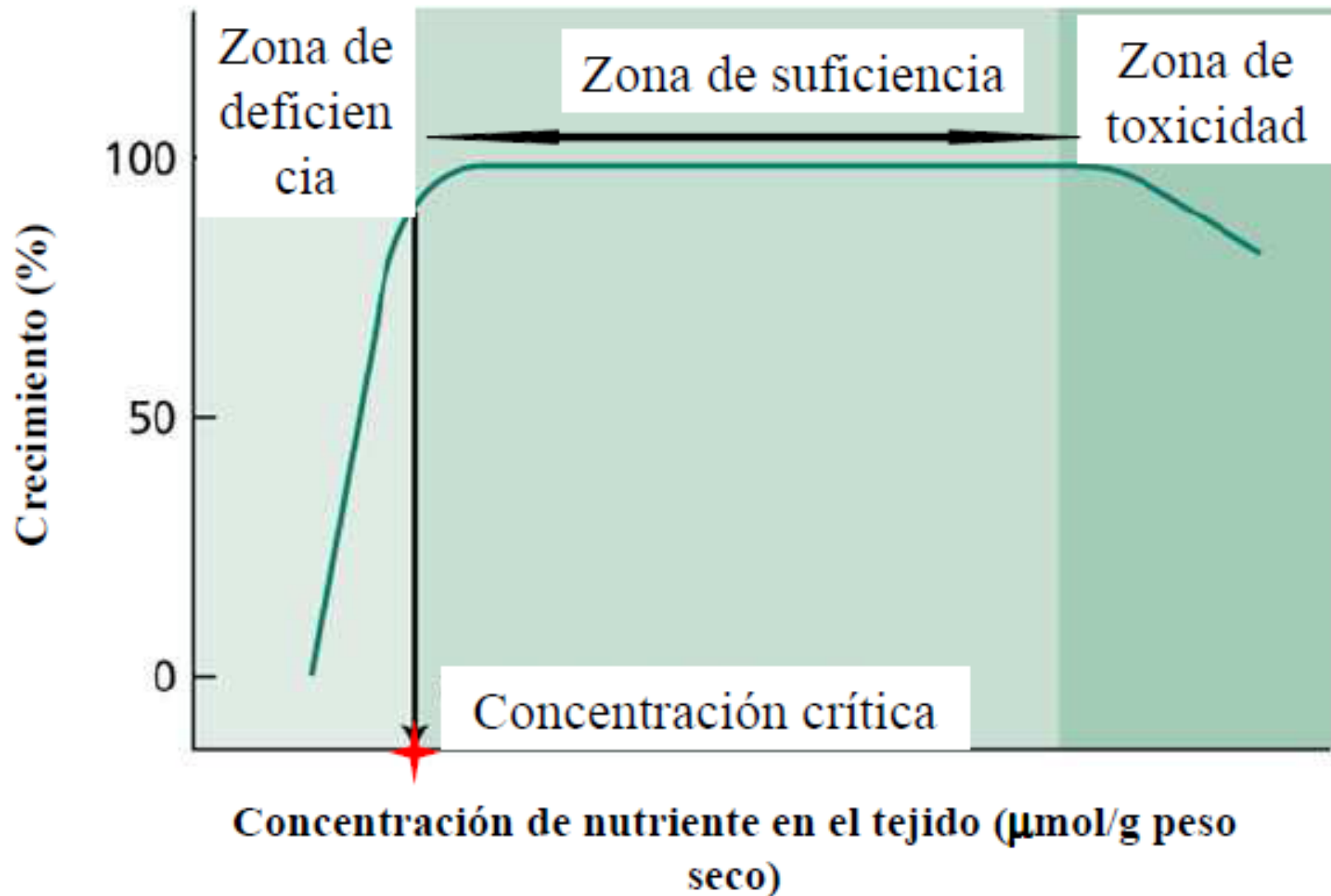
Cuando se exceden los valores de pH de 7.5, la formación de precipitados puede causar importantes problemas de nutrición vegetal, mientras que para pH's inferiores a 5.0 el sistema radicular corre graves riesgos de ser dañado.

Los elementos químicos esenciales y sus principales funciones en las plantas.

Elemento químico	Partícula química en que lo capta	Principales funciones
Azufre	SO_4^{2-}	Componente de algunos aminoácidos y vitaminas
Boro	$H_2BO_3^{1-}$	Participa en el transporte a través de la membrana celular y en el aprovechamiento del calcio
Calcio	Ca^{2+}	Componente cementante de las paredes celulares,; participa en la permeabilidad de la membrana; activador enzimático
Carbono	CO_2	Reactivo de la fotosíntesis; componente de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos
Cloro	Cl^{1-}	Participa en la fotosíntesis y en el balance iónico
Cobre	Cu^{1+}, Cu^{2+}	Activador enzimático de la fotosíntesis

Fierro	Fe^{2+}, Fe^{3+}	Participa en reacciones enzimáticas y en moléculas de transporte de electrones en los procesos de la fotosíntesis, respiración y fijación del nitrógeno
Fósforo	$H_2PO_4^{1-}, HPO_4^{2-}$	En ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP (en la transferencia de energía)
Hidrógeno	H_2O	Componente de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos
Magnesio	Mg^{2+}	Componente de la clorofila; activador enzimático en el metabolismo de los carbohidratos
Manganeso	Mn^{2+}	Activador de enzimas que participan en la respiración y en el metabolismo del nitrógeno; necesario para la fotosíntesis
Molibdeno	MoO_4^{2+}	Activador de enzimas que participan en el metabolismo del nitrógeno
Nitrógeno	NO_3^{1-}, NH_4^{1+}	Componente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, algunas coenzimas
Oxígeno	CO_2, H_2O	Componente de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos
Potasio	K^{1+}	Participa en el balance iónico celular mediante la ósmosis; apertura y cierre de estomas; activador enzimático
Zinc	Zn^{2+}	Activador de enzimas en la respiración y en el metabolismo del nitrógeno

Métodos cuantitativos



Síntomas de deficiencia en Tomate.



- N
Clorosis



- P
Zonas necróticas



- K
Necrosis marginal



- S
Clorosis
Venas y peciolo rojizo



- Ca
Necrosis basal



- Mg
Clorosis intervenal

Deficiencia de nitrógeno

- La relación tallo /raíz se altera



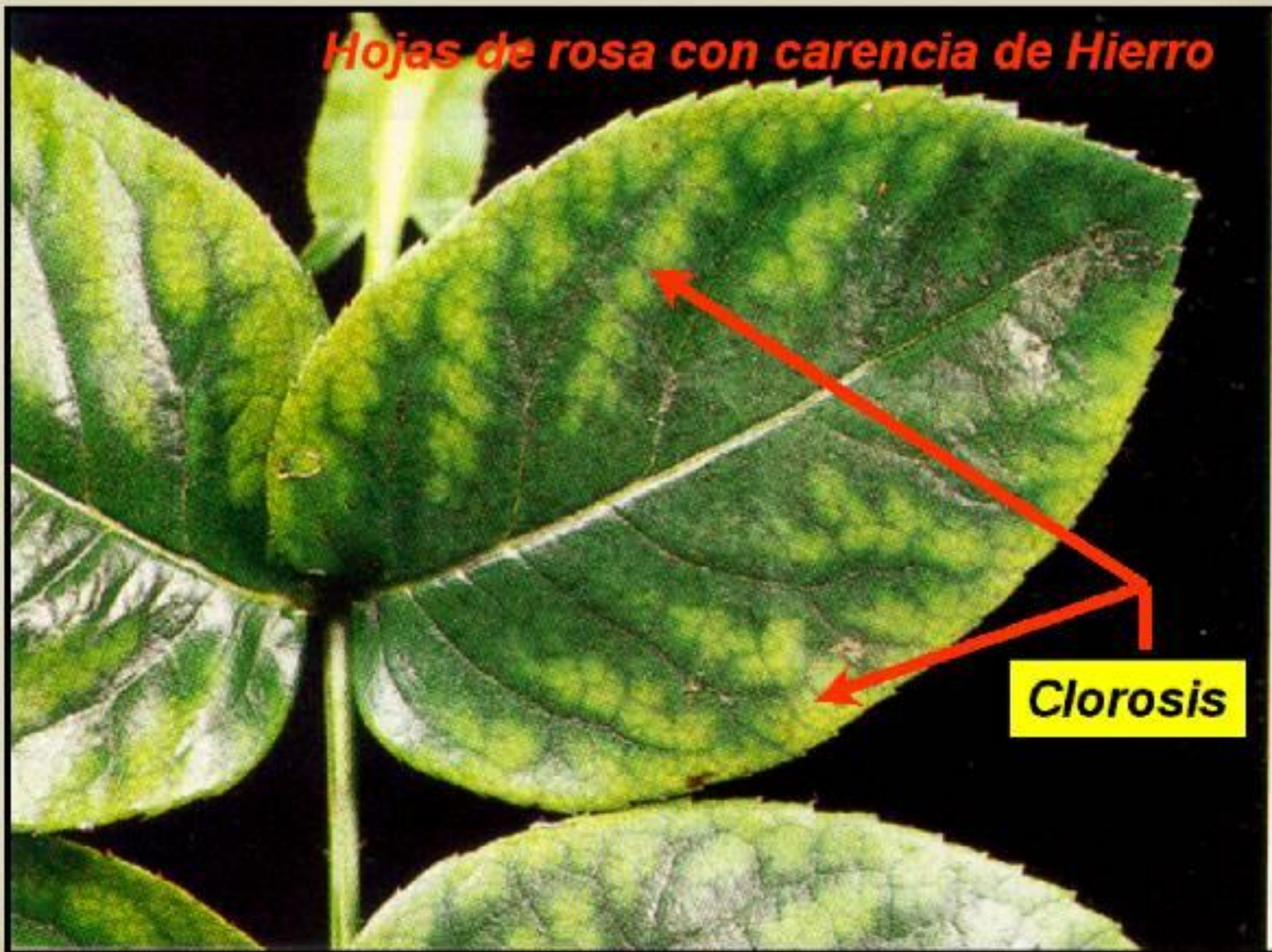
Síntomas de carencias

**Hojas de vid con
carencia de Fósforo**



Síntomas de carencias

Hojas de rosa con carencia de Hierro



Clorosis

Síntomas de carencias



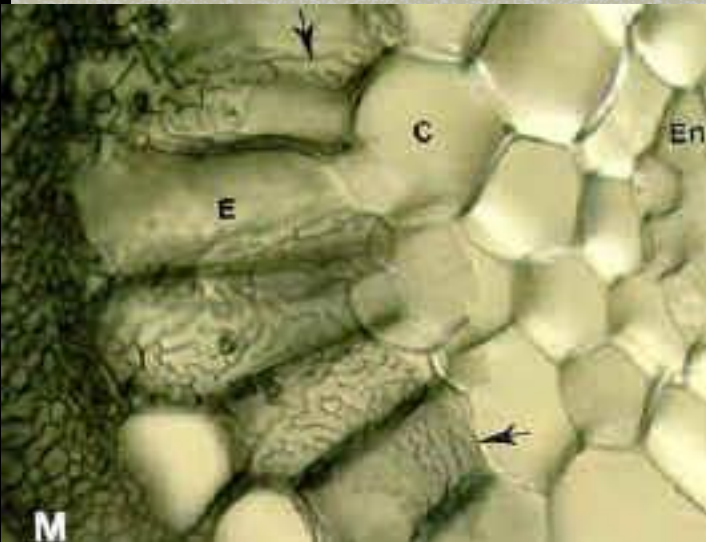
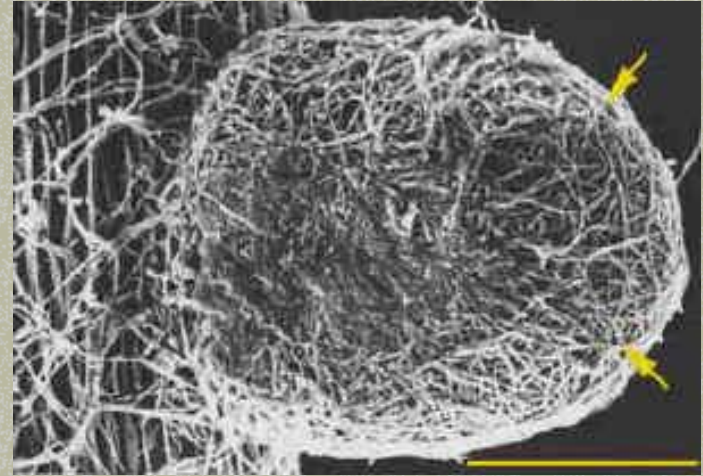
**Hojas de patata con
carencia de Manganeso**

Fertilizante	Grado usual	N	P2O5	K2O
Macro nutriente solo		_____ % _____		
Amoniaco (gas)	82-0-0	82	0	0
Nitrato de amonio	33.5-0-0	33.5	0	0
Urea	46-0-0	46	0	0
Superfosfato triple	0-46-0	0	46	0
Cloruro de potasio (muriato)	0-0-60	0	0	60
Macro nutriente múltiple				
Sulfato de amonio	21-0-0	21	0	0
Fosfato diamónico (DAP)	18-46-0	18	46	0
Triple 17	17-17-17	17	17	17
Sulfato de potasio	0-0-50	0	0	50

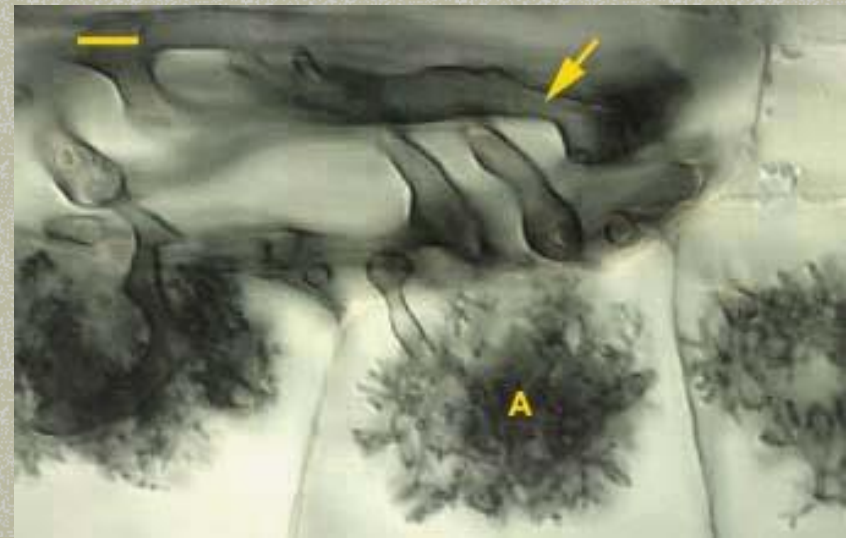


Micorrizas

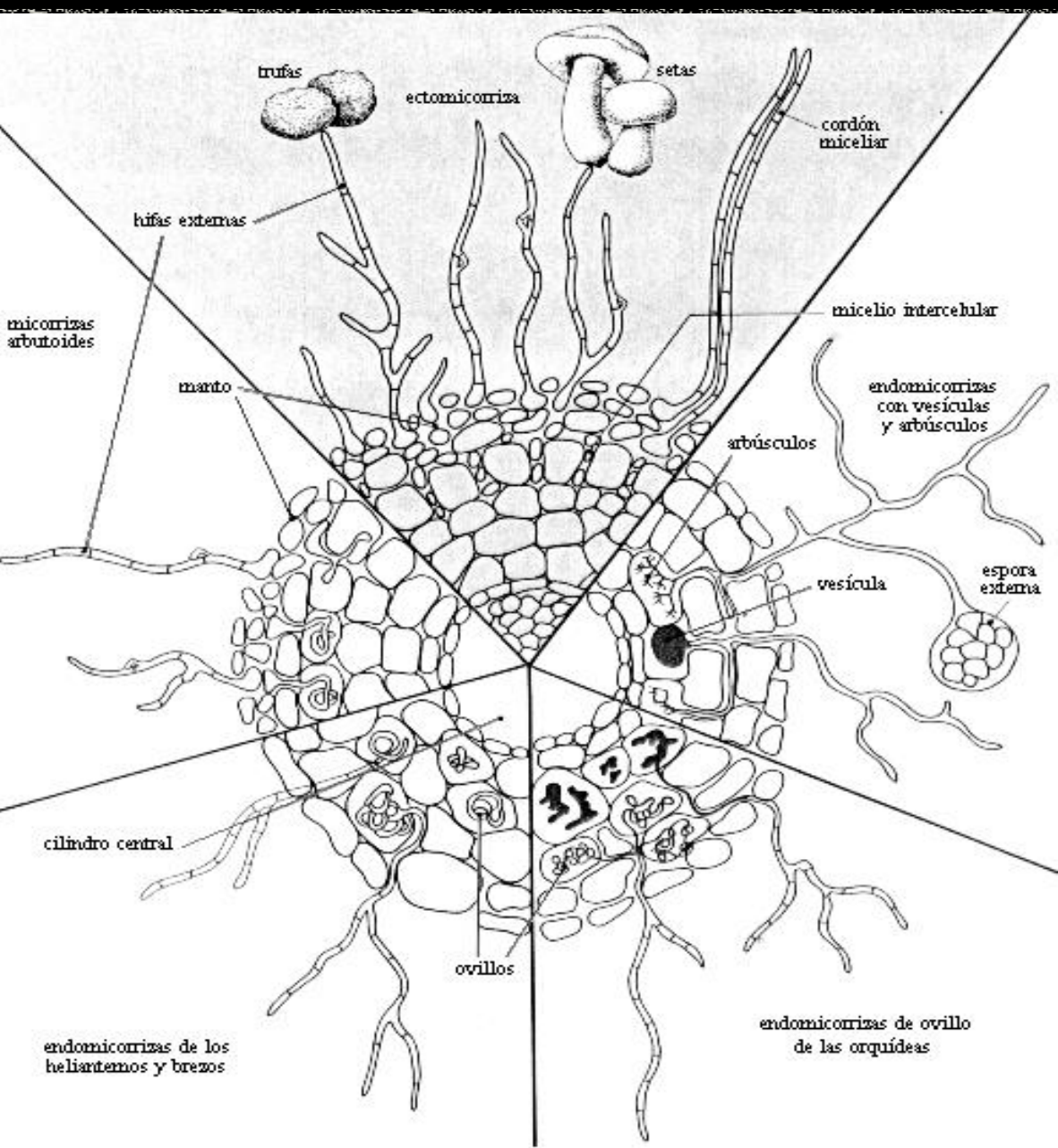
Red de Hartig



Ectomicorrizas



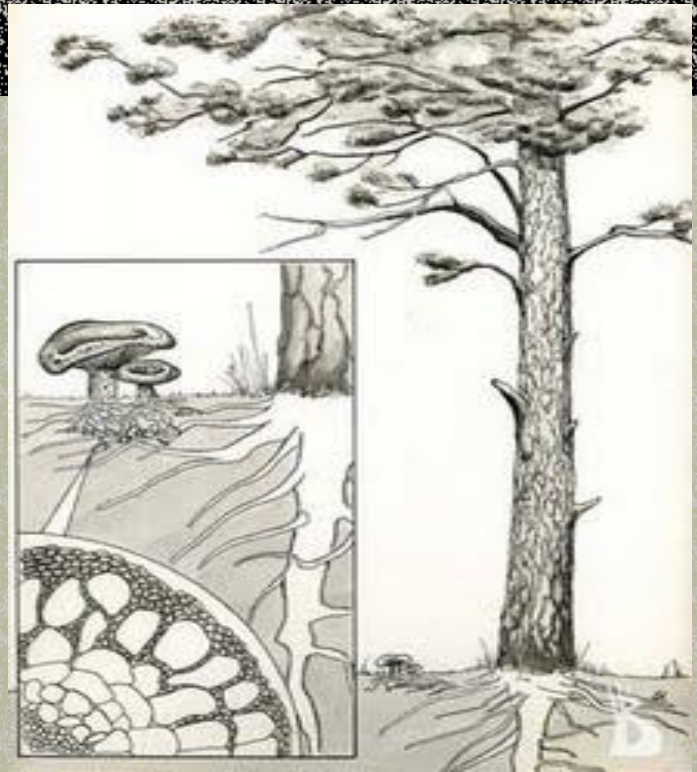
Endomicorrizas



Beneficios

Planta:

- Mayor absorción de Nitrógeno y Potasio
- Protección contra patógenos
- Aumenta captación de agua
- Tolerancia a metales pesados



Hongo:

Obtención de azúcares, vitaminas y hormonas



Metabolismo del Nitrógeno

Nitratos y Amonia----- Fertilizantes

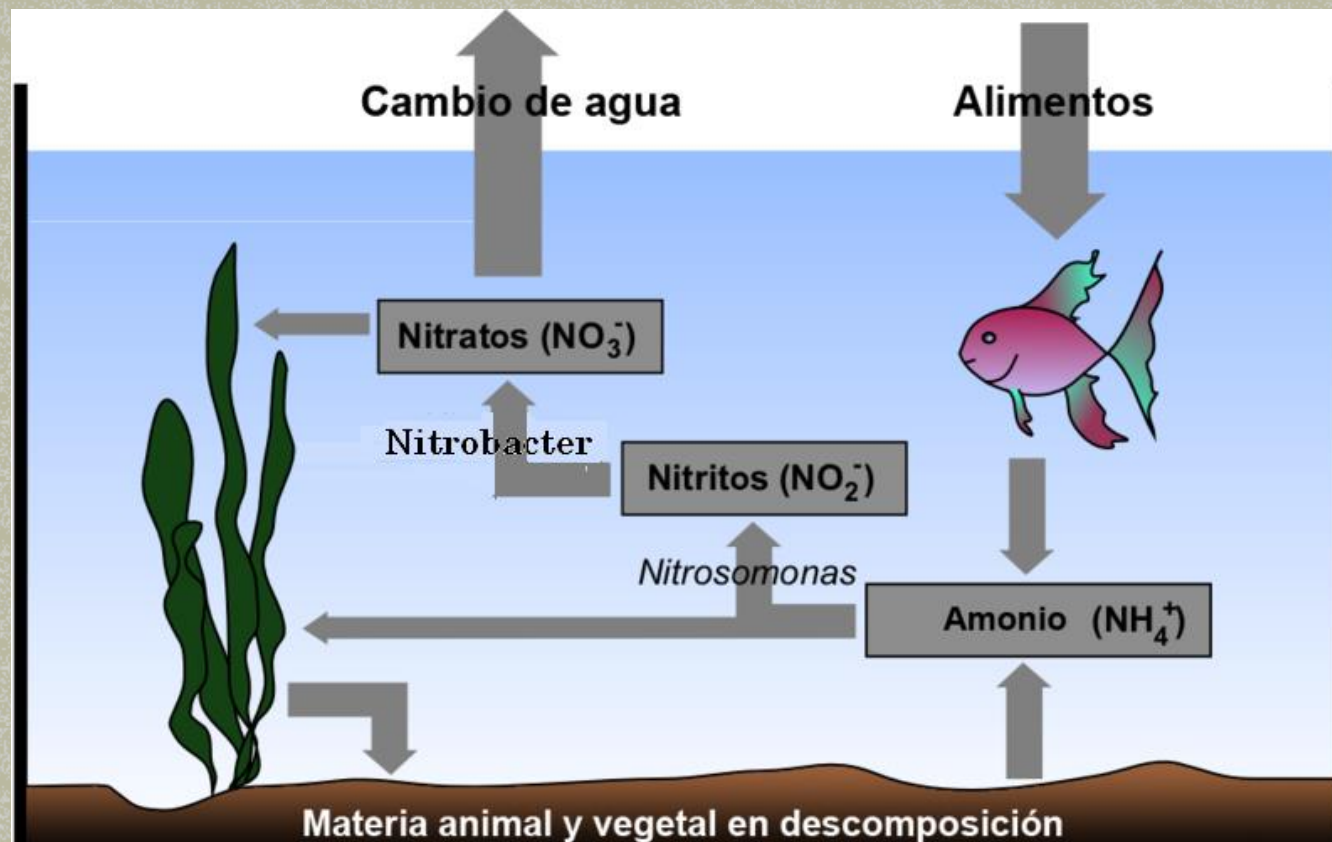
Nitrógeno orgánico----- Aminoácidos

Nitrógeno molecular ----- Bacterias de vida libre
(*Azotobacter* y *Clostridium*); Algas verdeazules
(*Anabaena*, *Nostoc*)

Amonificación

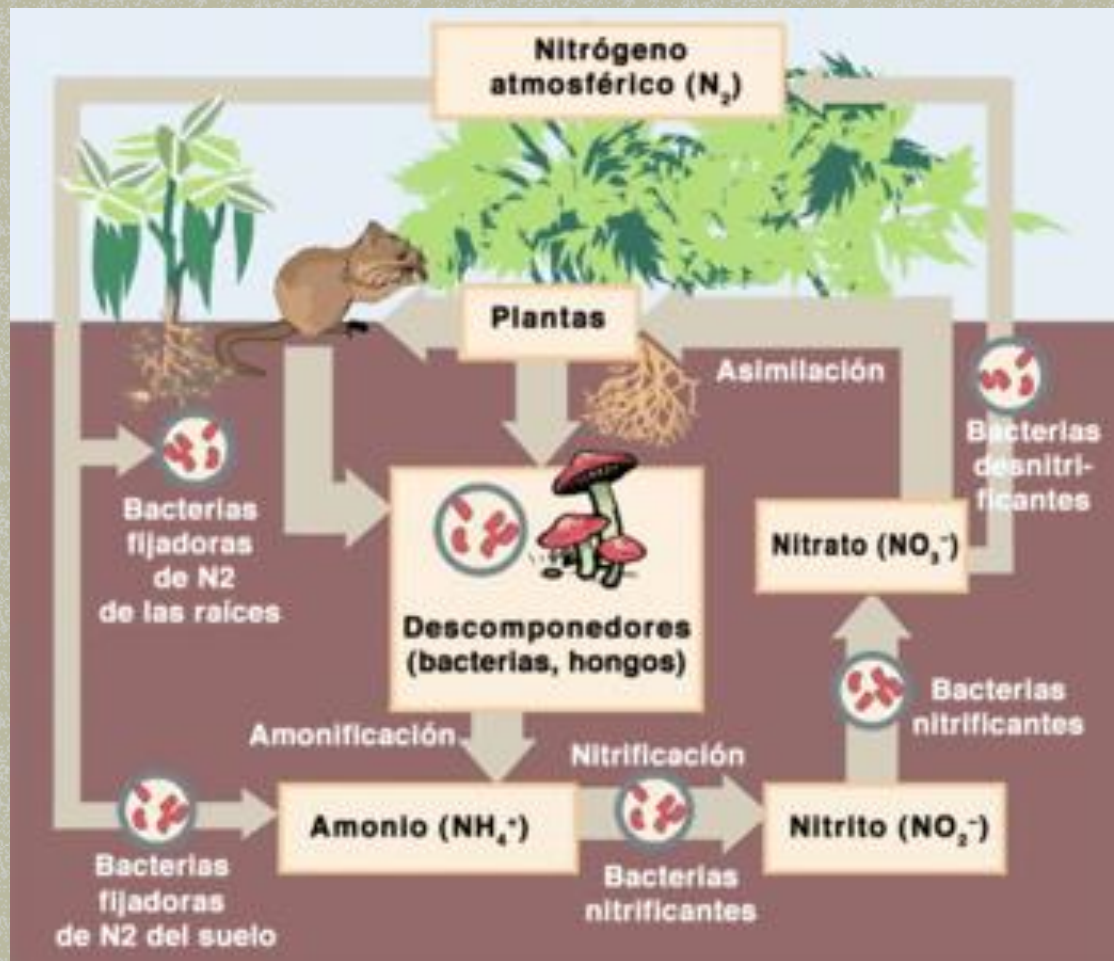
Conversión de Nitrógeno orgánico en NH_4^+

Proceso
Por
bacterias
y hongos.



Nitrificación

Oxidación de NH_4^+ a Nitrito (NO_2^-) y Nitrato (NO_3^-)





Nitrificación

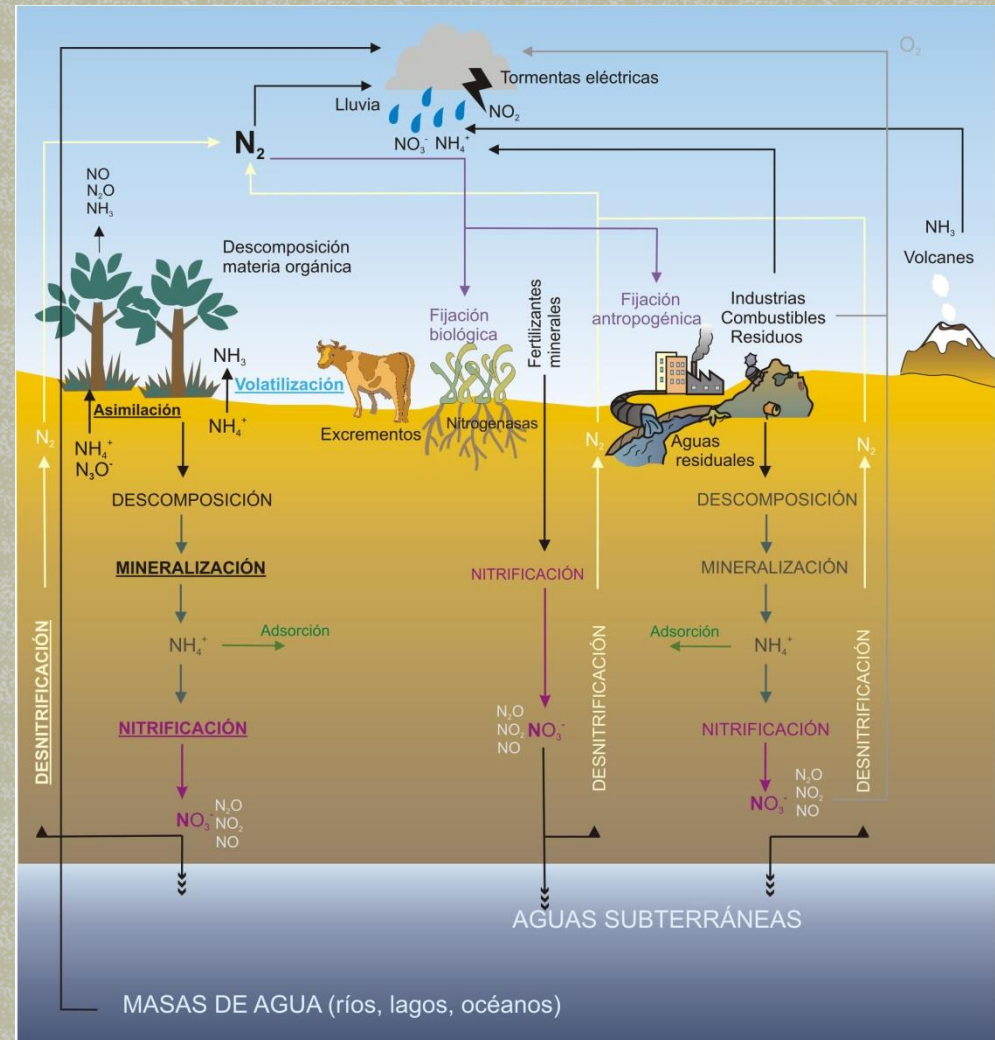
Bacterias *Nitrosoma* ----- Oxidación de amonio a Nitrito

Bacterias *Nitrobacter* ----- Reducen nitrito a nitrato

Bacterias nitrificantes

Desnitrificación

Proceso por el cual las bacterias anaerobias forman N_2 , NO , N_2O y NO_2 a partir de NO_3^-



Fijación del Nitrógeno



Proceso por el cual el N_2 se reduce a NH_4^+

(Por organismos procariotas)



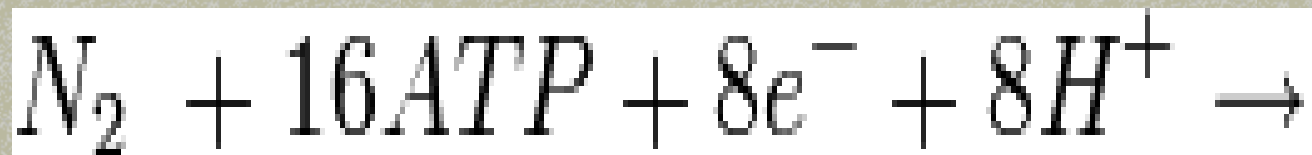
FIJAR NITRÓGENO		
BACILACEAS <i>Bacillus polymyxa</i> <i>Clostridium</i>	Aeróbico, heterotrófico	Beneficios marginales en agricultura
AZOTOBACTERIAS <i>Azotobacter</i> <i>Azomonas insignis</i> <i>Azotococcus agilis</i> <i>Beijerinckia derxii</i> <i>Derxia gummonsa</i> <i>Xhantobacter flavus</i>	Anaeróbico, heterotrófico	Beneficios a cosechas no confirmados
ENTEROBACTERIAS <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Enterobacter aerogenes</i> <i>Erwinia herbicola</i> <i>Citrobacter freundii</i> <i>Azospirillum brasilense</i>	Anaeróbico o microaerófilo	Importantes en la fijación asociativa
RIZOBIACEAS <i>Rhizobium</i> <i>Bradyrhizobium</i>	Microaerófilo, heterotrófico	Muy importantes en el cultivo de leguminosas
STREPTOMICETACEAS <i>Frankia</i>	Microaerófilo, heterotrófico	Uso potencial en bosques
METANOMONADACEAS <i>Methylocystis</i> <i>Methylococcus</i>	Microaerófilo, autotrófico	Obtención de proteína unicelular



NITRÓGENO	FOSFÓFORO	SULFURO
	FIJAR NITRÓGENO	
TIOBACTERIACEAS <i>Thiobacillus ferrooxidans</i>	Microaerófilo	Minería microbiana
CIANOFICEAS <i>Anabaena</i> <i>Nostoc</i> <i>Gloeothecae</i> <i>Spirulina</i> <i>Synechococcus</i>	Anaeróbico o microaerófilo, fotolitotrófico	Cultivo de arroz, producción de proteína unicelular
CROMATIACEAS <i>Chromatium vinosum</i>	Anaeróbico, fotolitotrófico	
CLOROBIACEAS <i>Chlorobium limicola</i>	Anaeróbico, fotolitotrófico	
RODOSPIRILACEAS <i>Rhodospirillum rubrum</i> <i>Rhodopseudomonas palustris</i> <i>Rhodobacter capsulatus</i> <i>Rhodomicrobium vannielii</i>	Anaeróbico, fotoorganotrófico	Depuración de aguas residuales, abono y pienso para piscifactorías



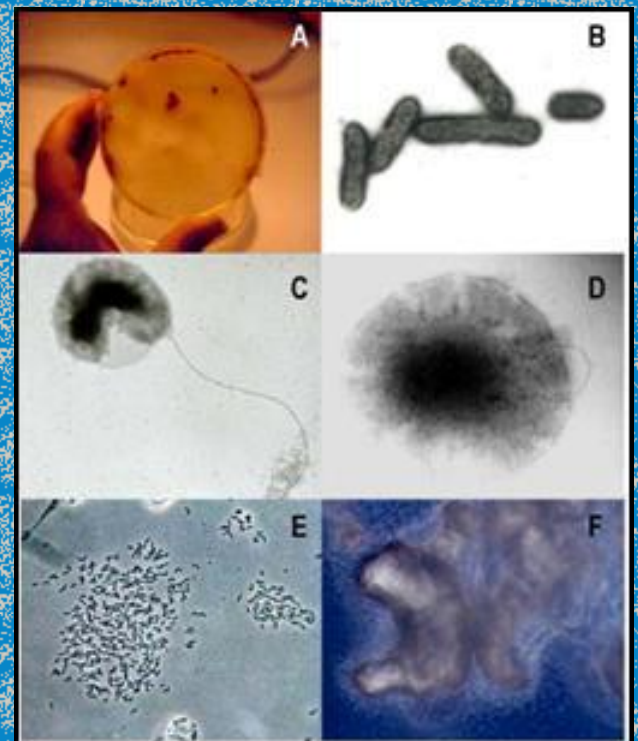
Fijación 'del nitrógeno



Aunque el amoníaco (NH_3) es el producto directo de esta reacción, es rápidamente ionizada a amonio (NH_4^+).

Organismos fijadores de nitrógeno.

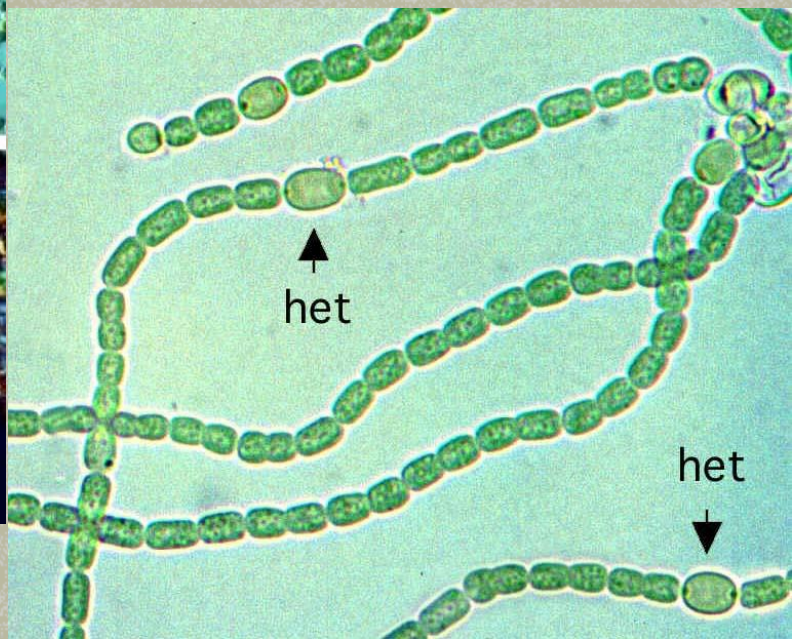
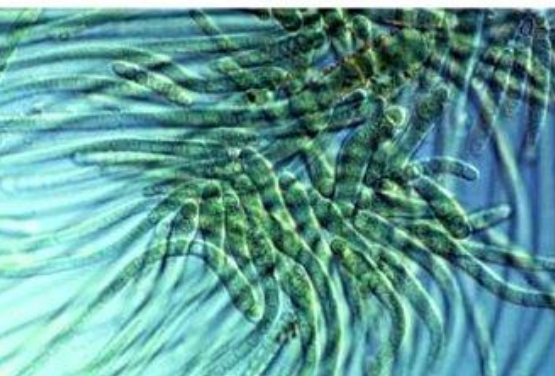
Bacterias de vida libre





Organismos fijadores de nitrógeno.

Cianobacterias de vida libre





Organismos fijadores de nitrógeno.

- Cianobacterias en asociación con hongos o con helechos.



Tremani03



© 2008 Joe Heinen DC



Organismos fijadores de nitrógeno.

- Bacterias en asociación con leguminosas



Fuente: INBio
© Derechos reservados



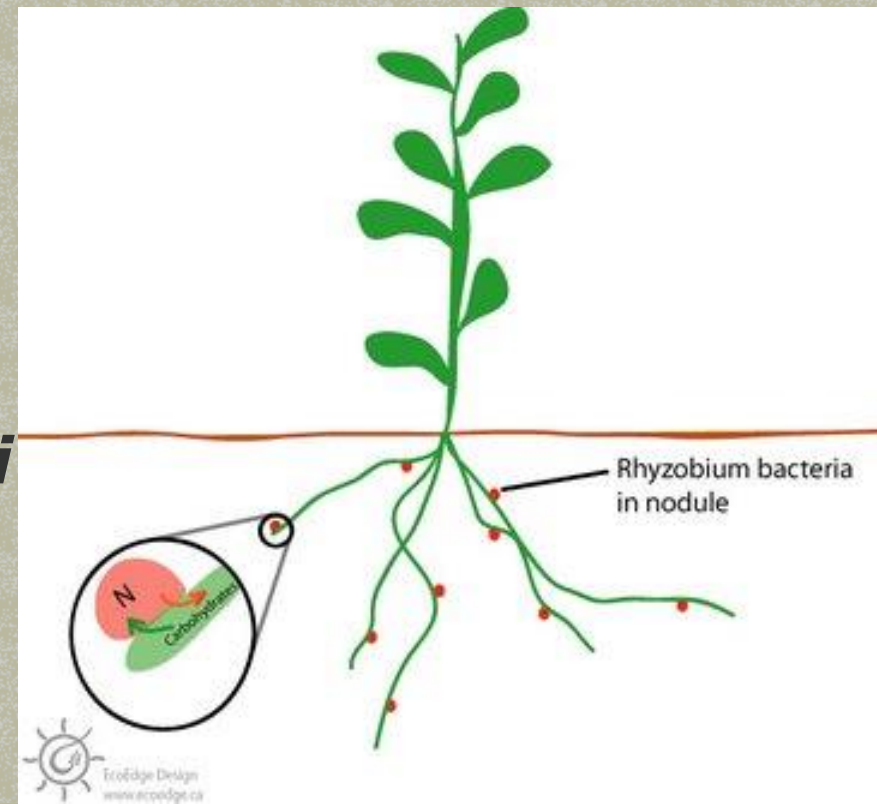
Leguminosas



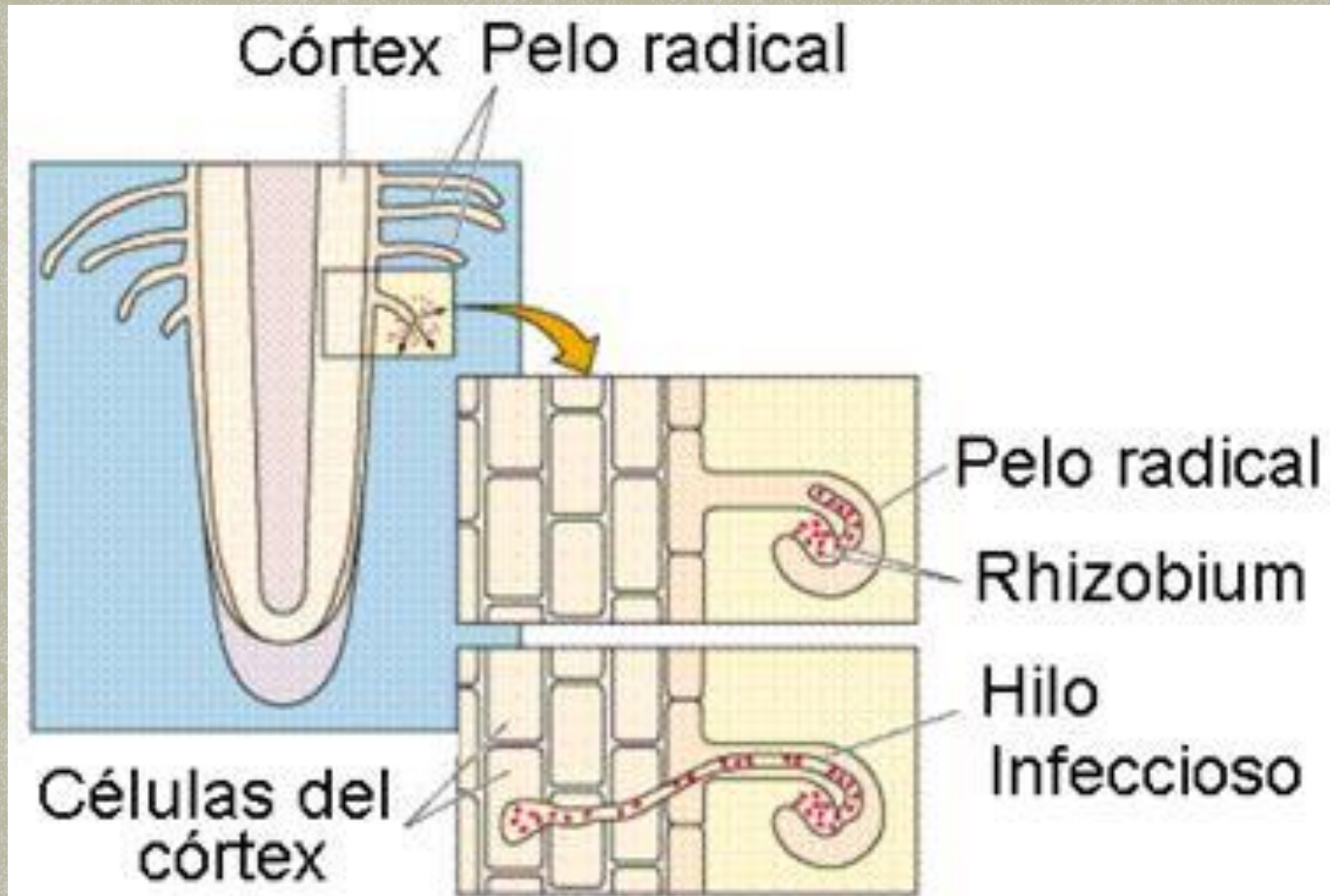
Fijación de nitrógeno en leguminosas

❖ Existe una especie de *Rhizobium* para nodular cada especie de leguminosa:

- ***Rhizobium trifoli*** solamente nodula el trébol
- ***Rhizobium meliloti*** solamente nodula la alfalfa.



Infección por *Rhizobium*



Infección por *Rhizobium*

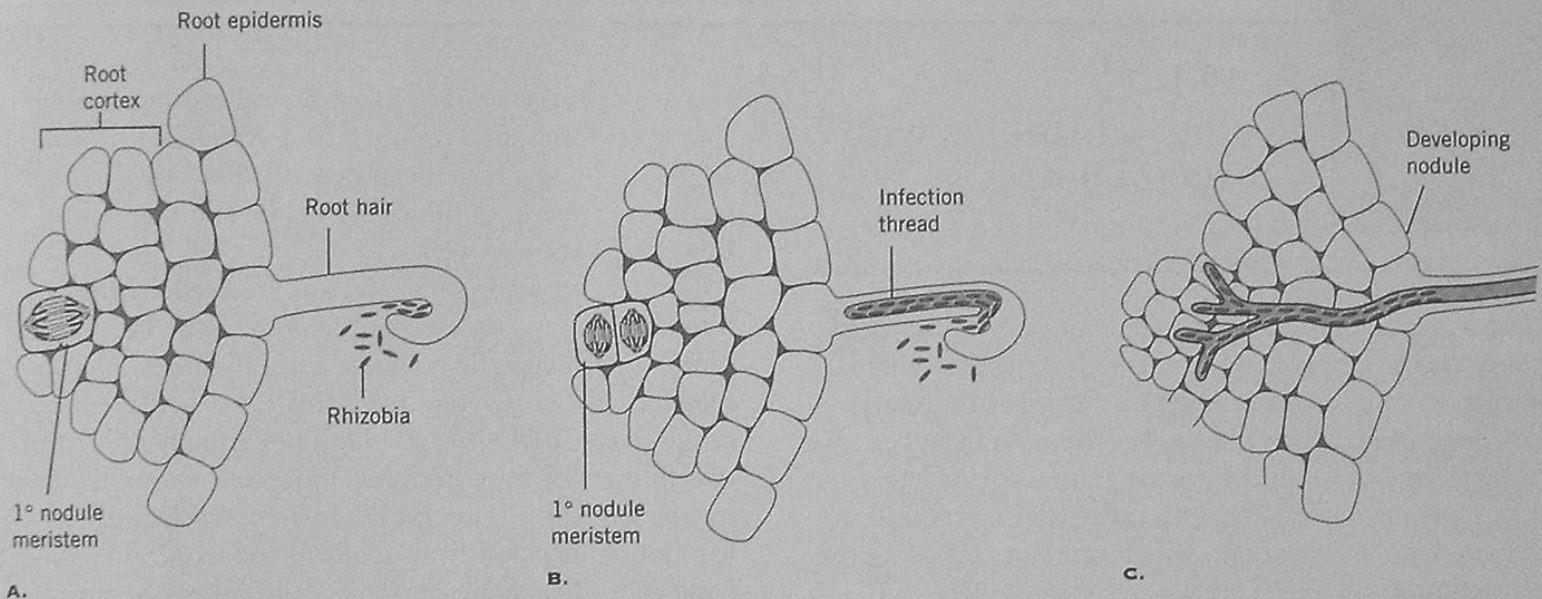
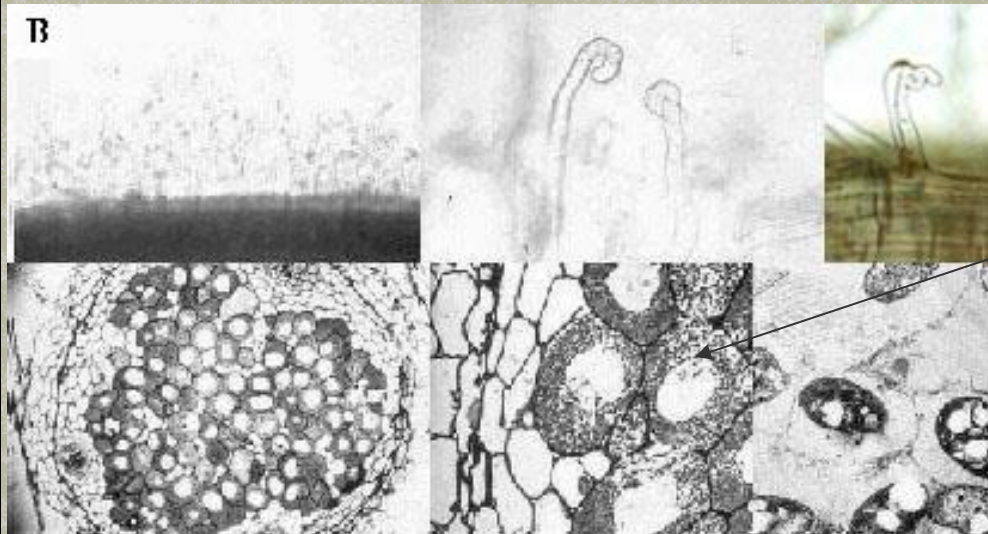


FIGURE 6.3 Schematic diagram of the infection process leading to nodule formation. (A) Rhizobia colonize the soil in the vicinity of the root hair in response to signals sent out from the host root. The rhizobia in turn stimulate the root hair to curl while, at the same time, sending mitogenic signals that stimulate cell division in the root cortex. (B) Rhizobia invade the root by digesting the root hair cell wall and forming an infection thread. The rhizobia continue to multiply as the infection thread elongates toward the root cortex. (C) The infection thread branches to penetrate numerous cortical cells as a visibly evident nodule develops on the root. The final stage (not shown) is the release of rhizobia into the host cells and the activation of the nitrogen-fixing machinery.

Nódulo radical



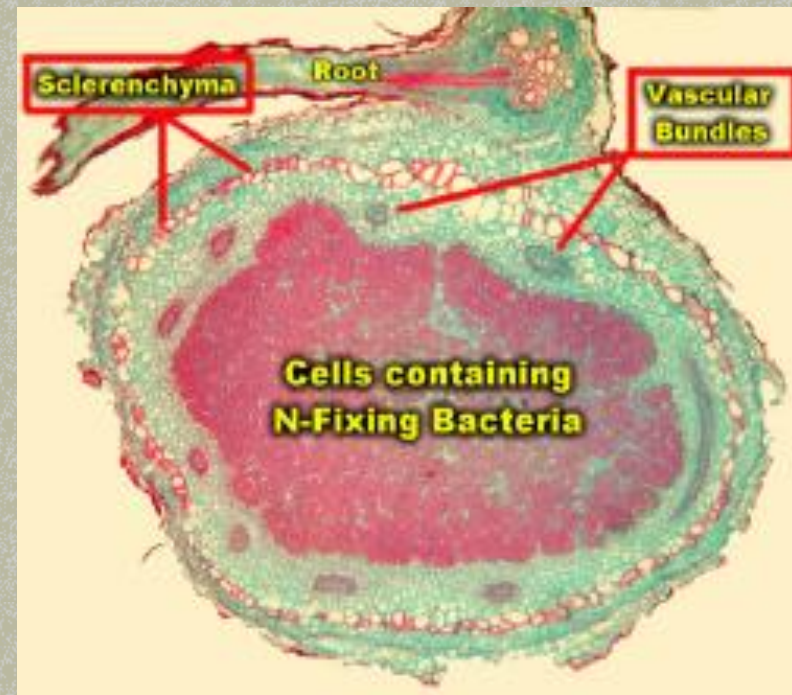
**Membrana
peribacteroidea**

Producción de hormona vegetal IAA
(ácido indolilacético) por *Rhizobium*

**Cada bacteria agrandada, carente de motilidad
se conoce como Bacteroide**

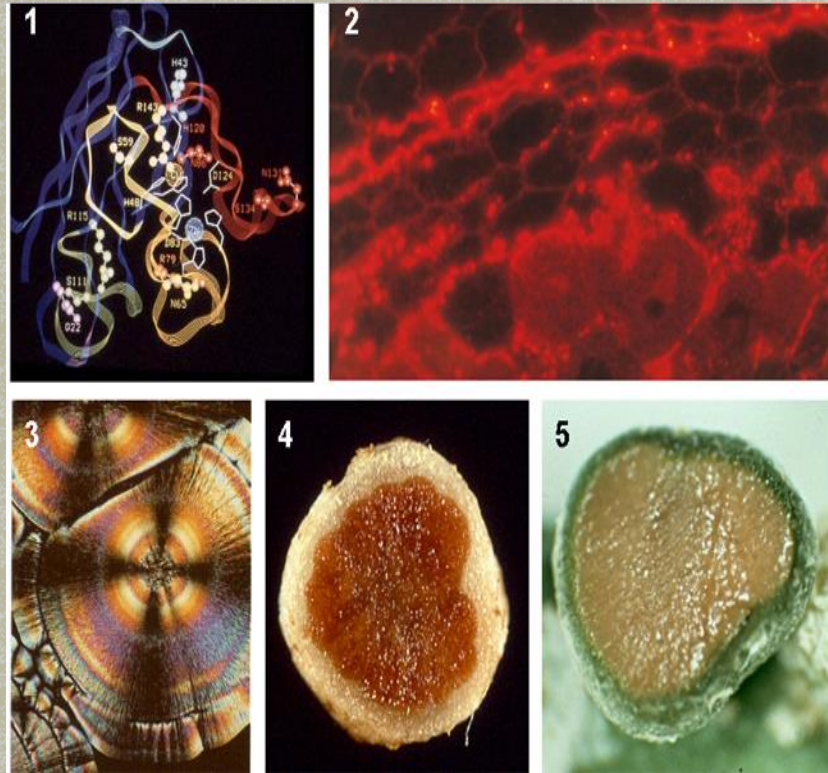
Nódulo

- Divisiones celulares . El nódulo crece rápidamente, aumentando su volumen.
- Células de los nódulos: **número doble de cromosomas** que en las células somáticas normales de la planta. ÉXITO DEL NÓDULO
- Invasión: células son estimuladas a realizar una actividad meristemática y originan el nódulo.

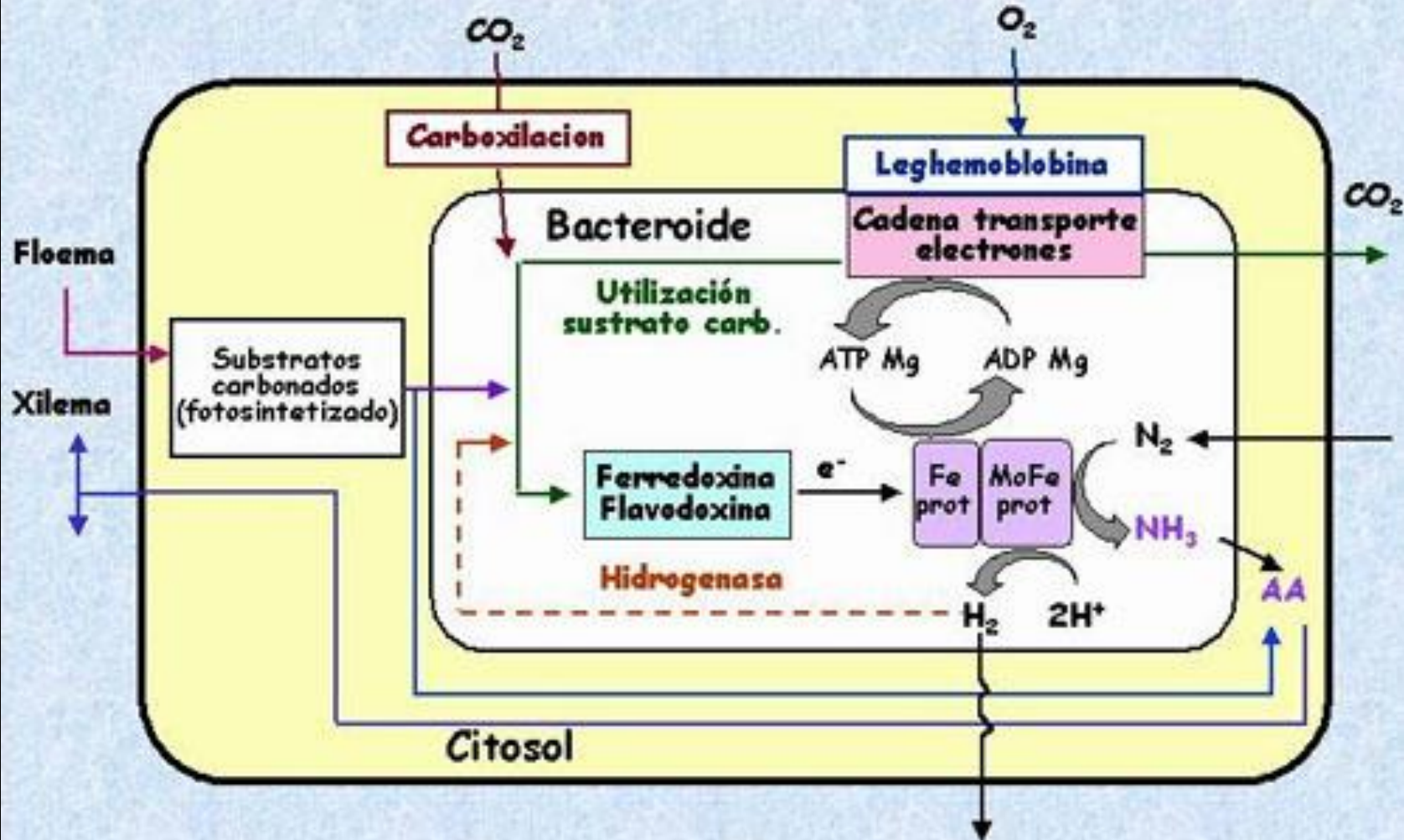


Leghemoglobina

Proteína capaz de unir oxígeno a través de un grupo hemo, parecida a la hemoglobina



Leghemoglobina (en el citosol)

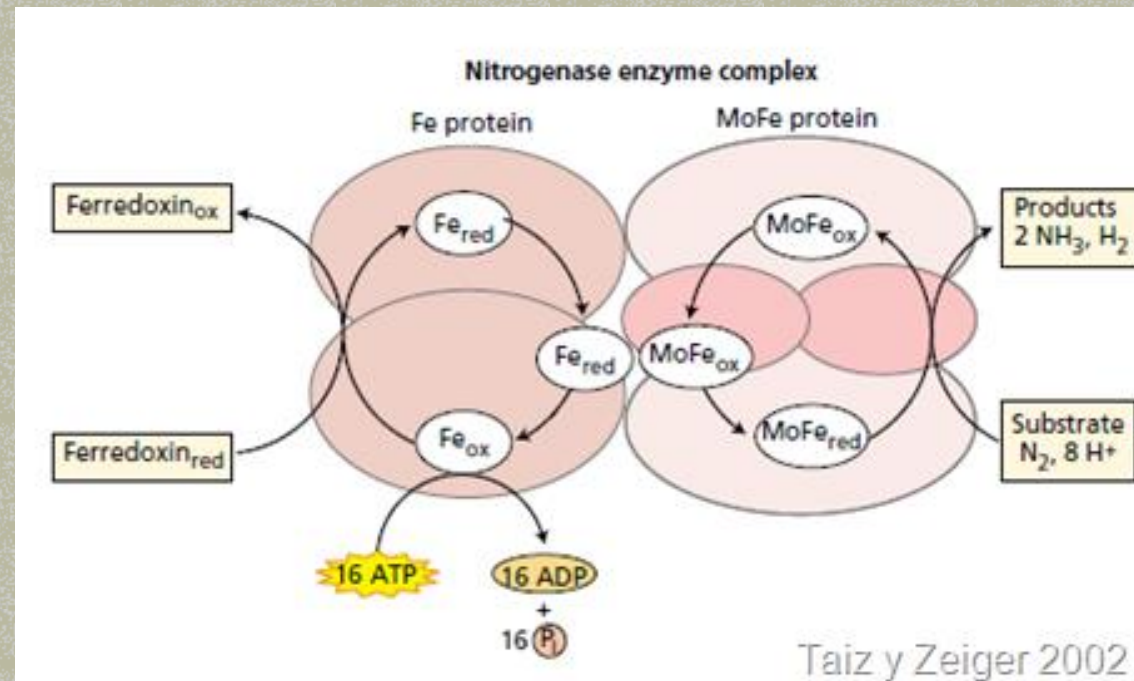


Nitrogenasa

Se compone de dos proteínas distintas:

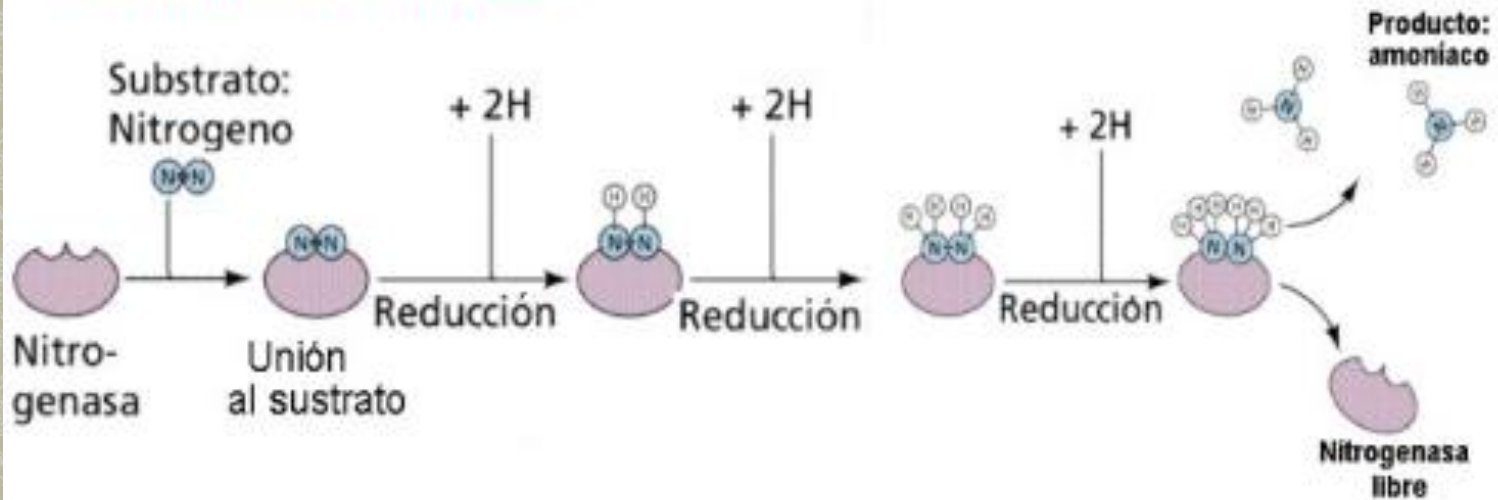
- Ferroproteína (Fe-proteína)
- Ferromolibdoproteína (Fe-Mo-proteína)

* Se desnaturalizan de manera oxidativa por la presencia de oxígeno.

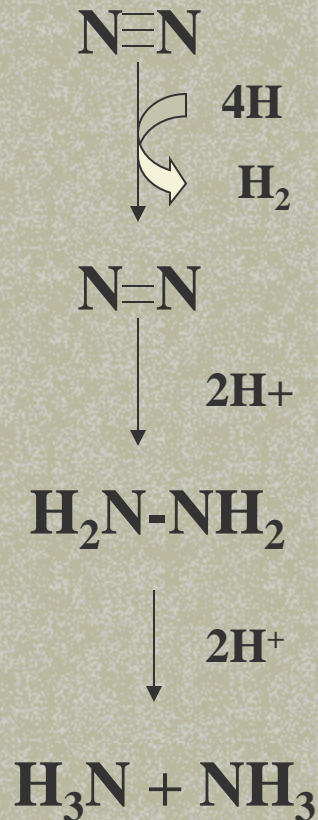
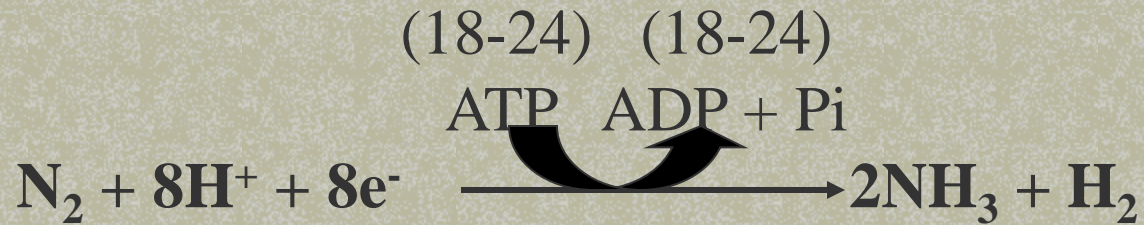


Fijación de Nitrógeno (reducción)


La función de las bacterias es sintetizar la enzima nitrogenasa en los nódulos de la raíz.



Fijación del Nitrógeno



*** Demanda una gran inversión de energía.**



Factores que favorecen la fijación de N_2 .

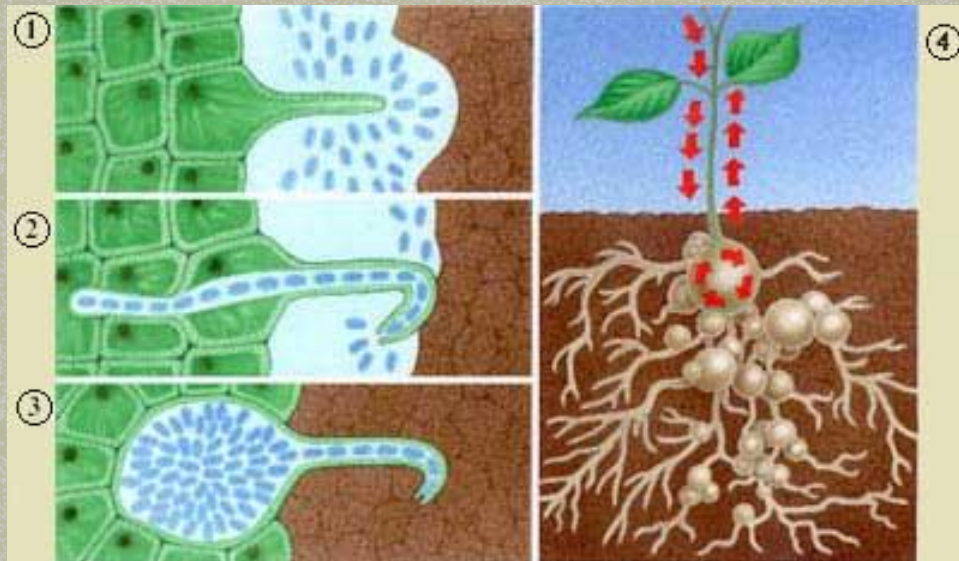
- **Temperatura**
- **Luz de sol**
- **Niveles de CO_2**
- **Baja concentración de compuestos de nitrógeno**



La tasa de fijación de N_2 es máxima al mediodía.

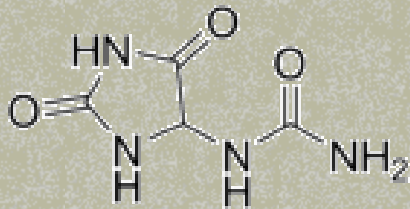
Ureídos

En el citosol de las células que contienen bacteroides (externas a la membrana peribacteroidea), el amoníaco se transforma en glutamina, ácido glutámico, asparagina y otros compuestos ricos en nitrógeno, denominados ureídos.



Ureídos

En leguminosas, los principales son alantoína y ácido alantoico (proviene de la oxidación enzimática de las purinas)



Alantoína

NH_3

$\text{CO}_2 + \text{ATP}$ Aspartato α -cetoglutarato Glutamato

Carbamoil
fosfato

Asparagina

Glutamato

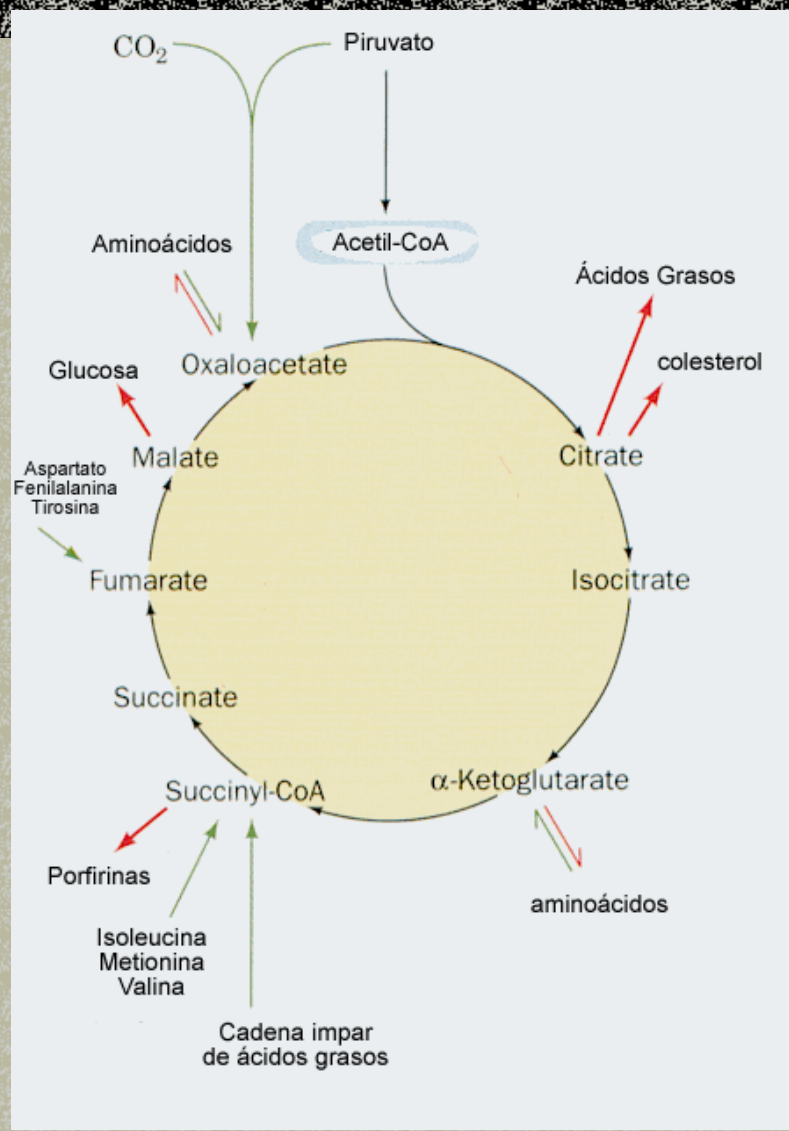
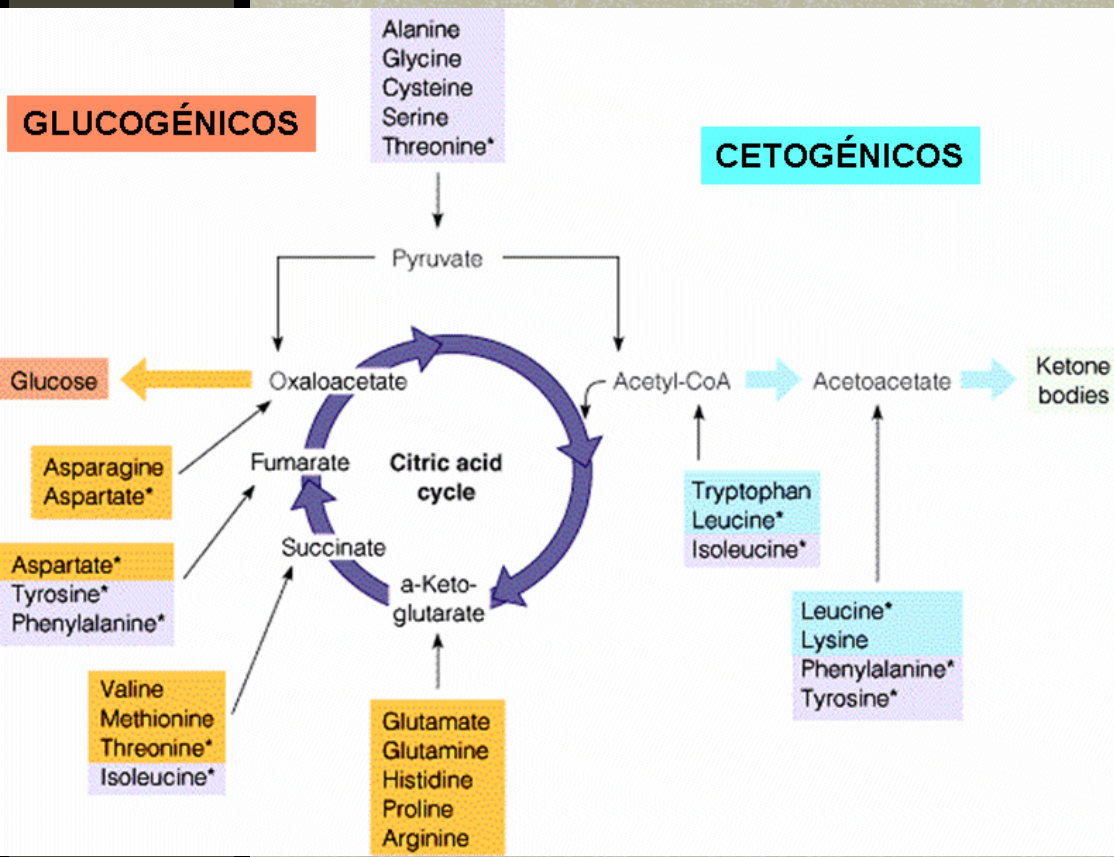
Glutamina

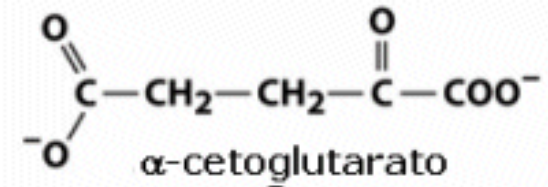
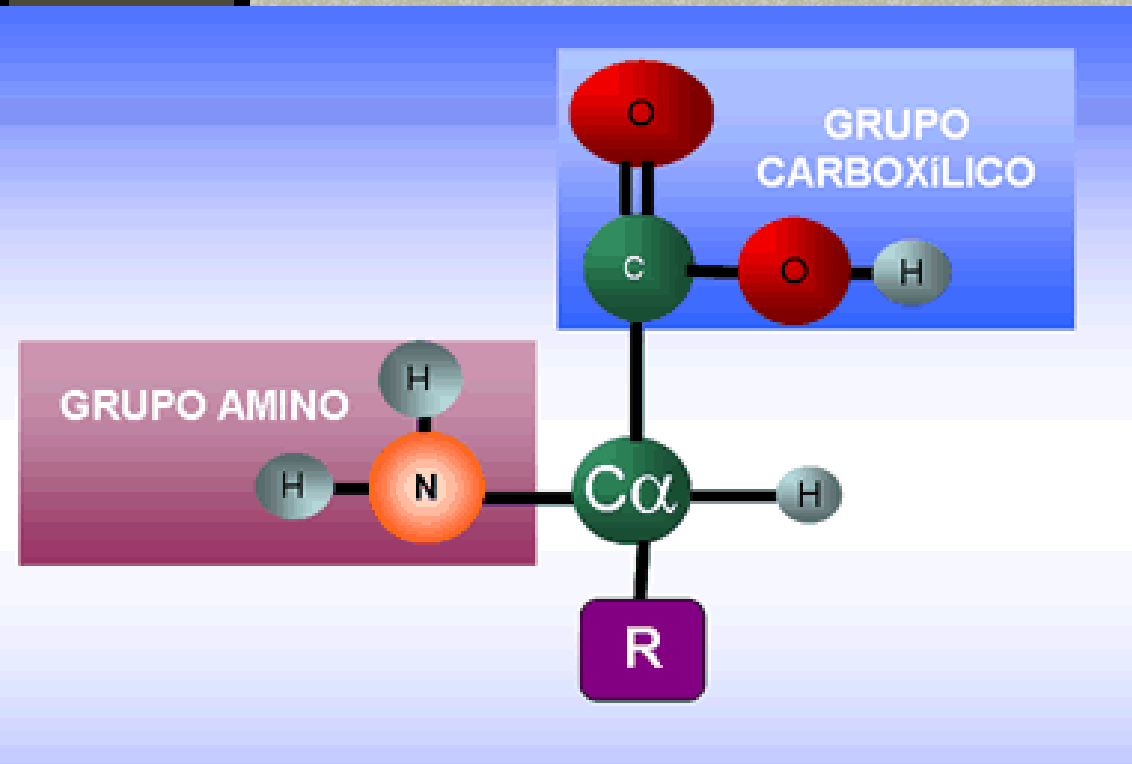
Arginina
pirimidinas
urea

Otros
amino
ácidos

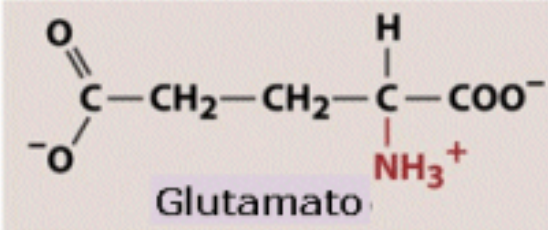
Nucleotidos púricos,
nucleotidos citidina,
amino-azúcares,
triptófano, histidina

Aminoácidos

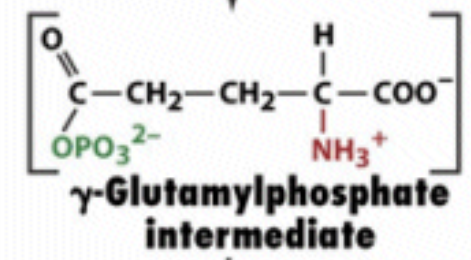




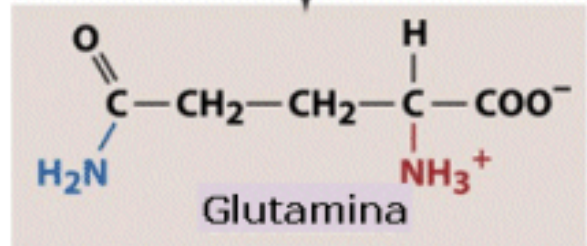
aminotransferasa : 3
Amino
ácido
 α -ceto
ácido

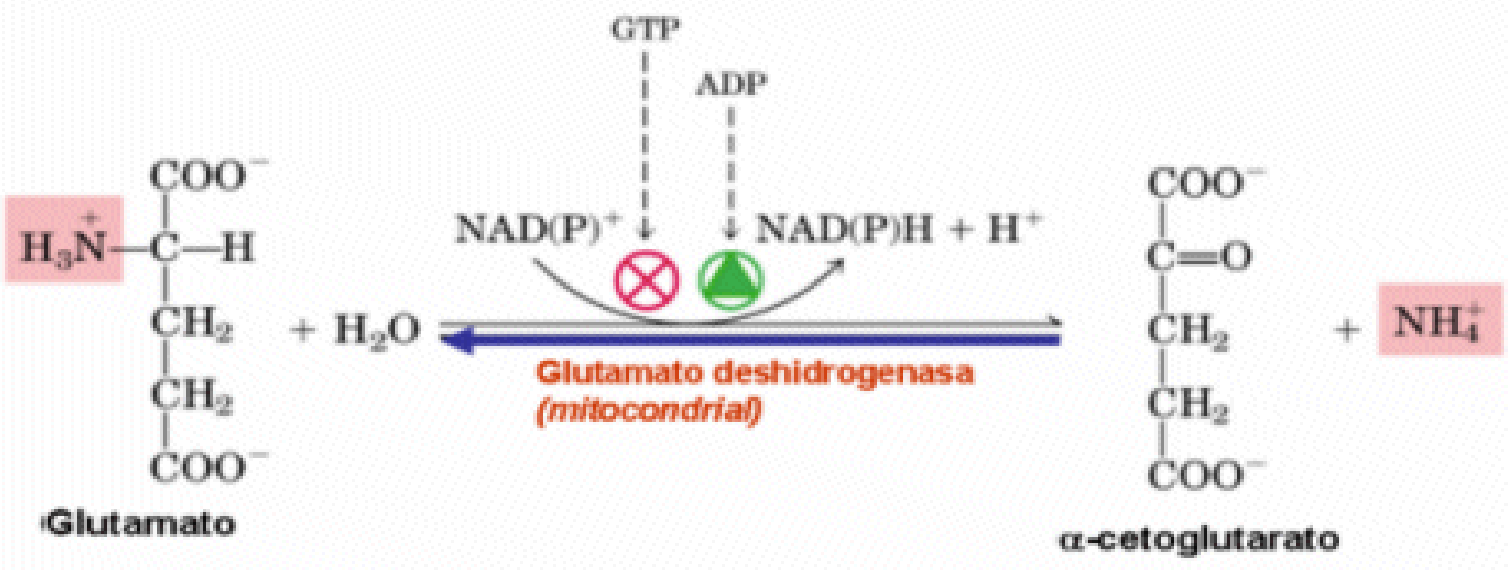


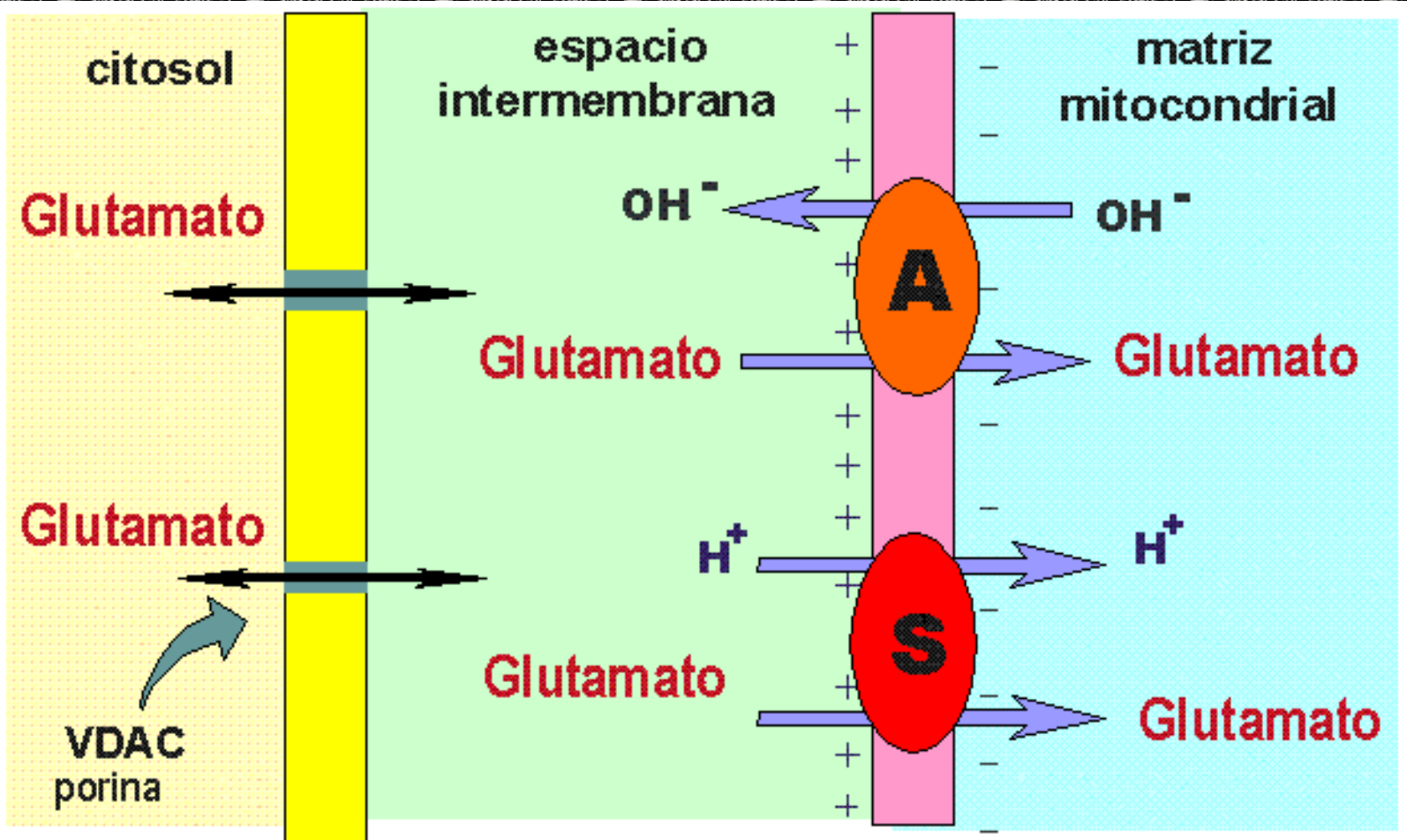
**Glutamina
sintetasa** : 5
ATP
ADP



NH_4^+
5
 P_i







membrana mitocondrial externa

membrana mitocondrial interna

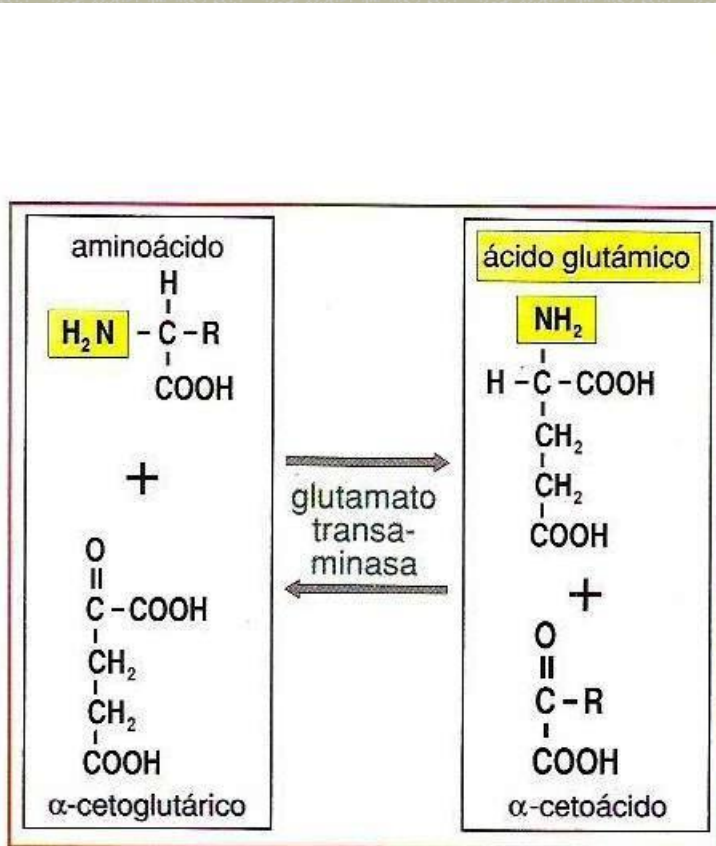




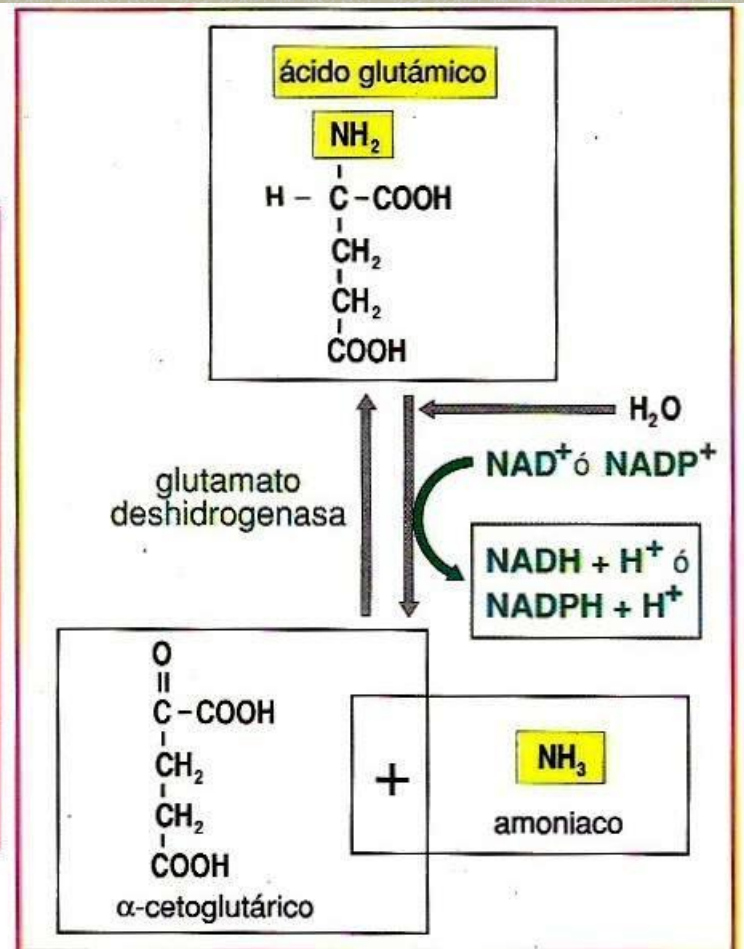
Transaminación

Proceso en el que se realiza una donación libremente reversible de un grupo aminoalfa de un aminoácido al grupo ceto alfa de un alfa-cetoácido, acompañada de la formación de un nuevo aminoácido y un nuevo alfa-cetoácido.

Transaminación

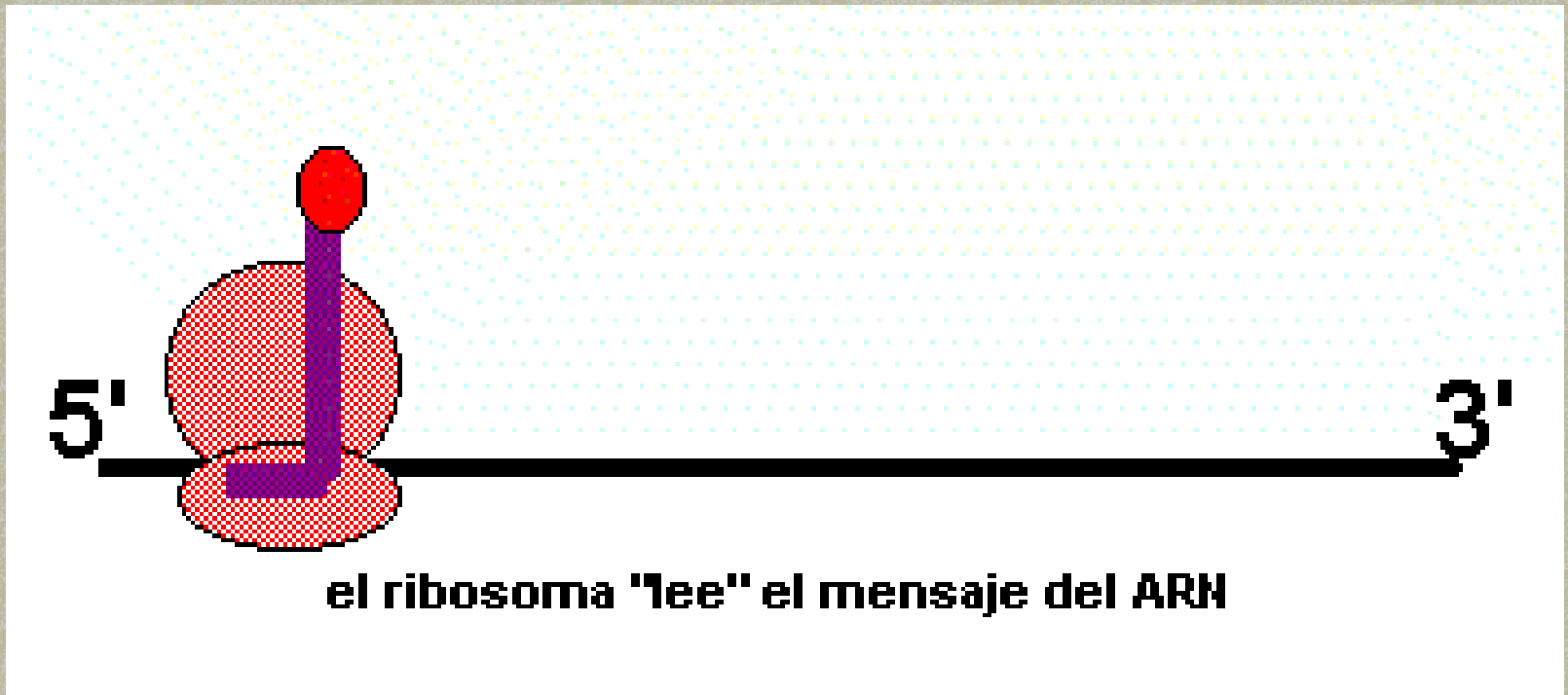


Transaminación



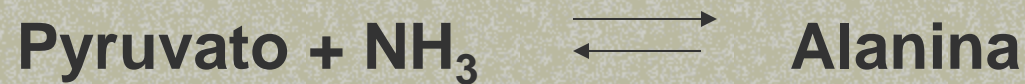
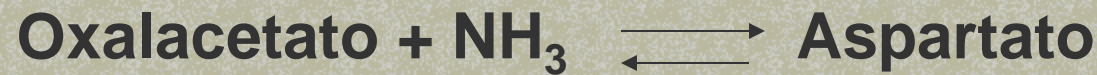
Desaminación oxidativa del ácido glutámico

Síntesis de proteínas

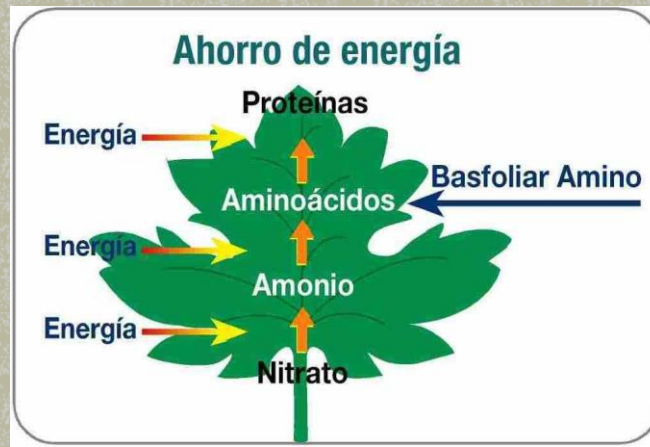
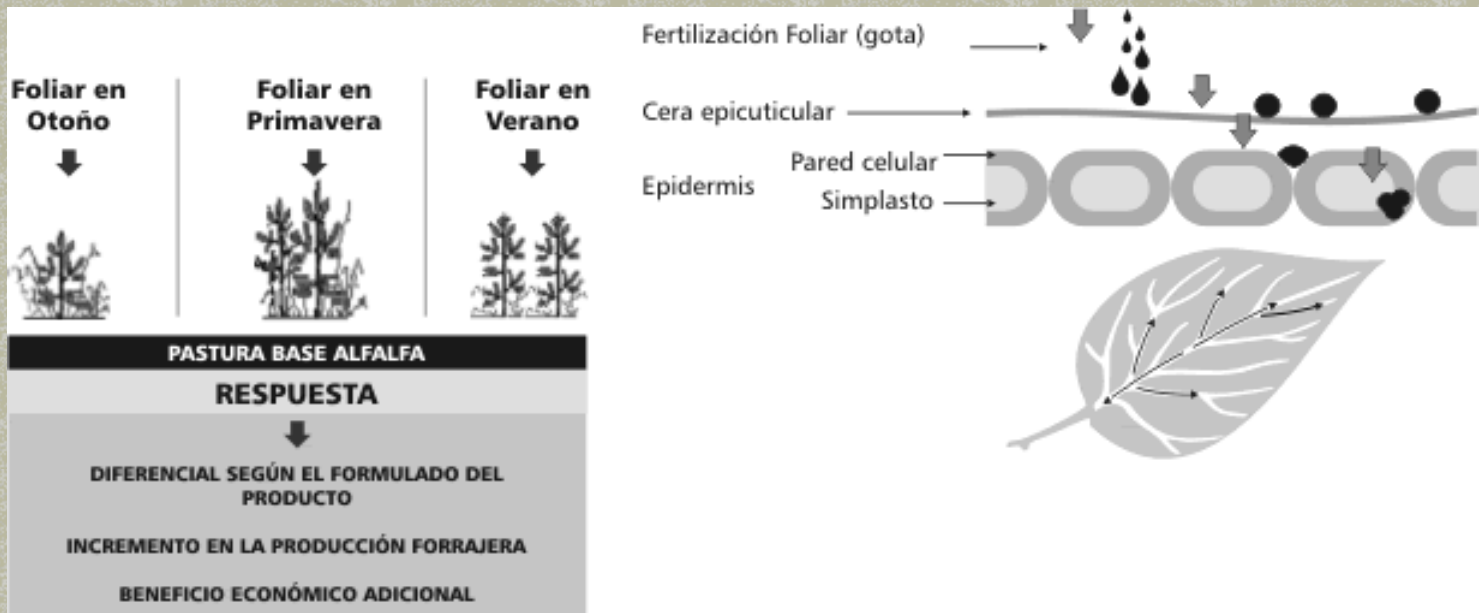




Ejemplos:



Fertilización foliar



Beneficios del conocimiento del proceso de fijación de N_2

- Ayudará a disminuir el uso de fertilizantes químicos.
- Mayor producción de alimento.



Fertilización foliar