

PRIMEROS PASOS

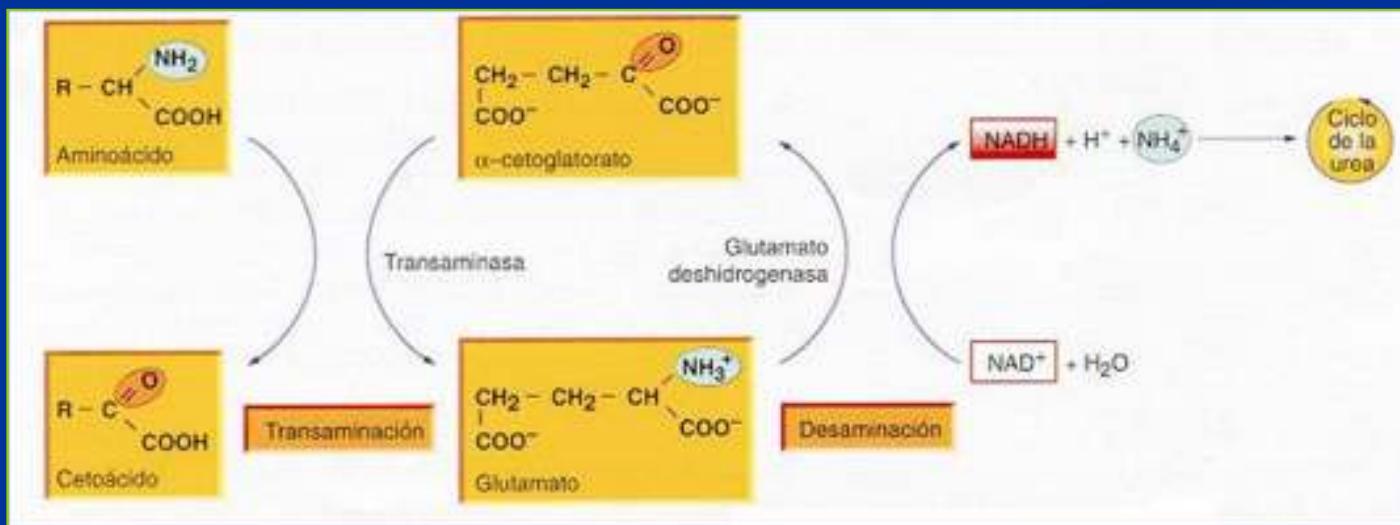
Requieren fosfato de piridoxal,
vitamina B₆, como coenzima

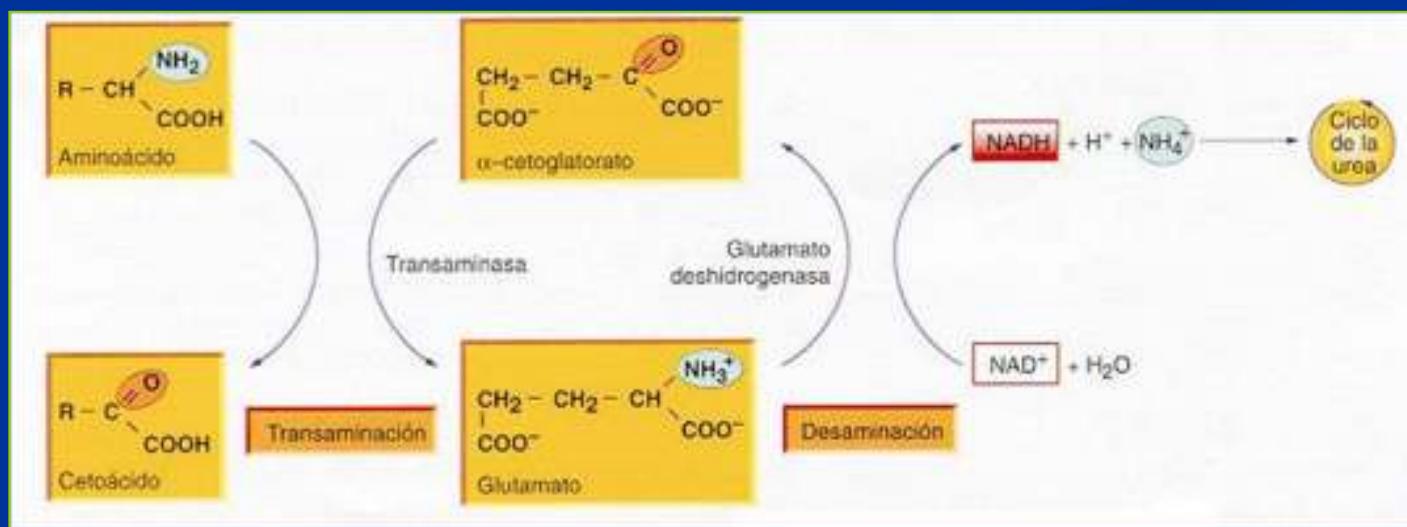
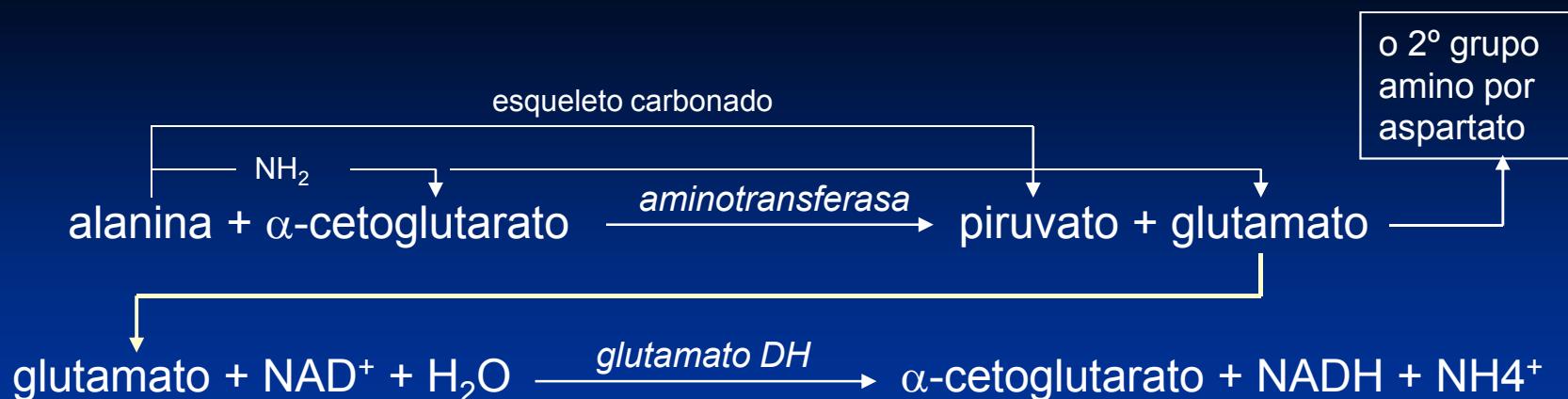
TRANSAMINACIÓN: *aminotransferasas*

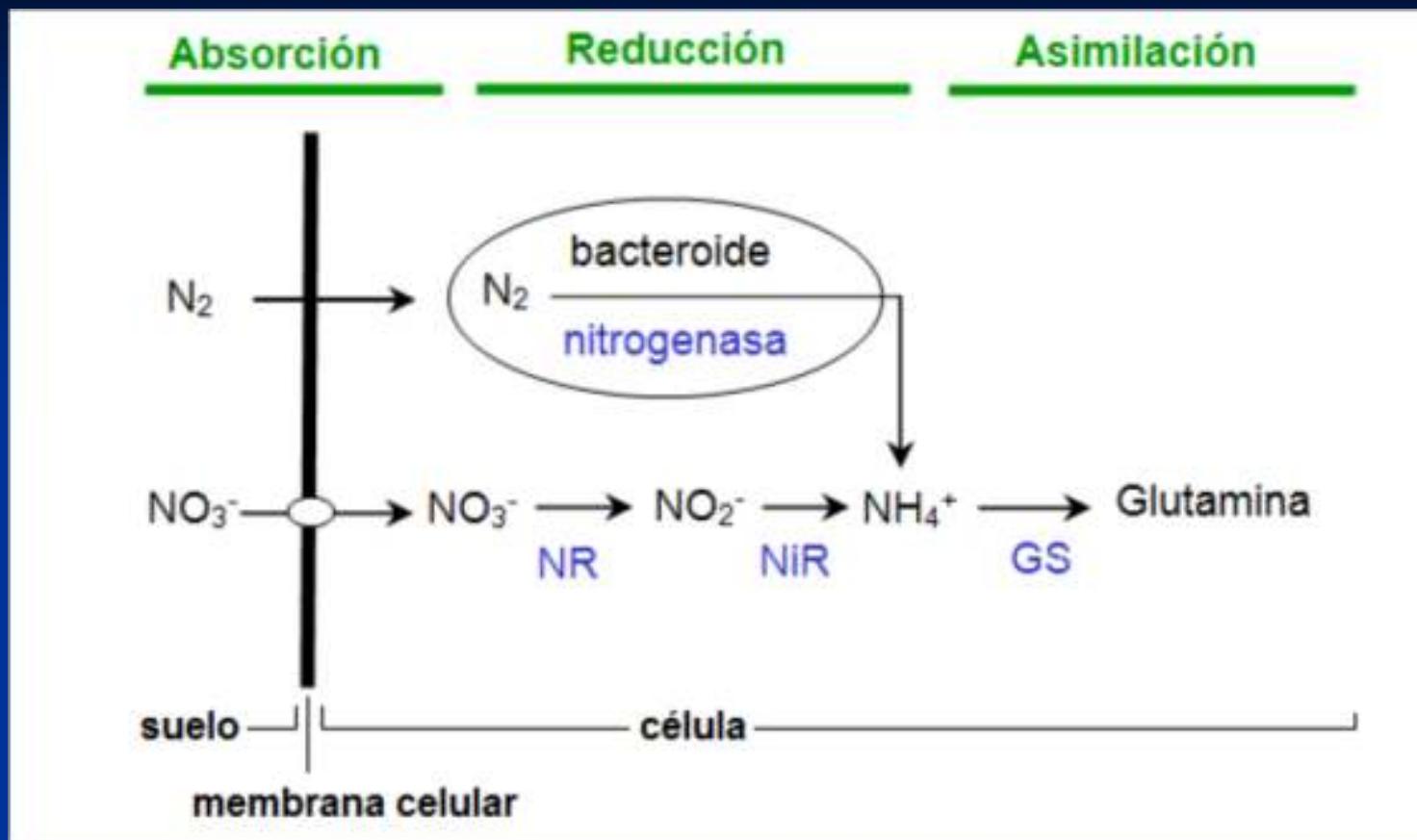
ez. alóstérico α_6

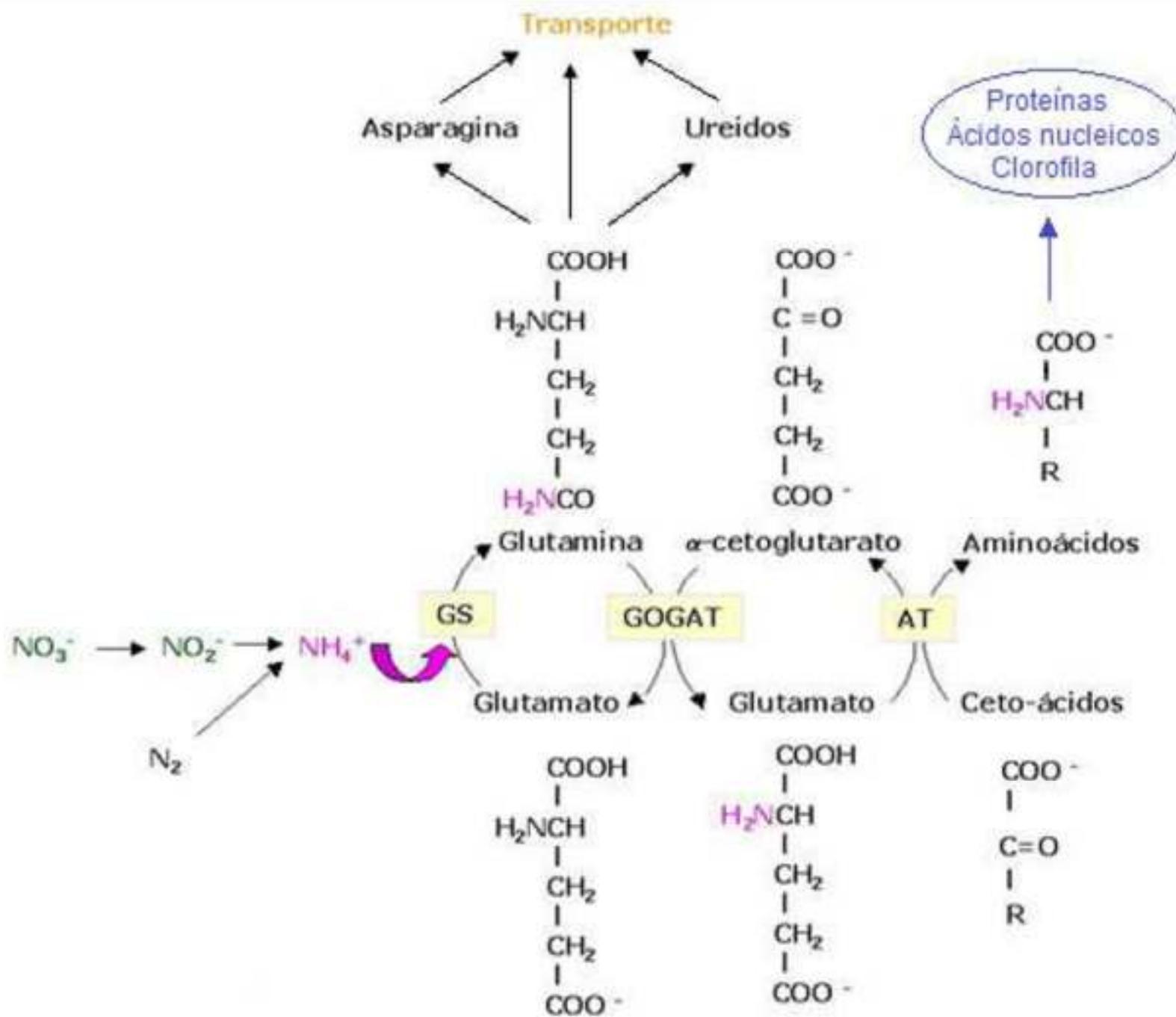
DESAMINACIÓN, por *L-glutamato deshidrogenasa*.

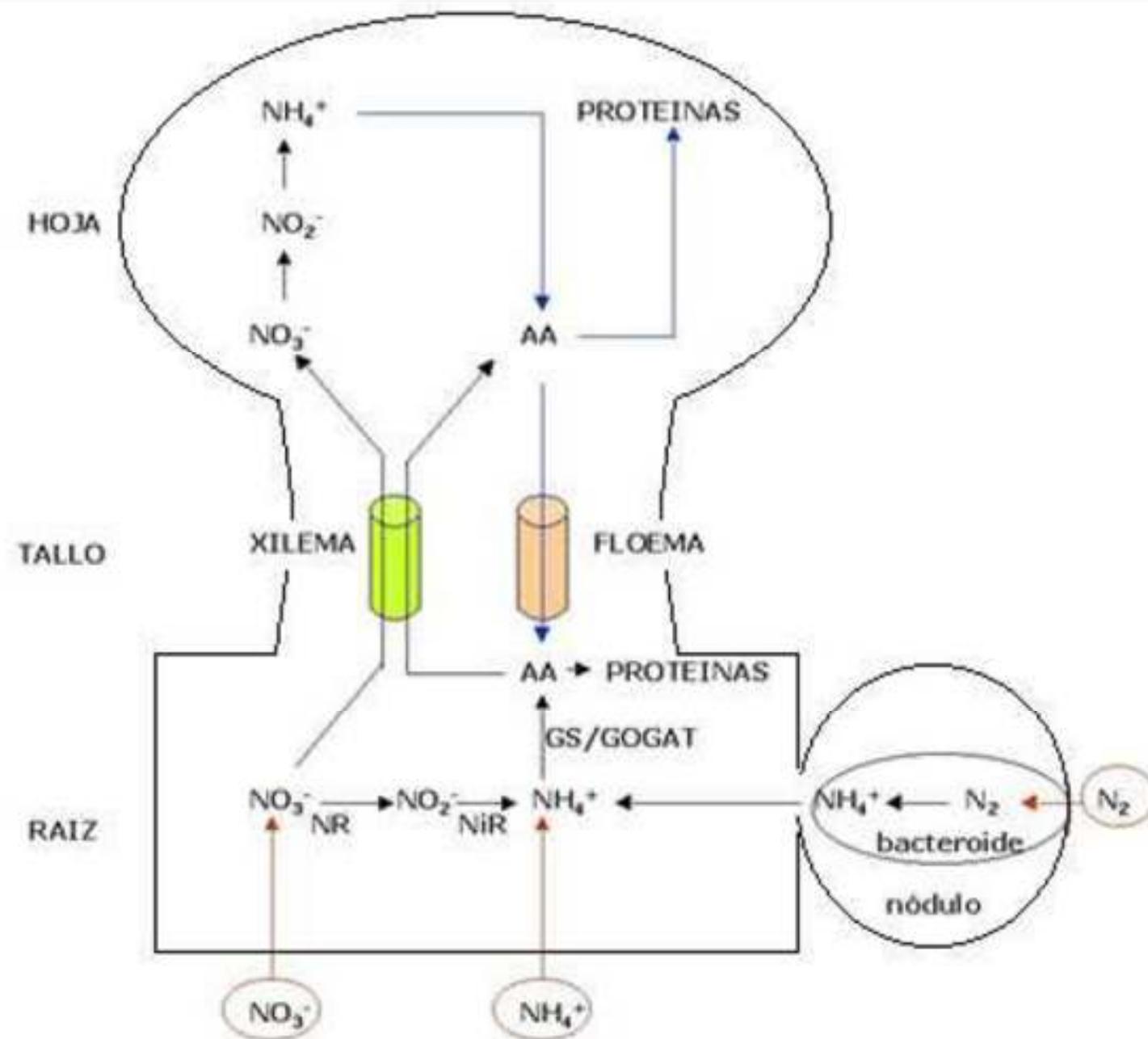
- Sólo en matriz mitocondrial de los hepatocitos
- Su mutación produce **hiperinsulismo – hiperamonemia**
(↑ NH₄⁺ e hipoglucemia)

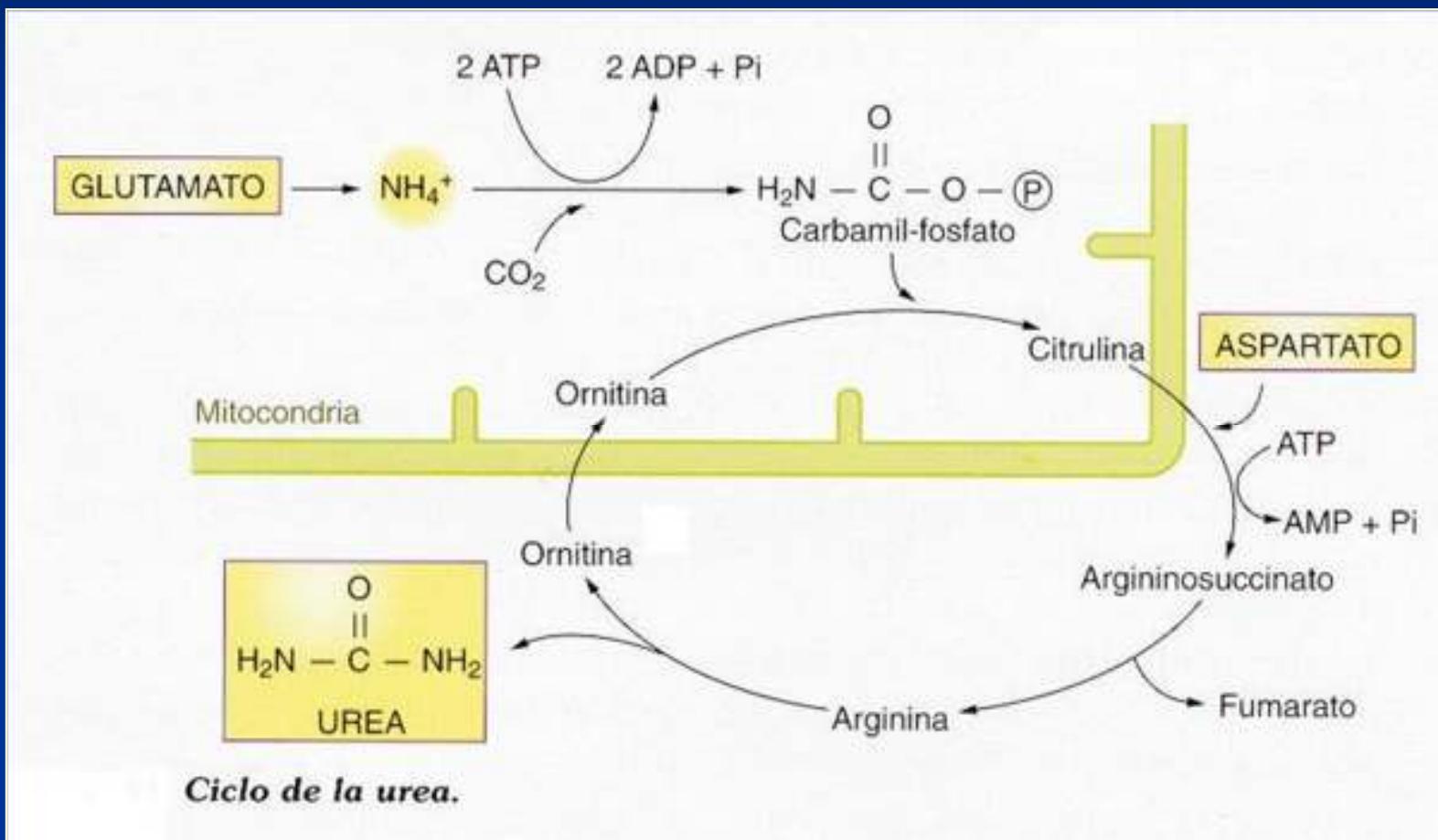


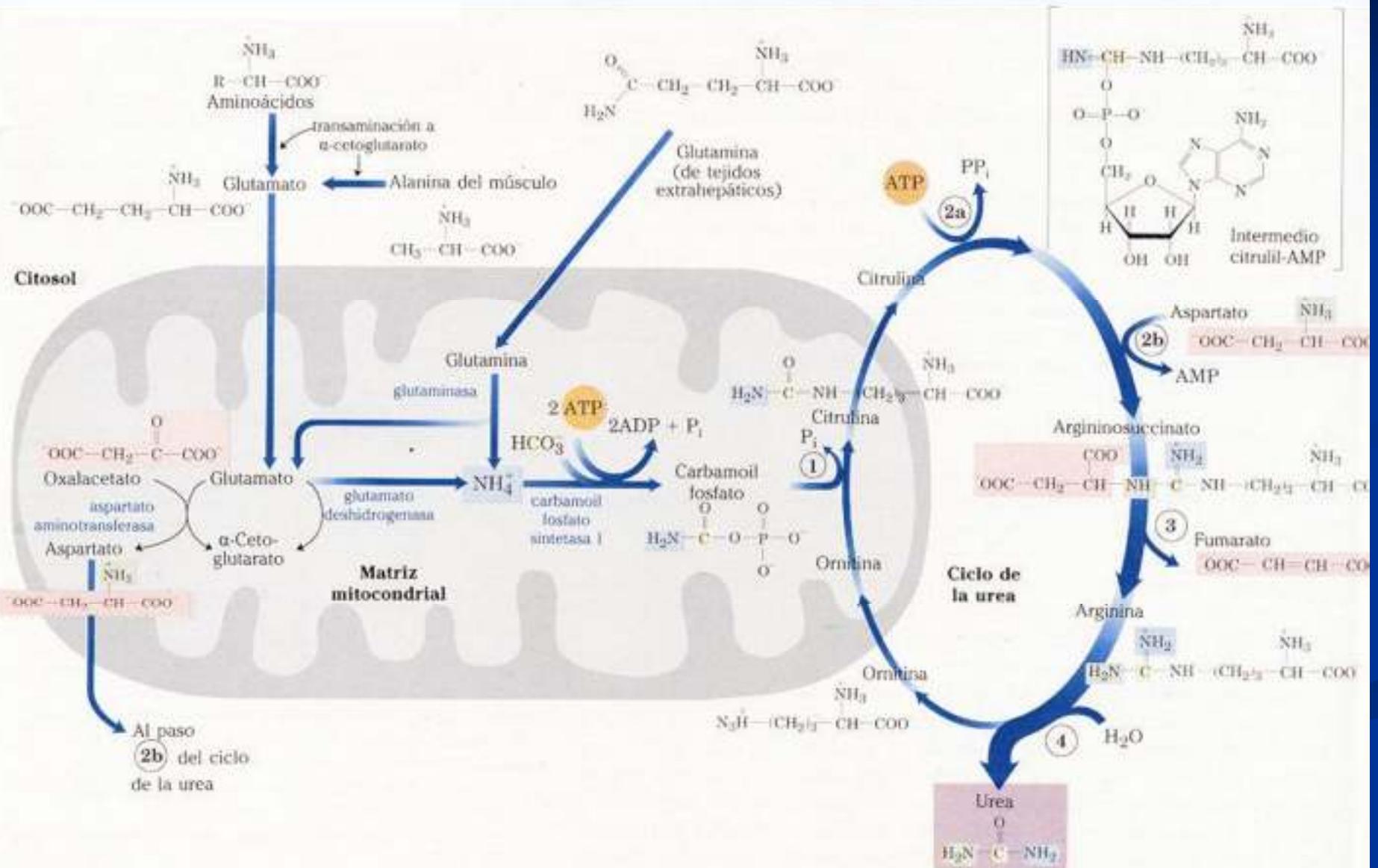




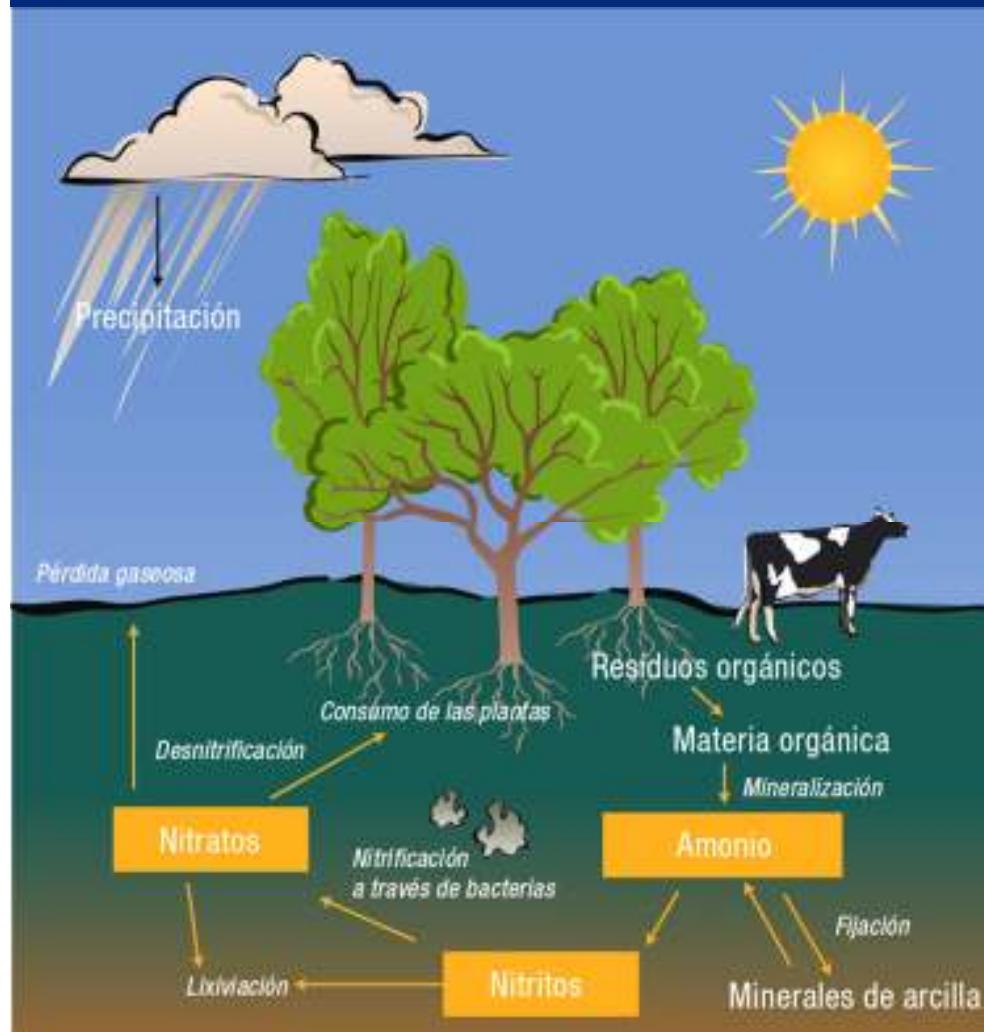








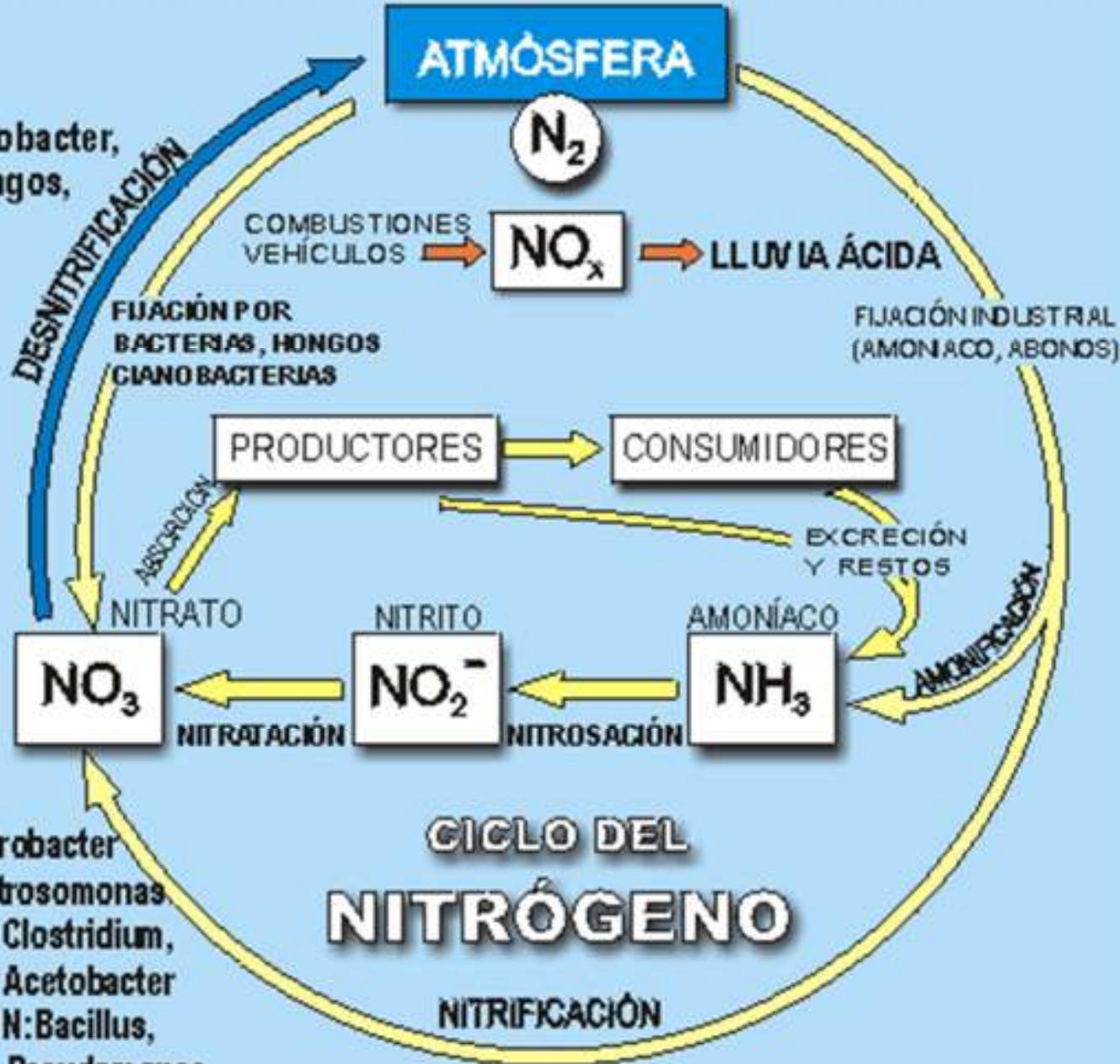
Ciclo del nitrógeno



Todas las plantas y animales necesitan nitrógeno para elaborar aminoácidos, proteínas y DNA; pero el nitrógeno en la atmósfera no se encuentra en forma que lo puedan usar. Los seres vivos pueden hacer uso de las moléculas de nitrógeno en la atmósfera cuando estas son separadas por rayos o fuegos, por cierto tipo de bacterias, o por bacterias asociadas con plantas.

FIJACIÓN DE N₂:

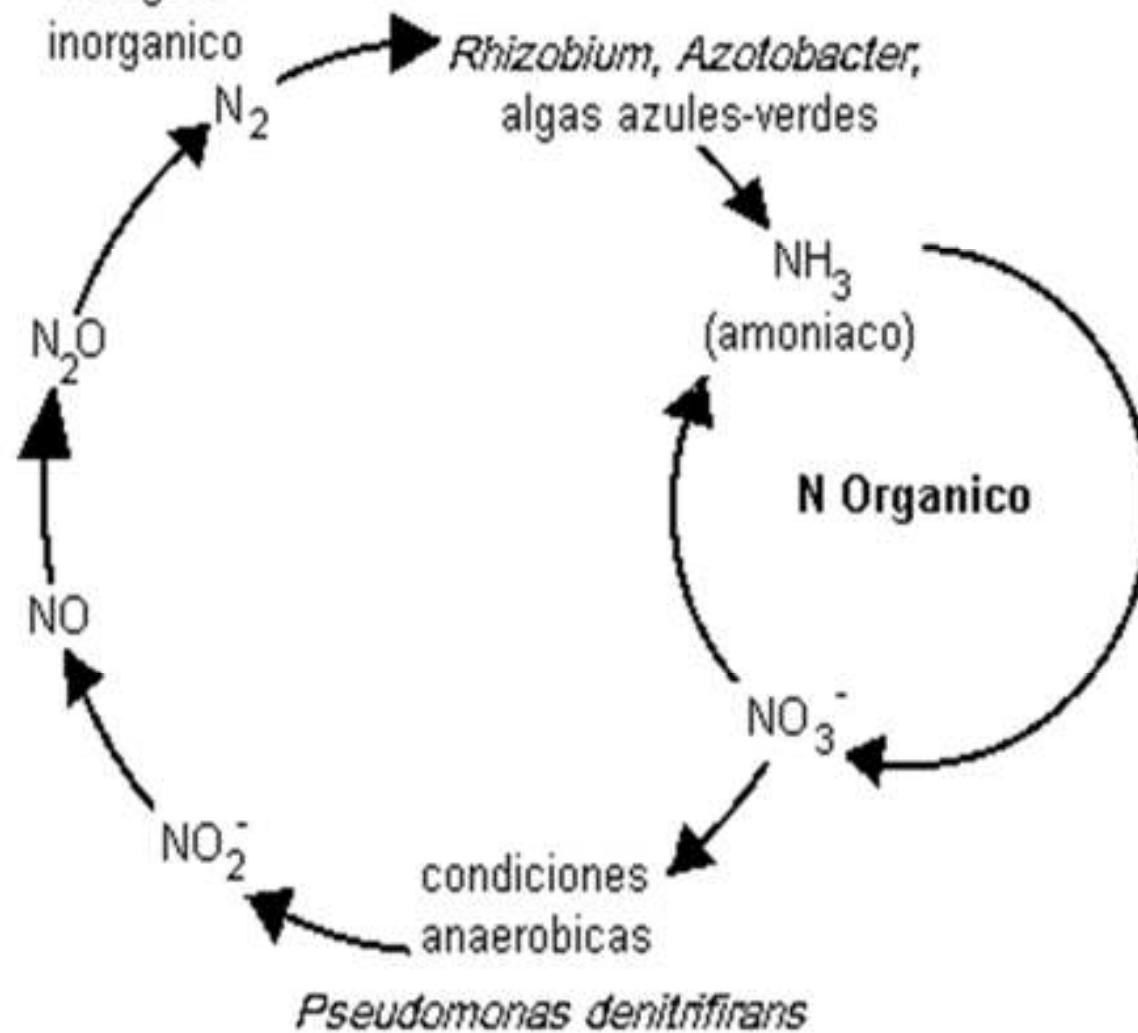
Rhizobium, Azotobacter, Beijerinckia, Hongos, Cianobacterias, Nostoc, Anabaena.



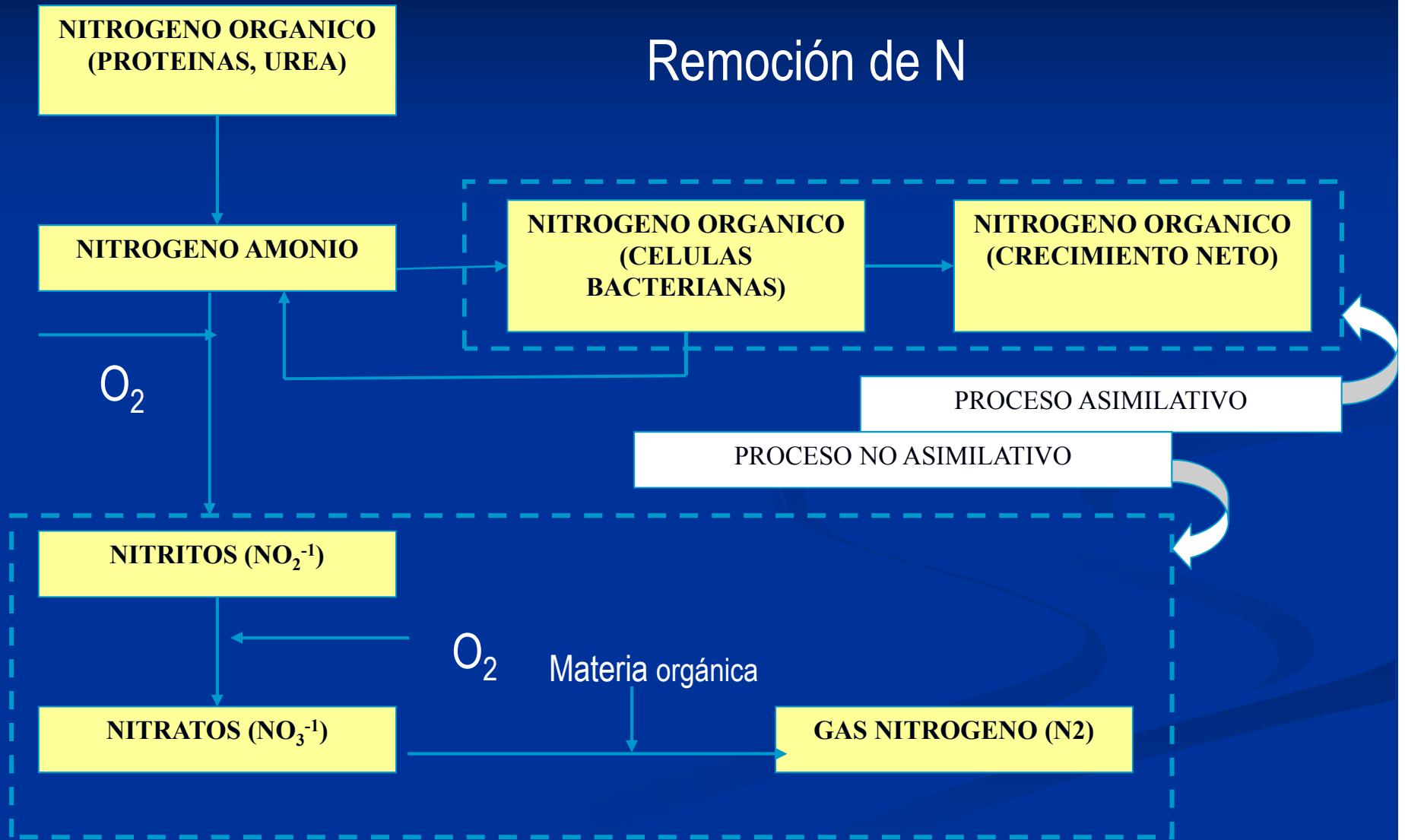
Atmósfero

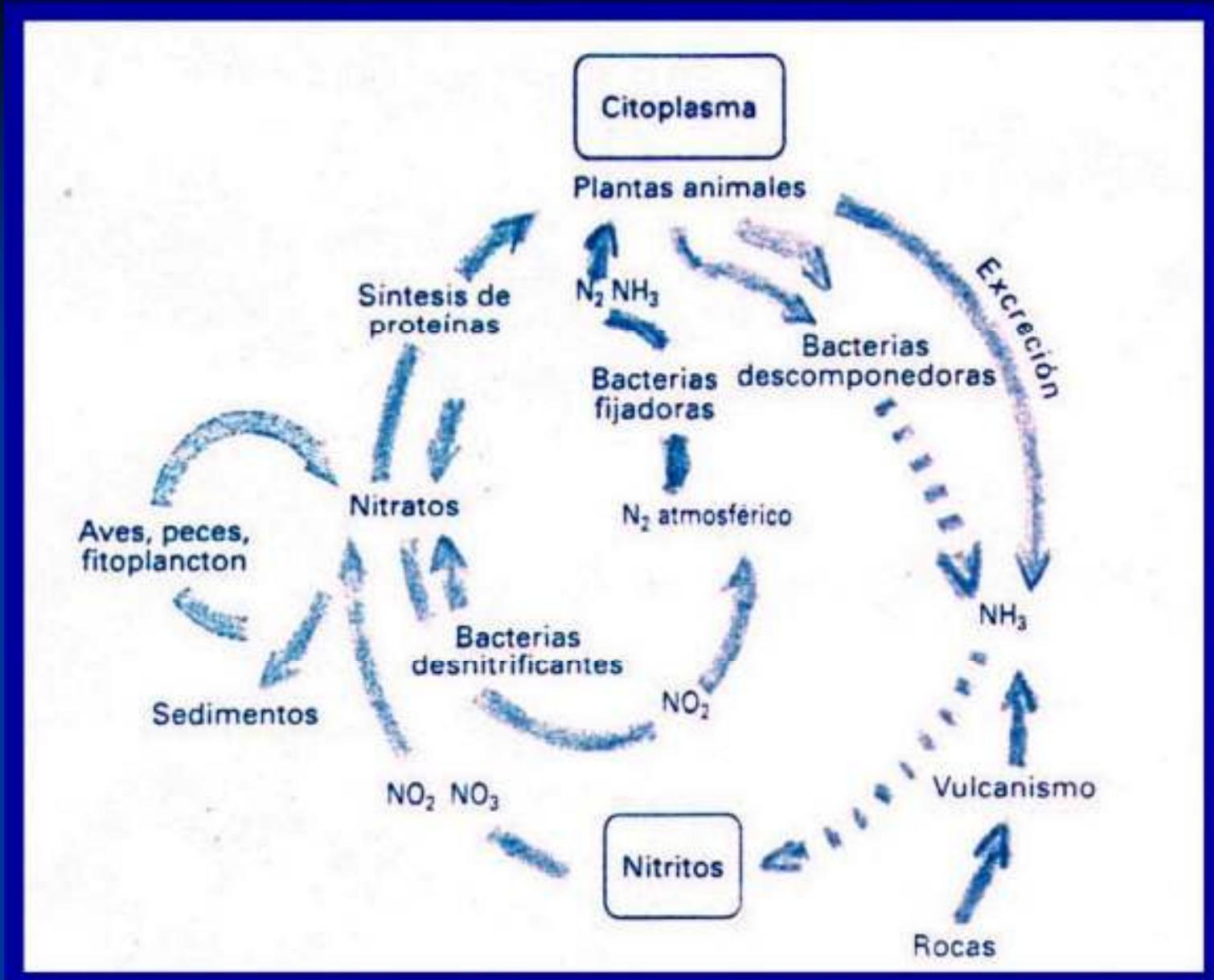
nitrogeno
inorganico

El Ciclo de Nitrógeno



Remoción de N





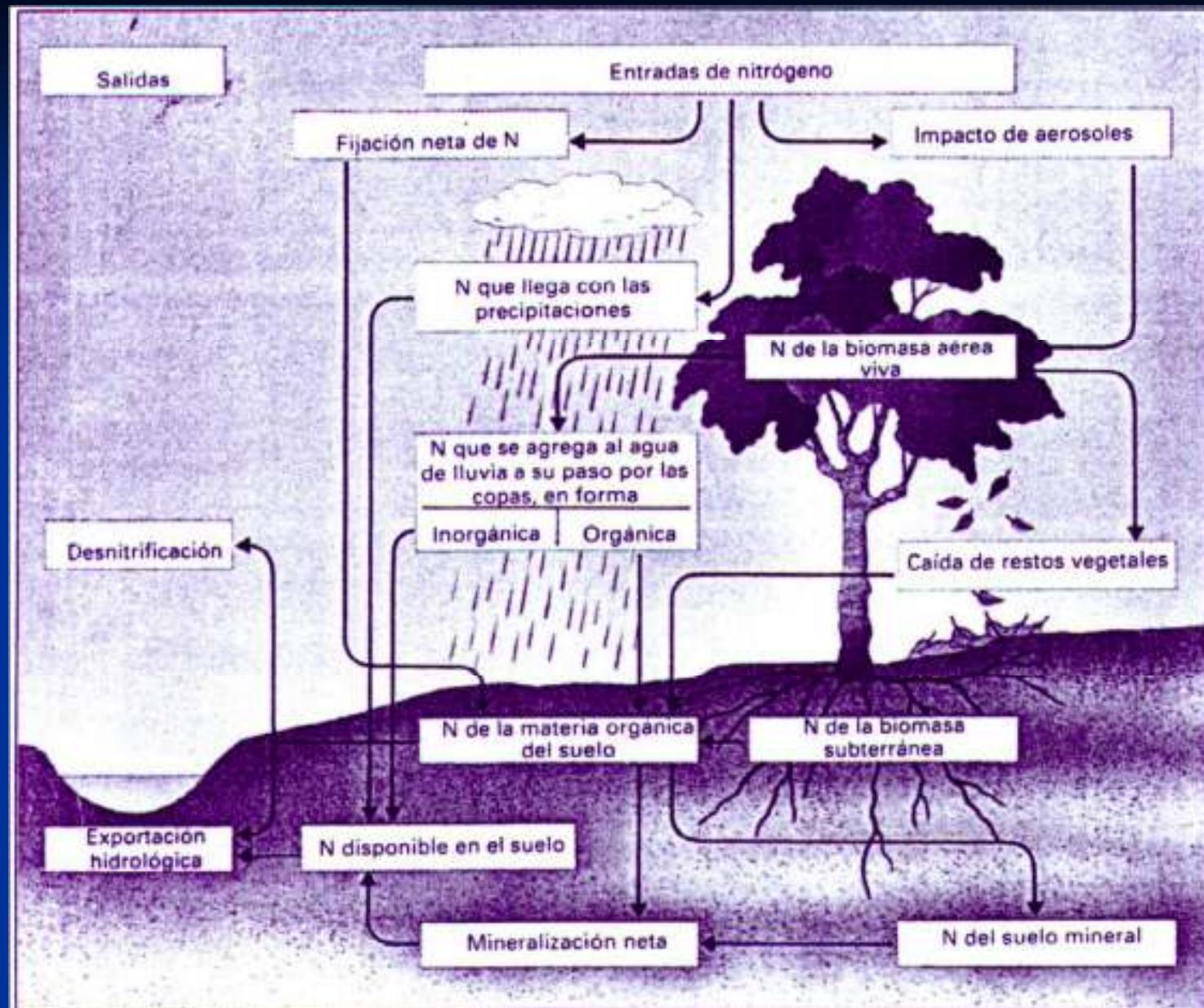
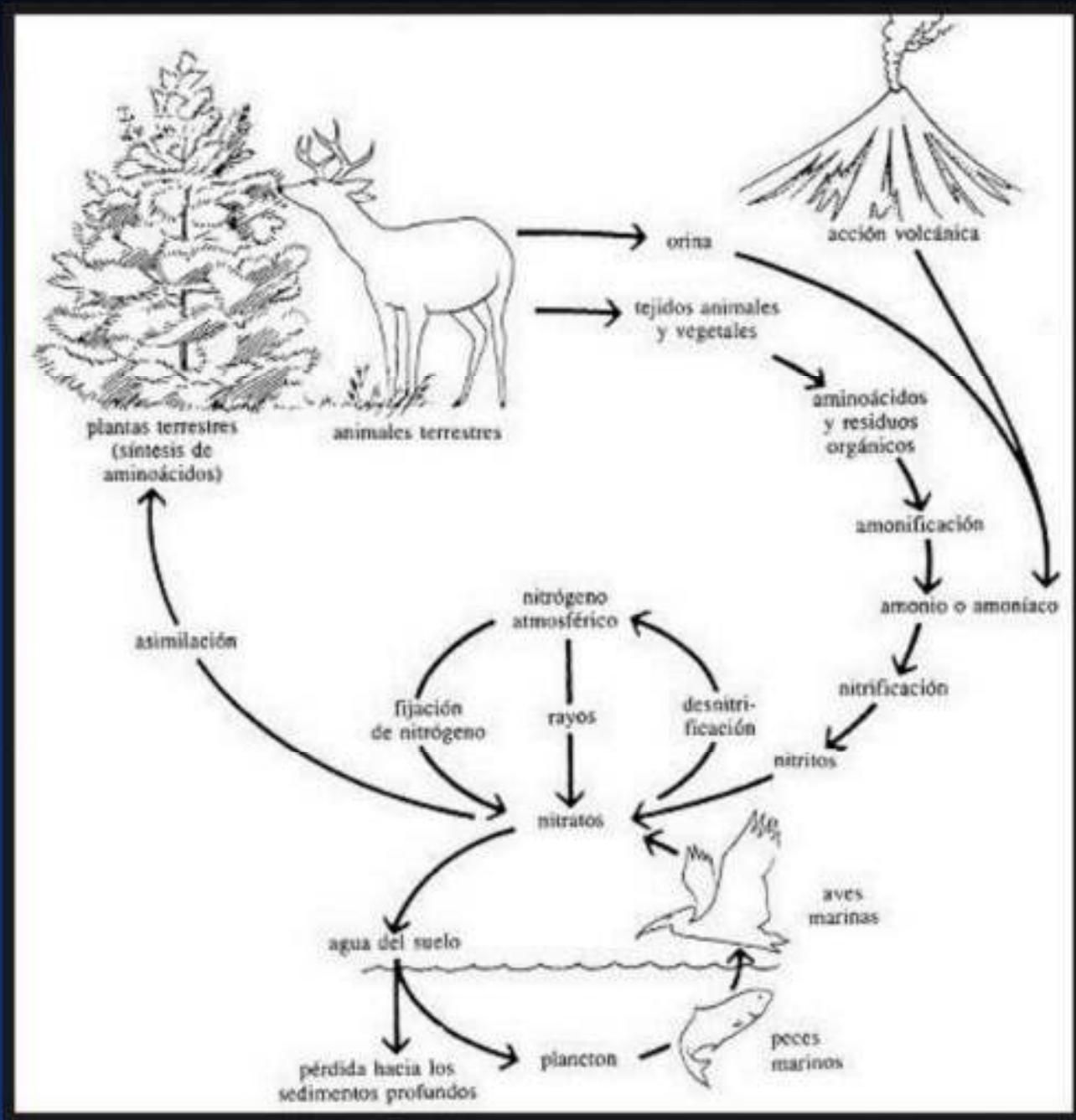


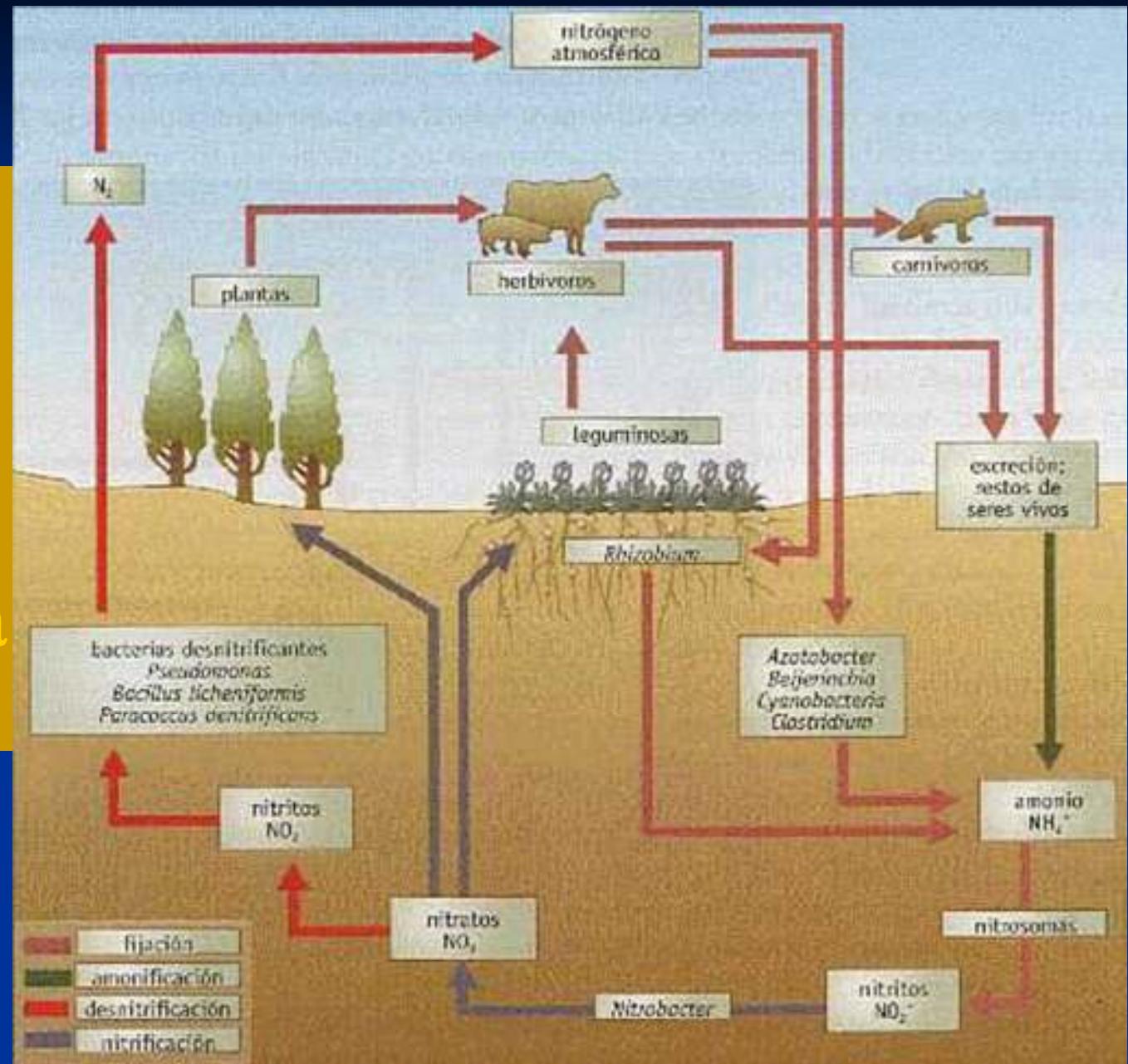
Figura 1

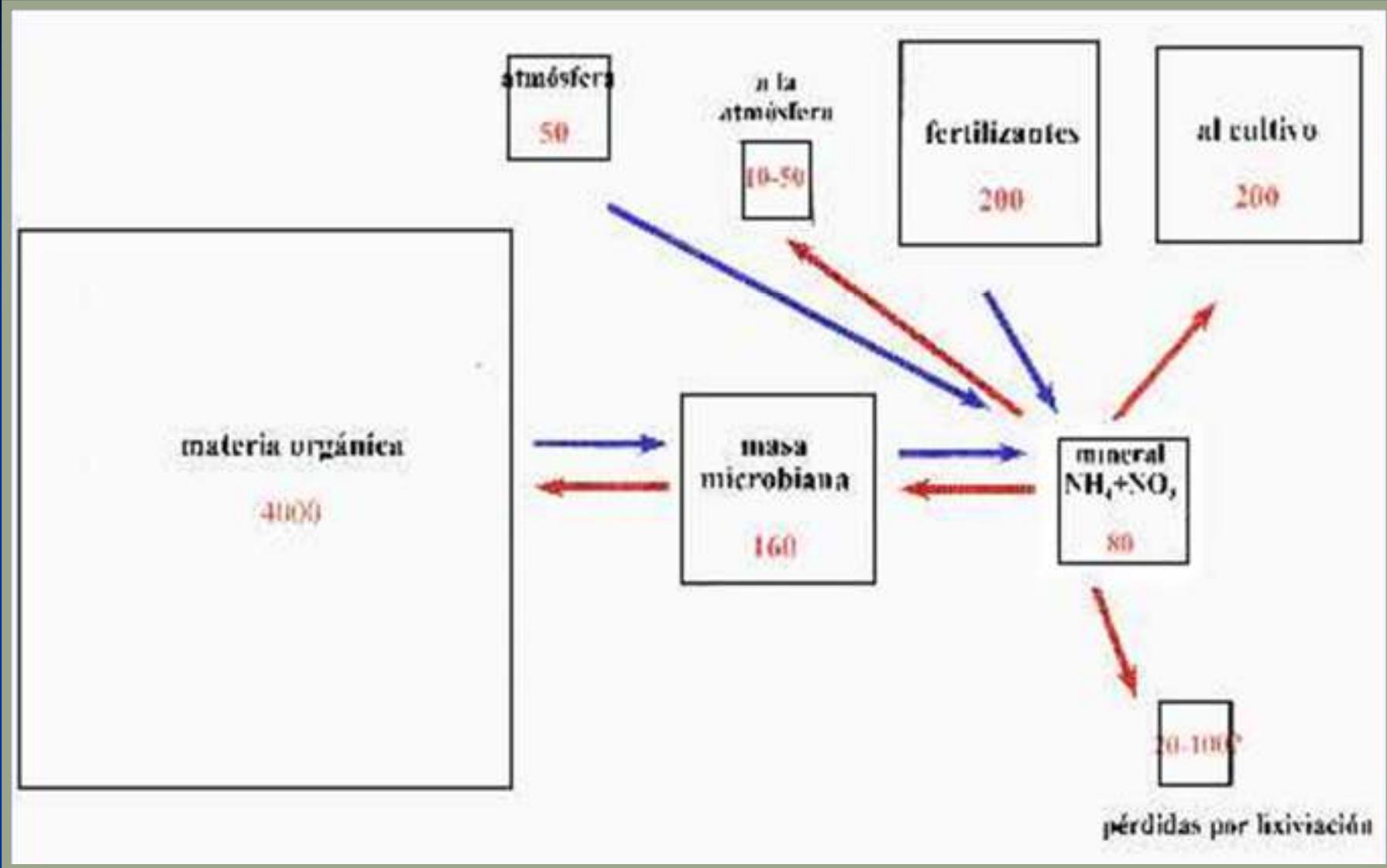


Pools de N en la Naturaleza

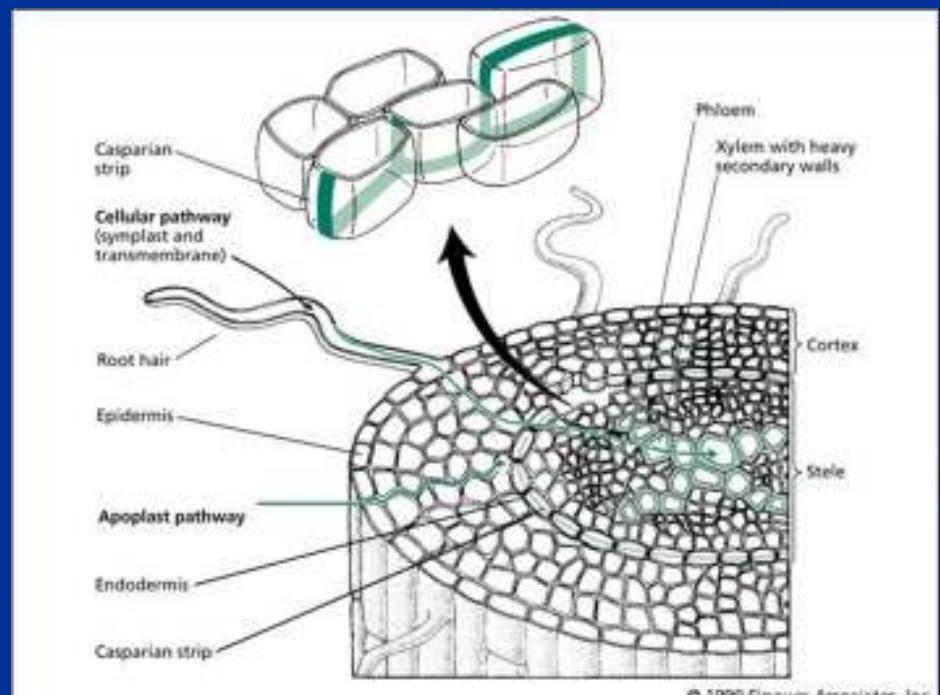
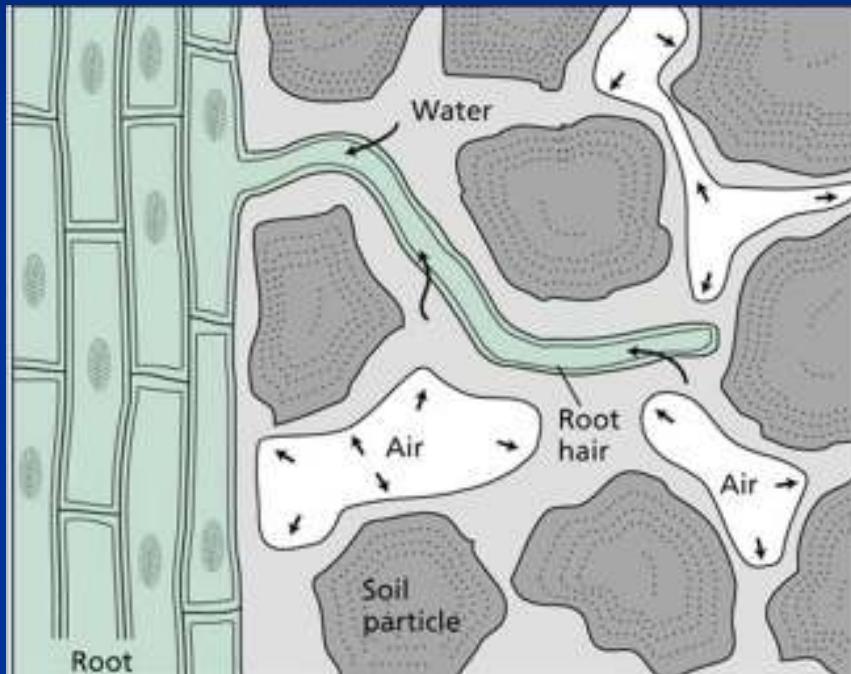
	N (10⁶ toneladas)
Aire	
N ₂	3.900.000.000
N ₂ O	1.400
Tierra	
Plantas	15.000
Animales	200
Seres humanos	10
Materia orgánica del suelo	150.000
microorganismos	6.000
Océanos	
Plantas	300
Animales	200
En solución o suspensión	1.200.000
NO ₃ ⁻ -N	570.000
NH ₄ ⁺ -N	7.000
N ₂ disuelto	22.000.000

Ciclo del Nitrogeno en la Naturaleza



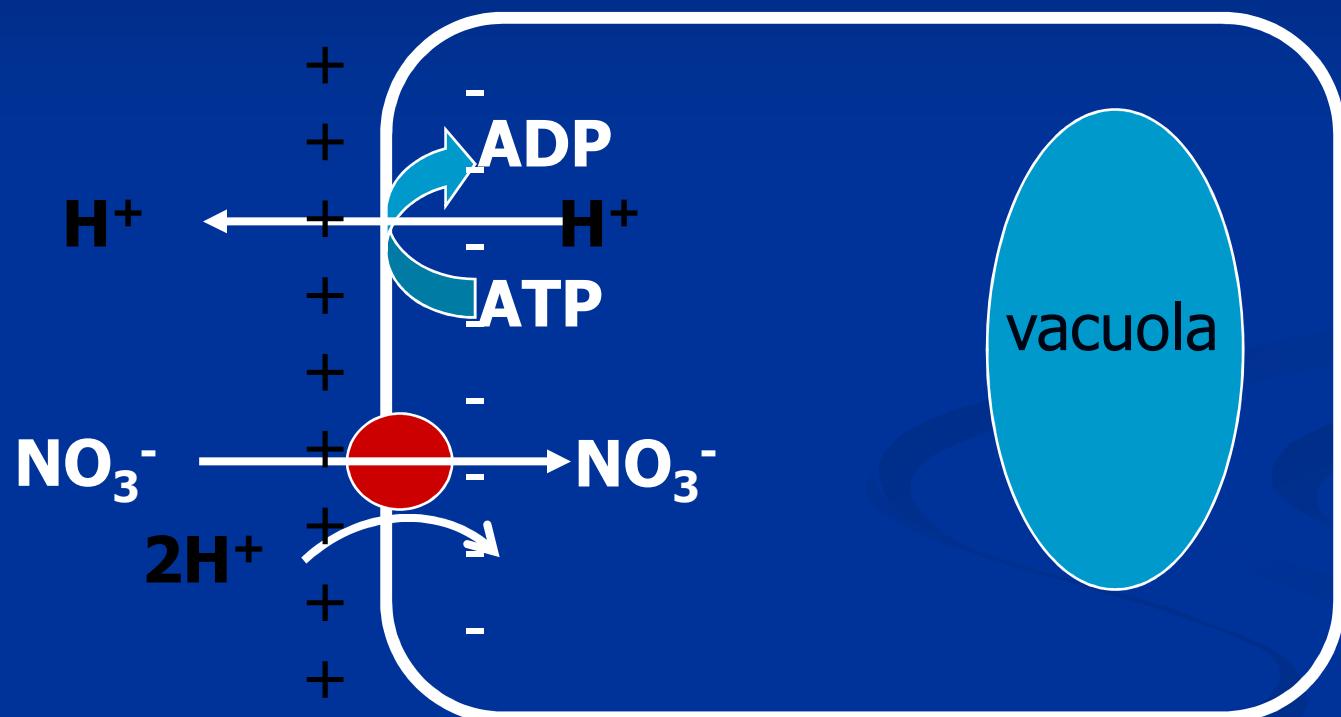


Absorción del Nitrogeno por las Plantas



© 1998 Sinauer Associates, Inc.

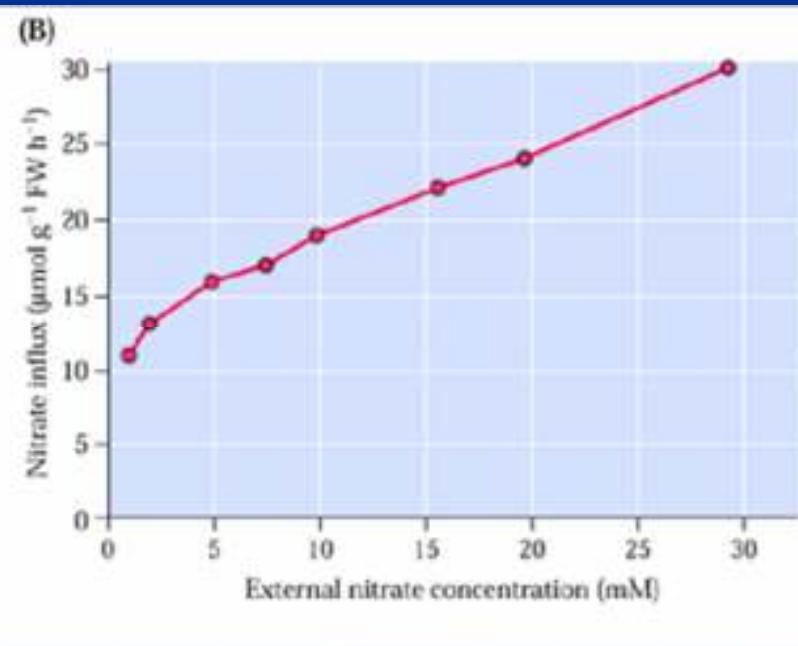
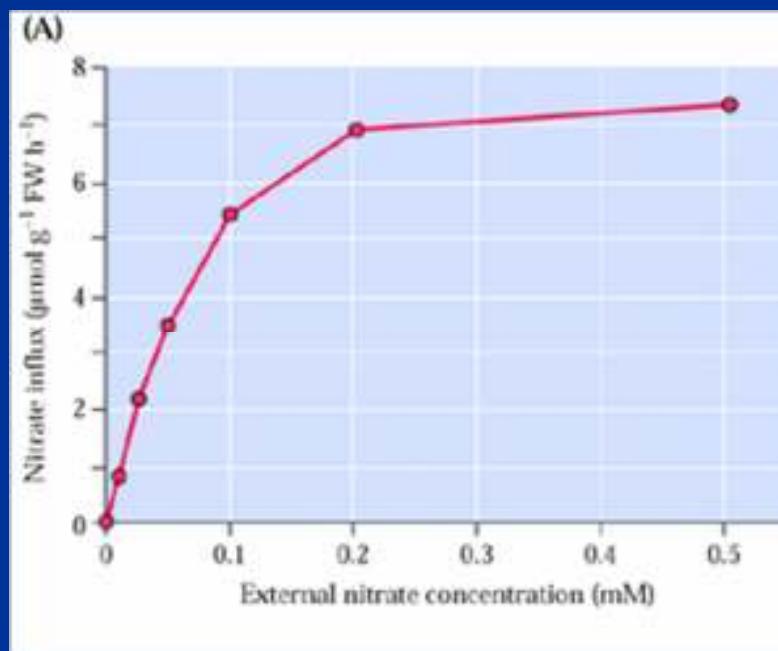
Absorción de Nitratos



La absorción de NO_3^- está mediada por un mecanismo de simporte $2\text{H}^+/\text{NO}_3^-$

Primeros estudios sobre la absorción de nitratos

La absorción necesitaba ser inducida por una exposición previa a NO_3^- de 3-6 hs



Mec. 1: a concentraciones bajas
saturación: aprox. 0.3 mM

Mec. 2: concentraciones altas ($> 1\text{mM}$)
saturación: dependiente de la especie o genotipo

Transportadores

- En las plantas superiores la absorción está mediada por al menos 3 sistemas transportadores distintos que co-existen en las células radiculares.
- 2 clases:
 - alta (HATS)
 - baja afinidad (LATS)

LATS (Low Affinity Transport System)

- Constitutivos
- Contribuyen a la absorción a $[] > 1 \text{ mM}$
- Pueden presentar saturación a concentraciones tan altas como 50 mM.
- Su actividad corresponde al mecanismo 2 de los estudios de Epstein
- Transporte activo a pesar de su respuesta lineal a la concentración.

CHATS (Constitutive High Affinity transport System)

- Se caracterizan por su bajos valores de Km ($6-20\mu\text{M}$) y de Vmax ($0.3-0.82 \mu\text{mol g. h}^{-1}$)
- Aunque son constitutivos su actividad aumenta hasta 3 veces en presencia de NO_3^-

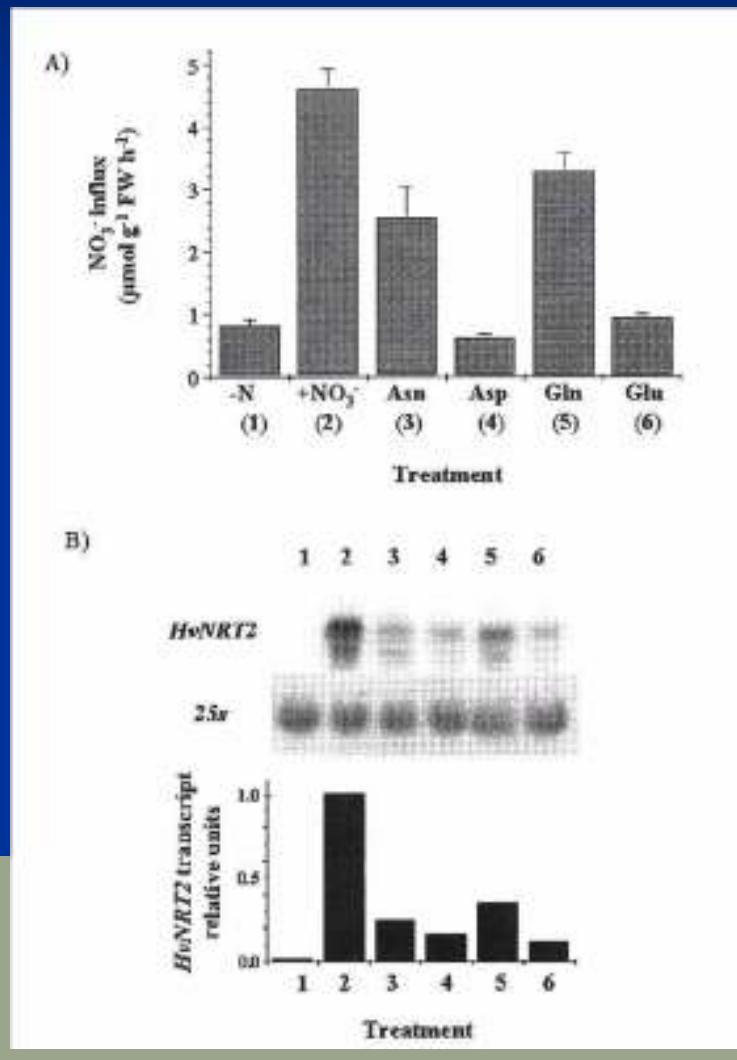
IHATS (Inducible High Affinity Transport System)

- Km (20-100 μ M) y de Vmax (3-8 μ mol g. h⁻¹)
- se inducen dentro de las horas o días posteriores a la exposición con NO_3^-
- Su actividad corresponde al mecanismo 1 para la de absorción de NO_3^- de Epstein

Regulación de la absorción de NO_3^-

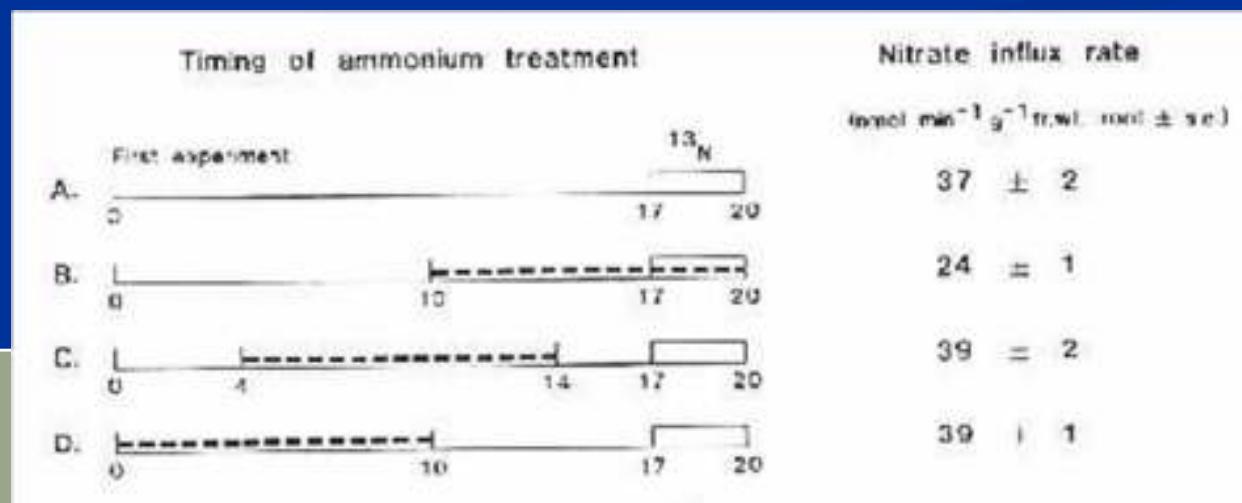
- Reguladores positivos: NO_3^-
Azúcares
- Reguladores Negativos: NH_4^+
Aminoácidos

Regulación de la absorción

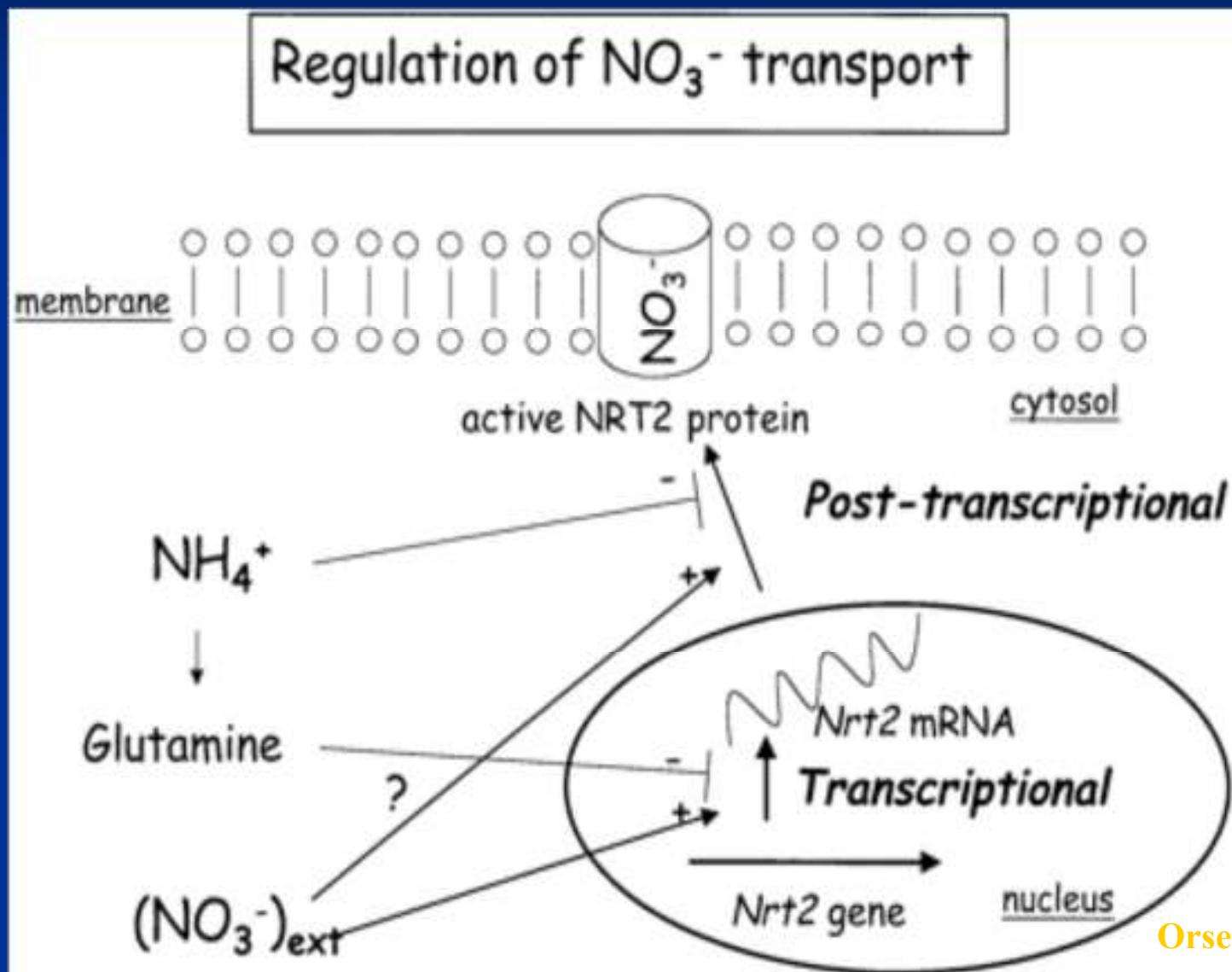


Efecto del NH_4^+ sobre la absorción

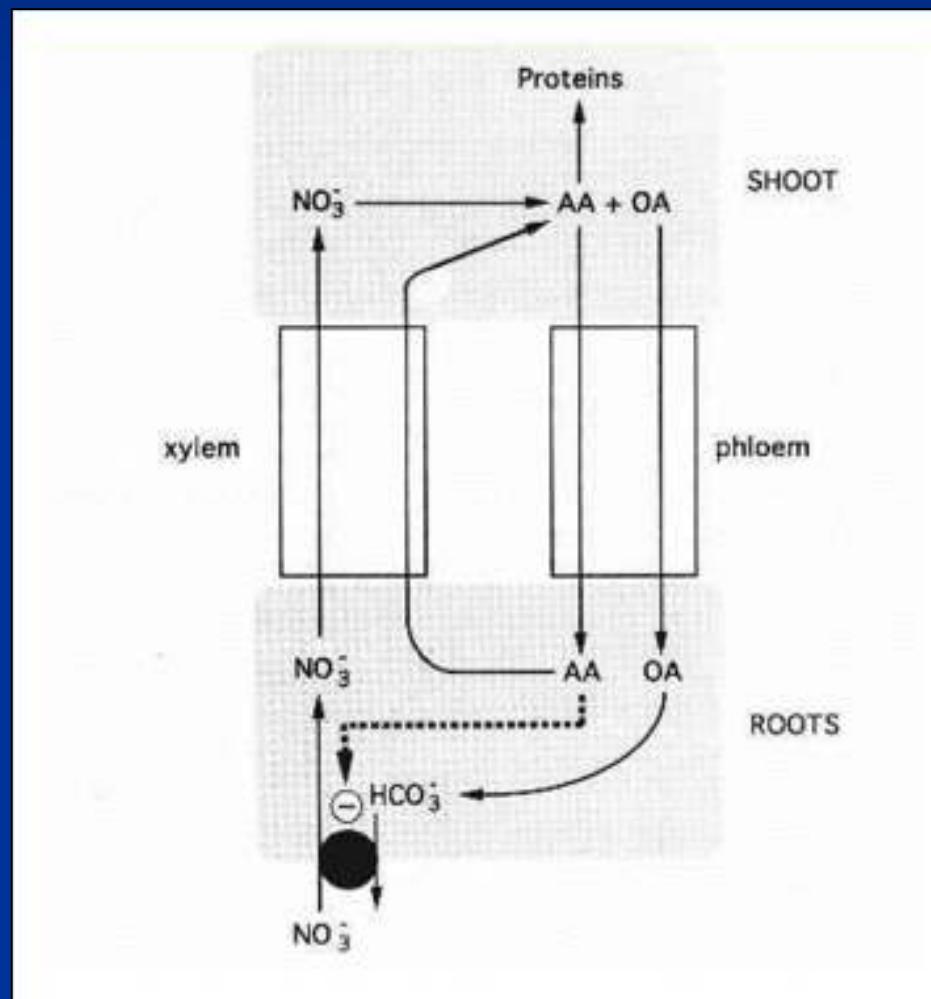
- Efecto a largo plazo
- Efecto a corto plazo



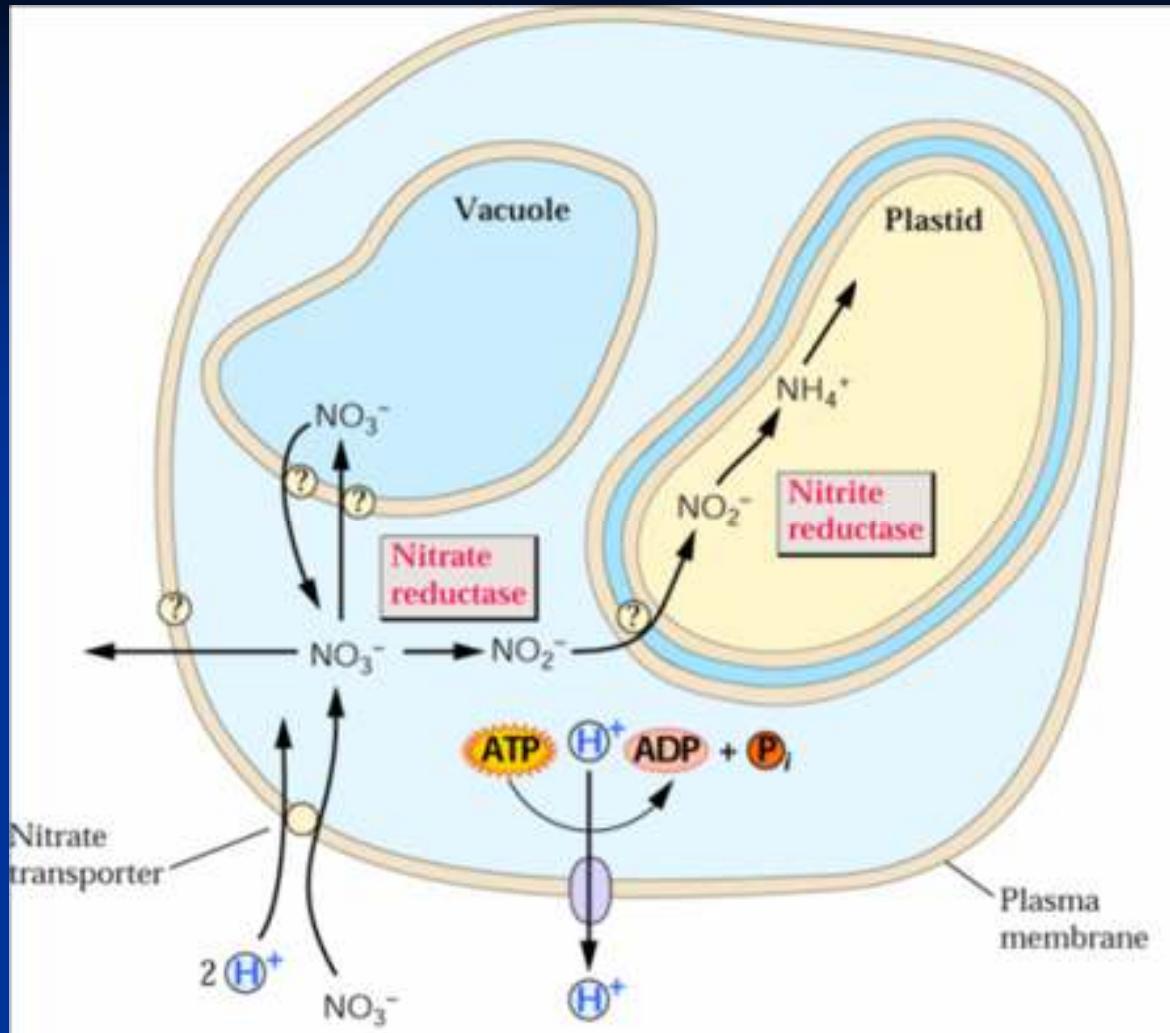
Regulación de la absorción de NO_3^-



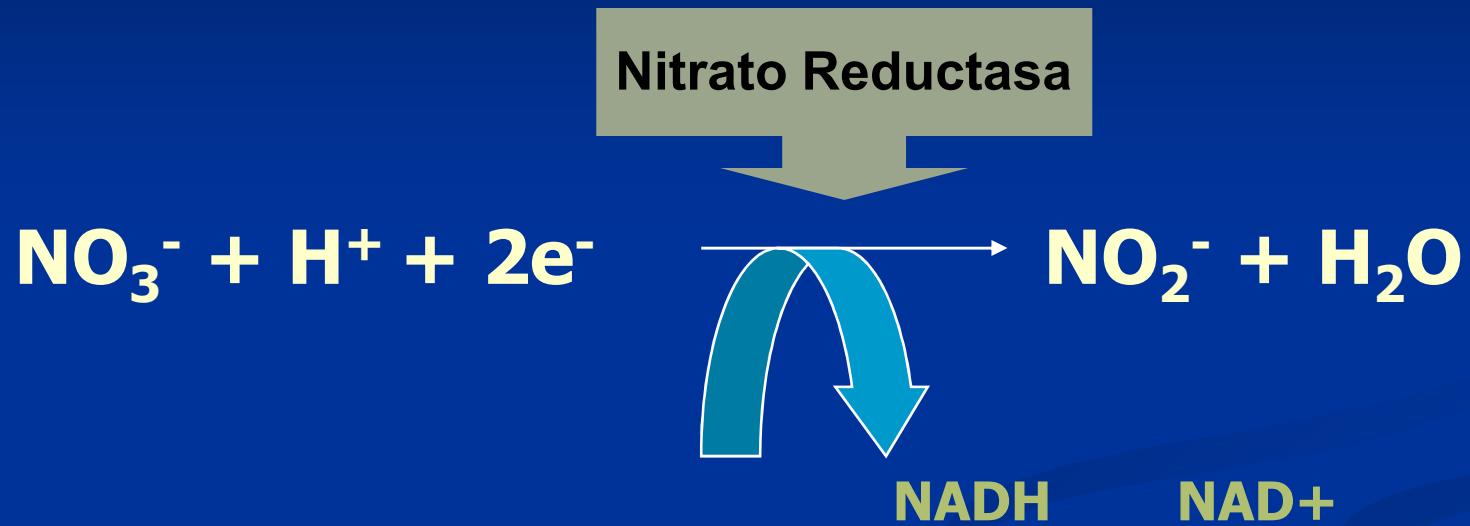
La absorción está regulada por la demanda de N de la planta



REDUCCIÓN DEL NITRATO



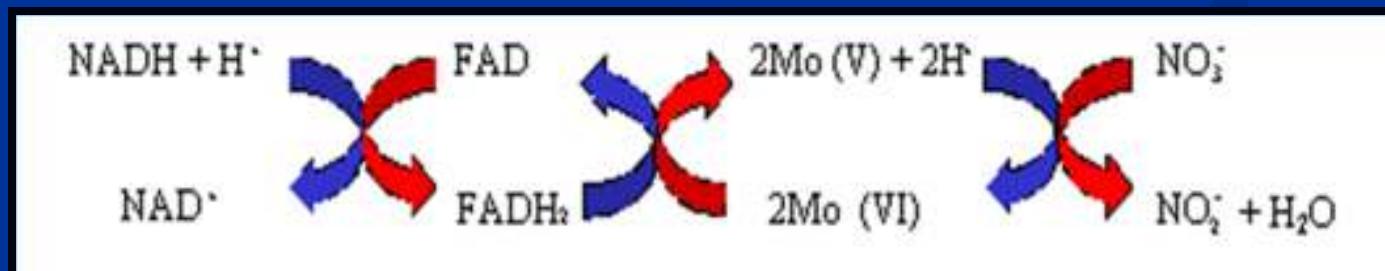
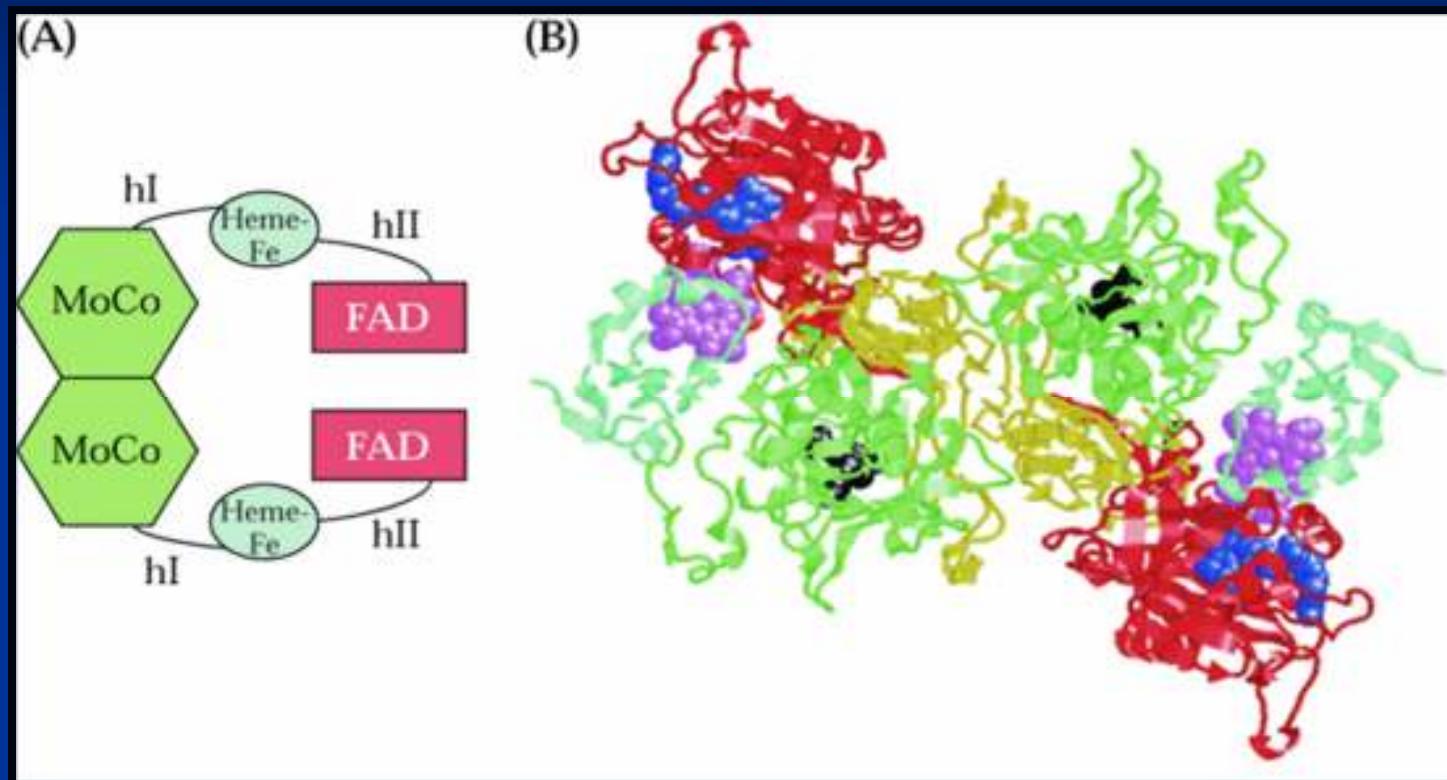
Reducción de NO_3^- a NO_2^-



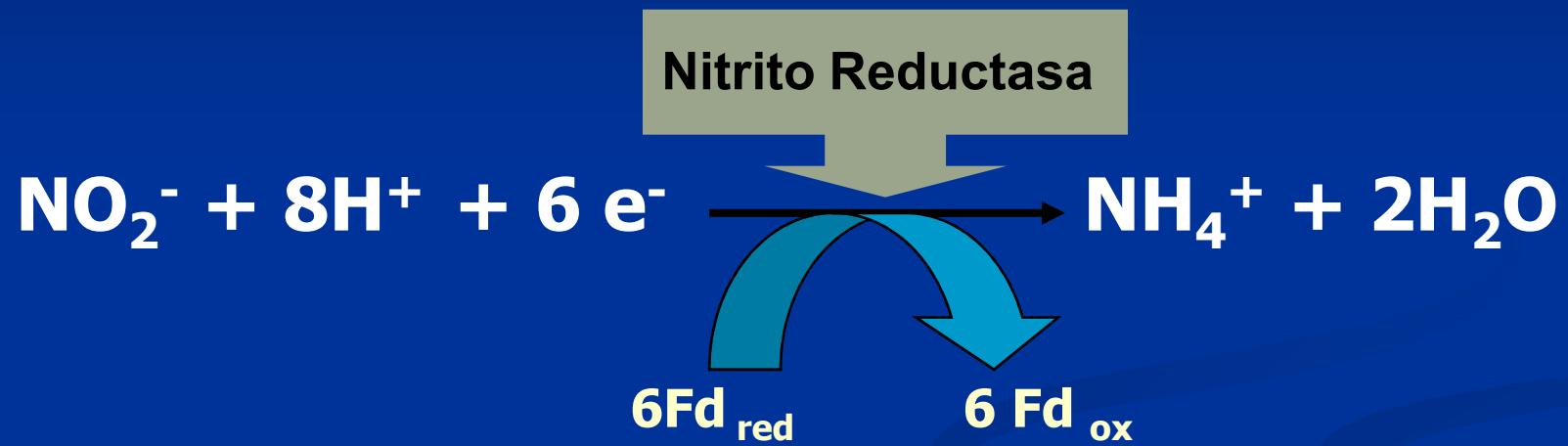
NR: enzima citosólica

2 isoformas - NADH - NADPH

Nitrato Reductasa

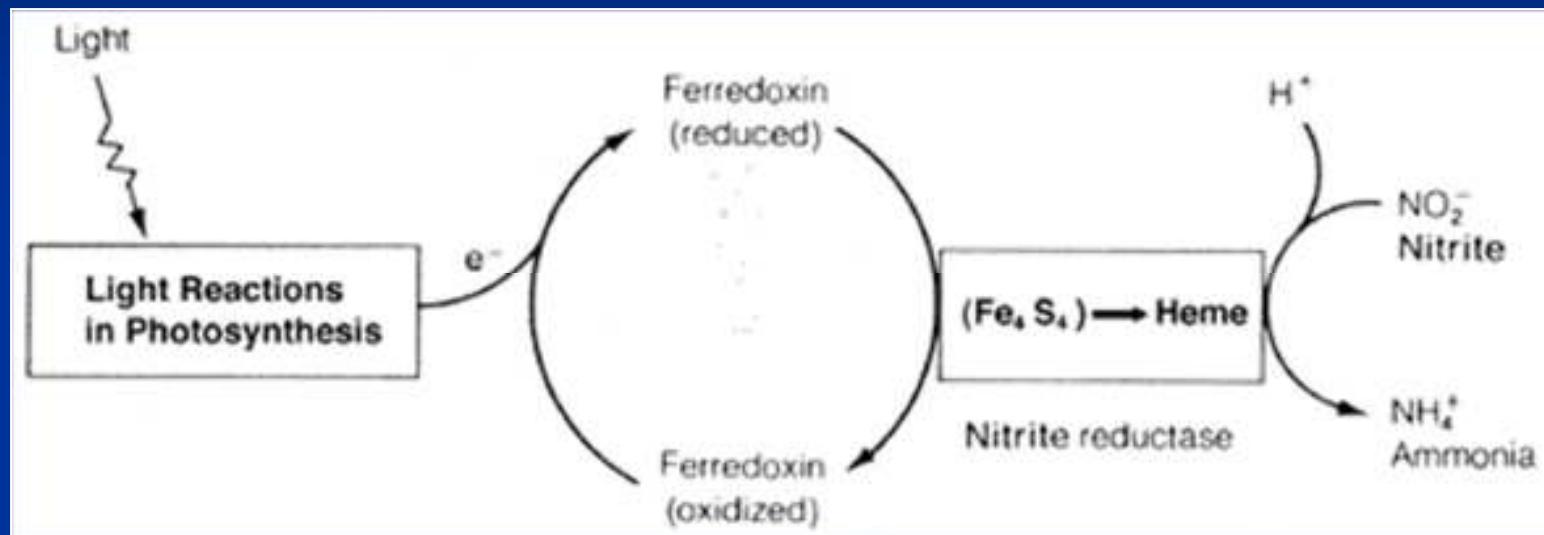


Reducción de NO_2^- a NH_4^+



NiR: Enzima plastídica
2 gr. próstéticos: cluster Fe-S
siro-hemo
2 isoformas

Modelo para la reacción de la NiR



En raíces los e^- los aporta también la Fd red. que se reduce gracias a los e^- cedidos por el NADPH generado vía de las pentosas

Regulación de la Actividad NR y NiR

- Proceso altamente regulado
- La NR cataliza el paso limitante de la reacción
- la planta ajusta la concentración y la actividad NR y NiR en respuesta a diferentes señales:
 - Abundacia de NO_3^- , luz , compuestos nitrogenados, CO_2 , metabolitos del carbono , citoquininas

Regulación de la Actividad NR y NiR

Reguladores positivos

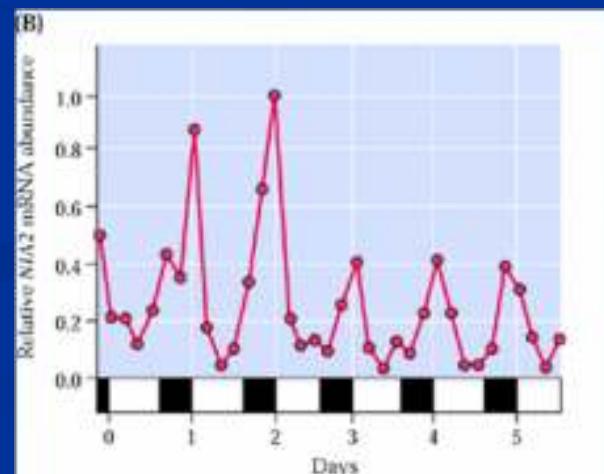
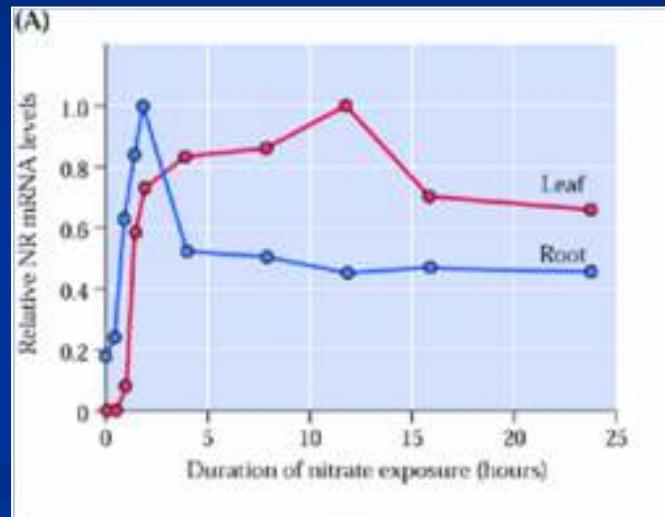
- NO_3^-
- LUZ
- azúcares

Inhibida por:

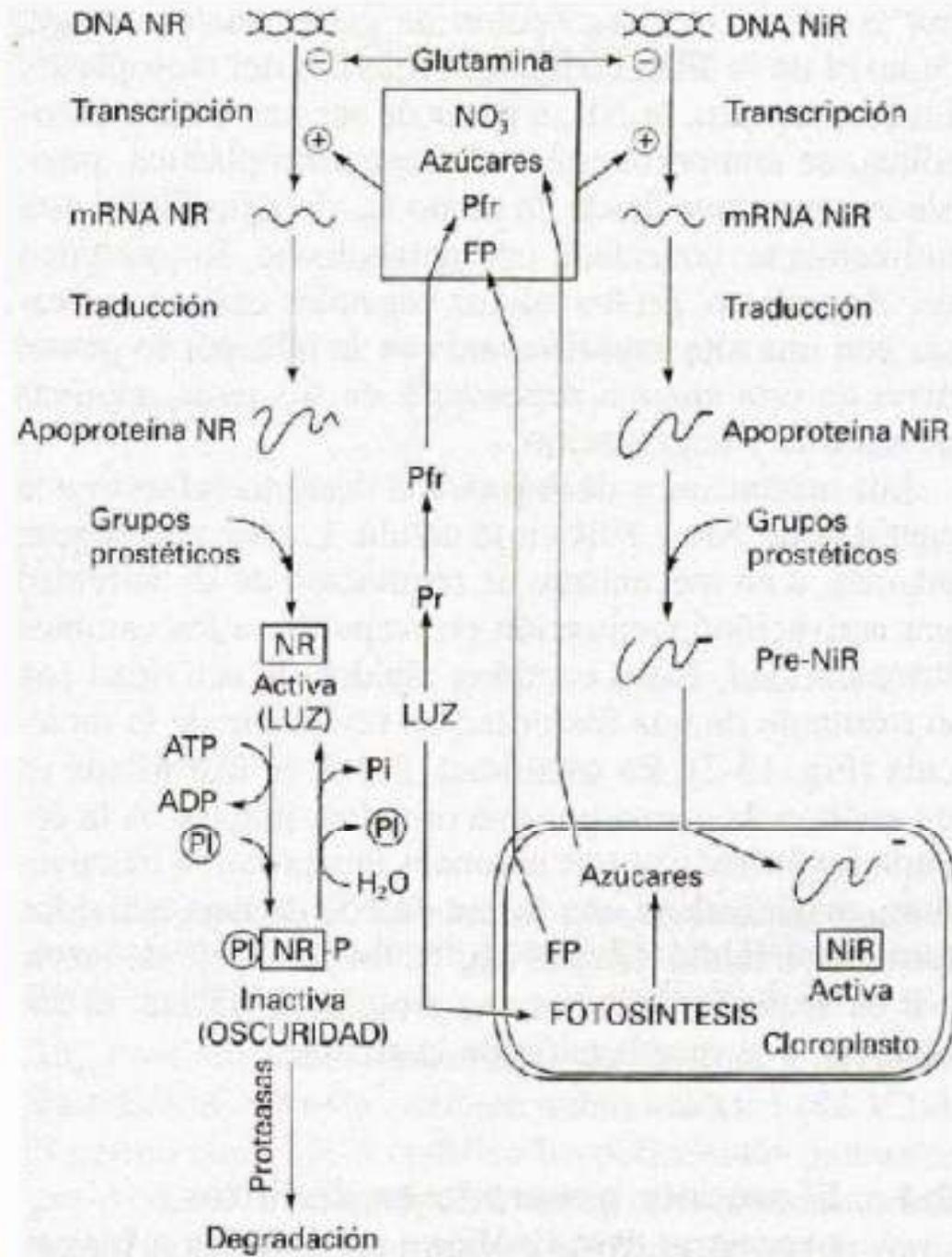
- Productos de asimilación del NH_4^+ (glutamina)

La NR es inducida por NO_3^-

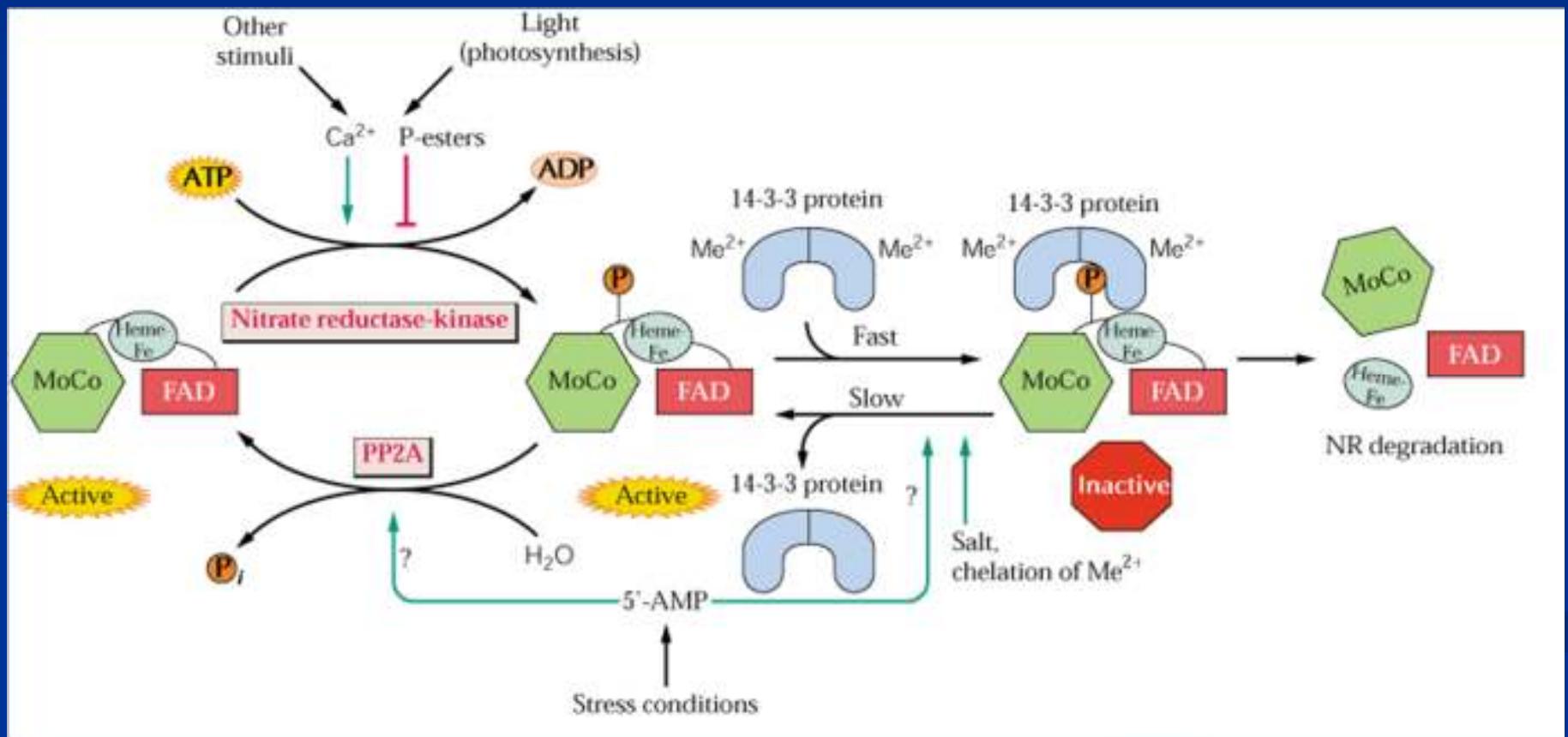
- NO_3^- señal primaria
- También responde a señales que ligan la reducción del NO_3^- a la fotosíntesis, metabolismo de C y los ritmos diurnos



Regulación de la Actividad NR y NiR



Regulación post-transcripcional de la NR



Asimilación del NH₄⁺

Fotorrespiración

Reducción de
NO₃⁻

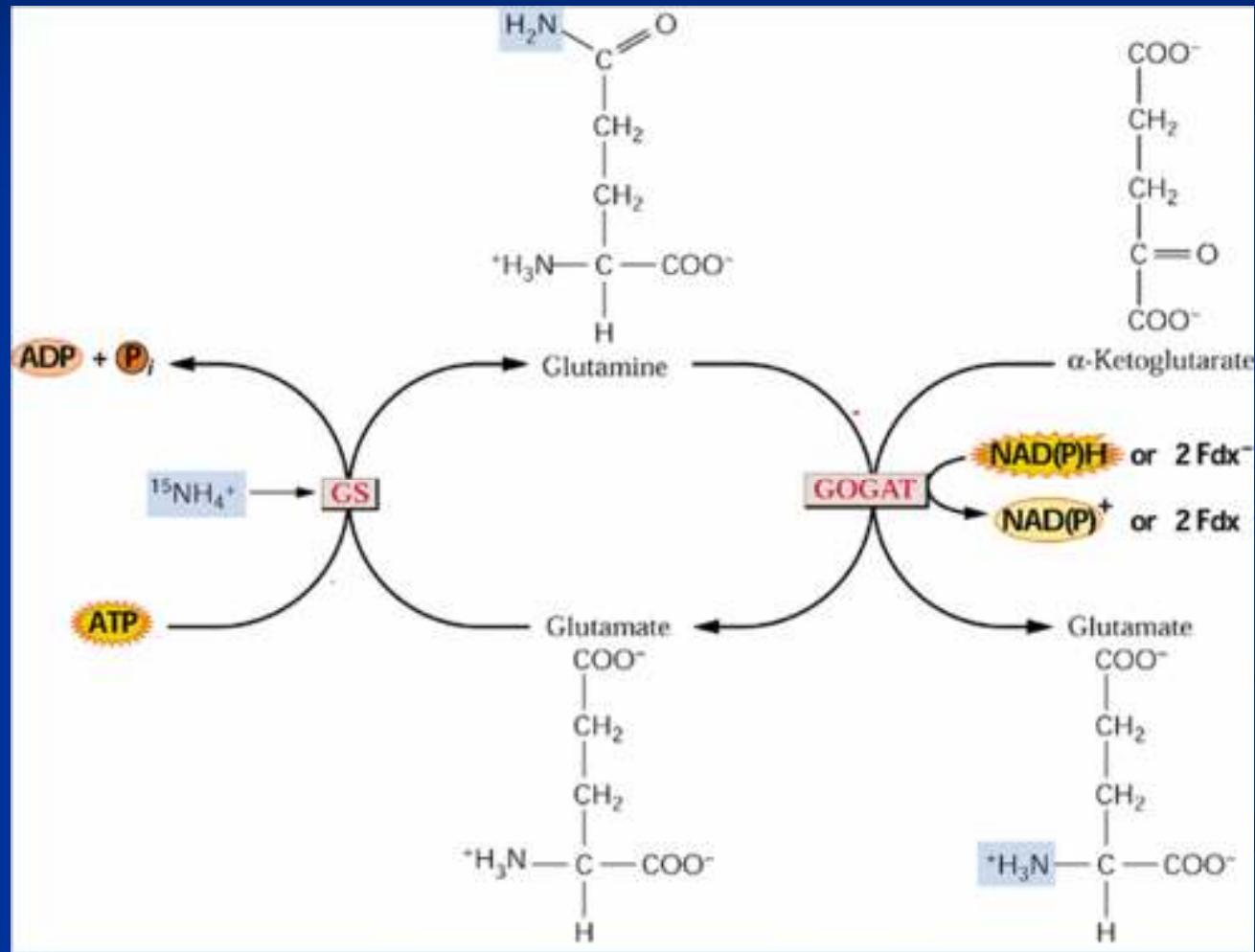
Fijación biológica
de N₂

Degradación de Proteínas
(Germinación, senescencia)



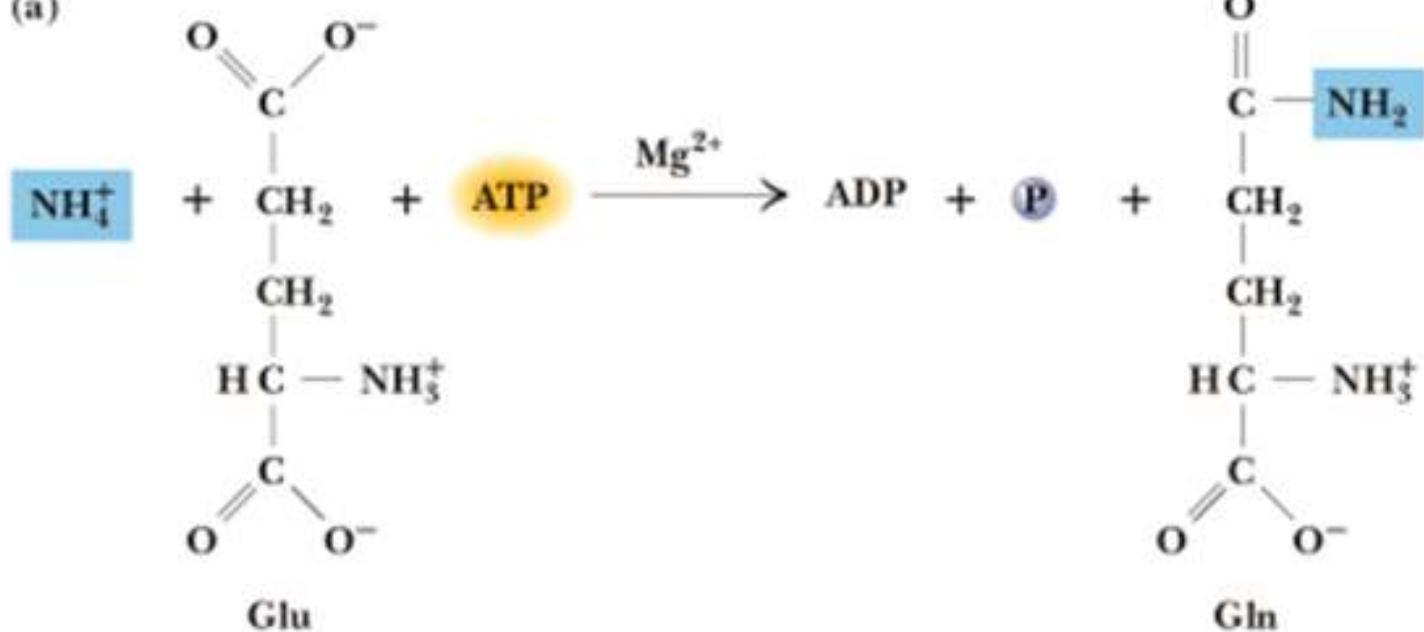
Aminoácidos y
otros
compuestos
nitrogenados

Vía GS-GOGAT



Glutamina sintetasa

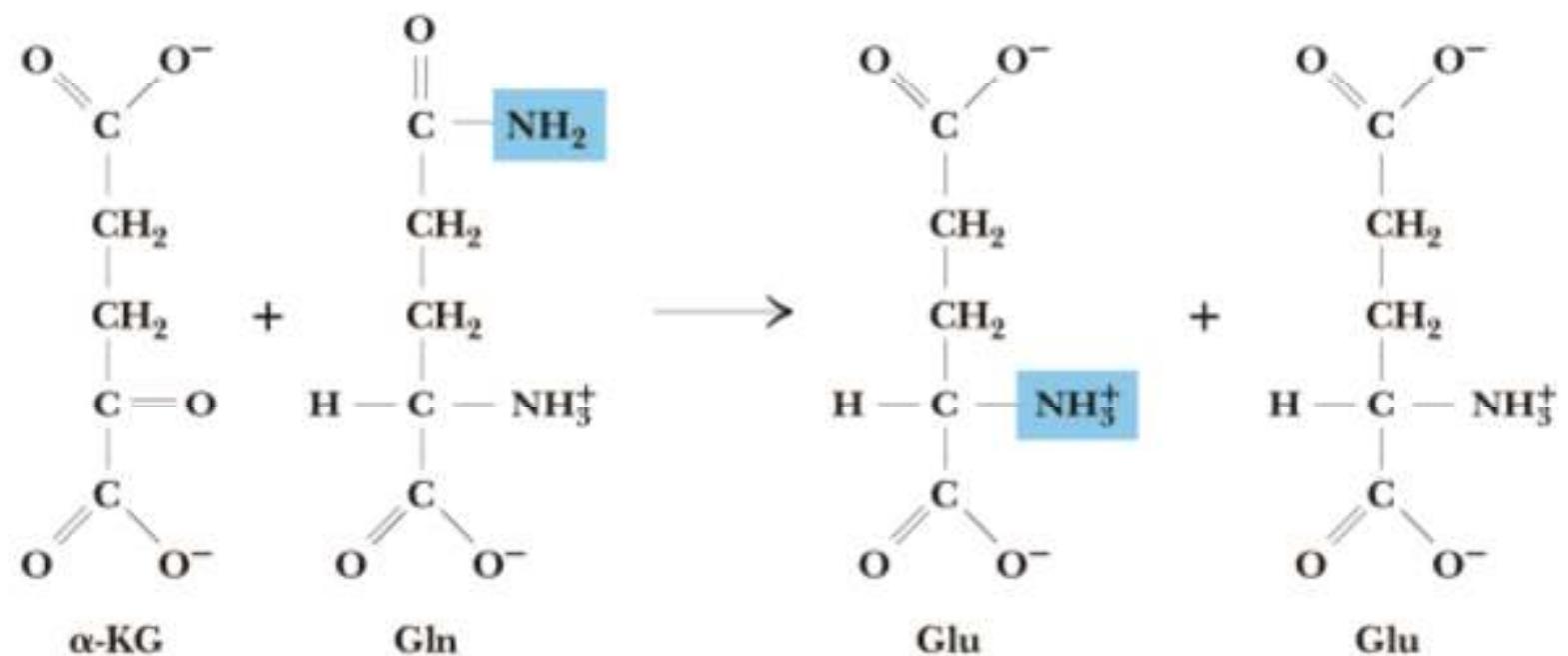
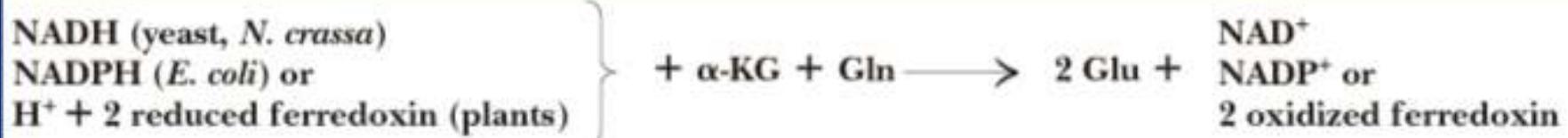
(a)



Glutamina sintetasa

- GS 1: involucrada en la producción de compuestos de transporte
 - Su expresión aumenta durante la senescencia
- GS 2: asimilación primaria del nitrógeno y del NH₄⁺ proveniente de la fotorrespiración
 - La luz, NO₃⁻ y NH₄⁺ estimulan su síntesis

Glutamato Sintasa

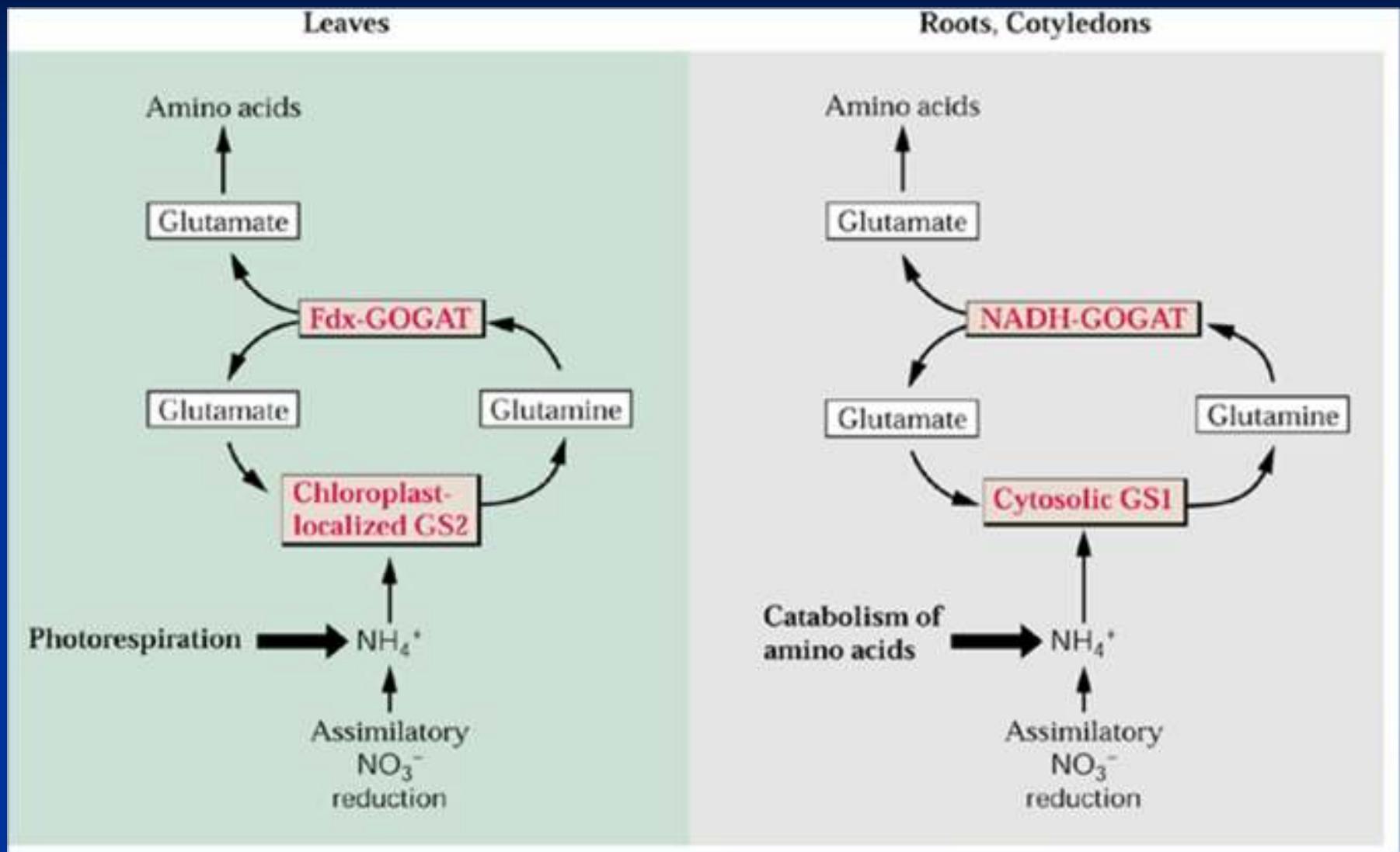


Fd-GOGAT Glutamato Sintasa

- forma mayoritaria en tejidos verdes
 - Se encuentra en cloroplastos y plástidos de la raíz
 - Funciones:
 - Asimilación primaria del N
 - Fotorrespiración
 - Dos isoformas, con patrones de expresión y función diferentes

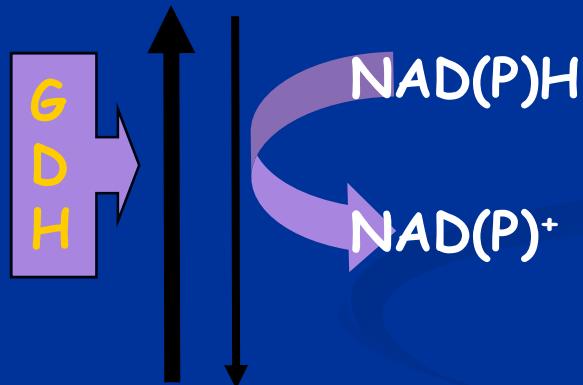
NADH-GOGAT

- se localiza en plástidos de raíces, tejidos vasculares y nódulos de raíz.
- Funcion:
 - Reasimilación del NH₄⁺
 - Asimilación primaria en raíces
 - Asimilación del NH₄⁺ proveniente de la FBN en leguminosas



Glutamato Deshidrogenasa (GDH)

$\text{NH}_4^+ + 2\text{-OXUGLUTARATO}$



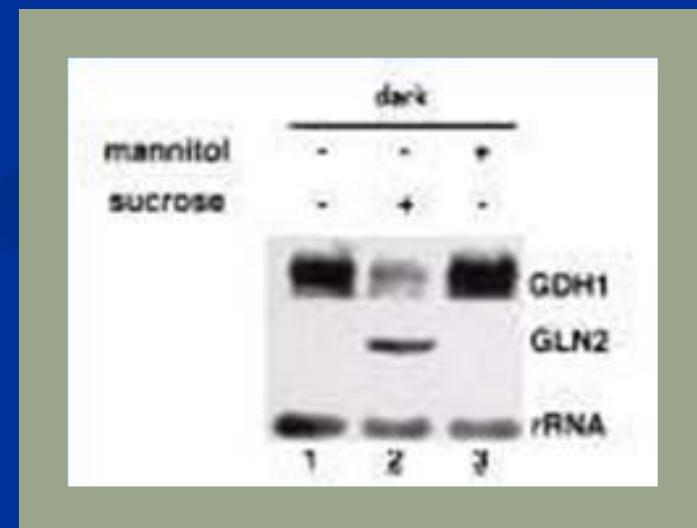
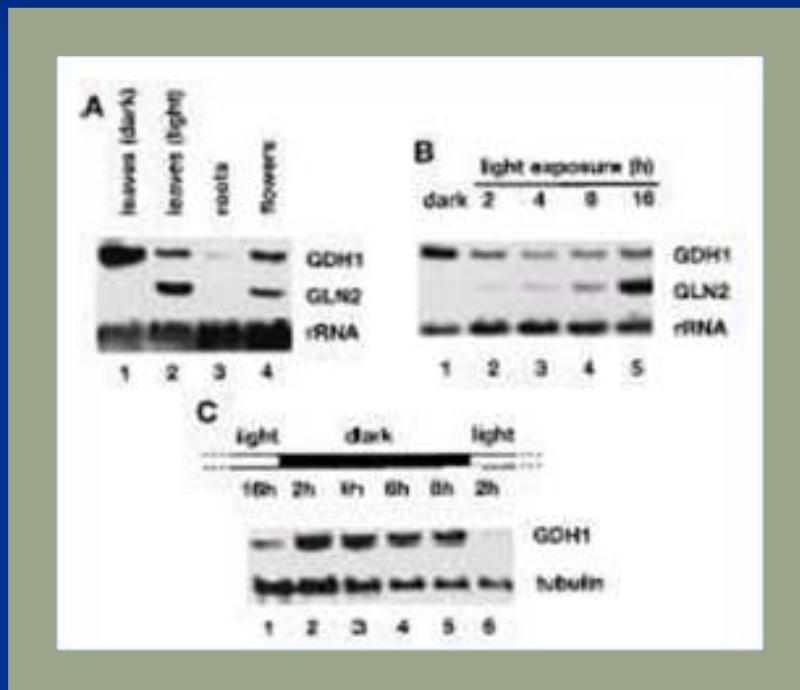
GLUTAMATO

La GDH no es una vía alternativa

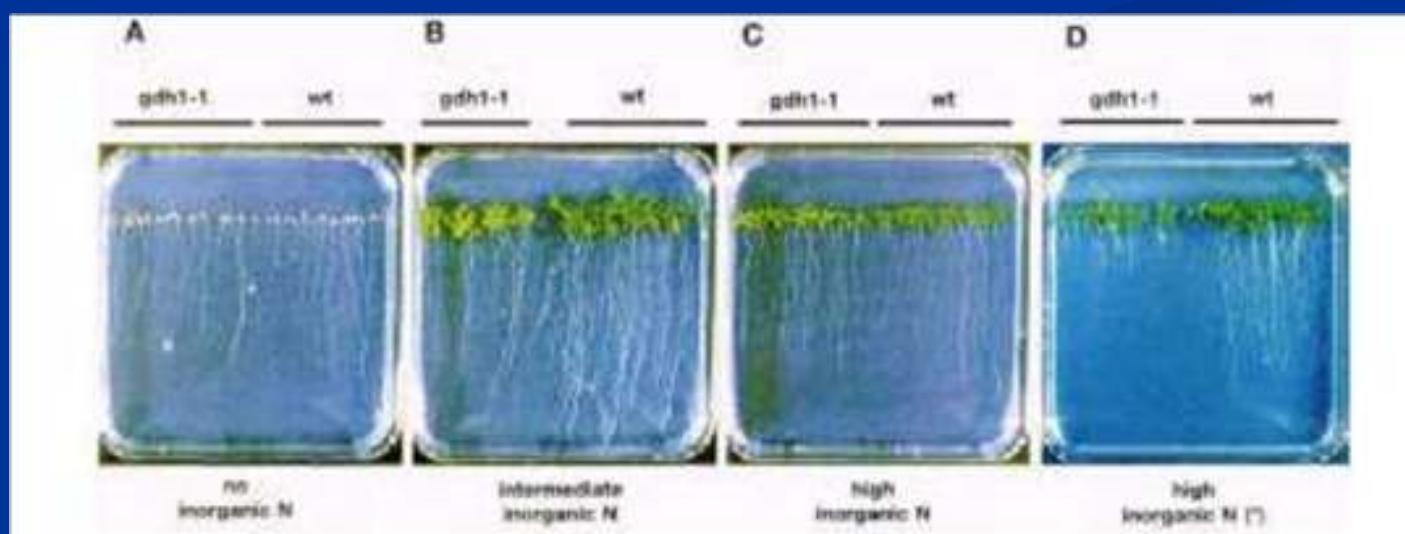
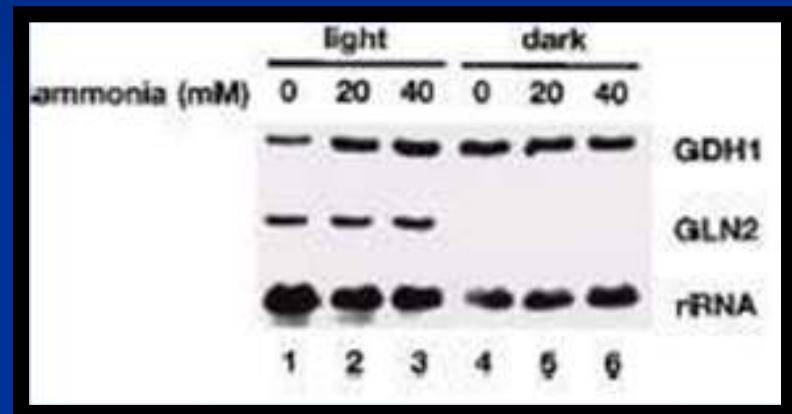
■ Evidencias:

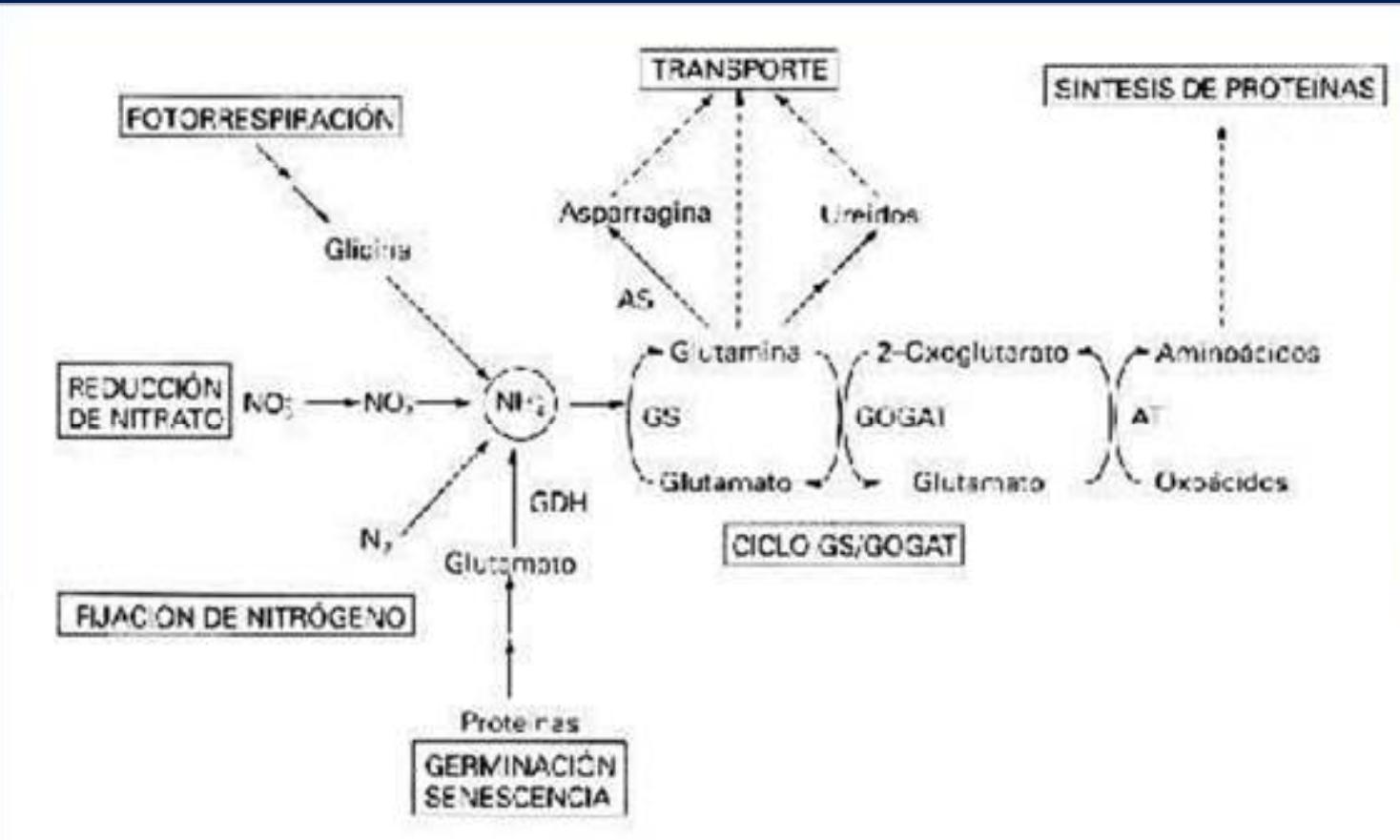
- Afinidad de la GS por el NH₄⁺ mucho mayor que la de GDH
- Mutantes de GS2 o de GOGAT son mutantes fotorrespiratorios
- El uso de inhibidores de GS produce la muerte de la planta
- Mutantes GDH- crecen normalmente excepto en condiciones de stress

La GDH no es una vía alternativa

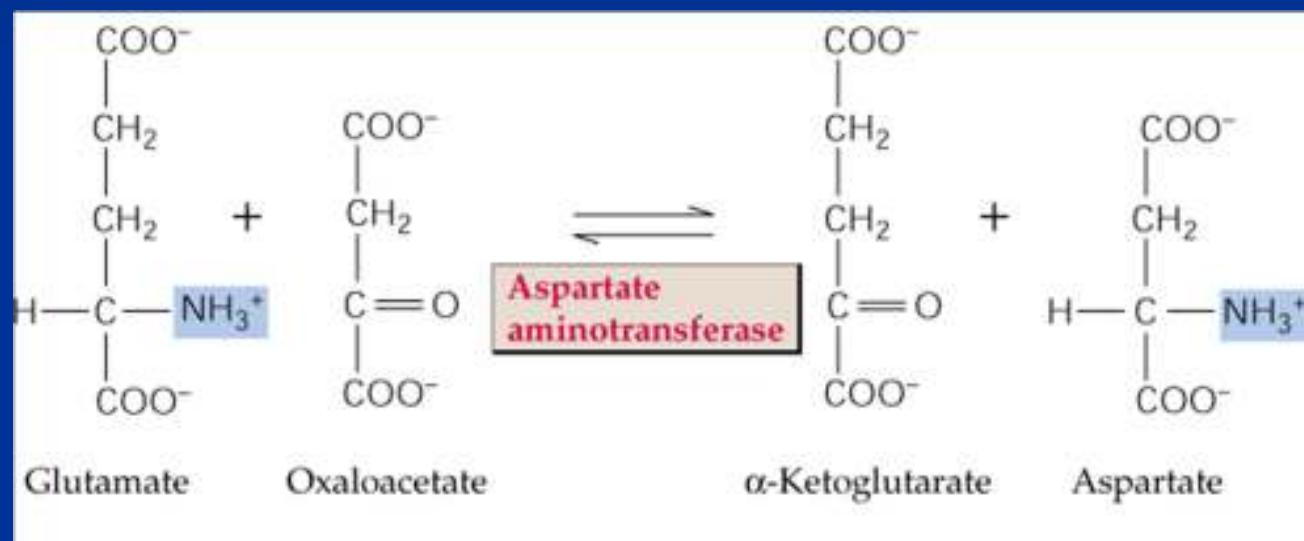


Rol de la GDH en la detoxificación del NH_4^+

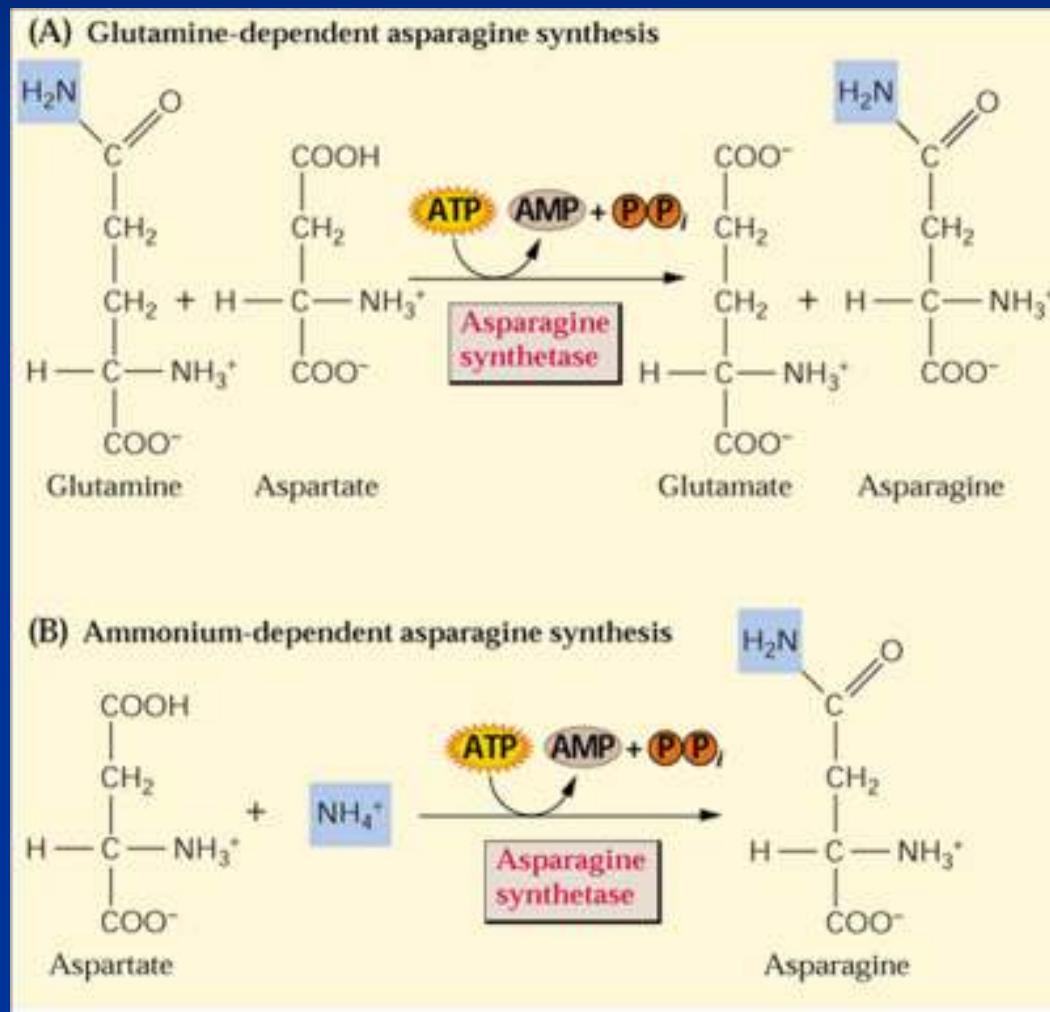




Síntesis de Aspartato



Síntesis de Asparragina

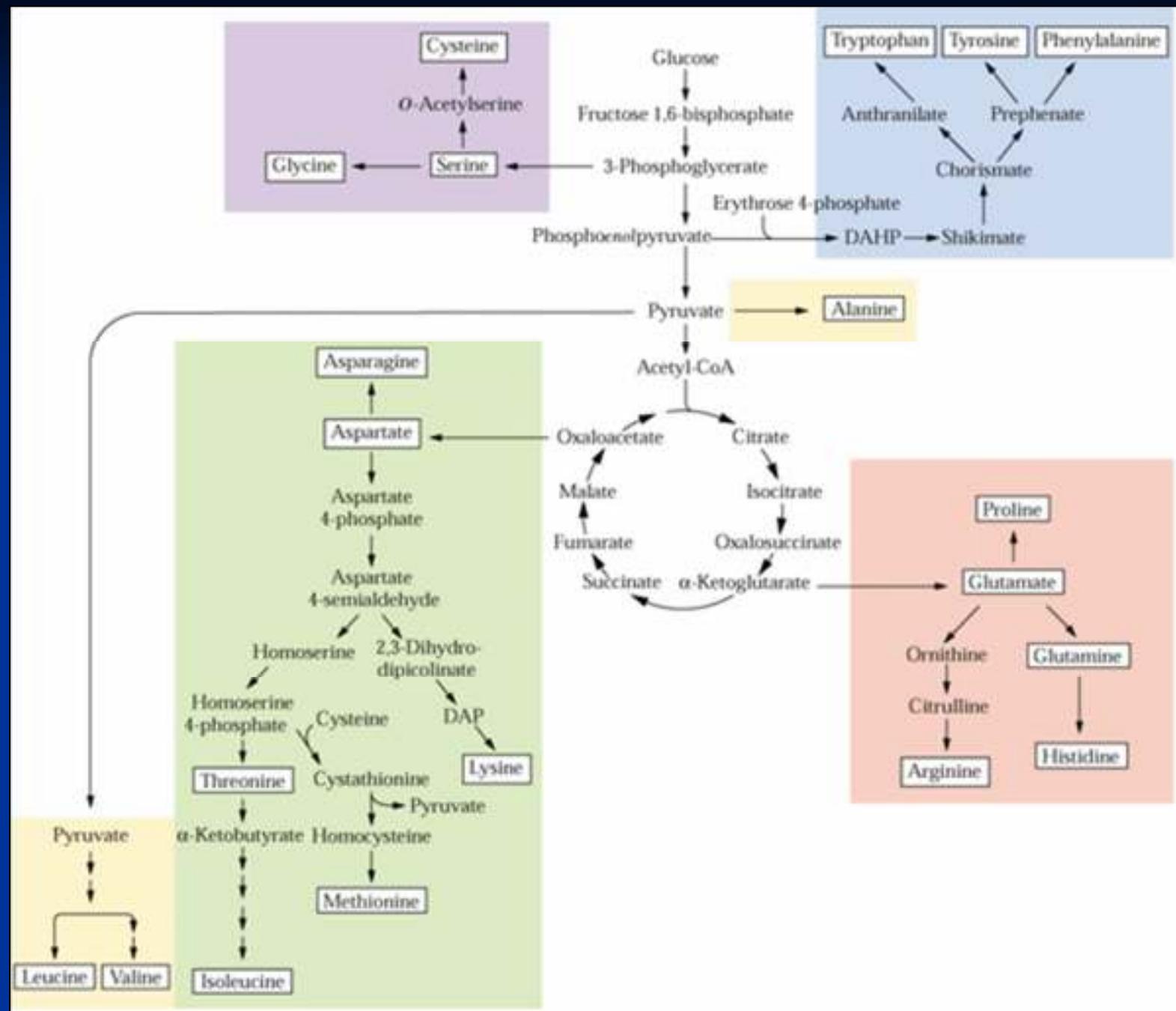


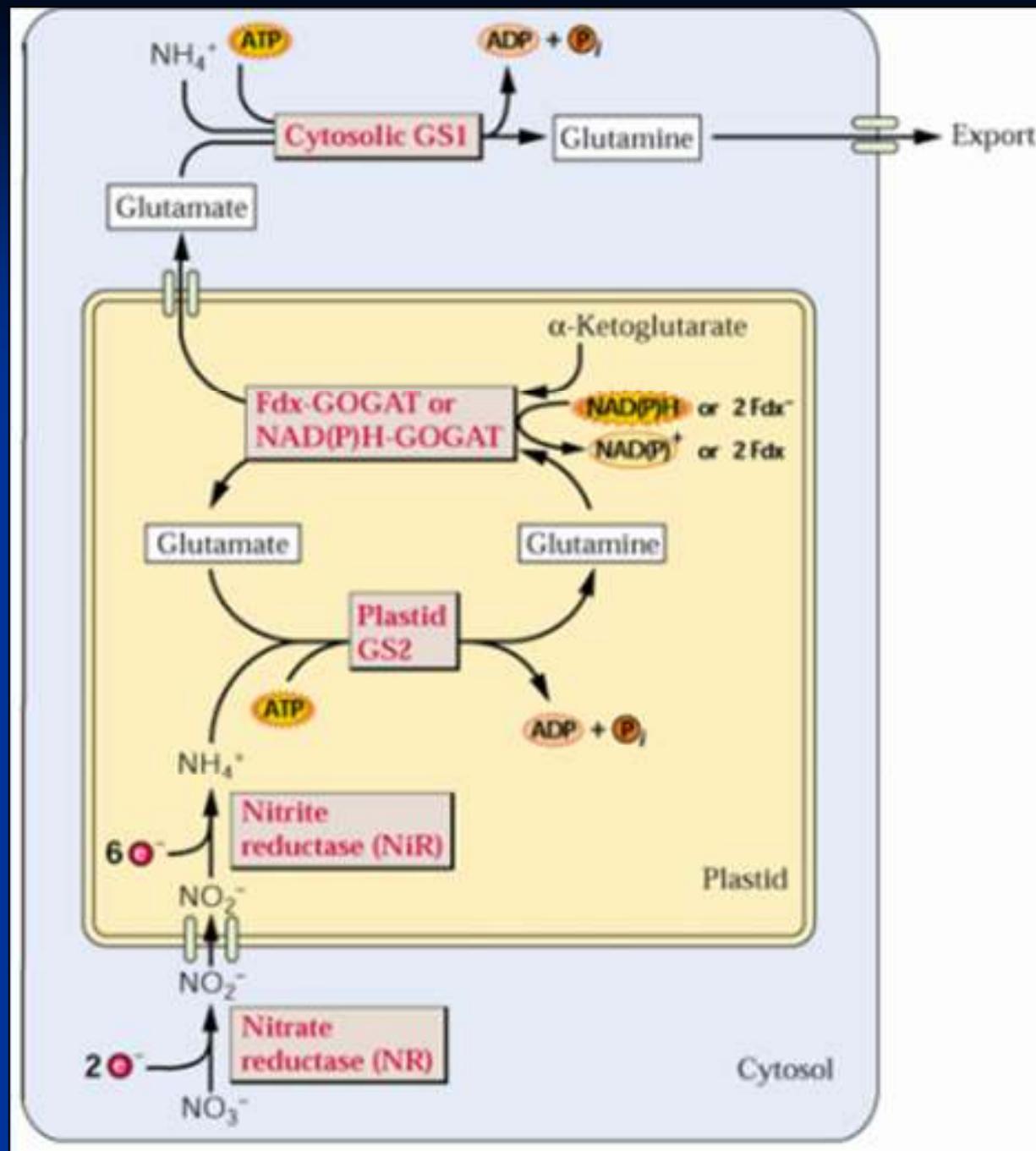
El nitrógeno es incorporado en los demás aminoácidos por reacciones de transaminación

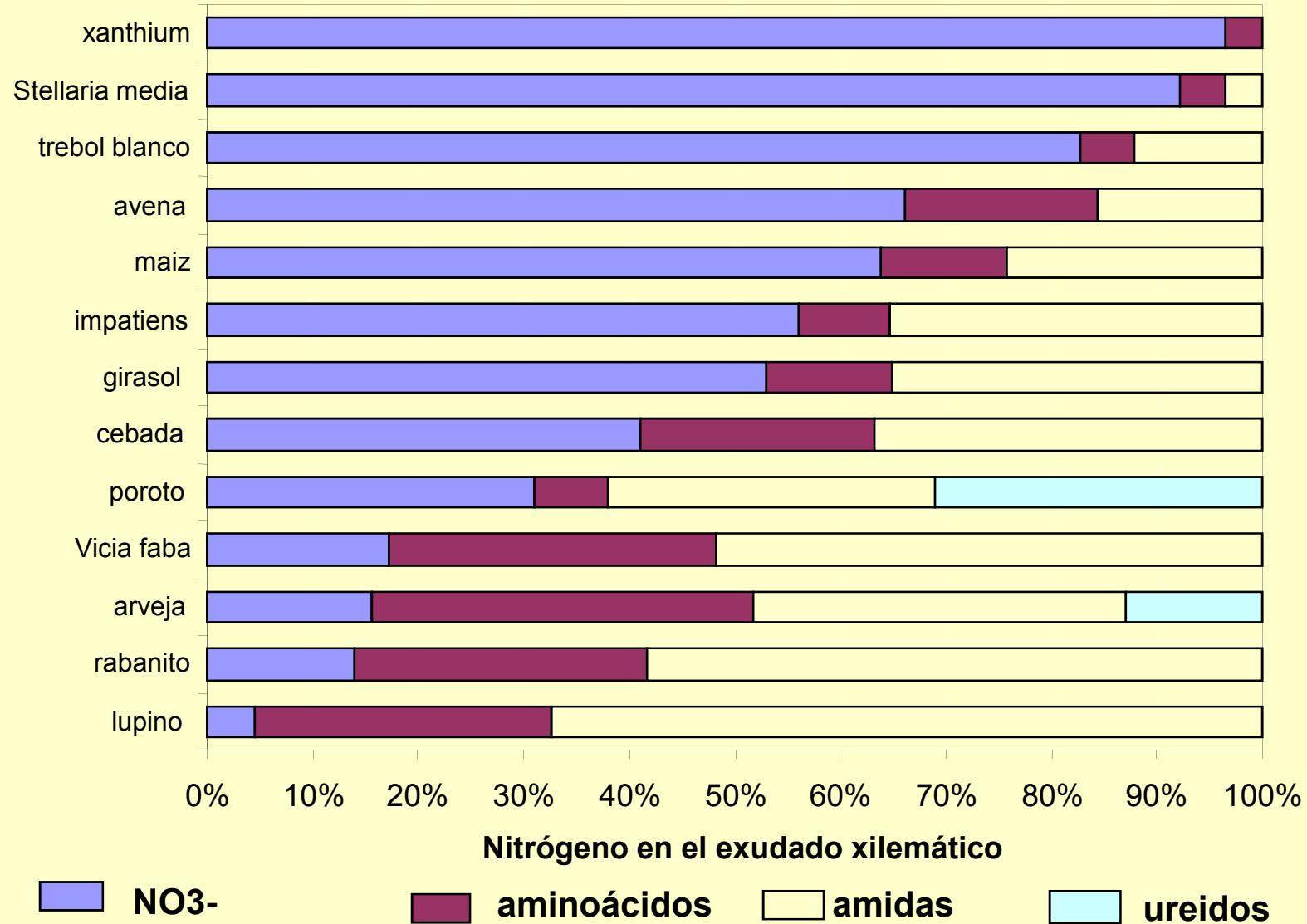
AT



- AT: Aminotransferasa
 - se localizan en: citoplasma, mitocondria, cloroplasto, glioxisomas, peroxisomas.
 - Son poco específicas por su sustrato.







La asimilación del NO₃- puede ocurrir tanto en raíces como en parte área

La asimilación del N es un proceso íntimamente conectado con el metabolismo del C

La asimilación del N necesita:

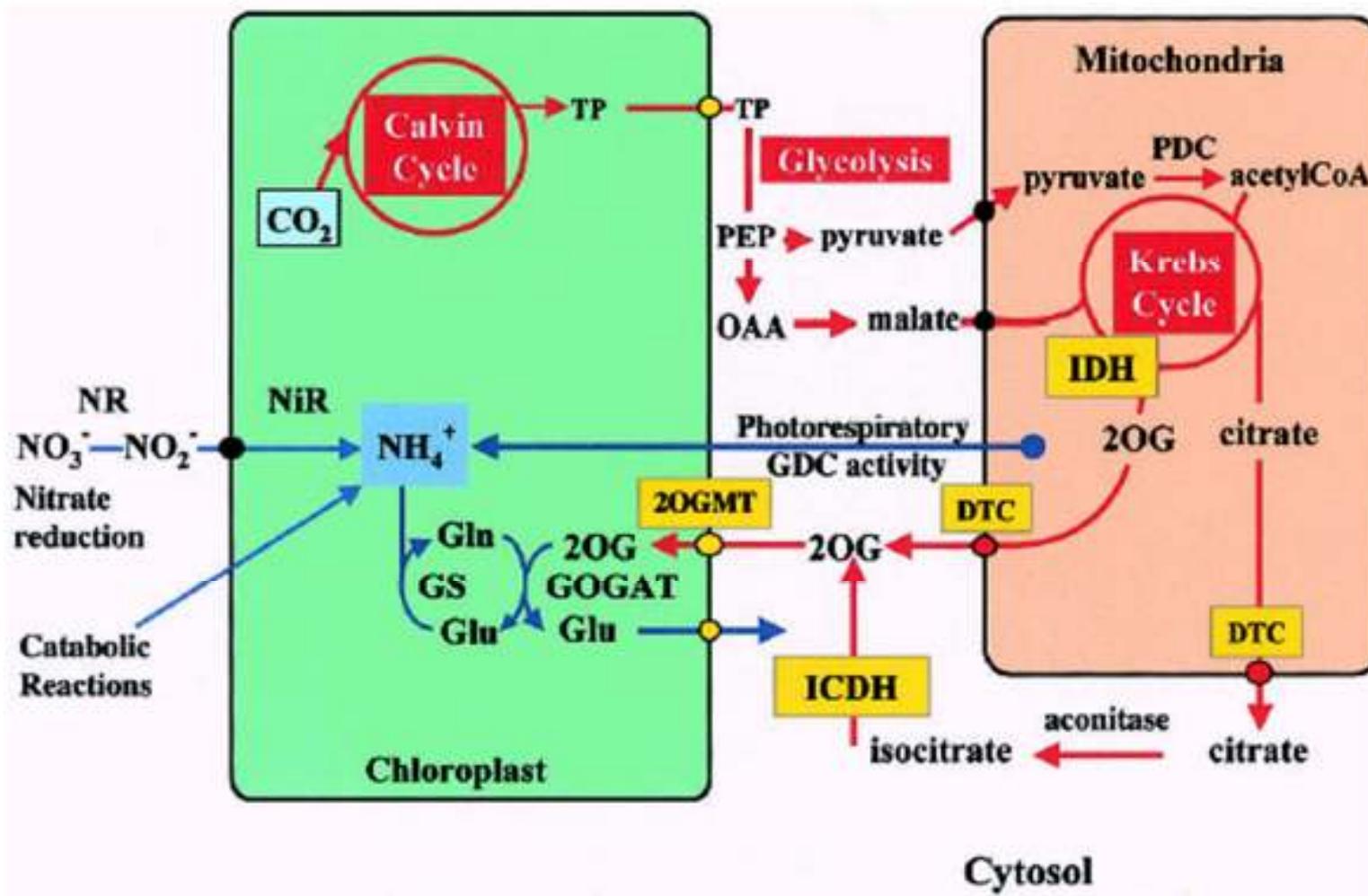
Poder reductor

ATP

fotosíntesis, glucólisis, respiración

Esqueletos carbonados

oxidación de carbohidratos - fotosíntesis

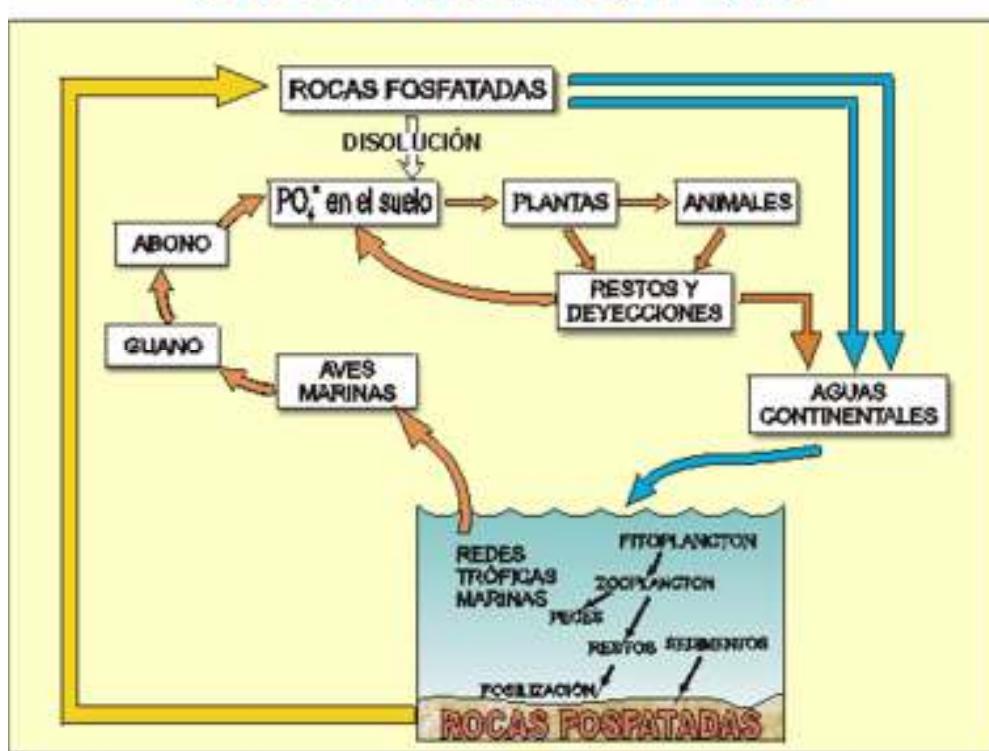


Ciclo del fósforo

La proporción de fósforo en la materia viva es relativamente pequeña, el papel que desempeña es vital. Es componente de los ácidos nucleicos como el ADN, muchas sustancias intermedias en la fotosíntesis y en la respiración celular están combinadas con el fósforo, y los átomos de fósforo proporcionan la base para la formación de los enlaces de alto contenido de energía del ATP, se encuentra también en los huesos y los dientes de animales, incluyendo al ser humano.

La mayor reserva de fósforo está en la corteza terrestre y en los depósitos de rocas marinas.

CICLO DEL FÓSFORO



De las rocas se libera fósforo y en el suelo, donde es utilizado por las plantas para realizar sus funciones vitales.

Los animales obtienen fósforo al alimentarse de las plantas o de otros animales que hayan ingerido.

En la descomposición bacteriana de los cadáveres, el fósforo se libera en forma de ortofosfatos (PO_4H_2) que pueden ser utilizados directamente por los vegetales verdes, formando fosfato orgánico (biomasa vegetal), la lluvia puede transportar este fosfato a los mantos acuíferos o a los océanos.

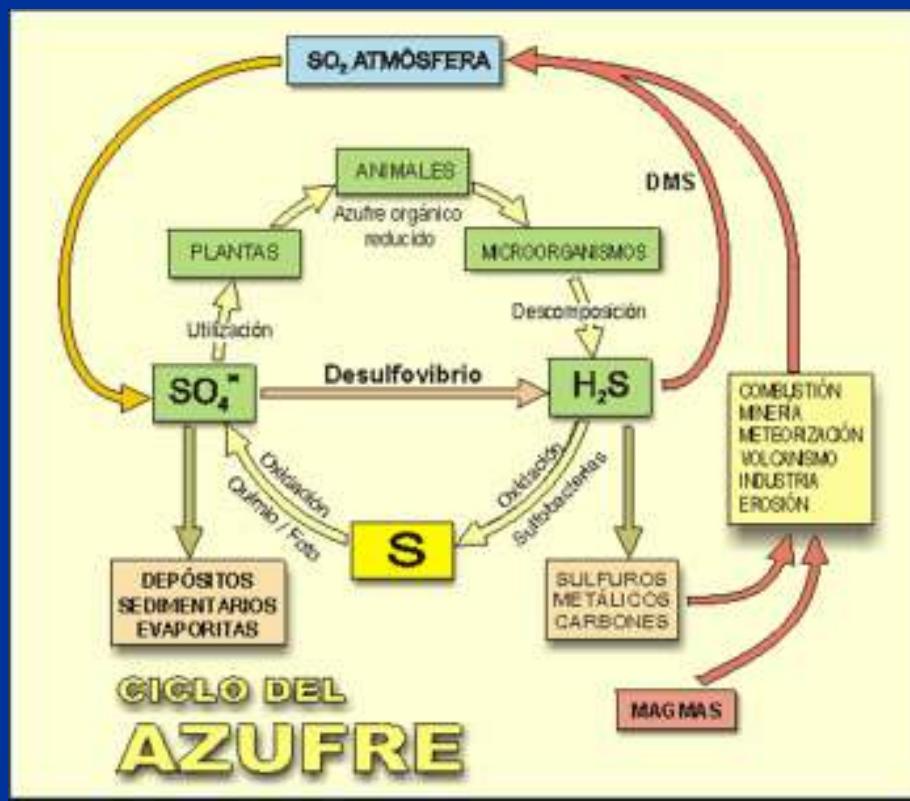
Ciclo del fósforo

- El ciclo del fósforo difiere con respecto al del carbono, nitrógeno y azufre en un aspecto principal. El fósforo no forma compuestos volátiles que le permitan pasar de los océanos a la atmósfera y desde allí retornar a tierra firme. Una vez en el mar, solo existen dos mecanismos para el reciclaje del fósforo desde el océano hacia los ecosistemas terrestres. Uno es mediante las aves marinas que recogen el fósforo que pasa a través de las cadenas alimentarias marinas y que pueden devolverlo a la tierra firme en sus excrementos. Además de la actividad de estos animales, hay la posibilidad del levantamiento geológico de los sedimentos del océano hacia tierra firme, un proceso medido en miles de años.

Ciclo del azufre

El azufre es un nutriente secundario requerido por plantas y animales para realizar diversas funciones, además el azufre está presente en prácticamente todas las proteínas y de esta manera es un elemento absolutamente esencial para todos los seres vivos.

El azufre circula a través de la biosfera de la siguiente manera, por una parte se comprende el paso desde el suelo o bien desde el agua, si hablamos de un sistema acuático, a las plantas, a los animales y regresa nuevamente al suelo o al agua.



Algunos de los compuestos sulfúricos presentes en la tierra son llevados al mar por los ríos. Este azufre es devuelto a la tierra por un mecanismo que consiste en convertirlo en compuestos gaseosos tales como el ácido sulfhídrico (H₂S) y el dióxido de azufre (SO₂). Estos penetran en la atmósfera y vuelven a tierra firme. Generalmente son lavados por las lluvias, aunque parte del dióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera.

Ciclo del azufre

- Las bacterias desempeñan un papel crucial en el reciclaje del azufre. Cuando está presente en el aire, la descomposición de los compuestos del azufre (incluyendo la descomposición de las proteínas) produce sulfato (SO_4^{2-}). Bajo condiciones anaeróbicas, el ácido sulfúrico (gas de olor a huevos en putrefacción) y el sulfuro de dimetilo (CH_3SCH_3) son los productos principales. Cuando estos últimos gases llegan a la atmósfera, son oxidados y se convierten en bióxido de azufre. La oxidación posterior del bióxido de azufre y su disolución en el agua de lluvia produce ácido sulfhídrico y sulfatos, formas principalmente bajo las cuales regresa el azufre a los ecosistemas terrestres. El carbón mineral y el petróleo contienen también azufre y su combustión libera bióxido de azufre a la atmósfera.
- Como resumen podemos decir que durante el ciclo del azufre los principales eventos son los siguientes: El azufre, como sulfato, es aprovechado e incorporado por los vegetales para realizar sus funciones vitales.
- Los consumidores primarios adquieren el azufre cuando se alimentan de estas plantas.
- El azufre puede llegar a la atmósfera como sulfuro de hidrógeno (H_2S) o dióxido de azufre (SO_2), ambos gases provenientes de volcanes activos y por la descomposición de la materia orgánica.
- Cuando en la atmósfera se combinan compuestos del azufre con el agua, se forma ácido sulfúrico (H_2SO_4) y al precipitarse lo hace como lluvia ácida.