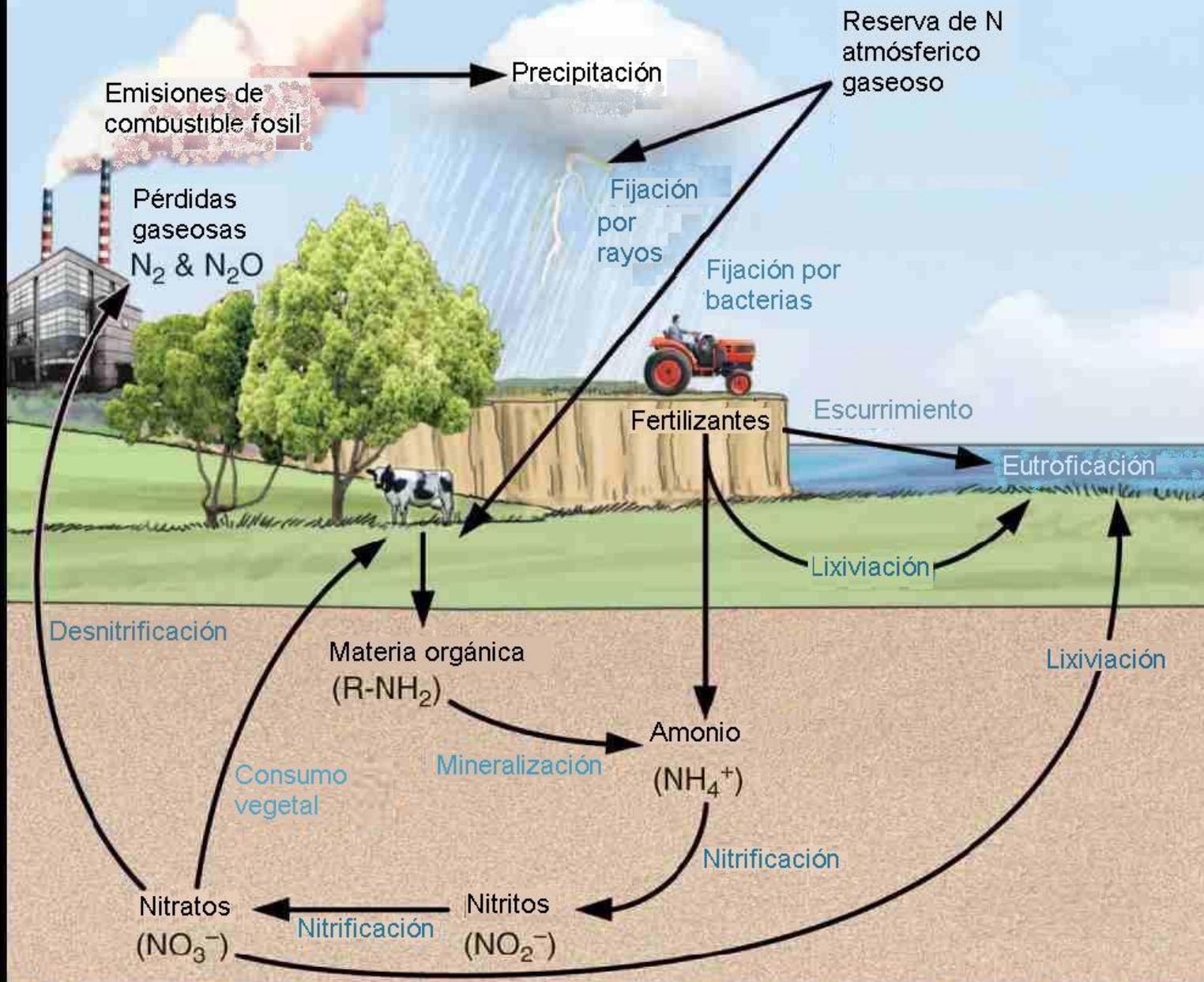


# CICLO DEL NITRÓGENO



## ESTADOS DE OXIDACIÓN DEL NITRÓGENO

Dinitrógeno  $N_2$  (0)

Amonio  $NH_4^+$  (-3)

Nitrito  $NO_2^-$  (+3)

Nitrato  $NO_3^-$  (+5)

Óxido nitroso  $N_2O$  (+1)

Óxido nítrico  $NO$  (+2)

# Reservorios globales de nitrógeno

Reservorio	Ton nitrógeno	Reciclado activamente
Atmósfera	$3.9 \times 10^{15}$	No
Océano → sales solubles → Biomasa	$6.9 \times 10^{11}$ $5.2 \times 10^8$	Si Si
Terrestre → materia orgánica → Biota	$1.1 \times 10^{11}$ $2.5 \times 10^{10}$	Lento Si

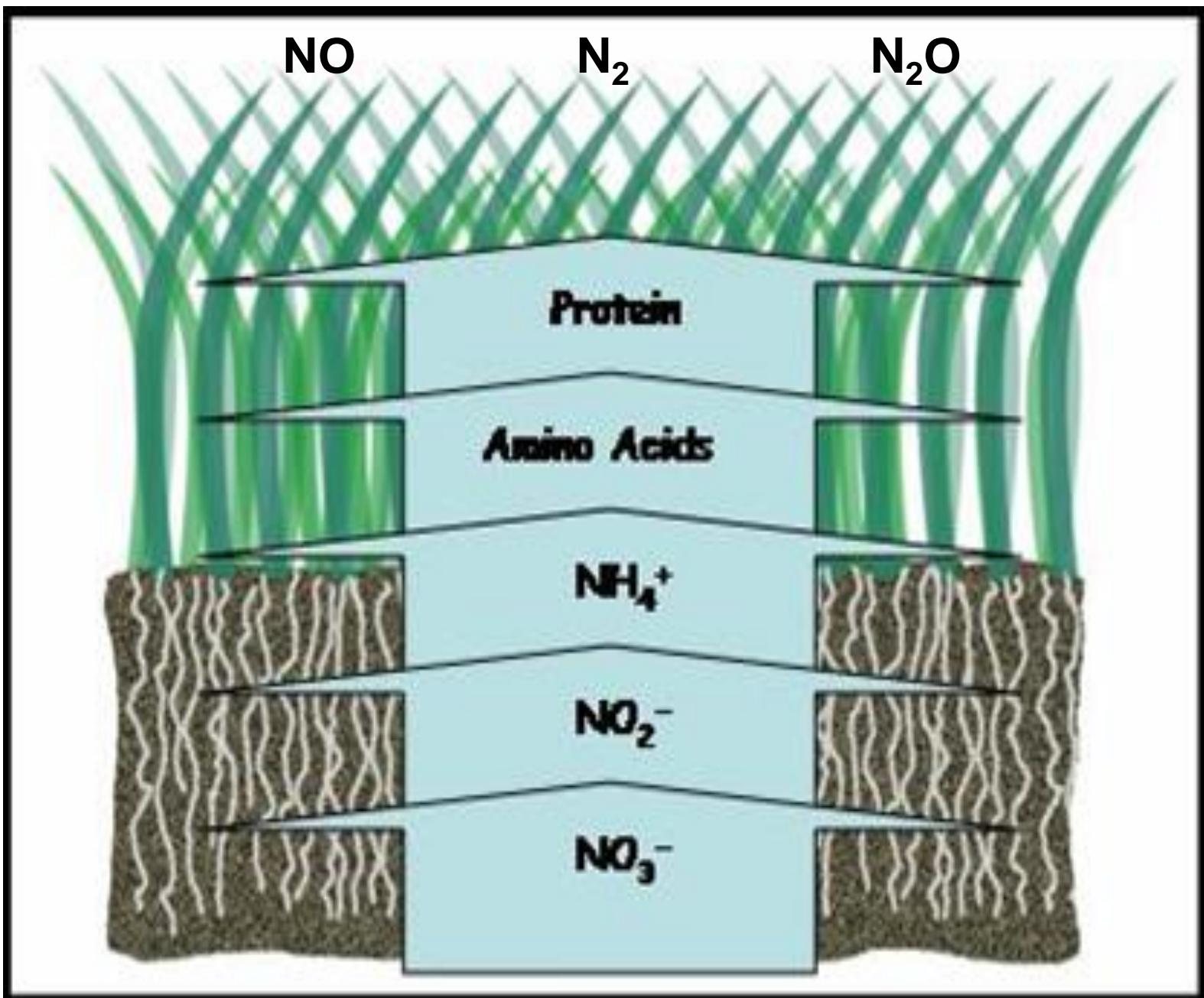
- La mayoría en la litósfera

# El nitrógeno es un elemento clave en

- aminoácidos
- ácidos nucleicos (purinas, pirimidinas)
- componentes de pared celular de bacterias (NAM), paredes de quitina, etc.

## Roles del nitrógeno

- Las plantas y bacterias usan principalmente nitrógeno en forma de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$
- Es frecuentemente el nutriente más limitante en suelos y aguas.



## Formas de N en el suelo

2% Forma Inorgánica

Amonio  
Nitrato  
Nitrito

98% Forma Orgánica

Identificados 30-35%  
Proteina  
Aminoacidos  
Azucares Aminados

No Identificados 70-75%

Formas de N disponibles para las plantas

✓ El N disponible está en forma mineral:

- $\text{NO}_3^-$  (Nitrato) :
- $\text{NH}_4^+$  (Amonio) :

✓ Otras forma mineral:

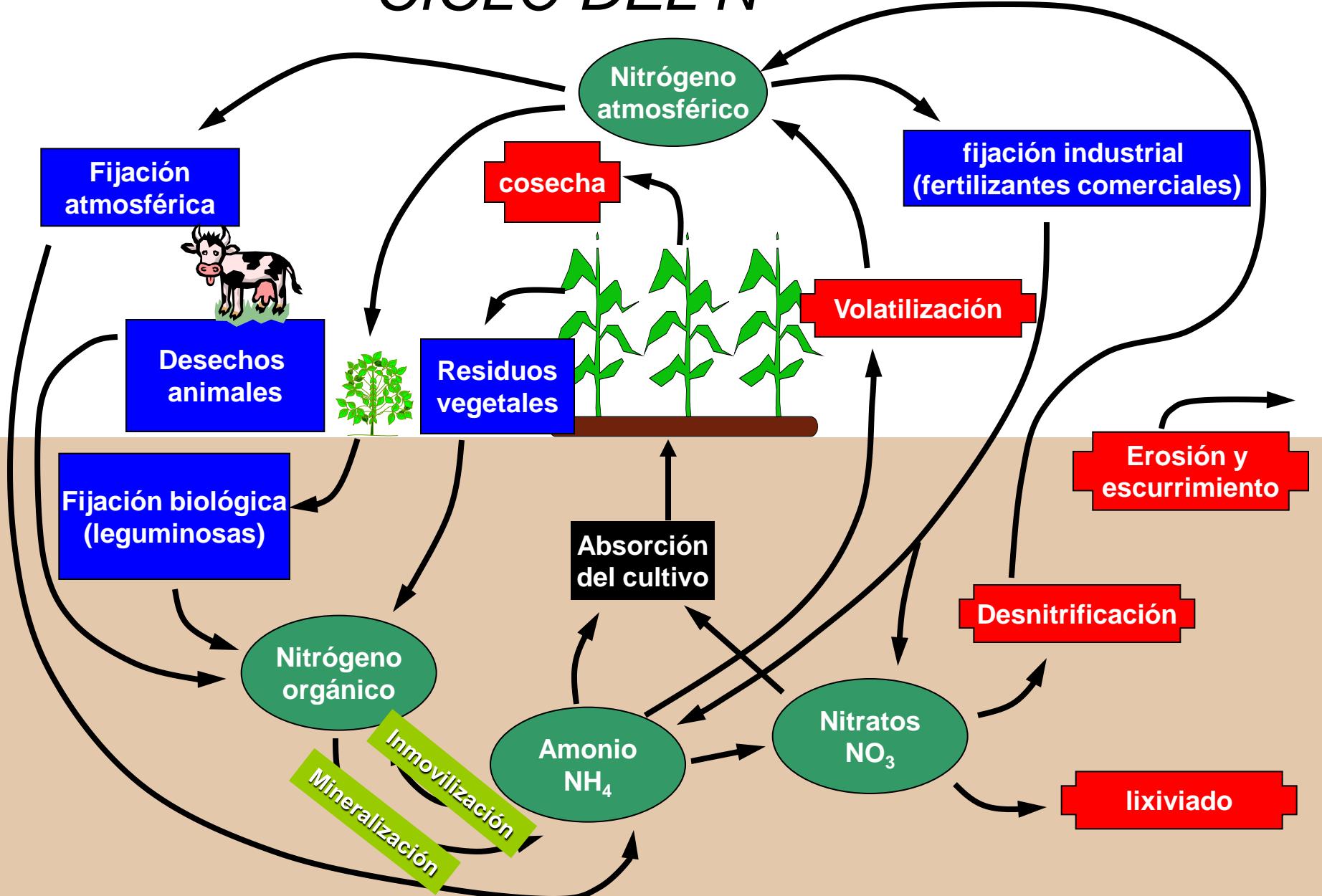
- $\text{NO}_2^-$  (Nitrito) : Tóxico para las plantas

Componente

ganancia

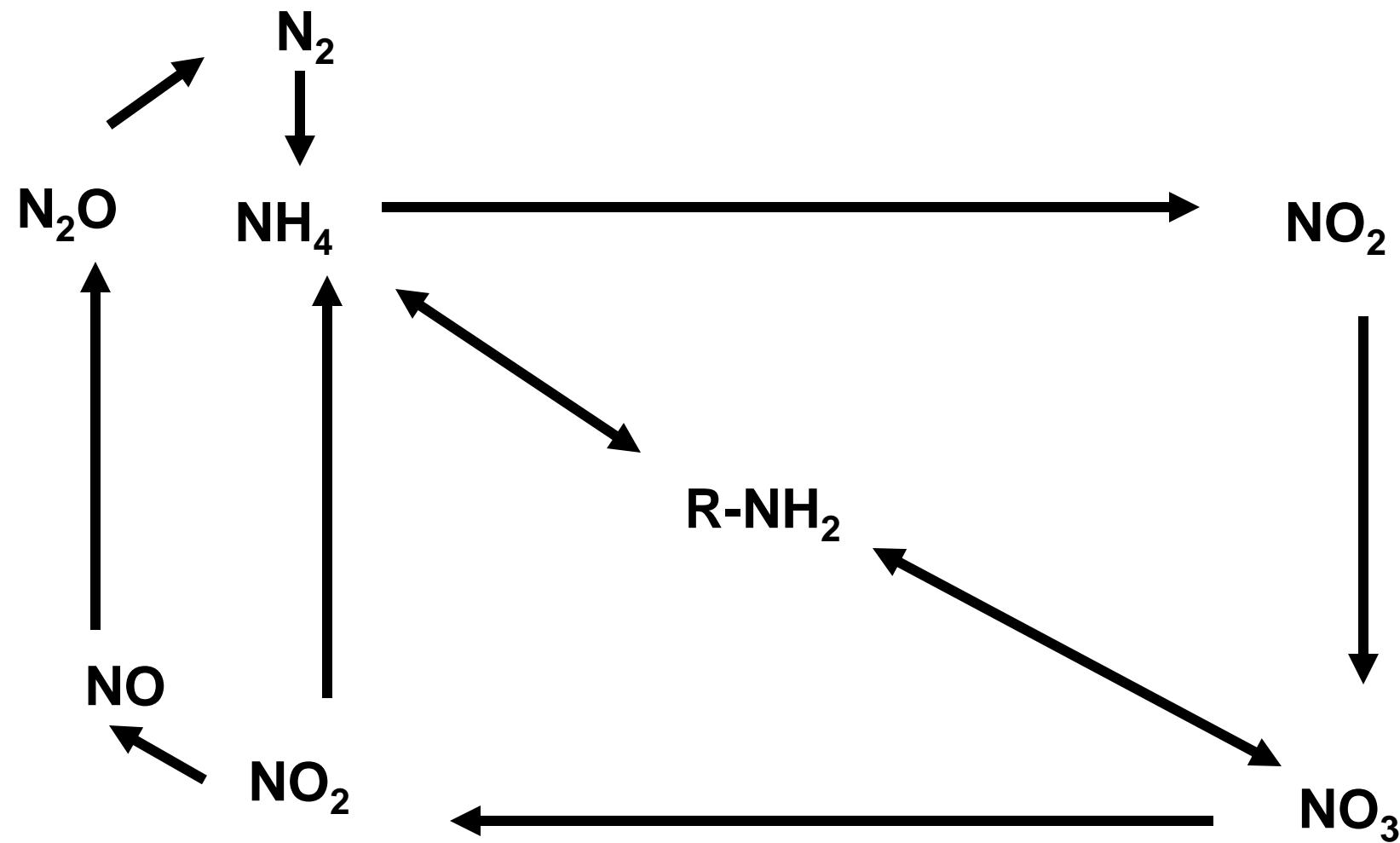
perdida

# CICLO DEL N

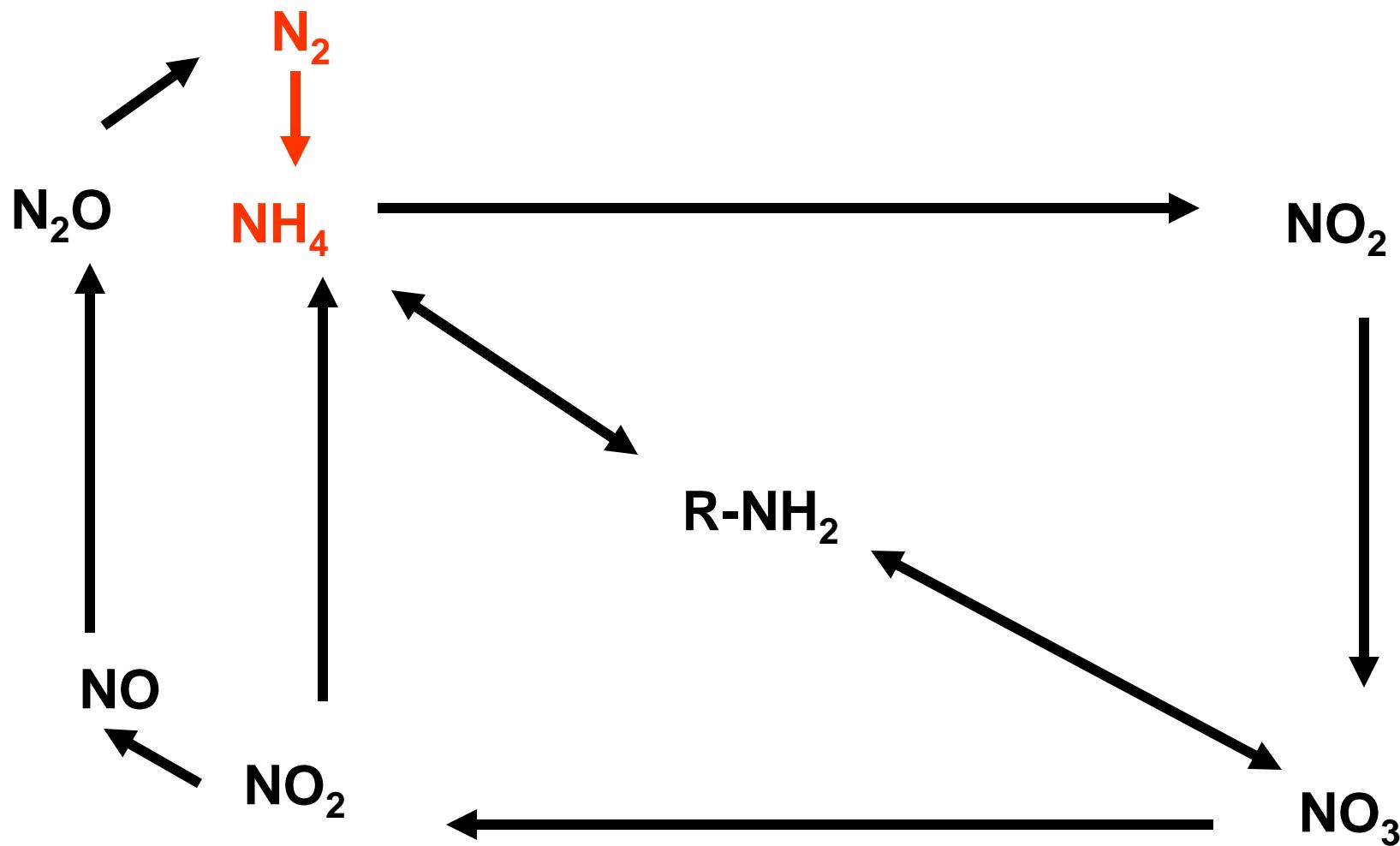


# Procesos en el ciclo del N:

- Fijación
- Mineralización (amonificación)
- Inmovilización
- Nitrificación
- Desnitrificación



# Fijación de nitrógeno



“Fijación de Nitrógeno” es el proceso por el que se rompe el triple enlace entre los 2 átomos de N<sub>2</sub> atmosférico para combinarse con otros.

(a) *Fijación atmosférica*

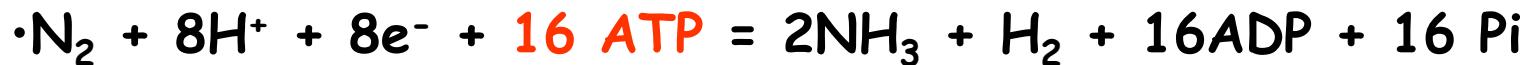


(b) *Fijación industrial*



(c) *Fijación biológica*

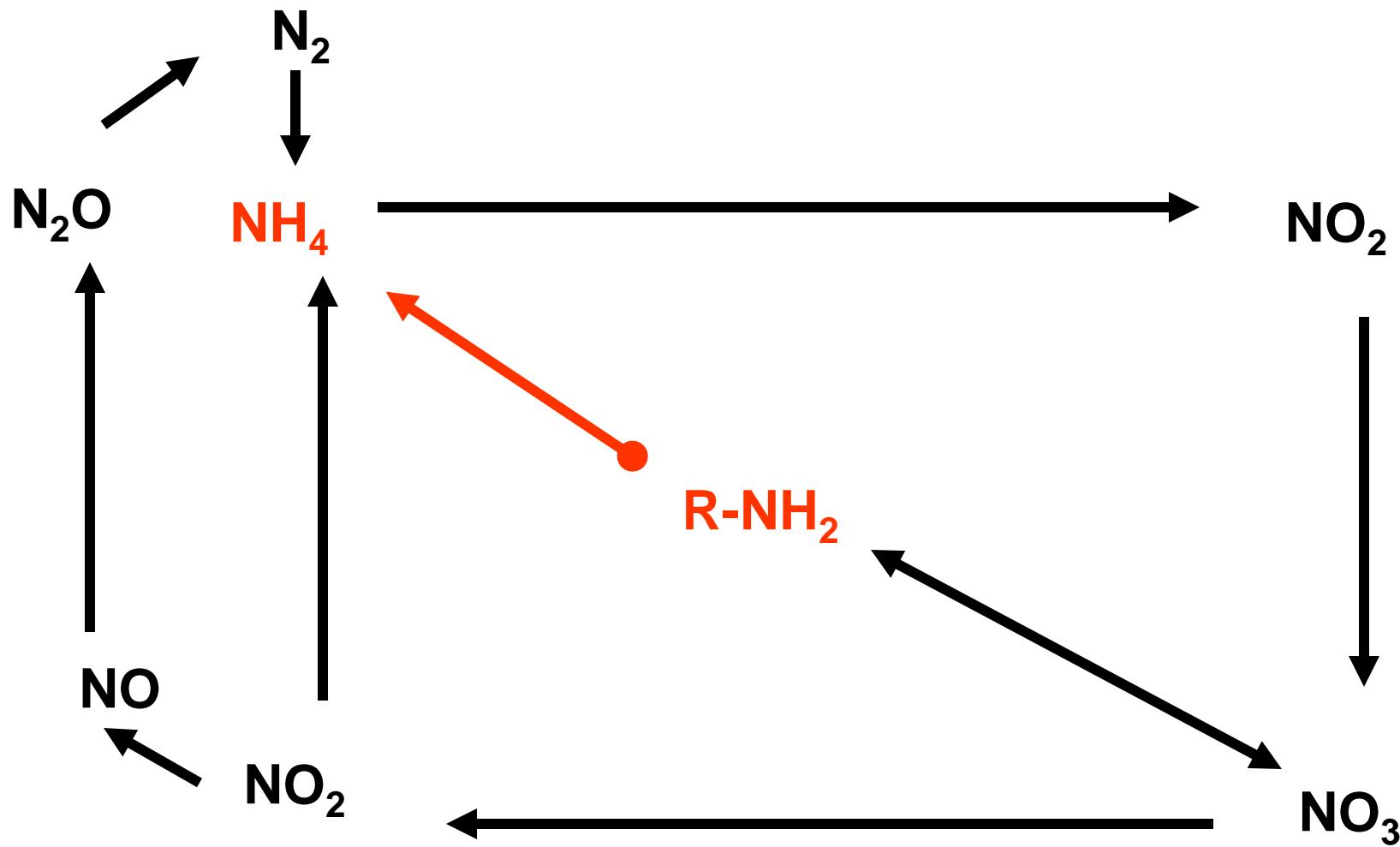
Sólo procariotas



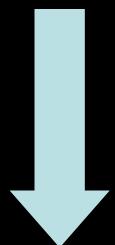
**Mineralización**  
es la transformación del N orgánico a  
amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ )

Este proceso consiste en la  
degradación por hidrólisis, de las  
proteínas, ácidos nucleicos y otros  
compuestos nitrogenados como urea  
para producir amoniaco, se conoce  
también como **amonificación**

# Amonificación o Mineralización



Los compuestos orgánicos (restos vegetales, cadáveres, heces y detritos que no son consumidos por otros animales) son muy poco solubles y no asimilables por las plantas.

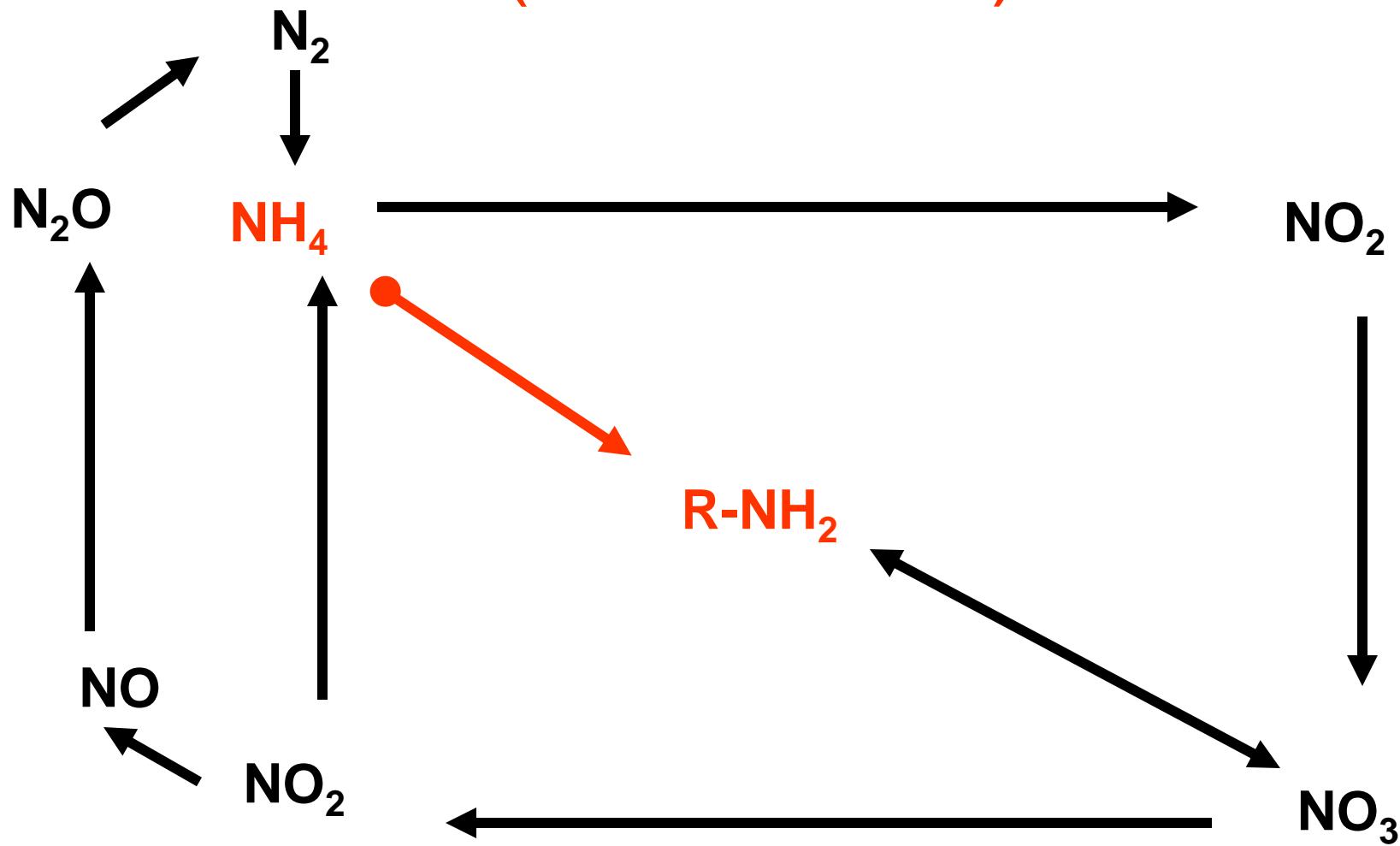


La transformación de N orgánico a las formas inorgánicas se lleva a cabo por acción de los microorganismos.

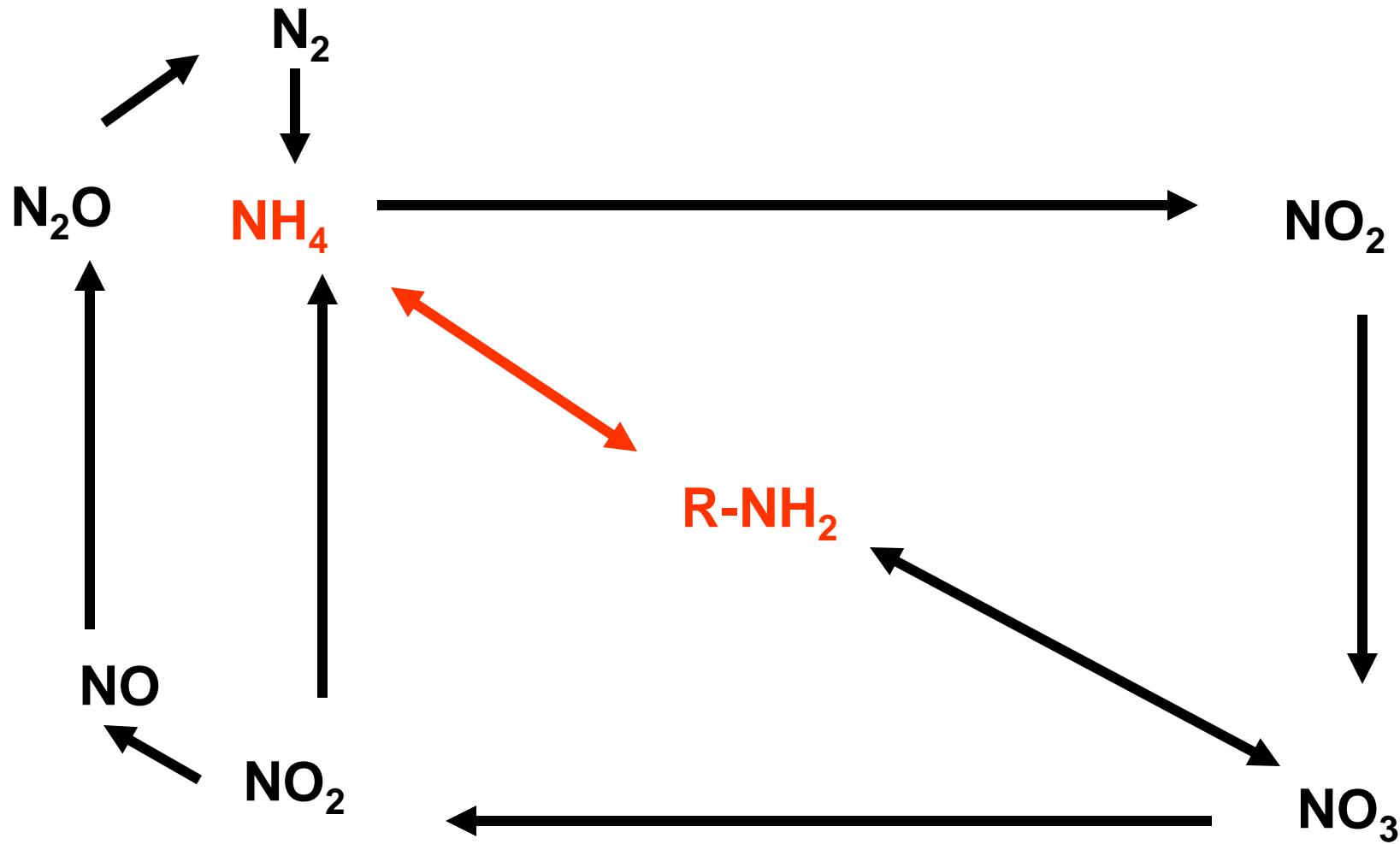
# Amonificación

- Sustratos variados: moléculas orgánicas con N (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, paredes celulares, son degradados por proteasas, nucleasas, lisozima, etc.)
- Microflora: poco específica, microorganismos que obtienen la energía necesaria a través de la oxidación de los compuestos orgánicos a  $\text{CO}_2$ , todo heterótrofo puede liberar amonio al usar el resto carbonado de la molécula. Bacterias, hongos, actinomicetes, protozoarios.  
Quimioorganotrofos aerobios o anaerobios.
- Ecología: se realiza en todas condiciones compatibles con la vida

# Inmovilización (Asimilación)



# Mineralización neta (Mineralización/Inmovilización)



Fijación en arcillas

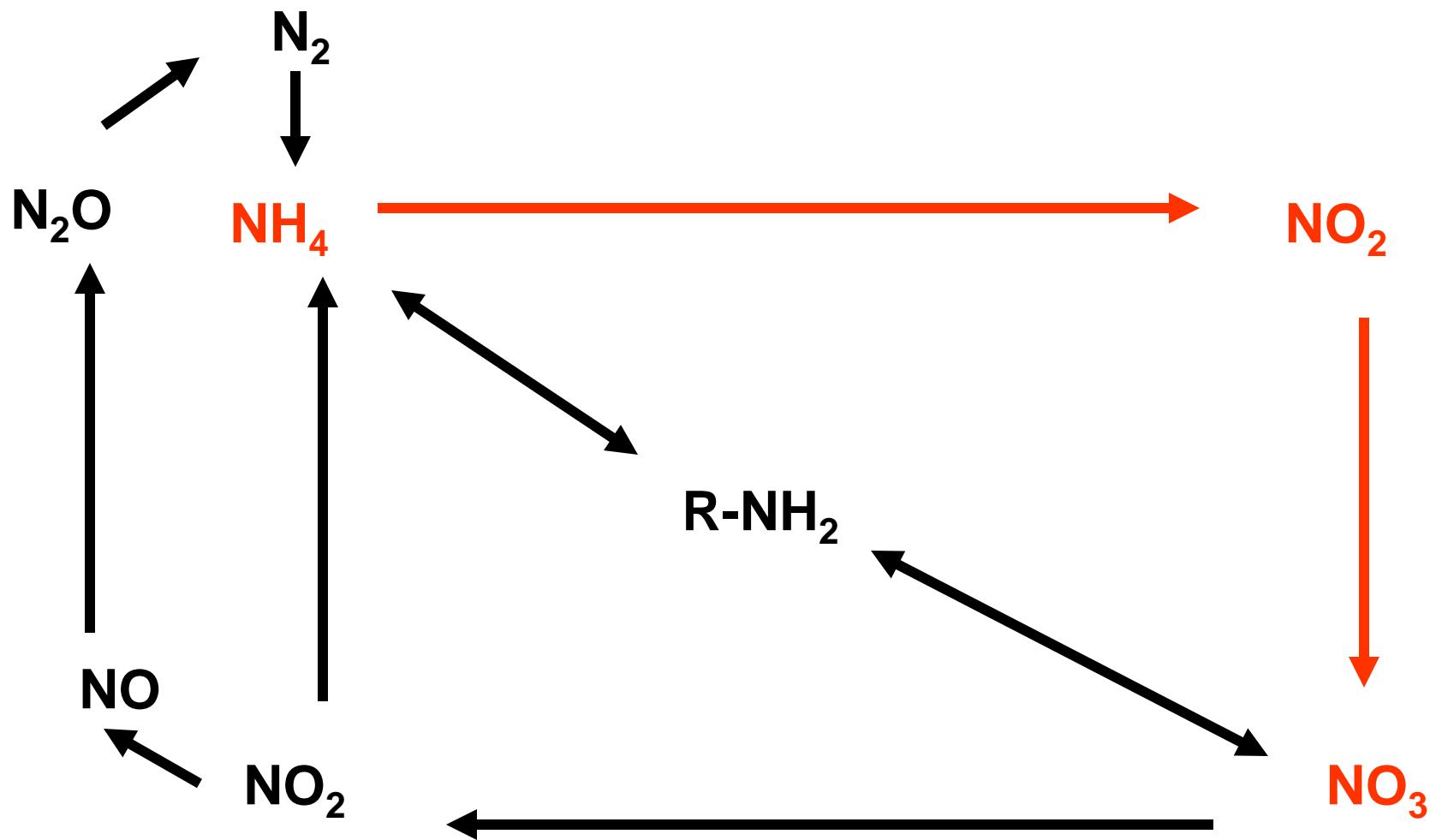
Inmovilización -  
Asimilación  
(m.o., plantas)

Volatilización

Nitrificación

Destinos del  $\text{NH}_4^+$  en el suelo

# Nitrificación



# Nitrificación

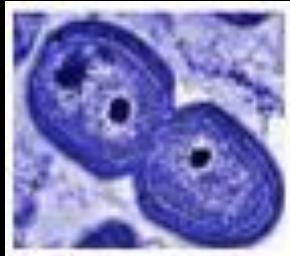
Producción de nitratos por oxidación biológica de compuestos reducidos de nitrógeno

La nitrificación dominante en la mayoría de los suelos es quimioautótrofa



nitritación

nitratación



*Nitrosomonas*  
*Nitrosococcus*  
*Nitrosospira*  
*Nitrosobolus*  
*Nitrosovibrio*  
*Archaeas*



*Nitrobacter*  
*Nitrococcus*  
*Nitrospina*  
*Nitrospira*

# Ecología de la nitrificación

Nitrificación autótrofa hasta ahora considerada cuantitativamente más importante

Nitrificación  
autótrofa

los m.o. nitrificantes

obtienen su **energía** de la oxidación del amonio,  
y utilizan **CO<sub>2</sub>** como fuente de carbono

➤ La nitrificación depende indirectamente de la descomposición de la MO, que libere  $\text{NH}_4^+$

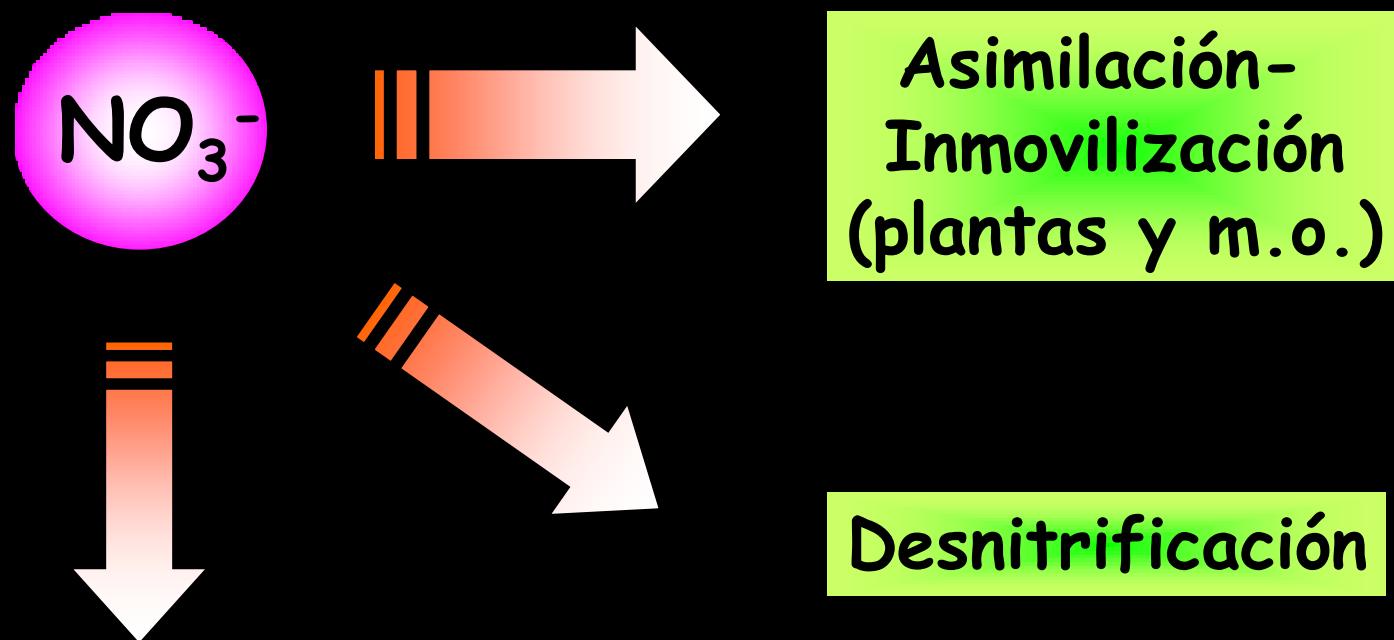
➤ Los m.o. nitrificantes requieren  $\text{O}_2$  (aerobios estrictos)

pH > 6

La nitrificación produce H+  
(acidificación temporal en micrositios)

- Suelos de pH < 6: puede haber acumulación de amonio

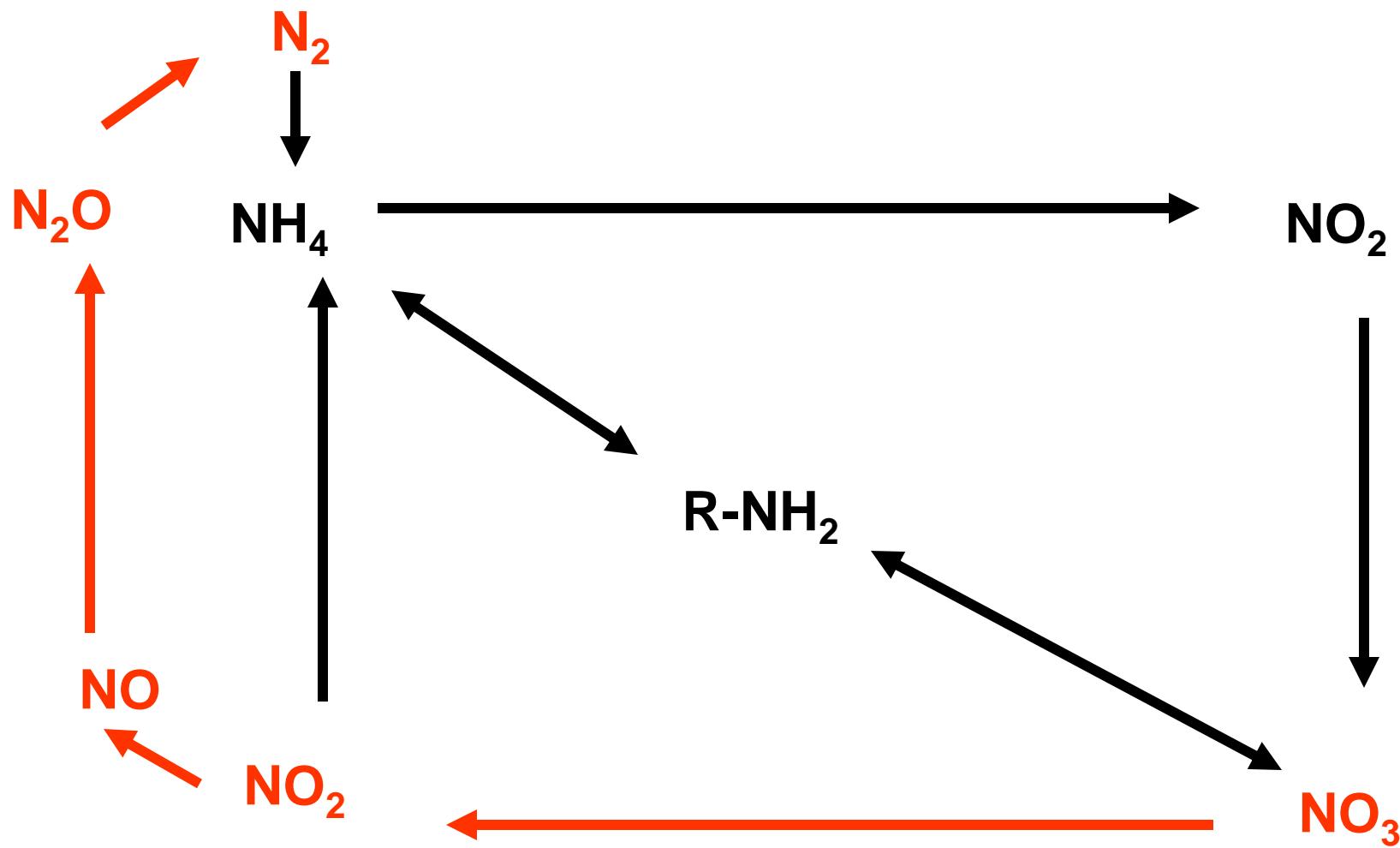
# Destinos del $\text{NO}_3^-$ en el suelo



## Lixiviación

(contaminación de aguas superficiales y subterráneas)  
 $<10 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}$  agua de consumo  
 $\text{NO}_2^-$  compite con el  $\text{O}_2$  por la hemoglobina (metahemoglobinemia)

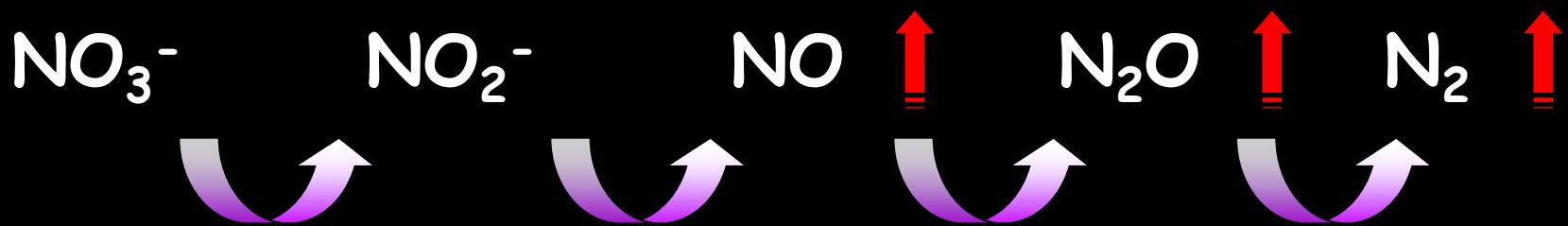
# Desnitrificación



# Desnitrificación

Reducción del nitrato a formas gaseosas del N

Respiración anaerobia: el nitrato es usado como acceptor final de e- en ausencia de oxígeno



Heterótrofos: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Bacillus*  
Autótrofo: *Thiobacillus denitrificans*

m.o.  
aerobios  
facultativos

# Condiciones predisponentes para la desnitrificación

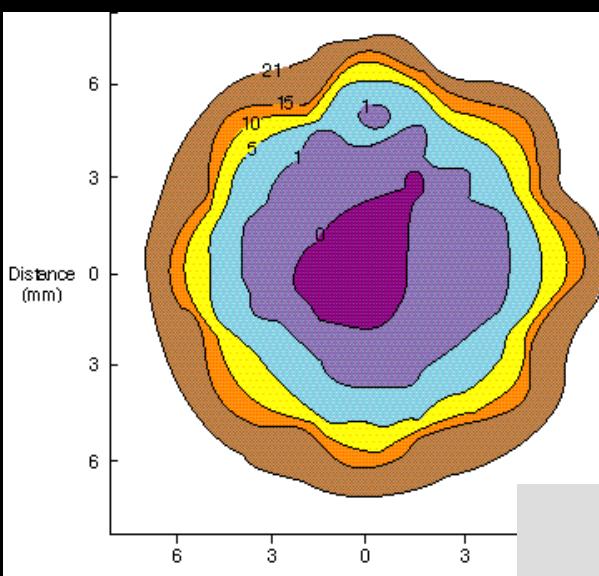
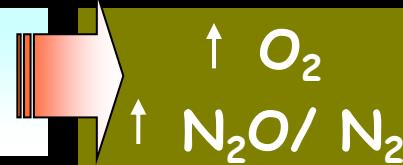
La mayoría de m.o. denitrificantes están en el suelo como heterótrofos aerobios.

Usan nitrato como acceptor final de e- cuando el  $O_2$  no está disponible.

Bajo nivel de  $O_2$

Tasa reducida de difusión de  $O_2$

Sensibilidad diferencial al  $O_2$  de la actividad de las enzimas



Disponibilidad de  $NO_3^-$

Disponibilidad de carbono

Agregado reciente de MO que estimula a m.o. heterótrofos

Ocurre también en micrositios de suelos bien aireados

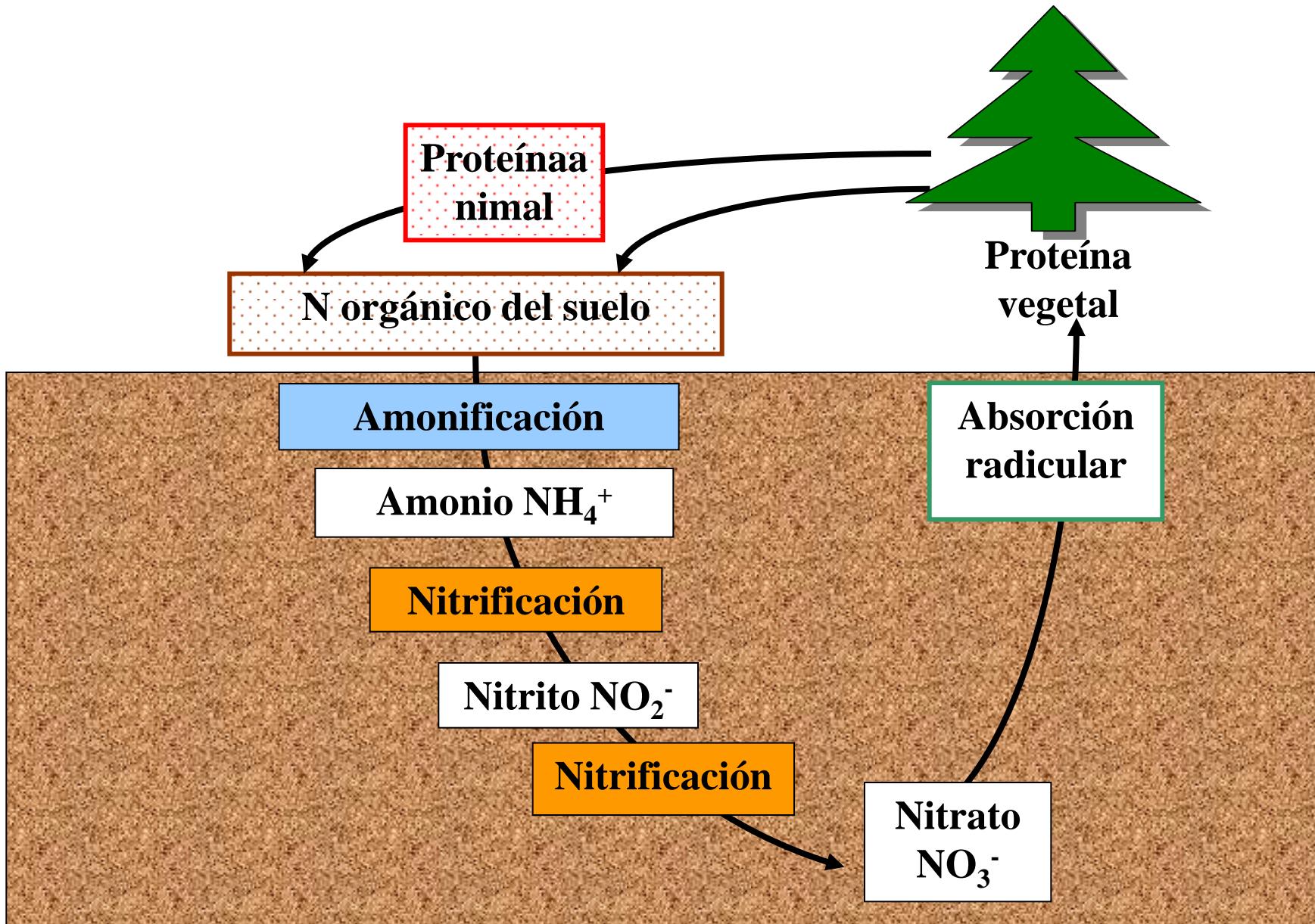
↑  $T^\circ$  ↑  $H_2O$  pH ~ 7

# Consecuencias agronómicas y ambientales de la desnitrificación

10-15 % del fertilizante puede perderse por desnitrificación

El  $N_2O$  en la estratosfera se oxida a NO que destruye la capa de ozono

El  $N_2O$  es un gas de efecto invernadero 310 veces mas potente que el  $CO_2$



Fertilizante Mineral  
Fijación  
Deposición

