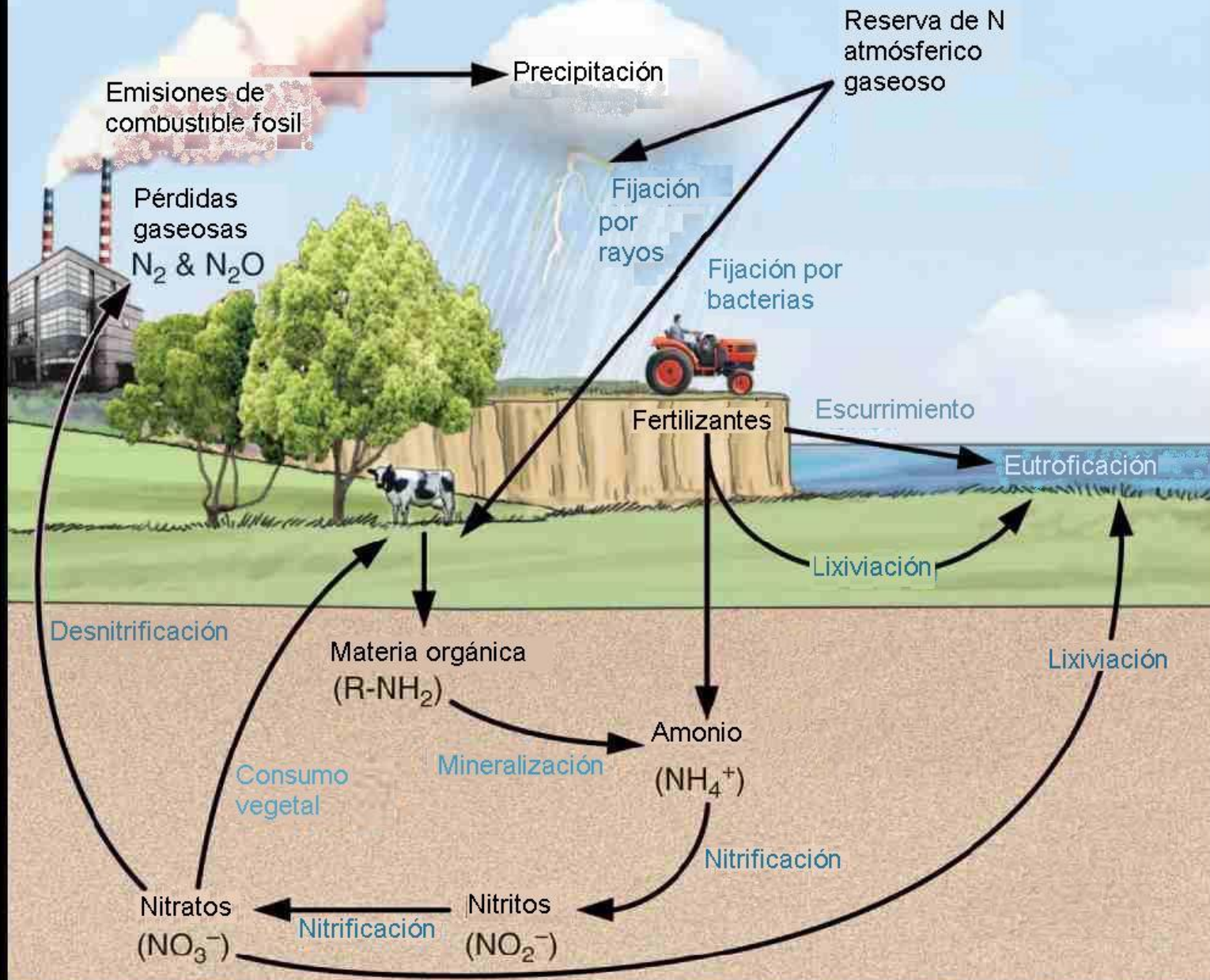


# CICLO DEL NITRÓGENO



## ESTADOS DE OXIDACIÓN DEL NITRÓGENO

Dinitrógeno  $\text{N}_2$  (0)

Amonio  $\text{NH}_4^+$  (-3)

Nitrito  $\text{NO}_2^-$  (+3)

Nitrato  $\text{NO}_3^-$  (+5)

Óxido nitroso  $\text{N}_2\text{O}$  (+1)

Óxido nítrico  $\text{NO}$  (+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

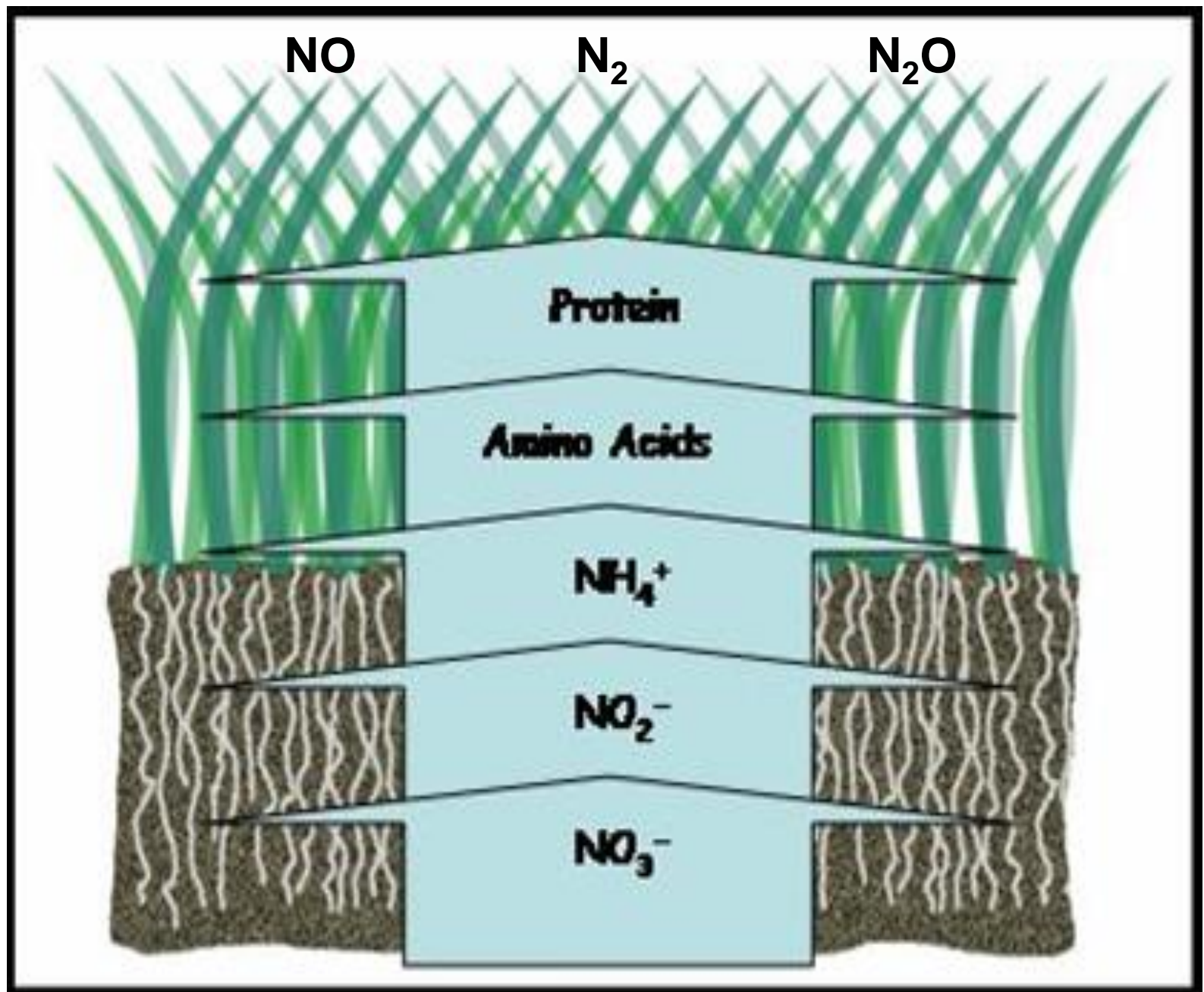
- La mayoría en la litósfera

# 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%**  
Proteína  
Aminoácidos  
Azúcares 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

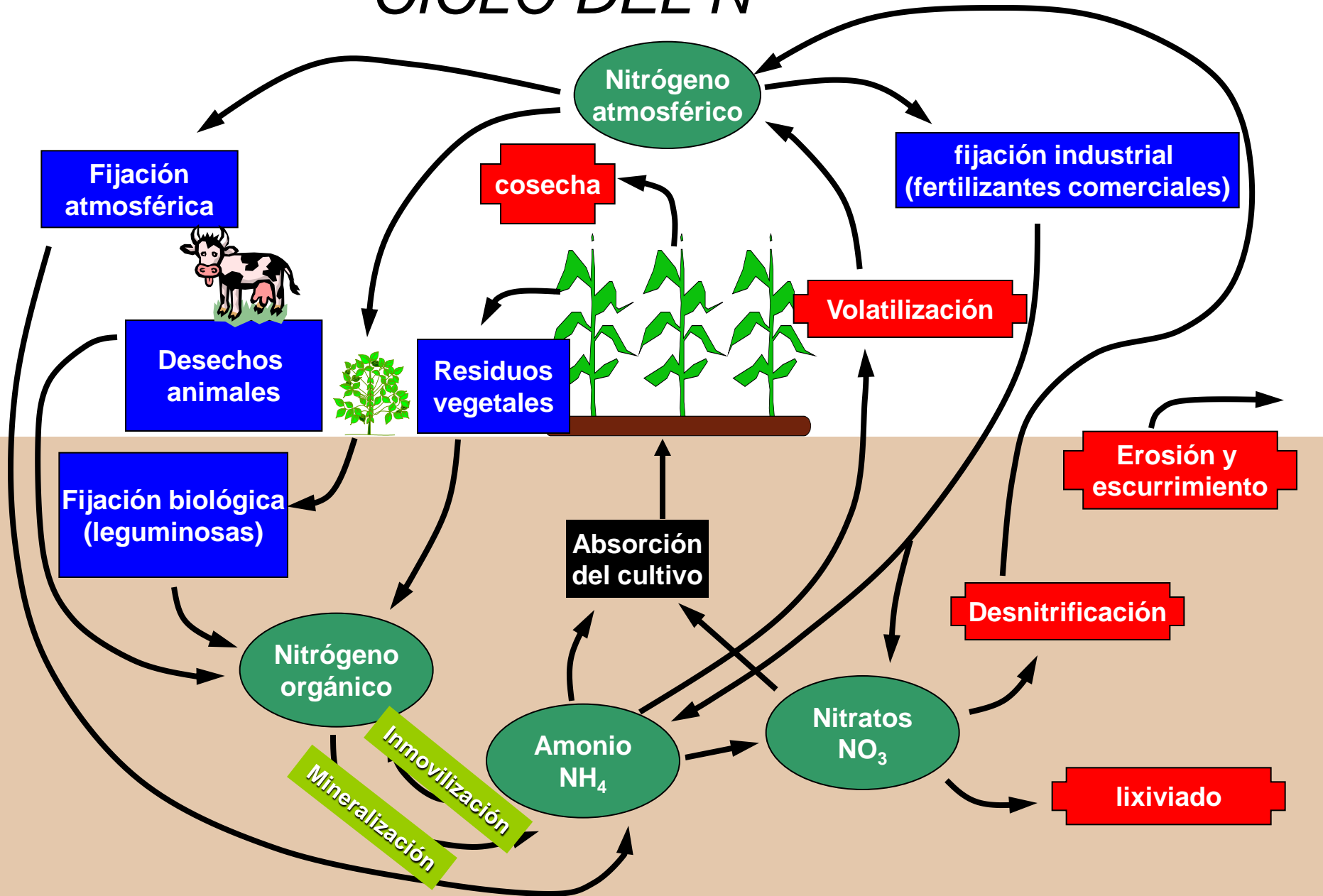


# CICLO DEL N

Componente

ganancia

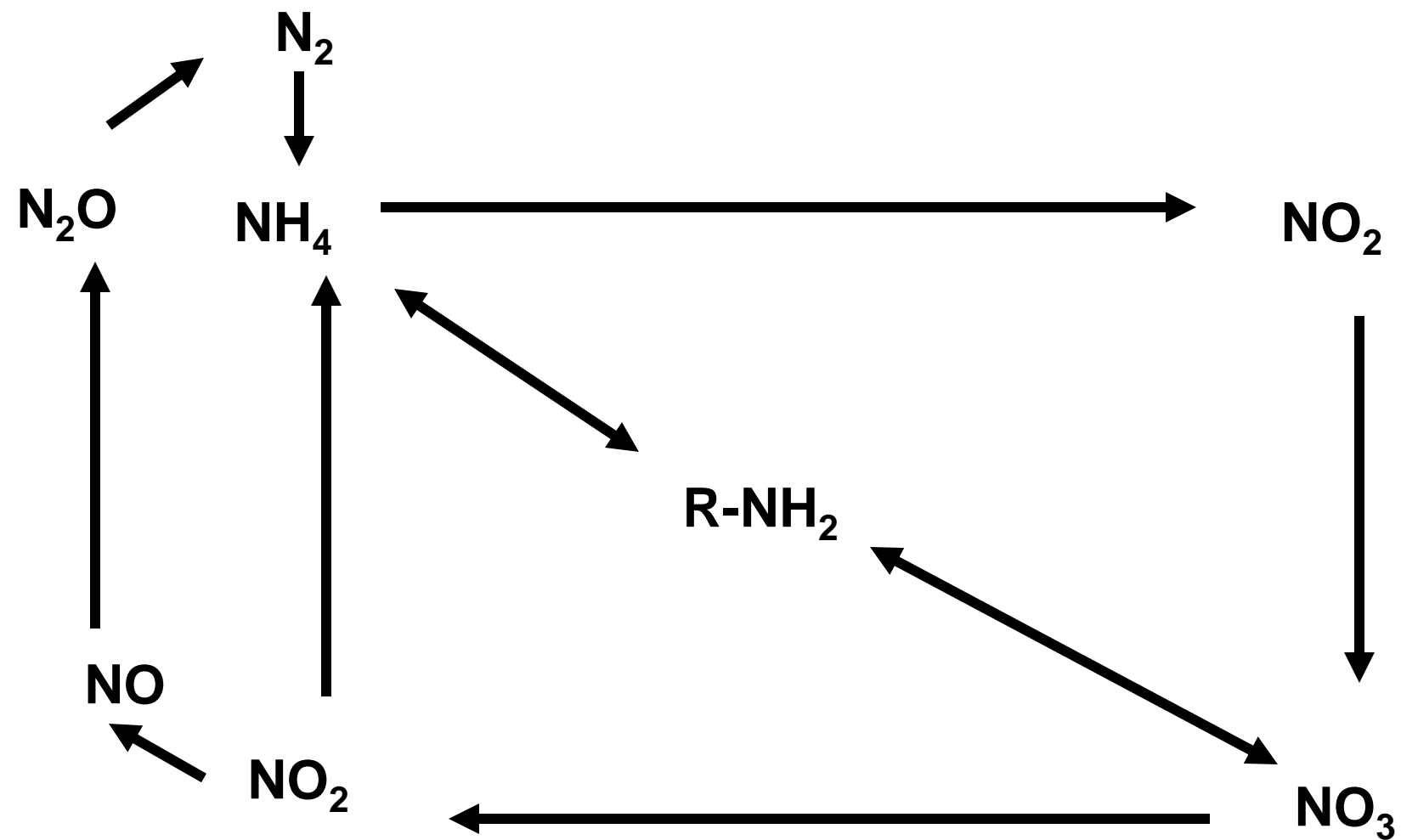
perdida



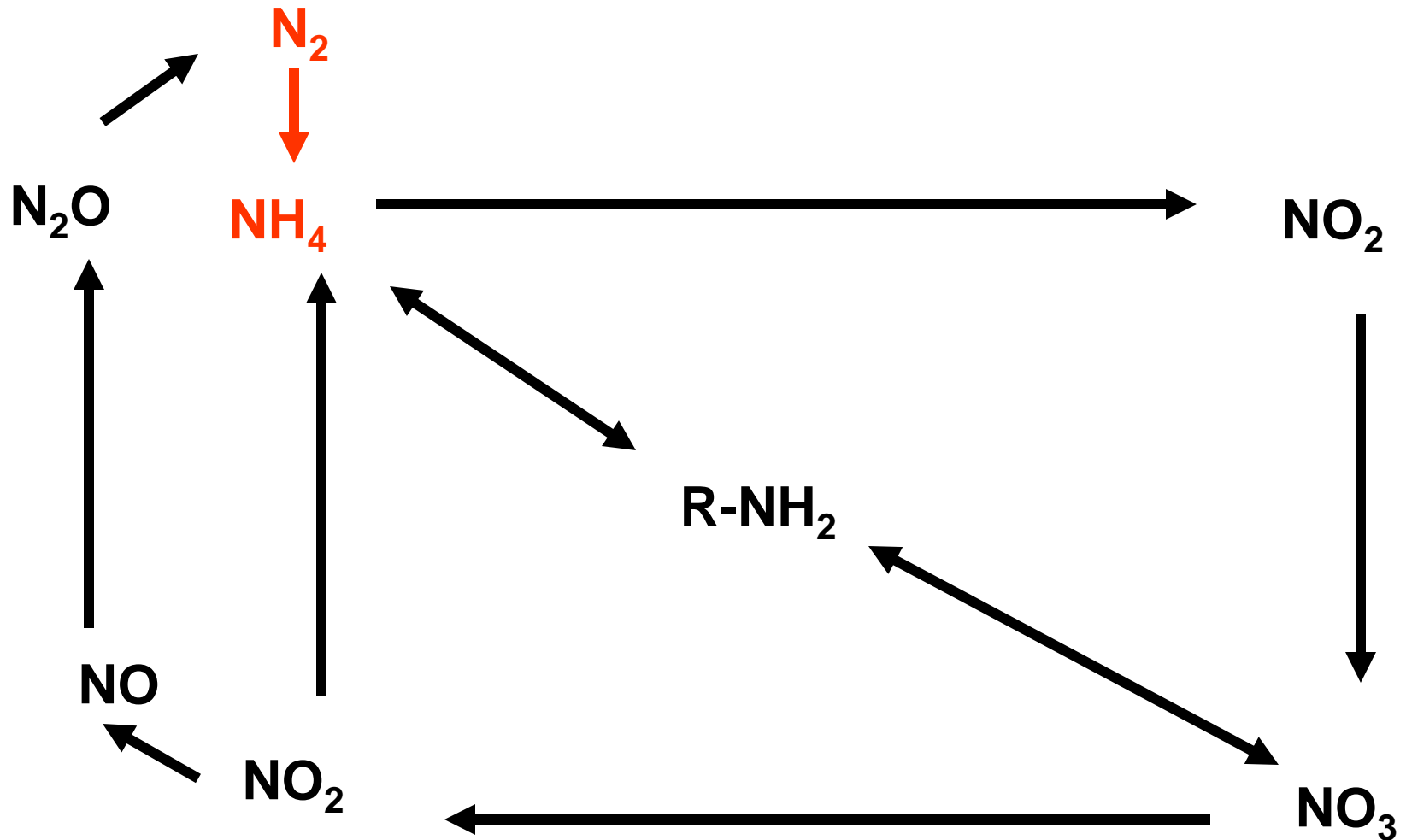
# Procesos en el ciclo del N:

- 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  $N_2$  atmosférico para combinarse con otros.

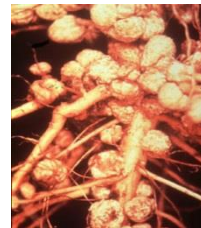
(a) *Fijación atmosférica*



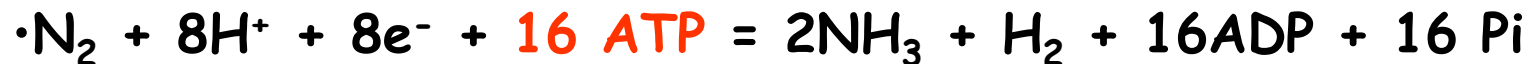
(b) *Fijación industrial*



(c) *Fijación biológica*



Sólo procariotas

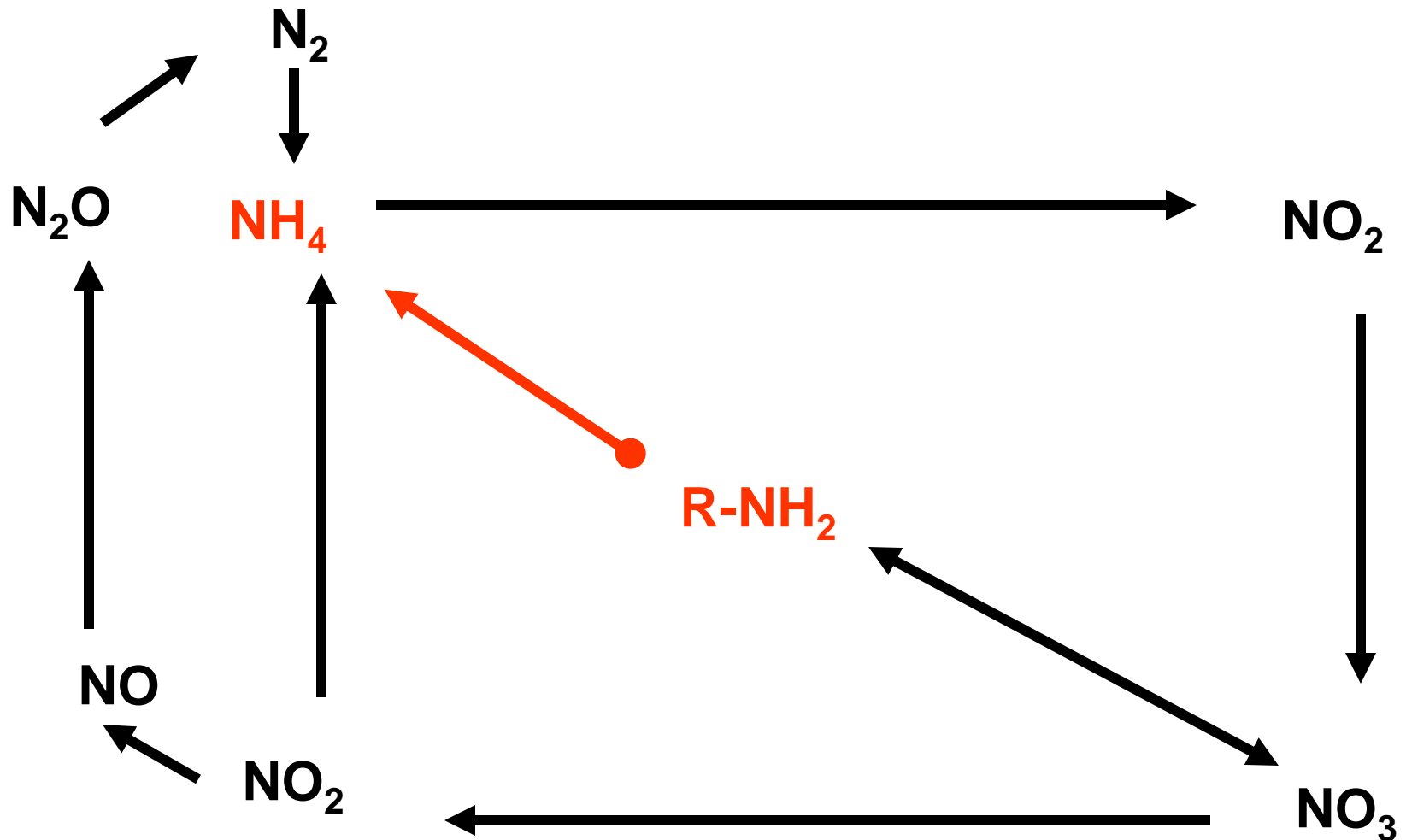


## Mineralización

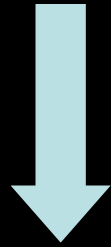
es la transformación del N orgánico a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ )

Este proceso consiste en la degradación por hidrólisis, de las proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados como urea para producir amoníaco, 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.



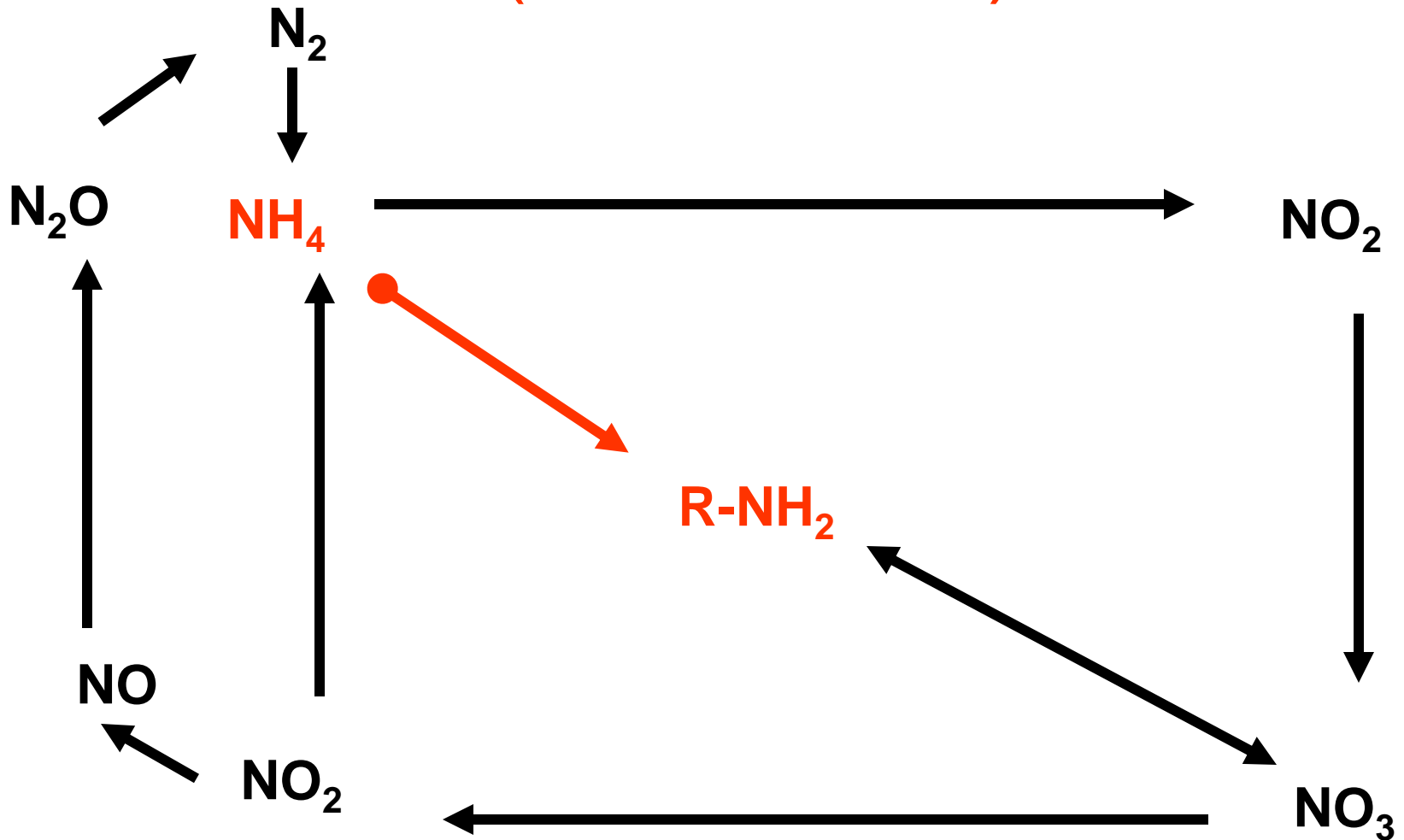
La transformación de N orgánico a las formas inorgánicas se lleva a cabo por acción de los microorganismos.

# Amonificación

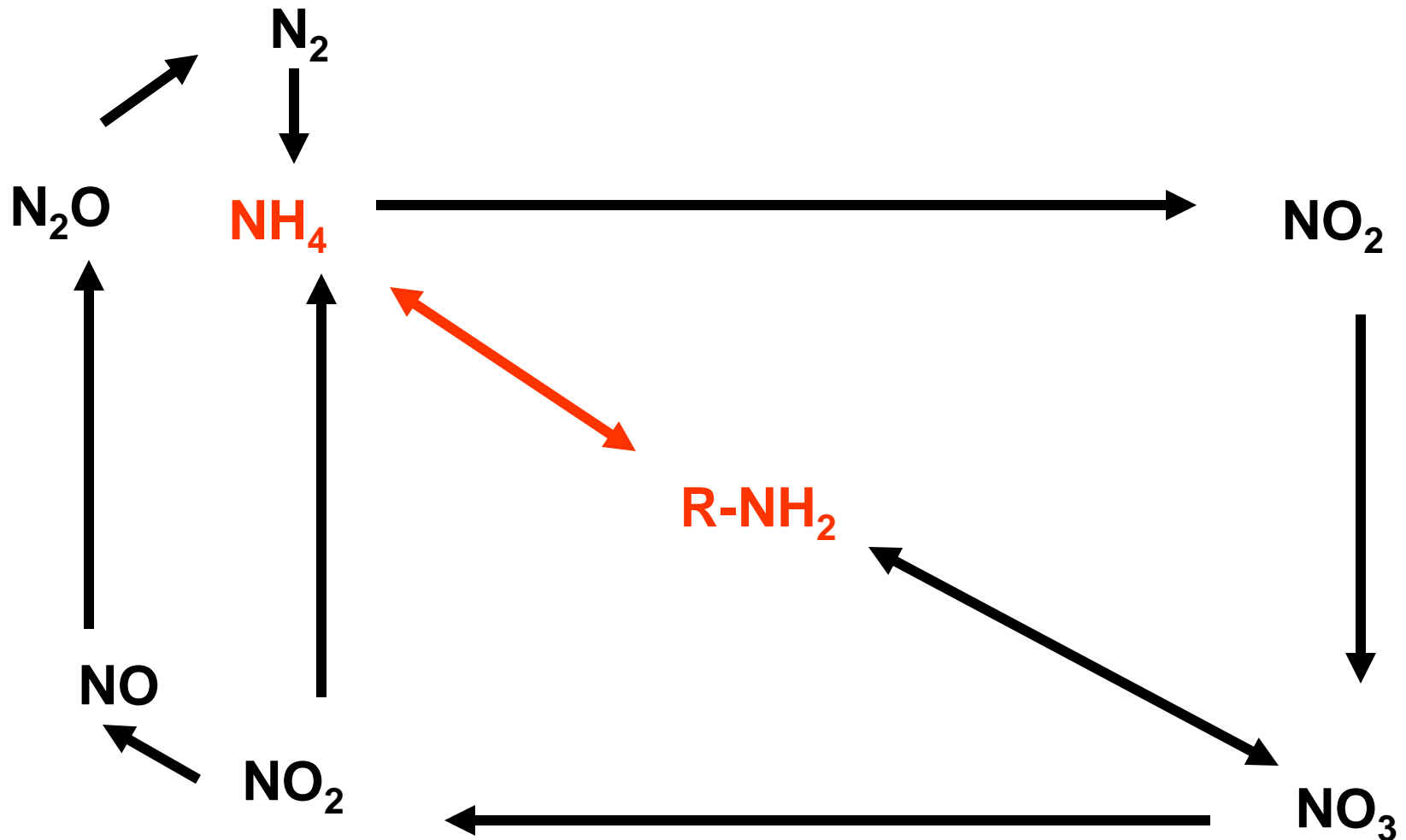
- Sustratos variados: moléculas orgánicas con N (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, paredes celulares, son degradados por proteasas, nucleasas, lisozima, etc.)
- Microflora: poco específica, microorganismos que obtienen la energía necesaria a través de la oxidación de los compuestos orgánicos 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)

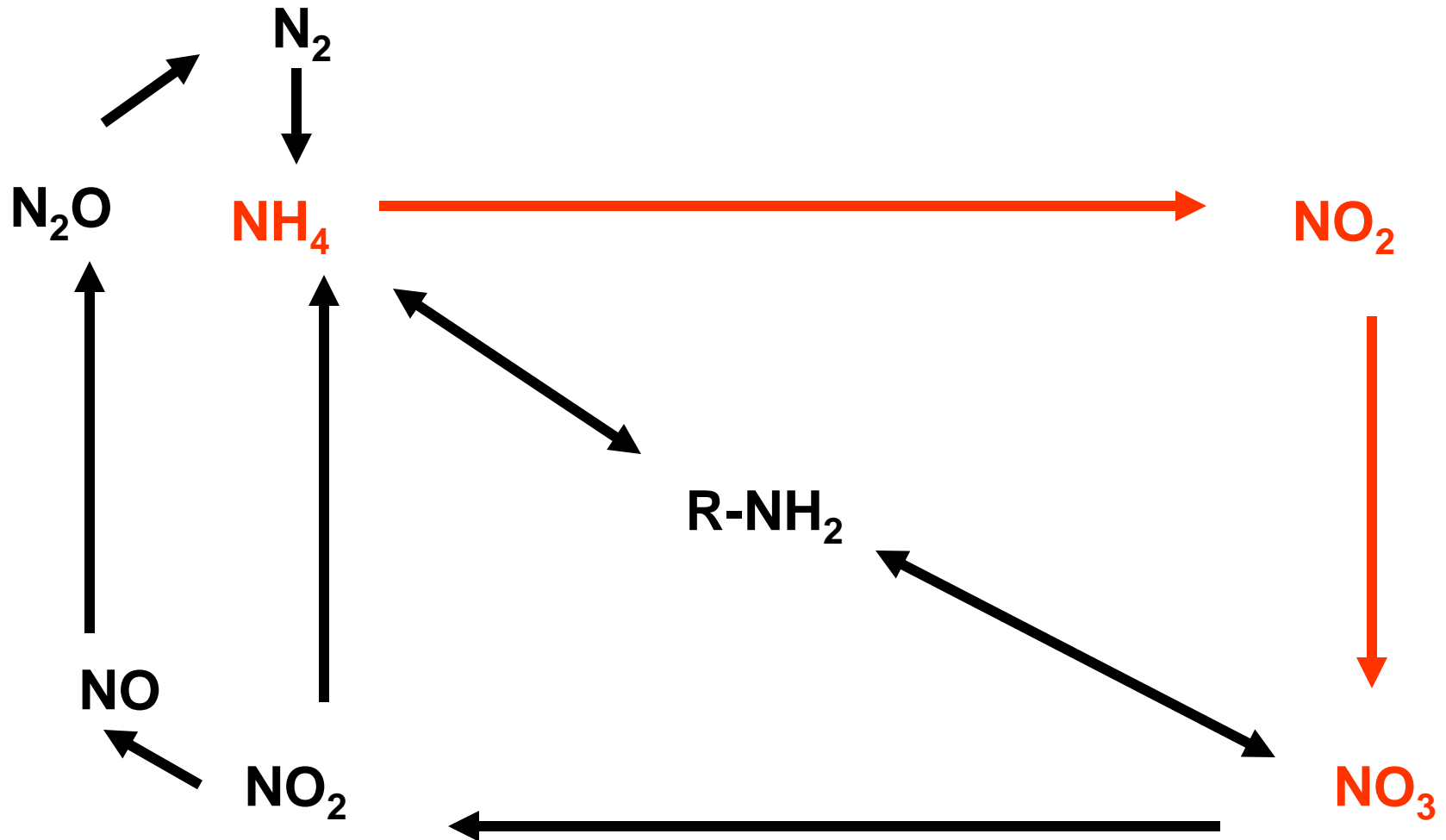


Volatilización

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**

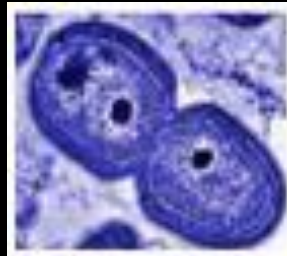


**nitrificación**



**nitratación**





*Nitrosomonas*  
*Nitrosococcus*  
*Nitrospira*  
*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  $\text{H}^+$   
(acidificación temporal en micrositios)

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

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



Asimilación-  
Inmovilización  
(plantas y m.o.)

Desnitrificación

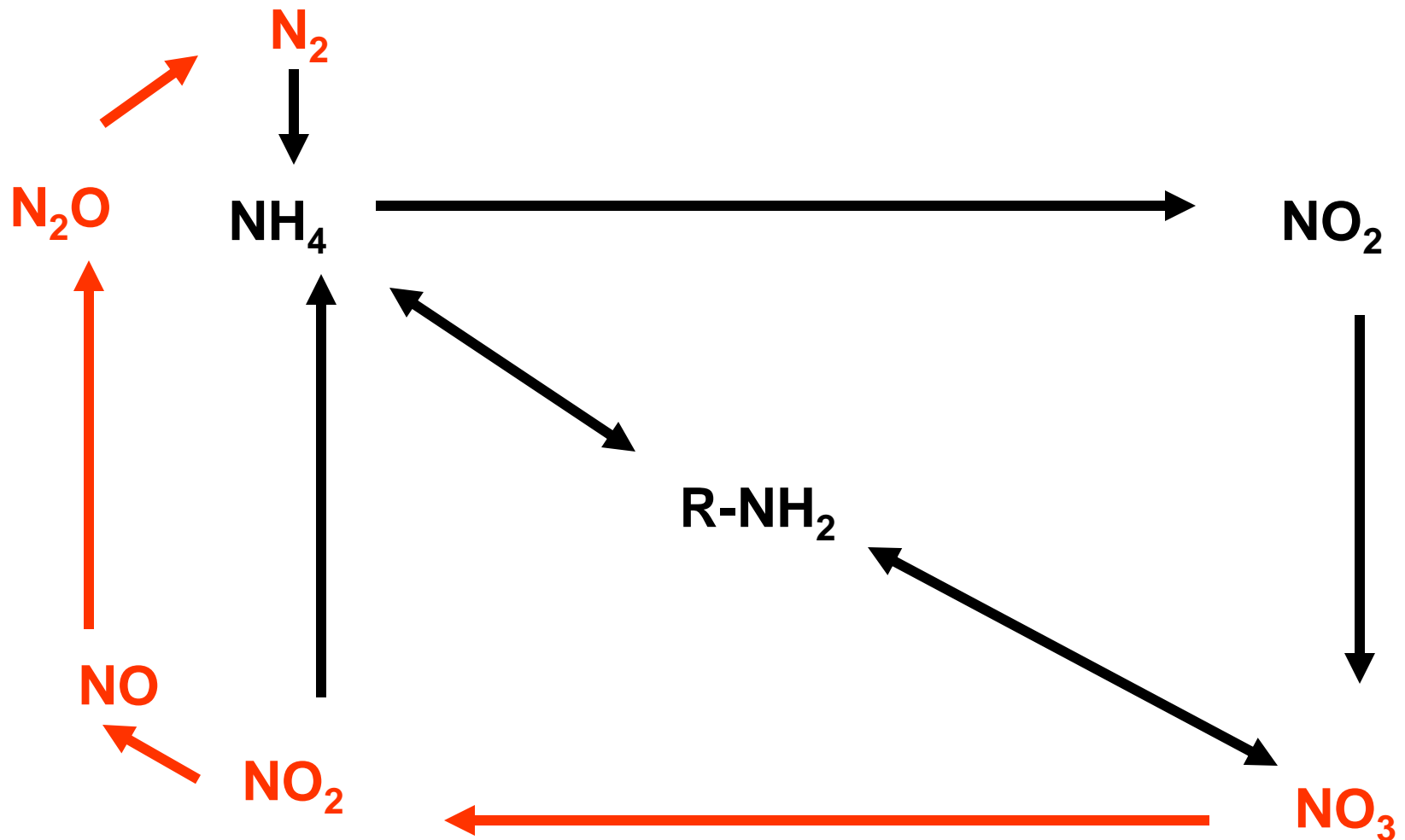
## Lixiviación

(contaminación de aguas  
superficiales y subterráneas)

<10 mg N- $\text{NO}_3^-$  L agua de consumo

$\text{NO}_2^-$  compete con el  $\text{O}_2$  por la  
hemoglobina (metahemoglobinemia)

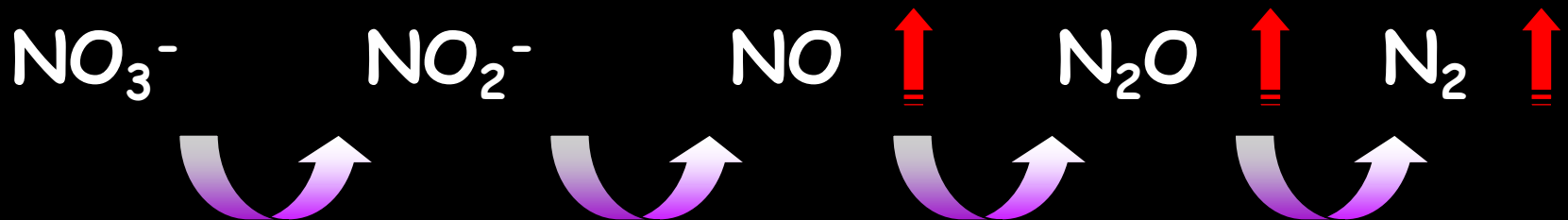
# Desnitrificación



# Desnitrificación

Reducción del nitrato a formas gaseosas del N

Respiración anaerobia: el nitrato es usado como aceptor final de  $e^-$  en ausencia de oxígeno

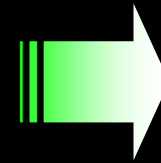


Heterótrofos: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Bacillus*  
Autótrofo: *Thiobacillus denitrificans*

m.o.  
aerobios  
facultativos

# Condiciones predisponentes para la desnitrificación

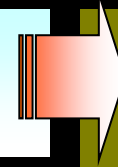
La mayoría de m.o. denitrificantes están en el suelo como heterótrofos aerobios. Usan nitrato como aceptor final de e- cuando el  $O_2$  no está disponible.



Bajo nivel de  $O_2$

Tasa reducida de difusión de  $O_2$

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



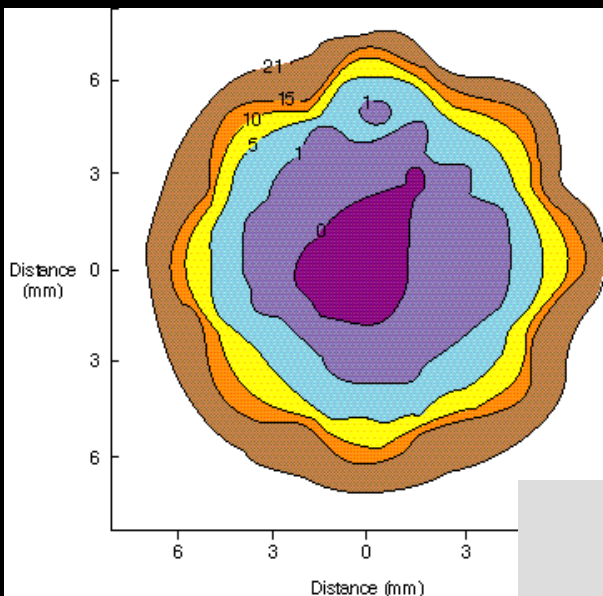
↑  $O_2$   
↑  $N_2O/N_2$

Disponibilidad de  $NO_3^-$

Disponibilidad de carbono

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

↑  $T^\circ$  ↑  $H_2O$  pH ~ 7



Ocurre también en micrositios de suelos bien aireados

# Consecuencias agronómicas y ambientales de la desnitrificación

10-15 % del fertilizante puede perderse por desnitrificación

El  $\text{N}_2\text{O}$  en la estratósfera se oxida a  $\text{NO}$  que destruye  
la capa de ozono

El  $\text{N}_2\text{O}$  es un gas de efecto invernadero 310  
veces mas potente que el  $\text{CO}_2$

