

Fijación biológica de N: algunos conceptos

- ✓ pasturas y leguminosas de grano
- ✓ pasturas:
 - fijación de N es f(rendimiento)
 - diferentes mecanismos de transferencia
 - evolución del N fijado
- ✓ efecto del N mineral sobre la fijación

Balance de N de los suelos: equilibrio ganancias pérdidas

✓ Pérdidas de N

- Extracción por cultivos y animales
- Erosión
- de formas minerales
 - permanentes
 - lavado
 - desnitrificación
 - volatilización de NH_3
 - transitorias

✓ Ganancias de N

- Lluvias
 - Fijación simbiótica
 - Fijación no simbiótica
 - Residuos
 - Estiércol
 - Fertilizantes
- transitorias
 - inmovilización
 - fijación de NH_4^+

Características generales de los fertilizantes nitrogenados

- ✓ Las fuentes más usadas son las amoniacales:

Urea + fosfato de amonio > 95 %

- ✓ En general el NH_4^+ pasa rápidamente a NO_3^-
- ✓ No existen efecto residuales directos
- ✓ Urea aplicada en superficie puede perderse como NH_3

Características generales de los fertilizantes nitrogenados

- ✓ Los fertilizantes amoniacales son fuente de acidez
- ✓ Pueden usarse en forma fraccionada
- ✓ Los fertilizantes nítricos y los foliares se usan en situaciones especiales

Fertilizantes nitrogenados

Nombre	Fórmula	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
Amoníaco anhidro	NH ₃	82		
Urea	CO(NH ₂) ₂	46		
Nitrato de amonio	NH ₄ NO ₃	32		
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	20		
Fosfato diamónico	(NH ₄) ₂ H ₂ PO ₄	18	46	
Fosfato monoamónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	11	48	
Nitrato de sodio	NaNO ₃	16		
Nitrato de potasio	KNO ₃	13		44
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	16		

UAN:

Mezclas de urea y nitrato de amonio

Soluciones de N en agua no prezurizadas

% Urea	% NO_3NH_4	%N	Temp. De cristalización
30	40	28	-18
33	42	30	-10
33	43	32	-2

Fuentes de liberación lenta:

Urea- formaldehido

Urea recubierta de S

UREA

- ✓ Por hidrólisis pasa a formar carbonato de amonio:



Catalizado por la enzima ureasa

- ✓ La molécula de carbonato de amonio es inestable:



En la zona de disolución de la Urea el pH es siempre alcalino

Pérdidas de urea

- ✓ $\text{NH}_4^+ + \text{OH} \rightarrow \text{NH}_3 (\text{gas}) + \text{H}_2\text{O}$
- ✓ Si hay condiciones de alta evapotranspiración el NH_3 y el H_2O se pierden conjuntamente
- ✓ Aplicaciones en la superficie de suelos húmedos, y en días de alta ETP, aumenta la posibilidad de pérdidas de N de la urea como NH_3

Pérdidas por aplicación superficial (%)

Sueb	pH	CTC	Urea	SO ₄ (NH ₄) ₂
1	56	15	400	04
2	63	16	590	09
3	53	72	90	02
4	78	74	150	370

Biuret (NH₂-CO-NH-CO-NH₂):

- Se forma durante el proceso de fabricación de la urea
- Es tóxico para las plantas:
 - Citrus via foliar: usar urea con menos de 2.5% biuret
- Usos generales: < 2%

Fertilizantes amoniacales y acidificación de los suelos

- ✓ Por cada molécula de NH_4^+ que se transforma en NO_3^- se producen 2 H^+



- ✓ El efecto acidificante depende de:
 - tipo de suelo (poder buffer)
 - pH original del suelo
 - dosis de N aplicada
 - frecuencia de aplicación

Residuo ácido

- ✓ Es un número que aparece en las bolsas de fertilizantes
- ✓ Indica kg de CaCO_3 a agregar al suelo para neutralizar la acidez producida por el agregado de cada kg de fertilizante N
- ✓ Ej. Urea:
 - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 4 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+ + \text{CO}_2$
 - 2 H^+ por cada 2 N, se neutralizan con 1 CaCO_3
 - Residuo ácido = $\text{kg CaCO}_3 / \text{kg N} = 100/28 = 3.6$

Acidez del suelo producida por fertilizantes nitrogenados

Fuente de N	Reacción de nitrificación	Residuo ácido	Acidez Residual del suelo			
			Máximo		Mínimo	
			Equivalente CaCO ₃	Residuo ácido	Equivalente CaCO ₃	Valor oficial*
			kg de CaCO ₃ / kg de N		kg de CaCO ₃ / kg de N	
Urea	$(\text{NH}_2)_2\text{CO} + 4\text{O}_2 \longrightarrow$ $2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2H^+ 2NO_3^-	100/28 = 3.6	ninguno	0	1.8
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{O}_2 \longrightarrow$ $2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	2H^+ 2NO_3^-	100/28 = 3.6	ninguno	0	1.8
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 4\text{O}_2 \longrightarrow$ $4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	4H^+ 2NO_3^- SO_4^{2-}	200/28 = 7.2	2H^+ SO_4^{2-}	100/28 = 3.6	5.4
Fosfato diamónico	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow$ $3\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$	3H^+ 2NO_3^- H_2PO_4^-	150/28 = 5.4	H^+ H_2PO_4^-	50/28 = 1.8	3.6

* Valor adoptado por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (Pierre, 1934).

FUENTE: Adams, Soil Acidity and Liming, no. 12, p. 234. Madison, Wisc.: ASA, 1984.

Extraído de Tisdale et al, 1995

Residuo ácido: ver tabla

- ✓ Valor máximo: considera que todo el N se nitrifica
 - Residuo ácido urea= 3.8
- ✓ Valor mínimo: considera que el N no se nitrifica, es absorbido como NH_4^+
 - Residuo ácido urea= 0
- ✓ Valor oficial: la mitad del N se nitrifica
 - Residuo ácido urea= 1.8

Diferencias entre fuentes de N: Fuentes Amónicas

- ✓ En Arroz (desnitrificación)
- ✓ ¿En otros cultivos?
 - NO_3^- se puede lavar
 - Pero normalmente el NH_4^+ pasa a NO_3^- rápidamente
- ✓ Normalmente, es lo mismo una u otra fuente.
- ✓ Depende del precio por kg de N: (fuentes nítricas son 3 veces más caras)

Fuentes Nítricas

✓ Situaciones donde se puede considerar su

uso :

✓ Aplicaciones en cobertura

» Macollaje en trigo, V6 en Maíz

» Siembra Directa

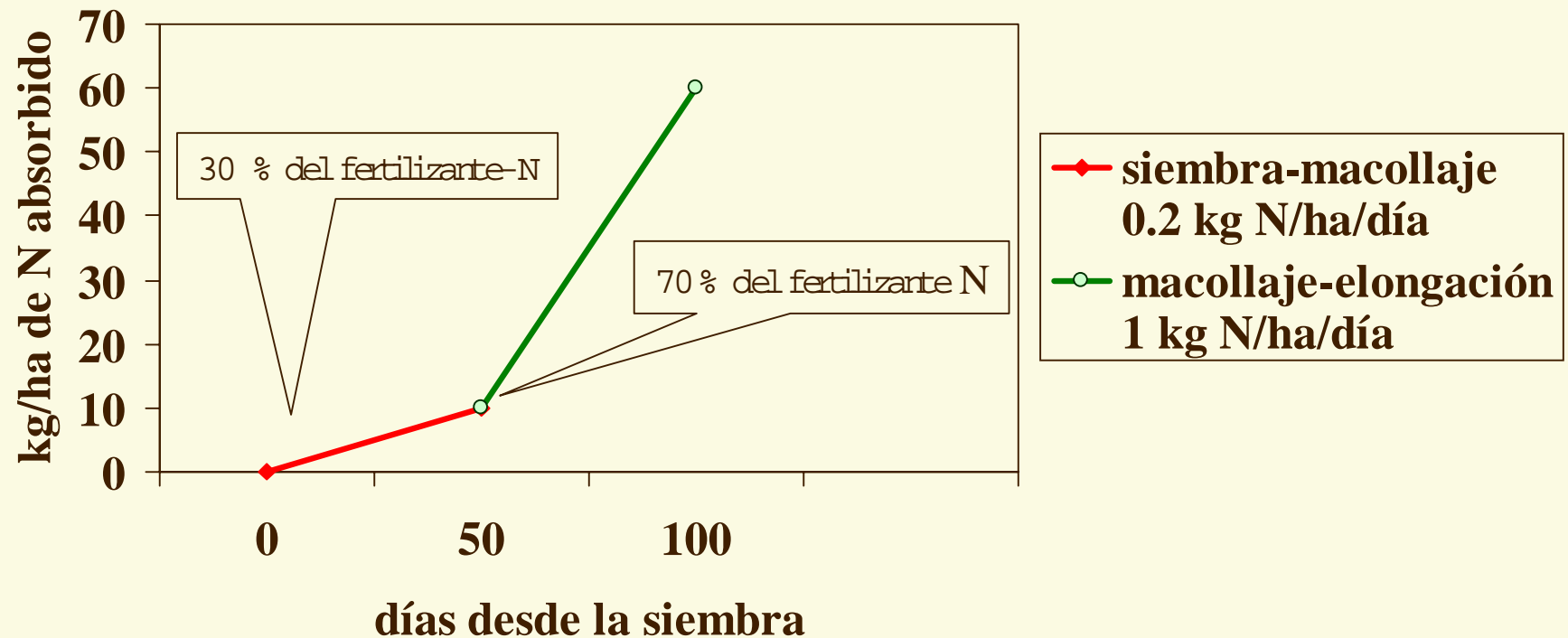
» ¿¿¿ Se justifica ??? \$\$\$

✓ Invernáculos en Invierno

✓ Tabaco y Citrus

Fraccionamiento de N: relacionar la oferta de fertilizante-N con la demanda de la planta

Absorción de N por trigo



Contenido de N, P y K según la cantidad de materia seca producida por distintos cultivos

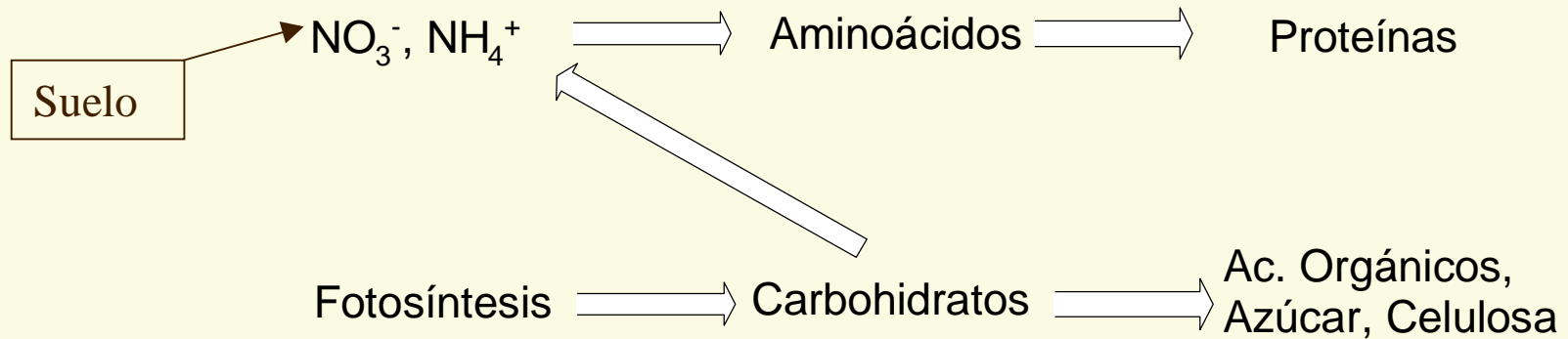
CULTIVO	MS Ton.ha ⁻¹	N -----	P -----	K -----
		kg.ha ⁻¹		
Campo natural	2-4	50	5	36
Trébol blanco – Festuca	10	290	35	270
Alfalfa	10	320	30	280
Avena – Raigrás	7	180	15	165
Maíz	12	275	40	230
Trigo	5	170	22	102
Tomate-invernáculo (fruto)	250	700	80	1100

Rendimiento en grano y paja de un cultivo de maíz y las cantidades de N, P, K y S consumidas

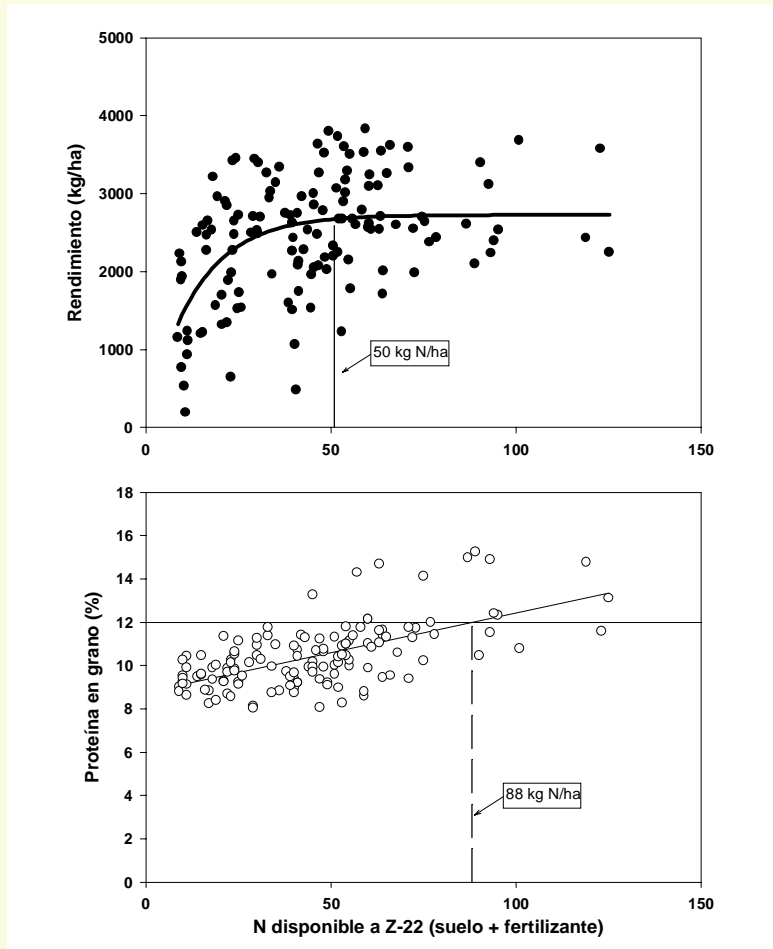
GRANO	PAJA	N	P	K	S
kg/ha					
1.000	1.000	25			
5.300	4.600	78	14,2	148	10,2
8.400	5.200	127	19,9	200	13,0
9.800	5.900	187	28,3	235	15,1
9.700	6.800	200	22,1	245	17,1
12.000	9.700	275	40,0	270	

Efectos del N sobre el vegetal

✓ Competencia por carbohidratos



N y calidad en cebada cervecera



Alto aporte de N:

- Cebada con alto contenido de proteína en el grano
- Baja calidad industrial
- En cambio, en trigo se exige un grano con alto contenido proteico

Efecto del N sobre la fructificación

✓ Tomate de invernáculo

– Interacciones con

- clima
- momento
- fuentes (NH_4^+ vs NO_3^-)

Efecto del N sobre el grado de suculencia -dureza

- ✓ Afecta la resistencia de la planta a:
 - vuelco
 - enfermedades
 - frío

Efecto del N sobre la maduración

- En general alarga el ciclo
- Si partimos de una gran deficiencia, lo puede acortar

Otros efectos del N

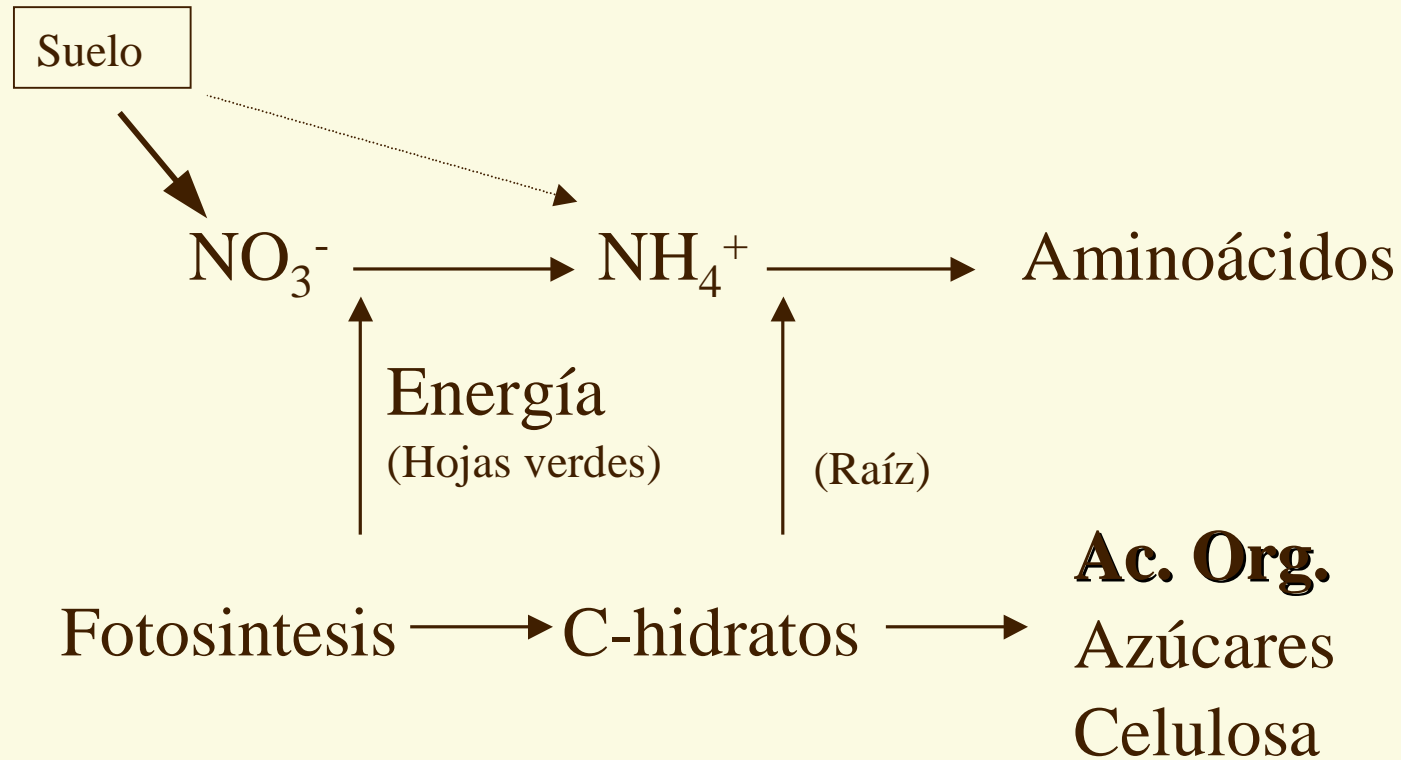
- ✓ Competencia entre especies

- Balance gramínea-leguminosa

- ✓ Relación grano/paja en cereales

- en general, a más N, menor relación grano/paja
- en condiciones de gran deficiencia, el cultivo no formará grano

A monio versus nitrato en plantas



Comportamiento de la planta con aporte de N en forma de NH_4^+ o NO_3^-

✓ En condiciones naturales, las plantas toman principalmente NO_3^-

– Excepciones

- Anaerobiosis
- Poco despues de aplicado el fert. NH_4
- Fertirriego

Características del NH_4

- Absorción de NH_4^+
 - Acidificación, raíz excreta H^+ , > abs. P
 - Absorción de aniones (H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , y Cl^-)
- Mayor permanencia en el suelo
- Puede ser tóxico
- No consume energía en su uso metabólico

Características del NO_3^-

- Absorción de NO_3^-
 - alcaliniza la rizósfera
 - mayor absorción de cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+)
- No es tóxico, la planta regula su uso
- Precio más alto por unidad de N

N y problemas ambientales

- ✓ Contaminación de aguas por NO_3^-
 - lavado de NO_3^- puede contaminar aguas profundas
 - > 10 ppm de N- NO_3^- , tóxico para humanos
 - equivale a 44 ppm de NO_3^-
- ✓ Trabajos en Uruguay
 - contaminación en pozos cercanos
 - potencial: suelos en barbecho

Aguas superficiales

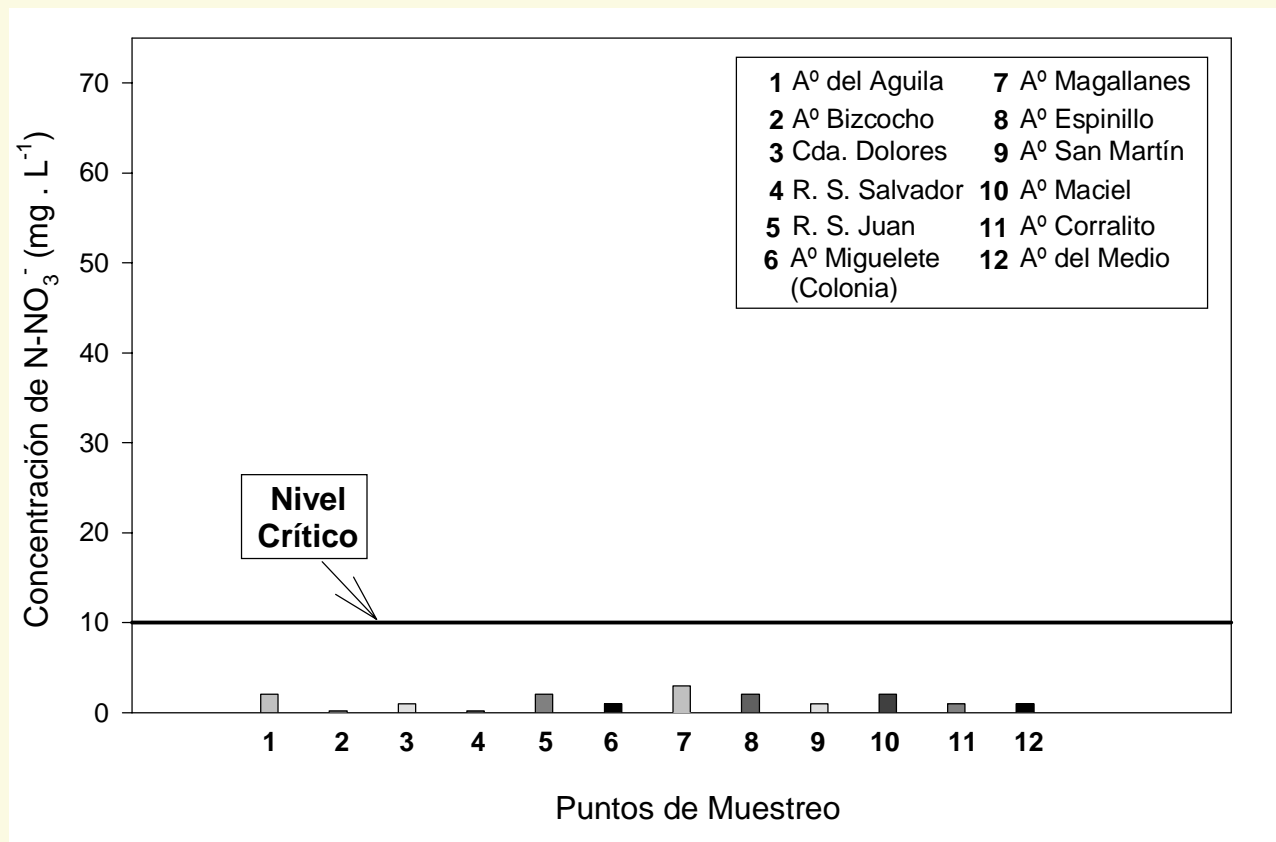
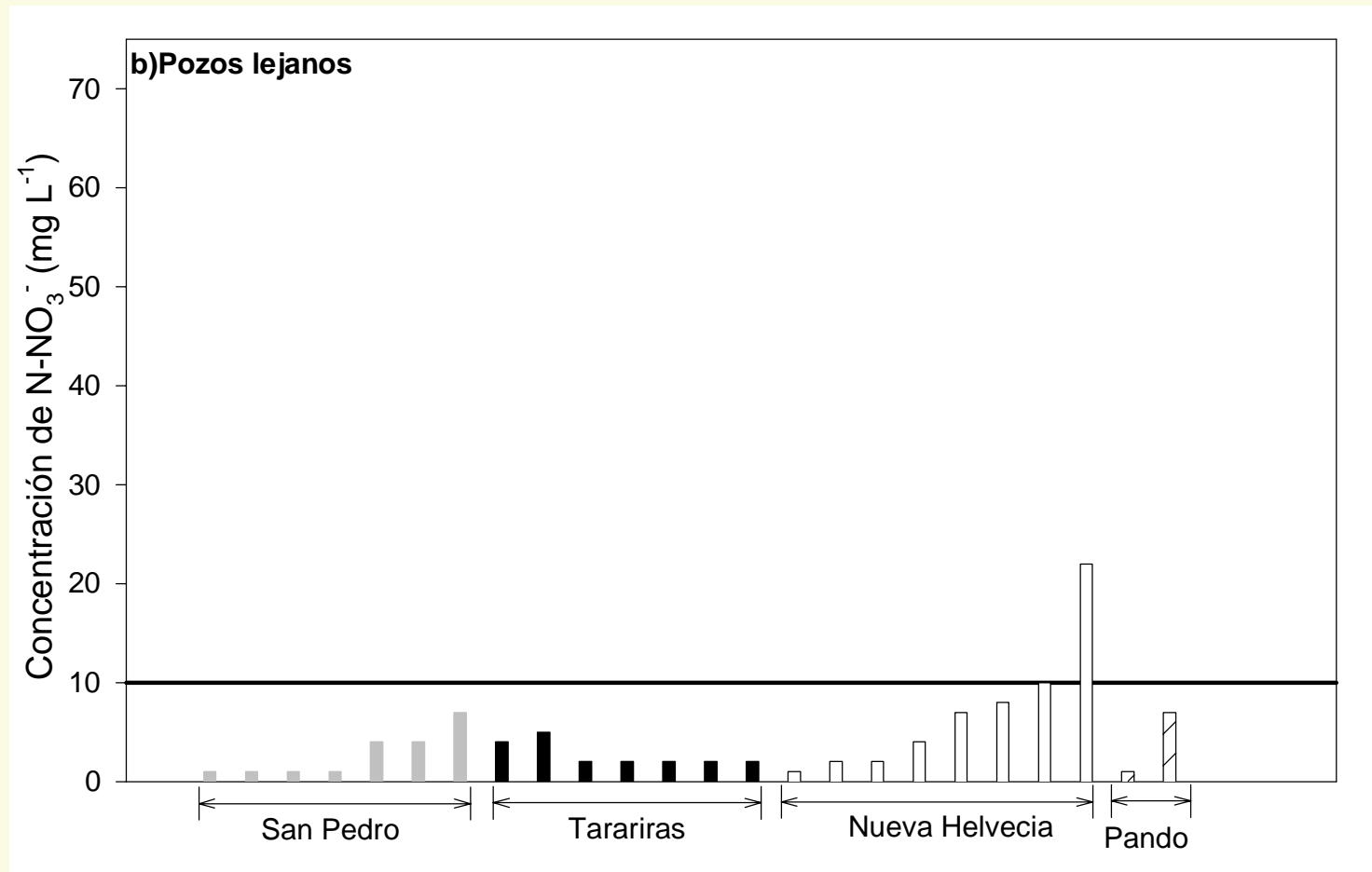
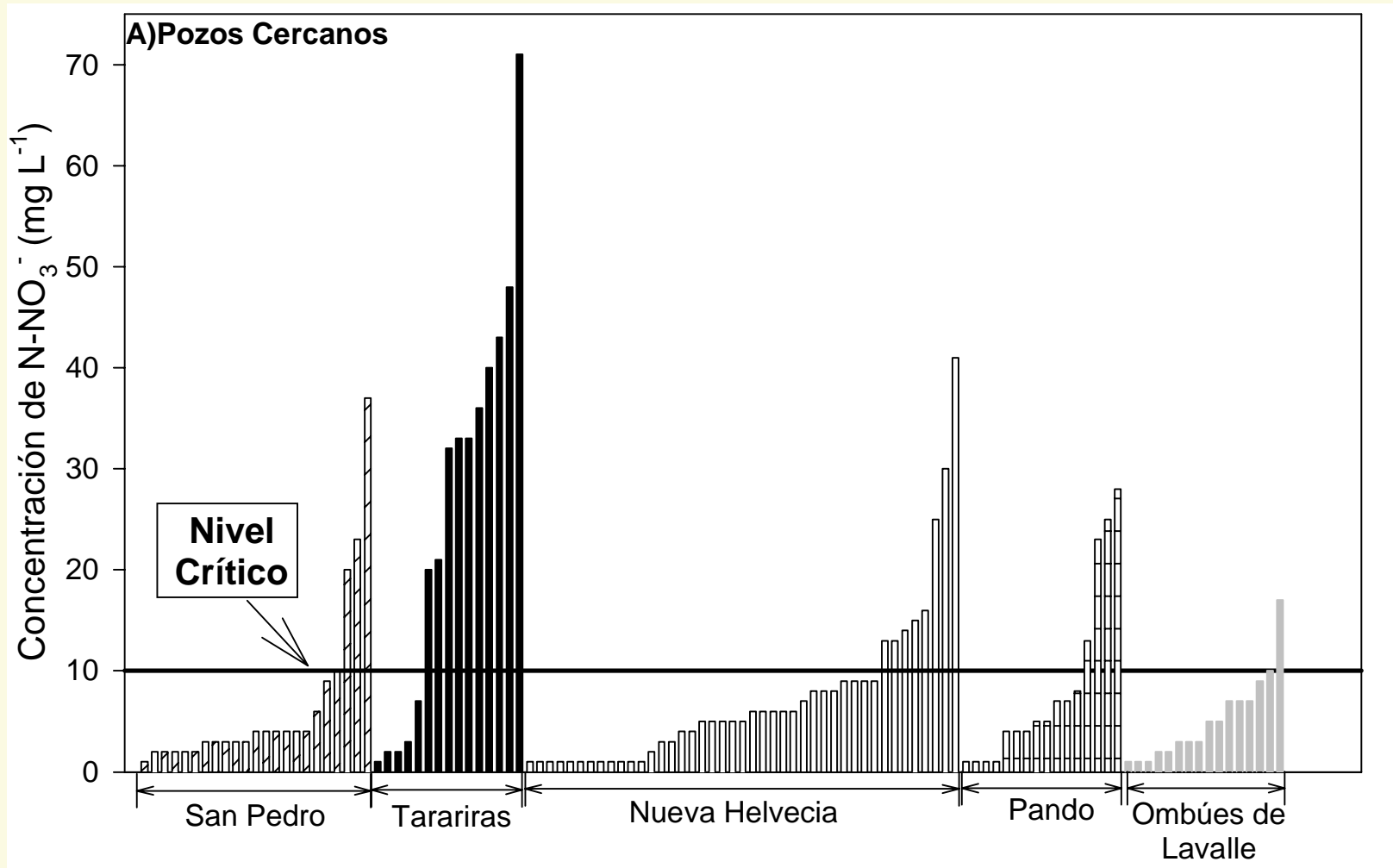


Figura 1. Concentración de NO₃⁻ en el agua de algunos ríos y arroyos del Uruguay. Perdomo et al., 1998.

Pozos lejanos

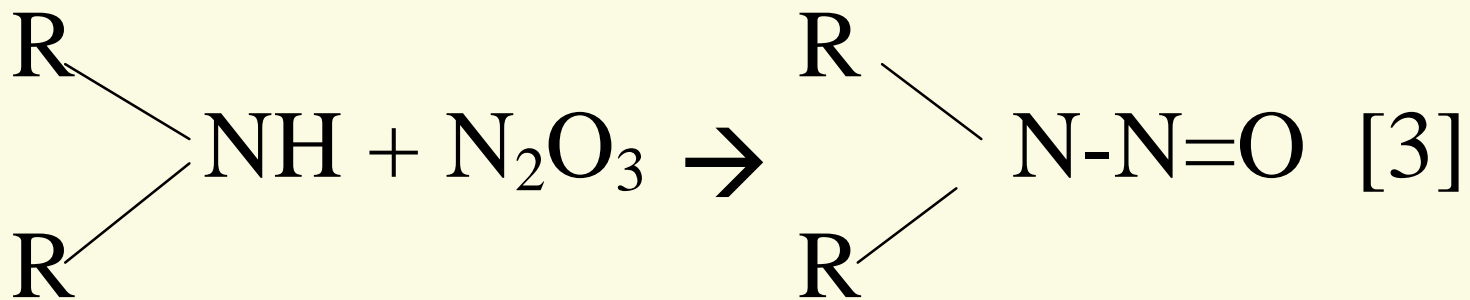
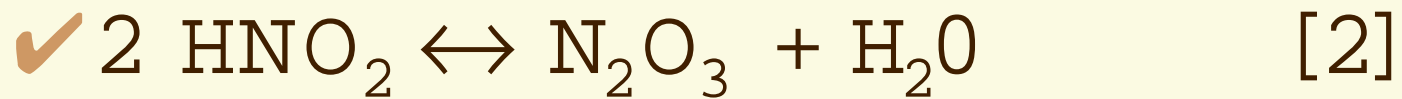


Pozos cercanos



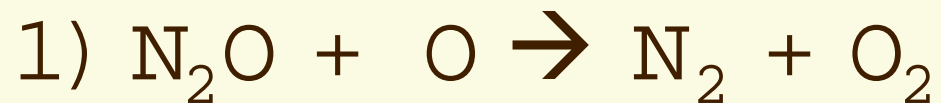
Nitrosaminas

✓ Son cancerígenos y mutagénicos



Desnitrificación y efectos globales

✓ La desnitrificación produce N_2O , el cual en la atmósfera pasa a N_2 y a NO



✓ El NO reacciona con el O_3 , y lo destruye



✓ N_2O también :

- atrapa parte de la IR, aumenta "Efecto Invernadero"