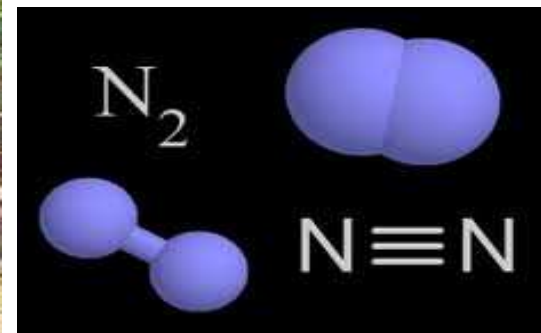




# Dinámica del Nitrógeno en el Suelo y la Planta de Caña de Azúcar.



Marco Chaves Solera  
LAICA-DIECA



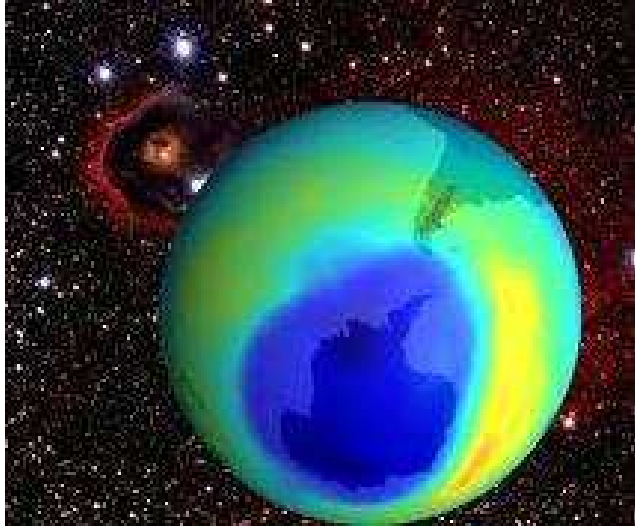
## **OBJETIVO**

**Conocer con algún grado de detalle la dinámica del Nitrógeno en el suelo y su efecto sobre el metabolismo de la planta de caña de azúcar. La acción del nutrimento opera bajo principios químicos basados en pérdidas, fijaciones y transformaciones, etc.**



# TEMAS A TRATAR

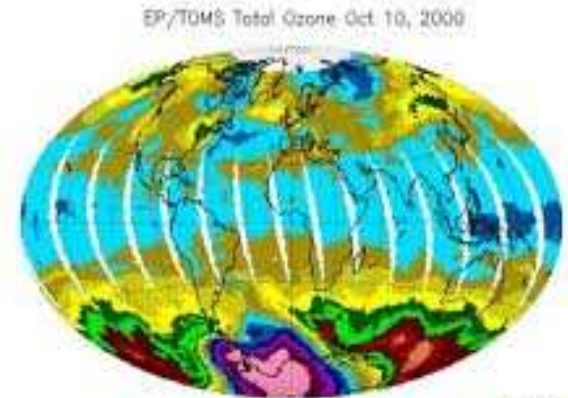
- Fertilizantes y Ambiente
- Ciclo del Nitrógeno
- El N en el Suelo
- Materia Orgánica
- Pérdidas en el Suelo
- Fijación Biológica
- El N en la Planta
- ¿Nitrato o Amonio?
- Efecto Sobre la Calidad



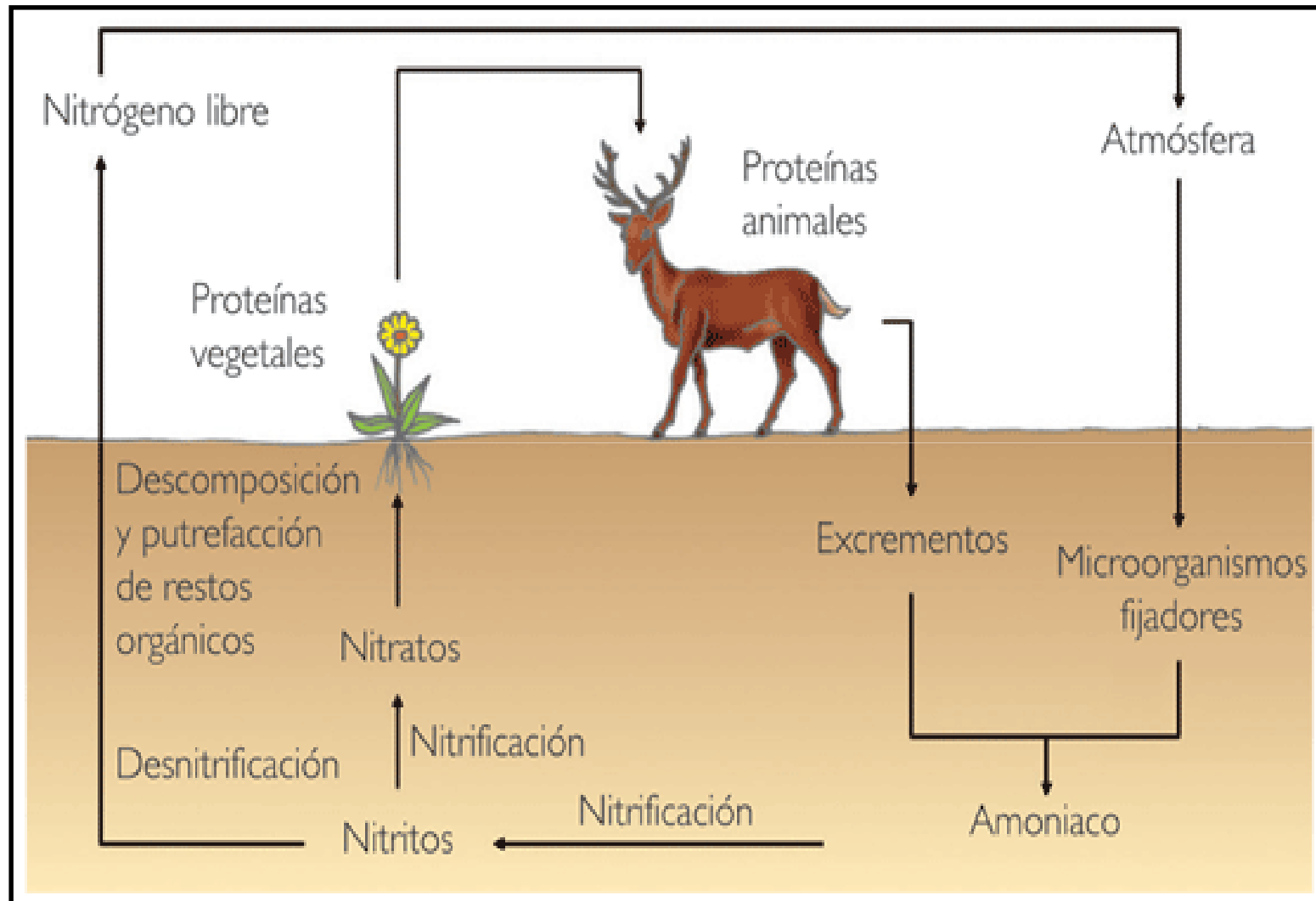
## FERTILIZANTES Y AMBIENTE



## IMPACTO NEGATIVO SOBRE LA CAPA DE OZONO Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

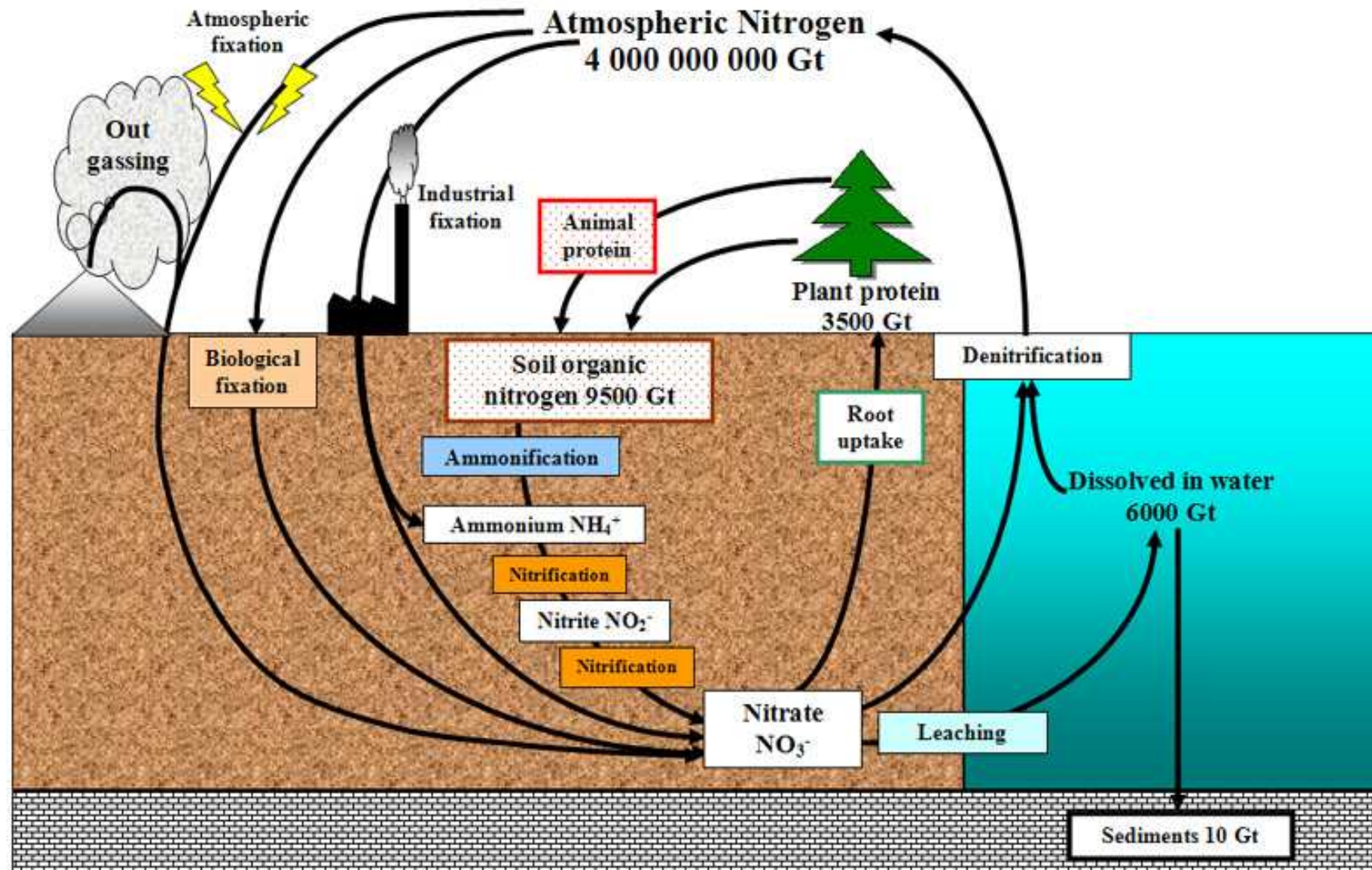


# CICLO DEL NITRÓGENO



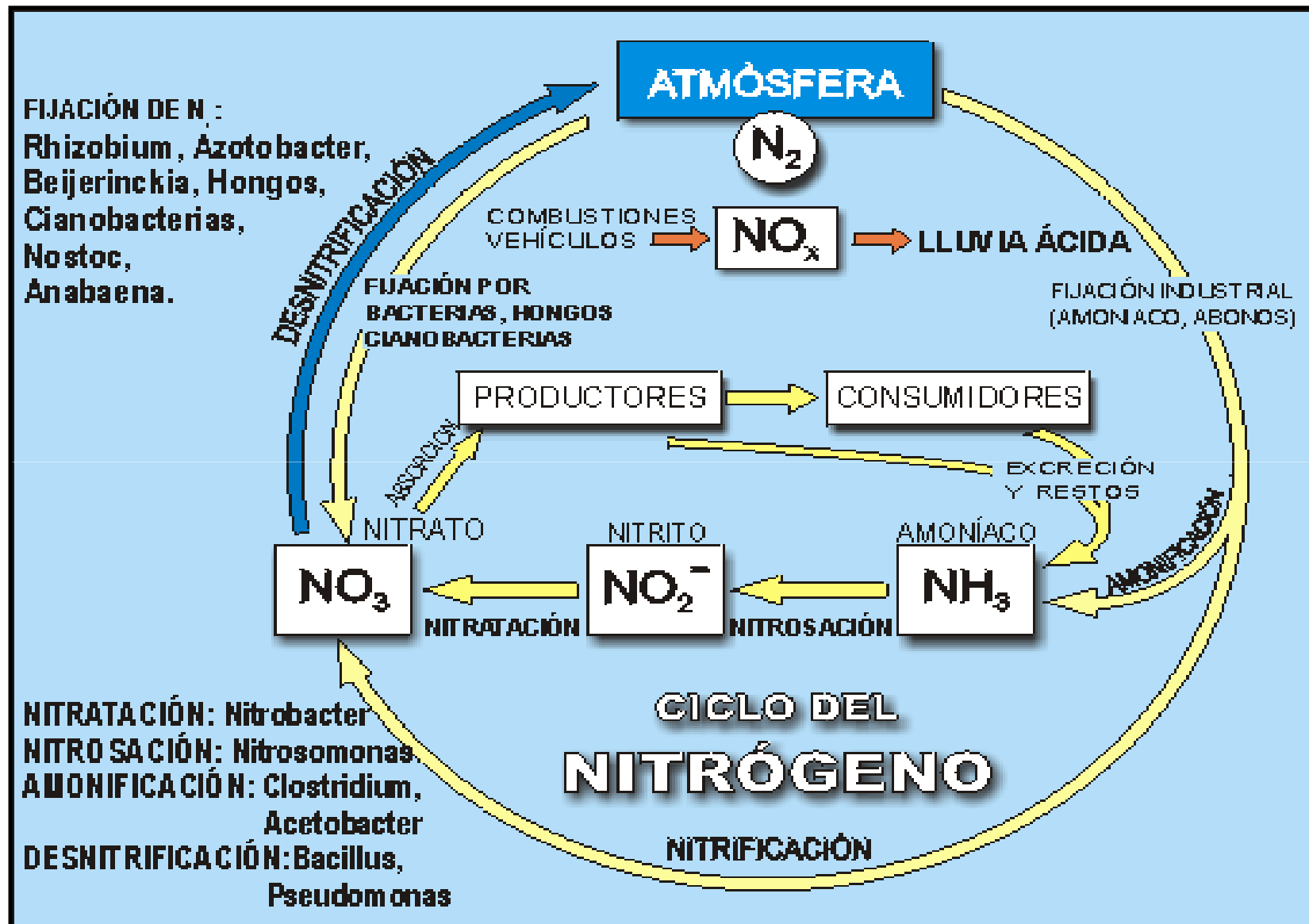
Fuente: *Kalipedia.com*

# CICLO DEL NITRÓGENO

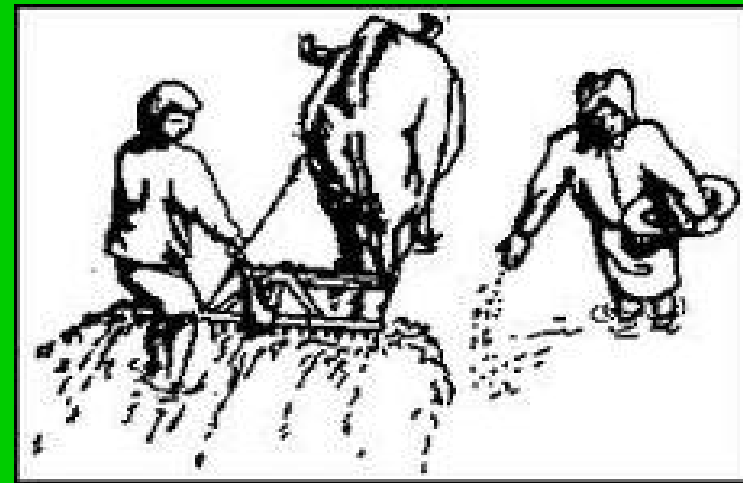


Ref Botkin D.B. & Keller E.A. (2000) Environmental Science Wiley

# CICLO DEL NITRÓGENO



# EL NITRÓGENO EN EL SUELO



# CICLO DE NUTRIMENTOS EN EL SUELO



¿QUÉ ES LA MATERIA  
ORGÁNICA?

¿QUÉ ES EL HÚMUS?

# MINERALIZACIÓN DE LA M.O.

PROCESOS VINCULADOS	ORGANISMOS RELACIONADOS
AMINACIÓN	HETEROTROFOS <sup>1</sup>
AMONIFICACIÓN	HETEROTROFOS <sup>1</sup>
NITRIFICACIÓN	AUTOTROFOS <sup>2</sup>

## Fases sistemáticas

1/ REQUIEREN CARBONO COMO FUENTE ENERGÉTICA

2/ OBTIENEN CO<sub>2</sub> DEL AIRE; SE NUTREN A SÍ MISMOS

# RELACIÓN CARBONO / NITRÓGENO (C/N)

Permite medir la dinámica que mantiene  
Un material orgánico en su proceso de  
descomposición en el suelo

## Relación C/N

Un material por descomponer que posea una baja concentración de N en relación a la de C (alta relación C/N), entonces los microorganismos que intervienen utilizarán el N presente ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) en el suelo para promover la descomposición del referido material, promoviendo su INMOBILIZACIÓN en la masa microbiana.

Si por el contrario, el material vegetal posee más N respecto a C (baja relación C/N), la descomposición del mismo será rápida y equivalente al N presente, liberando y poniendo disponible al suelo buena cantidad de ese N.

**CUADRO 1**  
**COMPOSICIÓN Y RELACIÓN C / N EN RESIDUOS ORGÁNICOS**

PLANTA	SECCIÓN	COMPOSICIÓN (%)		
		M. O	N	C / N
Arroz	paja - cáscara	54,3 - 54,6	0,75 - 0,78	28 - 50
Banano	tallo - hoja - racimo	85,2 - 88,9	0,86 - 3,27	19 - 61
Caña de Azúcar	bagazo - bagacillo	71,4 - 89,9	1,07 - 3,02	22 - 150
	Vinaza	14,6 - 48,6	0,023 - 0,074	14 - 40
Café	cáscara - paja - semillas desnaturalizadas	82,2 - 93,1	0,63 - 1,17	41 - 112
Helecho	Planta	95,90	0,49	67 - 112
Leguminosas	crotalaria - frijol - soya - mucuna	88,4 - 96,7	1,63 - 4,56	11 - 32
Maiz	paja - rastrojos	45,2 - 96,75	0,48 - 0,52	67 - 112
Papaya	cápsulas - cáscara	58,9 - 94,6	0,34 - 1,18	53 - 96
Pasto	jaragua - etc.	86,9 - 93,6	0,86 - 1,17	41 - 81
Trigo	paja - cáscara	85 - 92,4	0,73 - 0,85	56 - 150
Torta	algodón - caña - mani - cacao - papaya - linaza	64,9 - 95,3	2,19 - 7,65	7 - 20
Serrín Madera	-----	93,45	0,06	200 - 865
Yuca	Cáscara	58,94	0,34	96
	hojas - ramas	91,6 - 95,2	1,31 - 4,35	12 - 40

Las Relaciones en caña son altas (22-150:1)

La cachaza posee una Relación C/N baja 7-20:1

Fuente: Marriell *et al* (1987)

**Relaciones C/N > 30:1 hay Inmovilización.**  
**Relaciones C/N < 20:1 hay Liberación de N al medio.**



**CUADRO 2**  
**COMPOSICIÓN Y RELACIÓN C/N DE RESIDUOS**  
**DE NATURALEZA PECUARIA Y HUMANA**

<b>RESIDUO</b>	<b>M O (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>C / N</b>
HUMANO	---	1,25 - 6,0	6 - 10
BOVINO	30 - 58	0,3 - 2,9	18 - 32
EQUINO	46 - 58	0,5 - 1,9	9 - 32
AVES	26 - 84	1,8 - 5,9	7 - 16
SUÍNO	53 - 76	1,8 - 6,8	12 - 25
OVINO	65 - 82	0,5 - 1,7	16 - 32

Fuente: **Marriél et al** (1987)

# MINERALIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

**N - ORGÁNICO**



**N - AMÍNICO**



**N - AMONIACAL**



**N - NITRITOS**



**N - NITRATOS**

**Etapas sucesivas  
y secuenciales  
del proceso**

**Transformaciones  
bioquímicas son  
efectuadas  
predominantemente  
por microorganismos  
específicos**

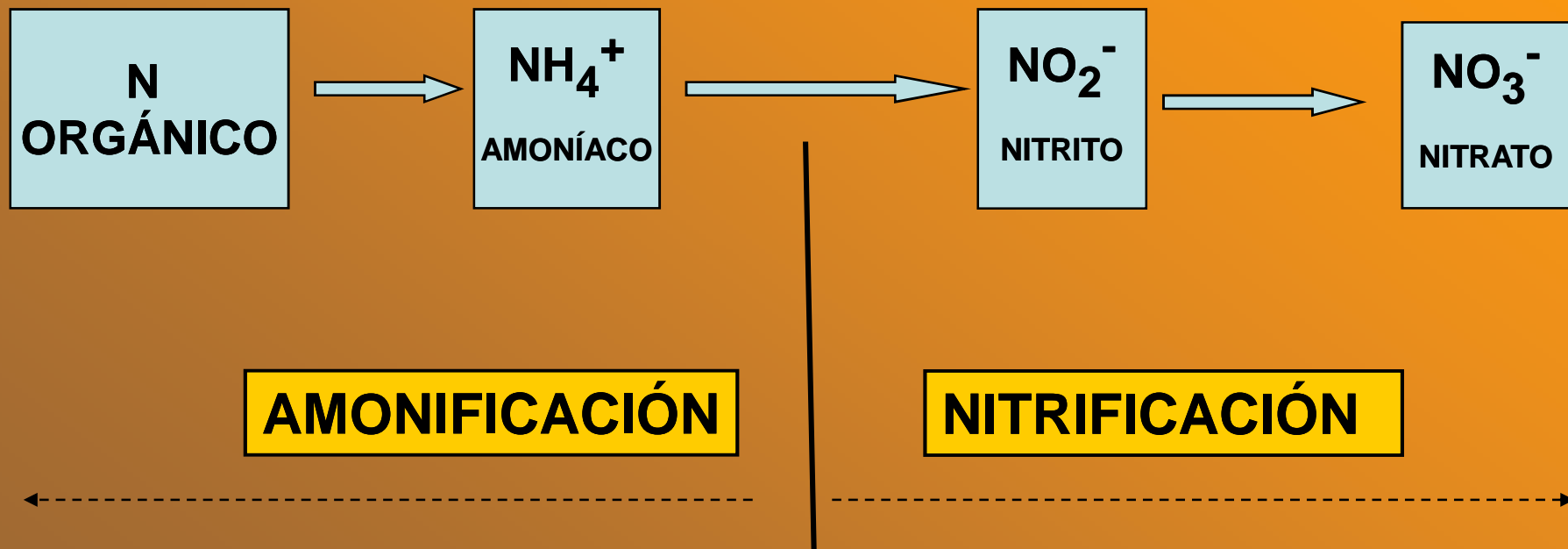
# MINERALIZACIÓN DE LA M.O.



**MINERALIZACIÓN**: proceso por el cual el N pasa de formas orgánicas a inorgánicas.

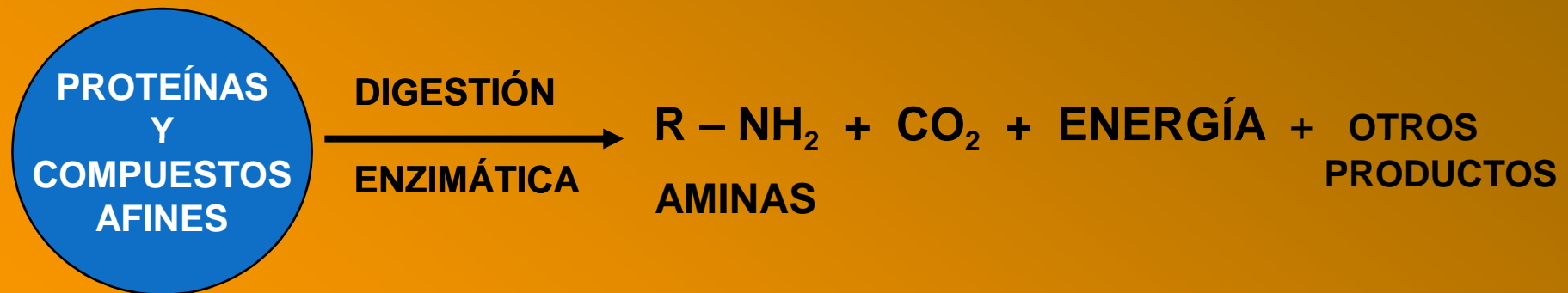
**INMOVILIZACIÓN**: transformación de N mineral a formas orgánicas.

# MINERALIZACIÓN DE LA M.O.



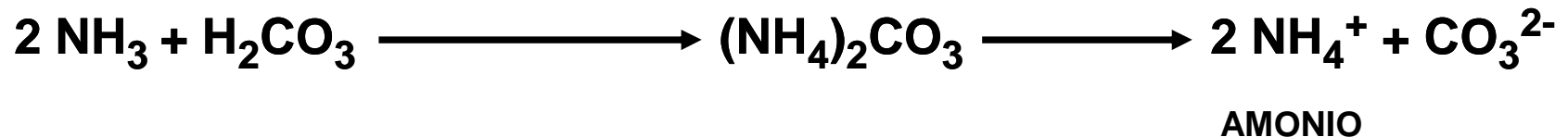
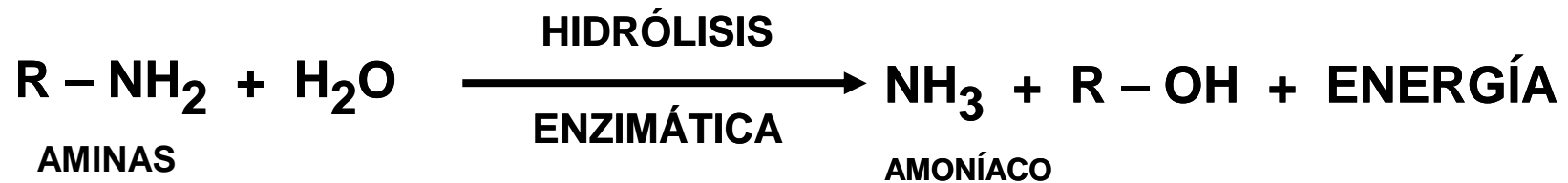
Las dos etapas del proceso están intervenidas por microorganismos

# AMINACIÓN



**El N contenido en la M.O. se encuentra en forma de sustancias complejas y proteínas que deben ser desagregadas y simplificadas. Microorganismos heterotróficos mediante digestión enzimática proteolítica rompen estructuras liberando N.**

# AMONIFICACIÓN

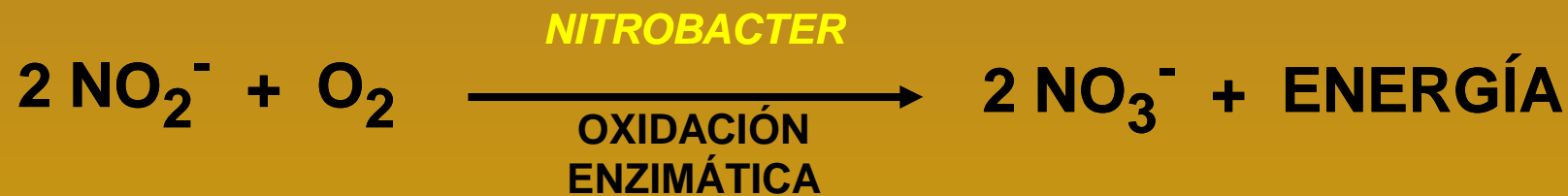
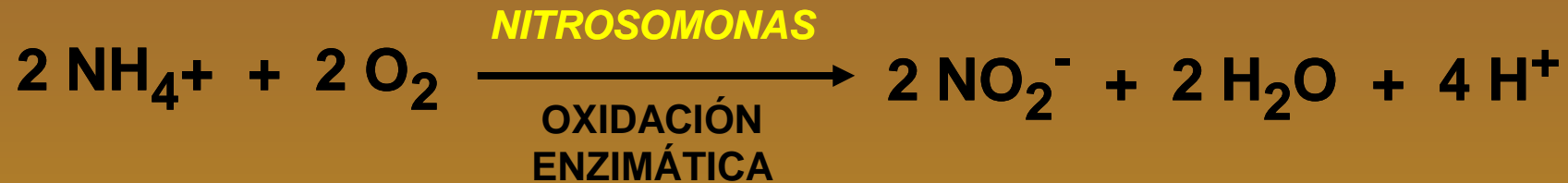


Las Aminas y Aminoácidos liberados en la Aminación son atacados y descompuestos por microorganismos heterotróficos (*hongos, bacterias y actinomicetes*)

**El  $\text{NH}_4^+$  formado en el suelo está sujeto a tomar diferentes destinos:**

- **Convertido por Oxidación a  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  a través de la Nitrificación.**
- **Ser absorbido por las plantas.**
- **Ser utilizado (*inmovilizado*) por organismos heterotróficos en la fase de descomposición de otros residuos orgánicos.**
- **Ser adsorbido (igual al K) en la superficie de las arcillas (1:1 y 2:1) o fijado por algunos tipos de arcilla (2:1) como complejos organominerales.**
- **Incorporarse en la fracción del humus.**
- **Perderse por lixiviación (lavado).**

# NITRIFICACIÓN



Etapa donde se forman  $\text{NO}_3^-$  a partir de sustancias que contienen N reducido. El  $\text{NH}_4^+$  mineralizado y de fertilizantes se transforma en Nitrato.

## El $\text{NO}_3^-$ formado puede :

- Ser absorbido por las plantas
- Utilizado por los microorganismos
- Perdido por lixiviación al ser muy soluble y móvil en el suelo
- Ser reducido a compuestos volátiles a través de la Denitrificación

En condiciones normales el paso de  $\text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$  es muy rápido lo que impide el acúmulo de Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )

## **El retardar o eliminar la Nitrificación genera efectos como los siguientes:**

- Se produce una mayor cantidad de  $\text{NH}_4^+$  disponible para las plantas.
- Hay ahorro energético para la planta al no tener que reducir internamente el  $\text{NO}_3^-$  absorbido del suelo, con el objeto de incorporarlo en sus componentes nitrogenados (*Aminas*).
- El  $\text{NO}_3^-$  es poco retenido por el suelo y por tanto sujeto a lixiviación y disminución de sus contenidos, conduciendo a deficiencias aunque éste se aplique.
- La Denitrificación se produce a partir del  $\text{NO}_3^-$  aumentando la pérdida de N.
- La Nitrificación genera acidez en grados importantes en el suelo, que autoinhibe a su vez la Mineralización.
- Incrementa los contenidos de nitratos en el agua favoreciendo los procesos de EUTROFICACIÓN (*agotamiento del oxígeno disponible en el agua por sobrepoblación microbial*).
- Se asocian los nitritos con la formación de Nitrosaminas de aparente efecto mutagénico y cancerígeno al reaccionar con las aminas.
- Hay ahorro en la cantidad y el número de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, lo que genera a su vez beneficios económicos.

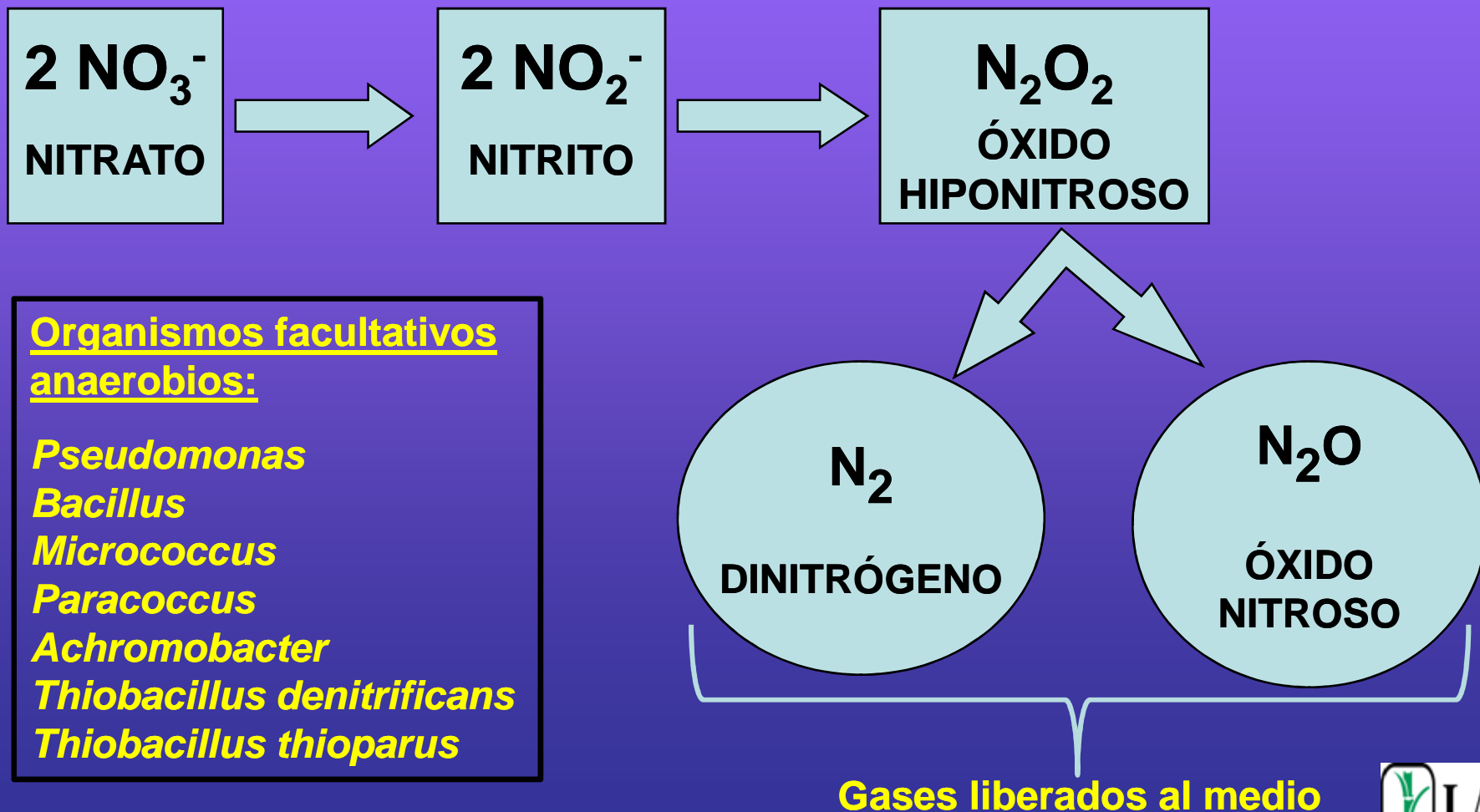
# PÉRDIDAS DE N EN EL SUELO

- LIXIVIACIÓN
- FIJACIÓN
- DENITRIFICACIÓN
- INMOVILIZACIÓN
- VOLATILIZACIÓN
- EROSIÓN
- REMOCIÓN
- QUEMA

# DENITRIFICACIÓN

Este tipo de pérdida se da por reacciones biológicas bajo condiciones anaeróbicas en el medio: *inundación y exclusión de  $O_2$* .

Microorganismos toman  $O_2$  de  $NO_3^-$  y  $NO_2^-$  y liberan N (*pérdida*).



## Organismos facultativos anaerobios:

*Pseudomonas*  
*Bacillus*  
*Micrococcus*  
*Paracoccus*  
*Achromobacter*  
*Thiobacillus denitrificans*  
*Thiobacillus thioparus*

Gases liberados al medio

# INMOBILIZACIÓN

- ❑ Proceso inverso a la Mineralización, por medio del cual los microorganismos del suelo absorben N inorgánico del medio y lo incorporan en su estructura vital, volviéndolo no disponible temporalmente para las plantas.
- ❑ Microorganismos involucrados Inmobilizan tanto las formas amoniacaes como las nítricas, aunque hay preferencia por las amoniacaes.
- ❑ Mineralización e Inmobilización se dan en forma simultánea, aunque cada suelo y su riqueza en N disponible establecen predominancia de un proceso sobre otro.
- ❑ Altos contenidos de fuentes carbónicas (C) de fácil disponibilidad favorecen una mayor Inmobilización.
- ❑ Relaciones C/N > 30:1 en residuos orgánicos aplicados al suelo, inducen Inmobilización del N, por lo cual se recomienda adicionar fuentes amoniacaes en caso de residuos desbalanceados para reducir la Inmobilización y promover Mineralización.
- ❑ Cualquier favorecimiento de la actividad microbial del suelo (por ejemplo encalado), puede inducir Inmobilización del N.
- ❑ Cuando microorganismos mueren, el N Inmobilizado e incorporado en sus estructuras es sujeto al proceso de la Mineralización y liberación al medio.

# VOLATILIZACIÓN



**En condiciones alcalinas el Nitrógeno se pierde por gasificación.**

**El  $\text{NO}_3^-$  ha mostrado también pérdidas gaseosas en suelos de alta acidez intercambiable como ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ).**

**Pérdidas con empleo superficial de fertilizantes amoniacales o urea (reacción básica) en suelos alcalinos o neutros con baja CIC y alta evaporación.**

# REMOCIÓN NUTRIMENTOS POR COSECHAS



**ALTA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA**

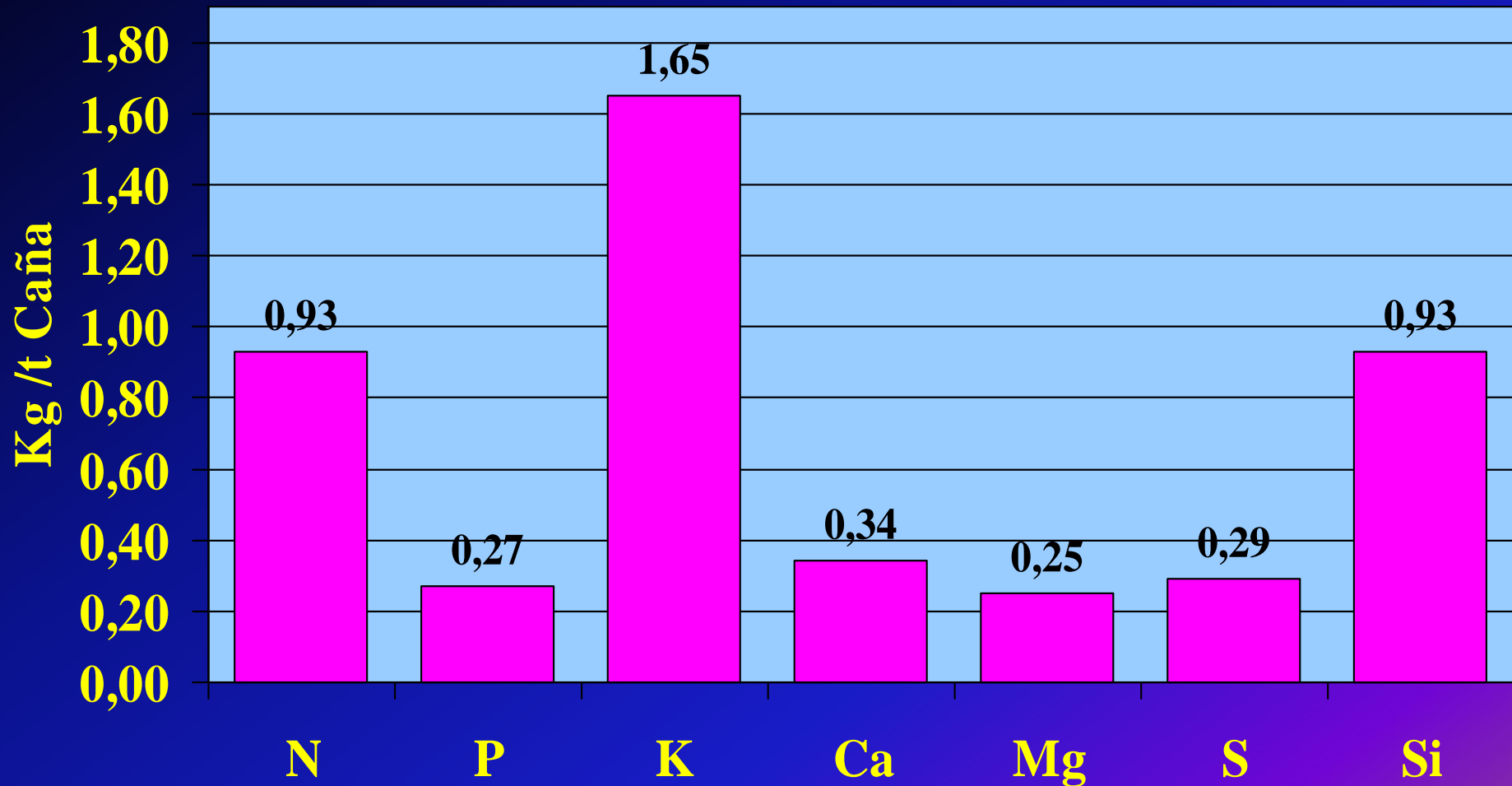
**ALTA EXTRACCIÓN NUTRIMENTOS DEL  
SUELO**

# RANGO Y PROMEDIO MUNDIAL DE EXTRACCIÓN DE **MACRONUTRIMENTOS** POR LA CAÑA DE AZÚCAR.

NUTRIMENTO	N° REPORTES	RANGO	AMPLITUD	PROMEDIO
<b>N *</b>	<b>54</b>	<b>0,44 – 2,24</b>	<b>1,80</b>	<b>0,93 -</b>
<b>P</b>	<b>53</b>	<b>0,06 – 0,70</b>	<b>0,64</b>	<b>0,27 (0,62)</b>
<b>K</b>	<b>54</b>	<b>0,27 – 4,10</b>	<b>3,83</b>	<b>1,65 (1,98)</b>
<b>Ca</b>	<b>26</b>	<b>0,12 – 1,10</b>	<b>0,98</b>	<b>0,34 (0,48)</b>
<b>Mg</b>	<b>28</b>	<b>0,10 – 0,50</b>	<b>0,40</b>	<b>0,25 (0,41)</b>
<b>S</b>	<b>19</b>	<b>0,12 – 0,58</b>	<b>0,46</b>	<b>0,29 (0,87)</b>
<b>Si</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,93 (1,99)</b>

\* En kg/TM de caña. Sólo incluye tallos, no sección foliar y raíces.

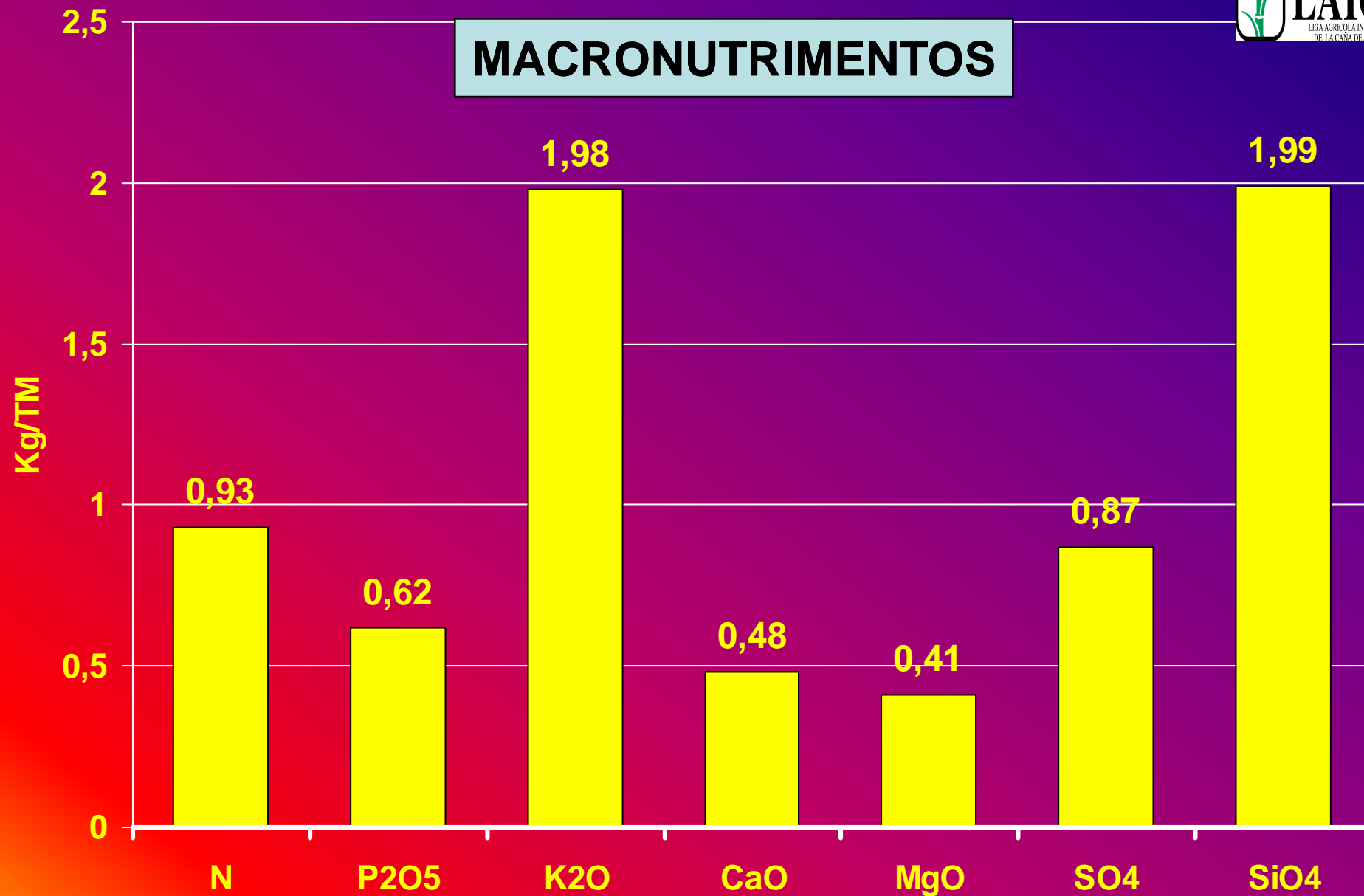
# Extracción Macronutrientes por la Caña de Azúcar



# EXTRACCIÓN DE NUTRIMENTOS CAÑA DE AZÚCAR. - PROMEDIO MUNDIAL -



## MACRONUTRIMENTOS



**RANGO Y PROMEDIO MUNDIAL DE EXTRACCIÓN DE**  
**MICRONUTRIMENTOS** POR LA CAÑA DE AZÚCAR.

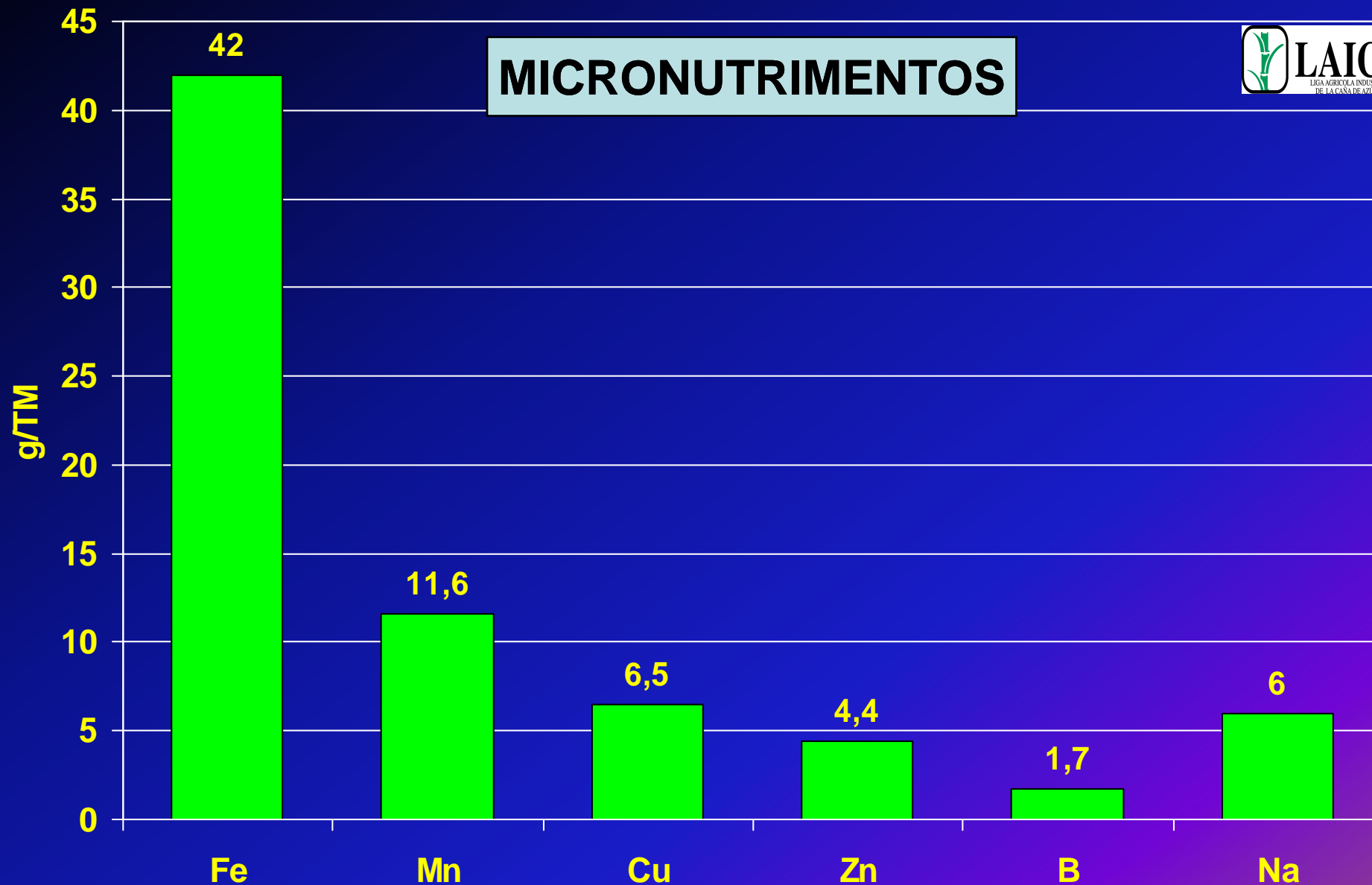
NUTRIMENTO	N° REPORTE	RANGO	AMPLITUD	PROMEDIO
<b>Fe *</b>	<b>13</b>	<b>2 - 155</b>	<b>153</b>	<b>42</b>
<b>Mn</b>	<b>19</b>	<b>1 - 37</b>	<b>36</b>	<b>11,6</b>
<b>Zn</b>	<b>19</b>	<b>2,3 - 9</b>	<b>6,70</b>	<b>4,39</b>
<b>B</b>	<b>19</b>	<b>0,04 – 2,52</b>	<b>2,48</b>	<b>1,69</b>
<b>Cu</b>	<b>22</b>	<b>0,05 – 27,12</b>	<b>27,07</b>	<b>6,52</b>
<b>Mo</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,02</b>
<b>Al</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,30</b>
<b>Na</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6</b>

\* En g/TM de caña. Sólo incluye tallos, no sección foliar y raíces.

# EXTRACCIÓN DE NUTRIMENTOS CAÑA DE AZÚCAR - PROMEDIO MUNDIAL -



## MICRONUTRIMENTOS



# MODELOS DE EXTRACCIÓN NUTRICIONAL PREFERENCIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

$K > N = Si > Ca > S > P > Mg$

$Fe > Mn > Cu > Na > Zn > B > Al > Mo$

Los Modelos determinan las tendencias  
de absorción y uso

# Modelo Extracción Nutricional

## Alternativos

K > N > Ca > P > Mg > S

K > N > Ca > Mg ≥ P

K > N > Mg > Ca > P

K > N > S > Ca > Mg > P

K > N > S > Mg > P > Ca

Fe > Mn > Zn > B > Cu


Fe > Mn > Zn > Cu > B

# EXTRACCIÓN ESTIMADA (TEÓRICA)

NUTRIMENTO *	PROMEDIO kg / t	Kg / ha **	
		1 Cosecha	5 Cosechas
N	0,97	77,6	388
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,64	51,2	256
K <sub>2</sub> O	2,05	164,0	820
Ca O	0,52	41,6	208
Mg O	0,51	40,8	204
SO <sub>4</sub>	0,87	69,6	348
Si O <sub>4</sub>	1,99	159,2	796

\* Transformado de forma elemental a absorbible.

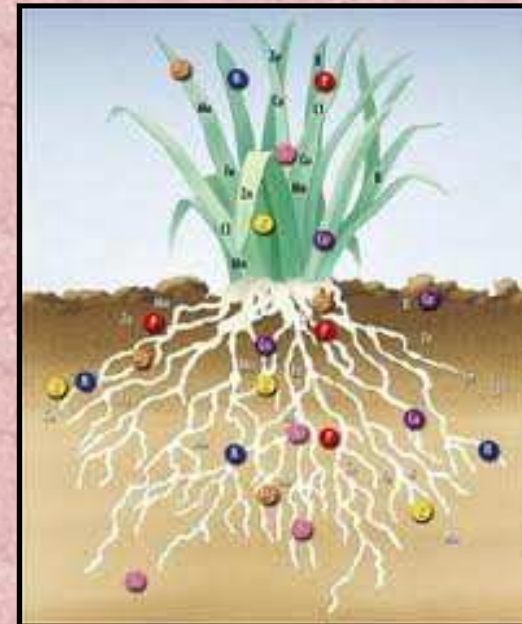
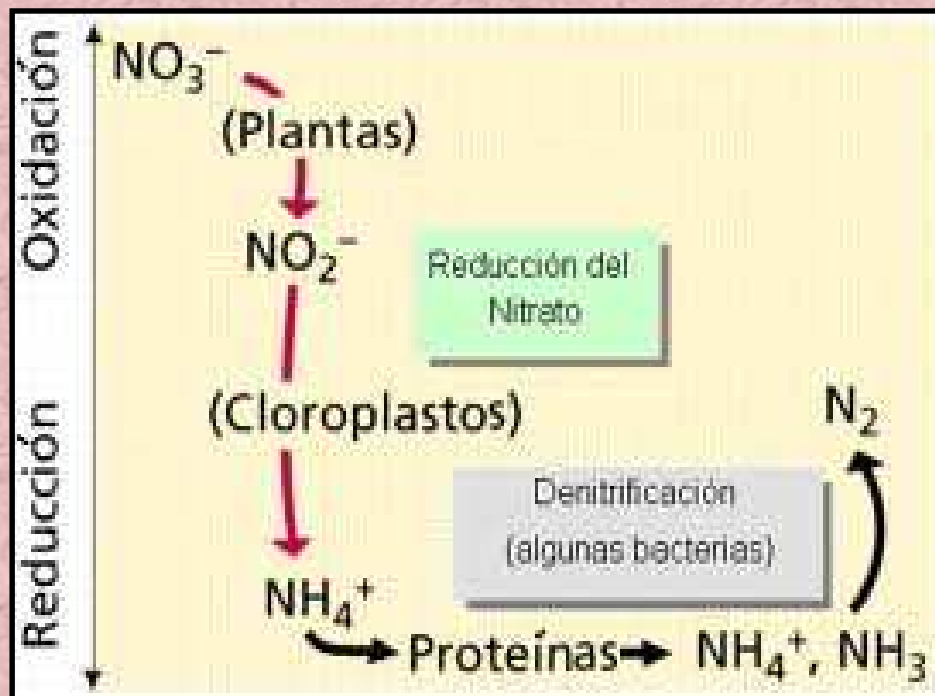
\*\* Se estima una productividad promedio de 80 toneladas de caña/ha.



# La Quema Induce Pérdidas Importantes de Nitrógeno y Azufre

En plantaciones Quemadas la adición del N debe reforzarse

# FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO



Esta demostrada la Fijación Biológica de N en la caña de azúcar

# GÉNEROS DE BACTERIAS IDENTIFICADAS CON LA FIJACIÓN DE N<sub>2</sub>

- *Azotobacter*
- *Spirillum*
- *Azospirillum*
- *Saccharobacter nitrocaptans*
- *Bacillus*
- *Enterobacter*
- *Caulobacter*
- *Vibrio*
- *Derxia*
- *Beijerinckia*
- *Acetobacter diazotrophicus*



Gracioli (1982) y Urquiaga et al (1989)

## PARTICULARIDADES DE *Acetobacter diazotrophicus* EN LA CAÑA

- Crece en condiciones muy ácidas (pH 2,5) sin afectar actividad de fijación.
- Fija  $N_2$  en presencia de  $NO_3^-$ , siendo sensible al  $NH_4^+$
- Se localiza en toda la planta, aún en los residuos vegetales que permanecen en el campo.
- No se encuentra en terrenos libres de residuos, aún en campos que fueron cultivados de caña.
- Presuntamente se propaga por material vegetativo (semilla).
- Tiene dificultades para infectar plantas. Penetra por daños mecánicos, hongos de Micorrizas.
- Aparentemente no infecta malezas, excepto algunas evidencias en *Pennisetum purpureum* (pasto elefante)

Bodey et al (1995)

# EL NITRÓGENO EN LA PLANTA



## **PRINCIPALES FUNCIONES DEL N EN LA CAÑA DE AZÚCAR**

- **Es determinante en el metabolismo general de los compuestos orgánicos de la planta.**
- **Forma parte de numerosos compuestos como aminoácidos y proteínas, aminos, amidas, amino azúcares, nucleótidos, purinas y pirimidinas, alcaloides, coenzimas, vitaminas y pigmentos.**
- **Es un componente importante de la molécula de clorofila.**
- **Forma parte de la estructura molecular de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y también de los citocromos.**
- **Al formar parte de gran cantidad y calidad de compuestos, está implicado directamente en muchos de los procesos de crecimiento y desarrollo de la planta.**
- **Mantiene una relación sinérgica especial con el Potasio, favoreciendo o limitando su accionar dependiendo de la condición de equilibrio en que se encuentre.**
- **Aumenta la longitud y el grosor de los tallos por lo que determina los rendimientos agrícolas en forma importante.**
- **Aplicado tardíamente o en altas cantidades puede afectar negativamente la calidad de los jugos, reduciendo su pureza e incrementando el contenido de azúcares reductores (glucosa y fructuosa), lo que consecuentemente disminuye la concentración de sacarosa en los jugos.**

## **CONTENIDO DE N EN LA PLANTA DEPENDE DE:**

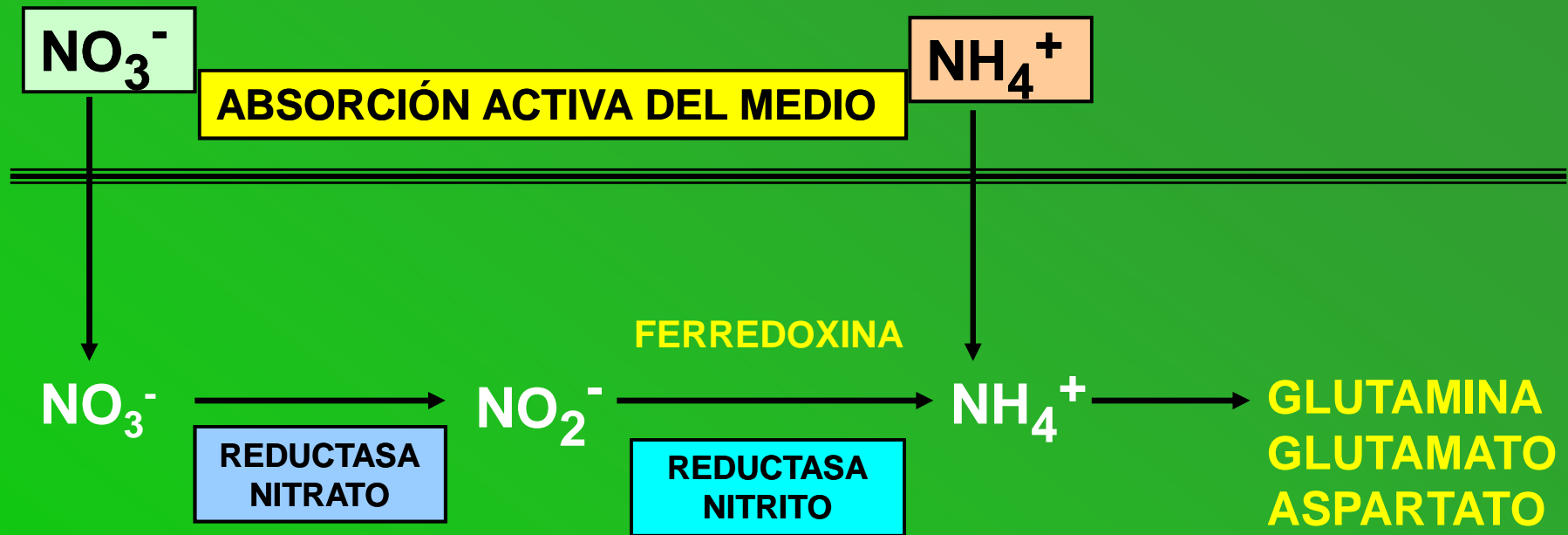
- **Variedad cultivada.**
- **Sección de la planta muestreada.**
- **Edad del tejido analizado.**
- **Orden de suelo empleado como substrato.**
- **Manejo (anterior y actual) aplicado a la plantación, principalmente con respecto a lo referente a nutrición, encalado y quema.**
- **Condiciones climatológicas prevalecientes en el lugar (*agua, temperatura, luz, radiación solar, etc.*).**
- **Condición sanitaria del tejido.**
- **Presencia de agroquímicos.**
- **Contenido de humedad en el suelo y en el tejido.**

# ABSORCIÓN, TRANSLOCACIÓN Y METABOLISMO DEL NITRÓGENO

La movilización del N en el suelo  
se da principalmente por medio del  
mecanismo de **FLUJO DE MASAS**

# ASIMILACIÓN E INCORPORACIÓN DEL N EN LA PLANTA

## - Reducción de Nitratos -



La caña de azúcar retira el N del suelo como iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en tanto las condiciones del medio lo favorezcan y el nutrimento esté presente.

Los procesos de absorción, distribución, reducción e incorporación del N en formas orgánicas está influenciada y determinada en un alto grado por factores genéticos.

**MATERIA  
ORGÁNICA**

+ O<sub>2</sub>

**Oxidación  
Biológica** →

**CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + ENERGÍA + HUMUS  
(CALOR)**

## **COMPOSTAJE DE LA MATERIA ORGÁNICA**

**Una forma racional de aprovechar recursos,  
producir abono y generar Valor Agregado**



**FERTILIZANTES  
NITROGENADOS**

## FUENTES NITROGENADAS DE USO COMERCIAL

FUENTE	FORMA QUIMICA	CONTENIDO (%)					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mg O	Ca O	S	B
UREA	NH <sub>4</sub> - 46%	46					
UREA-AZUFRE	NH <sub>4</sub> - 40%	40				10 30 (SO <sub>4</sub> )	
NITRATO AMONIO	NO <sub>3</sub> - 16,75% NH <sub>4</sub> - 16,75%	33,5					
NUTRASUL	NH <sub>4</sub> - 17,2% NO <sub>3</sub> - 9,8%	27				8,3 25 (SO <sub>4</sub> )	
MAGNESAMÓN	NH <sub>4</sub> - 11% NO <sub>3</sub> - 11%	22		7 4,3 (Mg)	11 7,8 (Ca)		
SULFATO AMONIO	NH <sub>4</sub> - 21%	21				23,7 72 (SO <sub>4</sub> )	
NITRABORO	NH <sub>4</sub> - 10% NO <sub>3</sub> - 10%	20		8 4,8 (Mg)	11 7,8 (Ca)		0,33 1,06 (B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
FOSFATO DIAMÓNICO (DAP)	NH <sub>4</sub> - 18%	18	46				
NITRATO CALCIO	NO <sub>3</sub> - 14,4% NH <sub>4</sub> - 1,1%	15,5			26,5 19 (Ca)		
FOSFATO MONOAMÓNICO (MAP)	NH <sub>4</sub> - 10%	10	50				

**Fuente:** CHAVES SOLERA (1999)

# ¿ NITRATO O AMONIO?

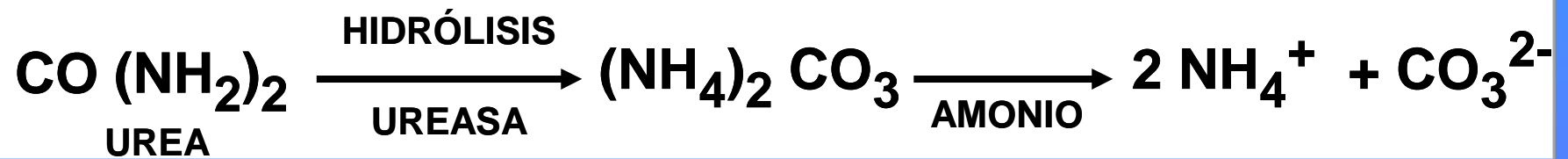


## *¿Qué prefiere la caña de azúcar?*

**Está demostrado que el  $\text{NO}_3^-$  es la forma nitrogenada que más absorbe la caña de azúcar, aún cuando la fertilización se realiza en forma amoniacal; lo cual es debido a las oxidaciones biológicas que ocurren en el suelo promovidas por la actividad microbial**

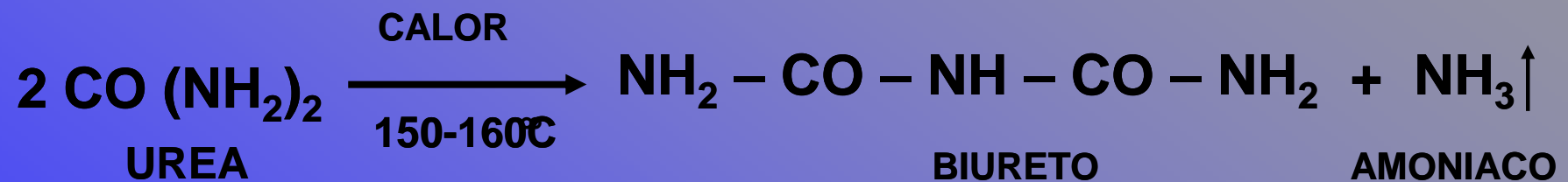
- ❖ **En suelos con buena aireación, el  $\text{NO}_3^-$  es la forma de N predominante en la solución y por tanto más intensamente absorbida por las plantas.**
- ❖ **Una vez que el nitrato es absorbido por las raíces puede tomar varias rutas: 1) ser reducido en esa sección de la planta por la enzima REDUCTASA del NITRATO (NR), 2) almacenado en los vacúolos o, 3) ser transportado a la sección aérea, donde podrá ser almacenado o asimilado en formas orgánicas.**
- ❖ **La absorción del  $\text{NO}_3^-$  es muy rápida y sigue los mismos patrones y modelos para la absorción de iones, requiriendo para ello de energía. En la caña de azúcar la concentración de N en la planta disminuye con la edad.**
- ❖ **El nitrato debe ser reducido antes de ser asimilado, en tanto que el amonio, una vez absorbido, puede ser inmediatamente utilizado en la síntesis de aminoácidos y otros componentes orgánicos.**
- ❖ **El amonio aplicado en forma directa, o aquel proveniente del nitrito, nitrato o la Urea es incorporado en aminoácidos a través de una serie de reacciones enzimáticas.**

## HIDRÓLISIS DE LA UREA EN EL SUELO



La Urea es hidrolizada por la ureasa, enzima de muy amplia distribución, en una molécula de  $\text{CO}_2$  y dos de  $\text{NH}_4^+$ . El producto final del proceso de transformación de la Urea es N de la forma amoniacal. La Urea puede ser también absorbida en forma directa aunque a una velocidad muy inferior respecto al  $\text{NO}_3^-$  y al  $\text{NH}_4^+$ .

# PRODUCCIÓN DE BIURET O BIURETO



Durante la fabricación comercial de la Urea es posible que se produzca Biuret o Biureto, sólido residual cristalino e insoluble conocido como alofanamida. El residuo se forma por calentamiento de la Urea a temperaturas de 150 - 160° C en ciertas fases de la fabricación. Se controla su producción reduciendo la temperatura y el tiempo de resistencia del proceso. Induce efectos tóxicos lo que determina la calidad de la Urea de uso foliar.

**ÁMBITO DE RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (kg /ha) A LA  
APLICACIÓN DE NITRÓGENO AL SUELO, SEGÚN REGIÓN DE  
CULTIVO EN COSTA RICA.**

REGIÓN	CANTIDAD (kg N / ha)	
	PLANTA	RETOÑO
GUANACASTE Y PUNTARENAS <sup>1/</sup>	80-150	100-150
VALLE CENTRAL	120-180	130-180
TURRIALBA - JUAN VIÑAS	120-180	130-180
ZONA NORTE	110-150	120-150
ZONA SUR	120-150	120-150
REGIONES ALTAS (> 1.000 msnm)	140-200	140-200
AMPLITUD	80-200	100-200

1/ En suelos del orden Molisol y algunos Vertisoles es recomendable la aplicación de 100-a 150 kg/ha.

Fuente: CHAVES SOLERA (1999)



## **EFFECTO DEL N SOBRE LA CALIDAD - Positivo y Negativo -**

- **Interviene las fases del Ciclo Vegetativo del cultivo.**
- **Incrementa el tonelaje de caña de la planta (TM/ha).**
- **Aplicaciones tardías pueden afectar negativamente la maduración de la caña y con ello la concentración de sacarosa en los tallos (kg/t de caña procesada).**
- **Aplicaciones tardías pueden deterioran la Pureza de los jugos.**
- **Favorece la presencia de Azúcares Reductores (Glucosa + Fructuosa).**
- **Puede inducir concentración de Nitratos y contaminación acuífera.**
- **Puede favorecer presencia de plagas y enfermedades por mayor succulencia.**
- **Puede provocar volcamiento de la planta.**

# RECOMENDACIONES

- 1) **El N es un nutrimento esencial de especial relevancia en la nutrición de la caña de azúcar.**
- 2) **La función y funcionabilidad del N en el suelo y la planta es complejo y muy particular virtud de su amplia participación microbiológica, físico química y metabólica.**
- 3) **Por la naturaleza y magnitud de sus efectos debe ser utilizado con prudencia, racionalidad y bajo principios técnicos muy estrictos.**
- 4) **Mal empleado (fuente, dosis y época) puede afectar significativamente**
- 5) **la calidad agroindustrial del cultivo, en particular los jugos. También puede provocar contaminación.**
- 6) **El nutrimento en el suelo y la planta opera bajo principios de sinergismos y antagonismos, razón por la cual se debe conocer bien su funcionabilidad en las diferentes fases del ciclo vegetativo.**

# ***MUCHAS GRACIAS***

**Ing. Agr. MARCO A. CHAVES SOLERA, M.Sc.**

**GERENTE**

***DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA  
CAÑA DE AZÚCAR (DIECA)***

***LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA  
DE AZÚCAR (LAICA)***

***SAN JOSÉ, COSTA RICA***

***Tel: (506) 2284-6066***

***Fax: (506) 2223-0839***

***E-mail: [mchavezs@laica.co.cr](mailto:mchavezs@laica.co.cr)***

