



Fertilizantes:

Características y Manejo

Ing. Marco Chaves Solera, Msc
Director DIECA

EARTH
Guácimo, Limón
Junio 2005

Presentado en:

***Curso Electivo Sobre
Producción
de Caña de Azúcar***

**Organizado por la Escuela Agrícola de la
Región Tropical Húmeda (EARTH), e impartido
por el Dr. José Amador durante el Segundo
Trimestre del año 2005.**

EARTH, Guácimo, Limón

Abril-Junio 2005



OBJETIVO

Comentar principios y generalidades en torno a los Suelos, la Nutrición, el Encalado y la Fertilización, enfatizando en lo relativo al cultivo de la caña de azúcar. Se analiza con fundamento en la experiencia costarricense



INCREMENTO EN PRECIO DE FERTILIZANTES COMERCIALES (Set. 04)

FÓRMULA	2002	2003	2004	AUMENTO 03-04
10-30-10	¢4.585	¢4.510	¢6.065	34,5%
NUTRAN	¢2.830	¢3.267	¢5.465	67,3%

El incremento en el precio es significativo lo que impacta la competitividad y reduce la rentabilidad. Se debe tener prudencia y conocimiento técnico para determinar la fertilización del cultivo.

Producción, Productividad, Rentabilidad y Competitividad

Principios Fundamentales de la Competitividad

- ❖ Maximizar Producción de Caña (TM/ha)
- ❖ Maximizar Concentración de Sacarosa (Kg/TM)
- ❖ Reducir y Minimizar Costos de Producción
- ❖ Optimizar Beneficios y Rentabilidad Económica
- ❖ Maximizar Calidad de la Materia Prima
- ❖ Maximizar Calidad del Producto Final y

Derivados





Naturaleza y Características de un Suelo Agrícola

**Los Suelos Difieren y esas
Variaciones deben ser
Conocidas y Consideradas**

Órdenes Taxonómicos y Tipos de Suelos Agrícolas

- ¿Qué los Caracteriza?
- ¿En Qué se Diferencian?
- ¿Cómo Influye eso en su Manejo?

Fertilidad del Suelo

- **Natural**

- **Potencial**

- **Actual**

Suelo Proporciona:

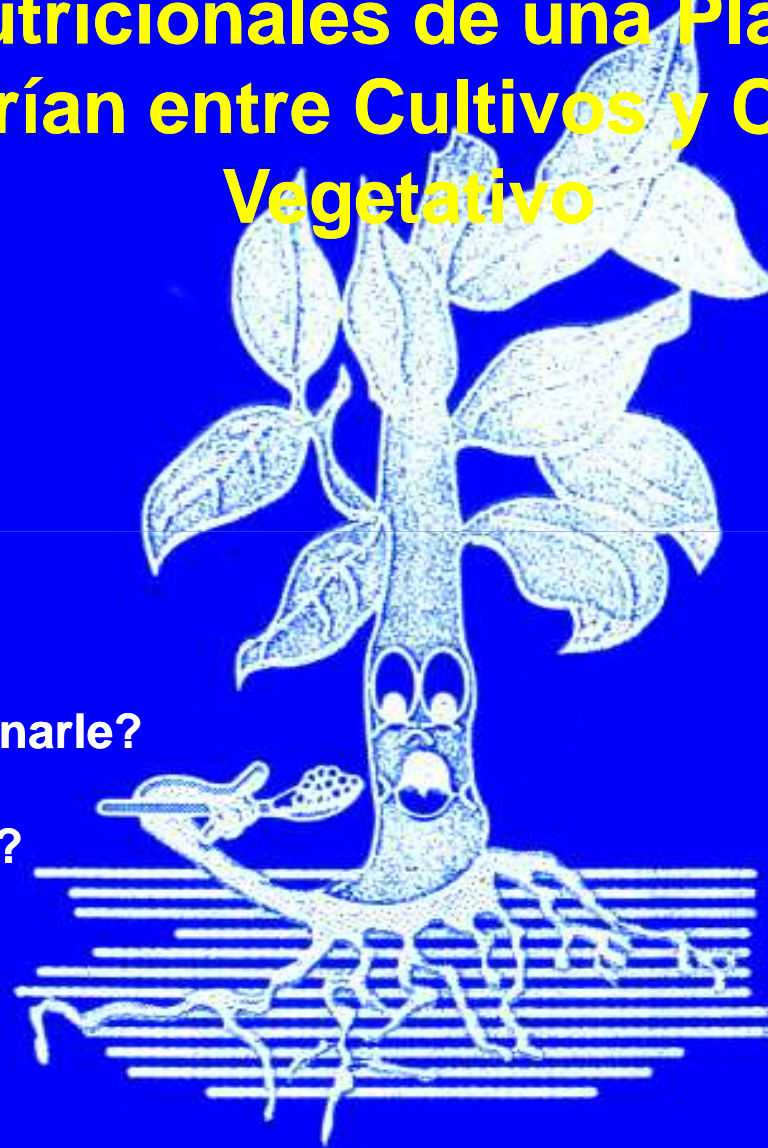
- **Soporte Mecánico (Anclaje)**
- **Aire / Respiración de Raíces**
- **Agua**
- **Nutrientes**
- **Espacio Físico/Crecimiento de Raíces**
- **Medio/Interacción con Organismos**

Las Necesidades Nutricionales de una Planta Varían entre Cultivos y Ciclo Vegetativo

¿Cuánto Requiere?

¿Qué Debemos Adicionarle?

¿Cómo se lo Adiciono?



NUTRIMENTOS ESENCIALES

C
H
O

6 MACRO

8 MICRO

3 PRIMARIOS

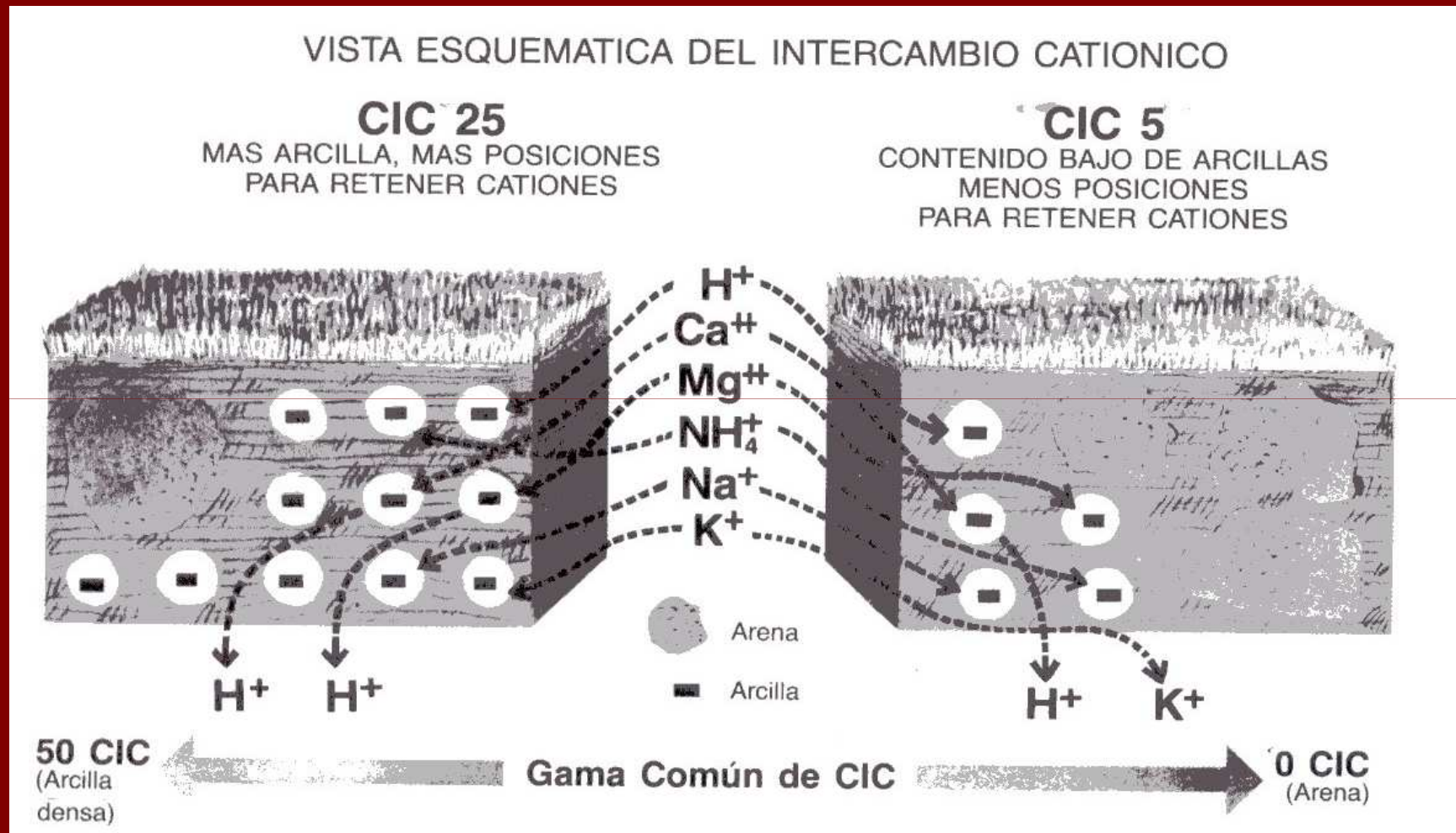
3 SECUNDARIOS

N
P
K

Ca
Mg
S

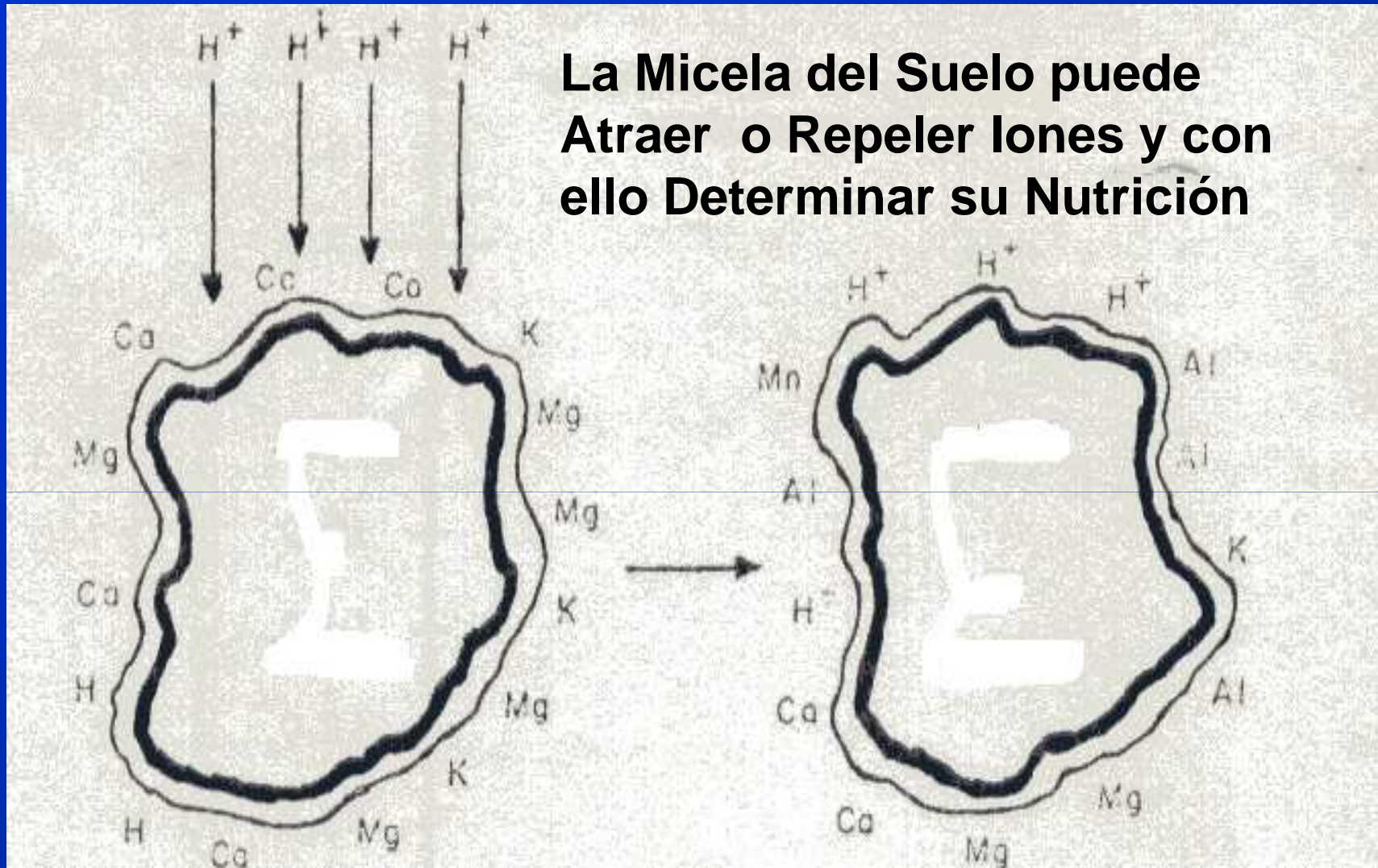
Fe
Zn
B
Cu
Mn
Mo
Si
Cl

Los Suelos Poseen Carga Eléctrica (-) y con ello Capacidad de Atraerse o Repelerse



¿Cómo Afecta o Interviene esto la
Nutrición y la Fertilización del Cultivo?

**La Micela del Suelo puede
Atraer o Repeler Iones y con
ello Determinar su Nutrición**



**La Capacidad de Retención va de Nutrimientos en el Suelo
Directamente Ligada con la Fertilización del Cultivo**

Sistema Suelo - Planta

Fase Sólida



Solución



Raíz



Sección Aérea

La Nutrición y la Fertilización deben ser Vistas como Parte de un Sistema Integrado y Nunca Individualmente

Movimiento de los Nutrimentos

Suelo {

- Perderse
- Retenerse
- Absorbido

• Fijado

• Adsorbido

Planta {

- Transportado
- Acumulado
- Metabolizado

Nutrición

vs

Fertilización

Conceptos Vinculados pero Diferentes

¿Se Puede Fertilizar pero No Nutrir una Planta!

Nutrición:

- **Mineral**
- **Orgánica**

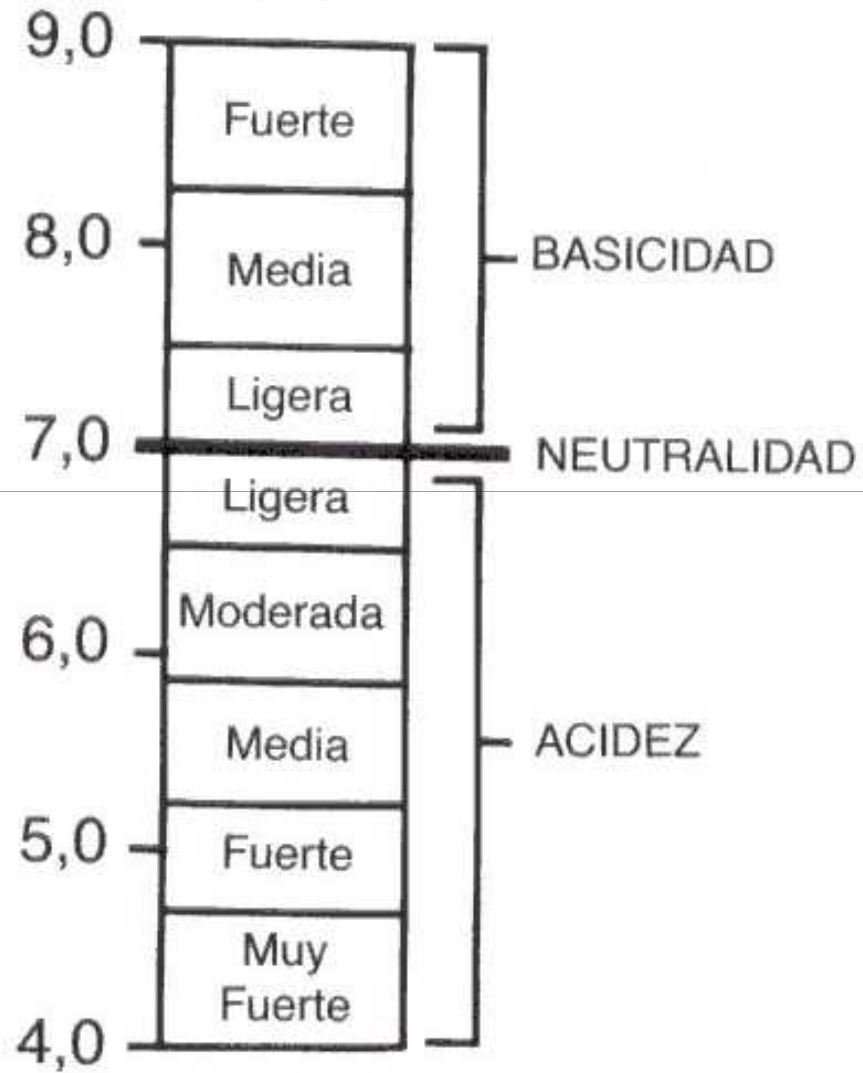
Disponibilidad de Nutrimentos Debe Ser:

- ✓ Disueltos en Agua (*Solubles*)
- ✓ En Cantidades Apropriadas y Equilibradas
- ✓ En el Momento y la Forma Apropriadas
- ✓ En la Forma Química Accesible

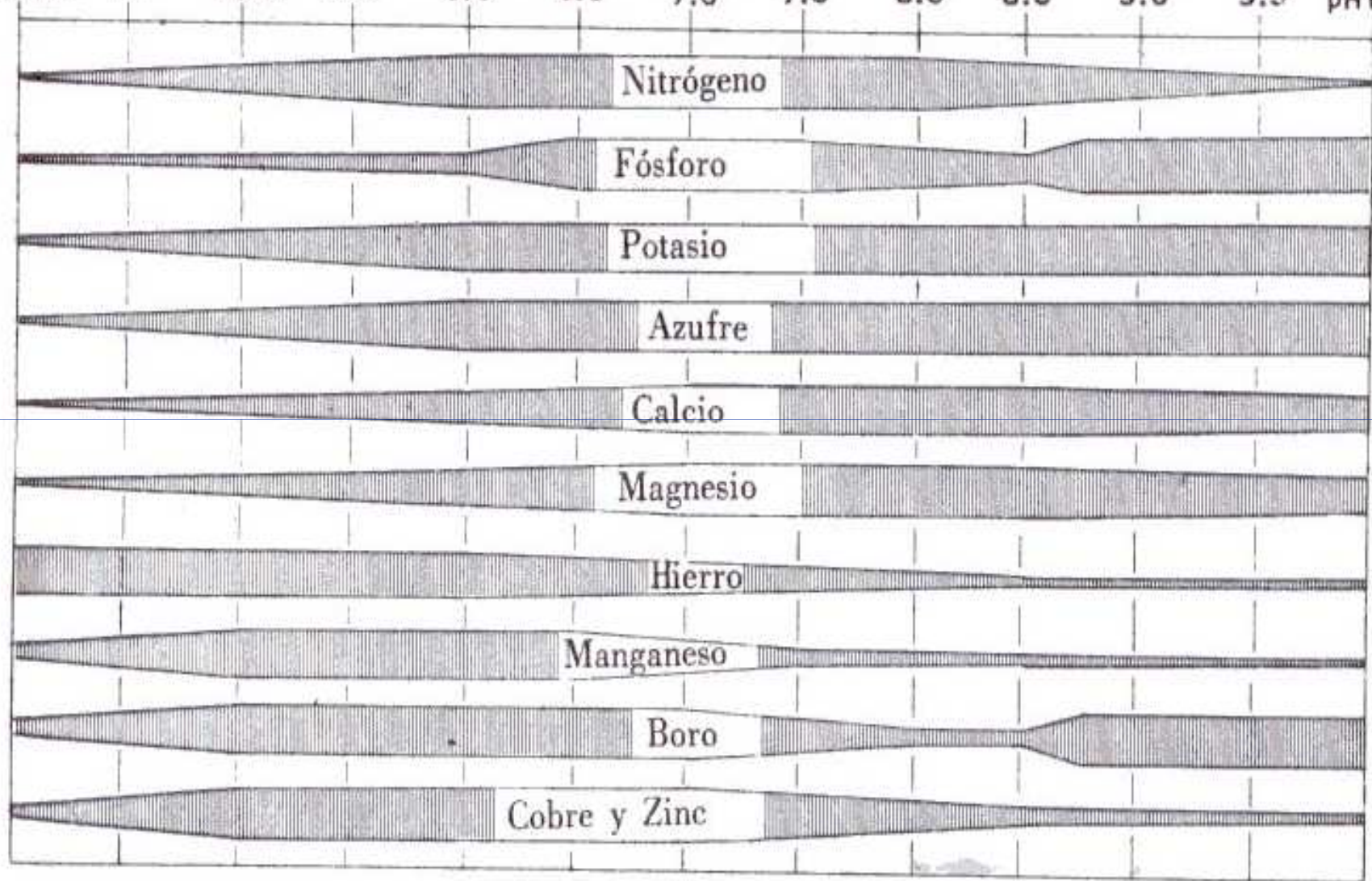
Absorción y Composición Mineral en la Planta Depende de:

- **pH del Medio**
- **Actividad Microbiológica**
- **Variedad Sembrada**
- **Manejo de Plantación (Fertilización, etc.)**
- **Intensidad Productiva**

VALORES DE pH



4.0pH 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 pH10



Forma de Absorción y Expresión Química de los Nutrimentos en el Fertilizante

Elemento	Forma de absorción	Expresión química en el fertilizante
Nitrógeno	$\text{NH}^{+4}, \text{NO}^{-3}$	N
Fósforo	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}, \text{HPO}_4^{-2}$	P_2O_5
Potasio	K^{+}	K_2O
Calcio	Ca^{+2}	CaO
Magnesio	Mg^{+2}	MgO
Azufre	SO_4^{-}	S
Hierro	Fe^{+2}	Fe
Cobre	Cu^{+2}	Cu
Zinc	Zn^{+2}	Zn
Manganeso	Mn^{+2}	Mn
Boro	$\text{B}_4\text{O}_7^{-2}, \text{H}_2\text{BO}_3^{-}$	B
Cloro	Cl^{-}	Cl
Molibdeno	MoO_4^{-2}	Mo



FERTILIZANTES:

**Instrumento para Nutrir
las Plantas**

Fertilizante =

**Sales Solubles
de Elementos
Nutritivos**

No Todos los Fertilizantes son Sales

Explotación (Minerales) de Minas

- **Extracción Materia Prima (*Roca*) de Minas**
- **Extracción de Minerales de la Roca**
- **Modificación Propiedades Físicas y Transformación Química Para Fabricar Fertilizantes Comerciales**

GRADO SOLUBILIDAD FUENTES FERTILIZANTES EN AGUA (20 °C)

FÓRMULA	SOLUBILIDAD (g/l)
SULFATO AMONIO	754
NITRATO SODIO	876
UREA	1.033
NITRATO AMONIO	1.875

Beneficios de los Fertilizantes

- **Suplir Nutrimientos Limitantes (*Deficientes*)**
- **Restituir Nutrimientos Extraídos por Cosechas**
- **Mantener y/o Mejorar la Fertilidad del Suelo**
- **Incrementar Productividad y Mejorar Rendimientos**
- **Mejorar la Calidad de las Cosechas**
- **Aumentar Resistencia de Cultivos a Enfermedades**
- **Incrementar la Rentabilidad del Cultivo**

Principios Básicos de la Fertilización

- Fertilizar con Base en un Muestreo (*Suelo-Foliar*)
- Fertilizar sin Humedad es Inútil
- Prestar Atención a Todos los Nutrimentos y no Sólo a Uno (s)
- Aplicar lo Requerido en la Cantidad, Momento y Forma Recomendada
- Conocer las Exigencias Particulares del Cultivo
- Deben Adecuarse las Condiciones del Suelo (*Encalado, Laboreo, M.O.*)
- Por sí Sola la Fertilización no Resuelve Todo

Tipos de Fertilizantes

- **Por Composición**
 - Simples
 - Compuestos / Completos / Complejos
- **Por preparación**
 - Químico
 - Mezcla Física
 - Orgánico
- **Por Presentación**
 - Granular
 - Líquido
 - Prilado
 - Revestido
 - Acondicionado
 - De Especialidad

Propiedades de los Fertilizantes

- Físicas
- Químicas

Propiedades Físico-Químicas de los Fertilizantes

- **Tamaño de Partícula ***
- **Densidad Aparente**
- **Humedad Relativa**
- **Consistencia del Gránulo ***
- **Segregación**
- **Compactación**
- **Compatibilidad Química ***
- **Acidez y Basicidad**
- **Índice de Salinidad**

Tamaño de Partícula

- Granulados: 90% Partículas con Tamaño: 1- 4 mm
- En Polvo: Fineza Variable
- Estándar: Gránulo Pequeño (< 1 mm), = a Prilados
- Cristalinos: Grado Estándar, Muy Solubles, Fácil Manipulación y Distribución
- Prilados (Prill): Esferas de Tamaño Muy Uniforme
- Macrogranulados: \geq 2-5 cm Diámetro, Liberación Progresiva

Compatibilidad Química

Incompatibilidad por:

- Desarrollo de Color en Mezcla
- Desarrollo de Humedad
- Producción de Gas
- Aumento de Higroscopicidad
- Compactación

UREA + Nitrato de Amonio → Incompatibles
Humedad Relativa ↓ a 18%

Compatibilidad en Mezclas Físicas

Principales Materias Primas Utilizadas Para Hacer Mezclas Físicas

UREA	46-0-0
MAP	10-50-0
DAP	18-46-0
KCl	0-0-60
K-MAG	0-0-22-18-22(S)
SULFATO DE POTASIO	0-0-50-17(S)
NITRATO DE AMONIO	33.5-0-0
SULFATO DE AMONIO	21-0-0-24(S)
ULEXITA	10% B
SULFATO DE ZINC	31% Zn

Factores de Conversión de Nutrimientos de la Expresión en Óxido a la Expresión Elemental y Viceversa

$P_2O_5 \times 0,44 = P$	$Ca \times 1,40 = CaO$
$P \times 2,29 = P_2O_5$	$MgO \times 0,60 = Mg$
$K_2O \times 0,83 = K$	$Mg \times 1,66 = MgO$
$K \times 1,20 = K_2O$	$SO_4 \times 0,50 = S$
$CaO \times 0,71 = Ca$	$S \times 2,99 = SO_4$

Fertilizantes Simples

N

- **Amoniaco**
- **Urea**
- **Urea – Azufre**
- **Nitrato de Amonio**
- **Sulfato de Amonio**
- **Nitrosulfato de Amonio**
- **Nitrato de Calcio**
- **Nitrato de Sodio**

Composición Química de Algunos Fertilizantes Nitrogenados

Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Cl
	-----%-----						
Sulfato de amonio	21	-	-	-	-	24	-
Amoniacó anhidro	82	-	-	-	-	-	-
Cloruro de amonio	26	-	-	-	-	-	66
Nitrato de amonio	33.5	-	-	-	-	-	-
Nitrosulfato de amonio	26-30	-	-	-	-	5-6	-
Nitrato de amonio calcáreo (Nitramón, Magnesamón)	20-22	-	-	11	7-8	-	-
Nitrocalcio	26	-	-	10	-	-	-
Hydrosulfán	24	-	-	10.7	-	6.1	-
Nutrasul	27					8.33	
Fosfato monoamónico	10	50	-	2	0.5	1-3	-
Fosfato diamónico	18	46	-	-	-	-	-
Polifosfato de amonio	10-11	34-37	-	-	-	-	-
Tiosulfato de amonio	12	-	-	-	-	26	-
Nitrato de calcio	15	-	-	26	-	-	-
Nitrato de potasio	13	-	44	0.5	0.5	0.2	1.2
Nitrato de sodio	16	-	-	-	-	-	0.6
Urea	46	-	-	-	-	-	-
Urea – S	40	-	-	-	-	5-10	-
Urea – Nitrato amonio	28-32	-	-	-	-	-	-
Urea Fosfato – Amonio	21-38	13-42	-	-	-	-	-
Urea – Fosfato	28	28					
Cianamida de calcio	22	-	-	54	-	0.2	-

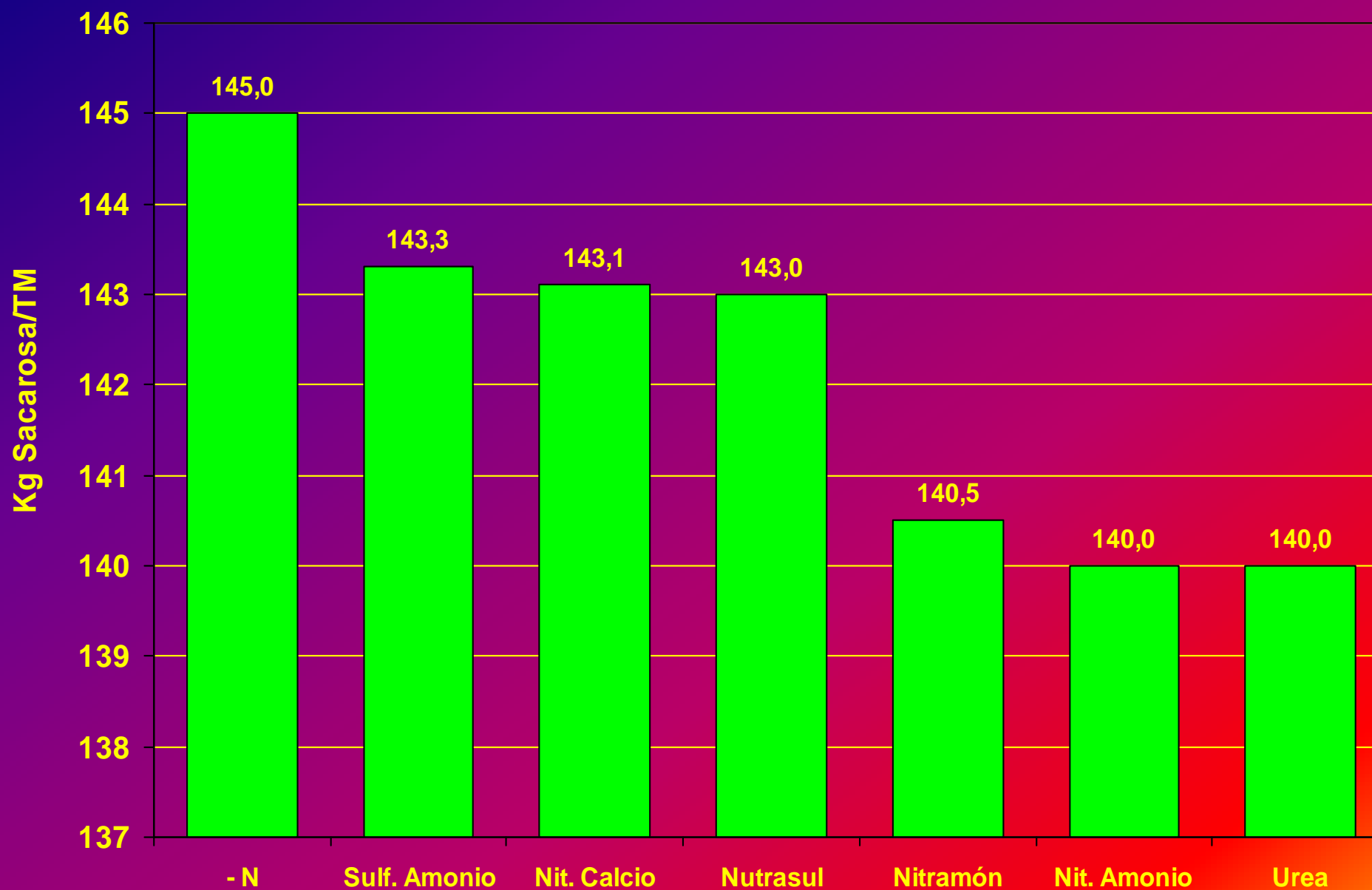
Características de la Fuente Fertilizante

Nitrógeno	Amoniacales (NH_4^+) Nítricas (NO_3^-)
Fósforo	Solubles - TSP Insolubles – Rocas
Potasio	Según ión acompañante

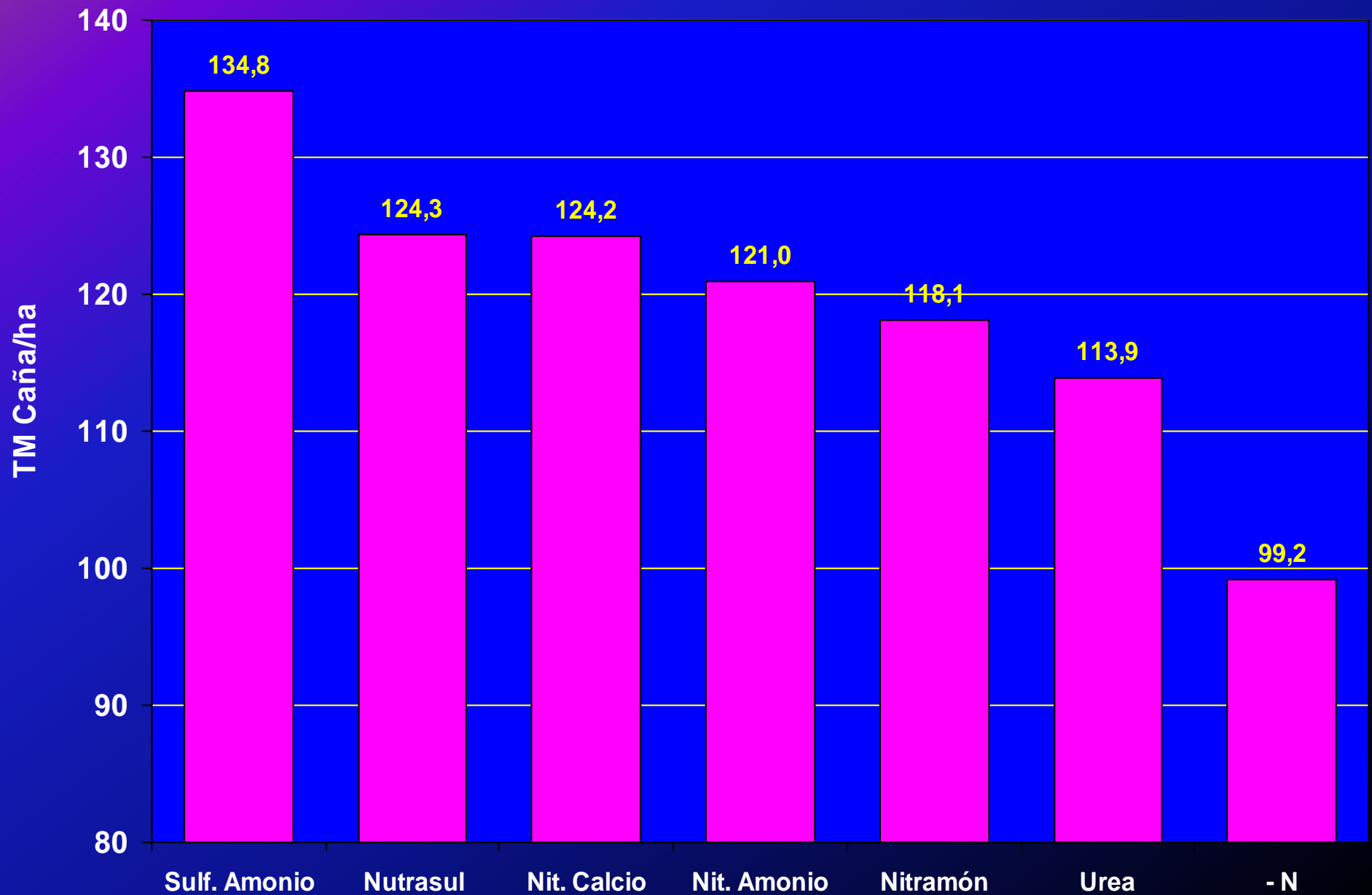
FUENTES NITROGENADAS UTILIZADAS

FUENTE	FORMA QUÍMICA	CONTENIDO (%)			
		N	CaO	MgO	S
UREA	NH ₄ - 46%	46	-	-	-
NITRATO AMONIO	NH ₄ - 16,75%	33,5	-	-	-
	NO ₃ - 16,75%	-	-	-	-
NUTRASUL	NH ₄ - 17,2%	27	-	-	8,3
	NO ₃ - 9,8%	-	-	-	25 (SO ₄)
SULFATO AMONIO	NH ₄ - 21%	21	-	-	23,7 (71 SO ₄)
NITRAMON	NH ₄ - 10%	20	-	8	-
	NO ₃ - 10%	-	-	4,8 (Mg)	-
NITRATO CALCIO	NH ₄ - 1,1%	15.5	26,5	-	-
	NO ₃ - 14,4%	-	19 (Ca)	-	-

Concentración Sacarosa Promedio 4 Cortes-Pérez Zeledón



Producción de Caña Promedio 4 CortesPZ



Producción de Azúcar Promedio 4 Cortes PZ



Fertilizantes Simples

P

- **Superfosfato Sencillo**
- **Superfosfato Triple (TSP)**
- **Fosfato de Amonio**
- **Ácido Fosfórico**
- **Roca Fosfórica**

Fuentes de Fertilizantes Fosfatados

Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	S
			%		
Roca fosfórica	-	27-41	-	40-54	-
Superfosfato sencillo	-	20	-	20	12
Triple Superfosfato	-	46	-	-	-
Acido fosfórico	-	51-54	-	-	-
Fosfato monoamónico	10	50	-	2	1-3
Fosfato diamónico	18	46	-	-	-
Polifosfato de amonio	10-11	34-37	-	-	-
Urea Fosfato – Amonio	21-38	13-42	-	-	-
Fosfatos nítricos	14-22	11-14	-	-	-

Fertilizantes Simples

K

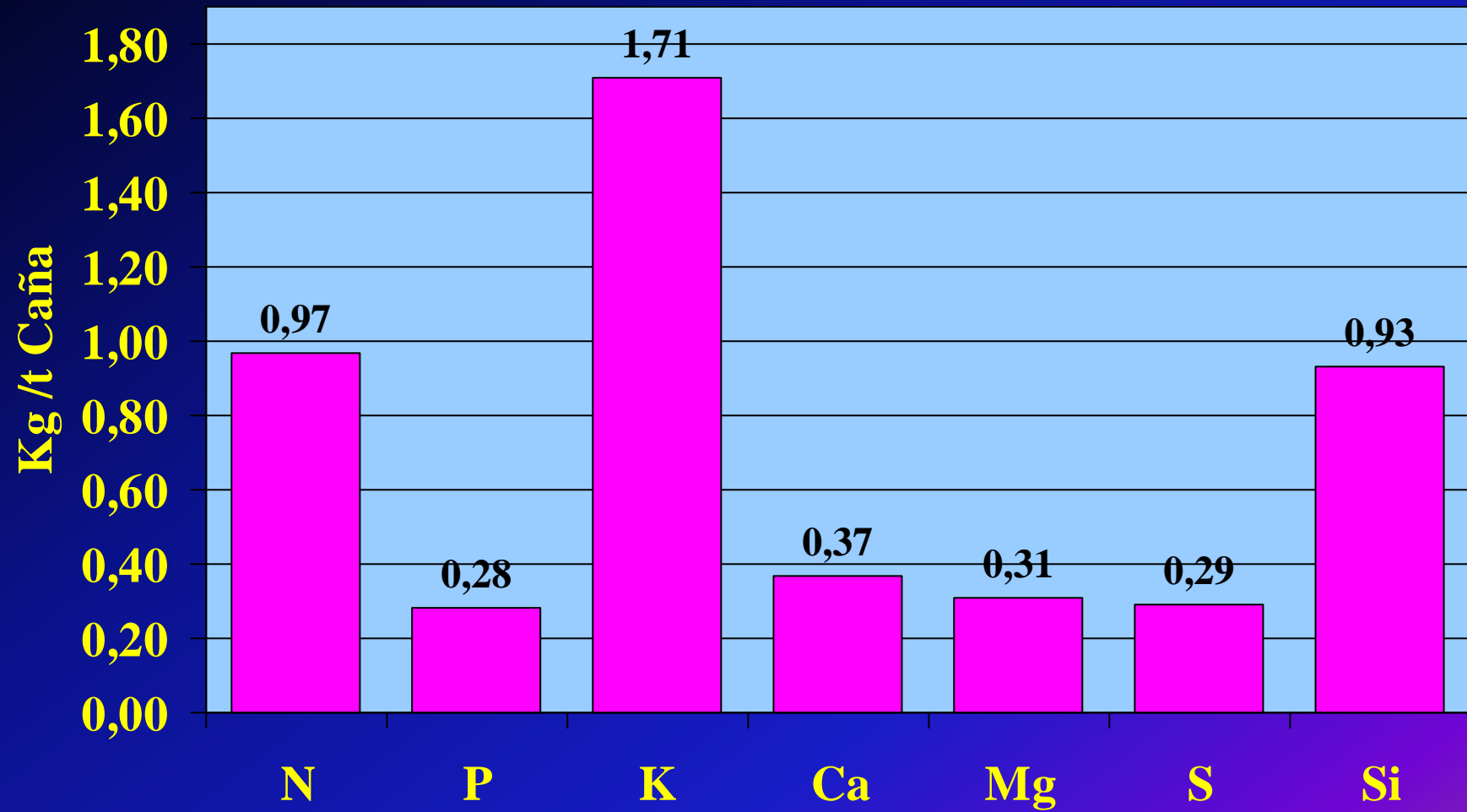
- Cloruro de Potasio
- Sulfato de Potasio
- Sulfato Doble de Potasio y Magnesio
- Nitrato de Potasio

Fuentes de Fertilizantes Potásicos

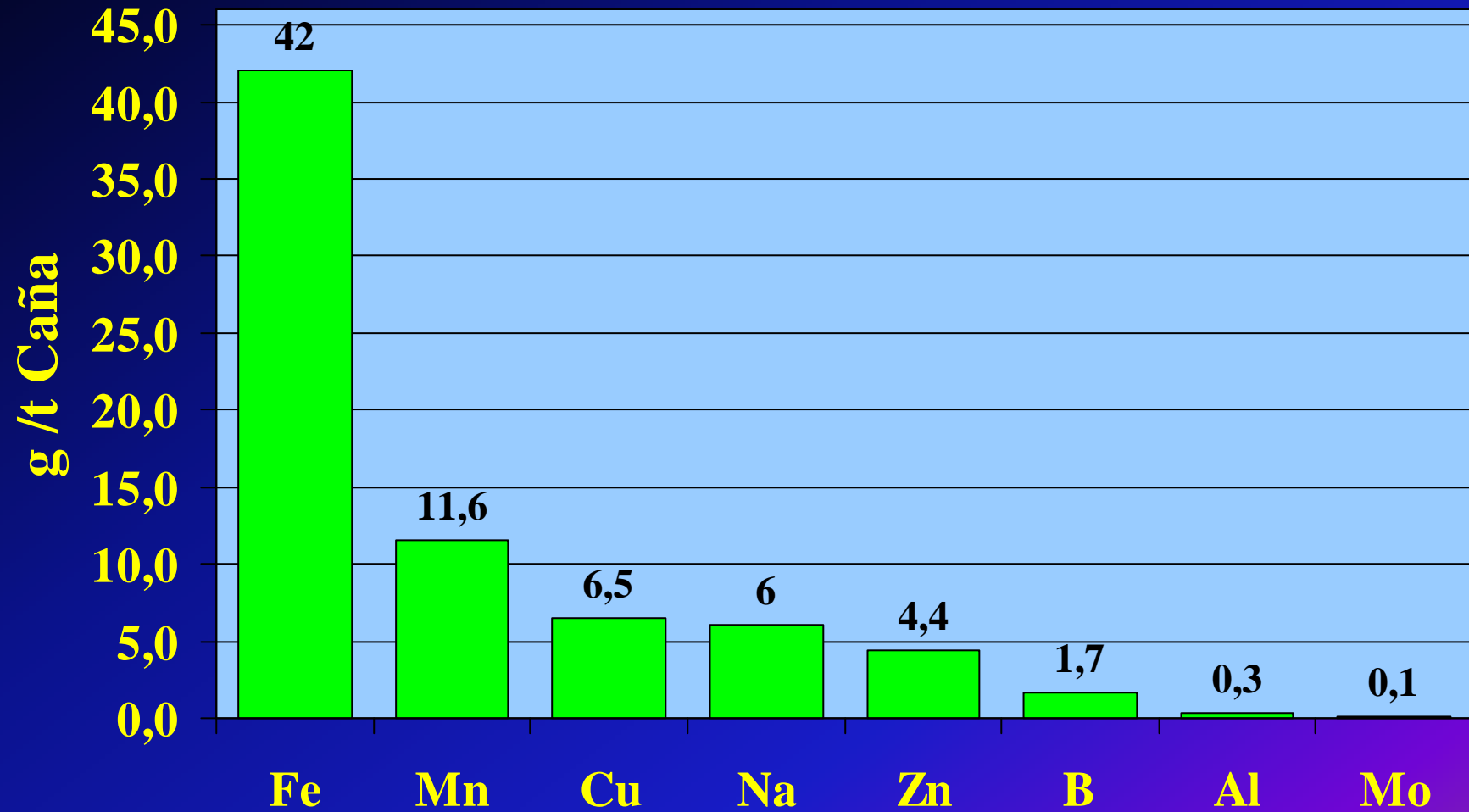
Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
			%		
Cloruro de potasio KCl	-	-	60	-	-
Sulfato de potasio K ₂ SO ₄	-	-	50	-	17
Sulfato de K y Mg K ₂ SO ₄ MgSO ₄	-	-	22	18	22
Nitrato de potasio KNO ₃	13	-	44	-	-
Salitre chileno	15	-	14	-	-
Carbonato de potasio K ₂ CO ₃	-	-	67	-	-
Bicarbonato de potasio KHCO ₃	-	-	47	-	-
Hidróxido de potasio KOH	-	-	83	-	-
Fosfato monopotásico KH ₂ PO ₄	-	52	35	-	-
Tiosulfato de potasio K ₂ S ₂ O ₃	-	-	25	-	17

**Demanda
de
Nutrimentos
por la
Caña de Azúcar**

Extracción Macronutrientes



Extracción Micronutrientes



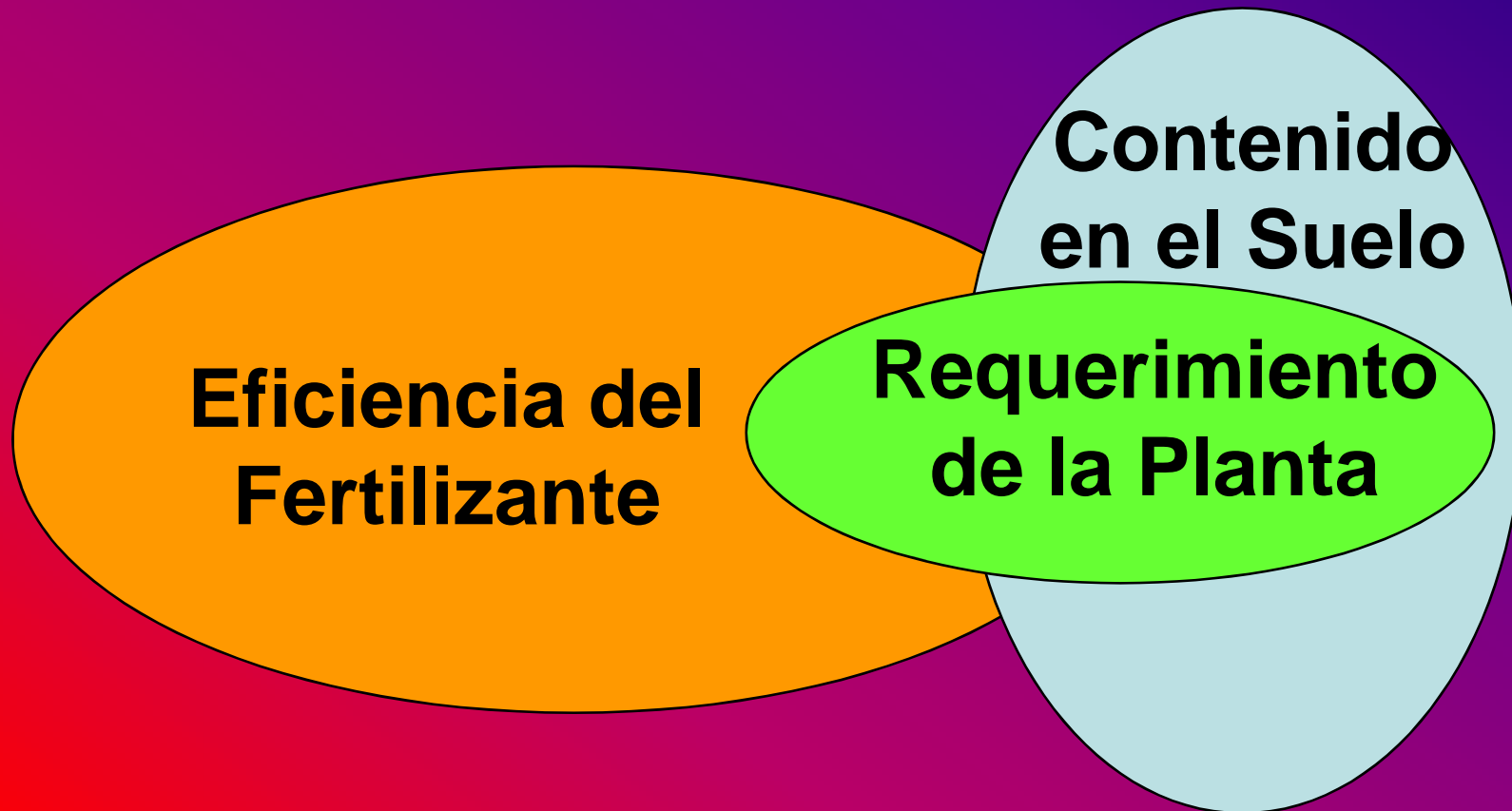
Modelo Extracción Nutricional

Dominante

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

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

Factores Involucrados en Dosis



Requerimiento – Suelo
% Eficiencia

EXTRACCIÓN ESTIMADA (TEÓRICA)

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

* Transformado de forma elemental a absorbible.

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

Dosis Para Producir 80 TM de Caña/ha

	N	P	K
Requerimientos para 1 TM (kg/TM)	0,97	0,28	1,71
Requerimientos para 80 TM	78	22	137
Requerimientos para Crecimiento Vegetativo (kg)	80	20	130
Requerimientos Totales (Kg/ha)	158	42	267
	N	P₂O₅	K₂O
Requerimiento	158	96	320
Eficiencia	50%	38%	65%
Dosis	316	253	492

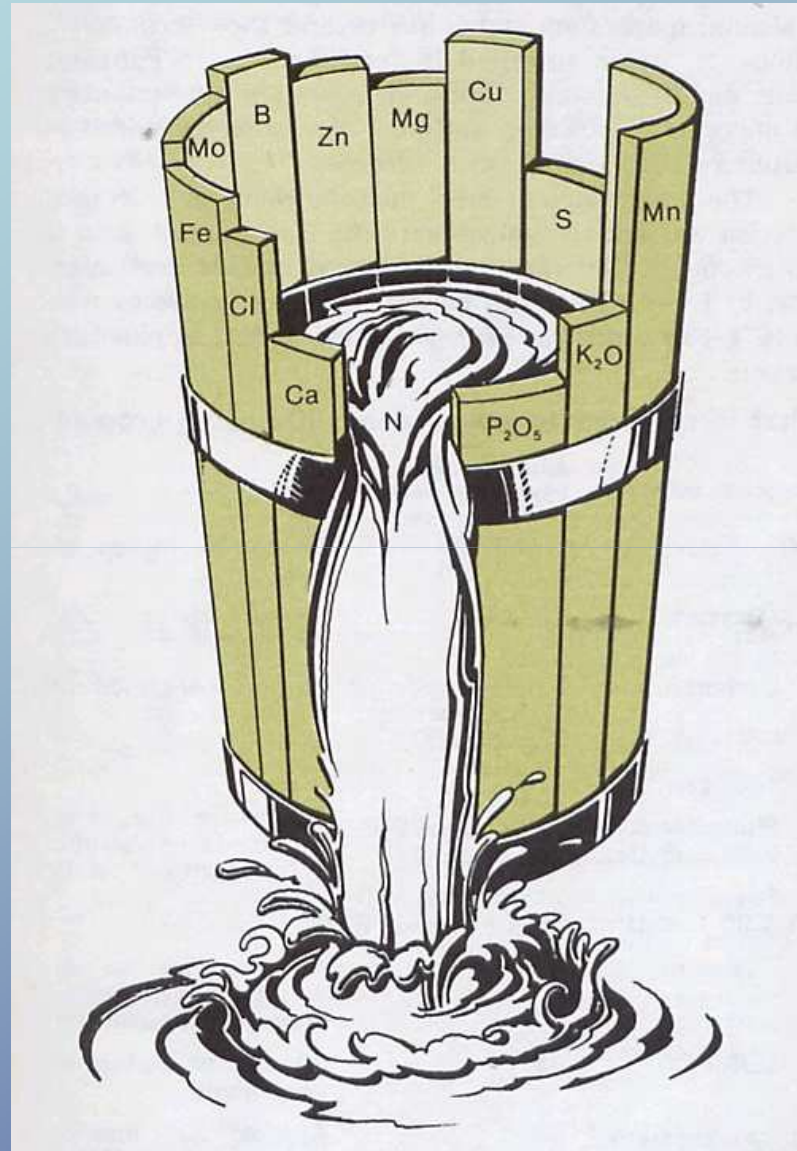
P x 2,29 = P₂O₅ K x 1,20 = K₂O

Principios de la Fertilización

- ¿Qué?
- ¿Con Qué?
- ¿Cuánto?
- ¿Cuándo?
- ¿Cómo?
- ¿Pagará?
- ¿Efecto Sobre la Calidad?
- ¿Contamina o No?
- ¿Qué Efectos Provocará?

**¿Cómo Determina Esto
la Elección de la Mejor
Opción para
Fertilización?**

Ley del Mínimo – Factor Limitante -- Liebig



El Principio de los Balances y Equilibrios deben Respetarse y Tenerse Presentes al Igual que los Sinergismos y Antagonismos

Criterios de Recomendación

¿Cómo Hago para Fertilizar?



Muestreo de Suelos y Tejidos

**Sin Contar con un Muestreo No Puede
Diagnosticarse y Cualquier
Recomendación Será Apenas
Especulativa**

Interacción de los Factores de Producción

La Fertilización es un Concepto Integral

Criterios de Fertilización

- **Correctiva**
- **Preventiva**
- **Sustitutiva**
- **Complementaria**
- **Estimulante**

**Cada Uno se
Fundamenta en
Objetivos y
Fines Diferentes**

La Eficiencia de un Fertilizante se Refiere a

- Aquella parte del producto (fertilizante) aplicado, que va a ser realmente disponible para el cultivo.
- Al % del producto que no se va a perder



Eficiencia de Aplicación

N 50 - 70 %

P 30 - 50 %

K 60 - 80 %

Factores Que Definen la Eficiencia

- **Características del Producto Fertilizante**
- **Características Relacionadas con:**
 - **El Clima**
 - **El Nutrimento**
 - **La Fuente**
 - **El Suelo**
 - **El Manejo**

Métodos y Épocas de Aplicación

Lixiviación →

**Fraccionamiento
Líquidos**

Fijación →

**Una sola época
Localizado
Gránulo grande**

Volatilización →

**Mojar antes
Hora del día
Aporcar
Aplicaciones líquidas**

Propiedades del Nutrimento

NITRÓGENO

- Se lixivía
- Se Volatiliza
- Se Denitrifica
- Se Fija
- Se Inmoviliza

FÓSFORO

- Se Fija
- Se Precipita
- Se Inmoviliza

POTASIO

- Se Lixivia
- Se Fija

Expresión de los Fertilizantes Comerciales

N - P₂O₅ - K₂O - MgO - B - S - Zn

**El Orden de Expresión es Válido y
Aplicado a Nivel Mundial**

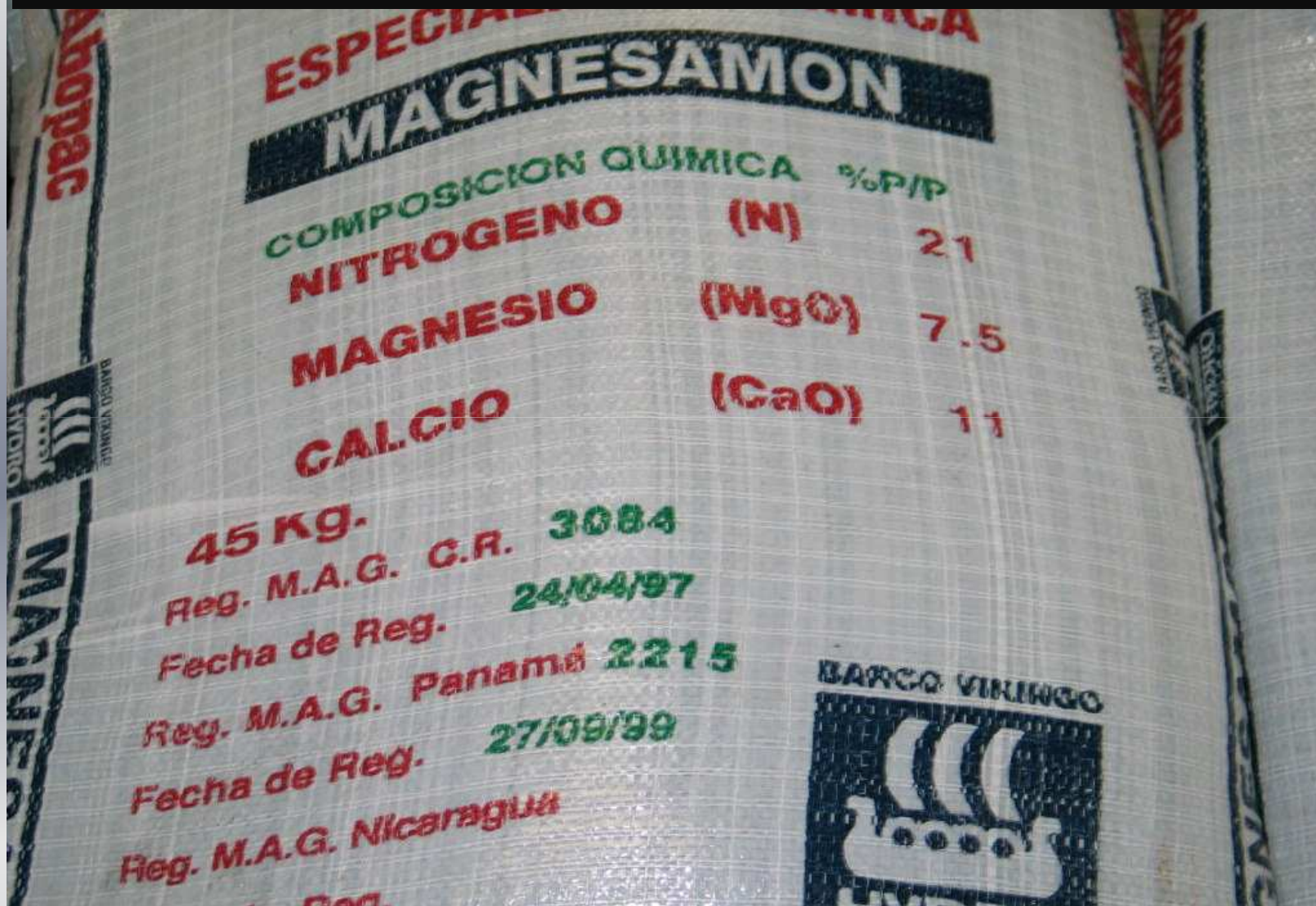
EXPRESIÓN FÓRMULAS FERTILIZANTES (ej)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	S	Zn
10	30	10	-	-	-	-
12	24	12	-	-	-	-
15	3	31	-	-	-	-
15	15	15	-	-	-	-
17	2	25	5	-	-	0,33
17	3	25	5	-	6	0,33
15	2,5	24	0,5	-	1	2
18	6	12	4	0,2	-	-

Expresión Nutricional en el Saco



Expresión Nutricional en el Saco



Expresión Nutricional en el Saco



Expresión Nutricional en el Saco



CÁLCULO DE CANTIDADES DE FERTILIZANTE APLICADO

20 – 7 – 12 – 3 – 1,2

Un Saco de 45,36 kg (1 Quintal) Contiene:

20 Unidades (kg o lb) de N

7 Unidades (kg o lb) de P_2O_5

12 Unidades (kg o lb) de K_2O

3 Unidades (kg o lb) de MgO

1,2 Unidades (kg o lb) de B_2O_3

43,2 Unidades Totales

2,16 Unidades = Ca + S + Compuestos

+ Inertes

1 Saco Contiene 45 o 50 kg de Fertilizante

1 Saco UREA de 45 kg Aporta 46% N

1 Saco (45 kg) \longrightarrow 46% = 20,7 kg

1 Saco \longrightarrow 20,7 kg
X \longrightarrow 120 kg

$$X = \frac{120}{20,7} = 5,8 \text{ Sacos}$$

1 Saco \longrightarrow 20,7 kg
4 Sacos \longrightarrow X

$$X = 20,7 \times 4 = 82,8 \text{ kg de N}$$

1 Saco 10-30-10 Aporta

- 10% N
- 30% P_2O_5
- 10% K_2O

1 Saco (50 kg)

- 10% = 5 kg N - K_2O
- 30% = 15 kg P_2O_5

1 Saco \longrightarrow 5 kg N y K_2O
X \longrightarrow 120 kg

$$X = \frac{120}{5} = 24 \text{ Sacos}$$

1 Saco \longrightarrow 15 kg P_2O_5
X \longrightarrow 120 kg

$$X = \frac{120}{15} = 8 \text{ Sacos}$$

1 Saco → 5 kg
4 Sacos → X

$$X = 4 \times 5 = 20 \text{ kg N y K}_2\text{O}$$

1 Saco → 15 kg
4 Sacos → X

$$X = 4 \times 15 = 60 \text{ kg P}_2\text{O}_5$$

5 SACOS DE FERTILIZANTE COMERCIAL INCORPORAN

FUENTE	NUTRIMENTO INCORPORADO (kg)						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B (B ₂ O ₃)	S (SO ₄)	Zn
UREA *	103,5						
NITRATO DE AMONIO *	75,4						
SULFATO DE AMONIO *	47,2					53,3 (160)	
10 - 30 - 10	25	75	25				
12 - 24 - 12	30	60	30				
15 - 3 - 31 *	33,7	6,7	69,7				
14 - 8 - 16 - 3 - 0,12 - 4,8 *	31,5	18	36	6,7	0,3 (0,8)	10,8 (32,4)	
17 - 3 - 25 - 5 - 0 - 6 - 0,33	42,5	7,5	62,5	12,5	-	15 (45)	0,83
30,7 - 0 - 7,3 - 6 - 0 - 7,3 *	69,1	-	16,4	13,5	-	16,4 (49,3)	

**PARA INCORPORAR 120 KG DE N SE REQUIEREN X NÚMERO
DE SACOS DE FERTILIZANTE COMERCIAL**

FUENTE	CANTIDAD (%) N	NÚMERO SACOS
UREA *	46	5,8
NITRATO DE AMONIO *	33,5	8,0
SULFATO DE AMONIO *	21	12,7
10 - 30 - 10	10	24
12 - 24 - 12	12	20
15 - 3 - 31 *	15	17,8
14 - 8 - 16 - 3-0 , 12 - 4,8 *	14	19,1
17 - 3 - 25 - 5 - 0 - 6 - 0,33	17	14,1
30,7 -0 - 7,3 - 6 - 0 - 7,3 *	30,7	8,7

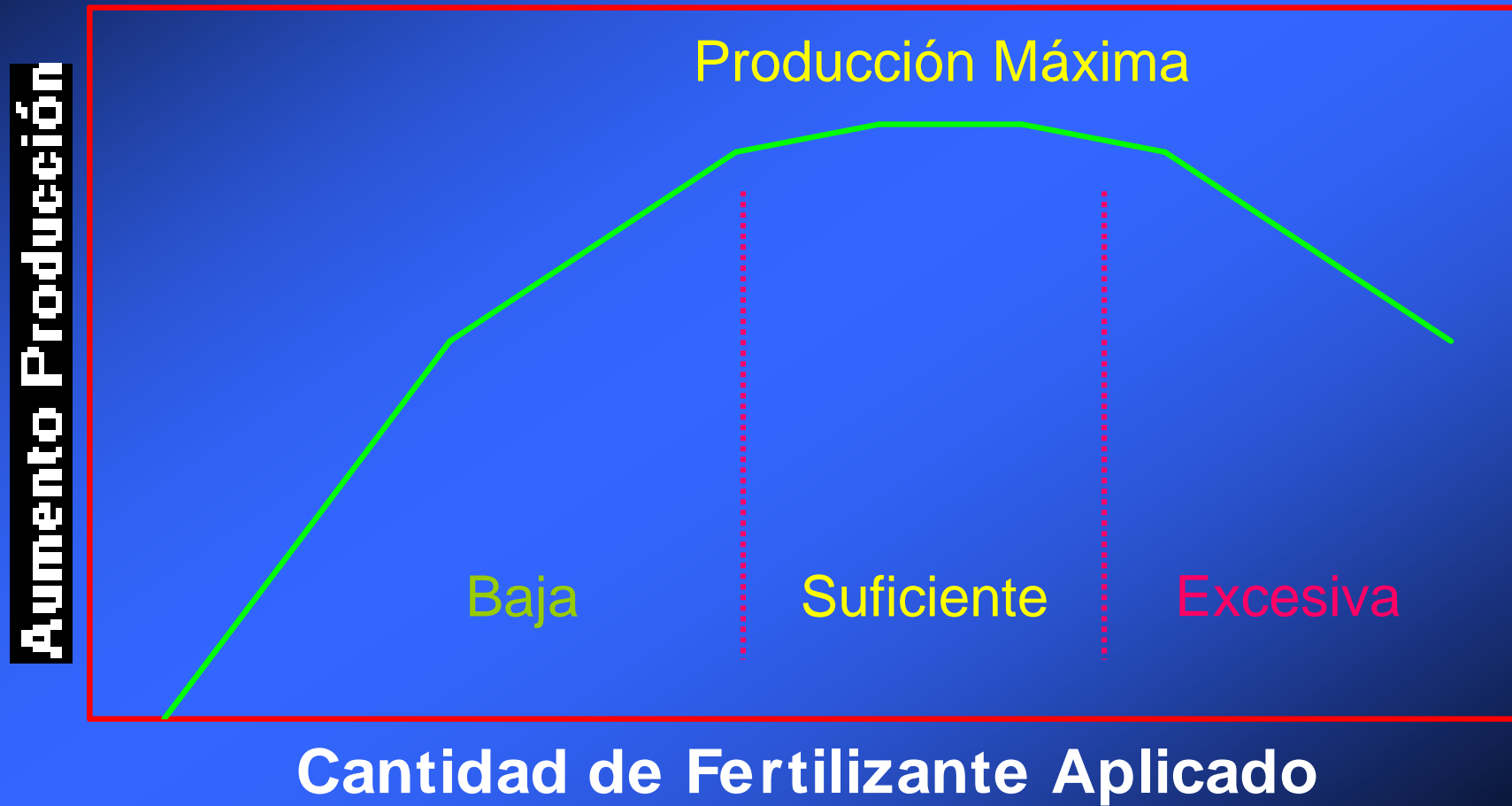


Costos Relacionados

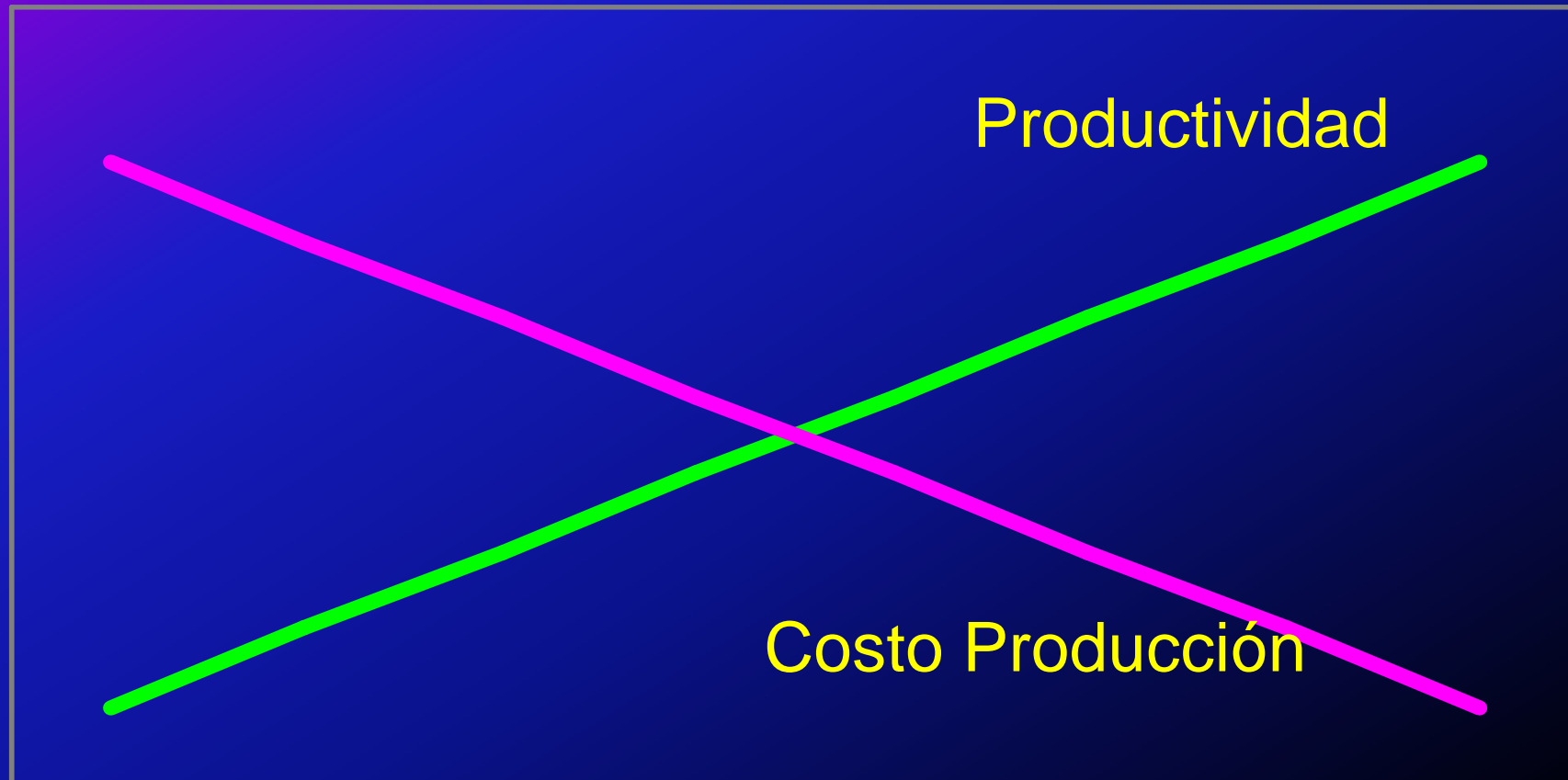
**Son un Criterio Importante pero NO Exclusivo
de Decisión**

Dosis Más Económicas de Nutrimentos

Curva de Respuesta



Relación Productividad - Costo



RELACIÓN ECONÓMICA DE FÓRMULAS PARA APLICAR **120 kg** DE N. Set. 04

Fórmula	% N	Precio ¢/Saco (45 kg)	N° Sacos	Costo Total (¢)	Diferencia (¢)	%
10-30-10	10	6.065	24	145.560	+110.296	313
15-3-31	15	4.865	17,8	86.597	+51.333	145
NUTRAN	33,5	5.465	8	43.720	+8.456	24
UREA	46	6.080	5,8	35.264	-----	100

MUCHAS GRACIAS

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

DIRECTOR EJECUTIVO

***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

