



NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Marco Chaves Solera
LAICA-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

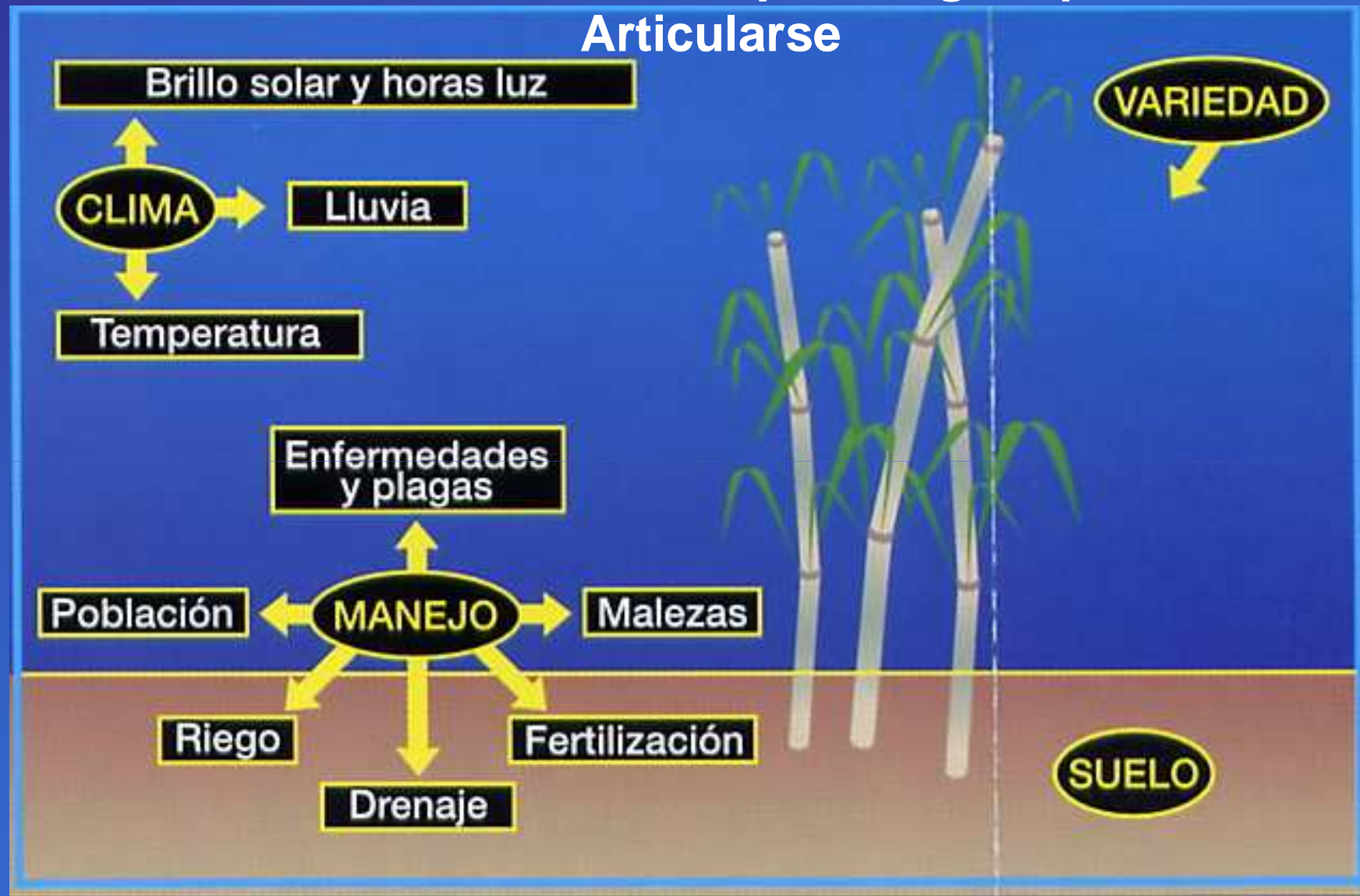


OBJETIVO

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



La Nutrición es un Concepto Integral que Debe Articularse



Producción VS Productividad

Prácticas de Alto Retorno



Horizontes del Suelo

Suelo: Substrato de las Plantas



Anclaje y Espacio de Absorción Radicular




Características Físico-Químicas de un Suelo

¿Cuánto Afectan?

¿Cómo Reaccionan las Plantas?

Problemas de Infiltración, Lixiviación y Percolación del Agua en el Suelo



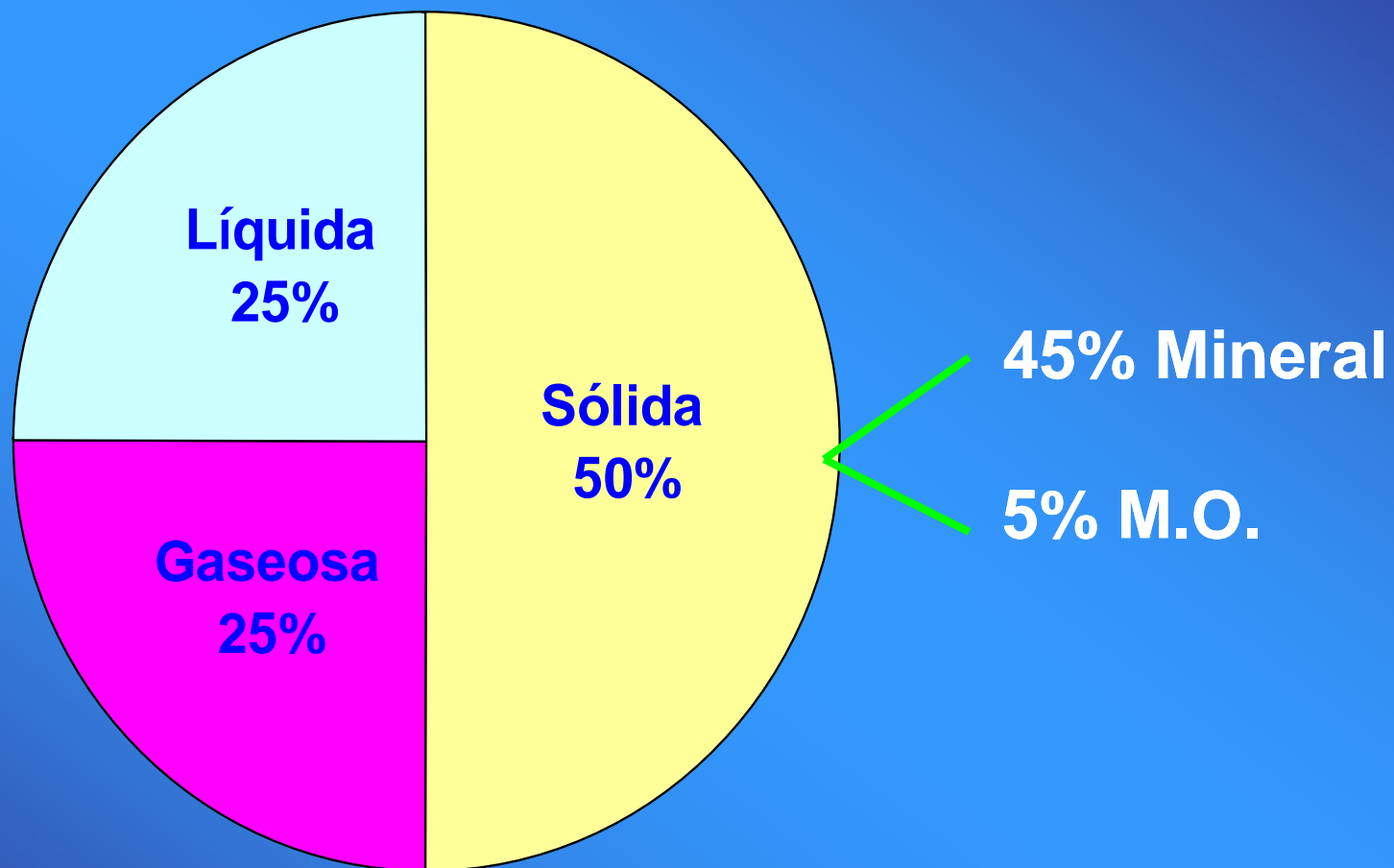


**La Acidez es una Limitante
Importante de Impacto
Productivo Negativo que Debe
Resolverse Antes de Sembrar**

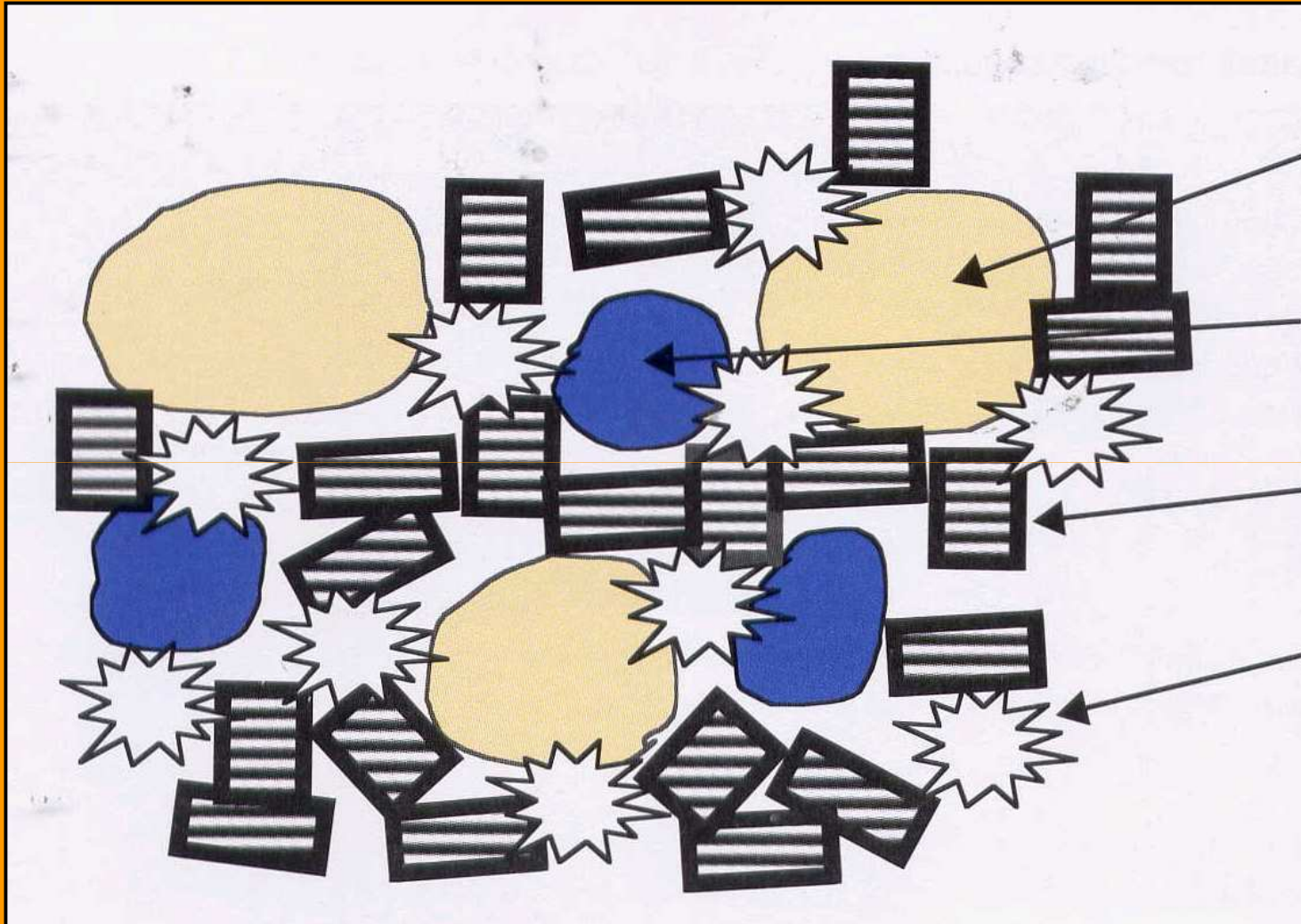


Un Suelo Idóneo Debe Tener Condiciones Físico-Químicas Apropriadas que Redundan en Mejor Adaptación y Productividad

Fases del Suelo



FRACCIONES DEL SUELO



Arena

Limo

Arcilla

M. O.

Condiciones Texturales y Estructurales del Suelo Pueden Ser Contraproducentes para la Producción y la Competitividad Agroindustrial



Suelo Proporciona:

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

No Hay Que Olvidar Que la Raíz es la Boca de la Planta



NUTRIMENTOS ESENCIALES

C
H
O

6 MACRO

8 MICRO

3 PRIMARIOS

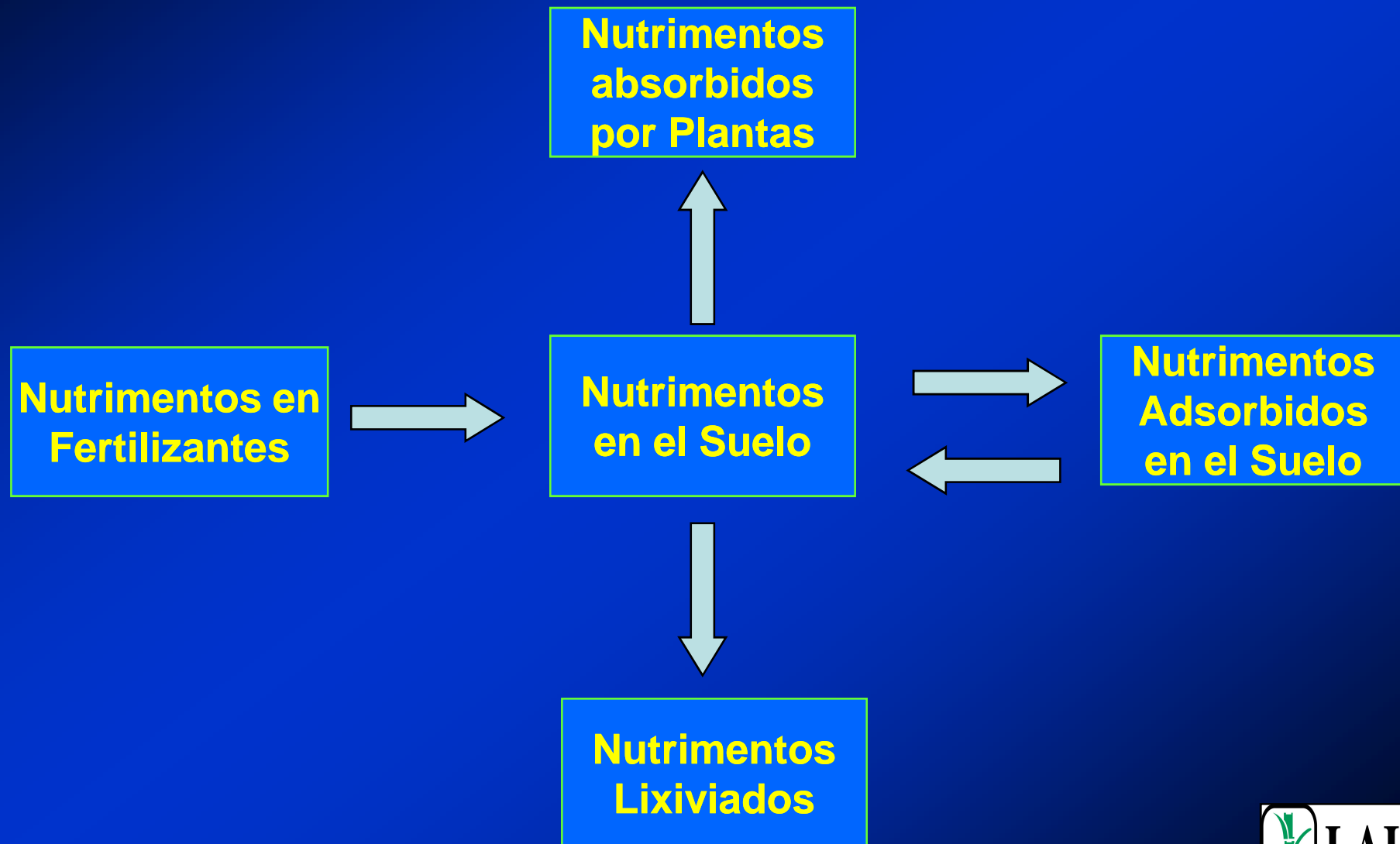
3 SECUNDARIOS

N
P
K

Ca
Mg
S

Fe
Zn
B
Cu
Mn
Mo
Si
Cl

Equilibrio Nutrimientos en Sistema Suelo-Planta



NEGATIVO

**LAS PARTICULAS DE ARCILLA
Y MATERIA ORGANICA LLEVAN
CARGA NEGATIVA**

POSITIVO

**LAS BASES (NH_4 , K, Ca, Mg)
LLEVAN CARGA POSITIVA**

**LAS BASES SON RETENIDAS EN PARTICULAS DE
ARCILLA Y MATERIA ORGANICA POR ATRACCION
MAGNETICA — Los polos opuestos se atraen — los**

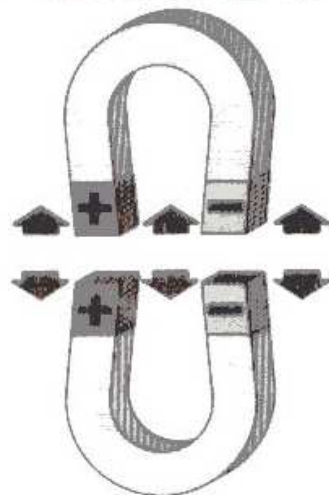
polos idénticos se repelen. Esto es característico de los imanes. Es el mismo principio que retiene las bases (cationes con carga positiva) a las arcillas y materias orgánicas.

CON UN IMAN

**LOS POLOS
OPUESTOS SE ATRAEN**



**LOS POLOS
IDENTICOS SE REPELEN**



EN EL SUELO

**LOS POLOS
OPUESTOS
SE ATRAEN**



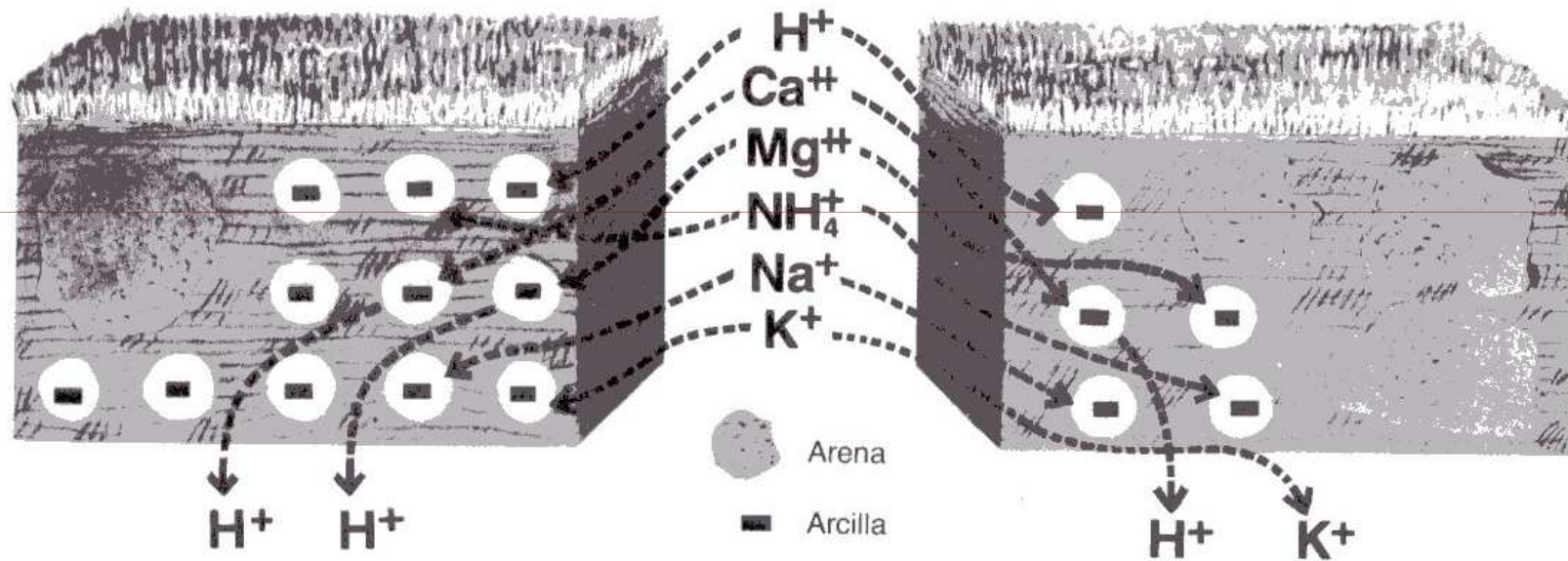
**LOS POLOS
IDENTICOS SE REPELEN**



VISTA ESQUEMATICA DEL INTERCAMBIO CATIONICO

CIC 25
MAS ARCILLA, MAS POSICIONES
PARA RETENER CATIONES

CIC 5
CONTENIDO BAJO DE ARCILLAS
MENOS POSICIONES
PARA RETENER CATIONES



50 CIC
(Arcilla
densa)

Gama Común de CIC

0 CIC
(Arena)

Movimiento de Nutrimentos

Suelo {
• Perderse
• Retenerse
• Absorbido
• Fijado
• Adsorbido

Planta {
• Transportado
• Acumulado
• Metabolizado

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

Sistema Suelo - Planta

Fase Sólida



Solución



Raíz



Sección Aérea

Nutrición

v.s

Fertilización

Nutrición:

- **Mineral**
- **Orgánica**

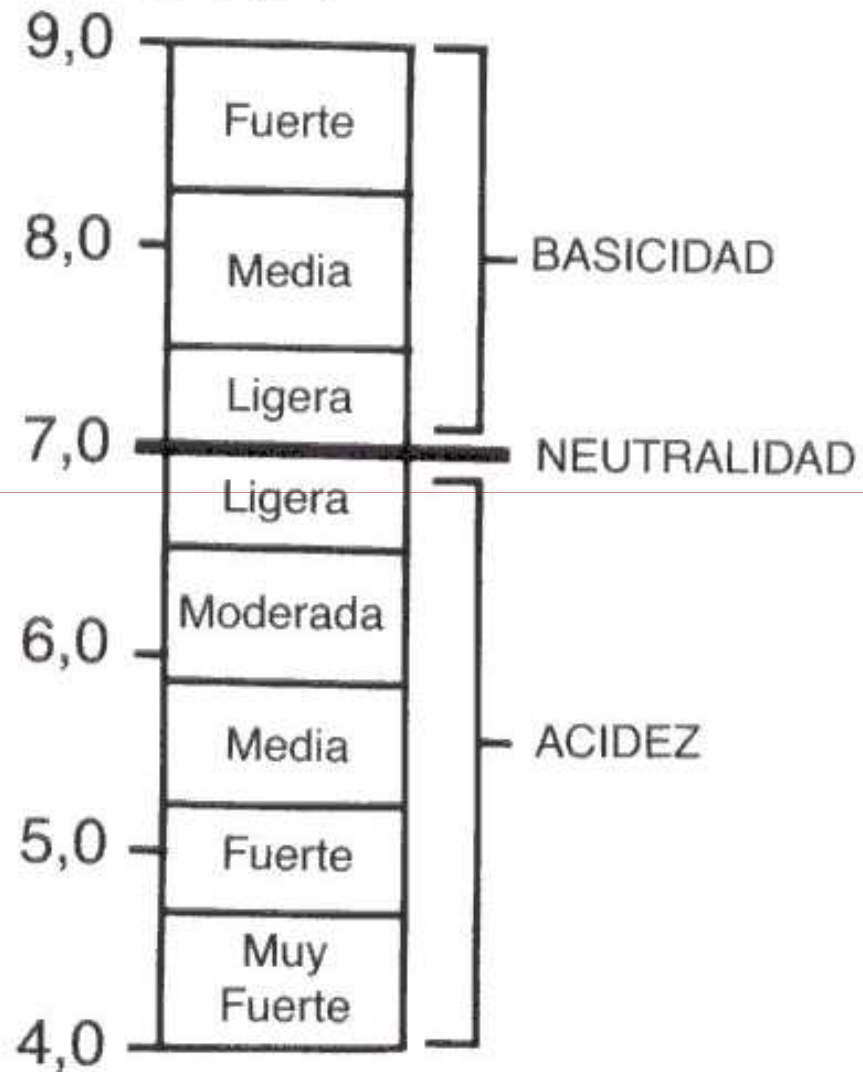
Disponibilidad de Nutrimentos Debe Ser:

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

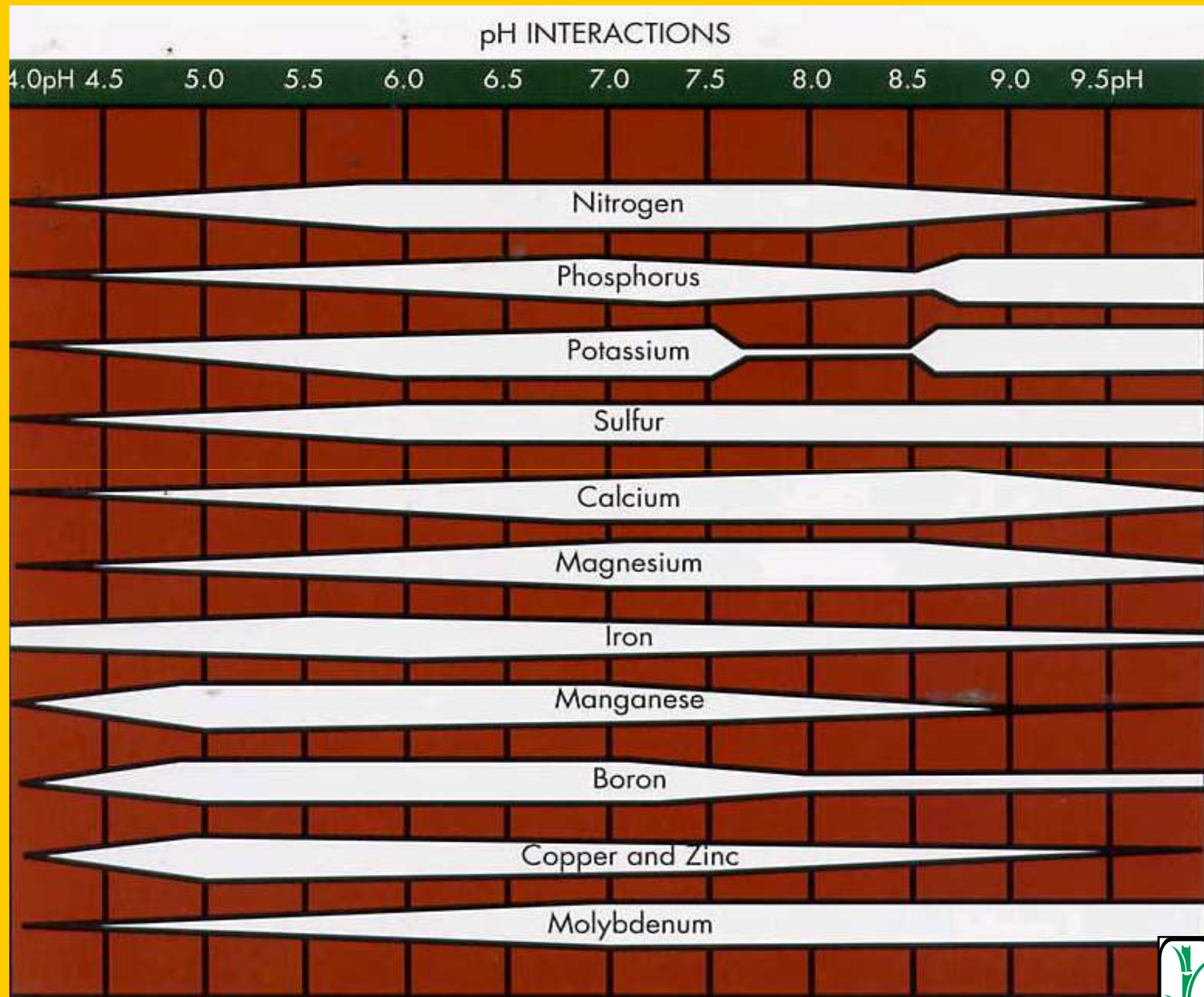
Absorción y Composición Mineral en la Planta Depende de:

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

VALORES DE pH



Acidez y Productividad



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

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

Criterios de Fertilización

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

FUNCIONES DEL N

- **Determinante en Metabolismo General de Compuestos Orgánicos.**
- **Forma Parte de Aminoácidos y Proteínas, Aminas, Amidas, Amino azúcares, Nucleótidos, Purinas y Pirimidinas, Alcaloides, Coenzimas, Vitaminas y Pigmentos.**
- **Componente Importante de la Molécula de Clorofila.**
- **Forma Parte Estructura de ADN y ARN y Citocromos.**
- **Implicado Directamente en Procesos de Crecimiento y Desarrollo de la Planta.**
- **Mantiene Relación Sinérgica Particular con K.**
- **Aumenta Longitud y Grosor de Tallos: → Rendimientos.**
- **Puede Afectar Calidad Jugos Aumentando Azúcares Reductores.**

Fertilizantes Simples

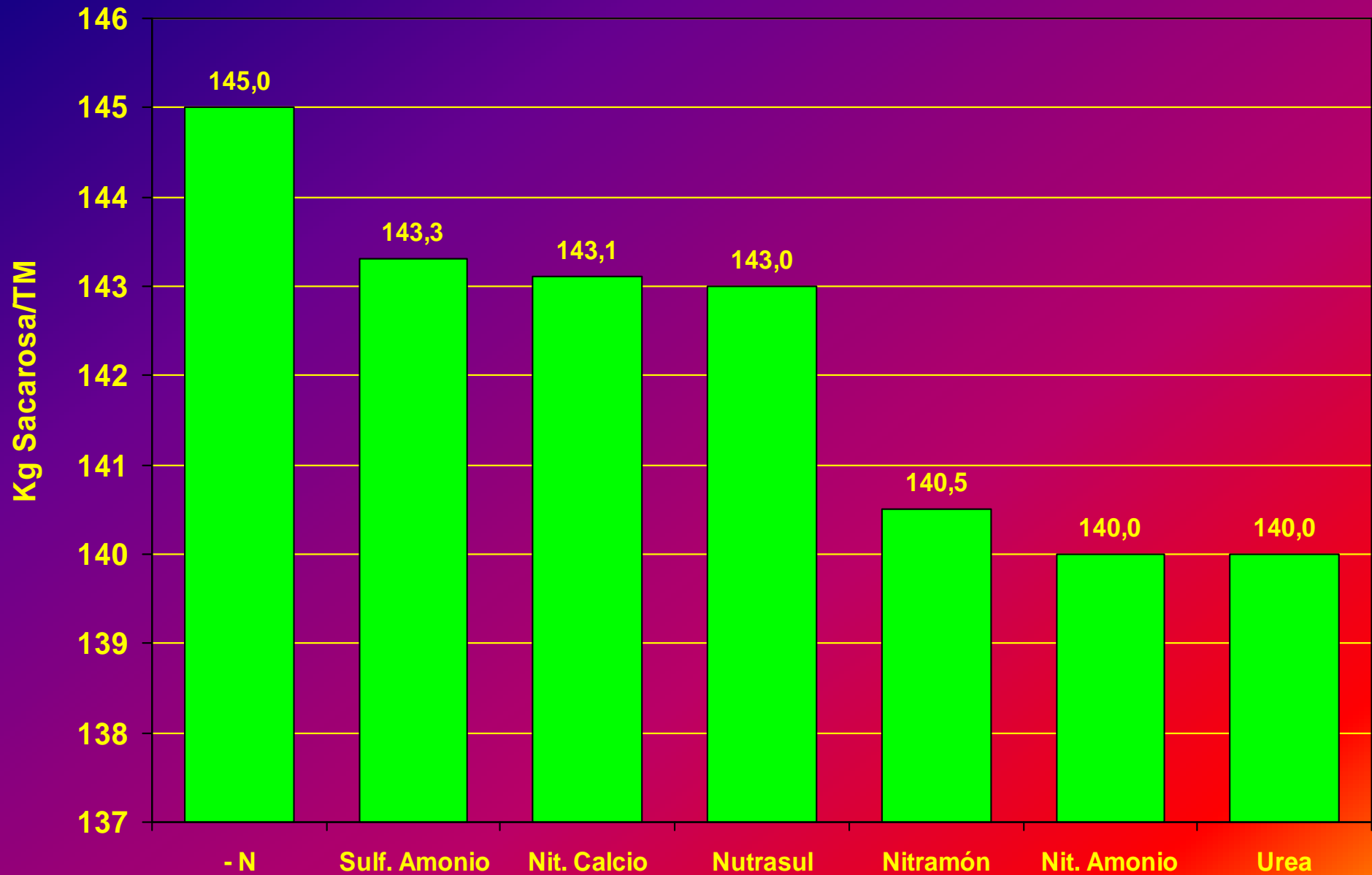
N

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

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)	-	-

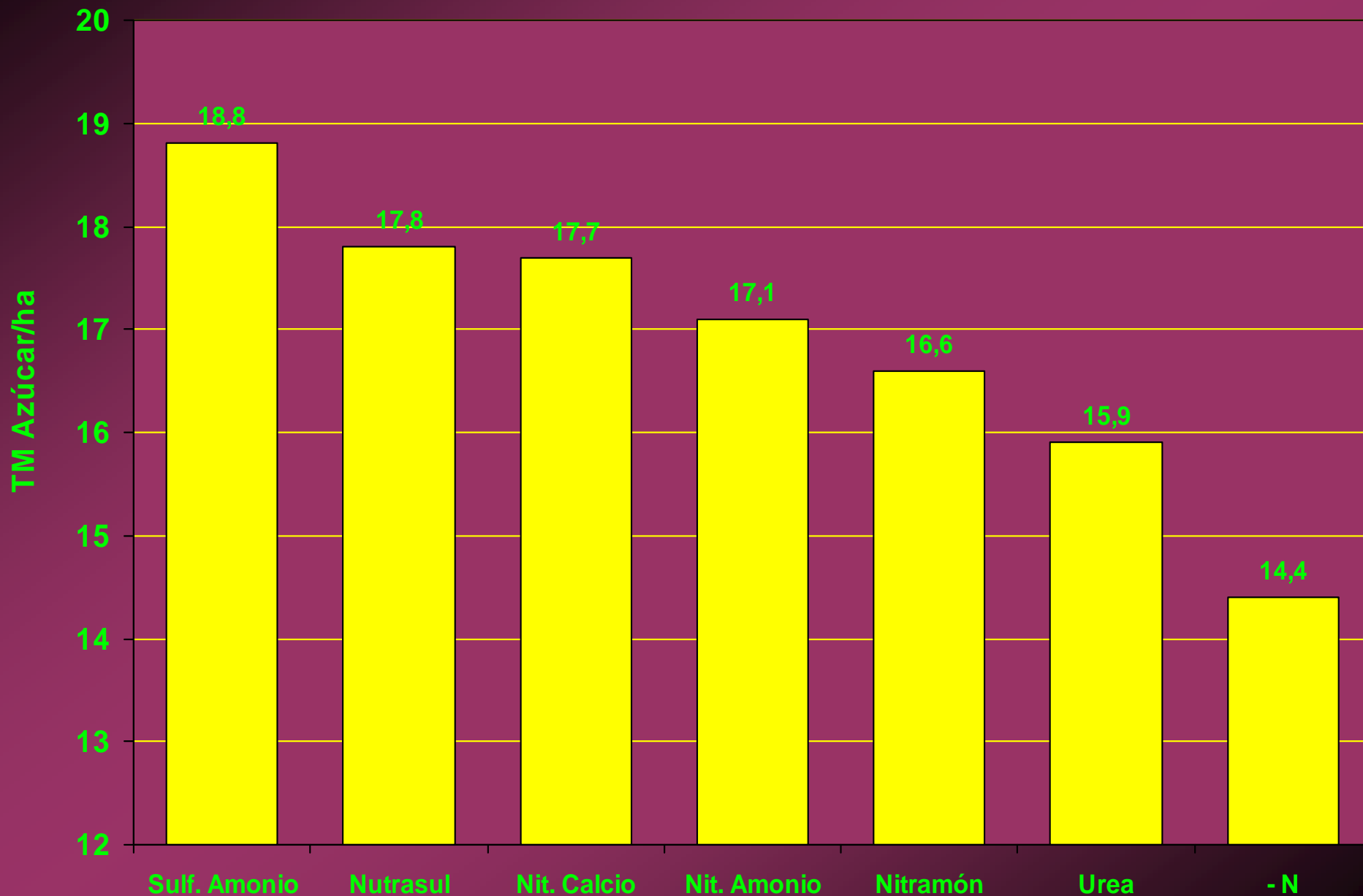
Concentración Sacarosa Promedio 4 Cortes-Pérez Zeledón



Producción de Caña Promedio 4 CortesPZ



Producción de Azúcar Promedio 4 Cortes PZ



FUNCIONES DEL P ⁽¹⁾

- **Participa en Formación Molécula de Sacarosa (Glucosa – 1 – Fosfato + Fructuosa \longrightarrow Sacarosa + H_3PO_4).**
- **Favorece Almacenamiento Energía por Coenzimas: Adenosina Difosfato (ADP) y (ATP).**
- **Proveedor Energía a Partir del ATP.**
- **Síntesis de Compuestos Fosforilados.**
- **Deficiencia Afecta Actividad Fotosintética por limitar Transporte Electrónico.**
- **Forma Estructura de Ésteres de Carbohidratos, Fosfolípidos, Coenzimas y Ácidos Nucleícos de la Célula.**

FUNCIONES DEL P ⁽²⁾

- **Incrementa Contenido Carbohidratos, Aceites, Grasas y Proteínas.**
- **Actúa en Desdoblamiento de Azúcares en Respiración Celular.**
- **Ligado al Transporte Electrónico (Fase Aeróbica)**
- **Participa en Fijación Simbiótica del N.**
- **Acelera Formación de Raíces y Favorece Producción de Retoños.**
- **Mantiene Reservas en la Semilla a través del Ácido Fítico.**

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	-	-	-

FUNCIONES DEL K (1)

- **Activador Enzimático de más de 40 Enzimas.**
- **K⁺ Cación Principal Citoplasma-Balance Cargas.**
- **Controla Turgencia Células Especializadas (Estomas).**
- **Mantiene Potencial Osmótico de las Células.**
- **Interviene Metabolismo Carbohidratos y Formación del Almidón.**
- **Actúa sobre el Transporte de Azúcares a Nivel de Floema.**
- **Opera sobre el Transporte de Carbohidratos: deficiencia induce disminución de sacarosa en tallos, de respiración, fotosíntesis y formación de clorofila.**

FUNCIONES DEL K (2)

- **Participa en Permeabilidad de Membranas Celulares.**
- **Favorece Tolerancia a Heladas, Sequía y Salinidad de suelos**
- **Promueve Resistencia a Enfermedades.**
- **Reduce Volcamiento y Defoliación de Plantas.**
- **Mejora Calidad de Productos (color, tamaño, acidez, resistencia a transporte, manipulación y almacenamiento, valor nutritivo, cualidades industriales, etc.).**
- **Favorece Clarificación de Jugos en Ingenio.**

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

FUNCIÓN MACRONUTRIMENTOS SECUNDARIOS

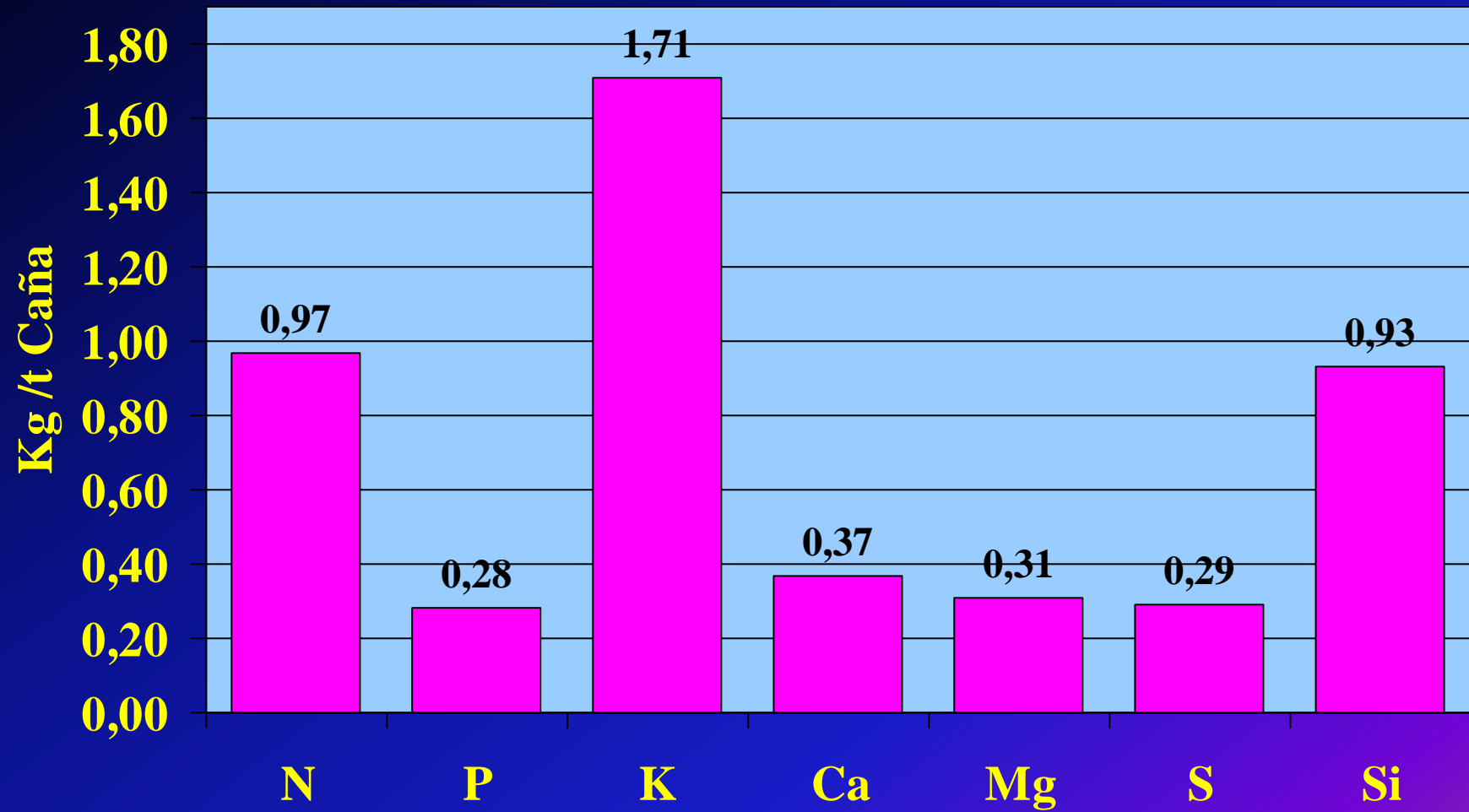
Ca	Interviene en Metabolismo del N y Formación de Paredes Celulares. Facilita Absorción Agua por Función Plasmolítica.
Mg	Átomo Central Molécula de Clorofila. Activador Enzimas Vinculadas con Metabolismo Energético y de Carbohidratos.
S	Componente de Aminoácidos y Vitaminas. Activador de Enzima Nitrato-Reductasa.
Si	Forma Parte de la Estructura. Favorece Economía Agua. Inhibe la Invertasa.

FUNCIÓN MICRONUTRIMENTOS

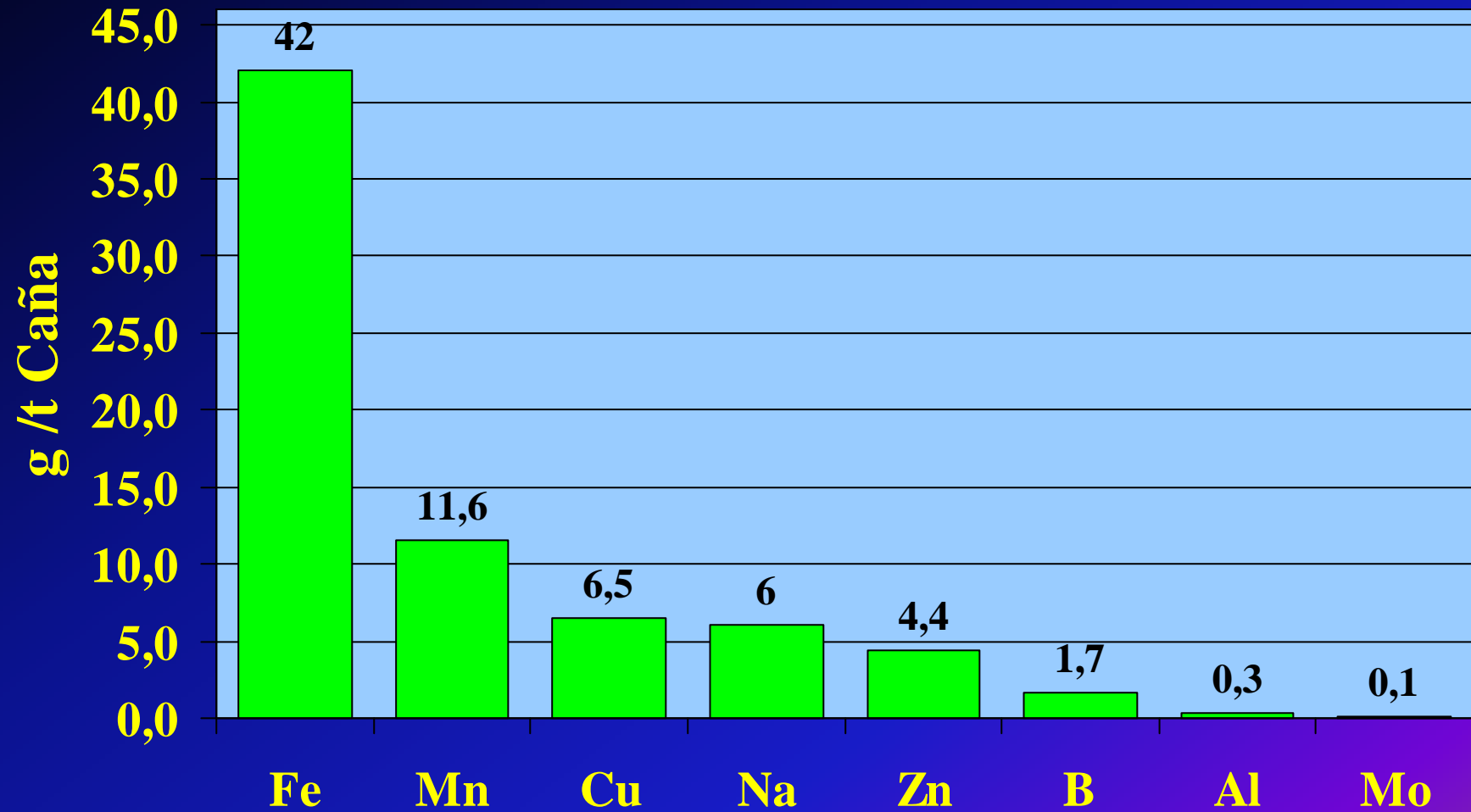
Zn	Síntesis Auxina (Triftofano). Promueve Elongación de Internudos. Activador Enzimas Deshidrogenasa y Transportadora de P.
B	Traslocación de Azúcares. Absorción Activa de N, K y Ca. División y Diferenciación Celular.
Cu	Formación de Clorofila. Activación de Enzimas Vinculadas con Respiración y Fotosíntesis.
Mn	Fase Oscura de Fotosíntesis. Enzimas Vinculadas con Respiración y Metabolismo N.
Fe	Síntesis de Clorofila. Procesos Oxidación-Reducción. Componente Esencial Enzimas.
Mo	Reducción de NO₃ y Fijación Biológica del N.

**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

Principios de la Fertilización

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


Muestreo de Suelos y Tejidos

CICLO VEGETATIVO

- CAÑA PLANTA
- CAÑA SOCA O RETOÑO

CAÑA PLANTA

- **FONDO DEL SURCO**
- **LADO DEL SURCO**



La Correcta Preparación del Suelo es Fundamental Para el Éxito Productivo



**Los Suelos Ácidos Deben
Corregirse y Acondicionarse
Mediante Encalado**

CAÑA DE RETOÑO

¿Dónde Puede Aplicarse la Cal?

- **LADO DEL SURCO DE PLANTAS**
- **ENTRESURCO**
- **SOBRE SURCO DE PLANTAS**
- **AL VOLEO**

**Prácticas Como:
Subsolado,
Desaporca y
Aporca son Muy
Efectivas**

**El Suelo Debe
Acondicionarse
Para que la Raíz
Pueda Operar
Satisfactoriamente**



La Aplicación de Cal Puede ser Manual o Mecánica

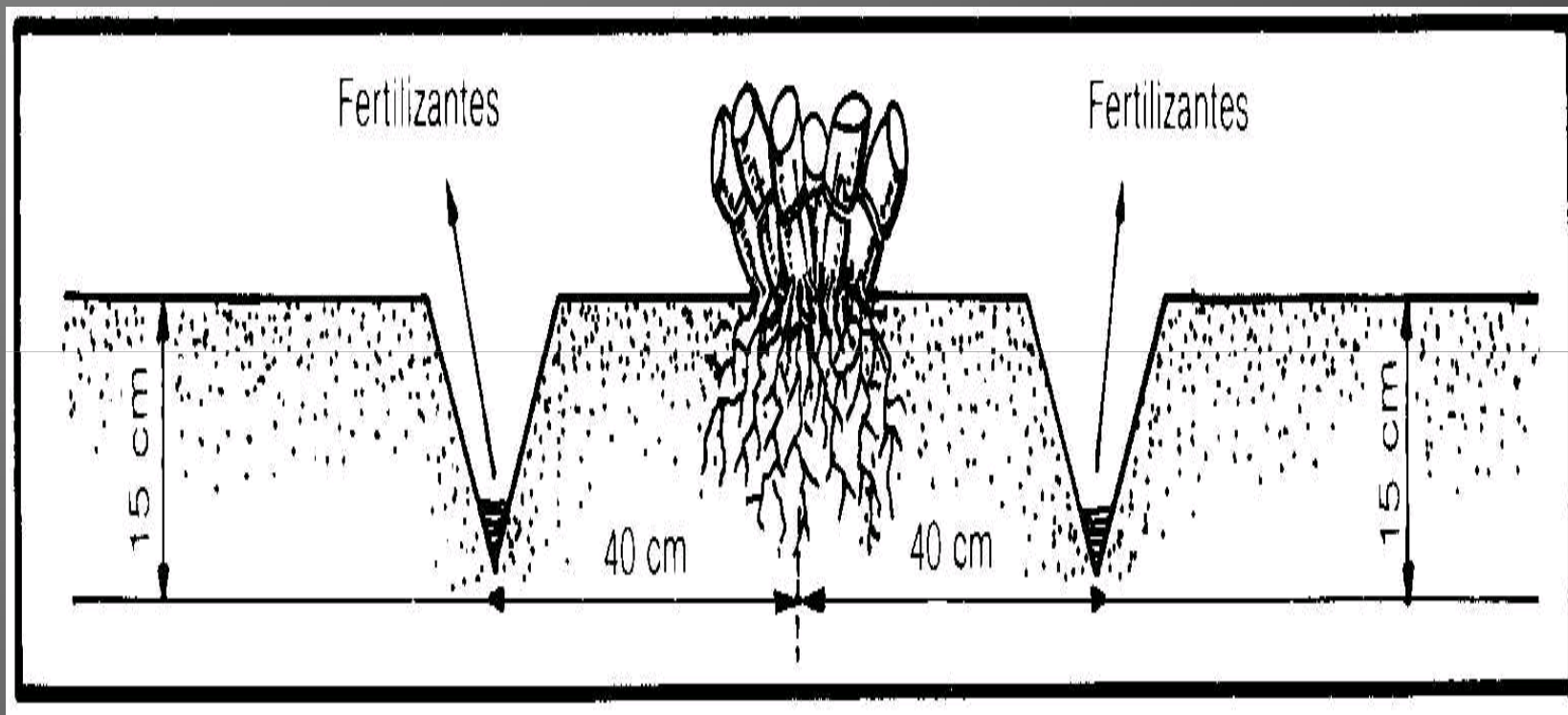




La Adición de Fertilizante debe ser Técnicamente Orientada, Nutricionalmente Balanceada y Económicamente Justificada.

¡Ojo al Cepeo! ¿Tendrá Sentido Productivo y Razonabilidad Económica el Fertilizar esta Plantación?

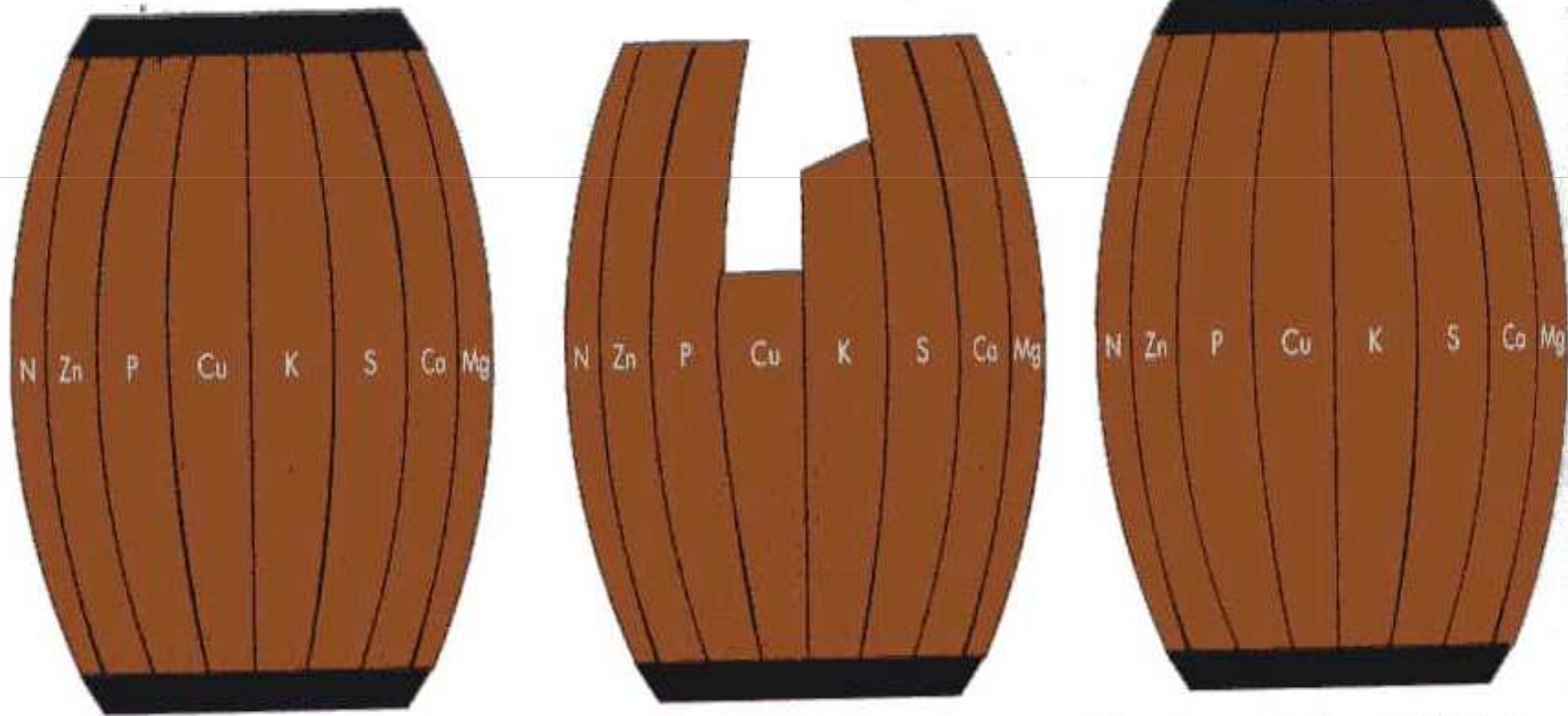
Posicionamiento del Fertilizante



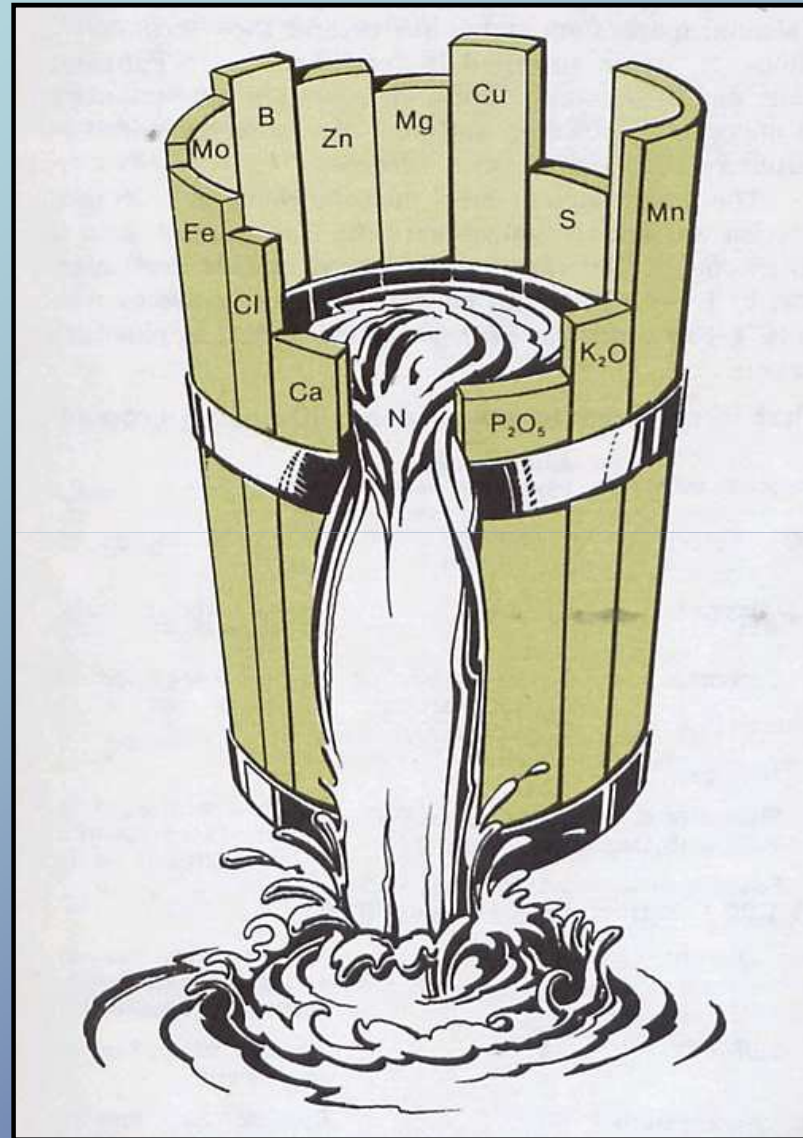
**La Ubicación Debe ir en Función del
Desarrollo Radicular**

PRINCIPIO DE LOS EQUILIBRIOS NUTRICIONALES

Los Sinergismos y Antagonismos Nutricionales Deben Tomarse en cuenta



Ley del Mínimo – Factor Limitante -- Liebig



Factores Que Definen la Eficiencia

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

Eficiencia de Aplicación

N 50 - 70 %

P 30 - 50 %

K 60 - 80 %

RESPUESTA POTENCIAL DE NUTRIENTES SEGÚN REGIÓN PRODUCTORA

REGIÓN	GRADO DE RESPUESTA	
	PREFERENCIAL	CIRCUNSTANCIAL
Guanacaste	N - P - S - Zn	K - B - Mn
Puntarenas	N - P - K - S - Zn	-
Valle Central	N - P - Ca - Mg	K
San Carlos	N - P - S	K - Ca
Turrialba-Juan Viñas	N - P - K - S - Zn	Ca - Mg - B
Pérez Zeledón	N - P - K - Ca - Mg - S - Zn - B	-

Fuente: Chaves (1996 y 1999_{cd})

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

