



Corrección de Suelos Ácidos y Encalado de la Caña de Azúcar

Marco Chaves Solera
LAICA-DIECA

Piedades Norte,
San Ramón, Costa Rica
24 Mayo 2004

Presentado en:

***Seminario Post Zafra
Sobre
Caña de Azúcar***

**Organizado por DIECA y la Cámara de
Productores de Caña del Pacífico.**

***Piedades Norte, San Ramón
Alajuela, Costa Rica***

24 Mayo 2004



OBJETIVO

Comentar generalidades relacionadas con la acidez de los suelos agrícolas, y referirse en particular a sus características y perjuicios sobre la productividad de la caña de azúcar. Enfatizar en el empleo de la Cal como práctica agrícola efectiva y de muy bajo costo que permite corregirla generando efectos muy favorables para el cultivo.



Suelos Ácidos y Producción Agrícola

Buena parte de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica presentan condiciones de fuerte acidez que debe ser corregida para potenciar altas productividades

Son muchos los factores que intervienen sobre la producción

La acidez limita el desarrollo de la raíz, la disponibilidad y absorción de los nutrientes



AGROSISTEMA PRODUCTIVO (UNIDADES)

Disponibilidad



Suelo
Solución del Suelo
Raíz

Además de la
Acidez hay
otros elementos
que intervienen

Extracción - Uso



Producción

Restitución al Suelo



ORIGEN DE LA ACIDEZ DEL SUELO

- ¿Qué la Provoca?
- ¿Cómo se Mide?
- ¿Cómo Afecta las Plantas?
- ¿Cómo se Controla?

Acidificación Zonas Tropicales

¿Qué la Provoca?

- ⦿ **Alta Precipitación**
- ⦿ **Altas Temperaturas**
- ⦿ **Alta Meteorización**

Acidificación Progresiva Suelos

Causas:

- Meteorización
- Lavado de Bases
- Reemplazo H^+ y Al^{3+} en Complejo de Intercambio
- Extracción de Nutrientes
- Uso Excesivo de Fertilizantes

Infertilidad de Suelos Ácidos

Atribuida a:

- Exceso Al^{+3}
- Deficiencia $Ca^{+2} - Mg^{+2}$
- Toxicidad $Mn - Fe$
- Toxicidad H^{+}

La acidificación del suelo es un proceso continuo y sistemático de pérdida de bases y dominio de iones inductores de acidez

Indicadores de Acidez

¿Cómo se Mide e Interpreta la Acidez?

- **pH < 5,5**
- **Acidez o Al^{+3} Intercambiable $> 0,5$ cmol (+)/l**
- **Suma de Bases (Ca +Mg + K) < 5 cmol(+)/l**
- **Saturación (%) Acidez**

ENCALADO Y NUTRICIÓN

La relación es directa. La caña de
azúcar se ve limitada por la acidez
del suelo

¿Qué Hay en el Suelo?

¿Qué Necesita la Planta?

¿
Cuánto
Qué
Cómo
Cuándo
Dónde

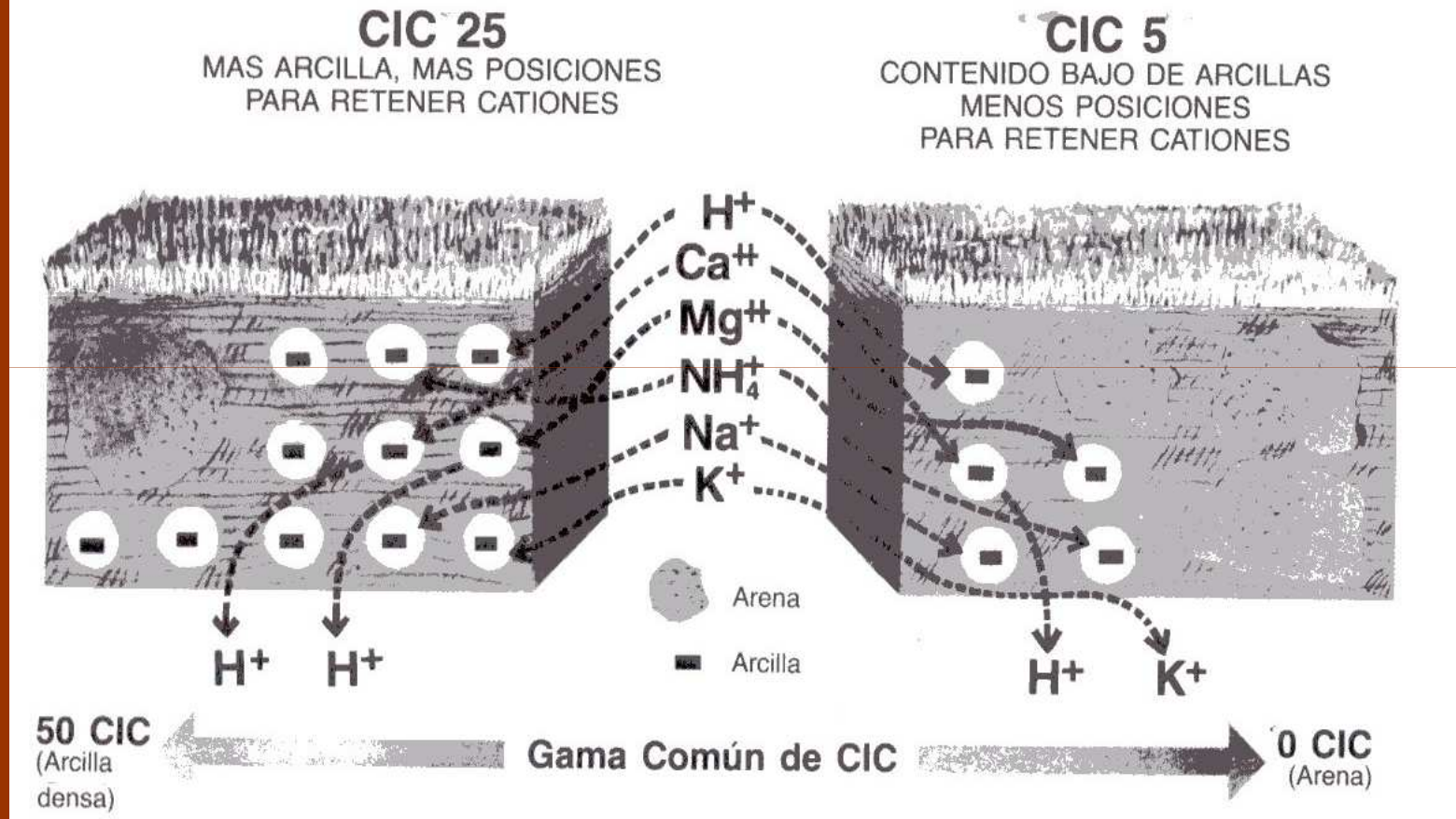
Aplicar

**¿Qué Caracteriza
un Suelo Ácido?**

**¿Cómo Reconozco
un Suelo Ácido?**

La Retención y Movilidad de los Iones en el Suelo es muy Importante en Nutrición de Plantas

VISTA ESQUEMATICA DEL INTERCAMBIO CATIONICO

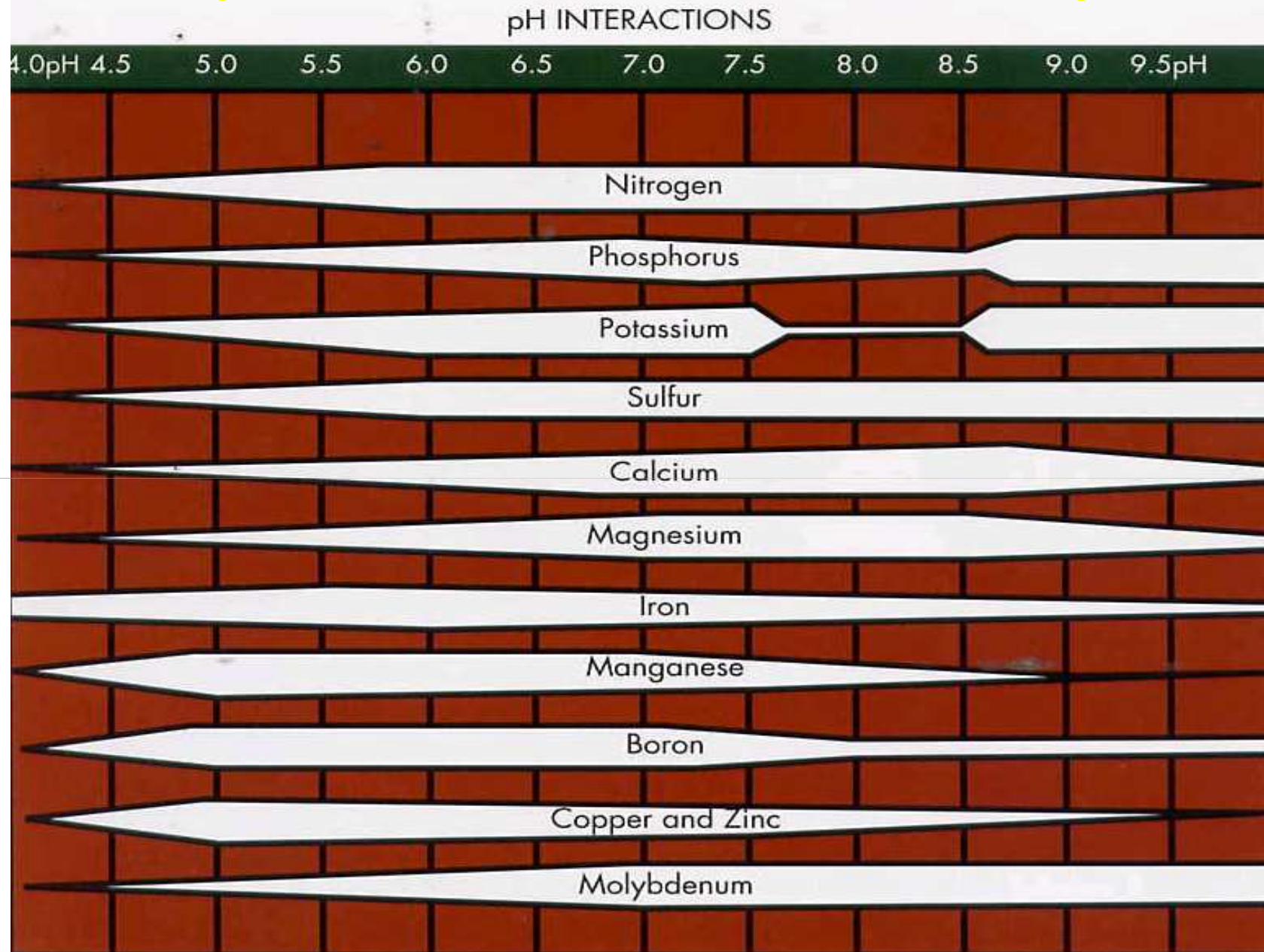


¿Cómo se mide la Acidez en un Suelo?

ACIDEZ y pH

**La medición del pH permite juzgar
el grado de acidez**

Interpretación de la Acidez en función del pH



Conceptos de Acidez

Antiguo:

Aplicar Cal Hasta Elevar pH a 6,5

Moderno:

Eliminar Efectos Nocivos Acidez

Considera Acidez Intercambiable

Algunos Valores Referentes de pH

Compuesto	Valor pH
Jugo de Limón	2,3
Vinagre	2,8
Jugo de Naranja	3,7
Café Negro	5,0
Leche	6,6
Sangre Humana	7,4

CONTENIDO QUÍMICO EN SUELOS DE COSTA RICA

REGIÓN	MUESTRAS (Nº)	pH	SATURACIÓN ACIDEZ (%)	cmol (+)/l		ug/ml	
				CICE	Al	P	Fe
Guanacaste	159	6,4	0,61	26,37	0,16	17,3	64
Esparza	51	5,8	3,46	8,7	0,3	9,9	65
Valle Central	118	5,3	9,39	6,28	0,59	8,4	+100
San Carlos	317	5,4	4,58	10,04	0,46	3,8	91
Turrialba	145	5,1	12,55	7,25	0,91	5,9	+100
Pérez Zeledón	104	4,9	36,64	4,64	1,7	4,9	+100
Promedio		5,48	6,54	10,55	0,69	8,37	+100
Total	894						

**¿POR QUÉ SE DEBEN
ENCALAR LOS SUELOS?**

**¿Qué Valor Agregado
Incorpora la Práctica?**

La Cal contrarresta el efecto negativo provocado por la Acidez neutralizando sus efectos sobre la disponibilidad de nutrimentos esenciales y la raíz



La Cal actúa como un “Cebo”

Correctivo =

**Producto con Sustancias Capaces
de Corregir una o Más
Características del
Suelo, que son
Desfavorables
a las Plantas**

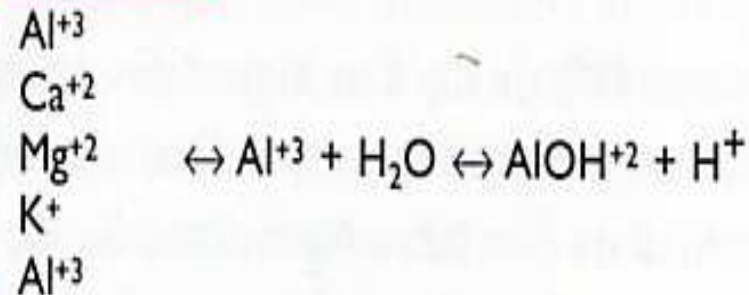
Efectos del Encalado

- **Sobre Propiedades Físicas**
- **Sobre Propiedades Químicas**
- **Sobre Propiedades Biológicas**

Acción Correctiva del Carbonato de Calcio en el Suelo

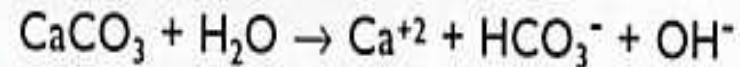
SUELO ÁCIDO

ARCILLA



Dominio de Iones Inductores de Acidez

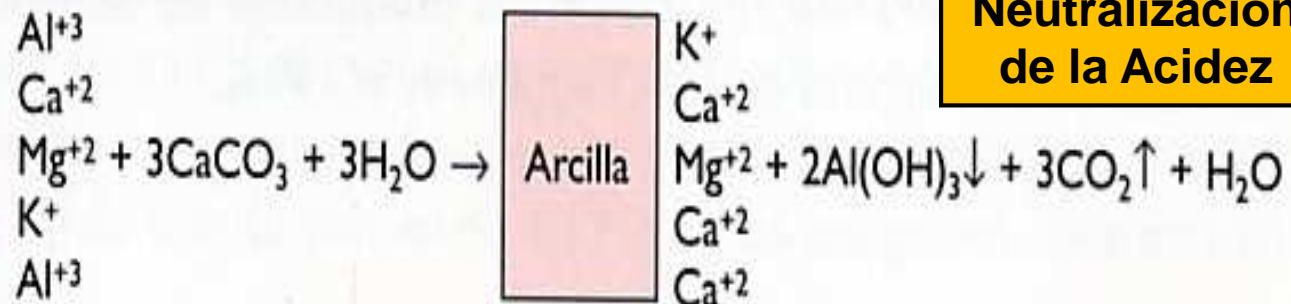
MATERIAL ENCALANTE



Reacción de la Cal en el Suelo

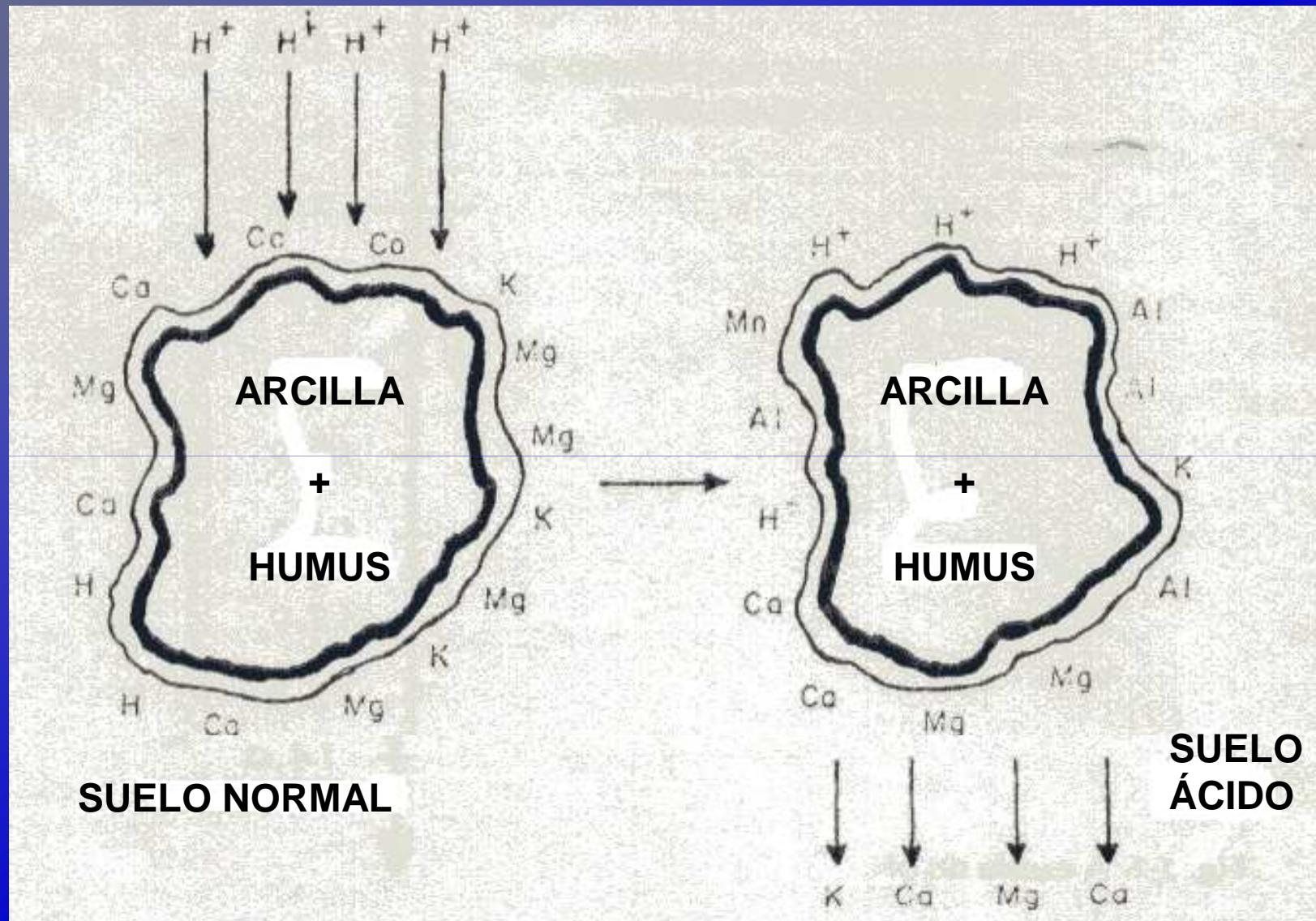
REACCIÓN DE ENCALADO

ARCILLA

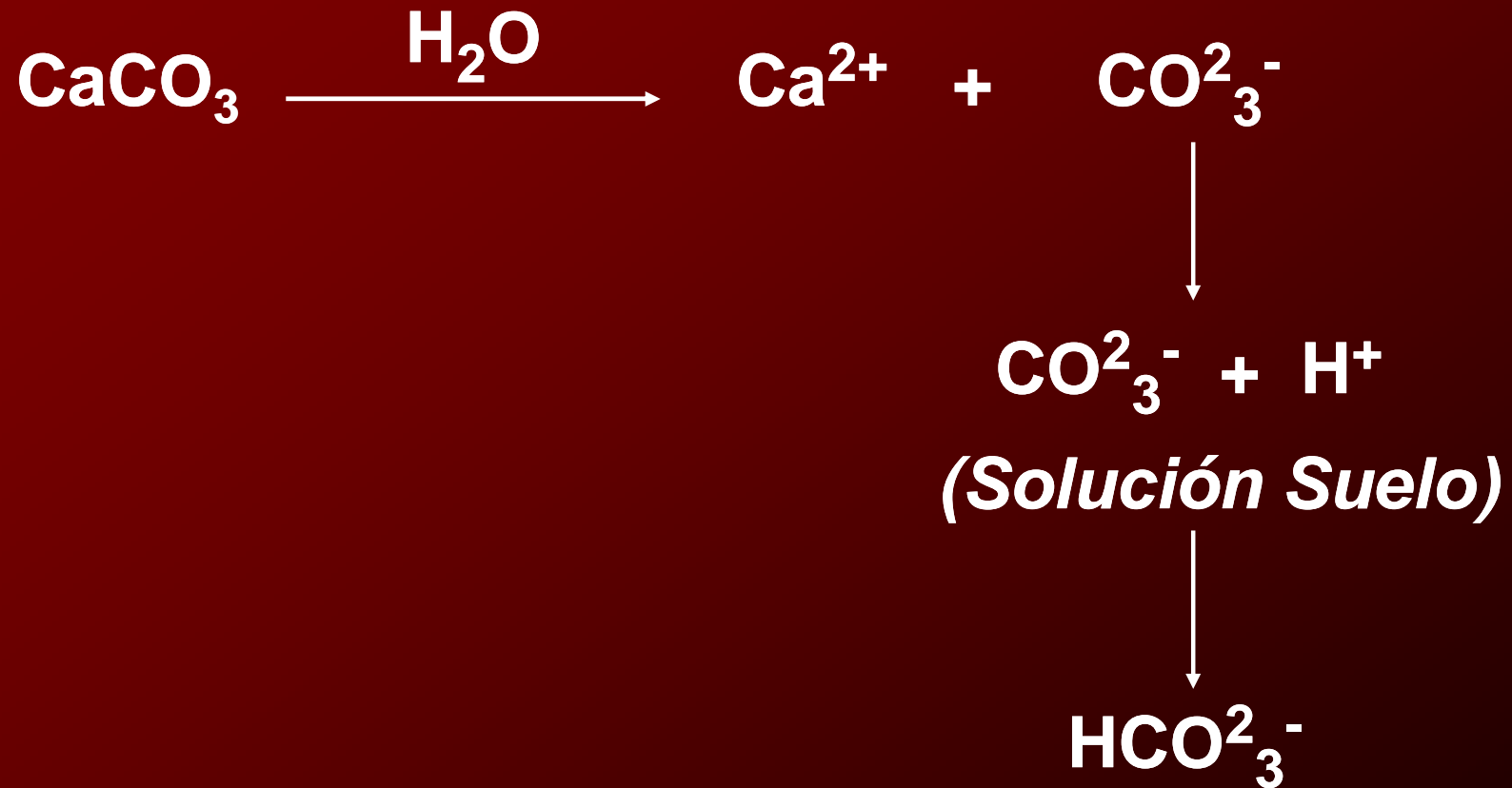


Neutralización de la Acidez

Efecto acidificante inducido por la lluvia



Efecto de la Cal en el Suelo



(K_b = 2,18 x 10⁻⁴, Base Fuerte)

Efectos del Encalado

- ❖ Disminución Concentración Iones H^+
- ❖ Aumento Concentración Iones OH^-
- ❖ Reducción Solubilidad y Toxicidad: $Al-Mn-Fe$
- ❖ Incremento Solubilidad y Disponibilidad: $Ca-Mg-Mo$
- ❖ Reducción Disponibilidad: $B-Mn-Cu-Zn$

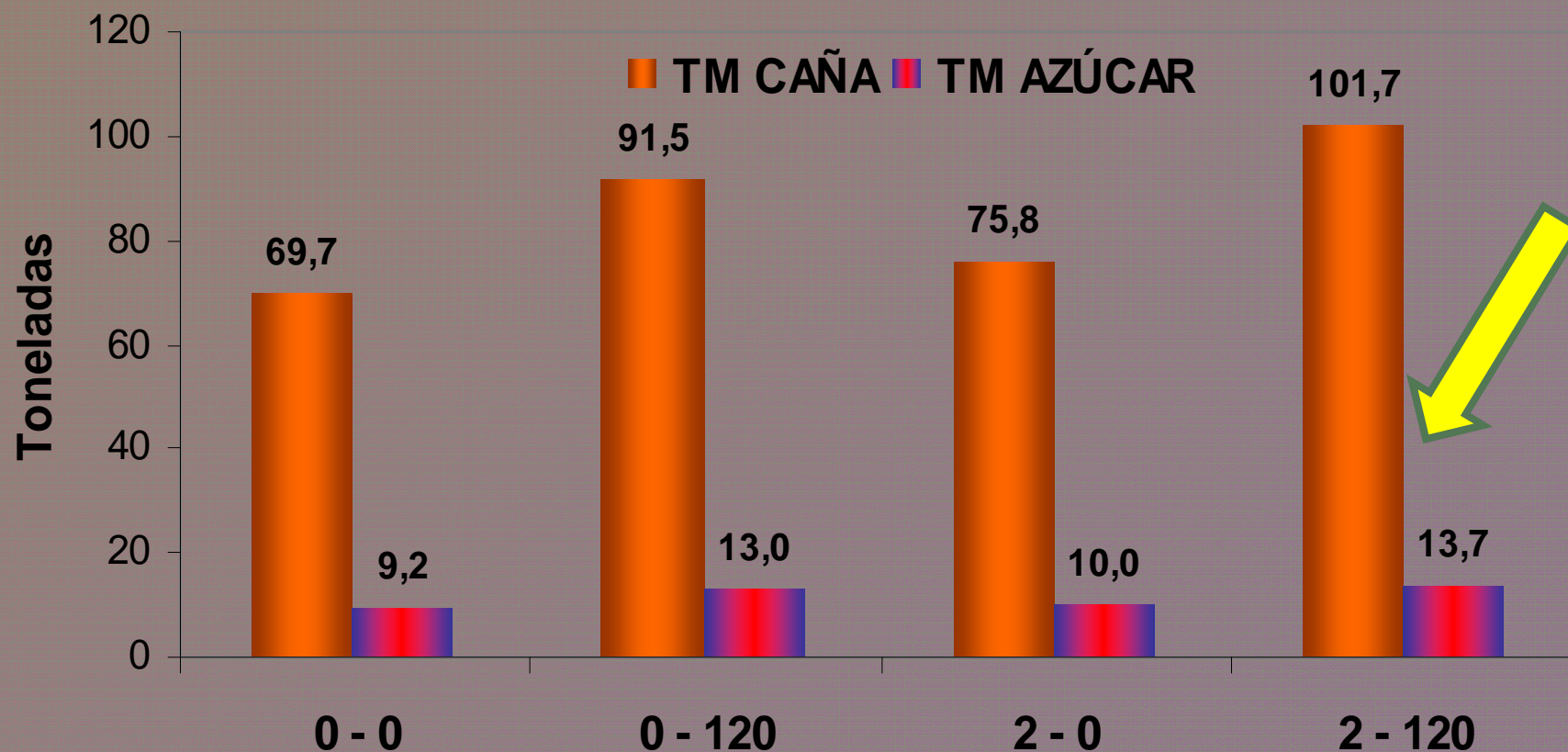
Efectos del Encalado

- ❖ **Aumento CIC por Incremento de Cargas Dependientes del pH**
- ❖ **Aumento Saturación (%) Bases**
- ❖ **Incremento Actividad Microbial del Suelo**
- ❖ **Mayor Descomposición M.O.**
- ❖ **Mejoramiento Propiedades Físicas del Suelo**

Interacción Cal - P

Esta relación es directa, positiva y determinante para el éxito productivo de la caña de azúcar. Representa uno de los efectos más evidentes de beneficio de encalar el suelo

Estudio Interacción CaCO_3 - P_2O_5 . Promedio de 4 Cosechas. Tucurrique, Turrialba.

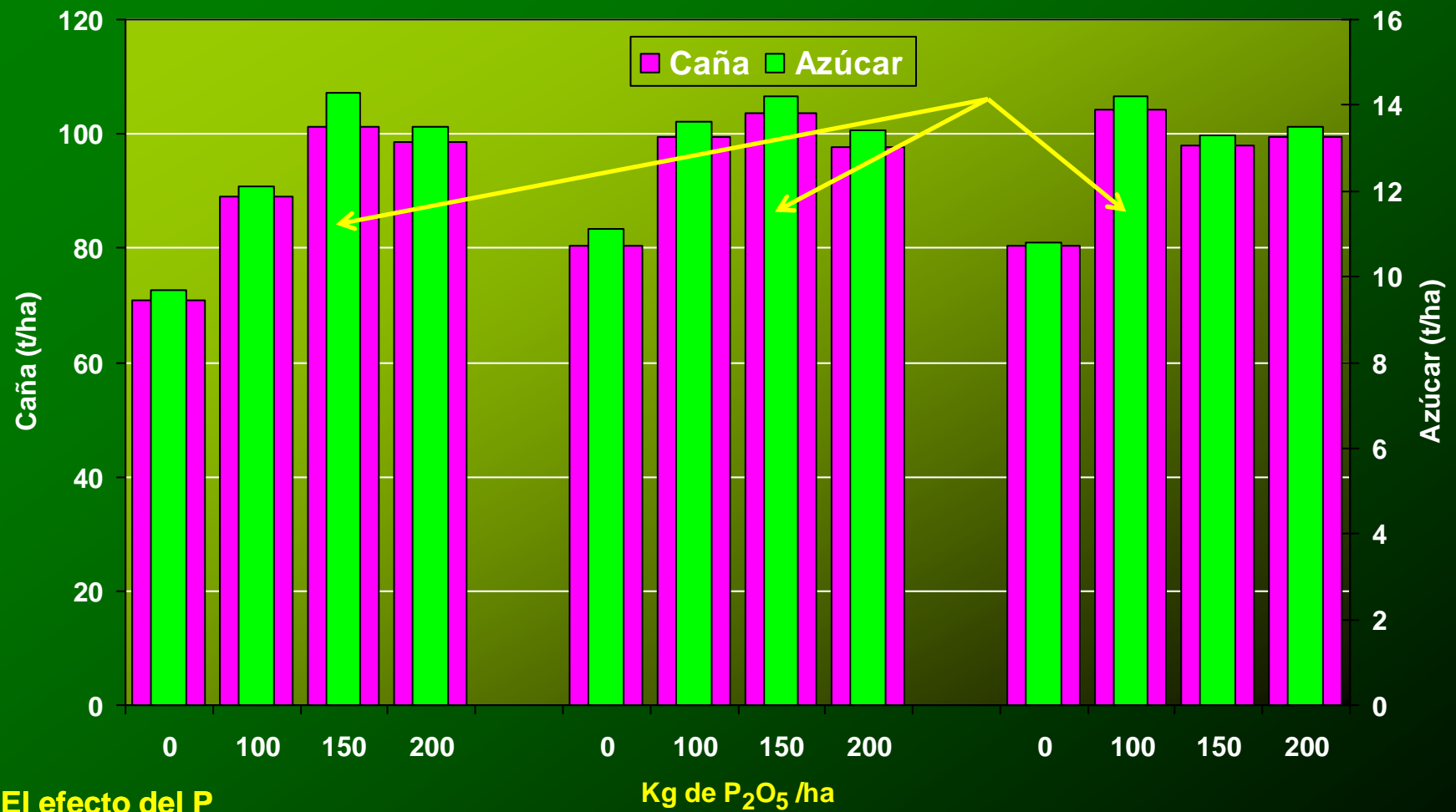


Es claro que el P adicionado en un suelo con acidez neutralizada Proporciona mejor efecto

Interacción Cal - P

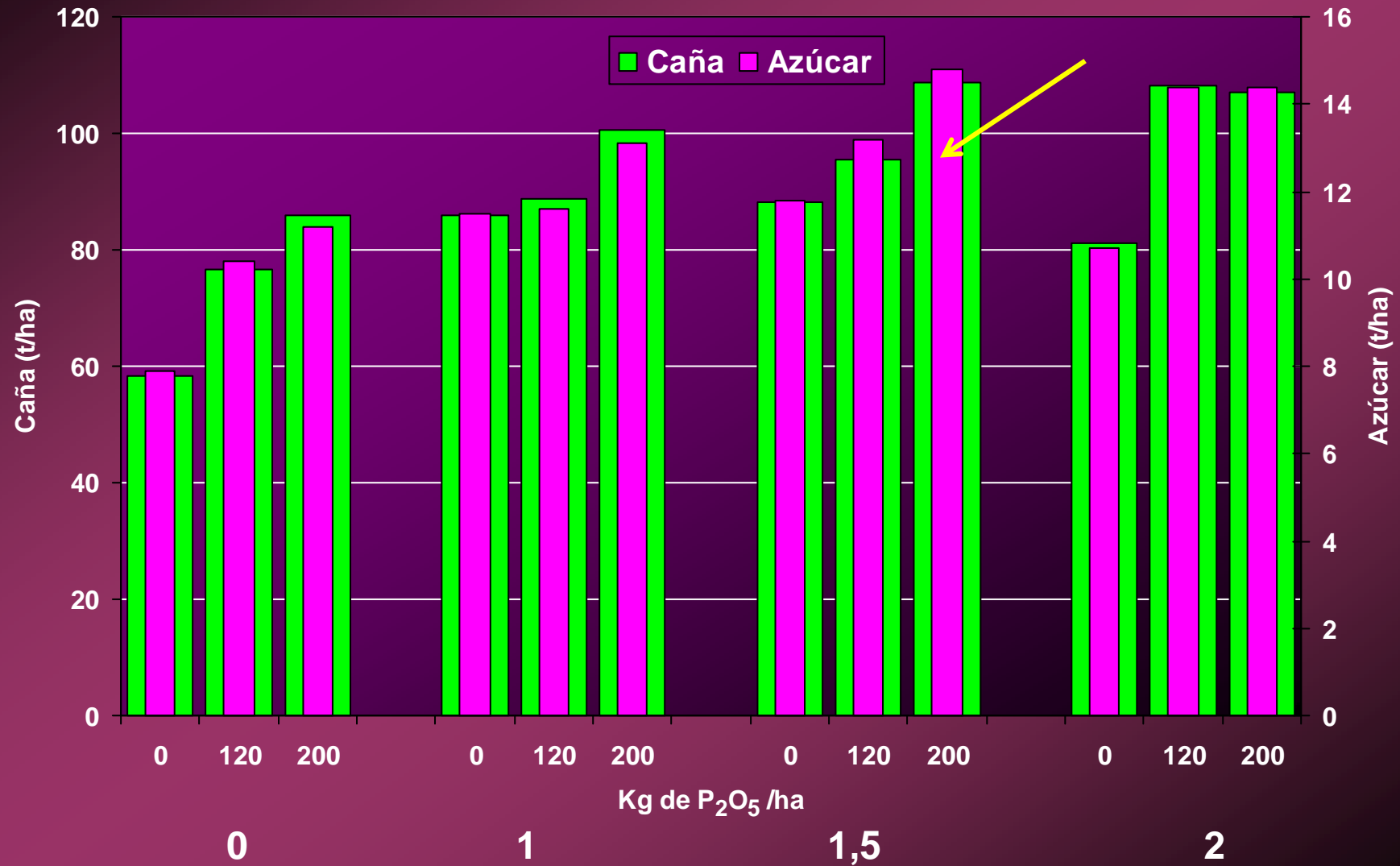
La interacción Cal-P es buena marcando el P la pauta

Estudio Interacción CaCO_3 - P_2O_5 . San Pedro de Pérez Zeledón. Promedio de 3 Cosechas



El efecto del P se ve favorecido por la Cal

Estudio Interacción CaCO_3 - P_2O_5 . La Suiza - Turrialba. Promedio de 4 Cosechas



¿Cuándo Encalar?

El momento de adicionar la Cal es fundamental virtud de su efecto sobre el suelo y beneficio sobre la planta. El momento debe ser oportuno.

El momento va en relación directa con la fertilización, tanto en ciclo planta como soca.

Cualquier práctica o acción vinculada con la nutrición de la planta debe tener como fundamento el conocimiento de las características físico-químicas que se va o pretende mejorar.



Consideraciones Para Aplicar Cal

- **Características Físico-Químicas y**

- Microbiológicas del Suelo**

- **Calidad del Calcáreo por Emplear**

- **Especie de Planta y/o Variedad**

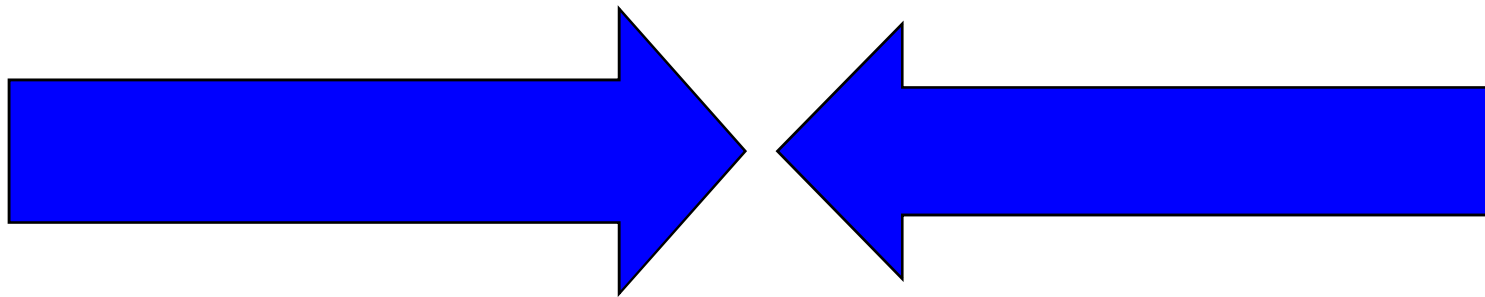
- **Elementos Administrativos y Económicos**

Características de Calidad de un Correctivo



- **Capacidad o Poder Neutralizante**
- **Forma Química**
- **Tamaño Partículas (*Granulometría*)**
- **Reactividad y Residualidad**
- **Contenido Nutricional**
- **Relación Ca/Mg**

**PODER
NEUTRALIZANTE
DE UNA CAL**



Constituyente Neutralizante

o

Principio Activo

Carbonatos (CO_3^{2-}) *

Óxidos (O^{2-}) **

Hidróxidos (OH^-) **

Silicatos (SiO_3^{2-}) *

* Base Débil
** Base Fuerte

La determinación previa del constituyente Neutralizante es fundamental en el efecto esperado y procurado. No todos actúan igual.

PRODUCTOS PARA ENCALAR

CONSTITUYENTE NEUTRALIZANTE	FÓRMULA QUÍMICA	EQUIVALENTE % Ca CO ₃
Carbonato de Calcio	Ca CO ₃	100
Carbonato de Magnesio	Mg CO ₃	119
Hidróxido de Calcio	Ca (OH) ₂	135
Hidróxido de Magnesio	Mg (OH) ₂	172
Óxido de Calcio	Ca O	178
Óxido de Magnesio	Mg O	248
Silicato de Calcio	Ca SiO ₃	86
Silicato de Magnesio	Mg SiO ₃	100
Dolomita (Pura)	Ca CO ₃ + Mg CO ₃	109
Dolomita (Viva)	Ca O + Mg O	208
Dolomita Apagada	Ca (OH) ₂ + Mg (OH) ₂	151

Pureza de las Fuentes

Como en todo la Calidad se impone y en materia de encalado la Pureza y la Granulometría del producto resultan esenciales en el efecto correctivo esperado

REACTIVIDAD

VS

RESIDUALIDAD

EFICIENCIA RELATIVA DE LA CAL SEGÚN FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA (MAG)

Número Mallas	Abertura Malla (mm)	Eficiencia Relativa (%)
< 9	> 2	0
9 - 16	2 - 1	20
16 - 60	1 - 0,25	50
> 60	< 0,25	100

La calidad Granulométrica del producto es fundamental

Determinación Fracciones Granulométricas de la Cal

$$\begin{array}{l} \text{Eficiencia} \\ \text{Relativa} \\ \text{Granulométrica} \\ \text{(\%)} \end{array} = F_1 \times \frac{E_{R1}}{100} + F_2 \times \frac{E_{R2}}{100} + F_3 \times \frac{E_{R3}}{100} + \dots + F_n \times \frac{E_{RN}}{100}$$

Donde:

$F_1, F_2, F_3, \dots, F_n =$ % de Diferentes Fracciones Granulométricas Retenidas por Mallas

$E_{R1}, E_{R2}, E_{R3}, \dots, E_{RN} =$ Tasas (%) de Eficiencia de Respektivas Fracciones Granulométricas

La determinación de las fracciones granulométricas del material encalante es esencial

Una Buena Cal Debe Atravesar



95%	Malla N° 10	2,00 mm
70%	Malla N° 20	0,84 mm
50%	Malla N° 50	0,297 mm

Esto Asegura sólo 5% de Material Grueso

Poder Relativo de Neutralización Total (PRTN)

Concepto moderno para medir e interpretar la Calidad del calcáreo, pues integra la Capacidad Neutralizante y la Granulometría del producto

$$\text{PRNT (\%)} = \% \text{ E. CaCO}_3 \times \frac{\% \text{ ERg}}{100}$$

Donde:

E. CaCO₃ = Equivalente % de CaCO₃

ERg = Eficiencia Relativa Granulométrica

¿Cuánta Cal Debe Aplicarse?

La cantidad depende del grado de acidez y la necesidad de su corrección en función del programa establecido

Cantidad de Cal

- Grado de Acidez del Suelo
- Fuente de Cal Utilizada
- PRNT del Material Encalante
- Forma de Aplicación
- Método de Cálculo (NC) Utilizado
- Tiempo Previsto / Reacción
- Estrategia de Manejo del Cultivo
- Capacidad Económica y Administrativa

Cálculo de Calcáreo

$$NC = \frac{1,5 (AI - RAS) \times (CICE)}{100} \times \frac{1}{PRNT}$$

AI = % Saturación Acidez Real

RAS = % Saturación Acidez Deseada (20–30%)

Existen varios métodos empleados en el cálculo de necesidades, los cuales están determinados por el principio seguido y las variables utilizadas

¿Cómo Encalar?

La forma esta determinada por varios elementos como: grado de pendiente, grado de acidez presente en el suelo, ciclo vegetativo (planta-soca), grado de corrección deseado, capacidad financiera y mano de obra disponible

¿Dónde Encalar?

Las posibilidades dependen en mucho del Ciclo Vegetativo (planta-soca) y la posibilidad de mecanizar



El mayor contacto de la Cal en superficie y en profundidad del suelo es lo técnicamente deseable pues incrementa el área corregida y con ello la capacidad de exploración de las raíces



Formas de Aplicación y Colocación del Producto

- Voleo
 - Bandas
- } Incorporado o No Durante la Siembra
- Fondo Surco → **Planta**
 - Entrecalle (E)
 - Banda de Plantas (B)
 - Combinado (B + E)
- } Retoño

La raíz es la que recibe el beneficio directo de corregir la acidez del suelo incrementado su área potencial de exploración y absorción de agua y nutrimentos

Dolomita como Opción Agrícola

Tiene la ventaja de aportar
simultáneamente Calcio y Magnesio

¡Es una excelente opción!

Yeso

Agrícola

No es una fuente correctora de acidez como erróneamente se expresa pues su base es débil, pero si contribuye a reducir (por intercambio) la presencia y concentración de Aluminio en la micela del suelo.

¿ Propiedades de Una Cal?

Previo a seleccionar la fuente comercial de material encalante por aplicar, resulta prudente, necesario y obligado revisar las características y propiedades de la misma; esto por una razón:

¡No todas son iguales!

Productos Para Encalar

Actualmente existen muchos productos comerciales con características diferentes suficientes para utilizar de acuerdo a las necesidades que surjan en cuanto a ión acompañante, residualidad, reactividad, etc.

Tipos de Calcáreos

Calcíticos : $\text{MgCO}_3 < 5\%$ (2,5% MgO)

Magnesianos : MgCO_3 5 - 20% (2,5 - 10% MgO)

Dolomíticos : $\text{MgCO}_3 > 20\%$ (> 10% MgO)

La concentración de Mg marca diferencia, no todo lo que se dice Dolomítico o Magnésiano lo es. Es necesario el análisis para juzgar con certeza.

¿Correctivos de Acidez?

BaO

FeO

NaOH

MnO

BaSiO₃

Al₂O₃

Na₂CO₃

LiCO₃

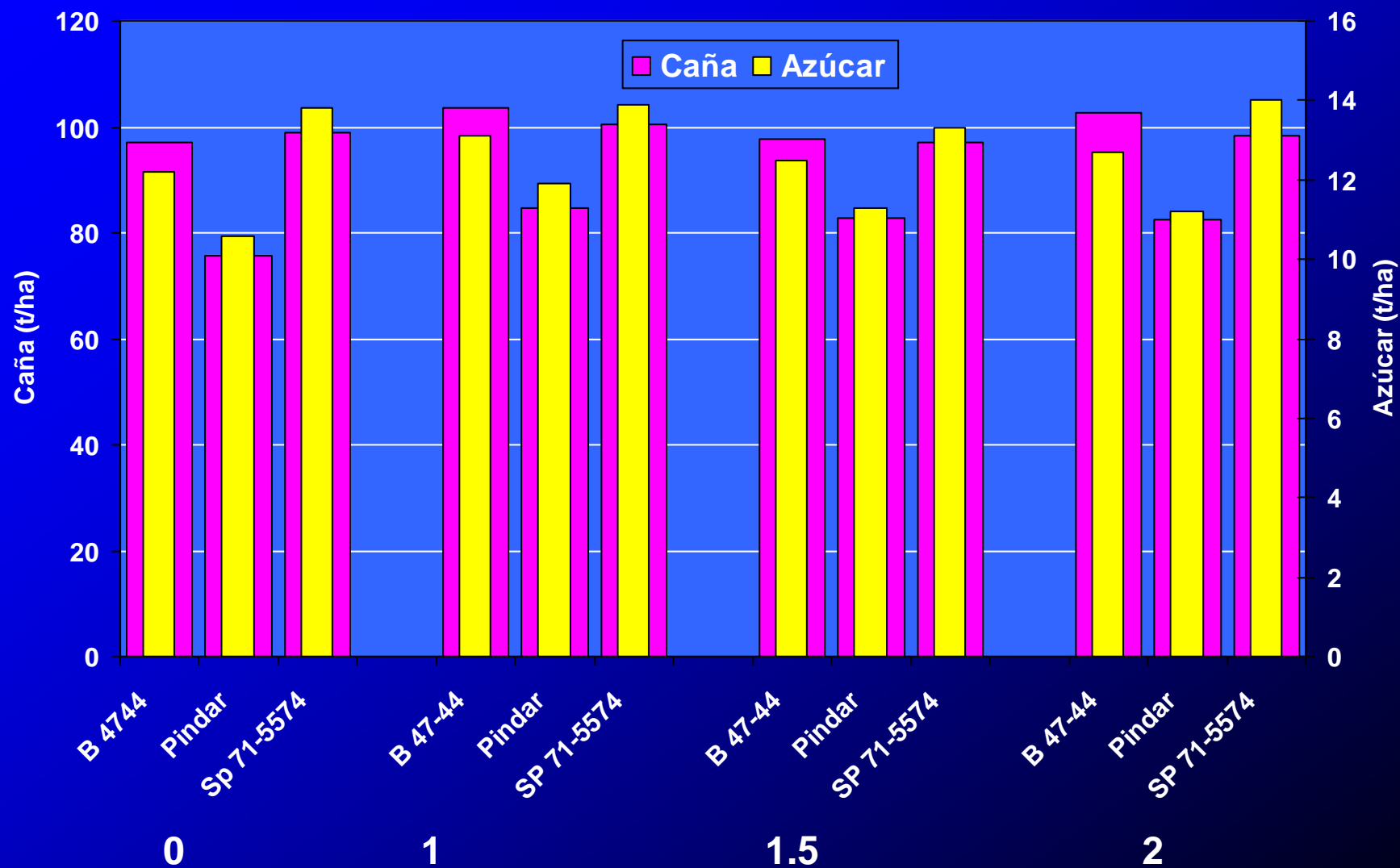
BaCO₃

MgC₂O₄

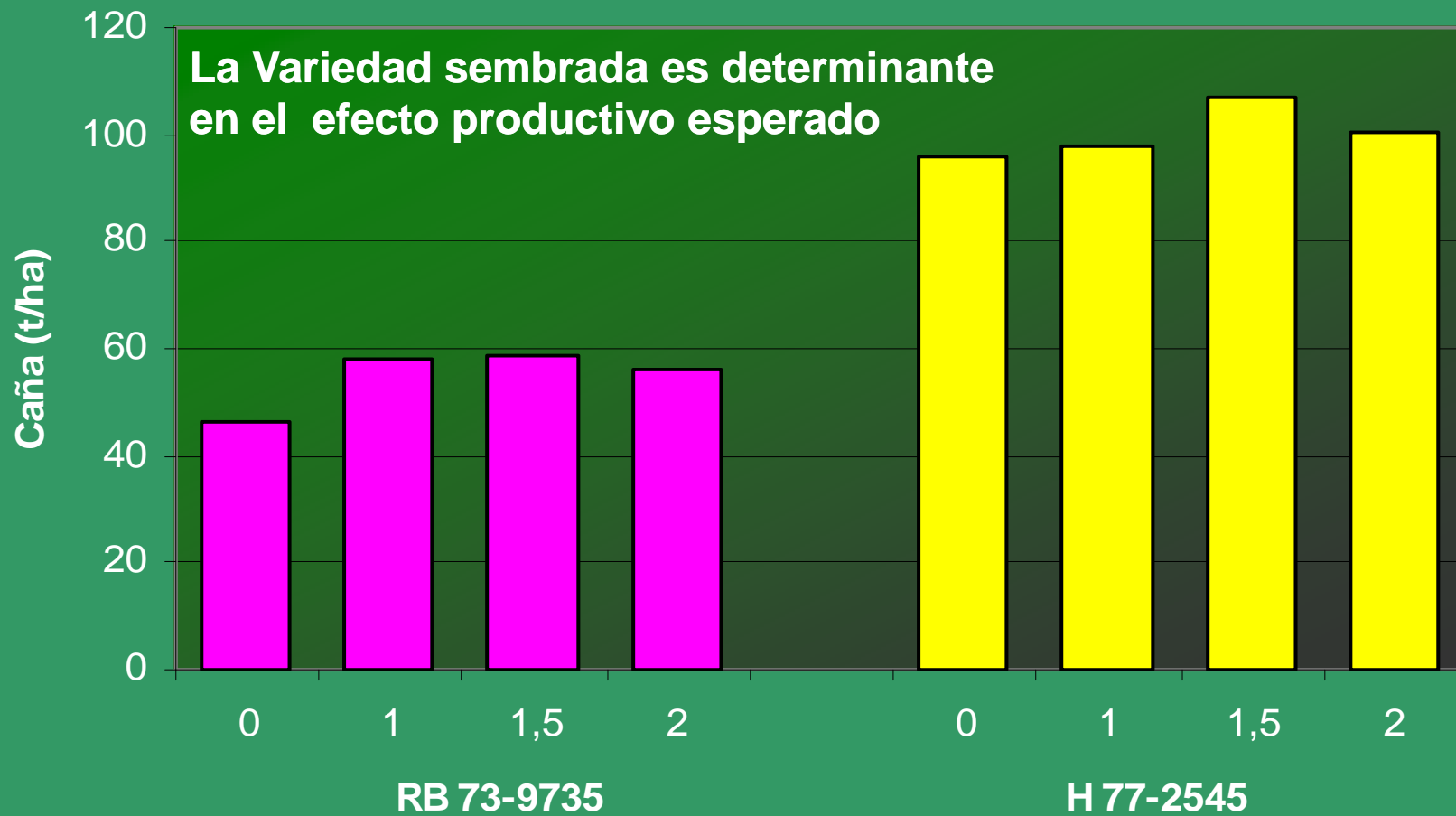
- **Contener Ca y Mg**
- **Disponibilidad Comercial**
- **Poder Neutralizante**
- **Precio**

No es suficiente la simple presencia de Calcio y Magnesio para tener potencial para corregir la acidez del suelo

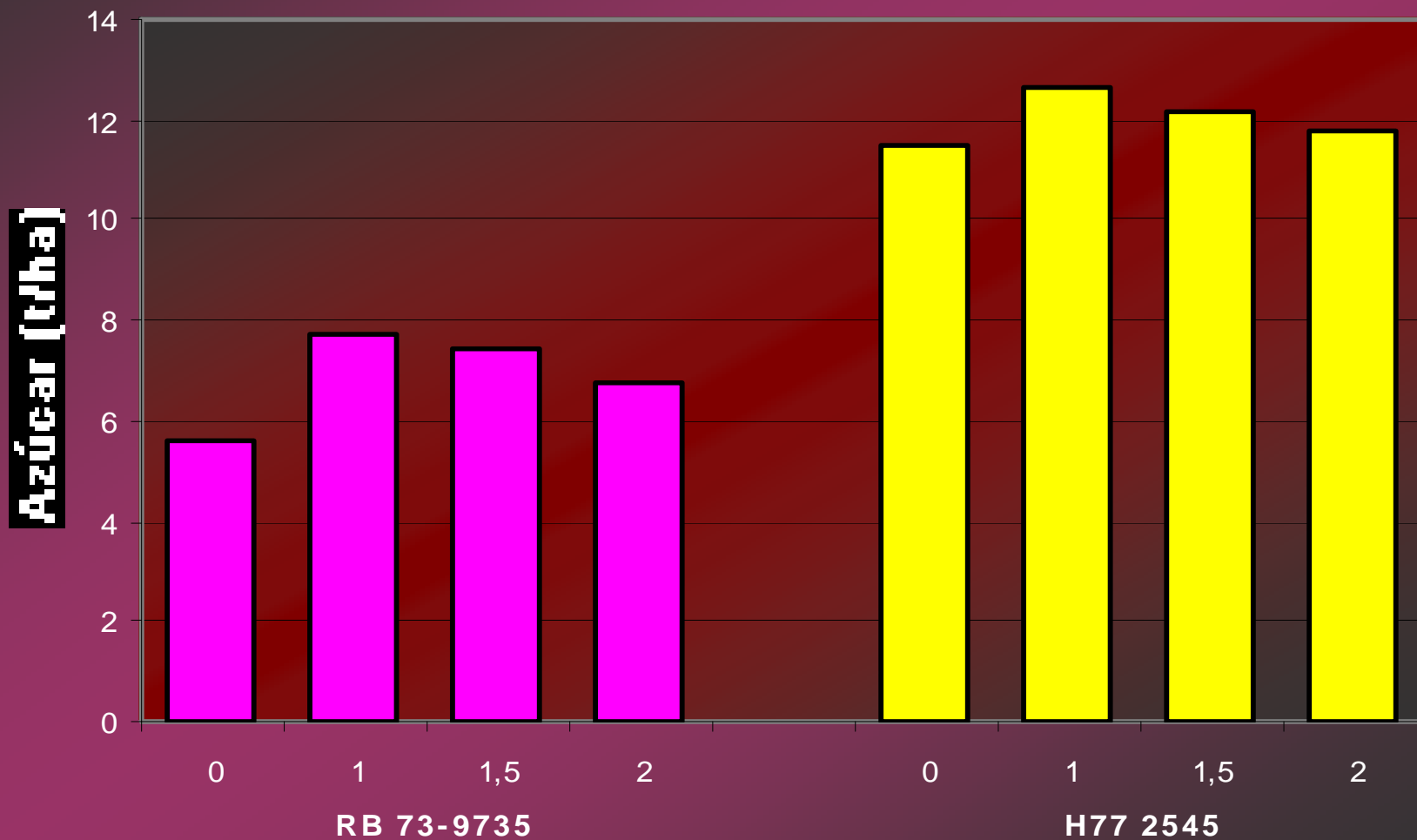
Estudio de Variedades Vs Dosis de CaCO₃. Pérez Zeledón. Promedio de 3 Cosechas



Producción de Caña según Variedad y Dosis de CaCO₃. Primera Cosecha. San Ramón.



Producción de Azúcar (t/ha) según Variedad y Dosis de CaCO₃. Primera Cosecha. San Ramón.



PRECIOS DE MERCADO *(mayo 2005)*

Enmienda	Presentación (kg)	Precio Total		Precio Unitario/kg	
		¢	us\$	¢	us\$
CaCO₃	45	765,0	1,61	17,06	0,036
Dolomita	50	2.220,0	4,68	44,56	0,094
CaSO₄	45	2.750,0	5,80	61,15	0,129

1 US\$ = 474,00

Costo Implicado en Aplicar 1 TM/ha

Correctivo	Costo (US\$)	Costo (¢)	Diferencia (¢)	Diferencia (%)
CaCO₃	35,78	16.959,70	----	----
Dolomita	93,60	44.366,40	27.406,70	261,6
CaSO₄	128,89	61.093,85	44.134,15	360,2

1 US\$= ¢ 474

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

