



ENCALADO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Marco Chaves Solera
LAICA-DIECA

EARTH
Guácimo, Limón
Mayo 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 generalidades sobre la acidez de los suelos agrícolas, sus características y perjuicios y el empleo de la Cal como una práctica agrícola difundida, muy efectiva y de muy bajo costo que permite contrarrestarla generando efectos muy positivos para la caña de azúcar.

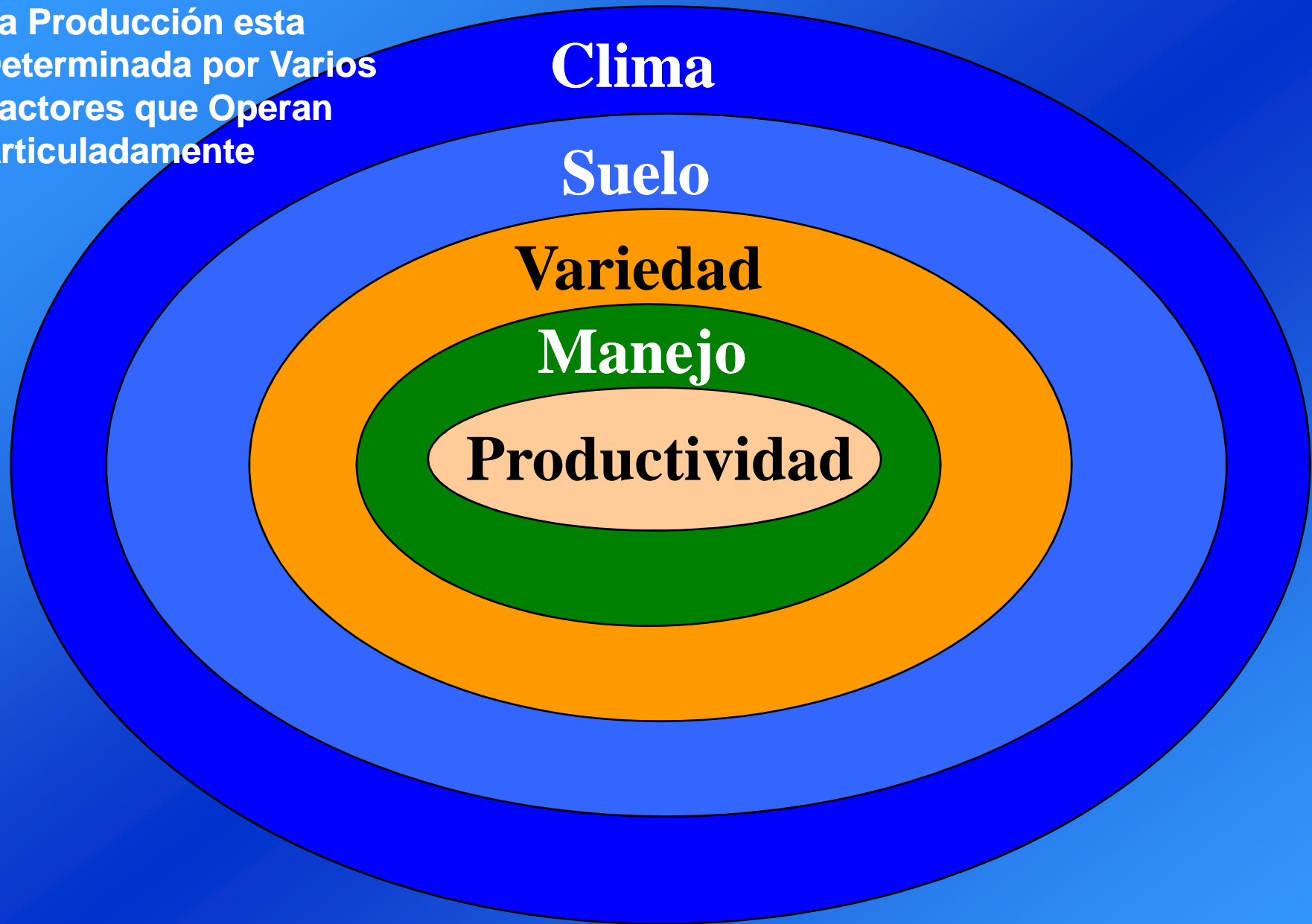


Suelos Ácidos y Producción Agrícola

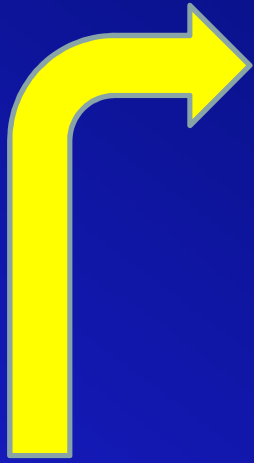
**La Acidez Limita la Expresión del
Potencial Productivo de una Variedad**

**¡Buena Parte de los Suelos Cañeras
son de Características Ácidas!**

La Producción esta
Determinada por Varios
Factores que Operan
Articuladamente



AGROSISTEMA PRODUCTIVO (UNIDADES)



**Ruta de un
Nutrimento
en el Suelo**

Disponibilidad



Extracción



Restitución

**Relaciones
Directas
Vinculadas
con la
Nutrición de
un Cultivo**

**ORIGEN Y
NATURALEZA
DE LA
ACIDEZ DEL
SUELO**

Factores Inductores de Acidificación Zonas Tropicales:

- **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 Nutrimentos
- Uso Excesivo de Fertilizantes

Infertilidad de Suelos Ácidos

Atribuida a:

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

Indicadores de Acidez en el Suelo

- **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

**Una Relación Directa Altamente
Rentable y Productivamente
Satisfactoria**

¿Qué Hay en el Suelo?

¿Qué Necesita la Planta?

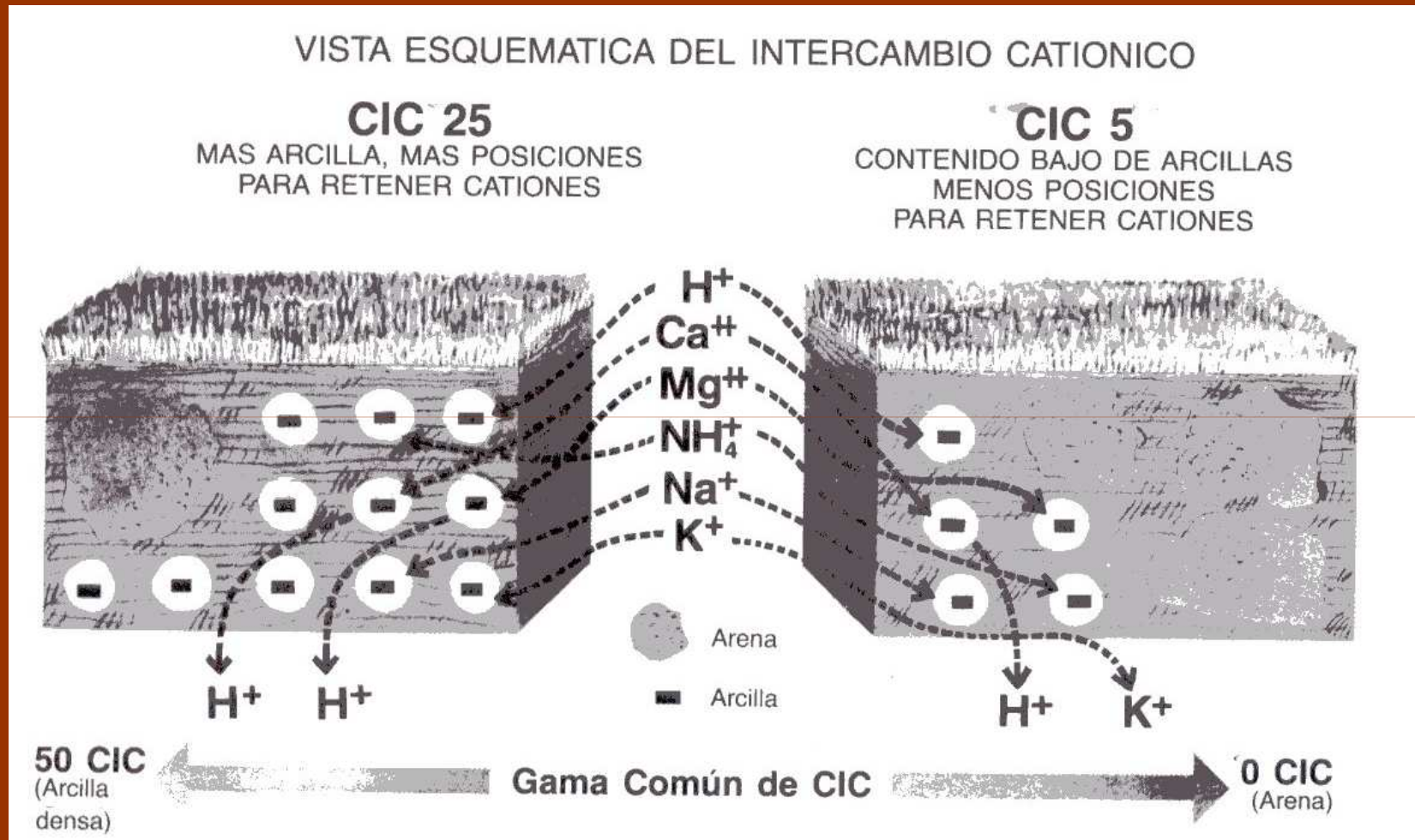
¿
Cuánto
Qué
Cómo
Cuándo
Dónde
?

Aplicar

¿Qué Caracteriza un Suelo Ácido?

¿Cómo Afecta esto a
la Caña de Azúcar?

La Carga Eléctrica (-) del Suelo Determina la Capacidad de Intercambio de Iones



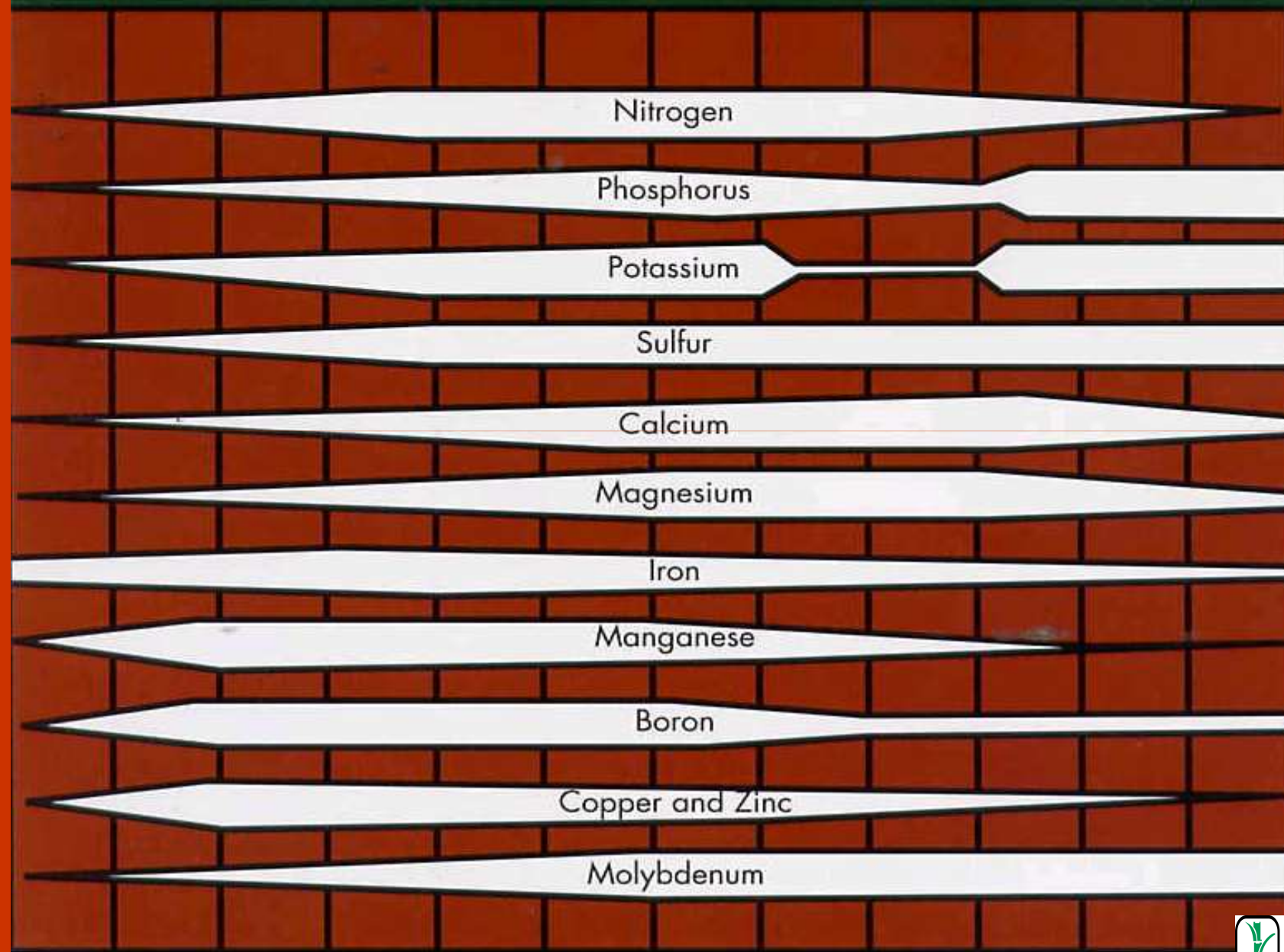
La Fertilización Tiene como Base la Capacidad de Retención de Nutrientes del Suelo

ACIDEZ y pH

La Relación es Directa y su Influencia sobre la Solubilidad y Disponibilidad de los Nutrimentos Determinante

pH INTERACTIONS

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



Conceptos de Acidez

Antiguo:

Aplicar Cal Hasta Elevar pH a 6,5

Moderno:

Eliminar Efectos Nocivos Acidez

Considera Acidez Intercambiable

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 Encalar los
Suelos Ácidos?**

**¿Es la Práctica Rentable
y Efectiva?**

Correctivo =

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

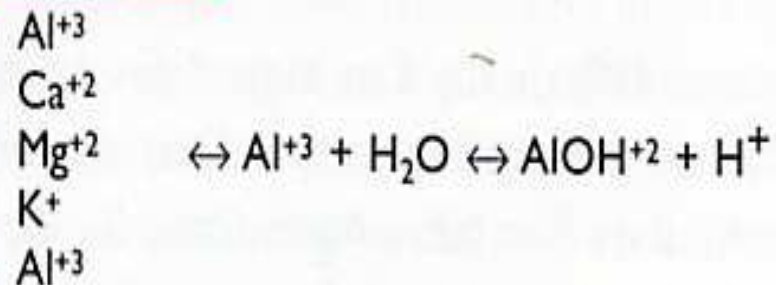
Efectos del Encalado

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

Reacción Básica de un Material Encalante en el Suelo

SUELO ÁCIDO

ARCILLA

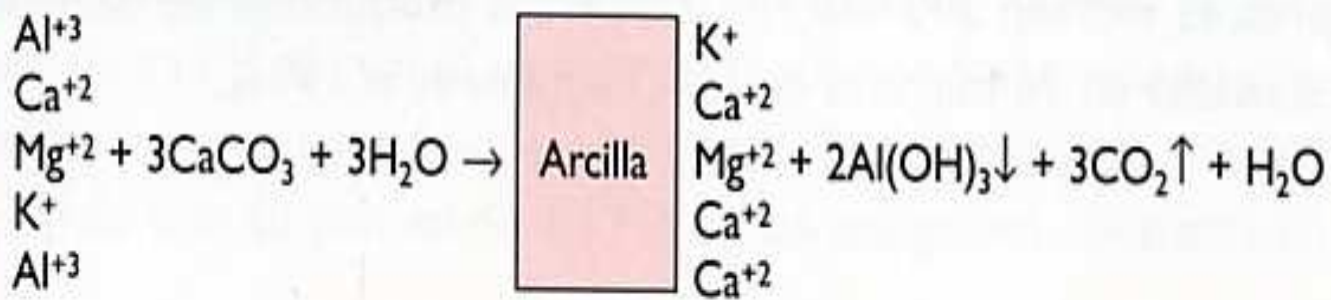


MATERIAL ENCALANTE

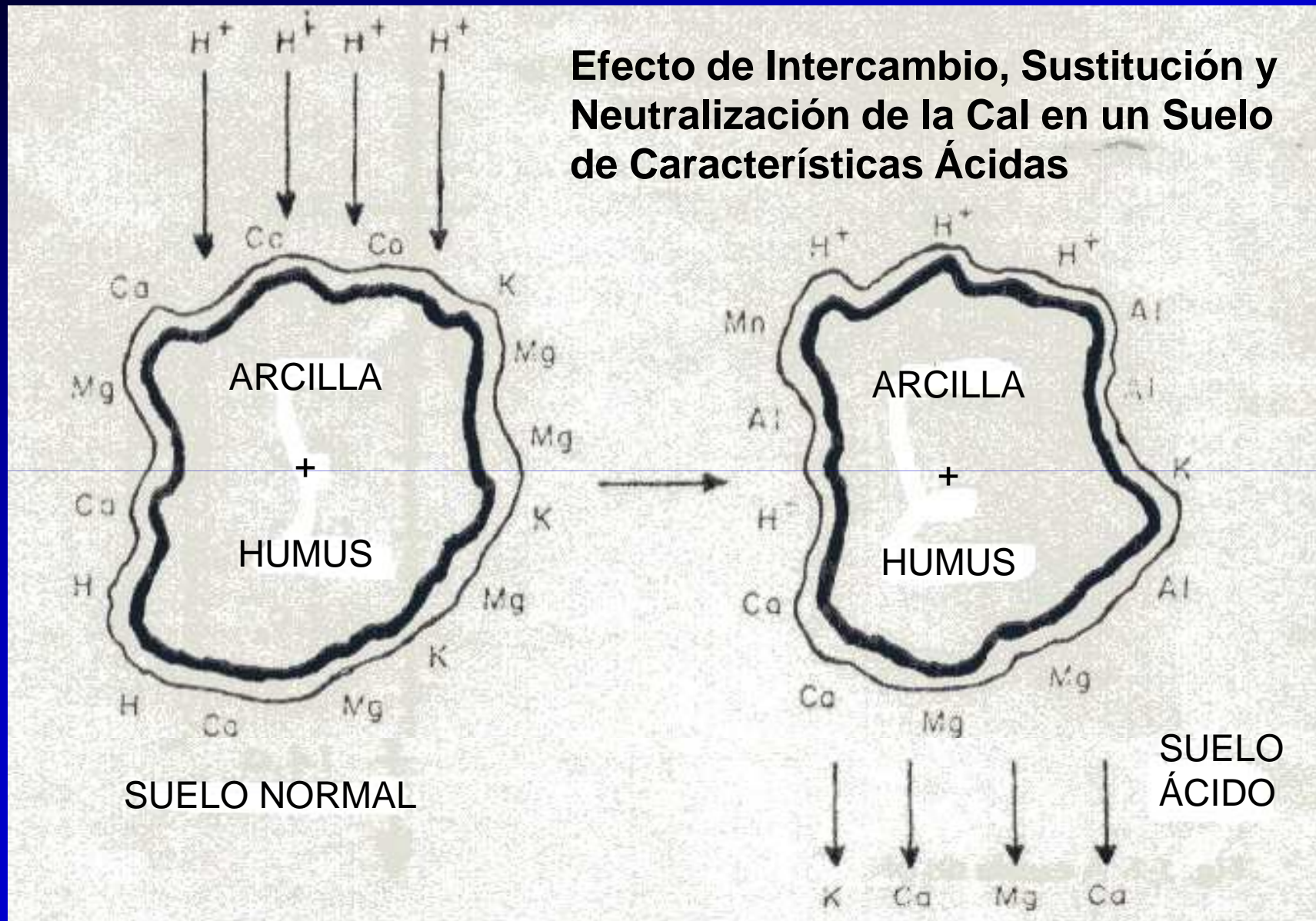


REACCIÓN DE ENCALADO

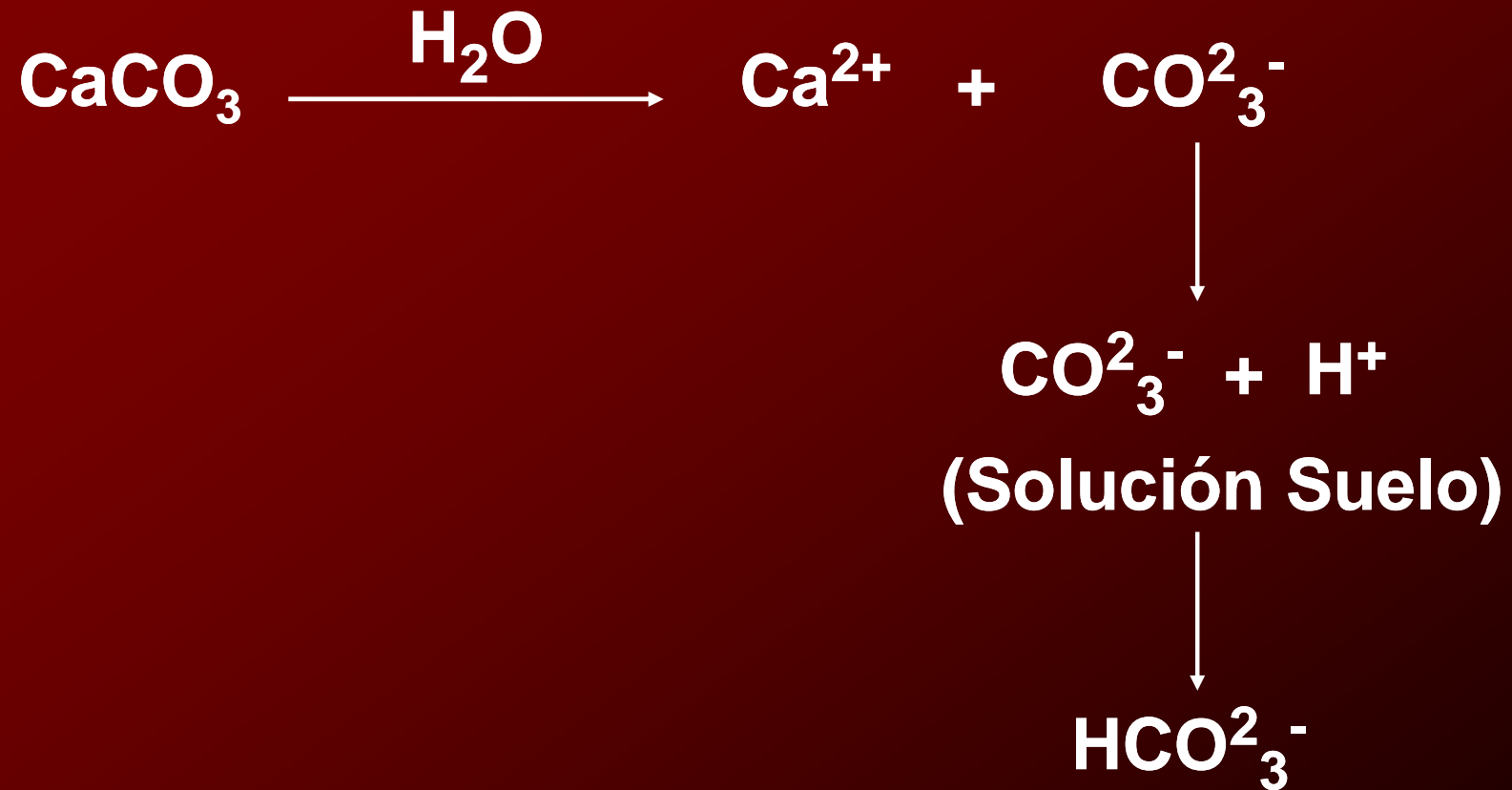
ARCILLA



Efecto de Intercambio, Sustitución y Neutralización de la Cal en un Suelo de Características Ácidas



Reacción de la Cal en el Suelo



($K_b = 2,18 \times 10^{-4}$, Base Fuerte)

Efectos del Encalado en el Suelo

- ❖ 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 en el Suelo

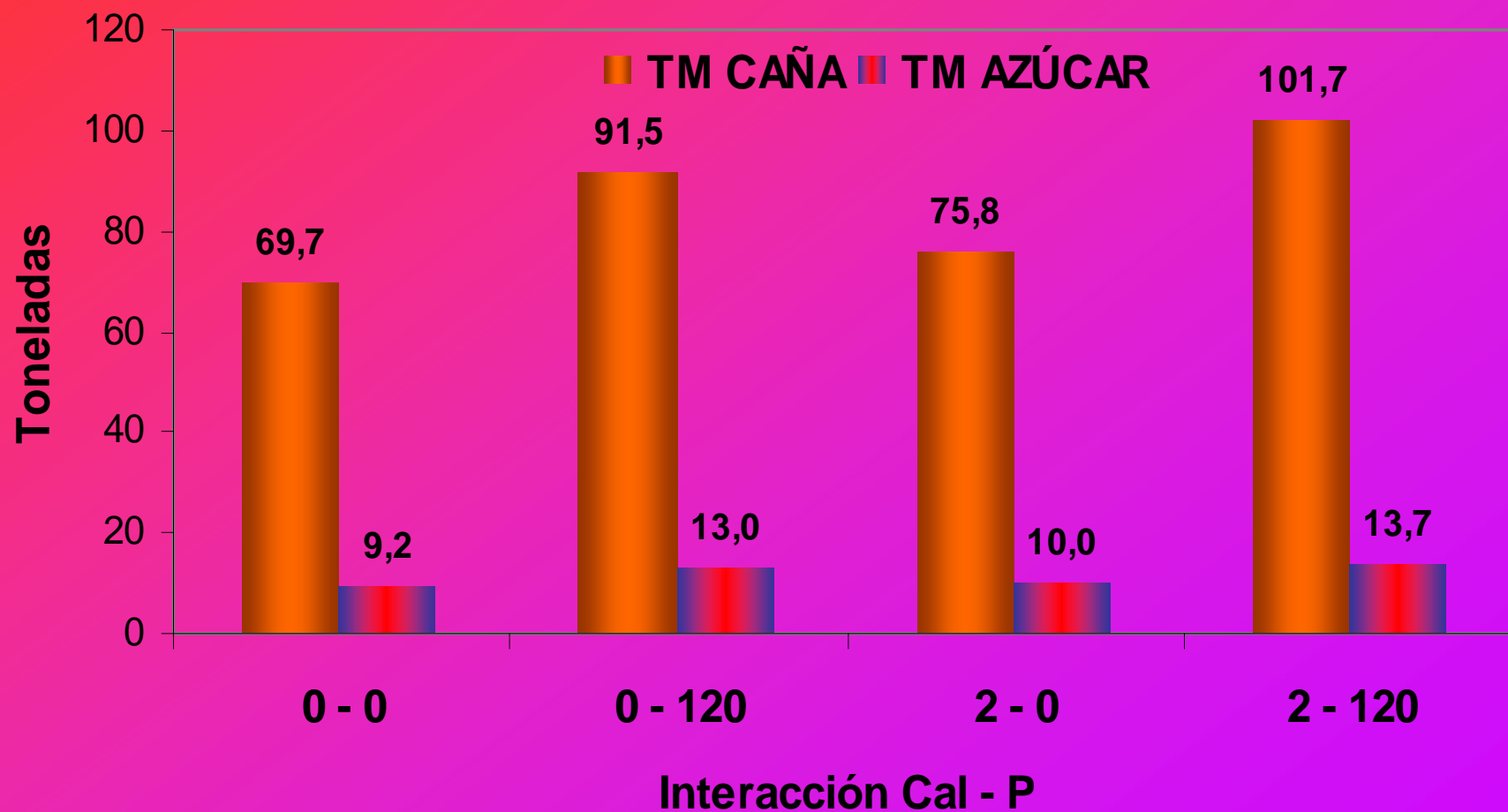
- ❖ **Aumento CIC por Incremento de Cargas Dependientes del pH**
- ❖ **Aumento Saturación (%) Bases**
- ❖ **Incremento Actividad Microbial del Suelo**
- ❖ **Mayor Descomposición M.O.**
- ❖ **Mejoramiento Propiedades Físicas del Suelo**

Interacción

Cal - P

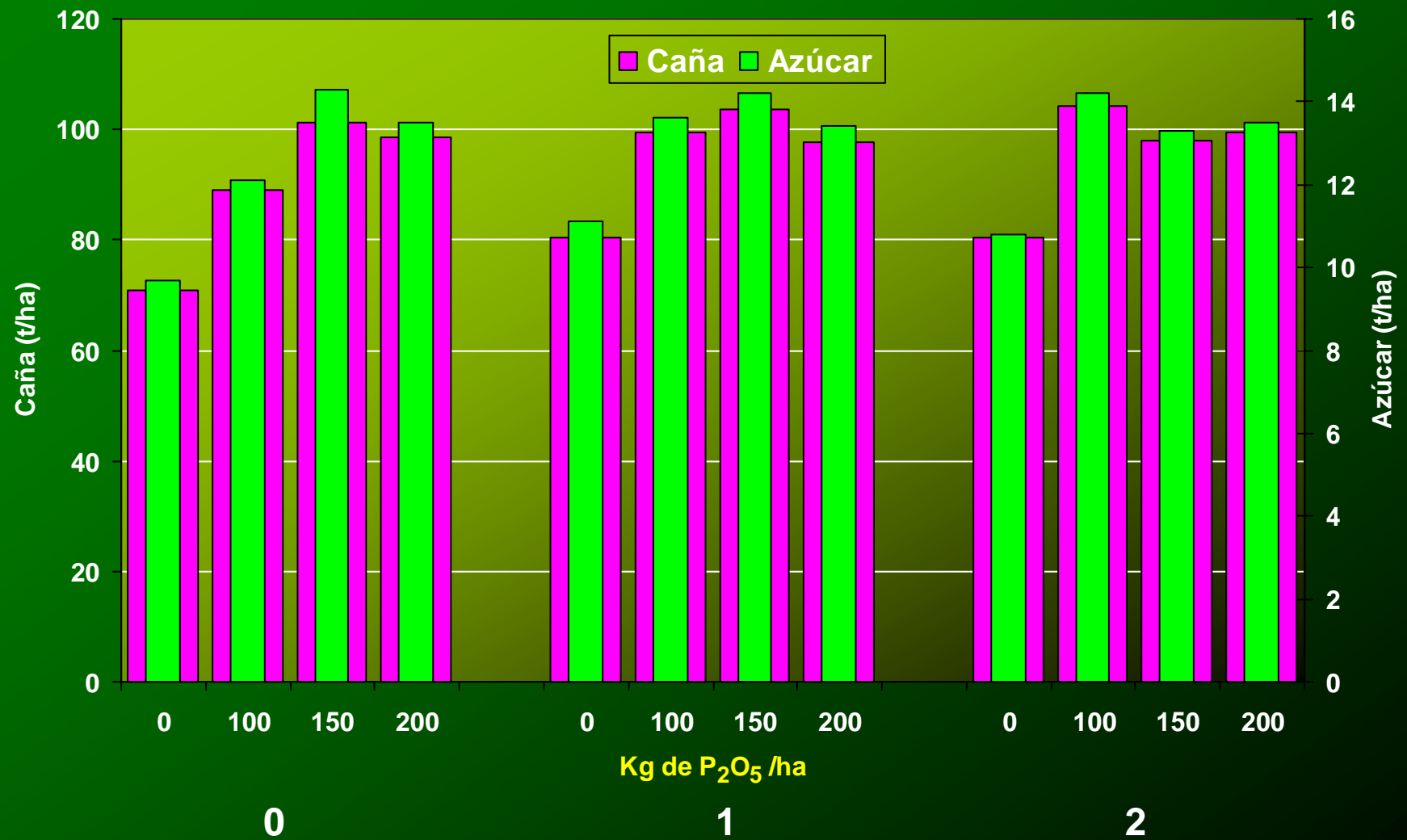
**¡Relación Importante y
Determinante para el Éxito
Productivo!**

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

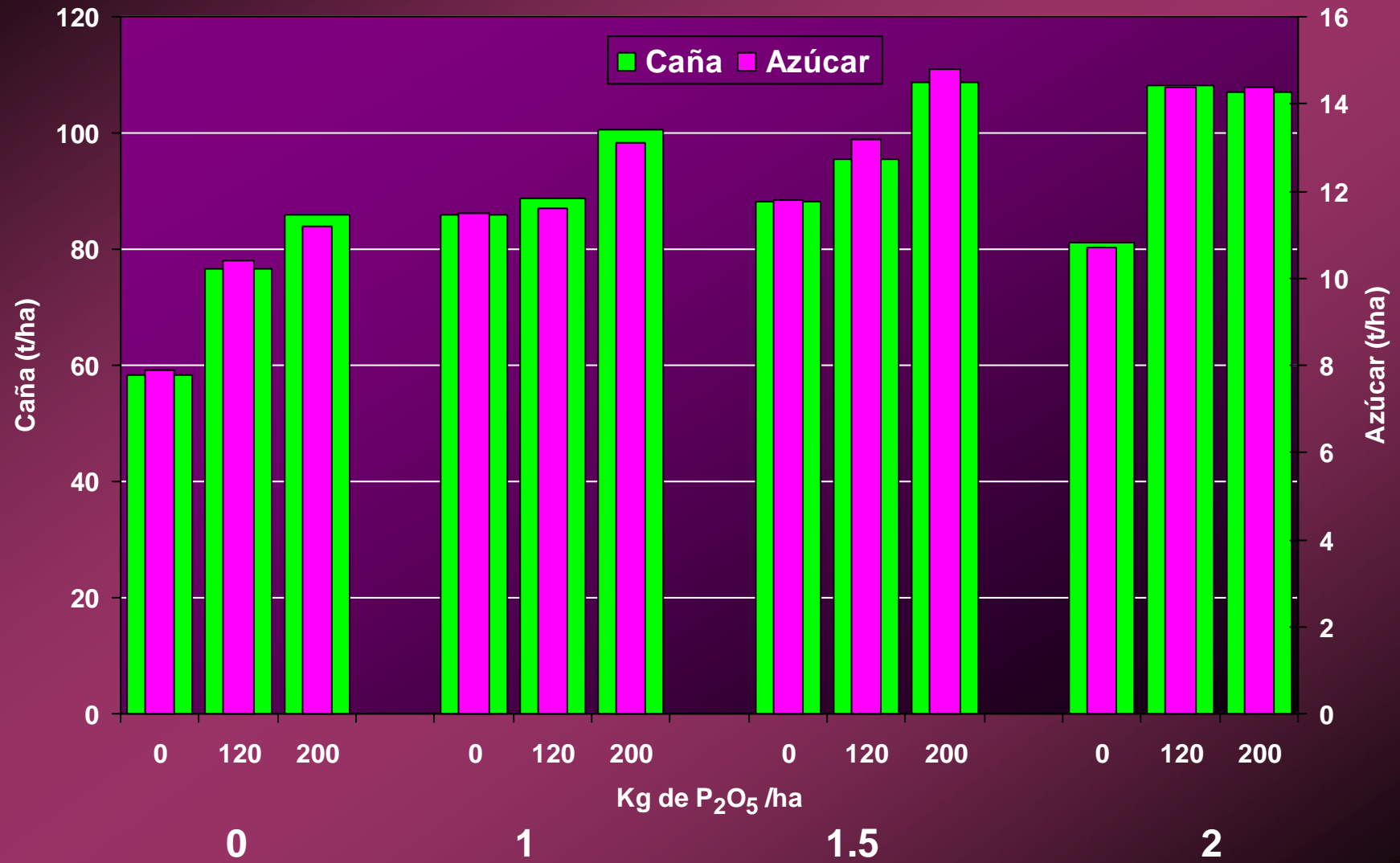


Suelo Ultisol

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



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



¿Cuándo Encalar?

En caña de azúcar lo determina el grado de acidez presente, el producto encalante empleado y la proximidad de la fertilización



Muestreo de Suelos y Tejidos

¡Sin contar con un Muestreo representativo del suelo previsto acondicionar, no hay forma de realizar una mejora ajustada a las necesidades reales del cultivo!

Consideraciones Para Aplicar Cal

- **Características Físico-Químicas y Microbiológicas del Suelo**
- **Calidad del Calcáreo**
- **Especie de Planta**
- **Elementos Administrativos y Económicos**

Características de Calidad de un Correctivo de Acidez del Suelo

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

PODER NEUTRALIZANTE DE UNA CAL

**Determina en alto
grado la efectividad
y eficiencia de una
determinada fuente
Comercial de Cal**

Constituyente Neutralizante

o

Principio Activo

de una Cal

Carbonatos (CO_3^{2-}) *

Óxidos (O^{2-}) **

Hidróxidos (OH^-) **

Silicatos (SiO_3^{2-}) *

* *Base Débil*

** *Base Fuerte*

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 de Cal

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

Eficiencia Relativa Granulométrica (%)

$$= F_1 \times \frac{E_{R1}}{100} + F_2 \times \frac{E_{R2}}{100} + F_3 \times \frac{E_{R3}}{100} + \dots + F_n \times \frac{E_{RN}}{100}$$

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 (%) Eficiencia de Respektivas Fracciones Granulométricas

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

***Podere Relativo de
Neutralización Total
(PRTN)***

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

Donde:

$\text{E. CaCO}_3 = \text{Equivalente \% de CaCO}_3$

$\text{ERg} = \text{Eficiencia Relativa Granulométrica}$

¿Cuánta Cal Debe Aplicarse?

¿Qué factores determinan la cantidad de
producto por aplicar?

La Cantidad de Cal por Aplicar **esta Determinada por:**

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

Cálculo de Calcáreo

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

AI = % Saturación Acidez Real

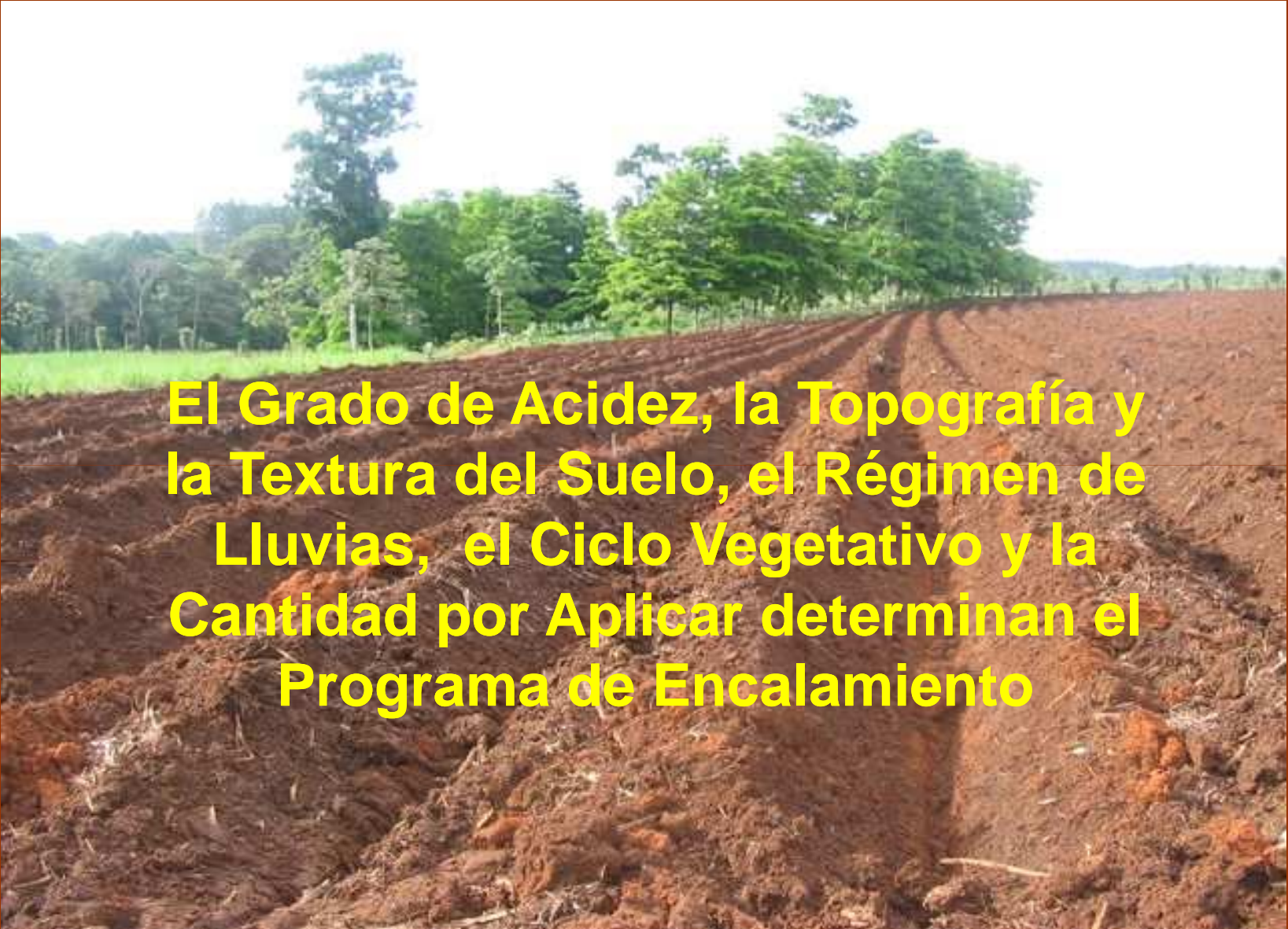
RAS = % Saturación Acidez Deseada (20–30%)

¿Cómo Encalar?

En caña de azúcar depende del Ciclo Vegetativo (*caña-retoño*) y del entorno productivo (*clima, relieve, etc.*)

¿Dónde Encalar?

**En caña de azúcar va en función del Ciclo Vegetativo,
el relieve del terreno y los criterios técnicos utilizados
por el programa**



El Grado de Acidez, la Topografía y la Textura del Suelo, el Régimen de Lluvias, el Ciclo Vegetativo y la Cantidad por Aplicar determinan el Programa de Encalamiento

La Aplicación de Cal Puede ser Superficial o Incorporada al Suelo

La Forma Más Recomendable en Caña de Azúcar es la Incorporada al Suelo al Maximizar la Reacción



Una Adición de Cal Exclusiva al Surco de Siembra Limita la Reacción a un Área muy Restringida Cuando el Desarrollo Radicular se da por Toda la Superficie del Terreno



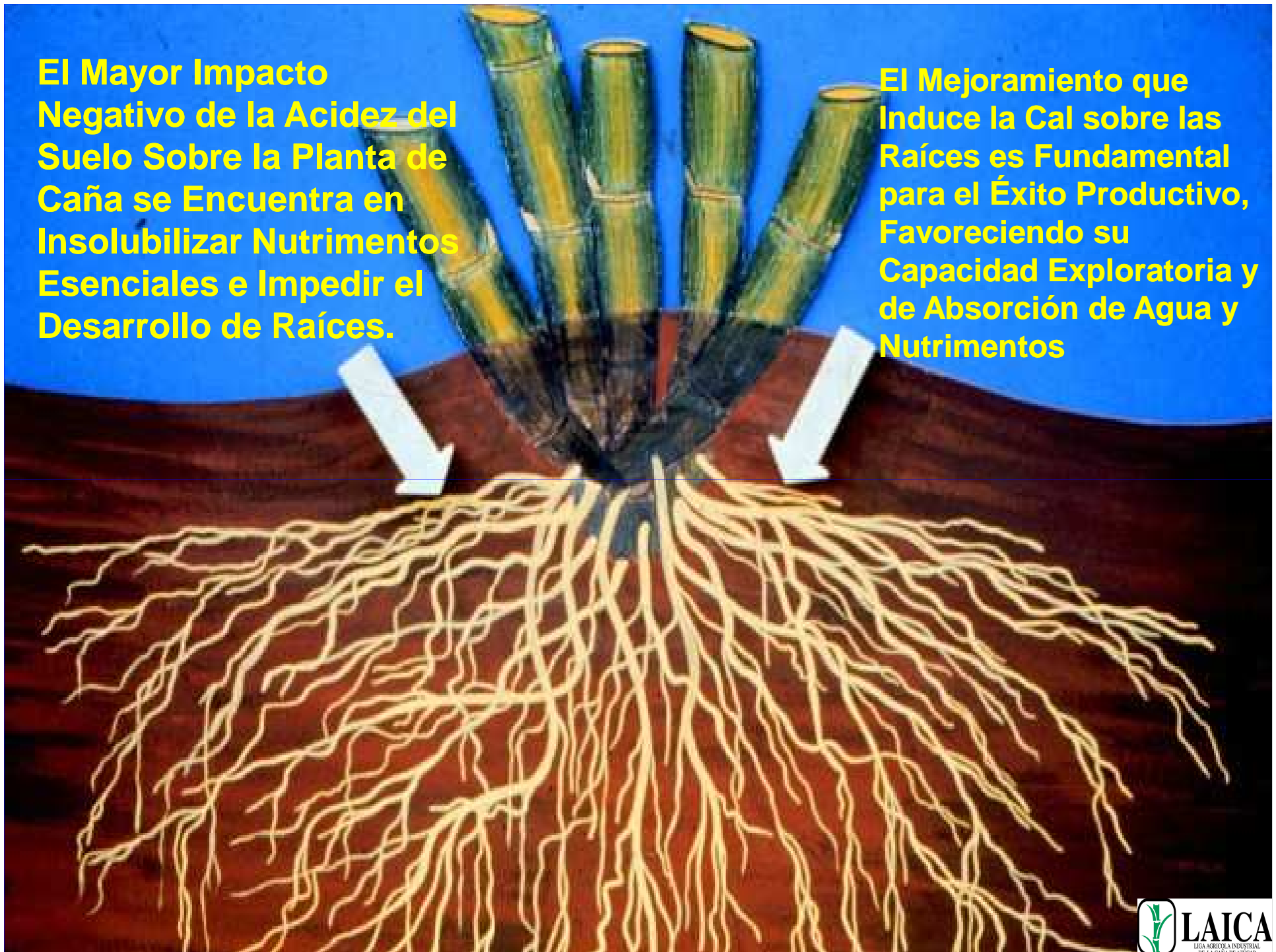
**El Uso de la Cal No se Restringe
Exclusivamente a la Renovación o
Siembra Nueva de Cañales, También
Debe Darse en los Retoños Sucesivos**

Formas de Aplicación de la Cal

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

**El Mayor Impacto
Negativo de la Acidez del
Suelo Sobre la Planta de
Caña se Encuentra en
Insolubilizar Nutrientes
Esenciales e Impedir el
Desarrollo de Raíces.**

**El Mejoramiento que
Induce la Cal sobre las
Raíces es Fundamental
para el Éxito Productivo,
Favoreciendo su
Capacidad Exploratoria y
de Absorción de Agua y
Nutrientes**



Dolomita como Opción Agrícola

Yeso

Agrícola

Erróneamente se le ha catalogado y mencionado como un “Neutralizador de Acidez ” cuando en realidad no lo es. Su forma de contribuir a reducir la acidez es por intercambio y saturación, no por neutralización.

¿Propiedades de Una Cal?

**De acuerdo con su naturaleza estas
pueden variar**

Productos Para Encalar

**El comercio ofrece numerosas opciones
y alternativas según necesidad del plan
de acondicionamiento y la capacidad
financiera**

Tipos de Calcáreos

No todos son iguales pues su composición y concentración marcan diferencia

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

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

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

¿Correctivos de Acidez?

¡No solo por contener Ca y Mg lo califica como corrector de acidez

BaO

FeO

NaOH

MnO

BaSiO₃

Al₂O₃

Na₂CO₃

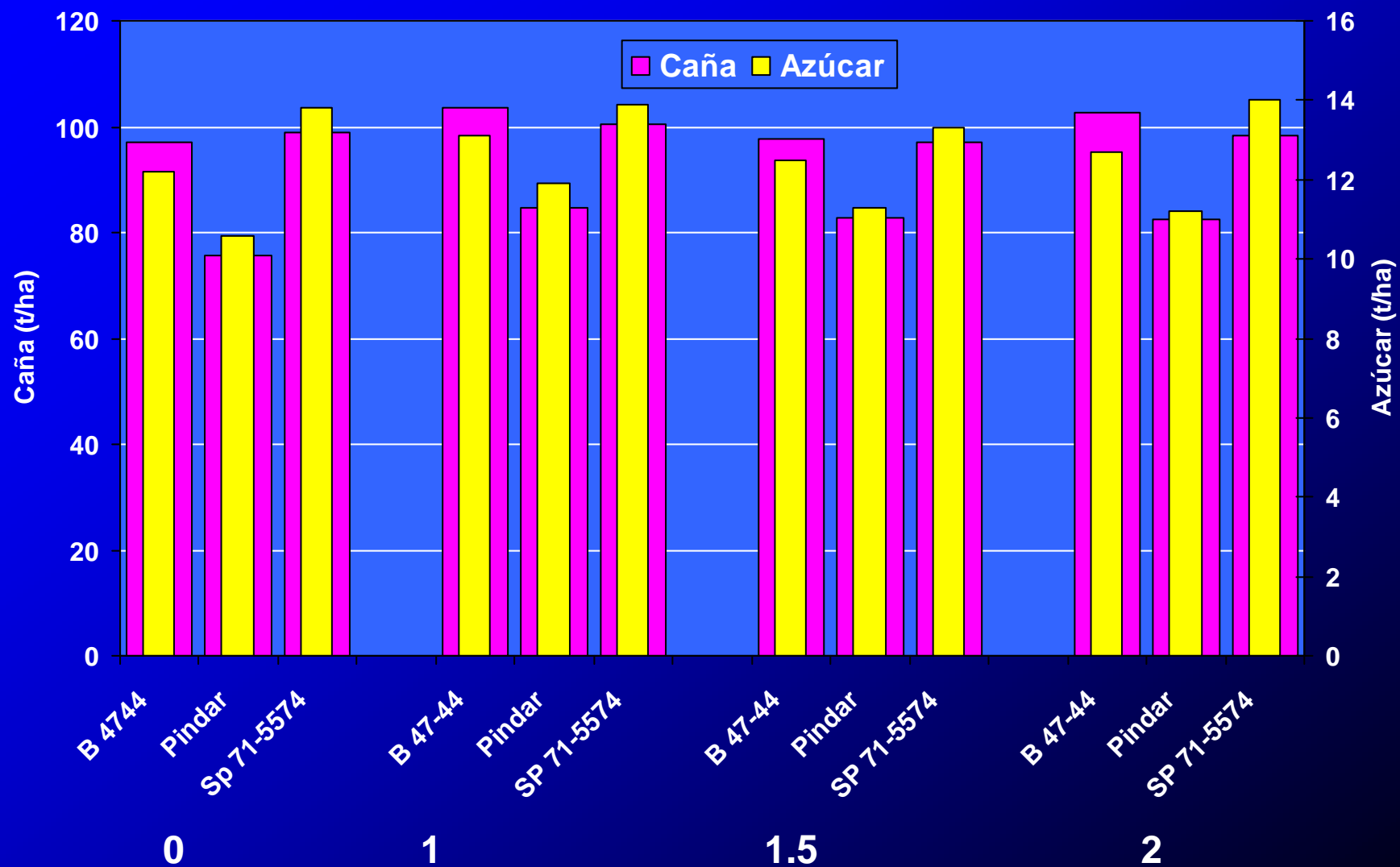
LiCO₃

BaCO₃

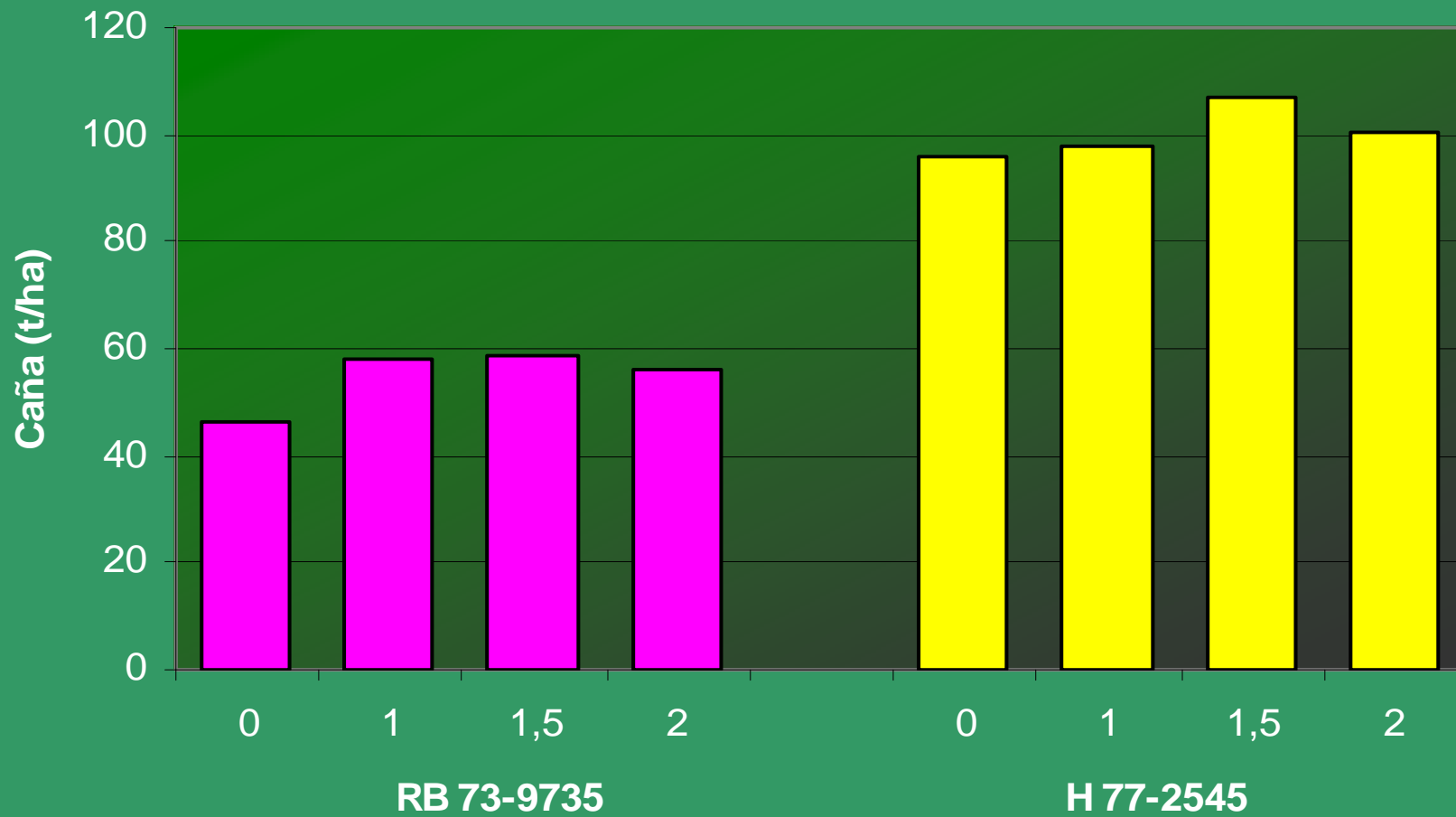
MgC₂O₄

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

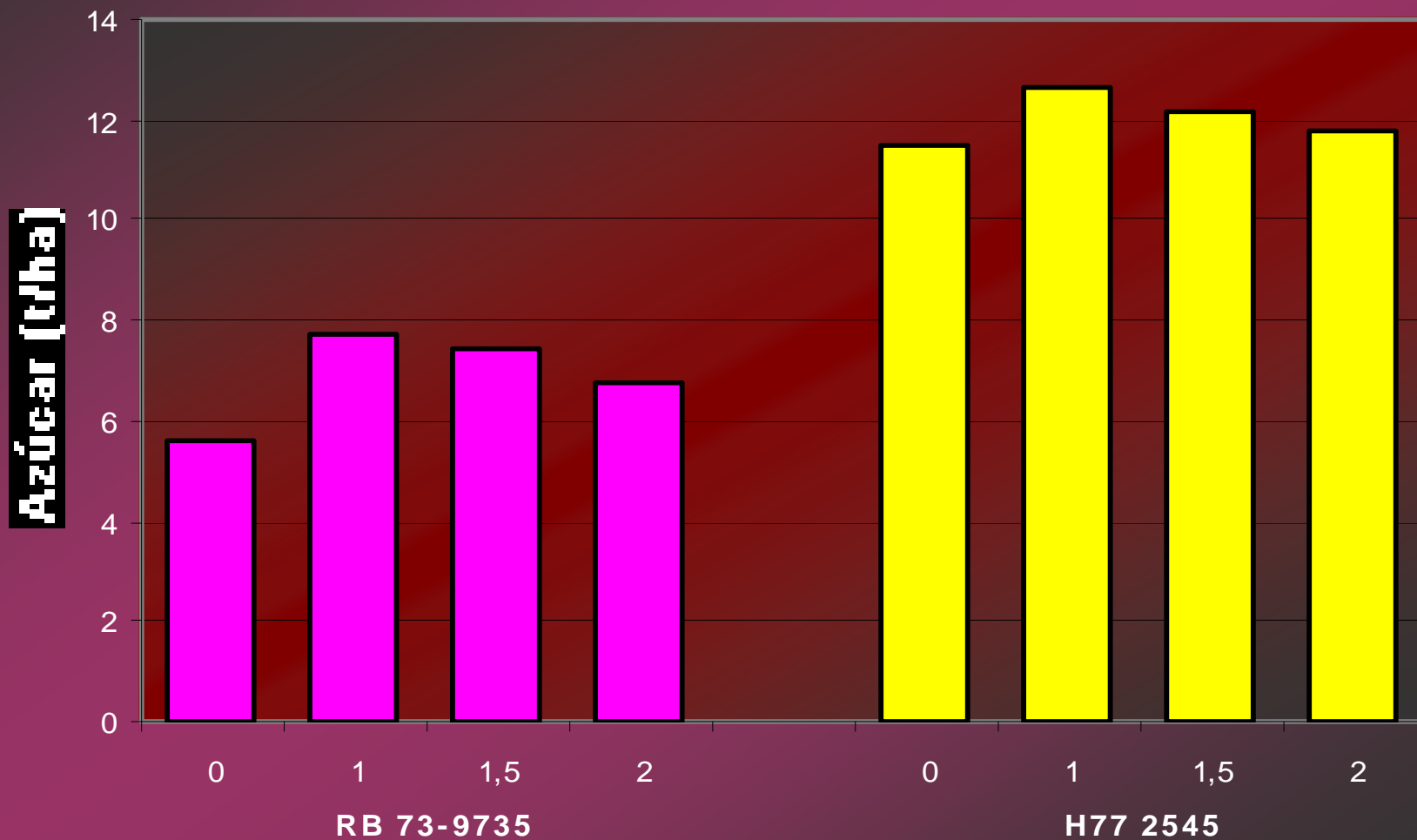
Estudio de Variedades Vs Dosis de CaCO₃. Pérez Zeledón. Promedio de 3 Cosechas



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

La variación en el costo comercial de los productos puede ser alta lo que determina El costo del programa. Debe conocerse ¿Qué se necesita?

Costo Implicado en Aplicar 1 TM/ha de Cal

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 (05/2005)

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: mchavez@laica.co.cr

