



**Corrección y Encalamamiento  
de Suelos Cañeros: *una  
Buena Opción Nutricional en  
Tiempos Difíciles***

**Marco Chaves Solera  
DIECA-LAICA**

**Grecia, Alajuela,  
Costa Rica  
05 Noviembre 2008**

**Presentado en:**

## ***Charla Técnica Sobre Caña de Azúcar***

**Organizado por DIECA e impartida  
a miembros de Junta Directiva de la  
Cámara de Productores de Caña del  
Pacífico y Funcionarios de DIECA.**

***DIECA, Santa Gertrudis,  
Grecia, Alajuela***

***05 Noviembre 2008***



## **OBJETIVO**

**Comentar con sentido crítico en relación a la imperiosa necesidad de utilizar en los momentos actuales cuando los costos de los agroquímicos están en punto alto, prácticas de alto retorno y bajo costo, como acontece específicamente con el *“encalamiento y corrección de los suelos ácidos”*. Se comenta en relación a la gran cantidad de opciones comerciales que existen actualmente y están disponibles para el sector productivo nacional.**



## **Situación Actual**

**Entorno productivo difícil virtud del alto costo acontecido en los precios internacionales de los agroquímicos, en particular los fertilizantes, lo que viene provocando una sentida disminución en las cantidades y calidades de nutrimentos aplicadas a las plantaciones comerciales de caña de azúcar con el consecuente impacto sobre la productividad**

# Realidad Actual

**¿Qué hacer para contrarrestar la crisis internacional actual en materia de costos agrícolas?**

**¿Qué medidas adoptar para minimizar el impacto de reducir el uso de fertilizantes?**

**¿Hay recursos alternativos viables de alto valor agregado que permitan sostener la productividad agroindustrial de las plantaciones?**

# **TIPOS DE SUELOS EN FUNCIÓN DE SU GRADO DE ACIDEZ:**

- ÁCIDOS**
- BÁSICOS**
- NEUTROS**

# ***Suelos Ácidos***

# ***y***

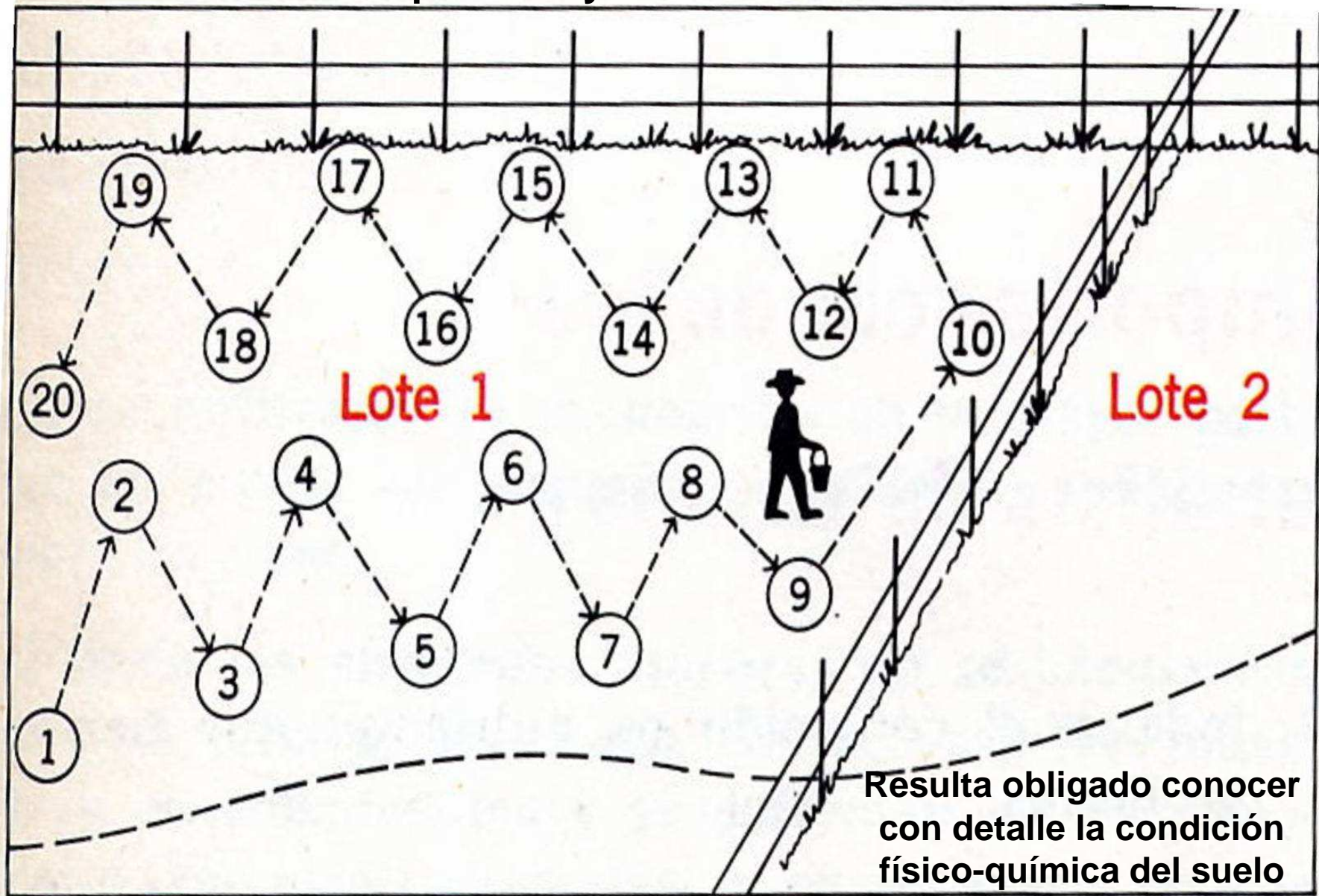
# ***Producción Agrícola***

**La relación es directa y de consecuencias productivas importantes. Los extremos (ácido-básico) son negativos existiendo un ámbito recomendable para producción el que debe procurar alcanzarse**

# ***ENCALADO Y NUTRICIÓN***

**Para lograr una nutrición conveniente e integral en atención de las necesidades particulares del cultivo, debe existir disponibilidad de los elementos nutritivos en el suelo y viabilidad de la raíz para su absorción**

**El conocimiento de que tiene y como esta la fertilidad es fundamental**



## **MUESTREO SUELO FINCA**

**FERTILIDAD es un concepto integral y complejo**

**¿Qué Hay en el Suelo?**

**¿Qué Necesita la Planta?**

**¿**  
**Cuánto**  
**Qué**  
**Cómo**  
**Cuándo**  
**Dónde**

**Aplicar**

# 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						

# ANÁLISIS DE SUELOS – SAN RAMÓN -

LOCALIDAD	pH	cmol (+)/l				ug/l		CICE	Saturación Acidez (%)
		Acidez Extraíble	Ca	Mg	K	P	Zn		
PIEDADES NORTE	4,6	1,00	2,84	0,78	0,22	5	1,9	4,84	20,7
PIEDADES SUR	5,1	0,53	1,95	0,55	0,27	11	2,3	3,30	16,1
ANGELES	5,5	0,31	4,38	1,10	0,70	7	5,7	6,49	4,8
SAN JUAN	5,2	0,50	5,20	1,00	0,50	2	2,3	7,20	7,0
VOLIO	4,9	0,60	3,10	0,90	0,50	4	3,5	5,10	11,8
SANTIAGO	5,3	0,60	2,60	0,60	0,25	6	4,0	4,05	14,8
LA PAZ (VICTORIA)	4,6	0,90	4,78	1,18	0,32	6	6,4	7,18	12,5
PROMEDIO	5,0	0,63	3,55	0,87	0,39	6	3,7	5,45	12,5
RANGO ÓPTIMO	5,6-6,5	0,51 - 1,5	4,1 - 20	1,1- 5	0,21- 0,6	11- 20	2,1- 10	5,01-25	10,1 - 50

# CARACTERIZACION QUIMICA SUELOS – VALLE CENTRAL -

LOCALIDAD	pH	cmol (+)/l				ug/l		cmol (+)/l	Saturación Acidez (%)
		Acidez Extraíble	Ca	Mg	K	P	Zn	CICE	
GRECIA	5,1	1,30	2,0	0,40	0,29	12	1,4	3,99	32,6
VICTORIA	5,3	0,45	2,8	0,52	0,17	2	1,0	4,71	11,4
ATENAS	4,6	0,40	2,2	0,95	0,35	1	7,5	3,90	10,3
LA LUISA-SARCHÍ	5,2	0,55	3,2	0,76	0,58	8	2,3	5,09	10,8
SAN RAMÓN	5,0	0,63	3,5	0,87	0,39	6	3,7	5,45	12,5
PROMEDIO	5,0	0,67	2,7	0,70	0,36	6	3,2	4,63	15,5
NIVEL CRÍTICO	5,6 - 6,5	0,51 - 1,5	4,1 - 20	1,1- 5	0,21-0,6	11 20	2,1 10	5,01-25	10,1 - 50

# Condición Química Suelos - San Ramón -

pH	Acidez*	Ca *	Mg *	K *	P **	Zn **	Fe **	Sat.*** Acidez
4,8	0,60	3,5	1,4	0,18	7	1	124	10,6

\* cmol(+)/l

\*\* mg/l

\*\*\* %

# ACIDIFICACIÓN ZONAS TROPICALES

Inducida por:

- **MUCHA LLUVIA**
- **ALTAS TEMPERATURAS**
- **ALTA METEORIZACIÓN**

# CAUSAS DE LA ACIDIFICACIÓN PROGRESIVA DE SUELOS

● METEORIZACIÓN

● PÉRDIDA DE NUTRIMENTOS POR LAVADO

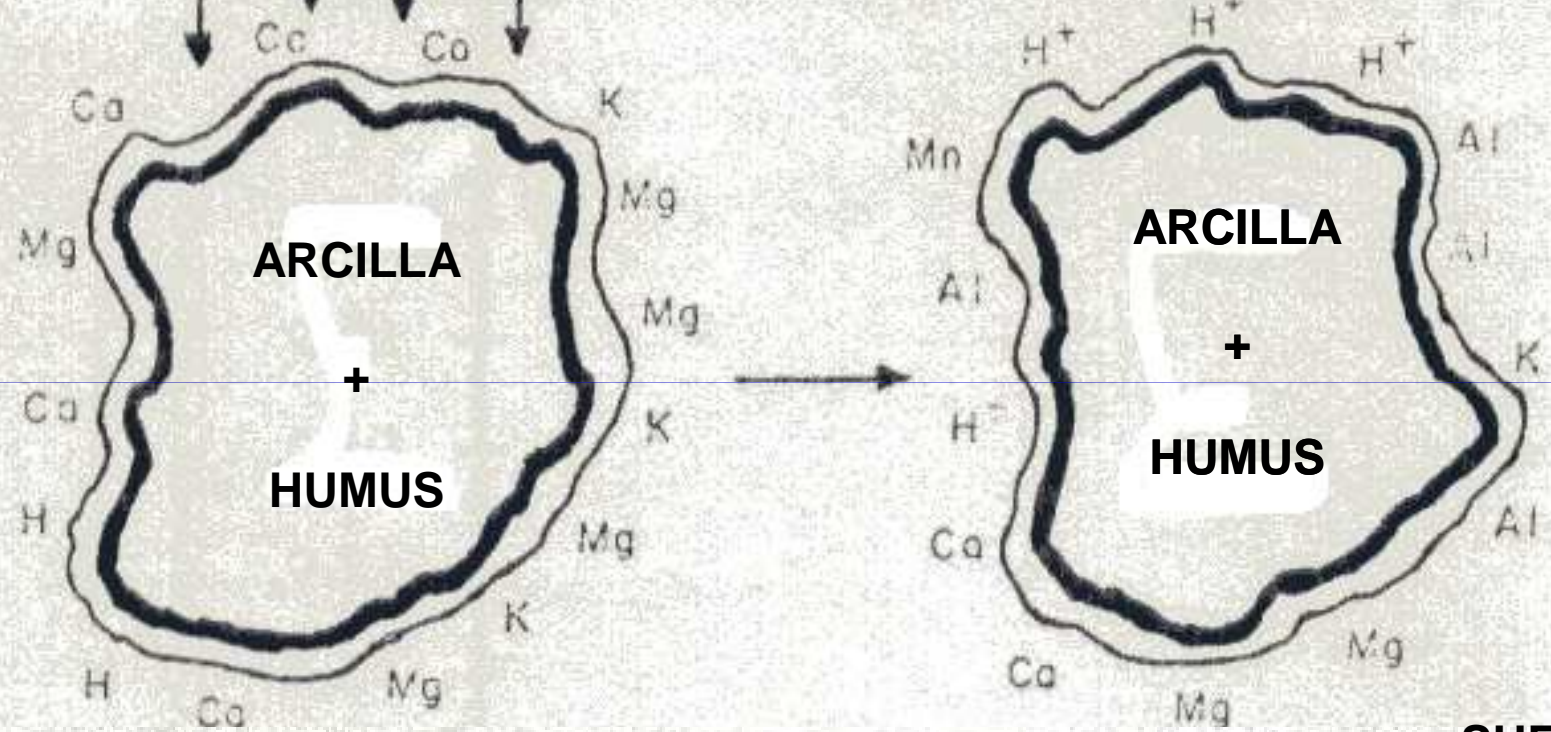
*(Ca – Mg - K)*

● EXTRACCIÓN DE NUTRIMENTOS DEL SUELO

● USO EXCESIVO DE FERTILIZANTES

**LLUVIA**

La lluvia o el agua del suelo provocan pérdida de bases y dominio de iones inductores de acidez

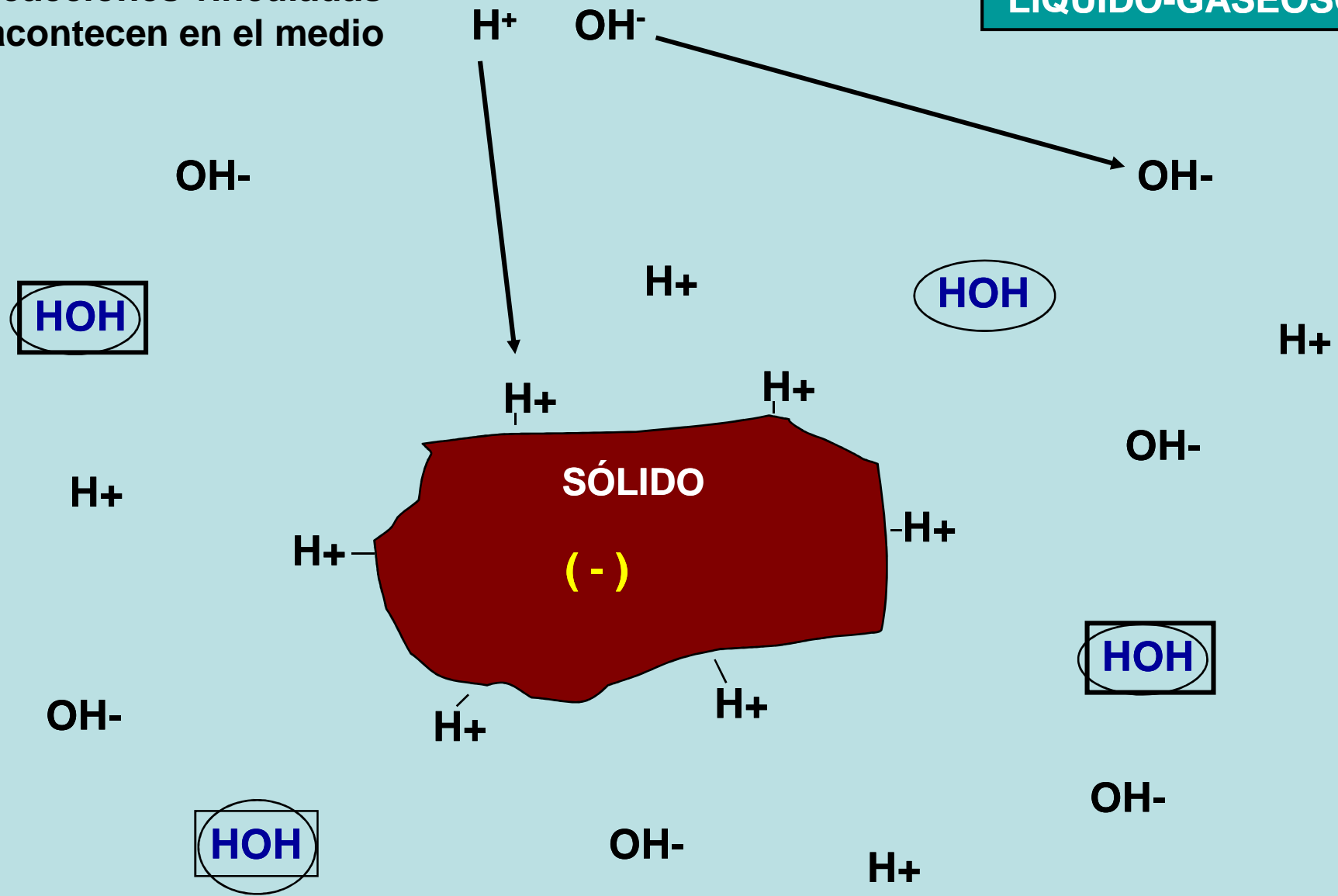


**SUELO NORMAL**

**SUELO ÁCIDO**

La acidificación y reacciones vinculadas acontecen en el medio

MEDIO LÍQUIDO-GASEOSO



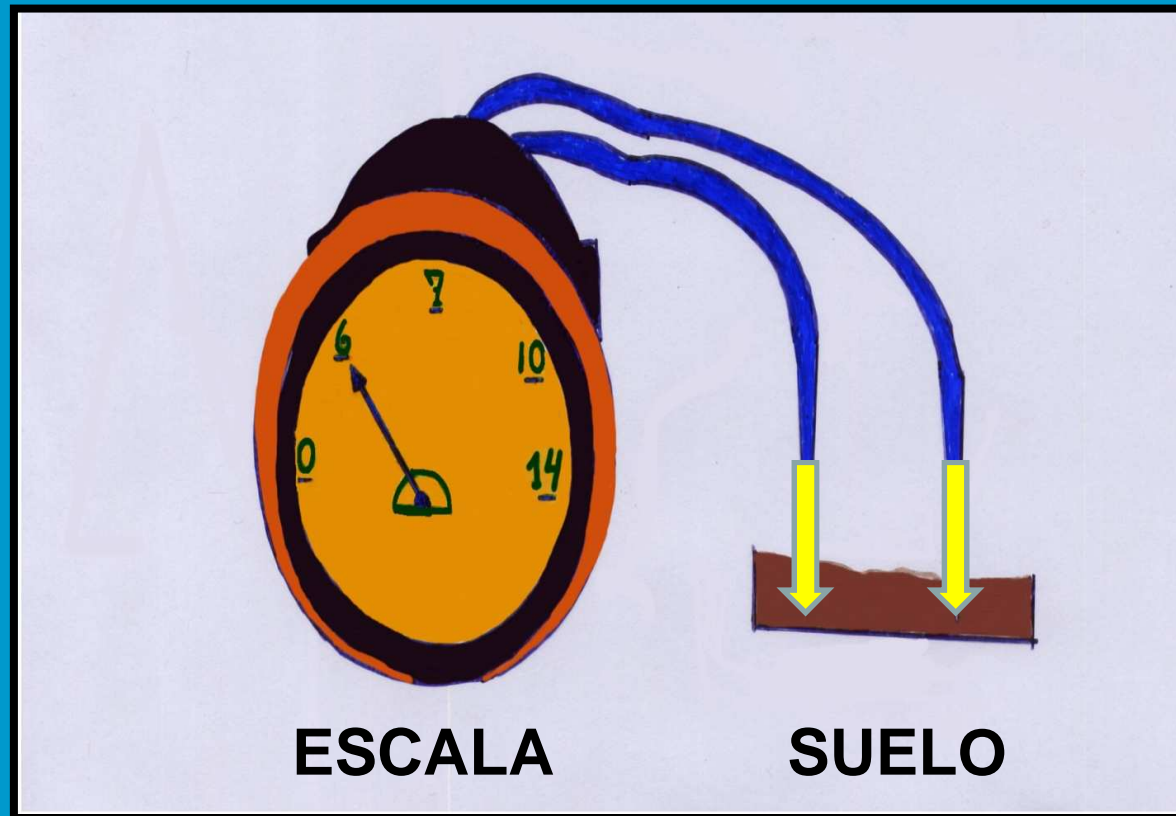
# ¿Qué Caracteriza un Suelo Ácido?

¿Como se hace para saber si un suelo posee características ácidas o no?

¿Qué indicadores lo determinan?

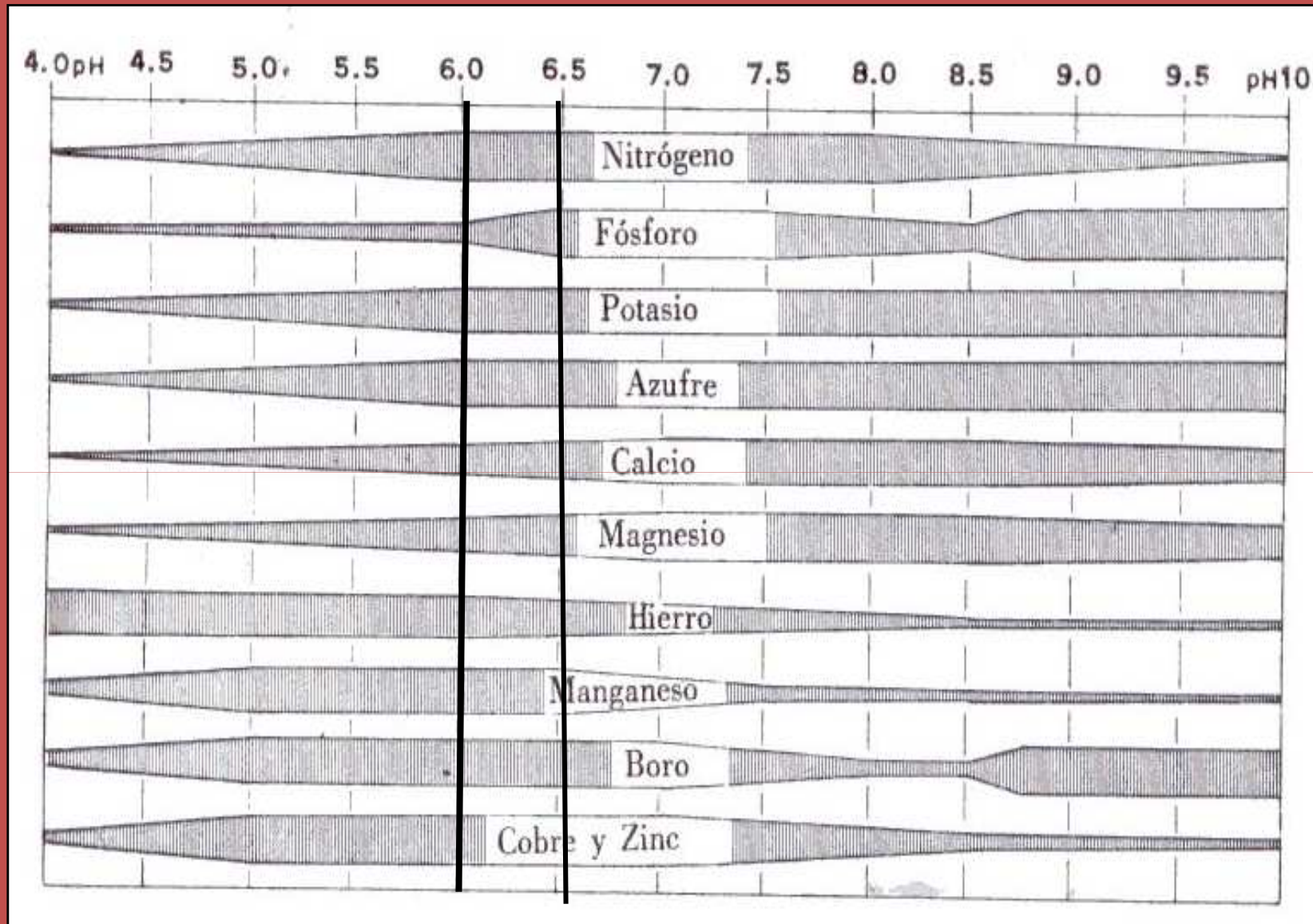
¿Son todos los suelos ácidos iguales?

## MEDICION DE LA ACIDEZ DEL SUELO



La medición se hace sobre una solución de suelo mediante un medidor de pH cuya escala va de 0 a 14

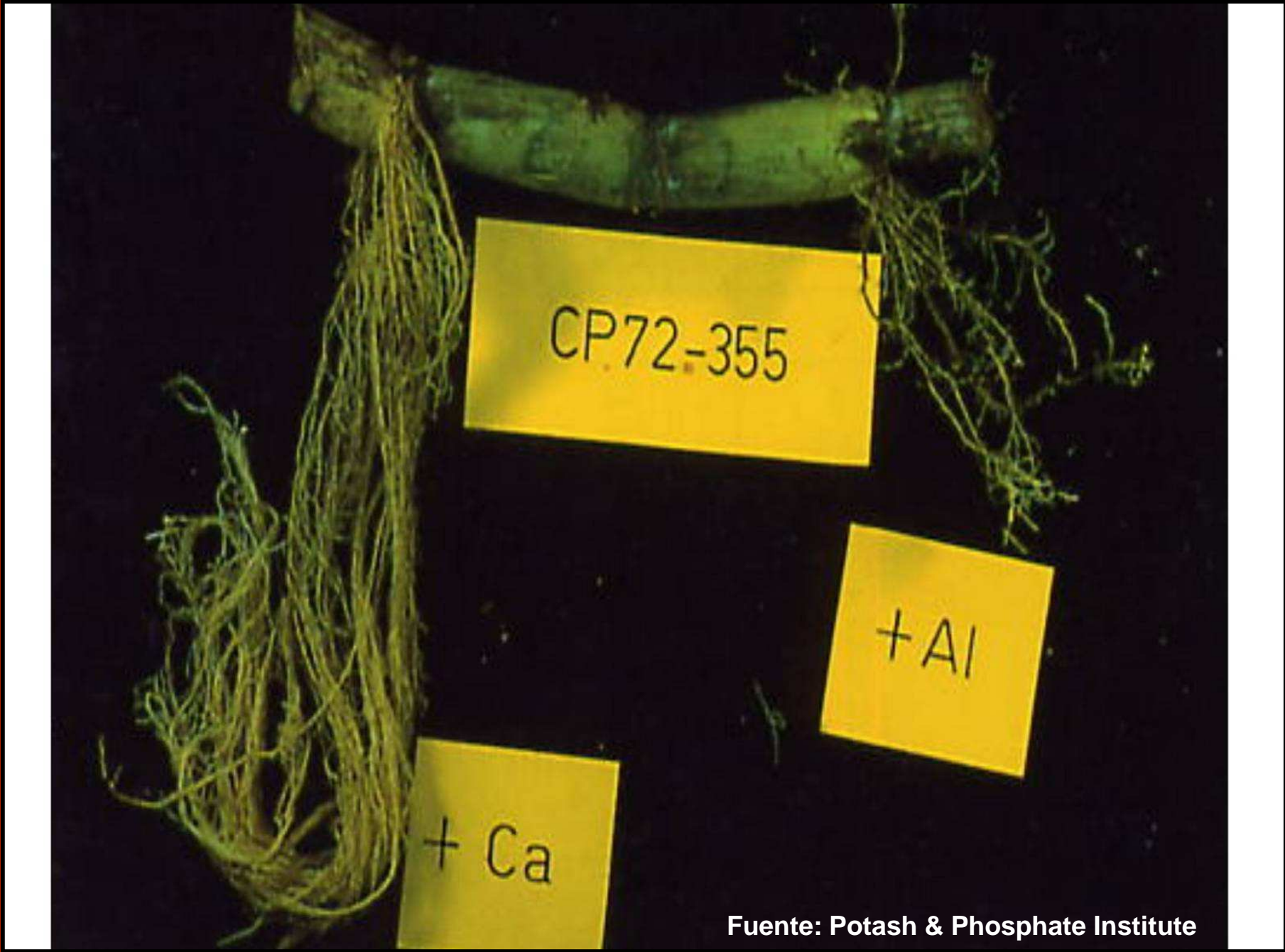
## Solubilidad nutricional según rango de pH



El ámbito de mayor solubilidad y disponibilidad nutricional se ubica en pH de 6,0 a 6,5

**¿POR QUÉ ENCALAR  
LOS SUELOS?**

**¿Qué Ventajas Genera a la  
Nutrición de la Planta?**



Fuente: Potash & Phosphate Institute



Fuente: DIECA



Fuente: DIECA

# EFECTOS DEL ENCALADO

- **SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS**
- **SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS**
- **SOBRE PROPIEDADES BIOLÓGICAS**

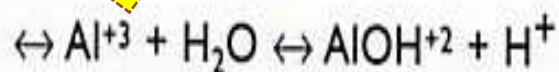
# EFECTOS DEL ENCALADO

- ❖ **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**

**SUELO ÁCIDO**

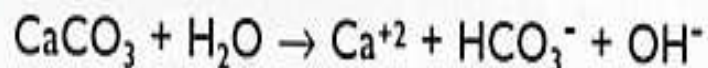
ARCILLA

Al<sup>+3</sup>  
Ca<sup>+2</sup>  
Mg<sup>+2</sup>  
K<sup>+</sup>  
Al<sup>+3</sup>



Acidificación del suelo por sustitución de iones Al<sup>+3</sup> y H<sup>+</sup> en posiciones de intercambio

**MATERIAL ENCALANTE**

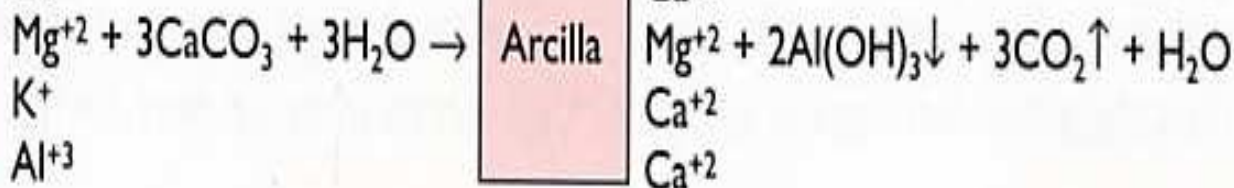


Reacción de la Cal en el suelo

**REACCIÓN DE ENCALADO**

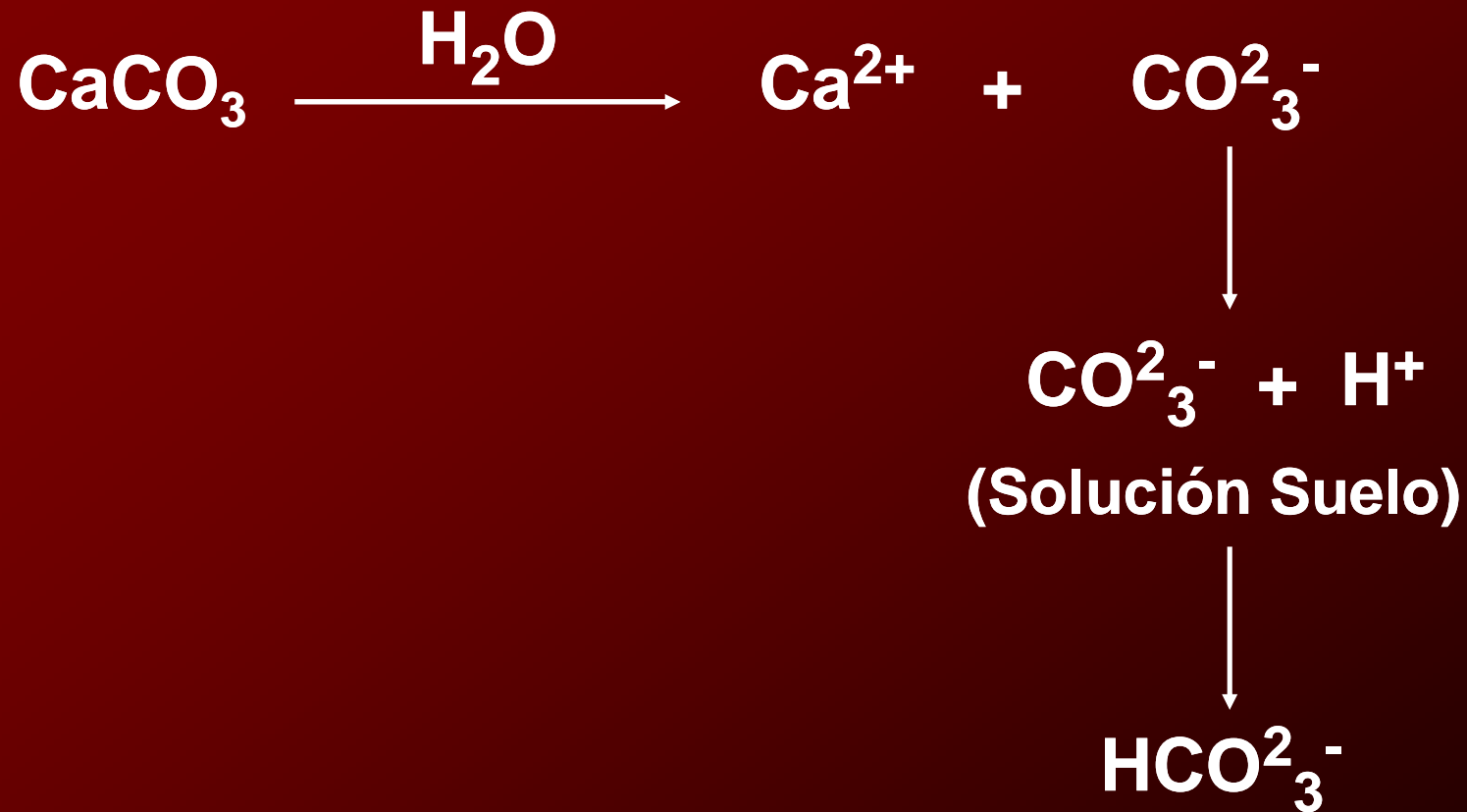
ARCILLA

Al<sup>+3</sup>  
Ca<sup>+2</sup>  
Mg<sup>+2</sup>  
K<sup>+</sup>  
Al<sup>+3</sup>

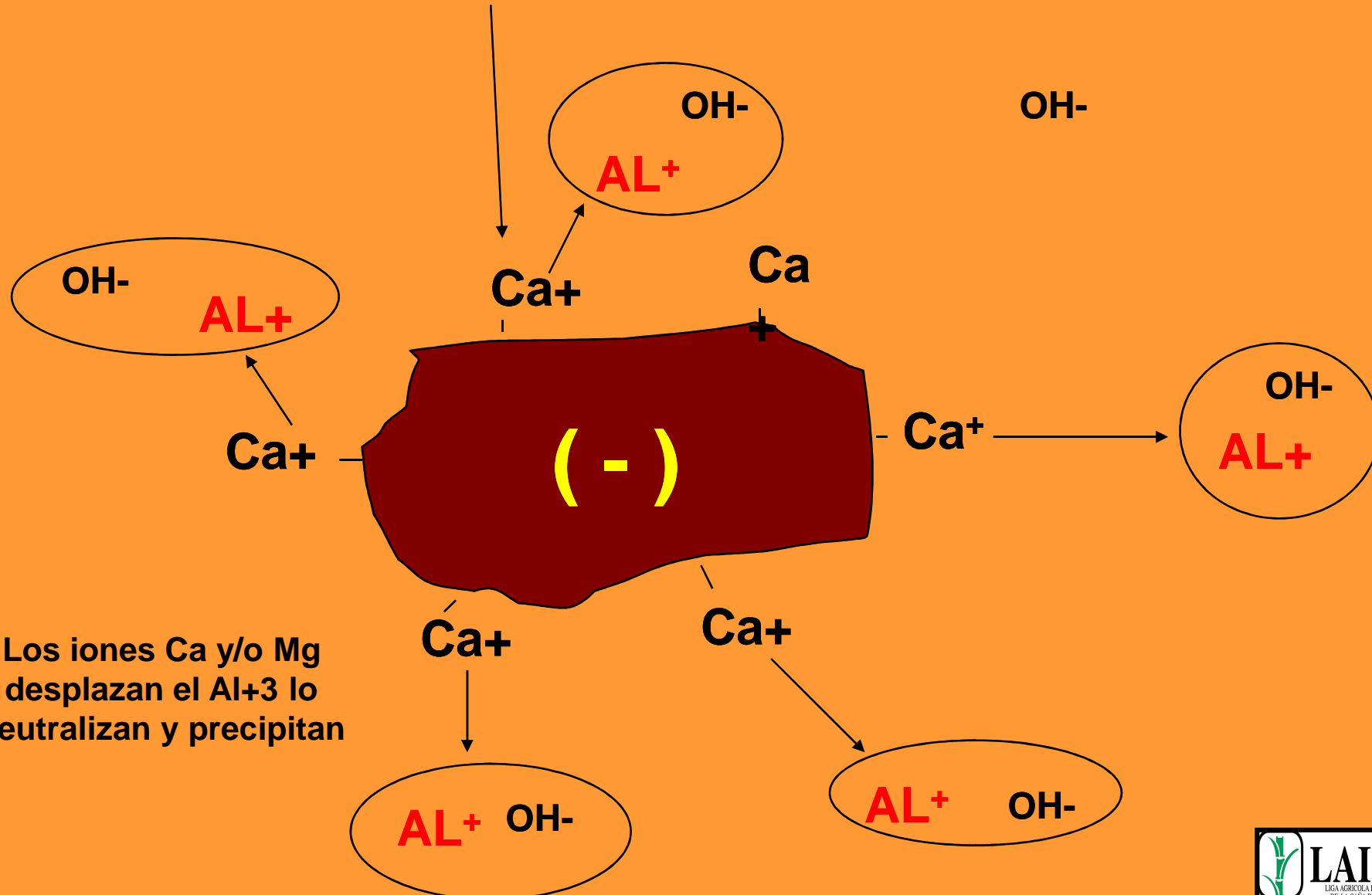
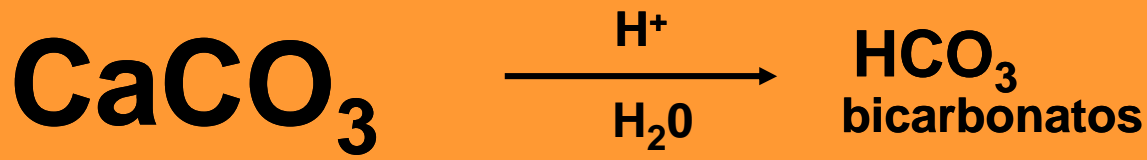


Desplazamiento y neutralización del Al<sup>+3</sup>

# EFEECTO DE LA CAL EN EL SUELO



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



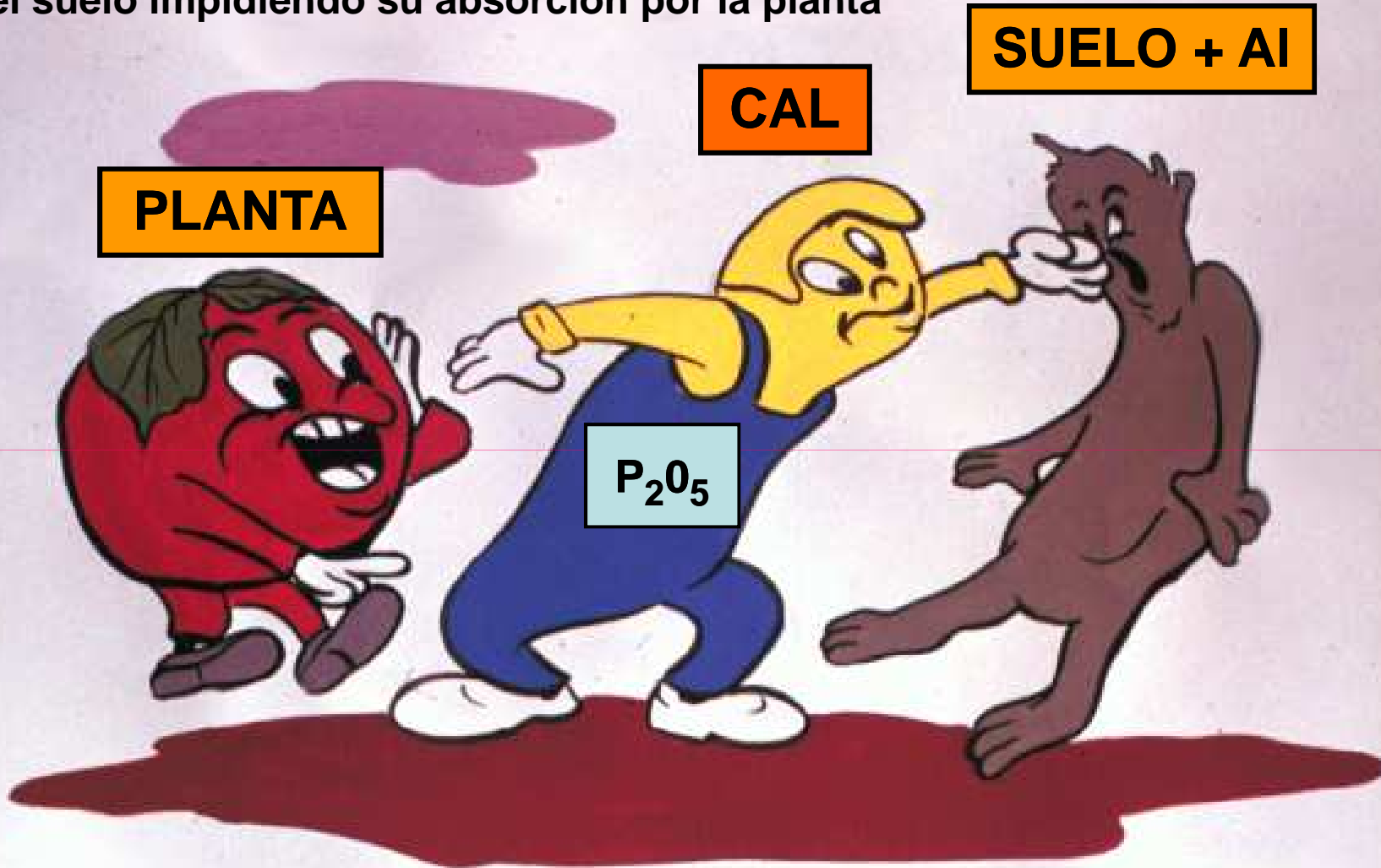
Los iones Ca y/o Mg  
desplazan el Al+3 lo  
neutralizan y precipitan

# *Interacción*

## *Cal - P*

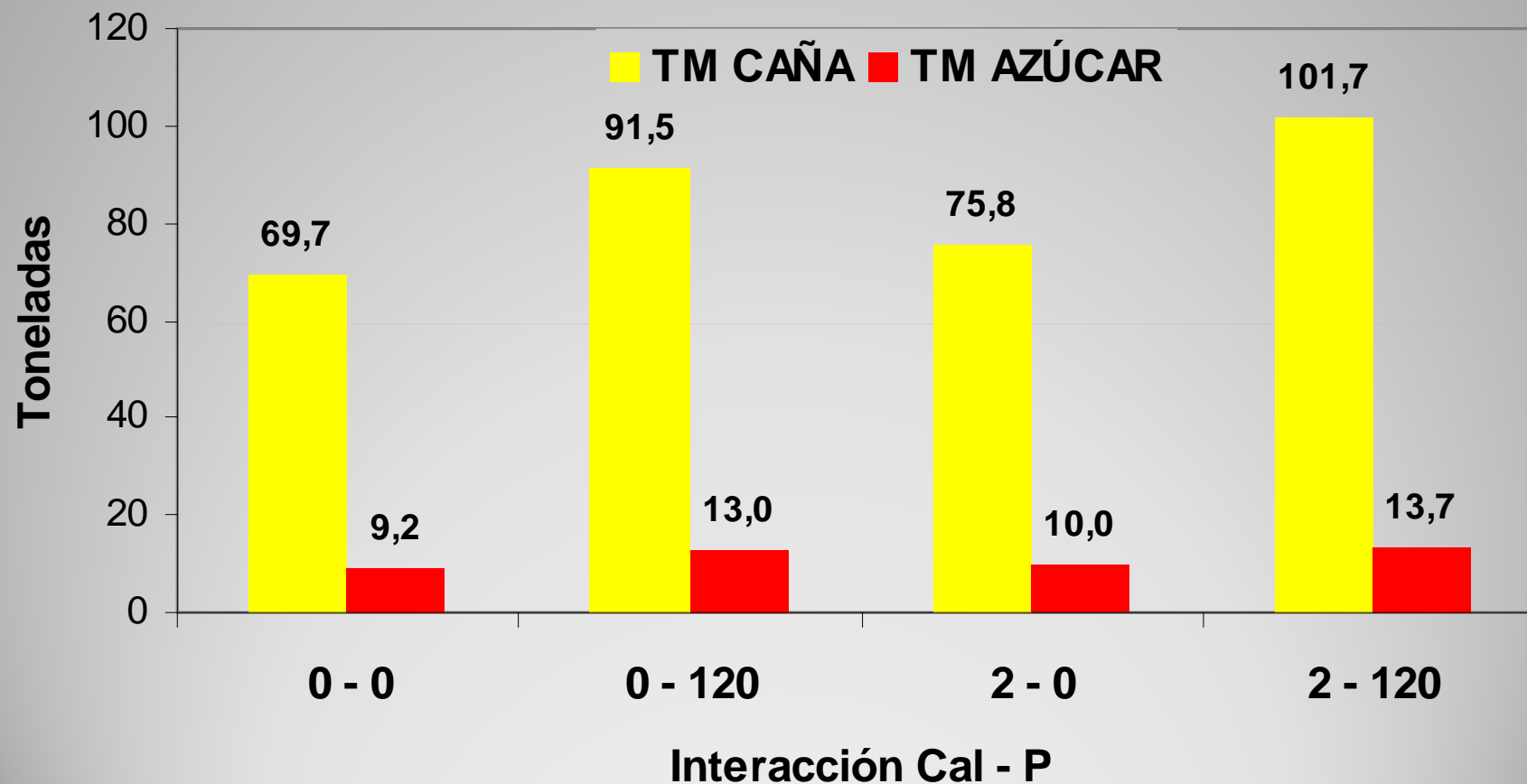
**El P es uno de los nutrimentos más afectados por la acidez en su solubilidad al sufrir efectos de Fijación que lo insolubilizan e indisponen para ser absorbido por las plantas**

La Cal impide que el P sea Fijado y retenido en el suelo impidiendo su absorción por la planta

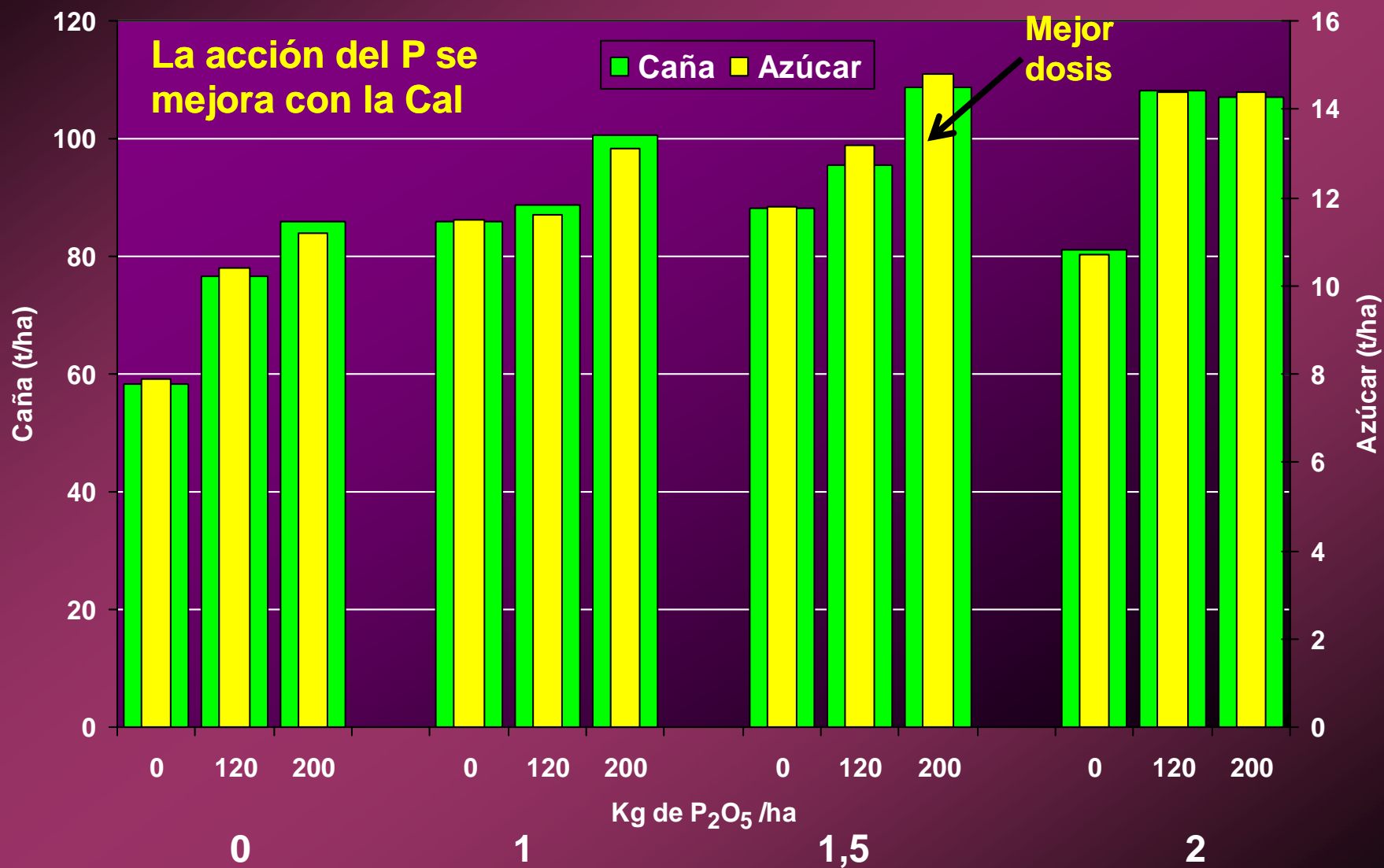


**PÉRDIDA POR FIJACIÓN**

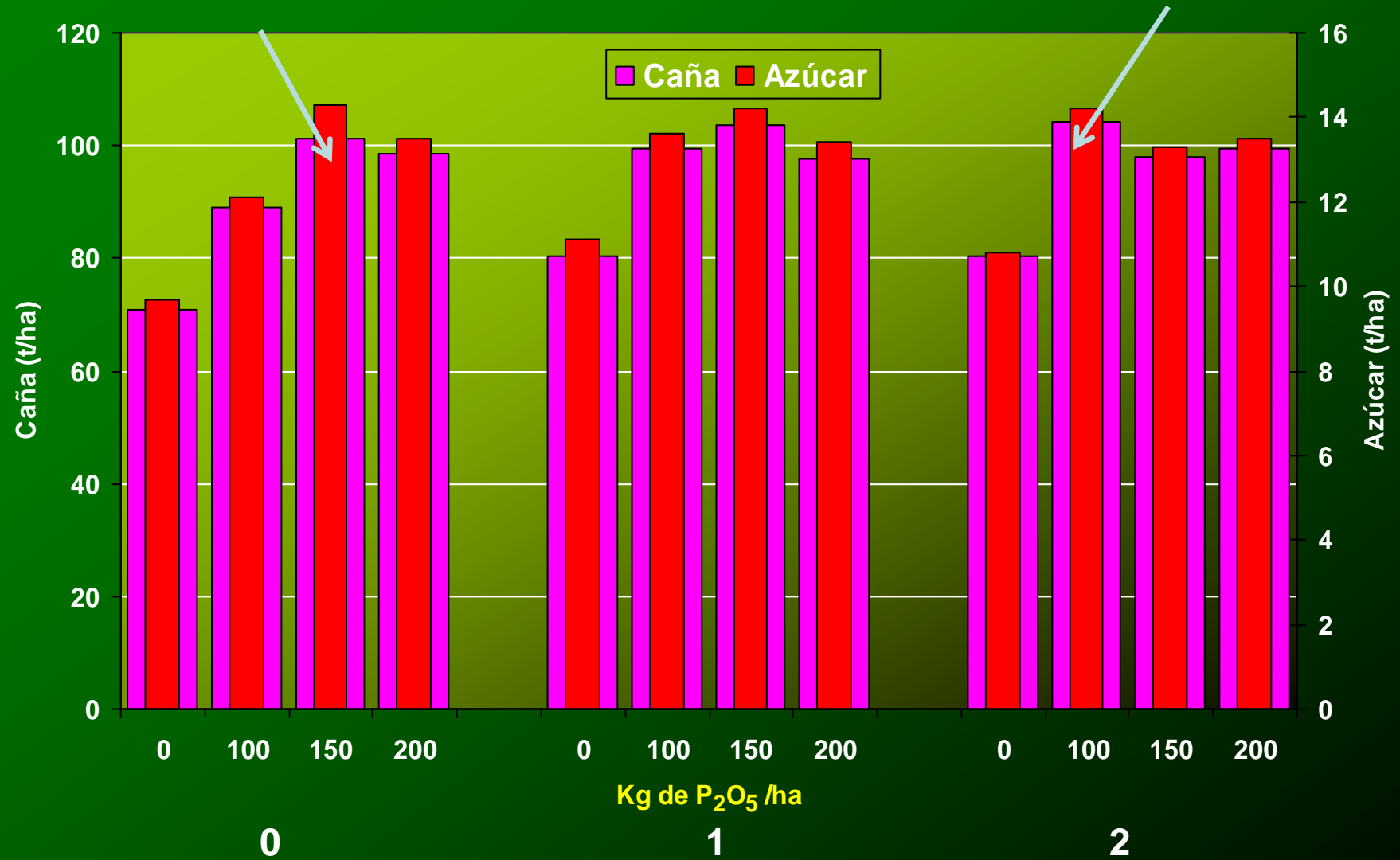
**INTERACCIÓN  $\text{CaCO}_3$  -  $\text{P}_2\text{O}_5$**   
**PROMEDIO DE 4 COSECHAS**  
**TUCURRIQUE, TURRIALBA**



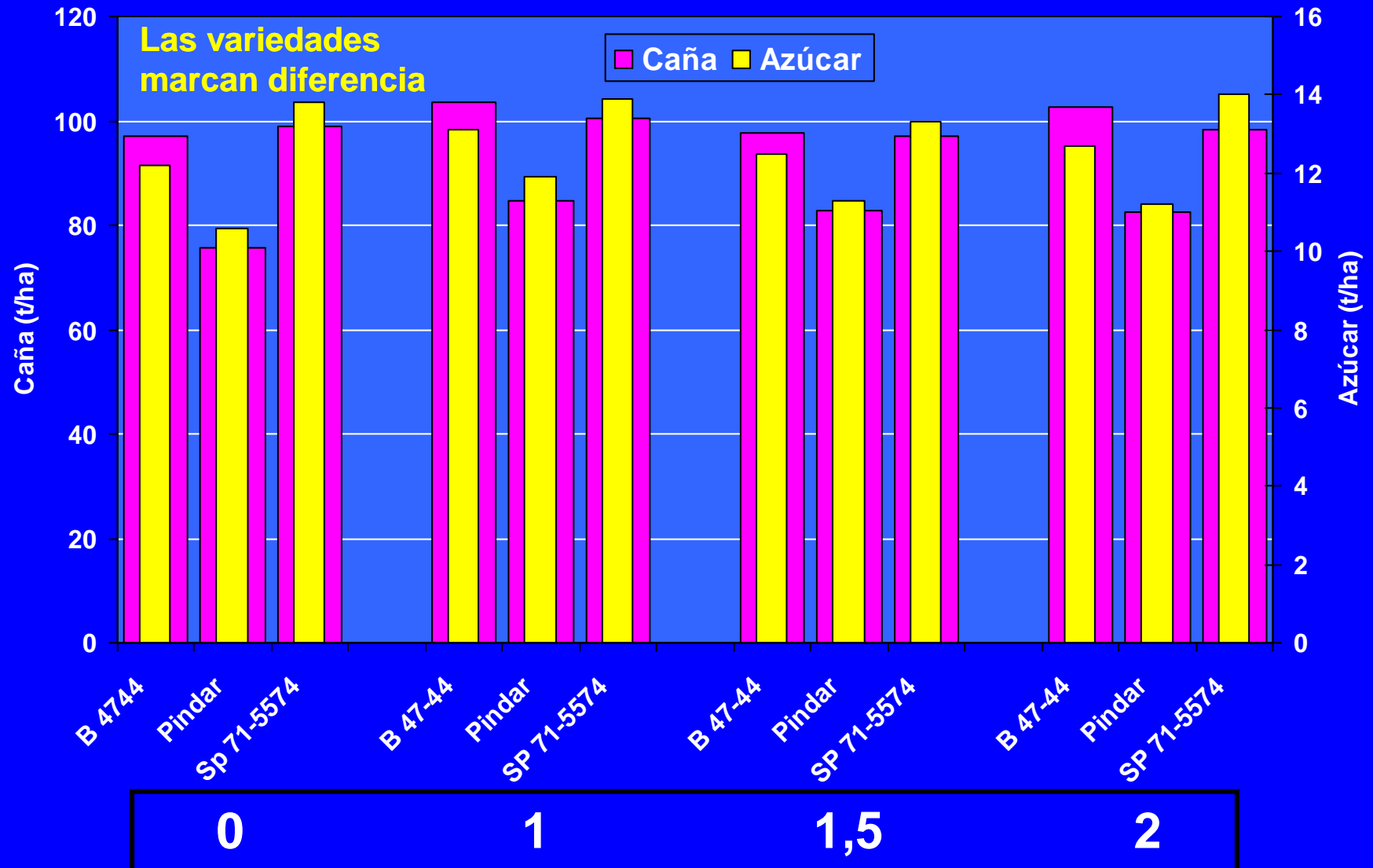
# Interacción $\text{CaCO}_3$ - $\text{P}_2\text{O}_5$ . La Suiza - Turrialba. Promedio de 4 Cosechas



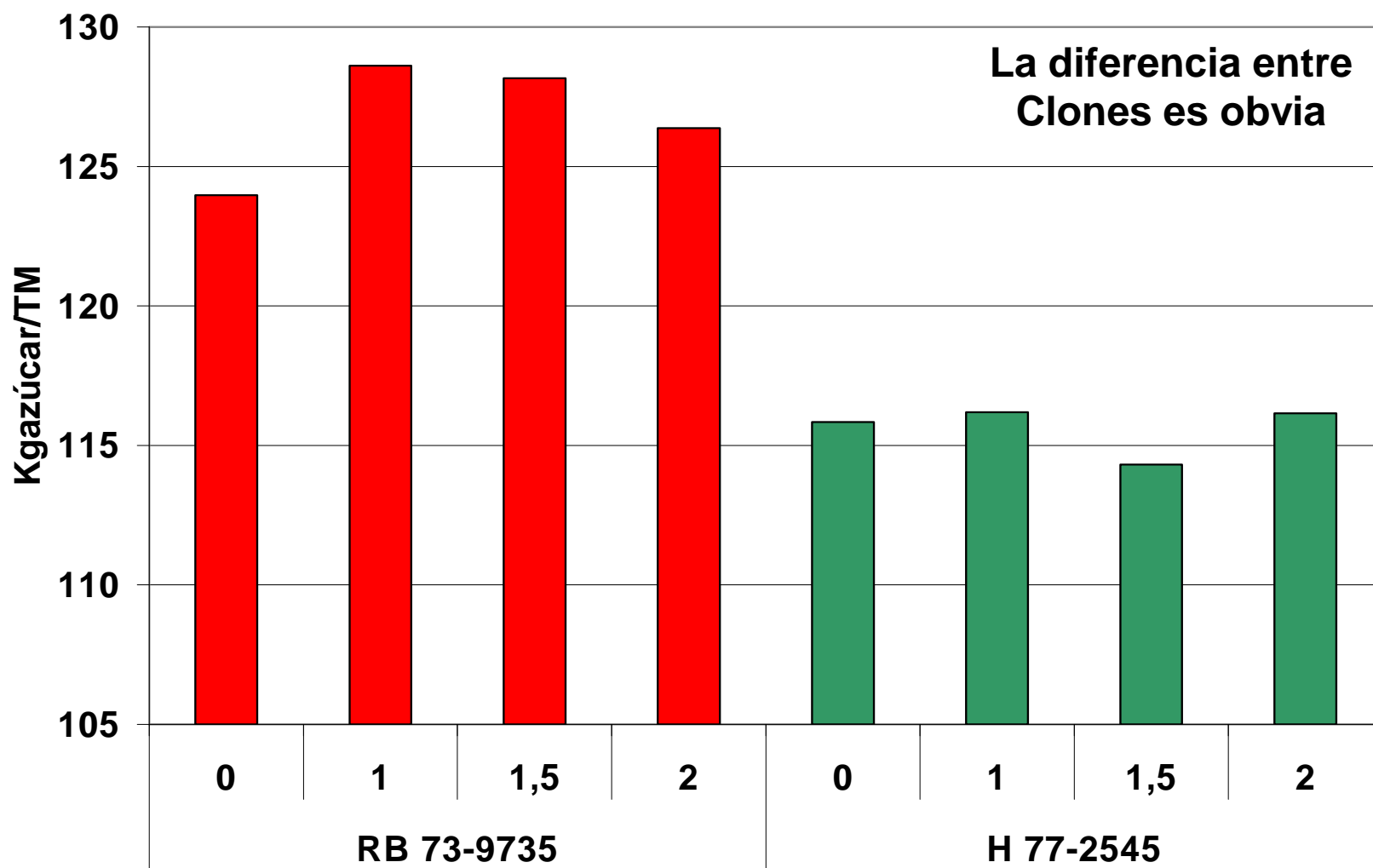
# Interacción $\text{CaCO}_3$ - $\text{P}_2\text{O}_5$ . San Pedro de Pérez Zeledón. Promedio de 3 Cosechas



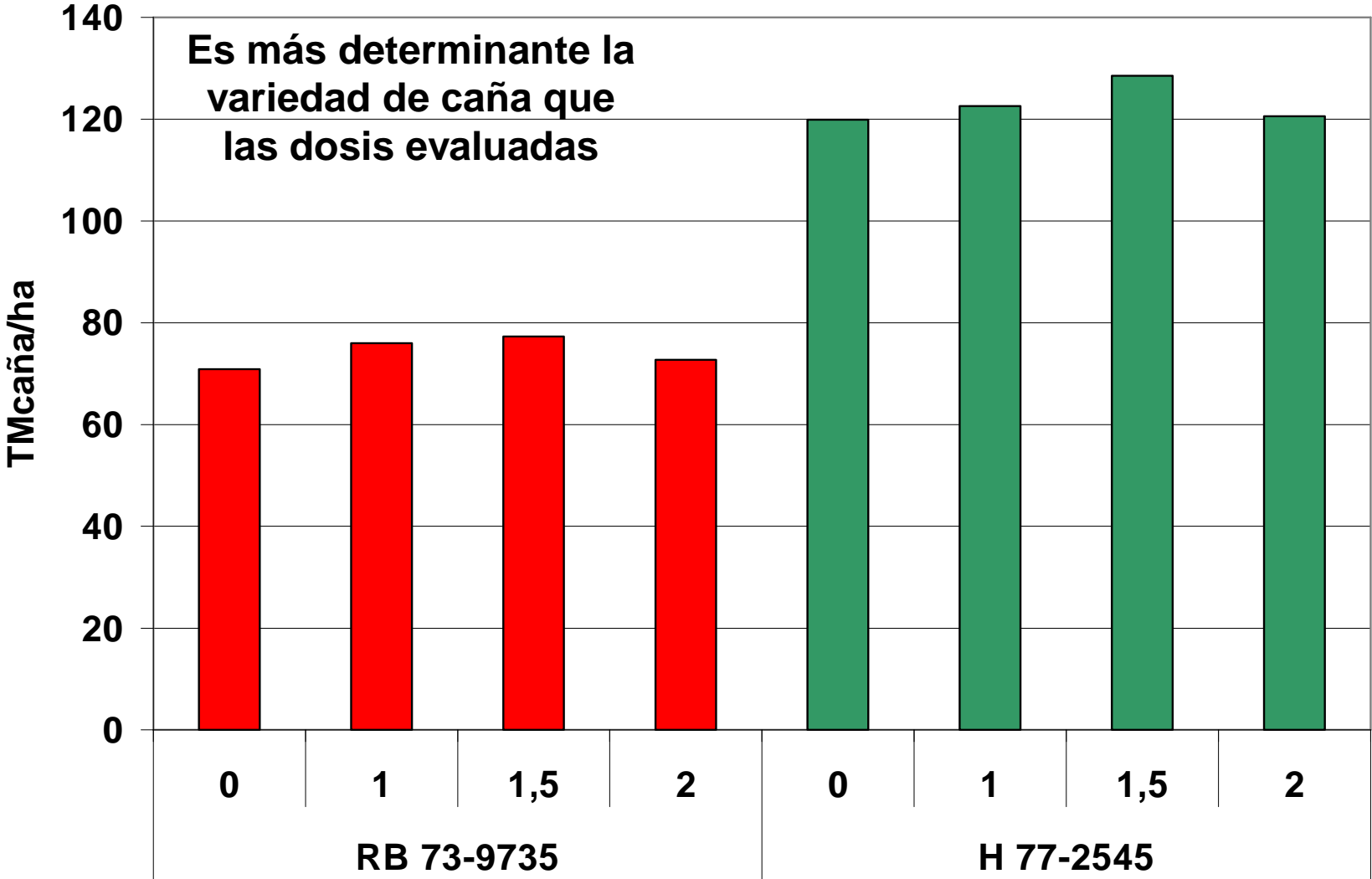
# VARIETADES Vs DOSIS CaCO<sub>3</sub>. PÉREZ ZELEDÓN. - PROMEDIO 3 COSECHAS -



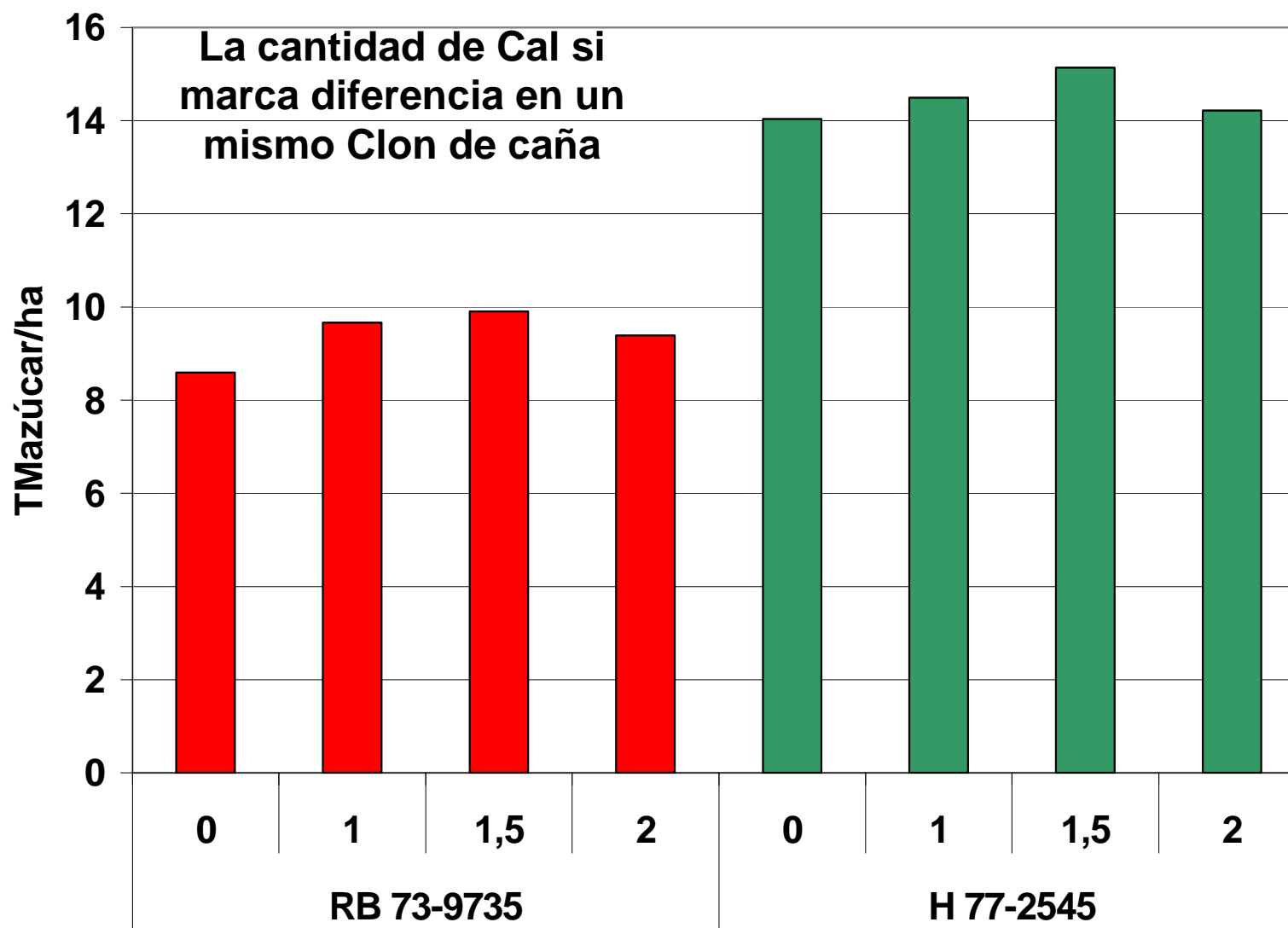
## Efecto del Encalado en la Productividad Agroindustrial de 2 Variedades Comerciales. San Ramón. Promedio 4 Cosechas.



# Efecto del Encalado en la Productividad Agroindustrial de 2 Variedades Comerciales. San Ramón. Promedio 4 Cosechas.



## Efecto del Encalado en la Productividad Agroindustrial de 2 Variedades Comerciales. San Ramón. Promedio 4 Cosechas



# ¿Cuándo Encalar?

# ***Productos Para Encalar***

**Actualmente la cantidad y calidad de productos comerciales disponibles para encalar es alta, lo que implica ubicar las mejores opciones en función de las necesidades**

# CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE UN CORRECTIVO DE ACIDEZ DEL SUELO

- ◎ **CAPACIDAD O PODER NEUTRALIZANTE**
- ◎ **FORMA QUÍMICA**
- ◎ **TAMAÑO DE PARTÍCULAS (*GRANULOMETRÍA*)**
- ◎ **REACTIVIDAD Y RESIDUALIDAD**
- ◎ **CONTENIDO NUTRICIONAL**

# ¿Correctivos de Acidez?

**BaO**

**FeO**

**NaOH**

**MnO**

**BaSiO<sub>3</sub>**

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

**LiCO<sub>3</sub>**

**BaCO<sub>3</sub>**

**MgC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>**

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

**La simple presencia de Ca y Mg no determina la eficiencia de un material encalante**

# CALIDAD DEL CORRECTIVO

□ GRANULOMETRÍA

□ CONCENTRACIÓN (*PODER*)  
NEUTRALIZACIÓN

# La composición química y el factor neutralizante son determinantes en la elección y acción de un material encalante

Constituyente Neutralizante

o

PRINCIPIO ACTIVO

Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) \*

Óxidos ( $\text{O}^{2-}$ ) \*\*

Hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) \*\*

Silicatos ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ) \*

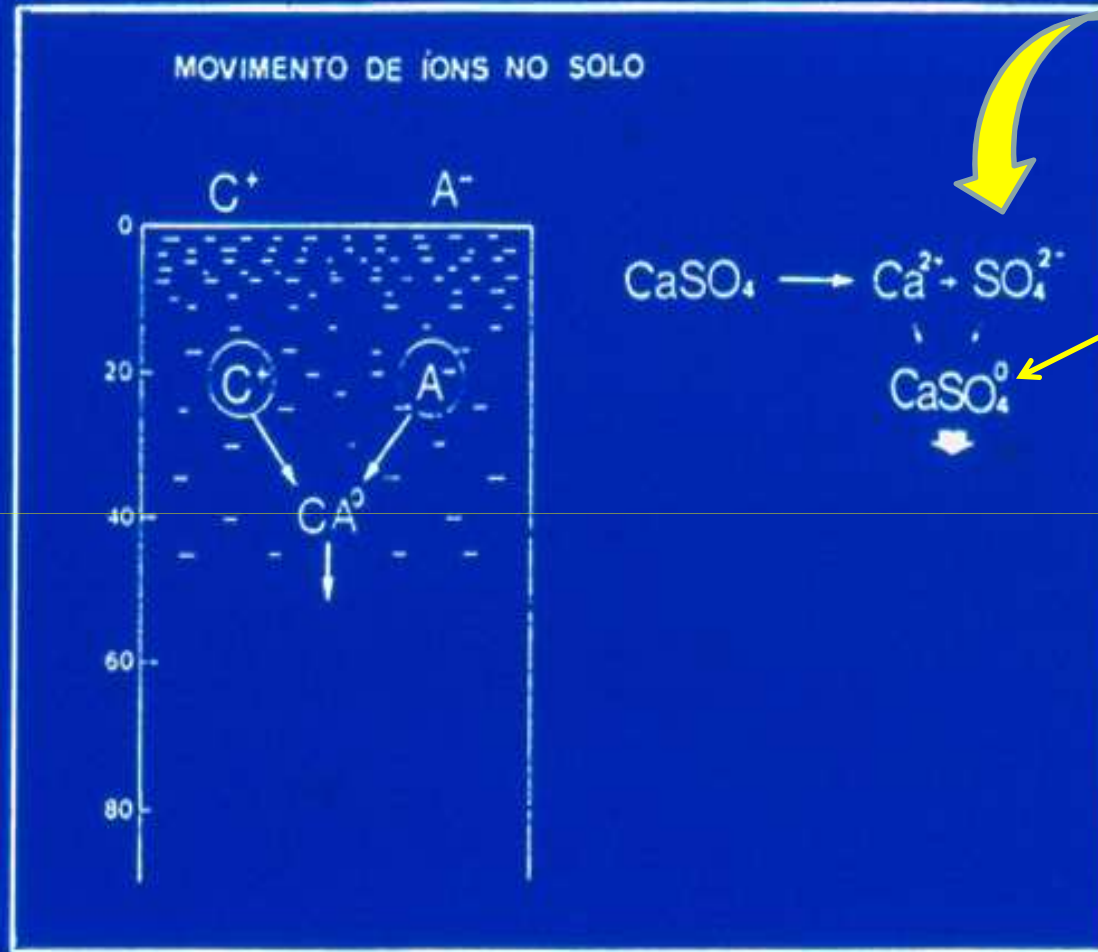
\* Base Débil

\*\* Base Fuerte

## PRODUCTOS PARA ENCALAR

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

# Uso del Yeso en la Agricultura

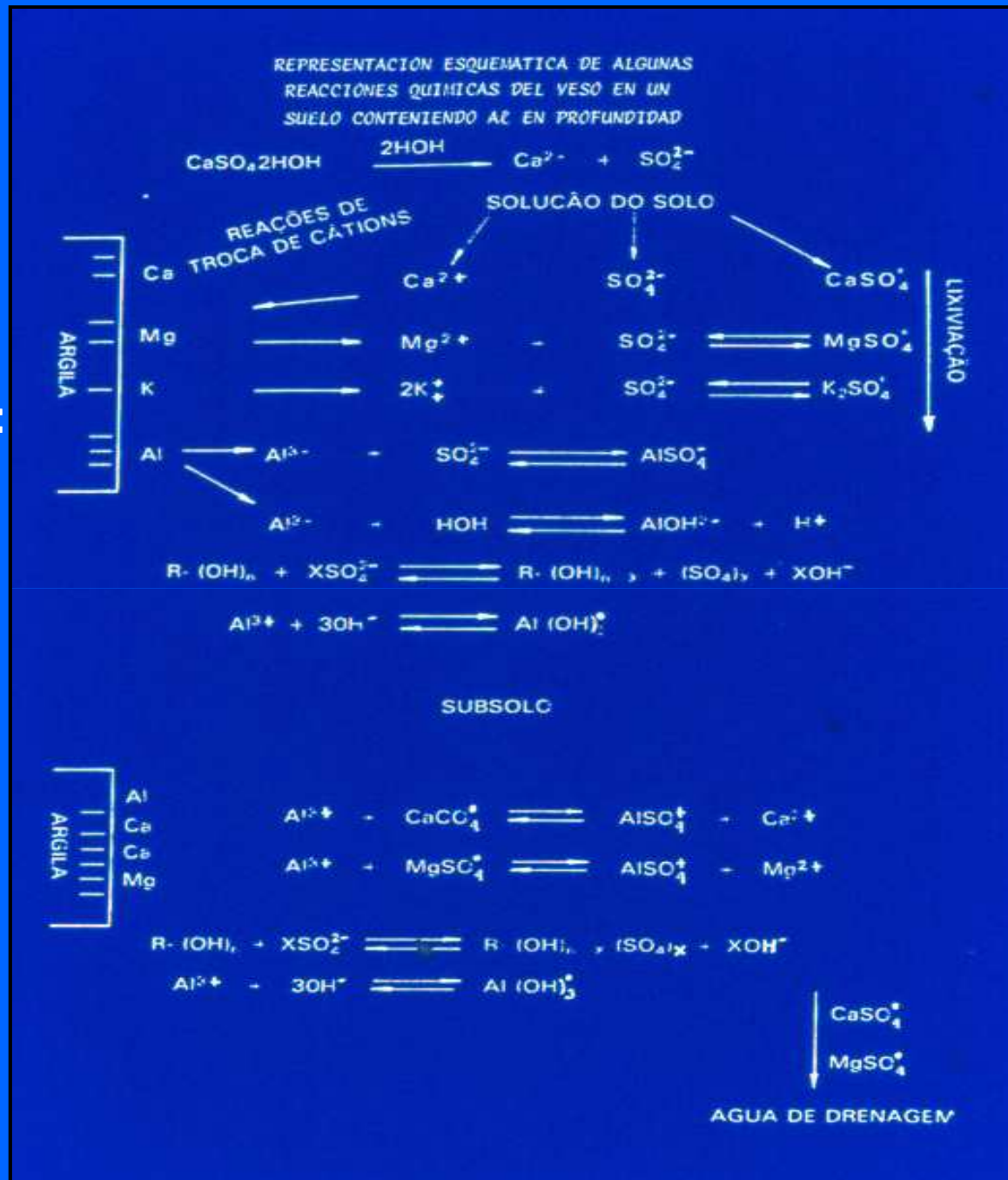


formación del "par iónico" le permite profundizar más y llegar donde otras fuentes no lo hacen

Figura 1. Esquema de perfil de suelo, mostrando cargas negativas e movimiento de iones

Por tener una base débil el Yeso no es un corrector de acidez

Pares Iónicos:



El "Par Iónico" favorece al tener carga cero no ser retenido en el suelo y poder profundizar más que otras fuentes

# GRANULOMETRÍA DE FUENTES COMERCIALES

FUENTE	% RETENCIÓN MALLA					%ERg
	10	14	40	60	> 60	
<b>DOLOMITA</b>	1,67	1,00	16,00	13,33	68,00	83,20
<b>CARBOCAL</b>	0,83	0,83	16,67	33,33	48,33	73,66
<b>PATARRÁ</b>	6,10	5,45	16,60	22,05	49,80	71,44
<b>FILA CAL</b>	0,83	8,33	55,83	13,33	21,67	58,08
<b>CARBOAZUL</b>	0,51	1,28	65,00	24,23	8,97	53,94
<b>CALERA N.J</b>	17,50	17,50	51,25	6,88	6,88	39,51

# PRODUCTIVIDAD AGROINDUSTRIAL

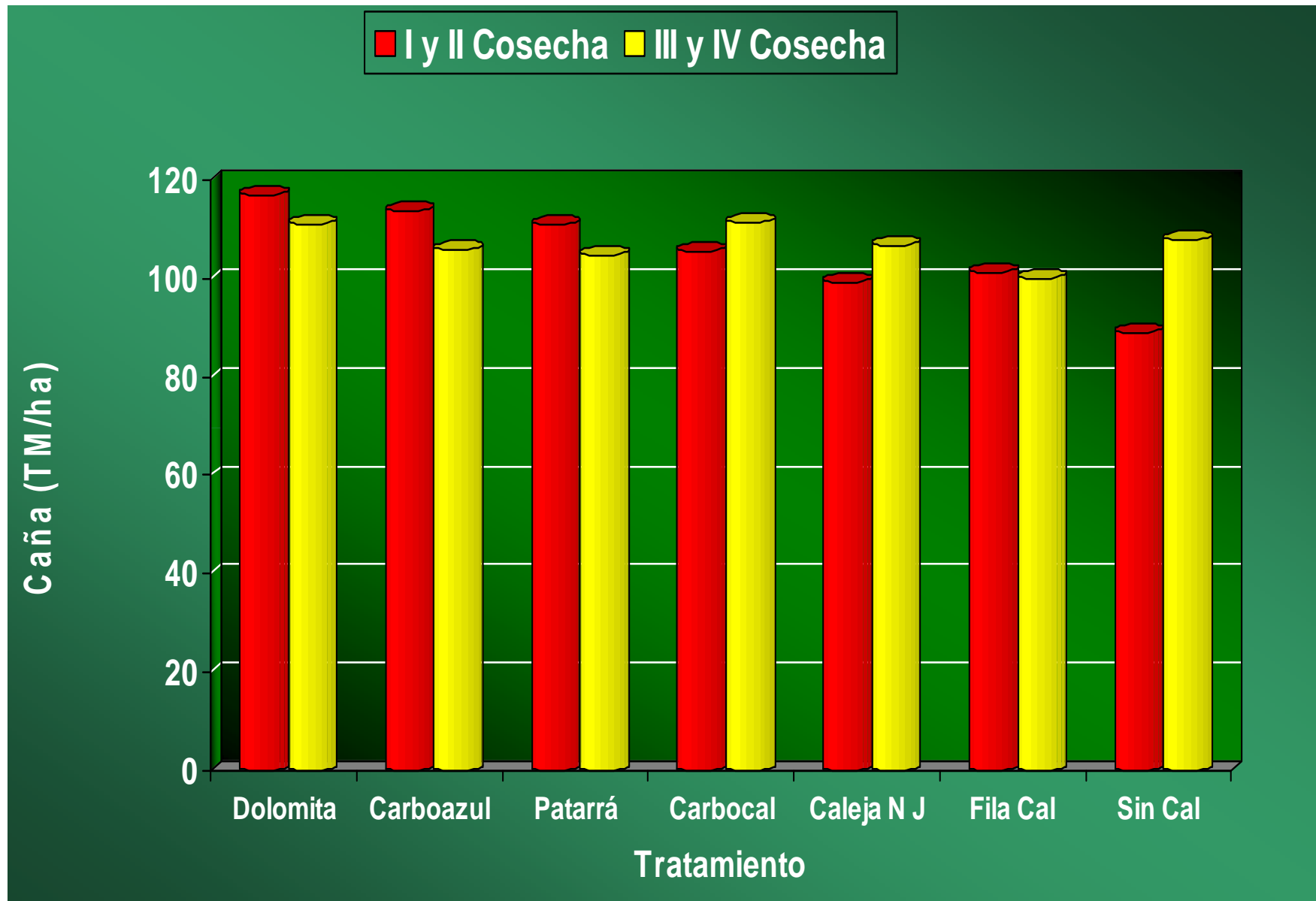
- PROMEDIO 4 COSECHAS -

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (kg sacarosa/ t)	TM/ha		RELACIÓN SACAROSA
		CAÑA	AZÚCAR	
<b>DOLOMITA</b>	<b>134,88</b>	<b><u>114,00</u></b>	<b><u>15,38</u></b>	<b>7,4</b>
<b>CARBOAZUL</b>	<b><u>139,29</u></b>	<b>109,71</b>	<b>15,28</b>	<b><u>7,2</u></b>
<b>PATARRÁ</b>	<b>138,07</b>	<b>107,80</b>	<b>14,88</b>	<b>7,2</b>
<b>CARBOCAL</b>	<b>136,41</b>	<b>108,37</b>	<b>14,78</b>	<b>7,3</b>
<b>CALERA N.J</b>	<b>138,28</b>	<b>102,98</b>	<b>14,24</b>	<b>7,2</b>
<b>FILA CAL</b>	<b>137,83</b>	<b>100,67</b>	<b>13,88</b>	<b>7,3</b>
<b>TESTIGO (- CAL)</b>	<b>135,81</b>	<b>98,38</b>	<b>13,36</b>	<b>7,4</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>137,22</b>	<b>105,99</b>	<b>14,54</b>	<b>7,3</b>
<b>CV (%)</b>	<b>4,10</b>	<b>9,90</b>	<b>11,74</b>	

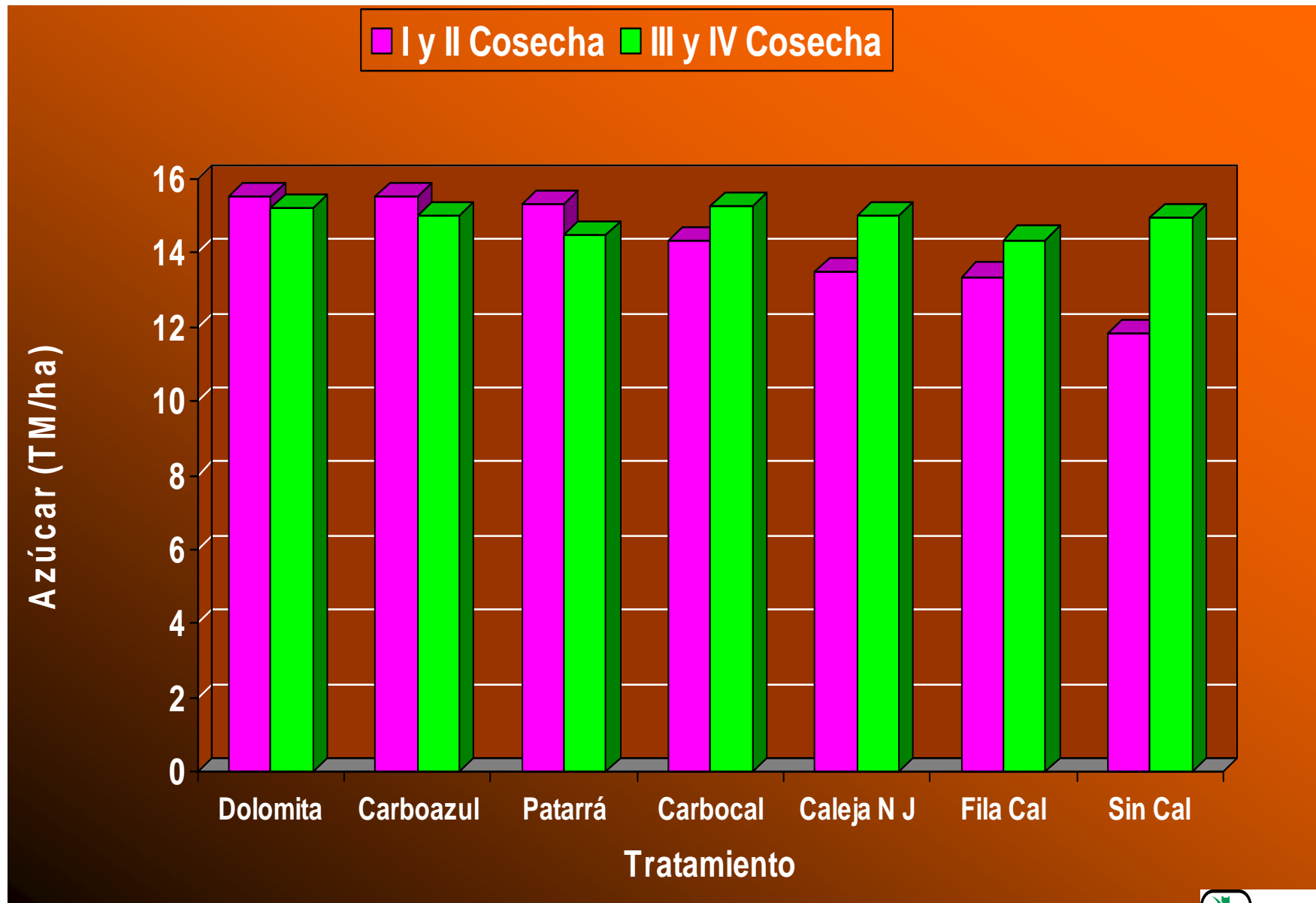
## PRODUCCIÓN DE AZÚCAR (TM/ha) SEGÚN FUENTE DE CAL Y COSECHA

TRATAMIENTO	COSECHA		PROMEDIO
	1 - 2	3 - 4	
DOLOMITA	15,54	15,21	15,38
CARBOAZUL	15,53	15,01	15,28
PATARRÁ	15,29	14,49	14,88
CARBOCAL	14,32	15,26	14,78
CALERA N J	13,48	15,00	14,24
FILA DE CAL	13,37	14,36	13,88
SIN CAL	11,83	14,96	13,36

# Producción de Caña (t/ha)



# Producción de Azúcar (t/ha)



# *¿ Propiedades de Una Cal?*

# ***Pureza de las Fuentes***

**REACTIVIDAD**

**VS**

**RESIDUALIDAD**

***Poder Relativo de  
Neutralización Total  
(PRNT)***

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

**Donde:**

**E. CaCO<sub>3</sub> = Equivalente % de CaCO<sub>3</sub>**

**ERg = Eficiencia Relativa Granulométrica**

# DETERMINACIÓN DEL % E. $\text{CaCO}_3$

N°	CONTENIDOS		CÁLCULO	%E. $\text{CaCO}_3$
	Ca	Mg		
1	65% $\text{CaCO}_3$	15% $\text{MgCO}_3$	$(65 \times 1,00) + (15 \times 1,19)$	82,85
2	33% CaO	12% MgO	$(33 \times 1,78) + (12 \times 2,48)$	88,50
3	46% $\text{Ca(OH)}_2$	15% $\text{Mg(OH)}_2$	$(46 \times 1,35) + (15 \times 1,72)$	87,90
4	65% $\text{CaSiO}_3$	14% $\text{MgSiO}_3$	$(65 \times 0,86) + (14 \times 1,00)$	69,90

# 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

## Zarandas para Medir Granulometría



Se retienen Fracciones conocidas de material encalante lo que permite conocer la calidad del producto comercial. Las hay y recomiendan de 20-60-100 mallas



# TRATAMIENTOS

**FRACCIÓN 10**

**FRACCIÓN 14**

**FRACCIÓN 40**

**FRACCIÓN 60**

**CON CAL \***

**SIN CAL**

\* CARBOAZUL: 90-97%  $\text{CaCO}_3$

# TRATAMIENTOS

FRACCIÓN	APERTURA MALLA (mm)	EFICIENCIA RELATIVA (%) APROVECHAMIENTO
<b>10</b>	<b>&lt; 2,00</b>	<b>10</b>
<b>14</b>	<b>1,41</b>	<b>20</b>
<b>40</b>	<b>0,42</b>	<b>60</b>
<b>60</b>	<b>&gt; 0,25</b>	<b>100</b>

FUENTE: CHAVES (1993)

## Determinación de la Granulometría del material encalante

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

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

**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:**

$$\%ERg = 0 \times \frac{0}{100} + 2 \times \frac{20}{100} + 47 \times \frac{60}{100} + 51 \times \frac{100}{100}$$

$$\%Erg = (0 \times 0) + (2 \times 0,20) + (47 \times 0,60) + (51 \times 1,00) = 79,7\%$$

## Ejemplo Pragmático de Cálculo

### COMPOSICIÓN CAL BÁSICA

PORCIENTO			% PASO/MALLA		
CaCO <sub>3</sub>	CaO	Humedad (máx.)	< 20	21 - 40	> 60
90 - 97	50 - 54	0,2 – 0,9	2	47	51

$$\%ERg = 2 \times 0,2 + 47 \times 0,60 + 51 \times 1,00 = 79,7\%$$

$$\% ECaCO_3 = 93,5\%$$

$$PRNT = 93,5 \times \frac{79,7}{100} = 74,52\%$$

TRATAMIENTOS	EFICIENCIA RELATIVA (%)
FRACCIÓN 10	10
FRACCIÓN 14	20
FRACCIÓN 40	60
FRACCIÓN 60	100
CON CAL *	74,5
SIN CAL	0

## Cálculo del PRNT

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

Donde:

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

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

## Cálculo del PRNT

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

Donde:

$$\text{E. CaCO}_3 = 93,5\%$$

$$\% \text{ERg} = 79,7\%$$

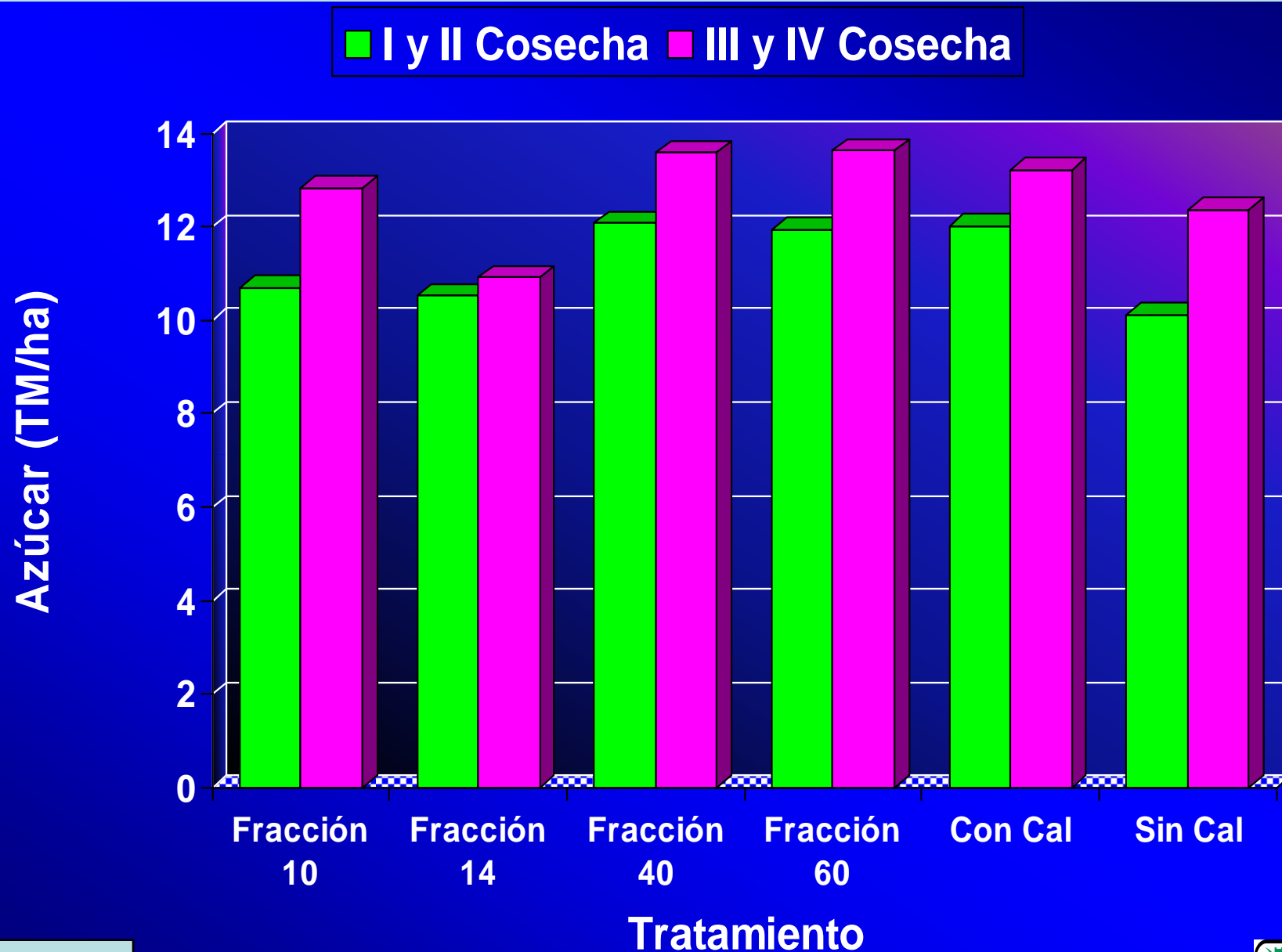
$$\text{PRNT} = 93,5 \times \frac{79,7}{100} = 74,52\%$$

# PRODUCTIVIDAD AGROINDUSTRIAL

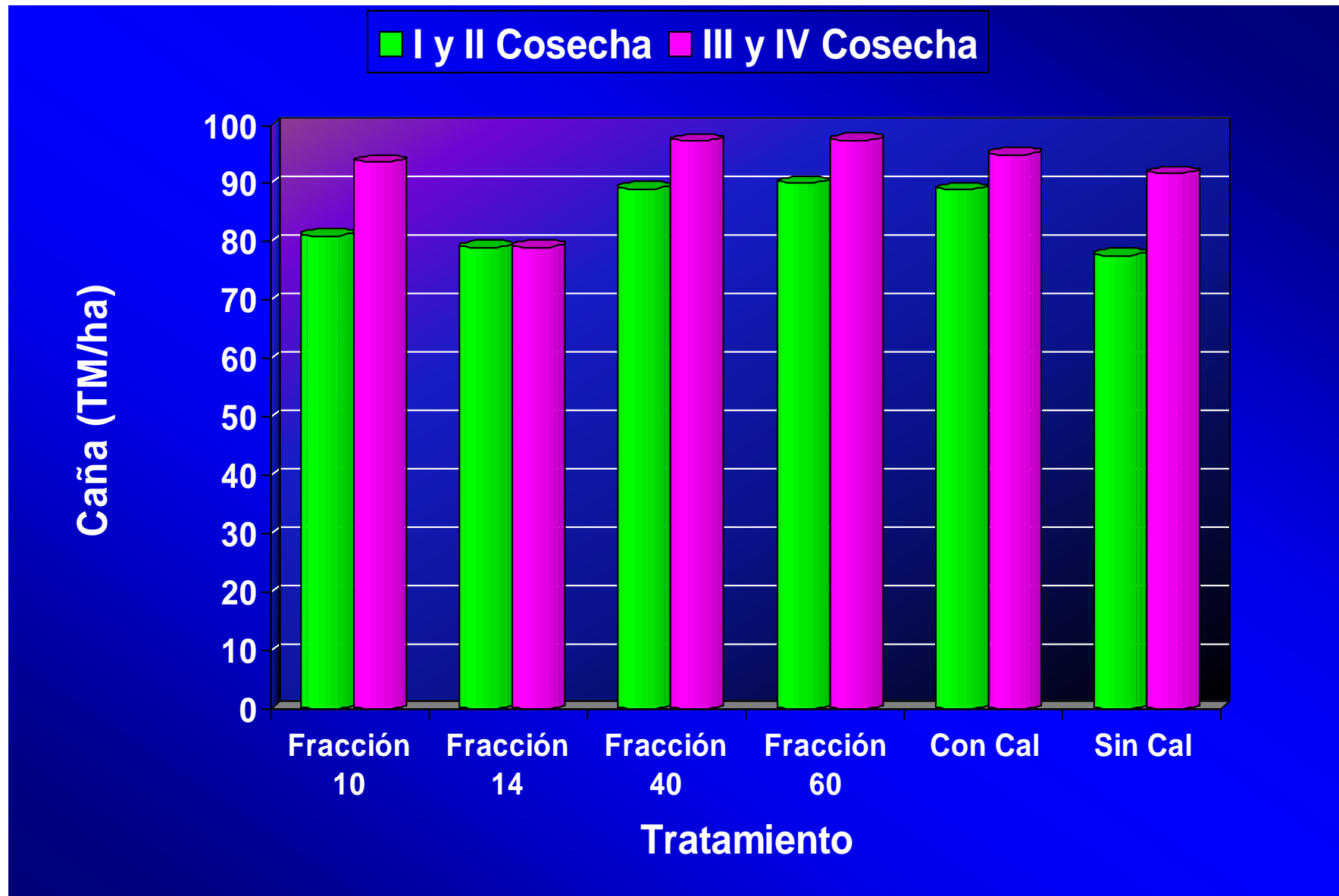
## - PROMEDIO 4 COSECHAS -

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (kg sacarosa/ t)	TM/ha		RELACIÓN SACAROSA
		CAÑA	AZÚCAR	
10	134,75 <i>a</i>	87,37 <i>ab</i>	11,75 <i>ab</i>	7,4
14	136,18 <i>a</i>	79,08 <i>b</i>	10,72 <i>b</i>	7,4
40	<u>137,61</u> <i>a</i>	93,20 <i>ab</i>	<u>12,82</u> <i>a</i>	<u>7,3</u>
60	136,41 <i>a</i>	<u>93,72</u> <i>a</i>	12 79 <i>ab</i>	7,3
CON CAL	137,56 <i>a</i>	91,99 <i>ab</i>	12 62 <i>ab</i>	7,3
SIN CAL	132,85 <i>a</i>	84,72 <i>ab</i>	11,24 <i>ab</i>	7,5
PROMEDIO	135,90	88,35	11,99	7,4
CV (%)	4,97	8,0	7,8	

# Producción de Azúcar (t/ha)



# Producción de Caña (t/ha)



## PRODUCCIÓN DE AZÚCAR (TM/ha) SEGÚN TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	COSECHA		PROMEDIO
	1 - 2	3 - 4	
SIN CAL	10,11	12,36	11,24
CON CAL	12,01	13,21	12,62
10 – 14	10,62	11,87	11,25
40 - 60	12,02	13,60	12,80

**¿Cuánta Cal  
Debe Aplicarse?**

# CANTIDAD DE CAL

- **Grado de Acidez del Suelo**
- **Fuente de Cal Empleada**
- **PRNT del Material Encalante**
- **Forma de Aplicación del Producto**
- **Método de Cálculo (NC) Utilizado**
- **Tiempo Previsto / Reacción**
- **Estrategia de Manejo Prevista**
- **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%)**

# ¿Dónde Encalar?

# ¿Cómo Encalar?

**El método empleado resulta fundamental para lograr el máximo éxito técnico y aprovechamiento del producto**

# FORMAS DE APLICACIÓN

- **VOLEO**

- **BANDAS**

**Incorporado o No Durante Siembra**

- **FONDO SURCO**

- **ENTRECALLE (E)**

- **BANDA DE PLANTAS (B)**

- **COMBINADO (B + E)**

**RETOÑO**



# Formas de colocar la Cal





# Aplicación Superficial Al Voleo

**¡Muy Efectiva!**



# Uso de Equipo Mecánico

La eficiencia de aplicación es muy buena, pero requiere condiciones de relieve apropiadas



**El encalado contribuye de manera determinante en la disponibilidad, eficiencia y rentabilidad de la Fertilización del cultivo**



**La Cal ejerce un efecto Sinérgico sobre la nutrición integral del cultivo de la caña de azúcar**

## PRODUCTOS COMERCIALES PARA ENMIENDAS

N°	PRODUCTO	COMPOSICIÓN	PRESENTACIÓN (Kg)
1	CARBOAZUL	CaCO <sub>3</sub> 95%	50
2	CAL VIVA	CaO 54%	23
3	HIDRÓXIDO CALCIO	Ca(OH) <sub>2</sub> %	
4	DOLOMITA	CaCO <sub>3</sub> 50% MgCO <sub>3</sub> 40%	50
5	NUTRICAL	Ca(OH) <sub>2</sub> 35% MgCO <sub>3</sub> 15% CaSO <sub>4</sub> 15%	46
6	AGRIMAG	Ca(OH) <sub>2</sub> 60% Mg(OH) <sub>2</sub> 40%	23
7	TIGSA-MAG	CaO 25% MgO 16%	50
8	SURCOMEJORADOR	CaO 41,6% MgO 9,7%	46
9	GRANUMAX	CaO 23% S 5,3% MgO 23% Si 2,6%	50
10	YESO AGRÍCOLA	CaO 30-35% S 15-16%	50

## COMPARATIVO: PRECIO Y COSTO UNITARIO DEL INSUMO COMERCIAL

PRODUCTO	PRESENTACIÓN (Kg)	PRECIO SACO		COSTO UNITARIO*		DIFERENCIA		
		US\$	¢	US\$	¢	US\$	¢	%
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>50</b>	<b>2,83</b>	<b>1.590</b>	<b>0,06</b>	<b>31,80</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>100</b>
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>								
<b>CaO</b>	<b>23</b>	<b>3,56</b>	<b>1.995</b>	<b>0,15</b>	<b>86,74</b>	<b>0,09</b>	<b>54,94</b>	<b>273</b>
<b>DOLOMITA</b>	<b>50</b>	<b>7,74</b>	<b>4.340</b>	<b>0,16</b>	<b>86,80</b>	<b>0,10</b>	<b>55,00</b>	<b>273</b>
<b>SURCOMAJORADOR</b>	<b>46</b>	<b>11,89</b>	<b>6.665</b>	<b>0,26</b>	<b>144,89</b>	<b>0,20</b>	<b>113,09</b>	<b>456</b>
<b>TIGSAMAG</b>	<b>50</b>	<b>12,65</b>	<b>7.090</b>	<b>0,25</b>	<b>141,80</b>	<b>0,19</b>	<b>110,00</b>	<b>446</b>
<b>AGRIMAG</b>	<b>23</b>	<b>6,56</b>	<b>3.680</b>	<b>0,29</b>	<b>160,00</b>	<b>0,23</b>	<b>128,20</b>	<b>503</b>
<b>NUTRICAL</b>	<b>46</b>	<b>15,29</b>	<b>8.570</b>	<b>0,33</b>	<b>186,30</b>	<b>0,27</b>	<b>154,50</b>	<b>586</b>
<b>GRANUMAX</b>	<b>50</b>	<b>21,82</b>	<b>12.235</b>	<b>0,44</b>	<b>244,70</b>	<b>0,38</b>	<b>212,90</b>	<b>770</b>
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	<b>50</b>	<b>11,86</b>	<b>6.650</b>	<b>0,24</b>	<b>133,00</b>	<b>0,18</b>	<b>5.060</b>	<b>418</b>

1 us\$ = ¢ 560,68 (04/11/08)

\* VALOR UNITARIO EXPRESADO POR KILOGRAMO.



## COSTO DEL INSUMO REQUERIDO PARA APLICAR 1,5 TM/ha

PRODUCTO	PRESENTACIÓN (Kg)	PRECIO SACO		COSTO TOTAL *		DIFERENCIA		
		US\$	¢	US\$	¢	US\$	¢	%
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>50</b>	<b>2,83</b>	<b>1.590</b>	<b>85,07</b>	<b>47.700</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>100</b>
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>								
<b>CaO</b>	<b>23</b>	<b>3,56</b>	<b>1.995</b>	<b>232,05</b>	<b>130.110</b>	<b>146,98</b>	<b>+82.410</b>	<b>273</b>
<b>DOLOMITA</b>	<b>50</b>	<b>7,74</b>	<b>4.340</b>	<b>232,21</b>	<b>130.200</b>	<b>147,14</b>	<b>+82.500</b>	<b>273</b>
<b>SURCOMEJOR ADOR</b>	<b>46</b>	<b>11,89</b>	<b>6.665</b>	<b>387,62</b>	<b>217.335</b>	<b>302,55</b>	<b>+169.635</b>	<b>419</b>
<b>TIGSAMAG</b>	<b>50</b>	<b>12,65</b>	<b>7.090</b>	<b>379,36</b>	<b>212.700</b>	<b>294,29</b>	<b>+165.000</b>	<b>446</b>
<b>AGRIMAG</b>	<b>23</b>	<b>6,56</b>	<b>3.680</b>	<b>428,05</b>	<b>240.000</b>	<b>342,98</b>	<b>+192.300</b>	<b>503</b>
<b>NUTRICAL</b>	<b>46</b>	<b>15,29</b>	<b>8.570</b>	<b>498,41</b>	<b>279.450</b>	<b>413,34</b>	<b>+231.750</b>	<b>586</b>
<b>GRANUMAX</b>	<b>50</b>	<b>21,82</b>	<b>12.235</b>	<b>654,65</b>	<b>367.050</b>	<b>569,58</b>	<b>+319.350</b>	<b>770</b>
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	<b>50</b>	<b>11,86</b>	<b>6.650</b>	<b>355,81</b>	<b>199.500</b>	<b>270,74</b>	<b>+151.800</b>	<b>418</b>

1 us\$= ¢ 560,68 (04/11/08) \* PARA APLICAR 1,5 TM/ha DE PRODUCTO COMERCIAL

## CANTIDAD EQUIVALENTE PRODUCTO COMERCIAL APLICADA

N°	PRODUCTO	COMPOSICIÓN	% E CaCO <sub>3</sub>		
			ESPECÍFICO	PARCIAL	TOTAL
1	CARBOAZUL	CaCO <sub>3</sub> 95%	95 X 1,00	95,0	95,0
2	CAL VIVA	CaO 54%	54 X 1,78	96,1	96,1
3	HIDRÓXIDO CALCIO	Ca(OH) <sub>2</sub> %			
4	DOLOMITA	CaCO <sub>3</sub> 50%	50 X 1,00	50,0	97,6
		MgCO <sub>3</sub> 40%	40 X 1,19	47,6	
5	NUTRICAL	Ca(OH) <sub>2</sub> 35%	35 X 1,35	47,2	65,0
		MgCO <sub>3</sub> 15%	15 X 1,19	17,8	
		CaSO <sub>4</sub> 15%	15 X ?	?	
6	AGRIMAG	Ca(OH) <sub>2</sub> 60%	60 X 1,35	81,0	149,8
		Mg(OH) <sub>2</sub> 40%	40 X 1,72	68,8	
7	TIGSA-MAG	CaO 25%	25 X 1,78	44,5	84,2
		MgO 16%	16 X 2,48	39,7	
8	SURCOMEJORADOR	CaO 41,6%	41,6 X 1,78	74,1	98,2
		MgO 9,7%	9,7 X 2,48	24,1	
9	GRANUMAX	CaO 23% S 5,3%	23 X 1,78	40,9	97,9
		MgO 23% Si 2,6%	23 X 2,48	57,0	
10	YESO AGRÍCOLA	CaSO <sub>4</sub> S 15-16%	16 X ?	?	?

### CANTIDAD EQUIVALENTE PRODUCTO COMERCIAL APLICADA

N°	PRODUCTO	COMPOSICIÓN	INDICADORES		%PRNT
			%E CaCO <sub>3</sub>	%ERg	
1	CARBOAZUL	CaCO <sub>3</sub> 95%	95,0	96,0	91,2
2	CAL VIVA	CaO 54%	96,1	96,0	92,3
3	HIDRÓXIDO CALCIO	Ca(OH) <sub>2</sub> %		96,0	
4	DOLOMITA	CaCO <sub>3</sub> 50% MgCO <sub>3</sub> 40%	97,6	96,0	93,7
5	NUTRICAL	Ca(OH) <sub>2</sub> 35% MgCO <sub>3</sub> 15% CaSO <sub>4</sub> 15%	65,0	96,0	62,4
6	AGRIMAG	Ca(OH) <sub>2</sub> 60% Mg(OH) <sub>2</sub> 40%	149,8	96,0	143,8
7	TIGSA-MAG	CaO 25% MgO 16%	84,2	96,0	80,2
8	SURCOMEJORADOR	CaO 41,6% MgO 9,7%	98,2	96,0	94,3
9	GRANUMAX	CaO 23% S 5,3% MgO 23% Si 2,6%	97,9	96,0	94,0
10	YESO AGRÍCOLA	CaSO <sub>4</sub> S 15-16%	?	96,0	?

## CANTIDAD EQUIVALENTE PRODUCTO COMERCIAL APLICADA (1,5 TM/ha)

N°	PRODUCTO	COMPOSICIÓN	INDICADORES		DIFERENCIA	
			% PRNT	NC (TM)	TM	Kg
1	CARBOAZUL	CaCO <sub>3</sub> 95%	91,2	1,64	---	---
2	CAL VIVA	CaO 54%	92,3	1,62	-0,02	-20
3	HIDRÓXIDO CALCIO	Ca(OH) <sub>2</sub> %				
4	DOLOMITA	CaCO <sub>3</sub> 50% MgCO <sub>3</sub> 40%	93,7	1,60	-0,04	-40
5	NUTRICAL	Ca(OH) <sub>2</sub> 35% MgCO <sub>3</sub> 15% CaSO <sub>4</sub> 15%	62,4	2,40	+0,76	+760
6	AGRIMAG	Ca(OH) <sub>2</sub> 60% Mg(OH) <sub>2</sub> 40%	143,8	1,04	-0,60	-600
7	TIGSA-MAG	CaO 25% MgO 16%	80,2	1,87	+0,23	+230
8	SURCOMEJORADO R	CaO 41,6% MgO 9,7%	94,3	1,59	-0,05	-50
9	GRANUMAX	CaO 23% S 5,3% MgO 23% Si 2,6%	94,0	1,60	-0,04	-40
10	YESO AGRÍCOLA	CaSO <sub>4</sub> S 15-16%	?	1,64	---	

## COMPARATIVO: PRECIO Y COSTO UNITARIO DEL INSUMO COMERCIAL

PRODUCTO	PRECIO/ SACO		COSTO UNITARIO*		DOSIS (Kg/ha)	COSTO/ha	
	US\$	¢	US\$	¢		(¢ /ha)	DIF(¢ /ha)
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	2,83	1.590	0,06	31,80	1.640	52.152	---
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>							
<b>CaO</b>	3,56	1.995	0,15	86,74	1.620	140.519	+88.367
<b>DOLOMITA</b>	7,74	4.340	0,16	86,80	1.600	138.880	+86.728
<b>SURCOMEJORADOR</b>	11,89	6.665	0,26	144,89	2.400	347.736	+295.584
<b>TIGSAMAG</b>	12,65	7.090	0,25	141,80	1.040	147.472	+95.320
<b>AGRIMAG</b>	6,56	3.680	0,29	160,00	1.870	299.200	+247.048
<b>NUTRICAL</b>	15,29	8.570	0,33	186,30	1.590	296.217	+244.065
<b>GRANUMAX</b>	21,82	12.235	0,44	244,70	1.600	391.520	+339.368
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	11,86	6.650	0,24	133,00	1.640	218.120	+165.968

1 us\$= ¢ 560,68 (04/11/08) \* VALOR UNITARIO EXPRESADO POR KILOGRAMO.

## COMPARATIVO: APLICACIÓN DEL INSUMO COMERCIAL / 5 has

PRODUCTO	DOSIS	COSTO/ha		COSTO/ 5 has	
	(Kg/ha)	(¢ /ha)	DIF(¢ /ha)	(¢ / 5 has)	DIF(¢ /5 has)
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>1.640</b>	<b>52.152</b>	<b>---</b>	<b>260.760</b>	<b>---</b>
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>					
<b>CaO</b>	<b>1.620</b>	<b>140.519</b>	<b>+88.367</b>	<b>702.595</b>	<b>+441.835</b>
<b>DOLOMITA</b>	<b>1.600</b>	<b>138.880</b>	<b>+86.728</b>	<b>694.400</b>	<b>433.640</b>
<b>SURCOMEJORA DOR</b>	<b>2.400</b>	<b>347.736</b>	<b>+295.584</b>	<b>1.477.920</b>	<b>1.217.160</b>
<b>TIGSAMAG</b>	<b>1.040</b>	<b>147.472</b>	<b>+95.320</b>	<b>476.600</b>	<b>215.840 *</b>
<b>AGRIMAG</b>	<b>1.870</b>	<b>299.200</b>	<b>+247.048</b>	<b>1.235.240</b>	<b>974.480 *</b>
<b>NUTRICAL</b>	<b>1.590</b>	<b>296.217</b>	<b>+244.065</b>	<b>1.220.325</b>	<b>959.565</b>
<b>GRANUMAX</b>	<b>1.600</b>	<b>391.520</b>	<b>+339.368</b>	<b>1.696.840</b>	<b>1.436.080</b>
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	<b>1.640</b>	<b>218.120</b>	<b>+165.968</b>	<b>829.840</b>	<b>569.080</b>

1 us\$= ¢ 560,68 (04/11/08)

## PRODUCTOS PARA ENMIENDAS

PRODUCTO	COMPOSICIÓN	Present. (kg)	Precio Unitario (¢/kg)	Precio Unitario (¢/saco)	Precio Unitario (us\$/saco)	Dosis (kg/ha)	Precio (¢/ha)
CARBOAZUL	CaCO <sub>3</sub> 95%	45	20,78	935	1,8	1.000	20.777
CAL DOLOMITA	CaCO <sub>3</sub> 50%	50	51,70	2.585	4,97	700	36.190
	MgCO <sub>3</sub> 40%						
NUTRICAL	Calcio Magnesio Sulfato	46	144,46	6.645	12,78	368	53.160
AGRI MAG	MgOH 40 %	23	135,00	3.105	5,97	276	37.260
	CaOH 60 %						
HIDRÓXIDO CALCIO	CaOH 54%	17	41,76	710	1,36	1.000	41.765
Surcomejorador	Calcio (CaO) 41,6%	46	123,91	5.700	10,96	368	45.600
	Magnesio (Mg O) 9,7%						
	Azufre (S) 5,3%						
	Silicio (Si) 2,6%						
TIGSA - MAG	Calcio (CaO) 25-26%	50	150	7.500	14,42	300	45.000
	Magnesio (Mg O) 15-16%						

Nota : El valor del \$ al 6-06-07 es de ¢520

## **Conclusiones**

- 1) No hay duda alguna sobre la necesidad, esenciabilidad y rentabilidad de corregir los suelos ácidos sembrados con caña de azúcar. La Tasa de Retorno es alta.**
- 2) Hay suficiente experiencia acumulada y tecnología disponible en el país para realizar una corrección efectiva de la misma.**
- 3) La caña de azúcar ha demostrado tener una alta respuesta positiva a la adición de Cal al suelo. La reducción en fertilizante debe complementarse con fortalecer el encalamiento, lo cual minimiza el impacto nutricional y productivo.**
- 4) Esta demostrada y comprobada la respuesta variable de las Variedades de caña al encalado, lo que supone tolerancia diferencial a la acidez del suelo. El tema debe investigarse y estudiarse más.**
- 5) Existen en el mercado suficientes productos comerciales de muy alta calidad y diversidad para atender las necesidades particulares de cada región y zona productora.**

## Conclusiones

- 6) El tema de corregir los suelos ácidos debe dejar de ser visto con visión simplista y superficial y ser atendido con la profundidad y tecnicismo necesario.
- 7) El Calculo de la Necesidad de Cal (NC) de un suelo es un tema que debe tratarse con criterio técnico, en virtud de que las características físico-químicas de los productos comerciales disponibles en el mercado son muy variables y requieren por ello un trato especial y particularizado.
- 8) No debe nunca prevalecer el valor unitario como criterio único para adquirir un producto encalante, pues propiedades como: valor PRNT, Concentración, ión acompañante, reactividad y otros pesan en la cantidad necesaria adquirir y obviamente sobre el efecto final potencial.
- 9) Debe consultarse al técnico de la zona previo adquirir un producto comercial, pues hay productos sofisticados que requieren asesoramiento previo.

# ***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](mailto:mchavezs@laica.co.cr)***

