



**CONSIDERACIONES
TÉCNICO - ECONÓMICAS
PARA LA CORRECTA
NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN
DE LA CAÑA DE AZÚCAR
EN GUANACASTE**

Roland Bénard

**MARCO CHAVES SOLERA
DIECA-LAICA**

**EARTH
Liberia, Guanacaste
10 Diciembre 2008**

Roland Bénard



Presentado en:

***Seminario de Capacitación para
Productores y Técnicos del Cultivo
de la Caña de Azúcar en
Guanacaste***

***Organizado por la Escuela Escuela
Agrícola de la Región Tropical
Húmeda (EARTH), Sede Liberia y DIECA.***

***EARTH, Liberia, Guanacaste
Costa Rica***

10 de Diciembre 2008



OBJETIVO

Exponer de manera general y específica en algunos asuntos, aspectos vinculados con la nutrición y fertilización de la caña de azúcar. Se particulariza en relación con la región de Guanacaste. La actividad y la charla consideran que su fin es informar y capacitar a técnicos y agricultores de caña de la región, lo que incorpora generalidad y simplicidad en los tópicos abordados.







NUTRICIÓN FERTILIZACIÓN

La Fertilización es el mecanismo
para nutrir la planta

Cana e alimento dá bom casamento?

¡No solo el monocultivo es posible y recomendable en caña de azúcar!



MIC - INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ALCOOL
PROGRAMA NACIONAL DE MELHORAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR



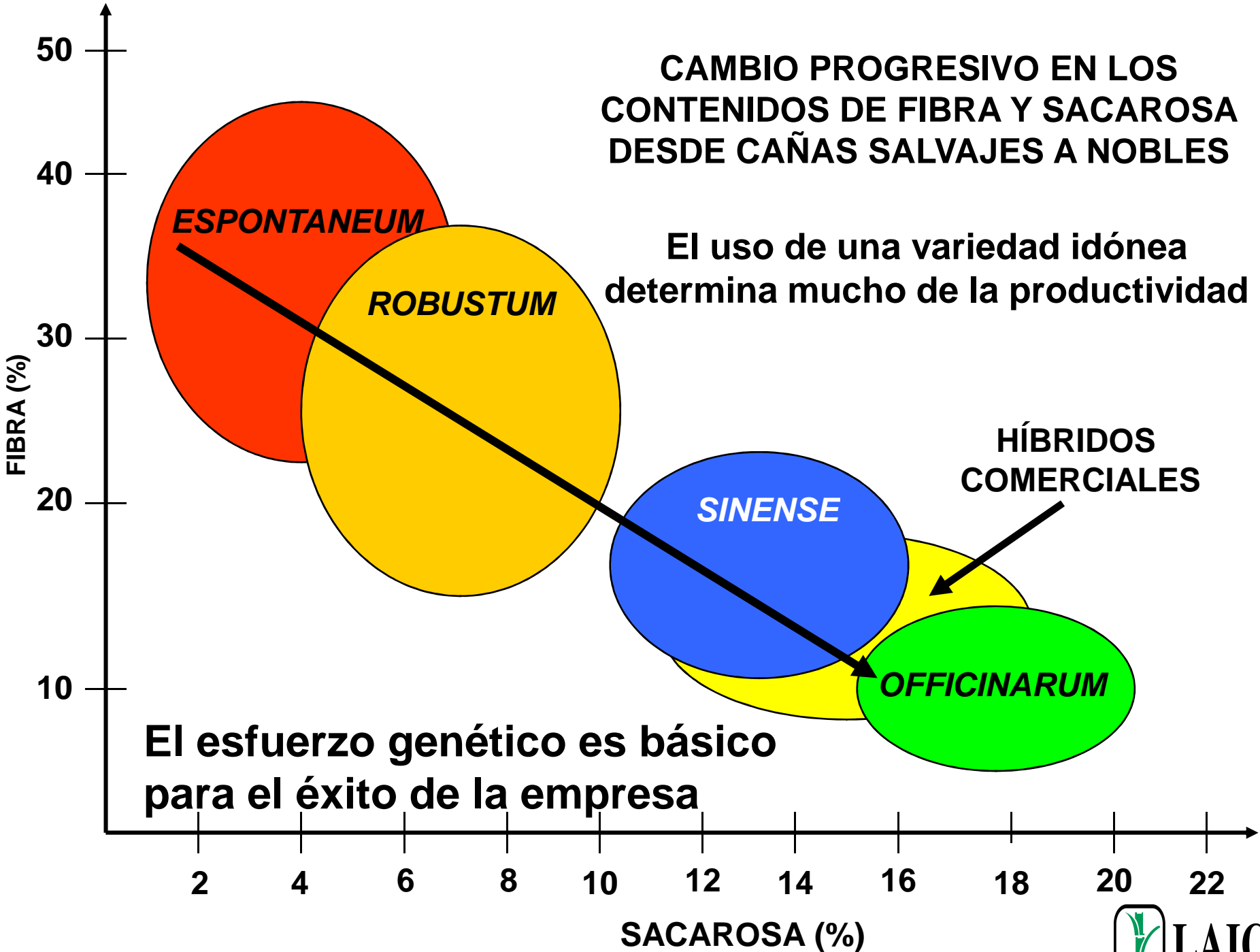
DIVERSIFICACIÓN ASOCIACIÓN CULTIVOS

¡Aprovecha espacio e
incrementa la rentabilidad!
de la actividad

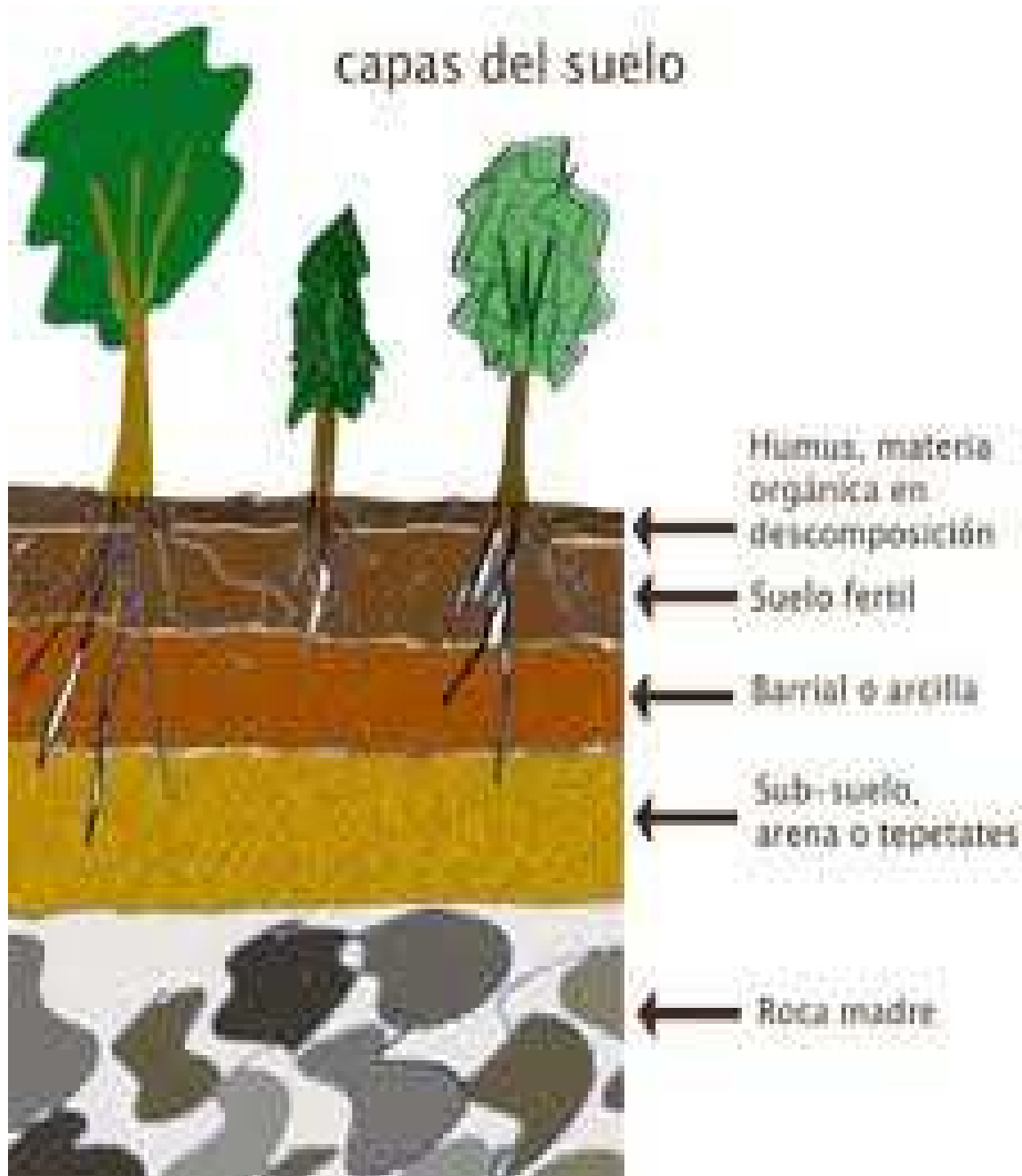
El pequeño agricultor debe
buscar aumentar su Ingreso

CAMBIO PROGRESIVO EN LOS CONTENIDOS DE FIBRA Y SACAROSA DESDE CAÑAS SALVAJES A NOBLES

El uso de una variedad idónea determina mucho de la productividad



El esfuerzo genético es básico para el éxito de la empresa



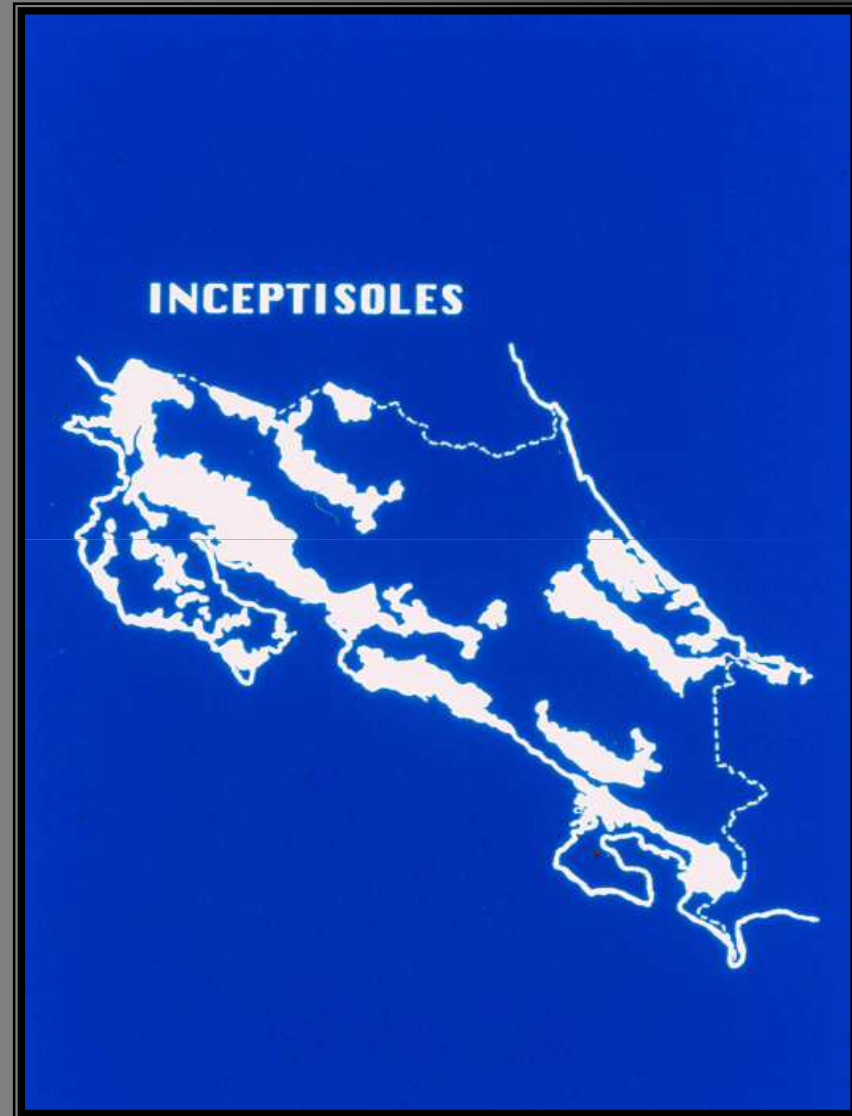
El Suelo es un Factor de la Producción Agrícola Determinante.

Los Suelos Varían Según su Formación y Manejo

Los
Ordenes
Taxonómicos
de suelo
en el país
son muy
variables



Ordenes de suelo dominantes en la región del Pacífico Seco



Orden VERTISOL

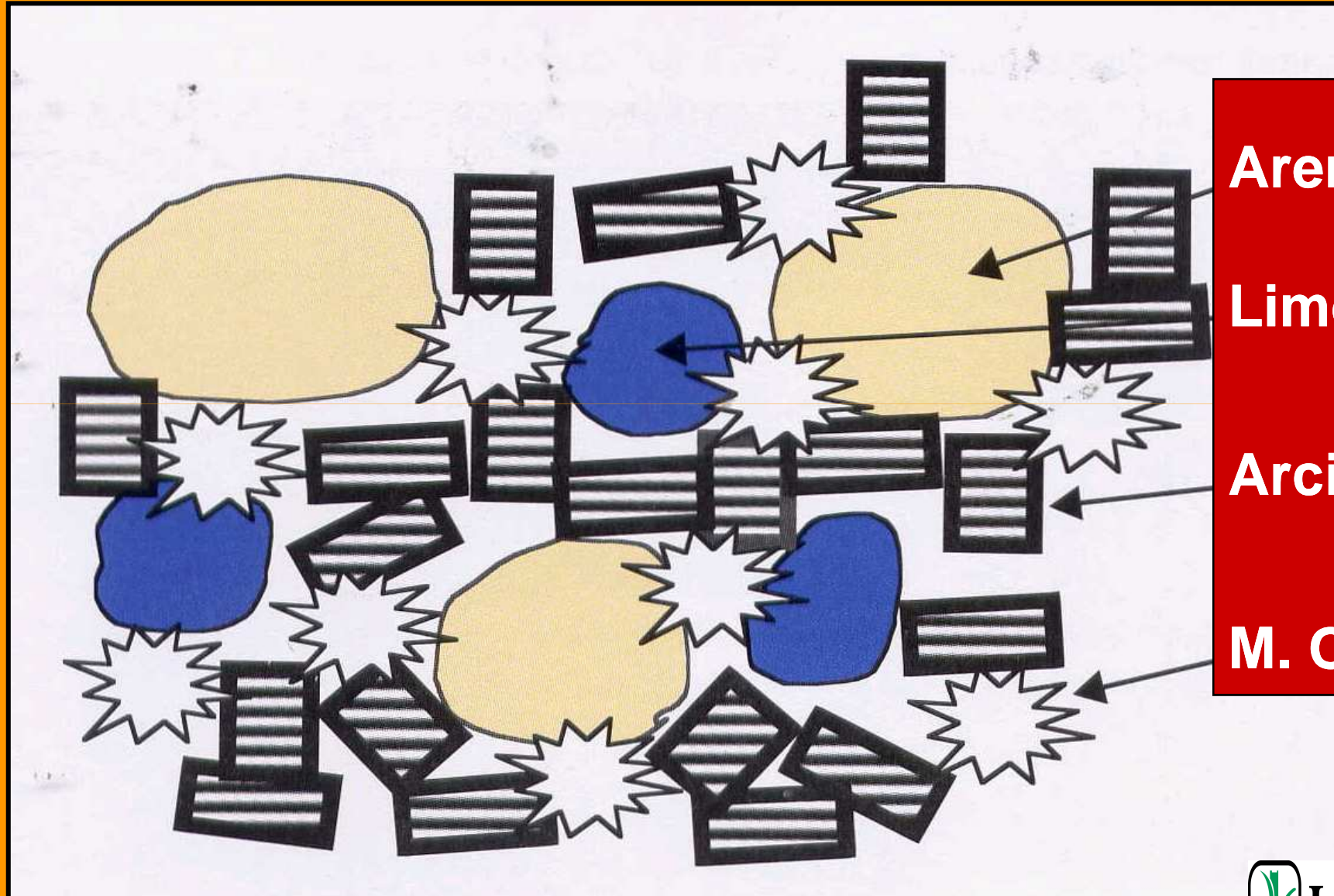
Suelos arcillosos,
pesados, de muy baja
infiltración y manejo
difícil por razones
físicas



Orden INCEPTISOL

Suelos de buena
estructura, permeables,
profundos y alta
fertilidad

FRACCIONES DEL SUELO



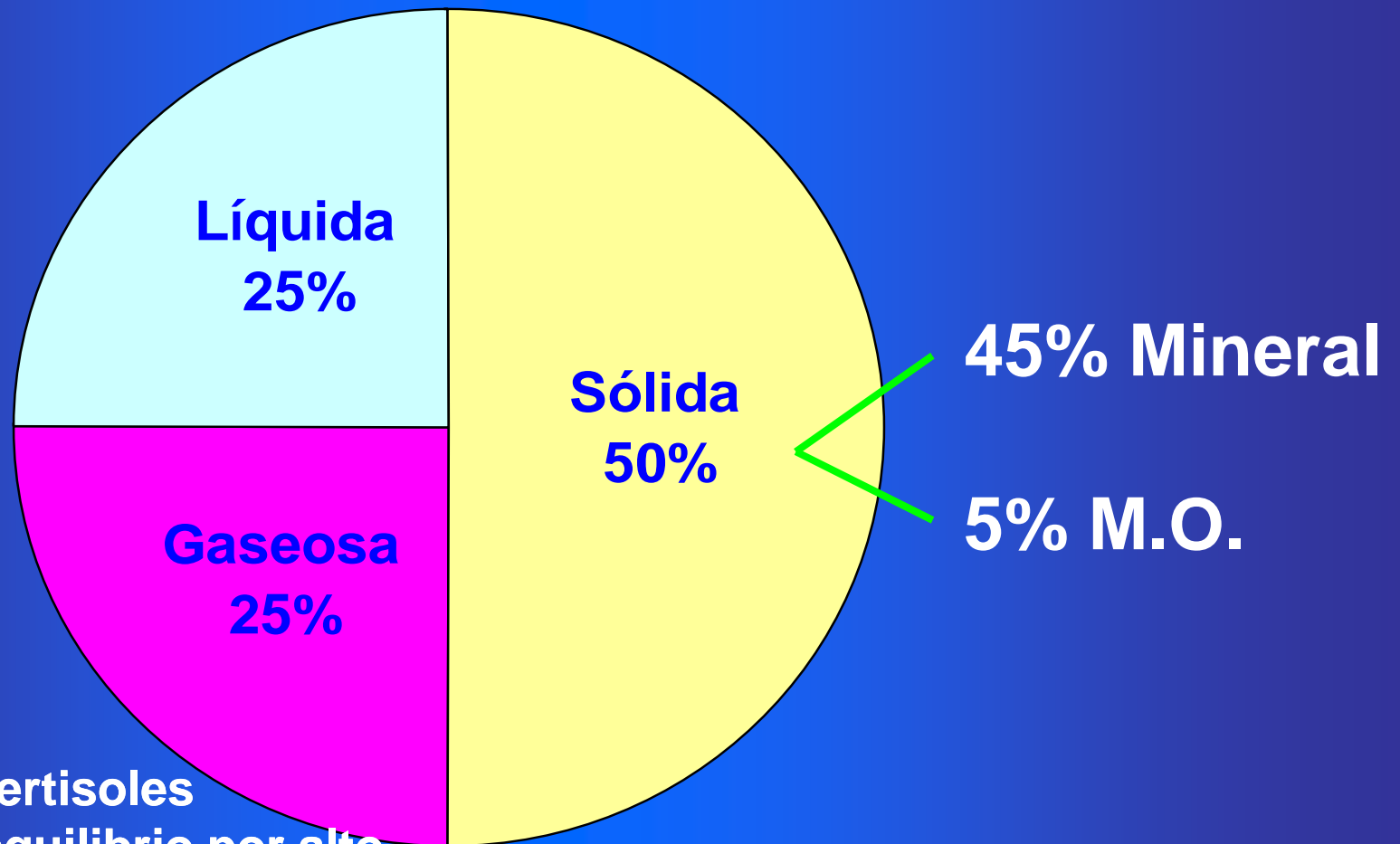
Arena

Limo

Arcilla

M. O.

Fases del Suelo



En suelos Vertisoles hay un desequilibrio por alto contenido de arcillas lo que reduce espacio poroso

**Los Problemas de
Inundación en Algunos
Suelos de Guanacaste son
Graves y Constantes
debida a la lenta infiltración**





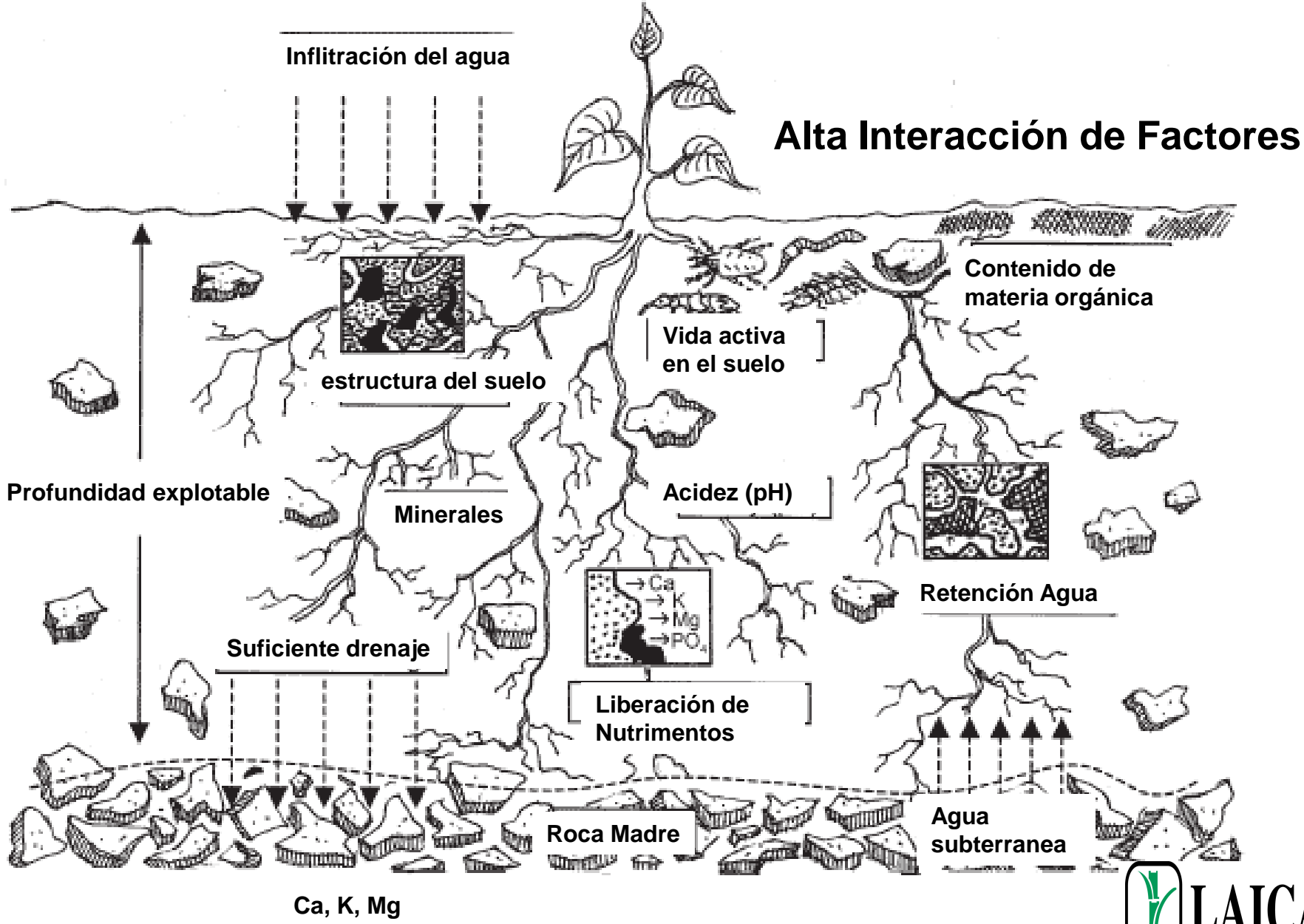
**El Grado de Infiltración del
Agua en el Suelo es muy
Bajo y la Mecanización se
Dificulta Notoriamente.**

**La Planta Sufre Problemas
que Afectan su
Productividad Potencial**

Suelo Proporciona:

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

FACTORES QUE INFLUENCIAN LA FERTILIDAD DEL SUELO





Es el instrumento obligado y necesario para diagnosticar las necesidades y condición nutricional del suelo y el cultivo

IDENTIFICACION		RESULTADOS										Ministerio de Agricultura y Ganadería Dirección de Suelos Análisis físico del suelo Costa Rica	CULTIVO
No. LAB.	No. CAMPO	MEQ/100 ML SUELO					UG/ML SUELO						
		pH	AL	CA	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe		
77104	1	6.5	0.10	22.5	7.1	0.33	10	1.9	6	5	32	CANA-MELO	

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS

FECHA REC/: 13/05/93

FECHA: 20/5/93

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

INFORME #: 273C

NOMBRE: DIECA

ALAJUELA SAN RAMON

IDENTIFIC.		MEQ/100 ML SUELO					UG/ML SUELO					DESCRIPCION	CULTIVO
# LAB.	# CAMPO	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe		
2142	1	5.0	0.80	0.5	0.7	1.10	7	5.0	59	17	+100	GERARDO SOLORZANO	CANAS
2143	2	4.7	2.70	0.5	0.3	0.53	15	8.0	61	24	+100	MIGUEL ALVARADO	
2144	3	4.4	0.50	1.0	1.2	0.44	8	8.0	35	23	+100	ROGELIO ARIAS	

Interpretación de los Análisis foliar y de Suelos



1 - Concepción - San Ramón

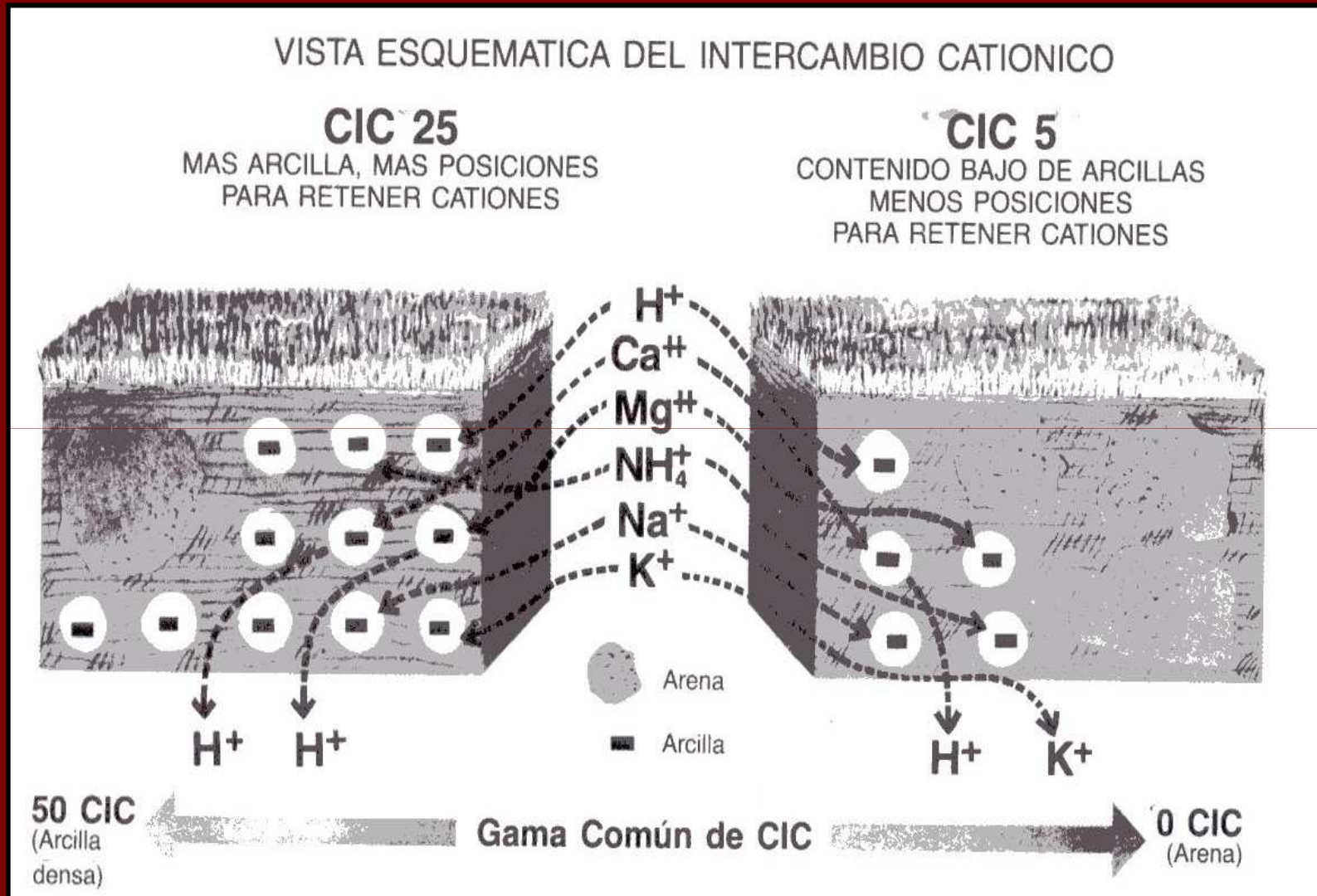
PRINCIPIOS DE LA FERTILIZACIÓN

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



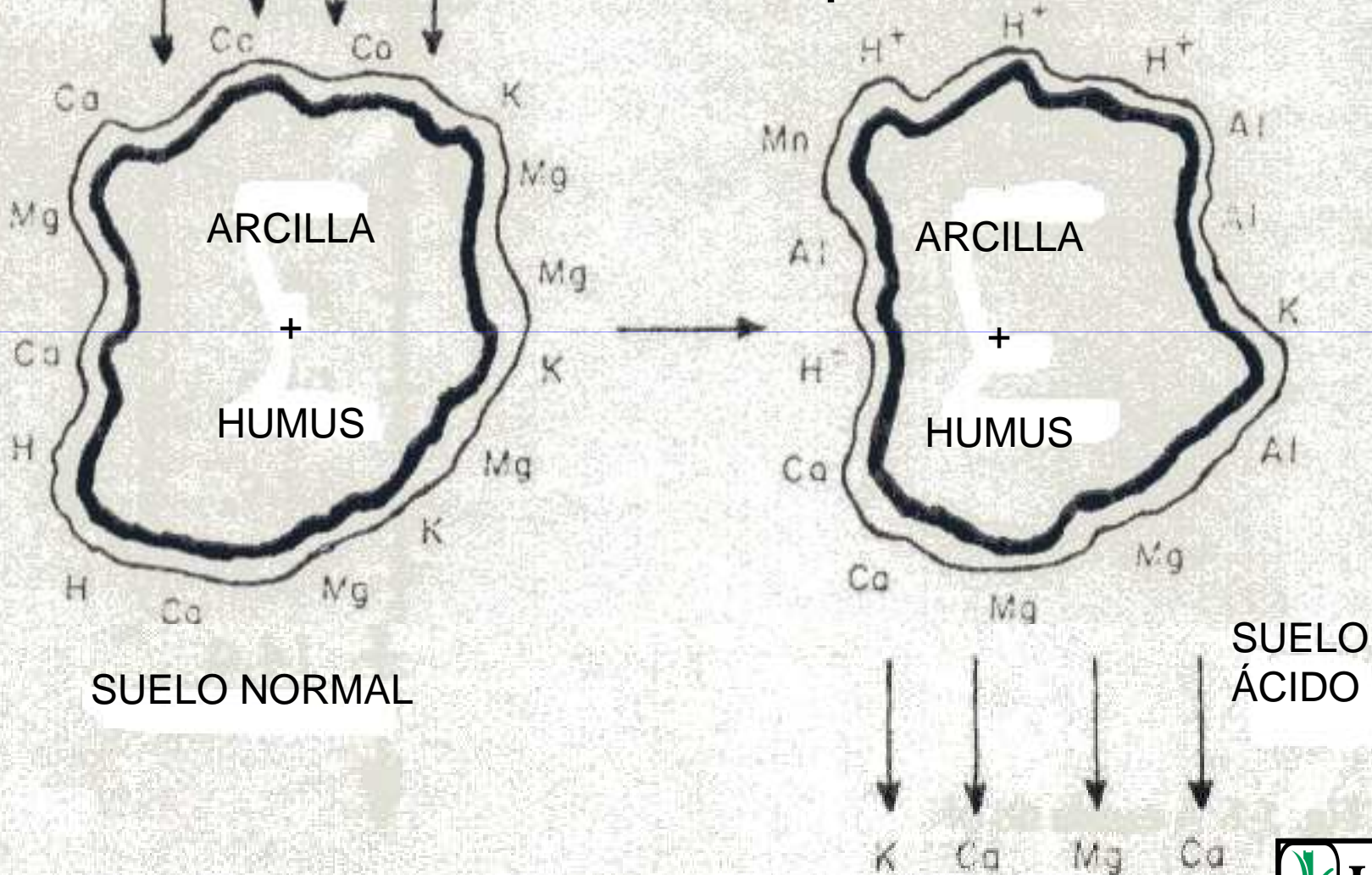
**ACONDICIONAMIENTO
DEL SUELO Y EL MEDIO
PARA FAVORECER LA
NUTRICIÓN Y CON ELLO
EL POTENCIAL
PRODUCTIVO DE LA
VARIEDAD**

ACTIVIDAD IÓNICA EN EL SUELO



LLUVIA

El Intercambio Cationico en el suelo es fundamental para la nutrición



DEMANDA DE NUTRIMENTOS POR LA CAÑA DE AZÚCAR

¿Qué Requiere? ¿Cuánto Extrae?

RANGO Y PROMEDIO MUNDIAL DE EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIMENTOS POR LA CAÑA DE AZÚCAR.

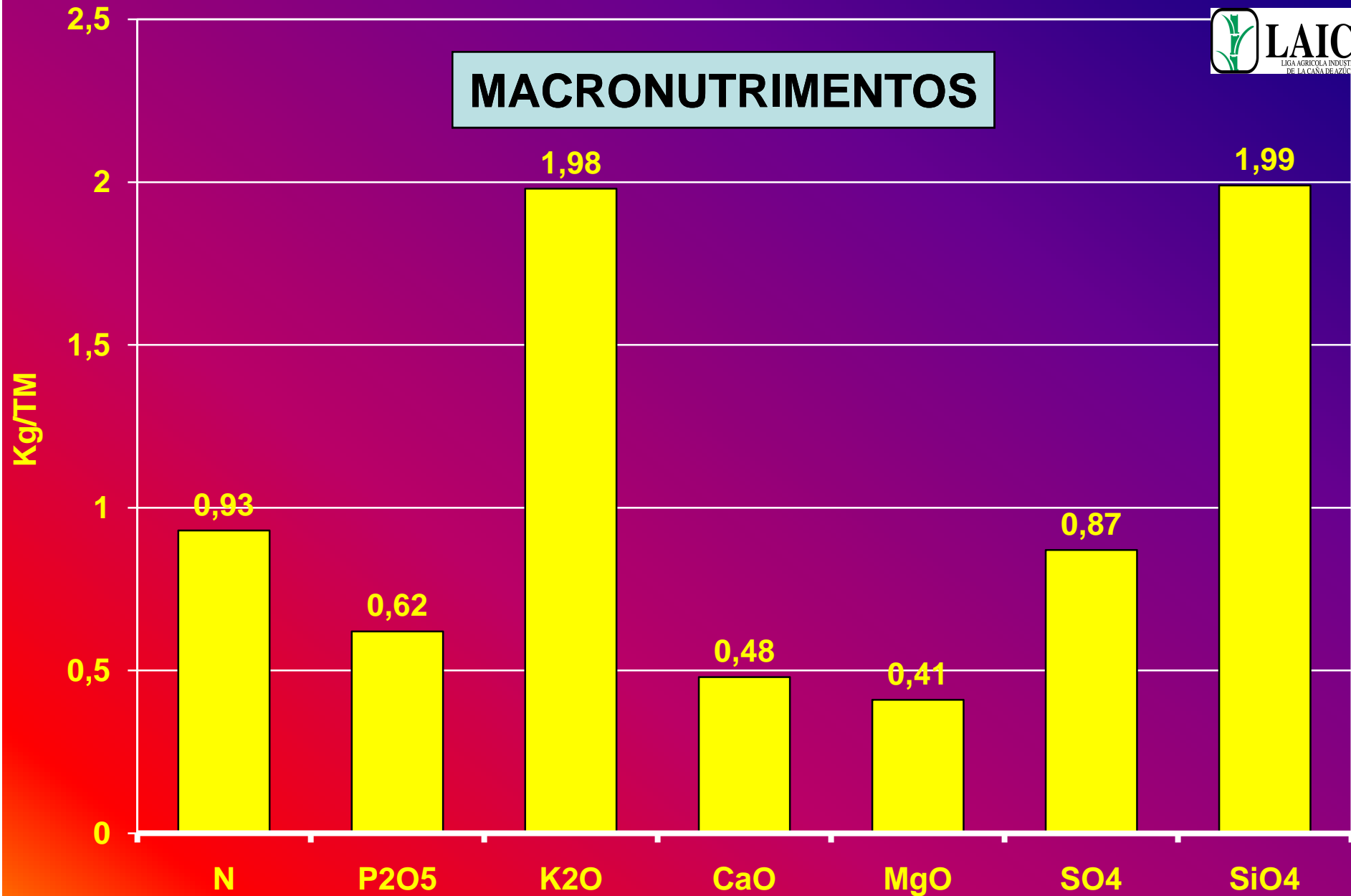
NUTRIMENTO	N° REPORTE	RANGO	AMPLITUD	PROMEDIO
N *	54	0,44 – 2,24	1,80	0,93 -
P	53	0,06 – 0,70	0,64	0,27 (0,62)
K	54	0,27 – 4,10	3,83	1,65 (1,98)
Ca	26	0,12 – 1,10	0,98	0,34 (0,48)
Mg	28	0,10 – 0,50	0,40	0,25 (0,41)
S	19	0,12 – 0,58	0,46	0,29 (0,87)
Si	1	-	-	0,93 (1,99)

* En kg/TM de caña. Sólo incluye tallos, no sección foliar y raíces.

EXTRACCIÓN DE NUTRIMENTOS CAÑA DE AZÚCAR.
- PROMEDIO MUNDIAL -



MACRONUTRIMENTOS



**RANGO Y PROMEDIO MUNDIAL DE EXTRACCIÓN DE
MICRONUTRIMENTOS POR LA CAÑA DE AZÚCAR.**

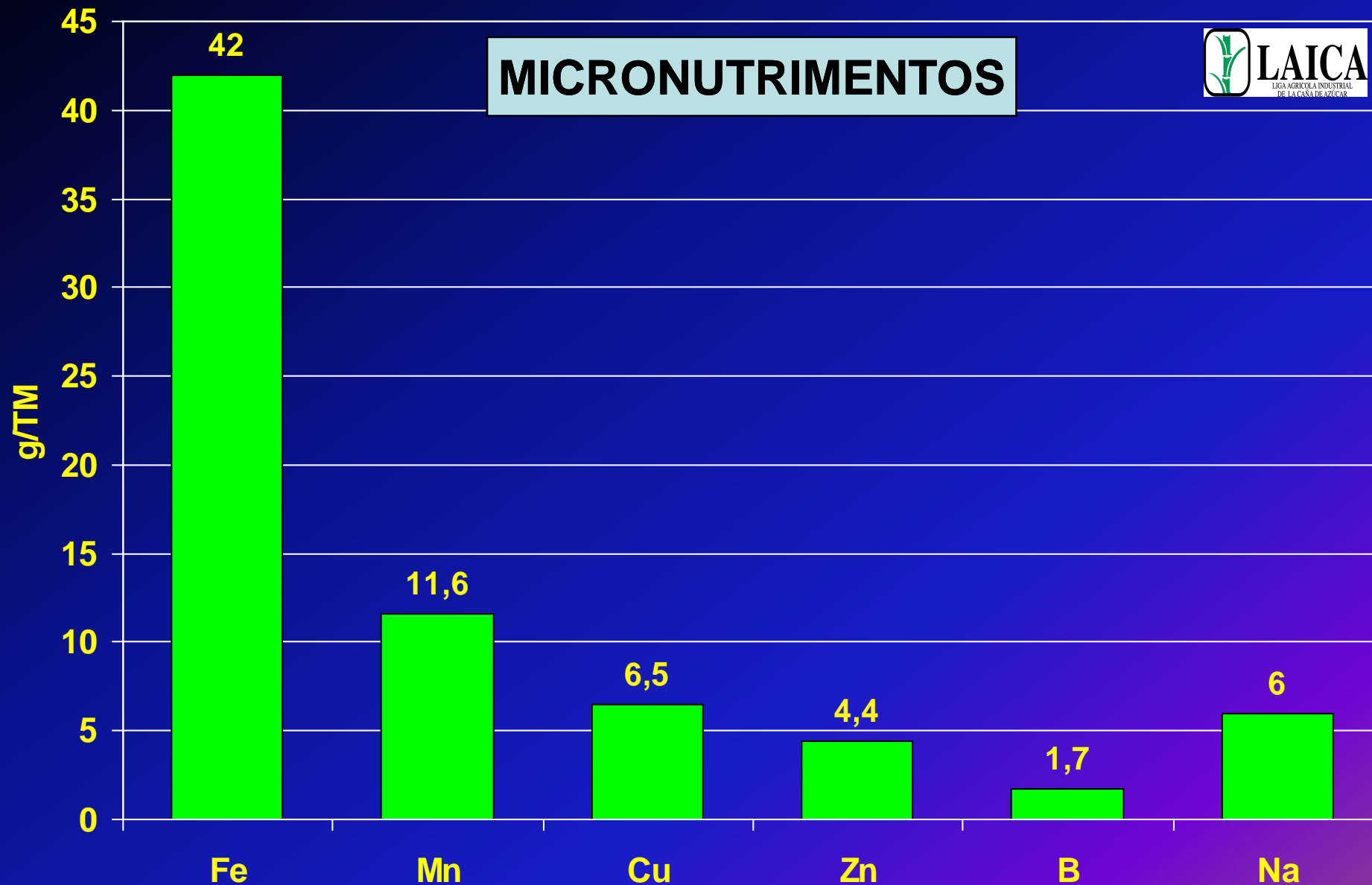
NUTRIMENTO	N° REPORTES	RANGO	AMPLITUD	PROMEDIO
Fe *	13	2 - 155	153	42
Mn	19	1 - 37	36	11,6
Zn	19	2,3 - 9	6,70	4,39
B	19	0,04 – 2,52	2,48	1,69
Cu	22	0,05 – 27,12	27,07	6,52
Mo	2	-	-	0,02
Al	1	-	-	0,30
Na	1	-	-	6

* En g/TM de caña. Sólo incluye tallos, no sección foliar y raíces.

EXTRACCIÓN DE NUTRIMENTOS CAÑA DE AZÚCAR - PROMEDIO MUNDIAL -



MICRONUTRIMENTOS



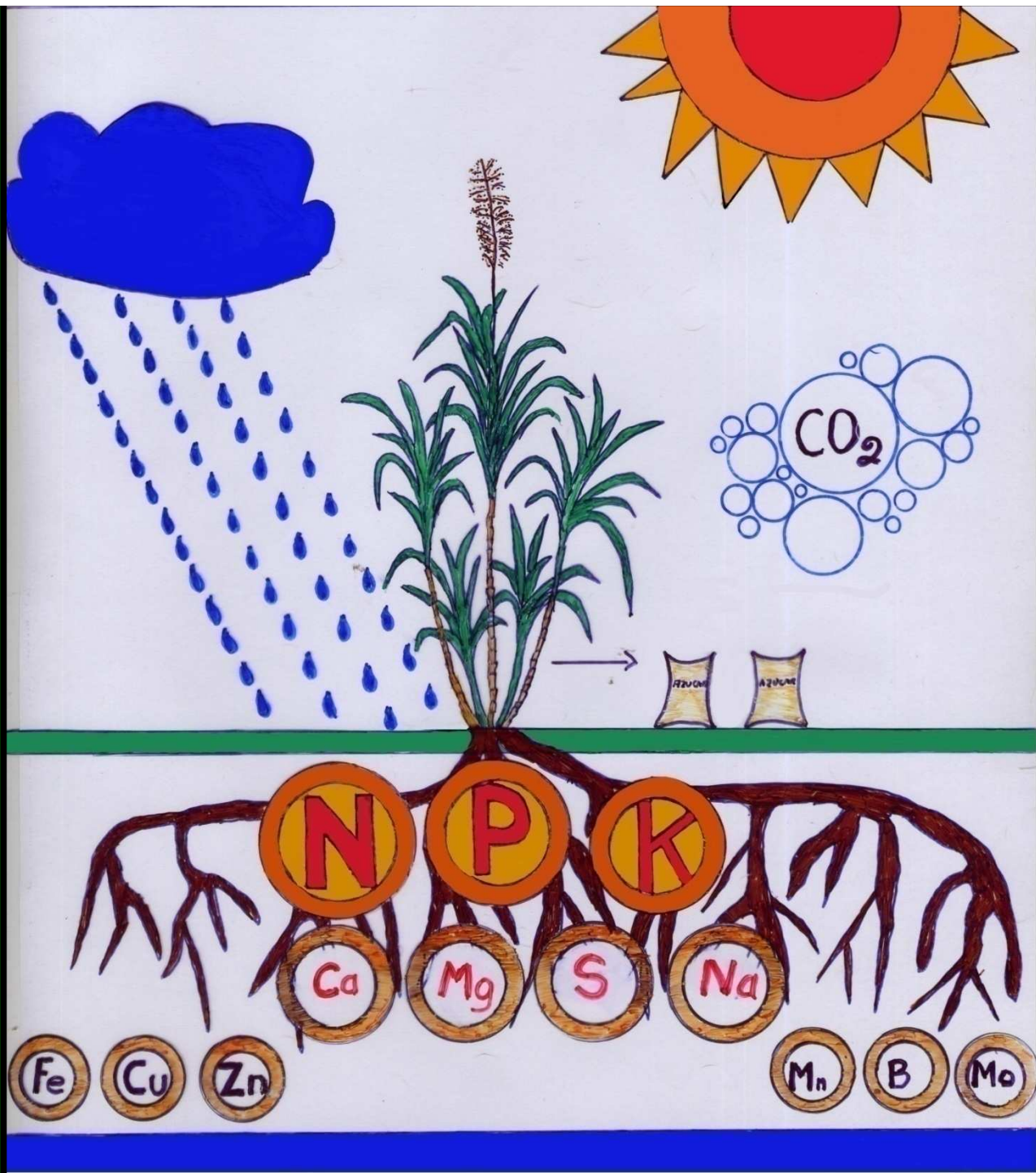
MODELOS DE EXTRACCIÓN NUTRICIONAL PREFERENCIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

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

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

Todos los nutrimentos son esenciales para la planta, aunque algunos son requeridos en mayor cantidad, como acontece con el K y el Fe

W O - H Z M - S - P K C O M P



NUTRIMENTOS ESENCIALES

C
H
O

6 MACRO

8 MICRO

3 PRIMARIOS

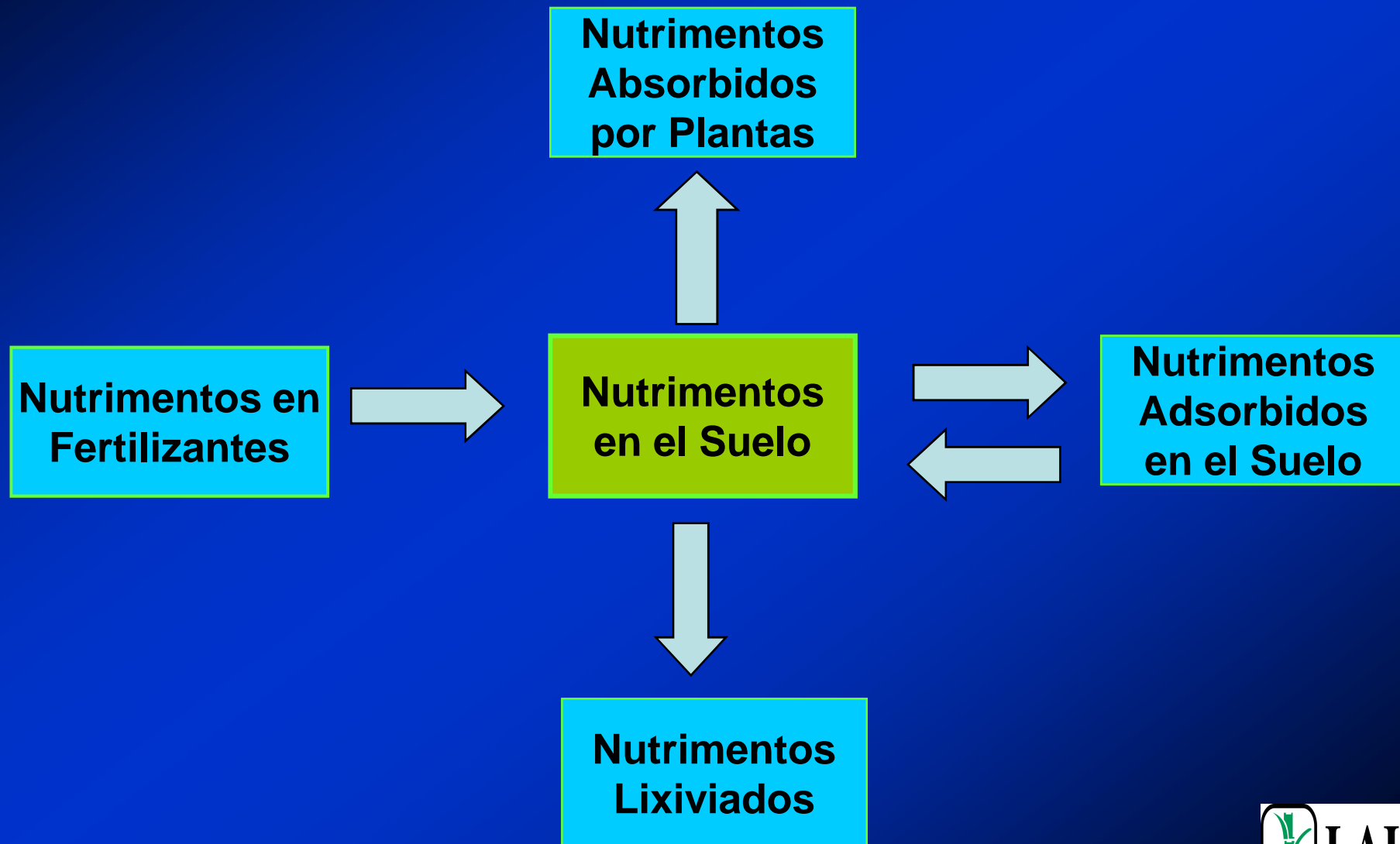
3 SECUNDARIOS

N
P
K

Ca
Mg
S

Fe
Zn
B
Cu
Mn
Mo
Si
Cl

EQUILIBRIO NUTRIMENTOS EN SISTEMA SUELO-PLANTA



Sistema Suelo - Planta

Fase Sólida



Solución



Raíz



Sección Aérea

La dinámica de los nutrientes en el suelo hasta llegar a la planta es amplia, interviniendo diferentes procesos físicos, químicos, microbiológicos y metabólicos

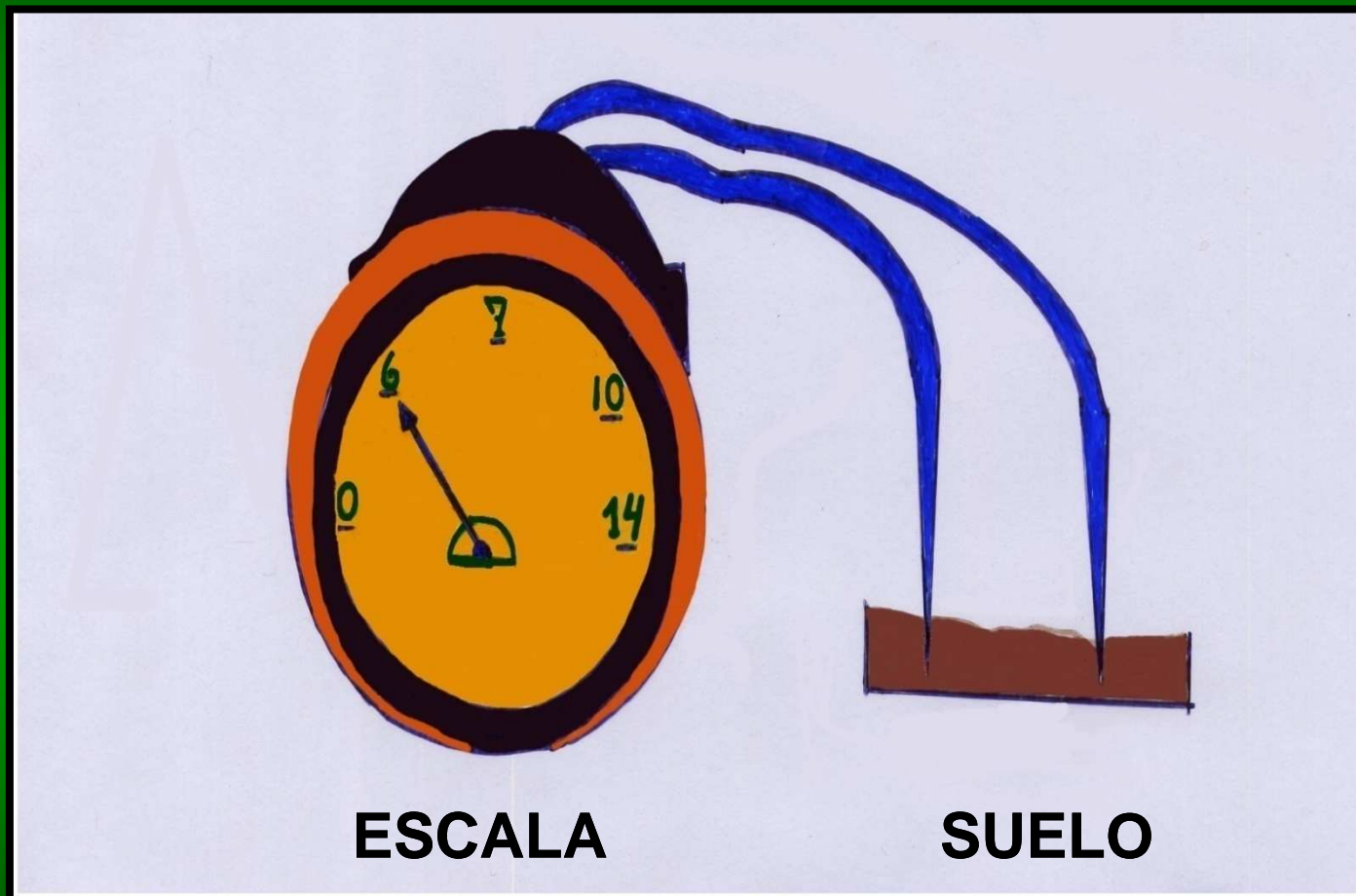
Disponibilidad de Nutrimentos Debe Ser:

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

Absorción y Contenido Mineral en la Planta Depende de:

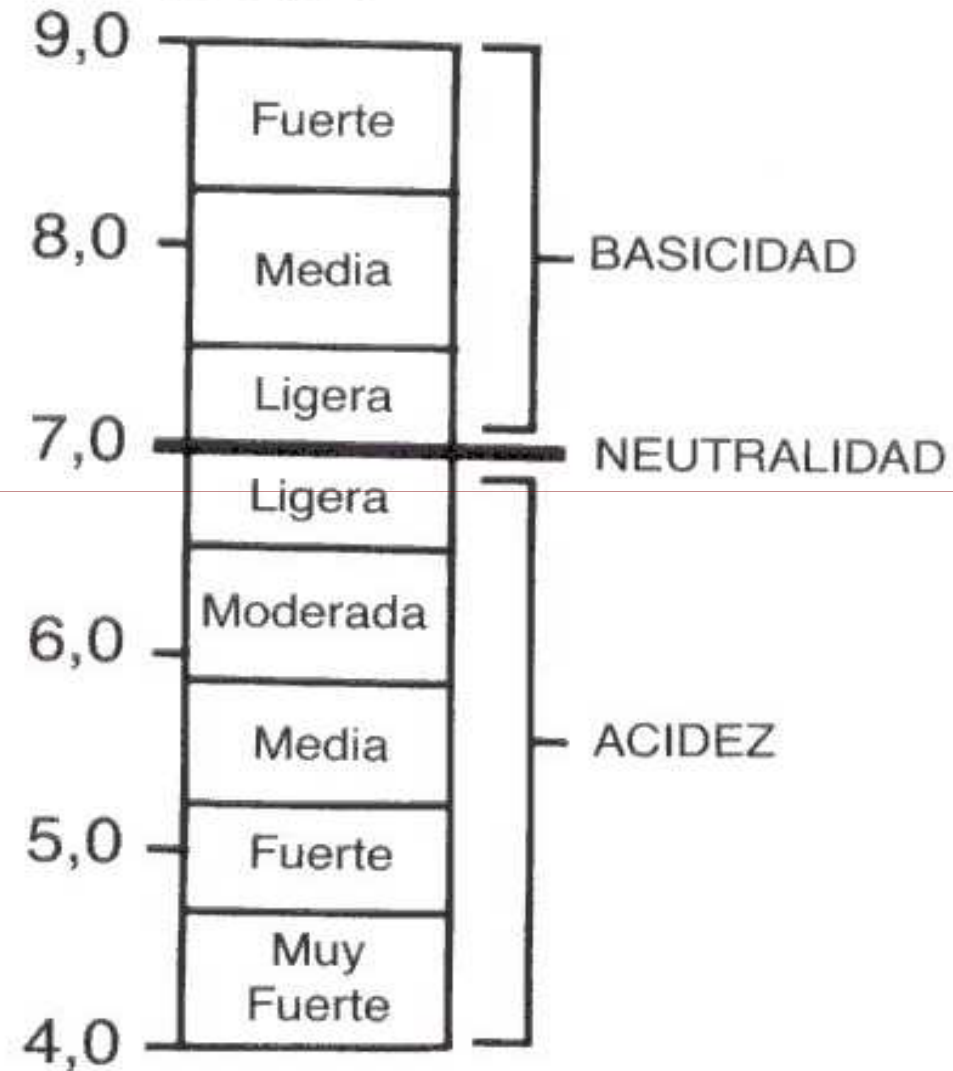
- **pH del Medio**
- **Actividad Microbiológica**
- **Variedad de Caña Sembrada**
- **Manejo de la Plantación (*Fertilización, etc.*)**
- **Intensidad Productiva**

MEDICION DE LA ACIDEZ DEL SUELO



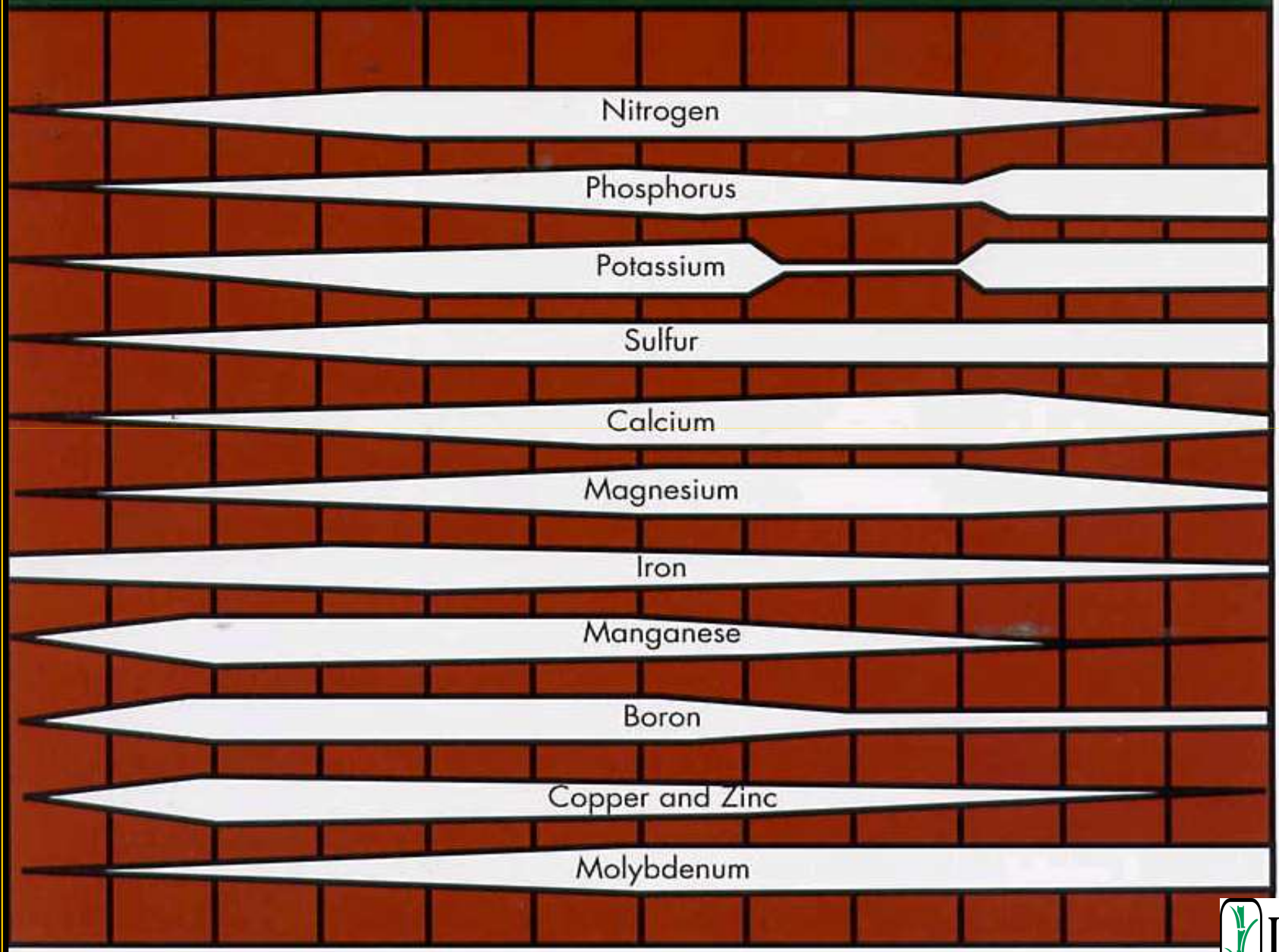
¿Para qué sirve? ¿Cómo se mide e interpreta?

VALORES DE pH



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



RANGOS DE pH ÓPTIMOS SEGÚN ESPECIE

CULTIVO	NOMBRE CIENTÍFICO	pH		
		A	B	C
ALFALFA	<i>Medicago sativa</i>	6,5 - 7,5	6,2 - 7,8	---
ALGODÓN	<i>Gossypium hirsutum</i>	5,5 - 6,5	5,8 - 6,0	---
ARVEJA	<i>Pisum sativum</i>	6,0 - 7,0	6,0 - 7,5	5,5 - 6,8
ARROZ	<i>Oriza sativa</i>	5,0 - 6,5	5,0 - 6,5	---
CAFÉ	<i>Coffea arábica</i>	6,0 - 7,0	---	---
CAÑA AZÚCAR	<i>Saccharum spp</i>	5,5 - 6,5	6,0 - 8,0	---
CEBOLLA	<i>Allium cepa</i>	6,0 - 6,5	---	6,0 - 6,8
CENTENO	<i>Secale cereale</i>	5,0 - 7,0	5,0 - 7,0	---
CEBADA	<i>Hordeum sativum</i>	5,5 - 7,0	6,5 - 8,0	---
CÍTRICOS	<i>Citrus spp</i>	5,0 - 7,0	---	---
COLIFLOR	<i>Brassica oleracea var. botritis</i>	6,0 - 7,0	---	6,0 - 6,8
ESPÁRRAGO	<i>Asparagus officinalis</i>	6,0 - 7,0	---	6,0 - 6,8
FRESA	<i>Fragaria spp</i>	5,2 - 6,5	---	---
FRIJOL	<i>Phaseolus vulgaris</i>	5,5 - 6,7	6,0 - 7,5	5,5 - 6,8
LECHUGA	<i>Lactuca sativa</i>	6,0 - 7,0	---	6,0 - 6,8

FUENTE: A) MALAVOLTA (1985); B) IGNATIEFF Y PAGE (1959); C) KNOTT (1962).

RANGOS DE pH ÓPTIMOS SEGÚN ESPECIE

CULTIVO	NOMBRE CIENTÍFICO	pH		
		A	B	C
MAÍZ	<i>Zea mays</i>	5,5 - 6,5	5,5 - 7,5	5,5 - 6,8
MANZANA	<i>Malus doméstica</i>	5,7 - 7,5	---	---
PAPA	<i>Solanum tuberosum</i>	5,0 - 5,7	4,8 - 6,5	5,0 - 6,8
PASTOS	<i>Varios</i>	5,5 - 7,0	5,0 - 7,5	---
REMOLACHA	<i>Beta vulgaris var. Cicla</i>	---	6,0 - 7,5	6,0 - 6,8
REPOLLO	<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>	5,7 - 7,0	---	6,0 - 6,8
SANDÍA	<i>Citrillus lanatus</i>	5,0 - 5,5	---	5,0 - 6,8
SORGO	<i>Sorghum vulgare</i>	5,5 - 7,0	5,5 - 7,5	---
SOYA	<i>Glycine max</i>	5,5 - 7,0	6,0 - 7,0	---
TABACO	<i>Nicotiana tabacum</i>	5,2 - 5,7	5,5 - 7,5	---
TOMATE	<i>Lycopersicum esculentum</i>	5,5 - 6,7	---	5,5 - 6,8
TREBOL	<i>Trifolium spp</i>	6,0 - 7,0	5,5 - 7,5	---
TRIGO	<i>Triticum vulgare</i>	6,0 - 7,0	5,5 - 7,5	---
UVA	<i>Vitis spp</i>	6,5 - 7,5	---	---
ZANAHORIA	<i>Daucus carota</i>	5,7 - 7,0	---	5,5 - 6,8

FUENTE: A) MALAVOLTA (1985); B) IGNATIEFF Y PAGE (1959); C) KNOTT (1962).

APROXIMACIÓN DEL CONTENIDO QUÍMICO DE LOS SUELOS CAÑEROS

REGIÓN	N°	pH	Cmol (+) / l				µg / ml						%
			Acid	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	S	MO
GUANACASTE	159	6,4	0,16	19,6	6,05	0,52	17	9	2	17	64	15	4,6
PUNTARENAS	51	6,0	0,19	9,85	3,64	0,38	15	8	2	19	59	--	2,8
VALLE CENTRAL	118	5,3	0,59	3,88	1,29	0,52	8	16	4	29	+100	--	--
SAN CARLOS	317	5,4	0,46	6,04	2,71	0,83	4	13	5	55	91	1	6,6
TURRIALBA	145	5,1	0,91	4,77	1,36	0,21	6	17	4	25	+100	--	--
ZONA SUR	104	4,9	1,70	1,75	0,96	0,23	5	9	1	12	+100	5	--
PROMEDIO	894	5,5	0,67	7,65	2,67	0,45	9	12	3	26	+100	7	4,7

FUENTE: CHAVES (1999)

Forma de Absorción y Expresión Química de los Nutrimientos 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

NUTRIMENTOS ESENCIALES DE LAS PLANTAS

NUTRIMENTO	SÍMBOLO	FORMA QUÍMICA ABSORVIDA
<i>MACRONUTRIMENTOS</i>		
NITRÓGENO	N	NH_4^+ NO_3^-
FÓSFORO	P	H_2PO_4^-
POTASIO	K	K^+
CALCIO	Ca	Ca^{+2}
MAGNESIO	Mg	Mg^{+2}
AZUFRE	S	SO_4^{-2}

NUTRIMENTOS ESENCIALES DE LAS PLANTAS

NUTRIMENTO	SÍMBOLO	FORMA QUÍMICA ABSORVIDA
MICRONUTRIMENTOS		
HIERRO	Fe	Fe⁺²
ZINC	Zn	Zn⁺²
BORO	B	H₂BO₃
MANGANESO	Mn	Mn⁺²
COBRE	Cu	Cu⁺²
MOLIBDENO	Mo	MoO₄²⁻
CLORO	Cl	Cl⁻

RANGOS DE VALORES DE SATURACIÓN EN BASES MÁS ADECUADOS PARA CULTIVOS

CULTIVO	ESPECIE	RANGO (%) SATURACIÓN
CEBADA	GRAMÍNEAS	50 – 60
ARROZ DE SECANO		40 – 50
ARROZ IRRIGADO		30 – 40
MAÍZ Y SORGO		50 – 60
AVENA		50 – 60
TRIGO		60 - 70
PIÑA	FRUTALES	40 – 50
BANANO		50 – 60
CÍTRICOS		60 - 70
PAPA	SACARINAS ALMIDÓN	50 – 60
CAÑA AZÚCAR		50 – 60
YUCA		30 - 40
ALGODÓN	FIBROSAS	60 - 70

FUENTE: MALAVOLTA (1985); TRANI Y BELLINAZI (1982)

RANGOS DE VALORES DE SATURACIÓN EN BASES MÁS ADECUADOS PARA CULTIVOS

CULTIVO	ESPECIE	RANGO (%) SATURACIÓN
FOLLAJE	HORTALIZAS	60 – 70
TUBEROSAS		50 – 60
SOLANÁCEAS		60 – 70
BULBOS		60 - 70
MANÍ	LEGUMINOSAS	60 – 70
FRIJOL		60 – 70
SOYA		60 – 70
CAFÉ	ESTIMULANTES	60 - 70
CACAO		60 - 70
TABACO		40 - 50
HERBÁCEAS	ORNAMENTALES	50 – 60
OTRAS		60 – 70
CAUCHO	INDUSTRIAL	30 - 40

FUENTE: MALAVOLTA (1985); TRANI Y BELLINAZI (1982)

**La Raíz es la boca de la planta
razón por la que debe favorecerse
su atención**





INDISPENSABLE DESARROLLO RAÍCES

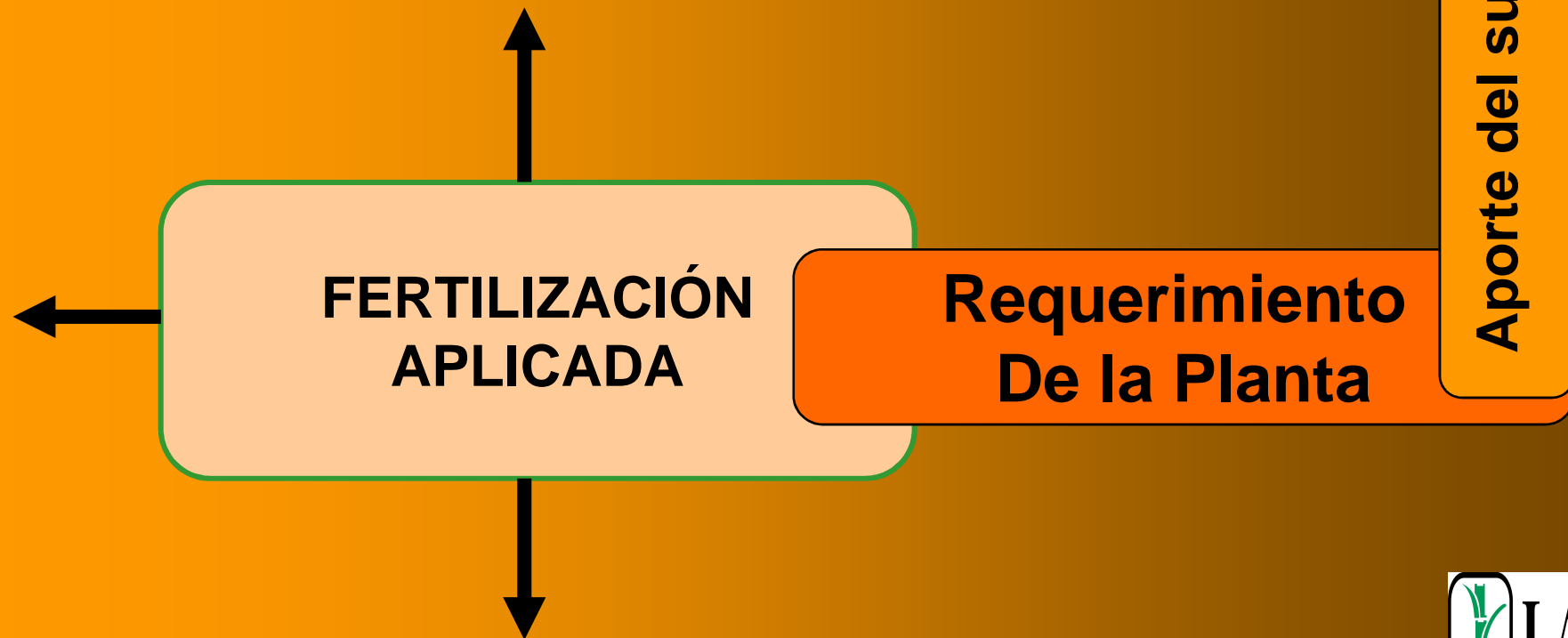
FACTORES QUE DEFINEN LA EFICIENCIA

- **Características del Producto Fertilizante**
- **Características Relacionadas con:**
 - **EL CLIMA**
 - **EL NUTRIMENTO**
 - **LA FUENTE NUTRICIONAL**
 - **EL SUELO**
 - **EL MANEJO**

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



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

ÁMBITOS (%) DE EFICIENCIA DE LA FERTILIZACIÓN UTILIZADOS EN COSTA RICA EN GRUPOS DOMINANTES DE SUELO

NUTRIMENTO	TIPO DE SUELO			
	VERTISOL	VOLCÁNICO	ROJO	INCEPTISOLES
N	50 – 65%	55 – 65%	50 – 55%	50 – 70%
P	45 – 50%	30 – 35%	35 – 40%	40 – 50%
K	60 – 65%	70 – 80%	60 – 70%	60 – 80%

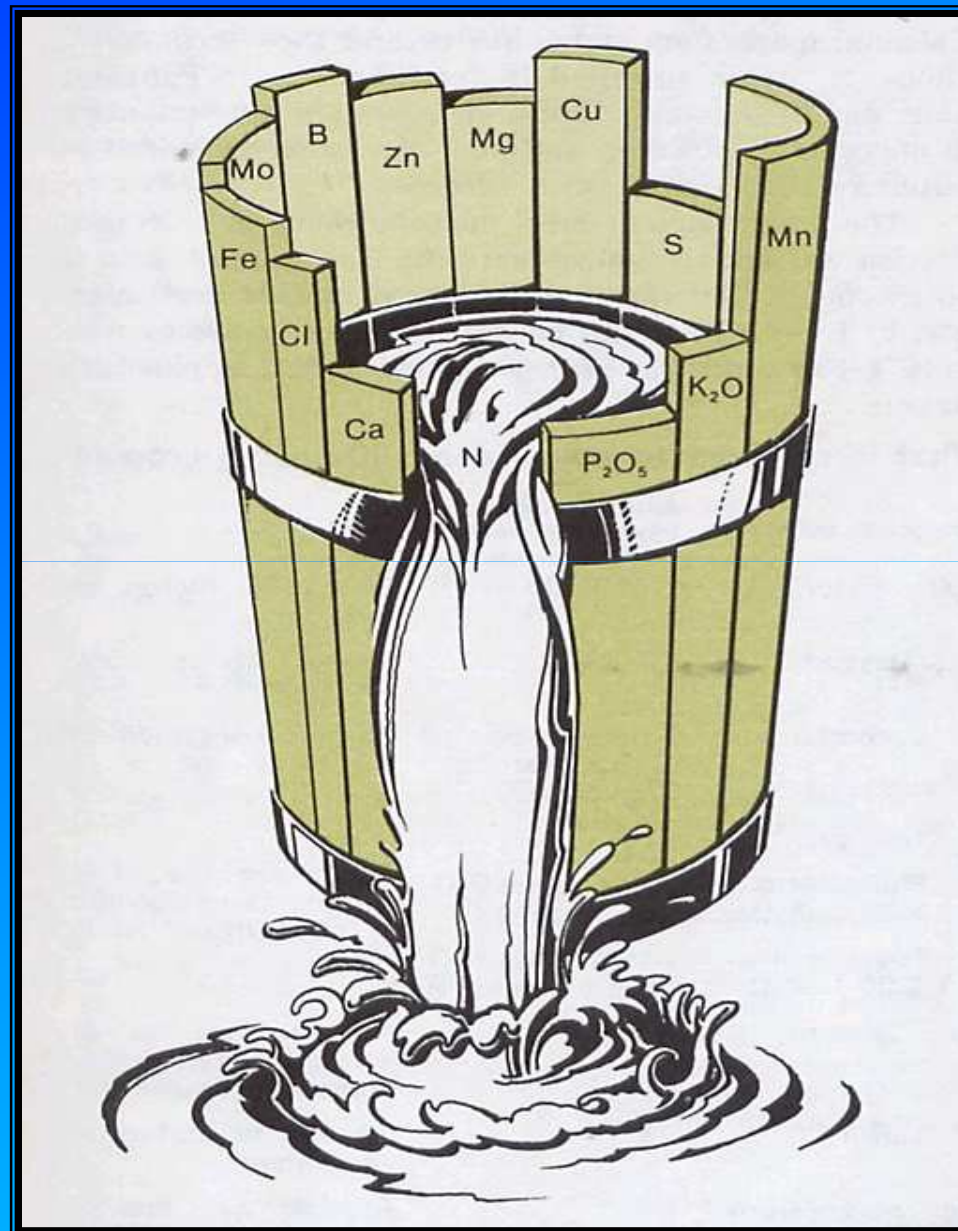
FUENTE: BERTCH (2003)

FERTILIZACION DE LA CAÑA DE AZUCAR



LEY DEL MÍNIMO – FACTOR LIMITANTE - Liebig

El nutrimento
contenido en
menor
cantidad es el
que más
limita la
nutrición



PRINCIPIO DE LOS EQUILIBRIOS Y BALANCES NUTRICIONALES



Deben cuidarse y respetarse los Balances y Equilibrios Iónicos

FERTILIZACIÓN:

- ***MINERAL***
- ***ORGÁNICA***

El criterio para fertilizar la caña puede ser químico o natural, lo que introduce criterios de fondo que deben seguirse. La combinación es una buena opción



Costos Relacionados

**El aspecto económico es determinante
como criterio de la fertilización**

FERTILIZANTES

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: ↑ Rendimiento.**
- **Puede Afectar Calidad Jugos Aumentando Azúcares Reductores.**

FERTILIZANTES SIMPLES

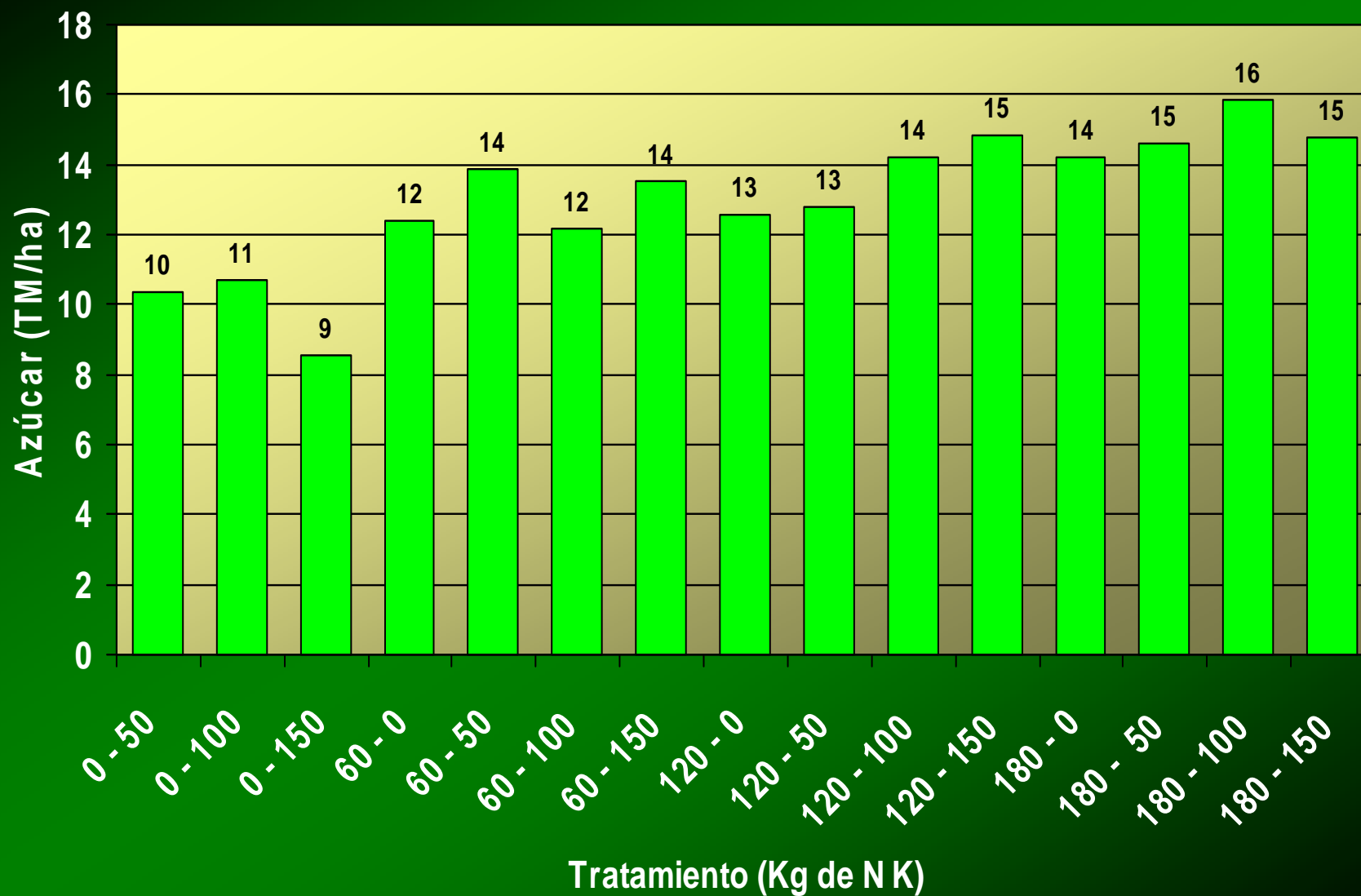
N

- **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)	-	-

PRODUCCIÓN DE AZÚCAR (TM/ha) SEGÚN INTERACCIÓN N-K. PROMEDIO TRES COSECHAS. CAÑAS, GTE.

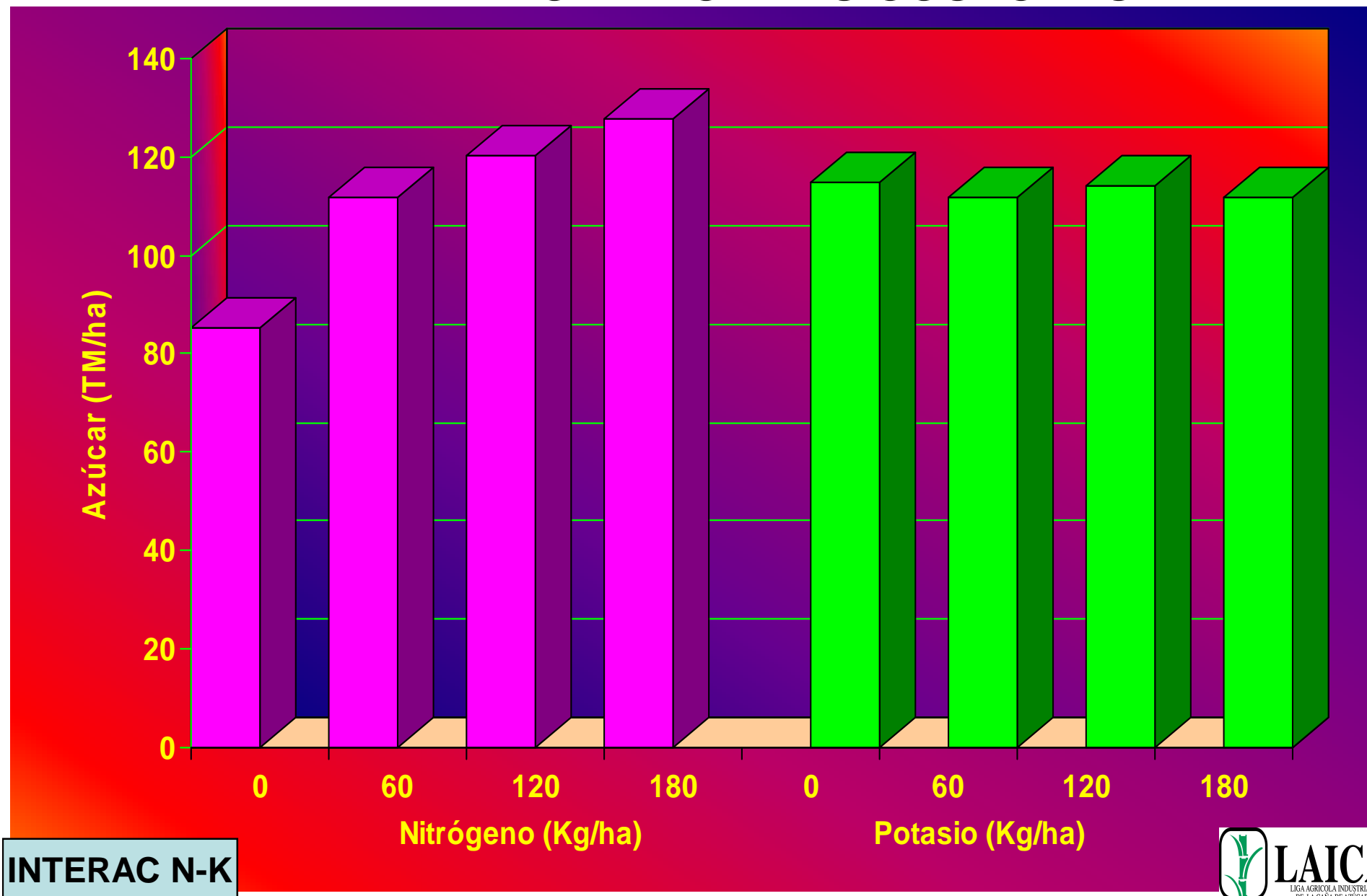


INTERAC N-K

VARIEDAD: SP 81-3250



PRODUCCIÓN DE AZÚCAR (TM/ha) SEGÚN DOSIS DE N - K. PROMEDIO TRES COSECHAS.



INTERAC N-K

FUNCIONES DEL P ⁽¹⁾

- Participa en Formación Molécula de Sacarosa (*Glucosa – 1 – Fosfato + Fructuosa* \longrightarrow *Sacarosa + H₃PO₄*).
- 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 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⁺ Cation 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**

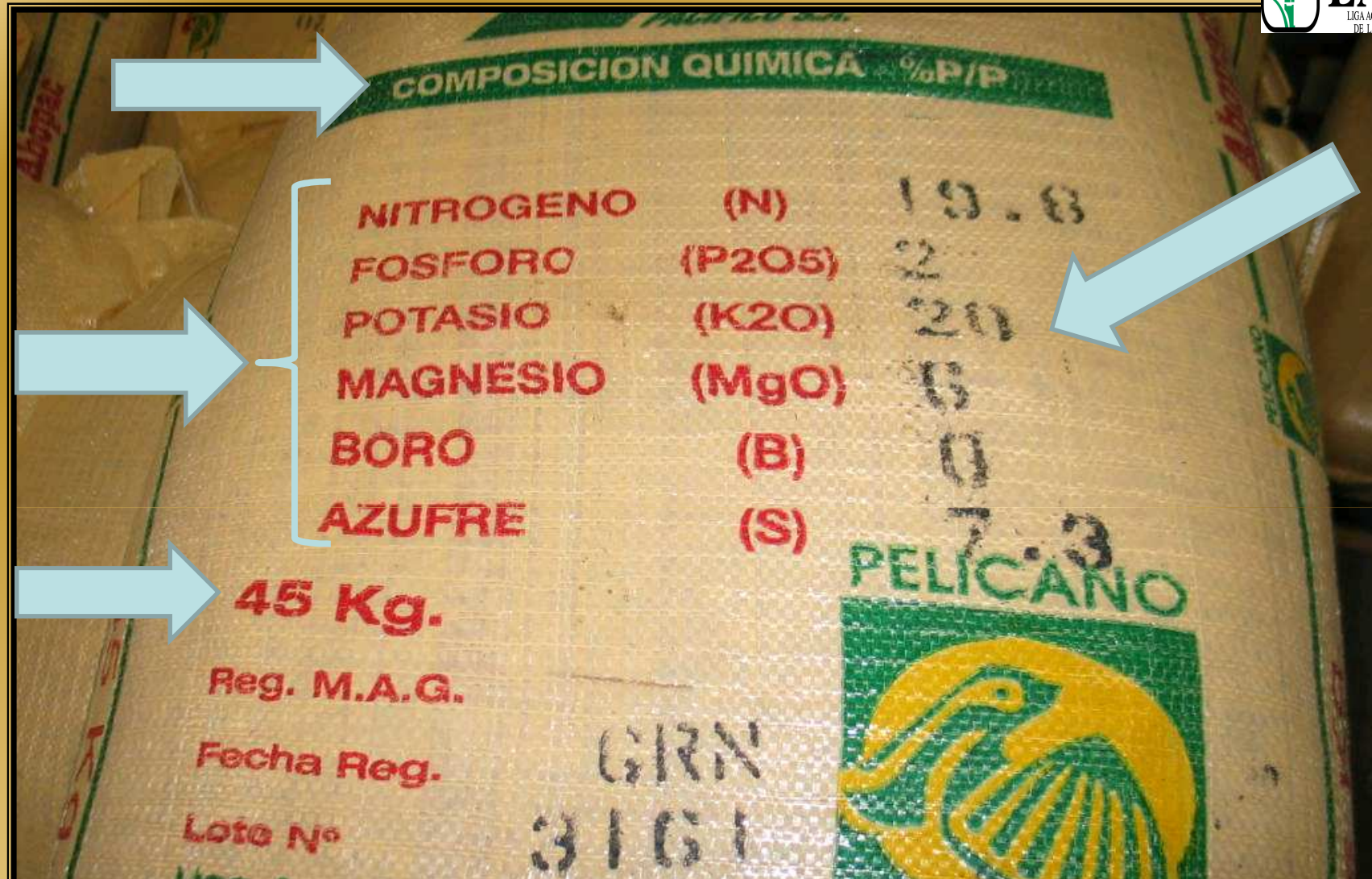
FUENTES DE FERTILIZANTES POTÁSICOS

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

EXPRESIÓN DE LOS FERTILIZANTES COMERCIALES

N – P₂O₅ – K₂O – MgO – B - S - Zn

**¿Cómo leer e interpretar el
contenido de un Fertilizante?**



¿Qué aspectos deben conocerse e interpretarse en el saco de fertilizante?

EXPRESIÓN FÓRMULAS FERTILIZANTES COMERCIALES

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	-	-



**FERTILIZACIÓN
PLANTACIONES COMERCIALES
DE CAÑA DE AZÚCAR:
*Experiencias de Investigación***

RESPUESTA POTENCIAL NUTRIMENTOS 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
ZONA SUR	N - P - K - Ca - Mg-B	--

FUENTE: CHAVES (1996, 1999)

CICLO VEGETATIVO

- CAÑA PLANTA
- CAÑA SOCA O RETOÑO

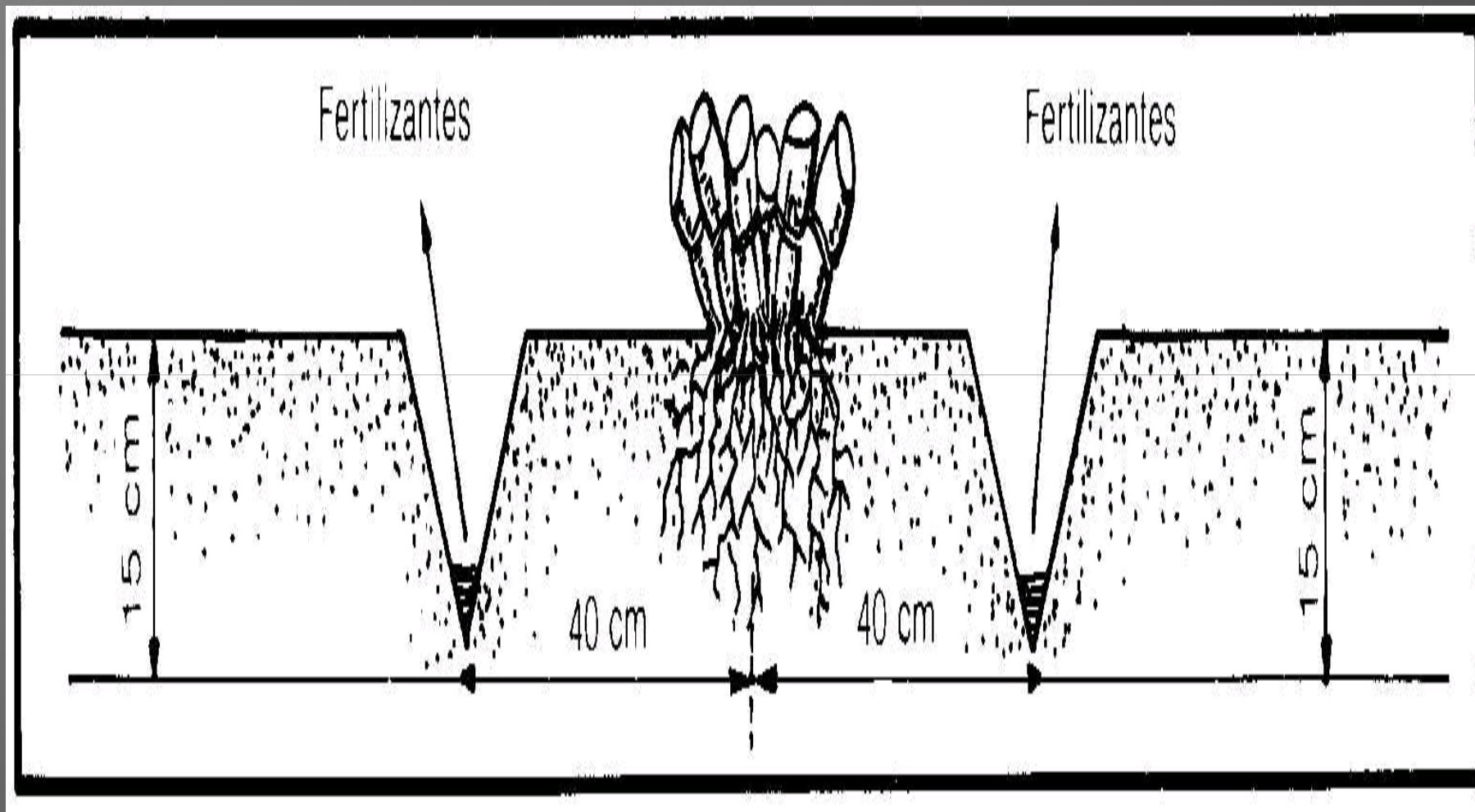
¡La necesidad y la respuesta pueden ser diferentes!

CAÑA PLANTA

¿Dónde colocar el Fertilizante en la caña?

- FONDO DEL SURCO
- LADO DEL SURCO

POSICIONAMIENTO DEL FERTILIZANTE



La ubicación cerca del área de raíces es fundamental

Las características físico-químicas de los suelos Guanacastecos sembrados con caña de azúcar son muy variables en composición, lo que induce también necesidades diferentes.

No cabe aplicar en el lugar criterios genéricos de fertilización.

ACIDEZ

CANTÓN	Nº	pH			Acidez			Saturación Acidez		
		≤ 5,5	5,6 - 6,5	> 6,5	≤ 0,5	0,51 - 1,5	> 1,5	≤ 10	10,1 - 50	> 50
ABANGARES	86	2	89	9	100	-	-	100	-	-
BAGACES	339	5	87	8	96	2	2	97	3	-
CAÑAS	201	5	88	7	100	-	-	99	1	-
CARRILLO	167	1	84	15	99	1	-	100	-	-
LIBERIA	490	2	74	24	99	1	-	100	-	-
NICOYA	132	2	62	36	98	1	1	99	1	-
SANTA CRUZ	131	-	89	11	100	-	-	100	-	-
MONTES DE ORO	103	30	70	-	99	1	-	97	3	-
PUNTARENAS	461	3	79	18	100	-	-	100	-	-

Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos en Costa Rica. San José, Oficina de Publicaciones, Universidad de Costa Rica. 81 p.

MACRONUTRIMENTOS

CANTÓN	Nº	Ca			Mg			K			P		
		≤ 4	4,1 - 20	> 20	≤ 1	1,1 - 5	> 5	≤ 0,2	0,21 - 0,6	> 0,6	≤ 10	11 - 20	> 20
ABANGARES	86	-	67	33	1	58	41	3	49	48	56	24	20
BAGACES	339	5	90	5	5	84	11	7	31	62	90	7	3
CAÑAS	201	12	83	5	13	72	15	17	41	42	57	31	12
CARRILLO	167	1	76	23	6	55	39	14	36	50	69	17	14
LIBERIA	490	8	88	4	13	78	9	5	67	28	73	21	6
NICOYA	132	1	11	88	2	28	70	25	60	15	84	9	7
SANTA CRUZ	131	-	32	68	-	17	83	25	60	15	78	14	8
MONTES DE ORO	103	22	56	22	22	59	19	13	43	44	73	21	6
PUNTARENAS	461	1	32	67	-	33	67	18	48	34	62	26	12

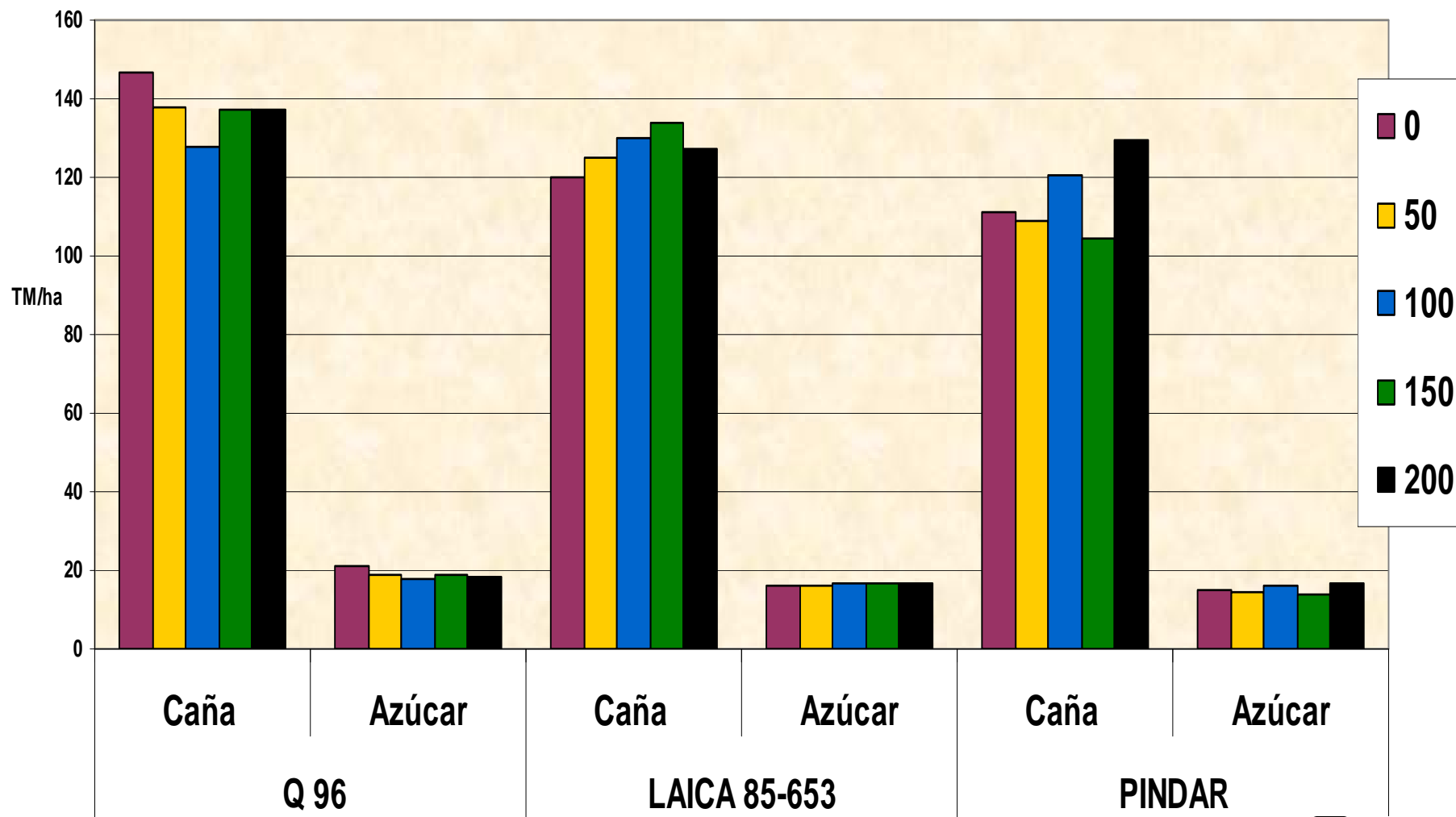
Fuente: Bertsch (1987)

MICRONUTRIMENTOS

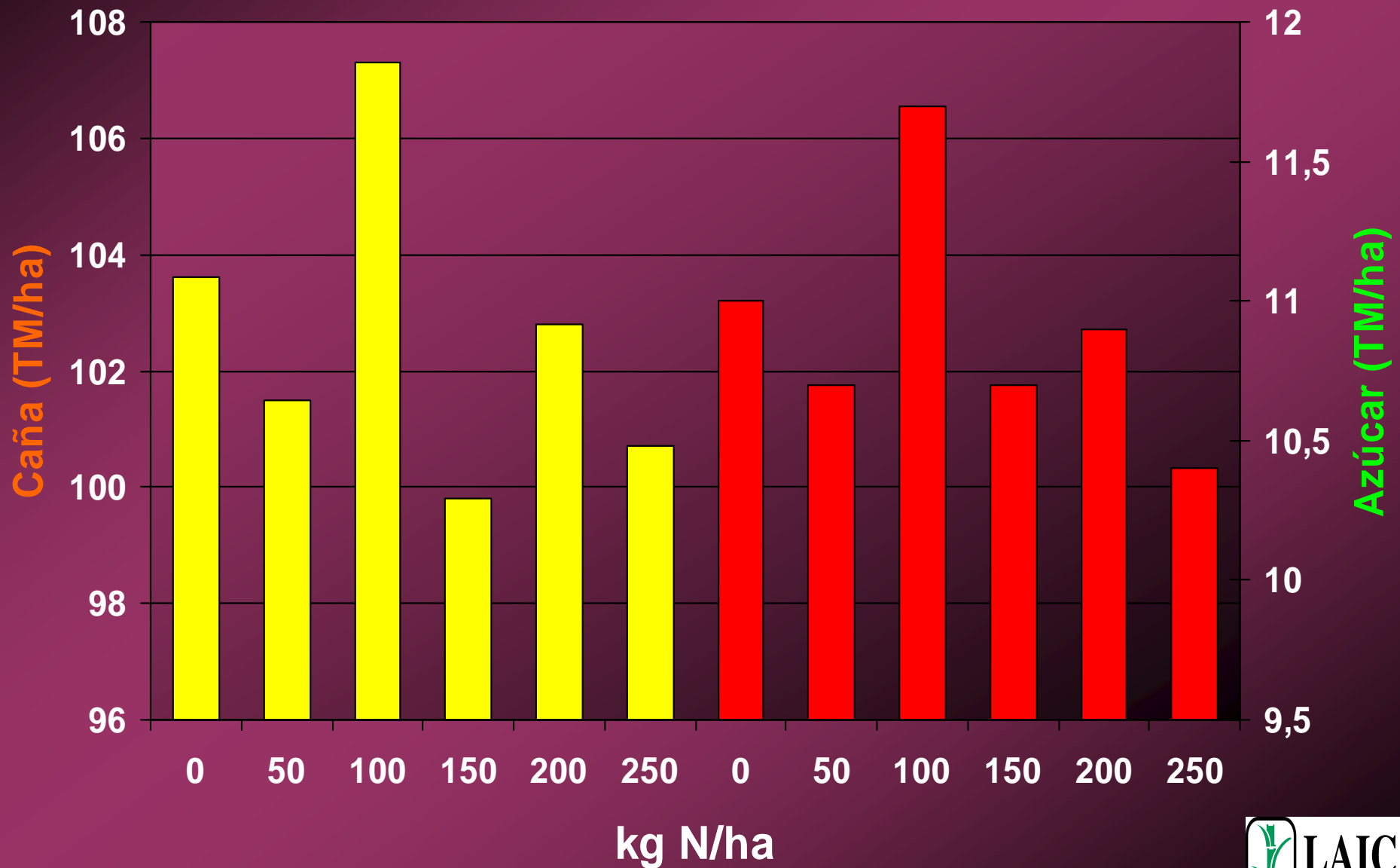
CANTÓN	Nº	Zn			Mn			Fe		
		≤ 2	2,1 - 10	> 10	≤ 5	6 - 50	> 50	≤ 10	11 - 100	> 100
ABANGARES	86	26	74	-	14	80	6	34	61	5
BAGACES	339	30	70	-	18	79	3	6	86	8
CAÑAS	201	20	80	-	32	67	1	8	86	6
CARRILLO	167	34	65	1	26	63	11	26	72	2
LIBERIA	490	60	40	-	26	72	2	4	75	21
NICOYA	132	74	26	-	35	61	4	64	35	1
SANTA CRUZ	131	55	44	1	17	80	3	46	53	1
MONTES DE ORO	103	37	61	2	20	70	10	2	77	21
PUNTARENAS	461	51	47	2	28	61	11	41	55	5

Fuente: Bertsch (1987)

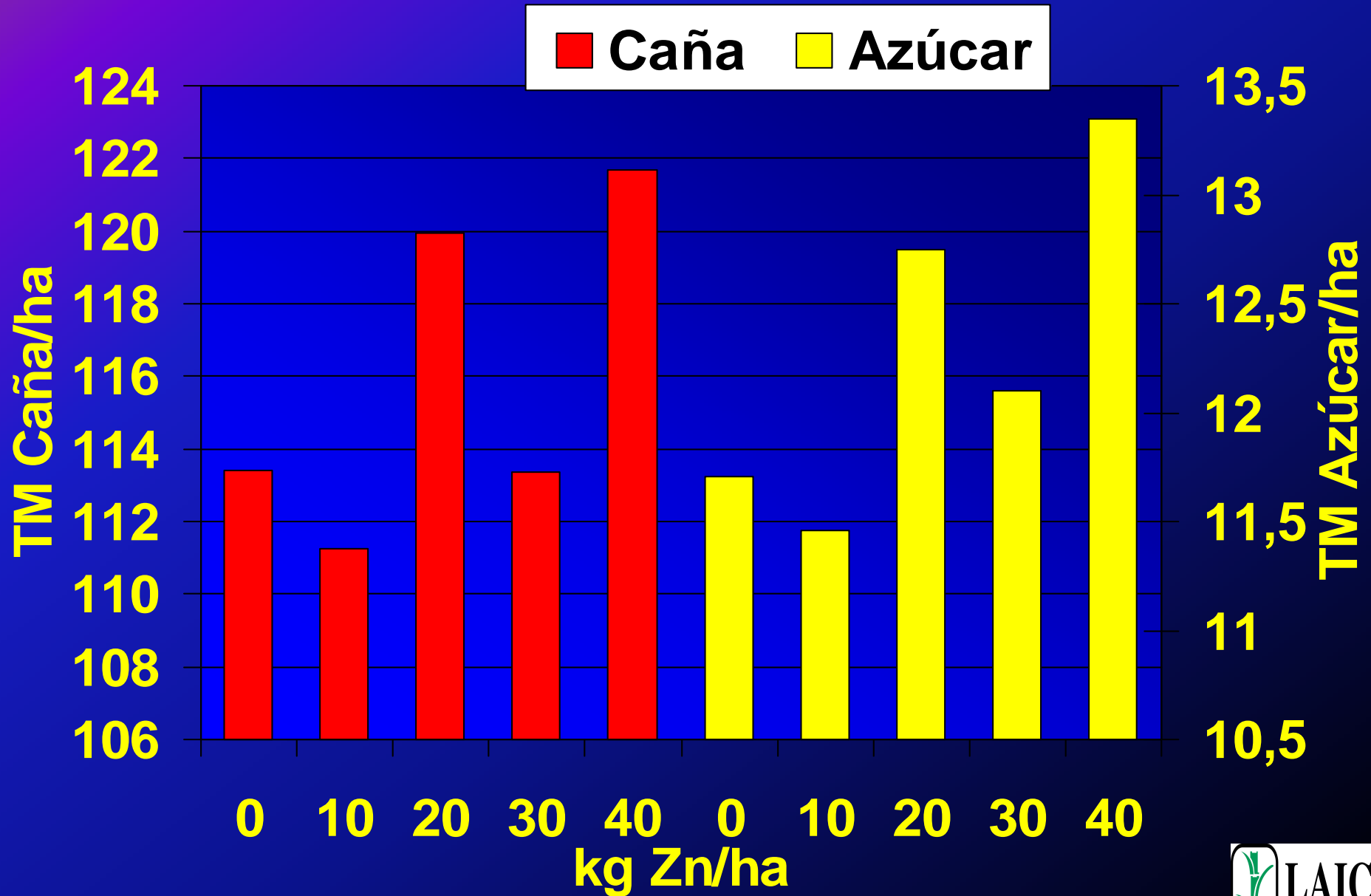
ESTUDIO 5 DOSIS N SOBRE RENDIMIENTO DE 3 VARIETADES. PROMEDIO 3 COSECHAS EN INCEPTISOL DE SAN CARLOS.



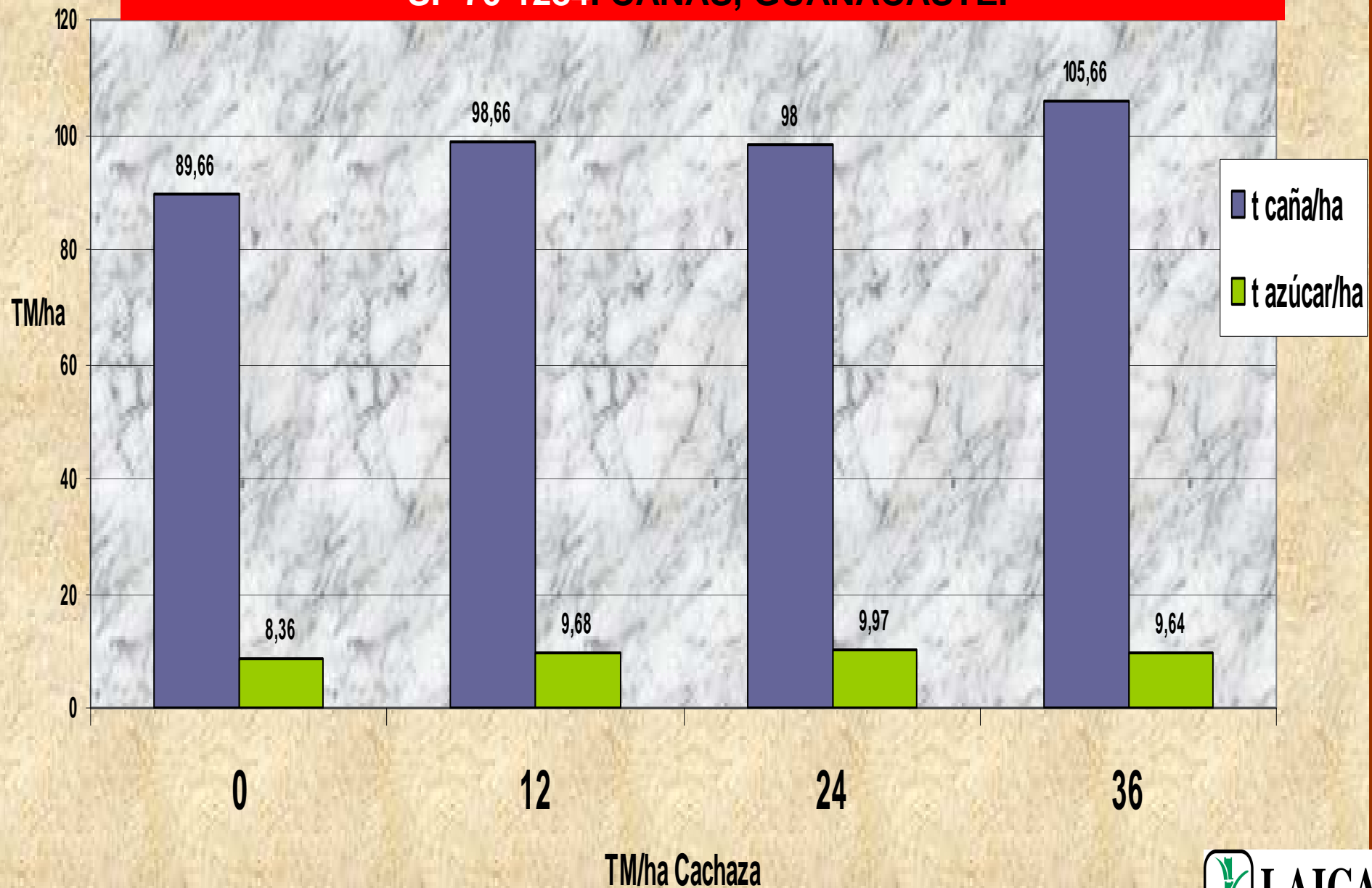
DOSIS (6) CRECIENTES N EN INCEPTISOL . PROMEDIO 3 COSECHAS, SP 70-1284. ESPARZA, PUNTARENAS.



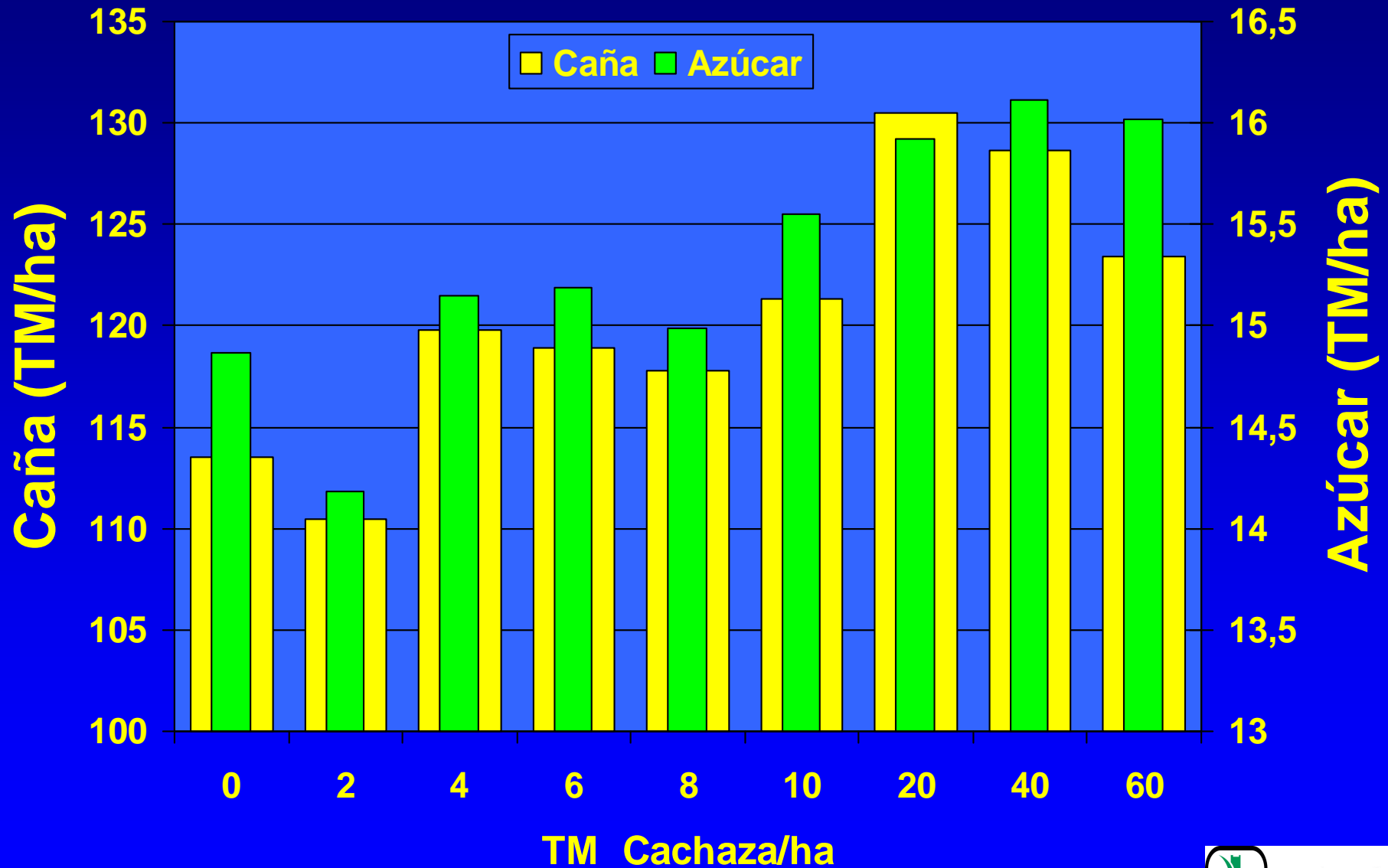
DOSIS (5) ZINC GRANULADO APLICADOS EN INCEPTISOL.
PROMEDIO 4 COSECHAS, SP 71-5574. ESPARZA



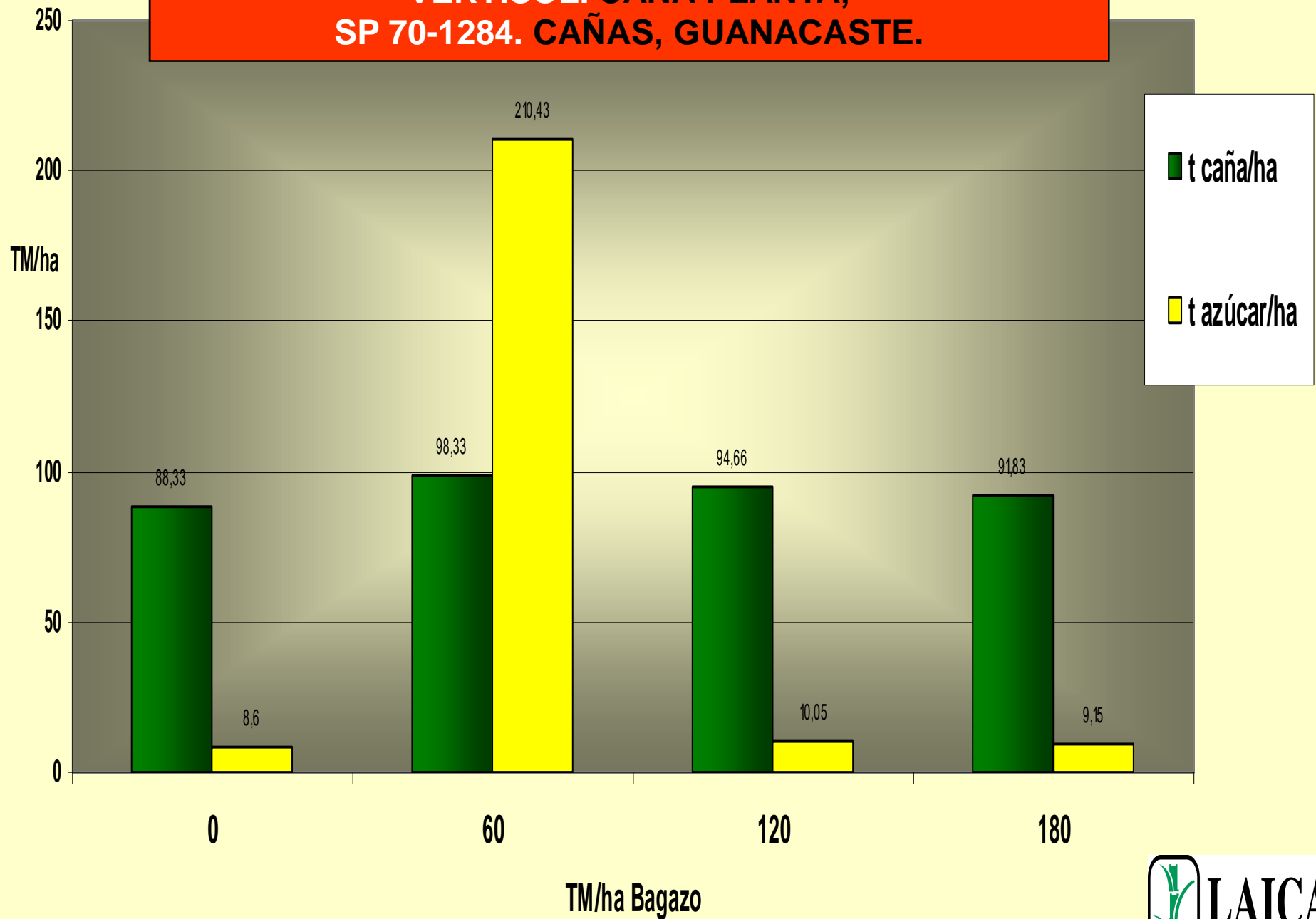
**ESTUDIO 4 CANTIDADES CACHAZA APLICADAS A VERTISOL.
CAÑA PLANTA,
SP 70-1284. CAÑAS, GUANACASTE.**



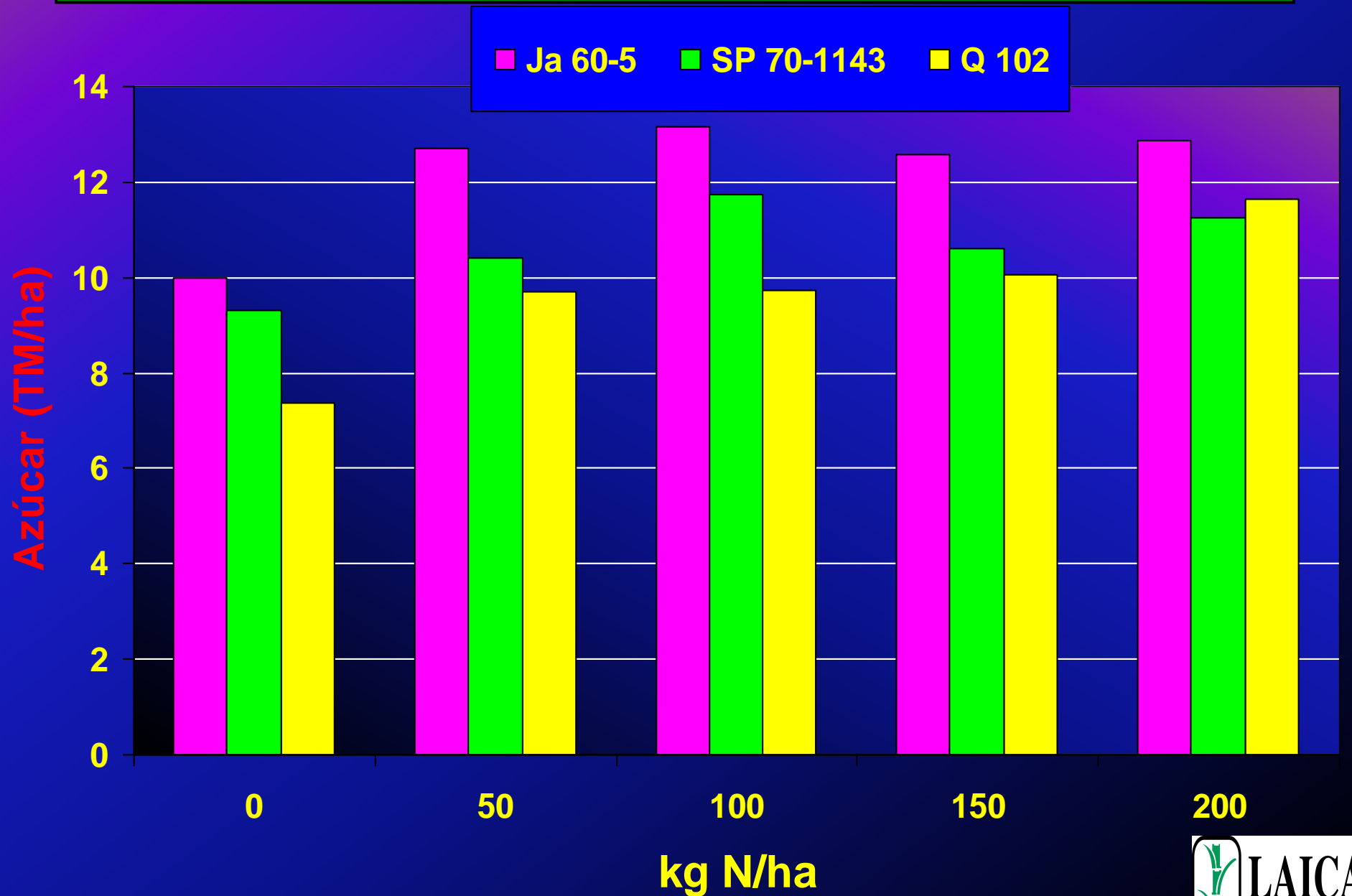
**DOSIS (9) DE CACHAZA, PROMEDIO 4 COSECHAS,
B 74-132. CAÑAS, GUANACASTE.**



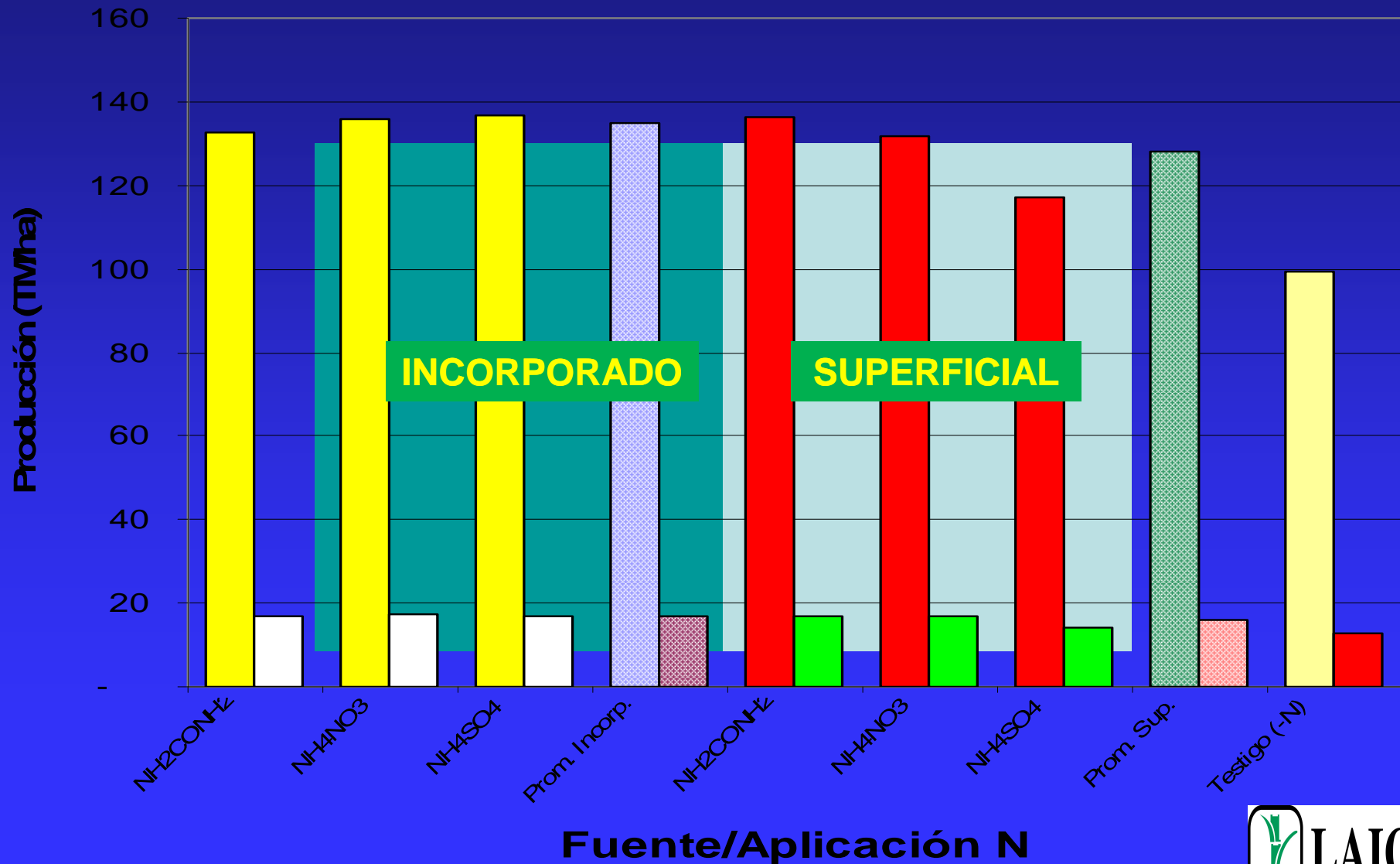
**ESTUDIO CANTIDADES DE BAGAZO APLICADAS A
VERTISOL. CAÑA PLANTA,
SP 70-1284. CAÑAS, GUANACASTE.**



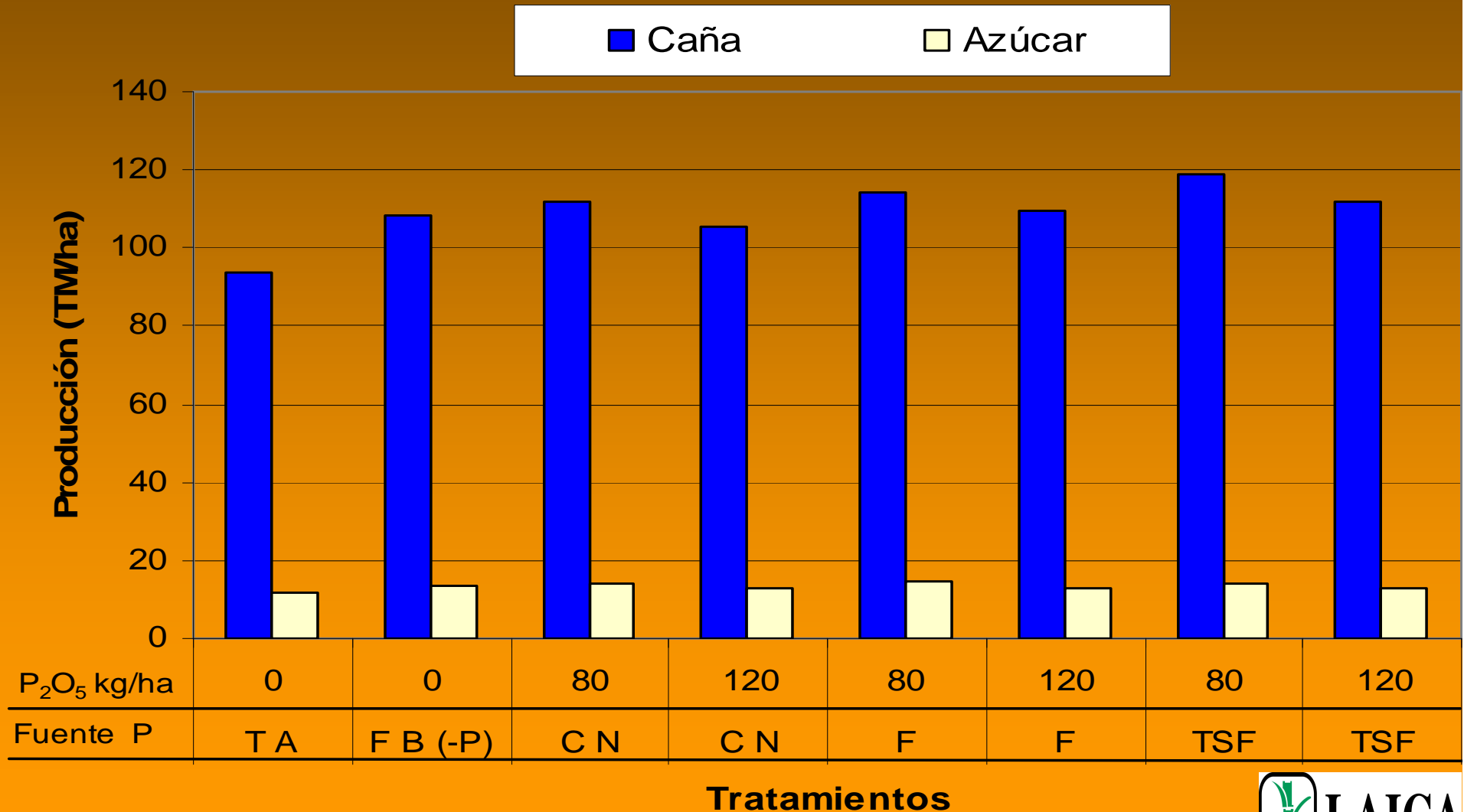
DOSIS (5) N vs VARIETADES (3) DE CAÑA EN INCEPTISOL. PROMEDIO 4 COSECHAS. CAÑAS, GUANACASTE



Forma Colocación de 3 Fuentes N sobre los Rendimientos de Caña en Inceptisol. Promedio 4 Cosechas, Q 96. Cañas, Guanacaste.

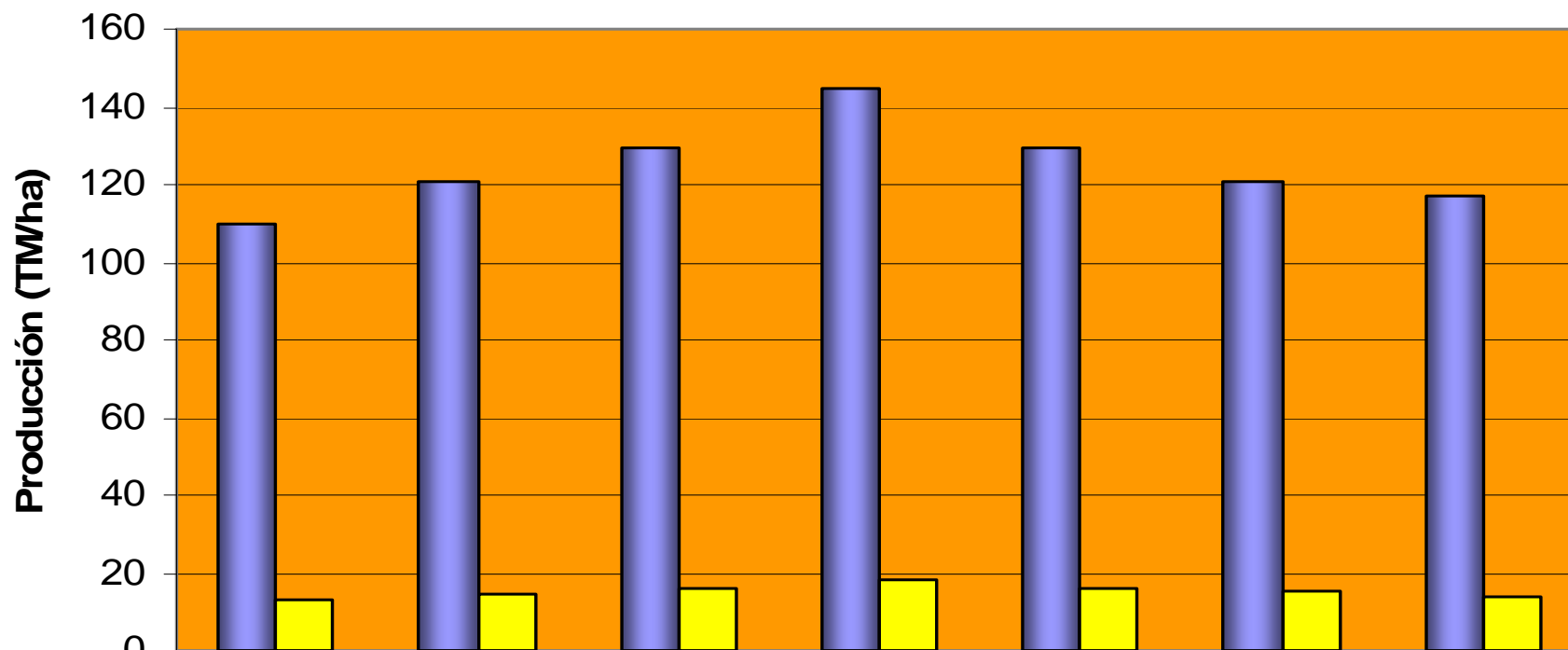


Efecto 3 Fuentes y 2 Dosis de P sobre el Rendimiento de la Caña en Inceptisol. Promedio 4 Cosechas, Ja 60-5. Cañas, Guanacaste.



Fraccionamiento **NPK** sobre Rendimiento de Caña. Promedio 4 Cosechas, **Q 96**. Cañas, Guanacaste.

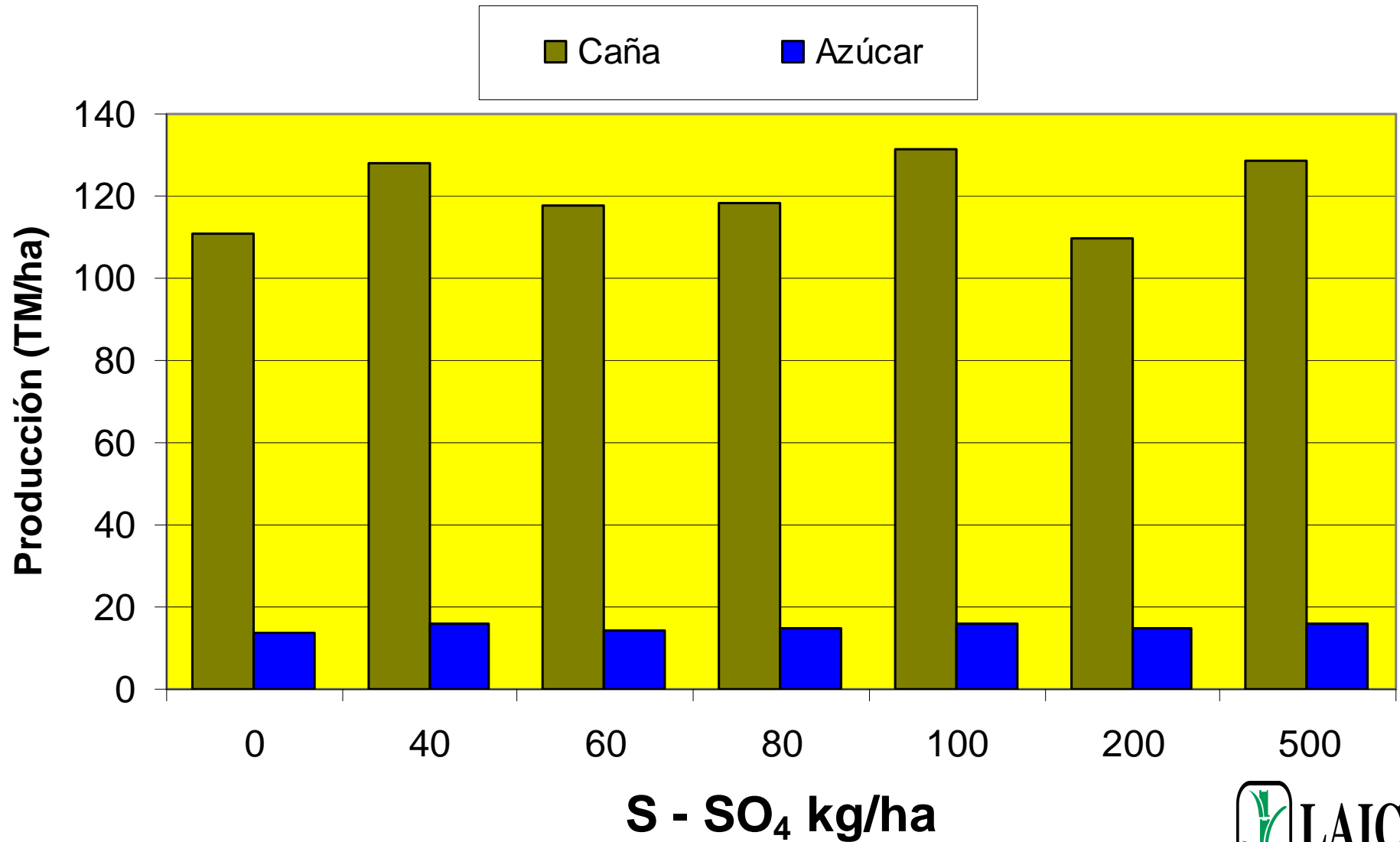
■ Caña ■ Azúcar



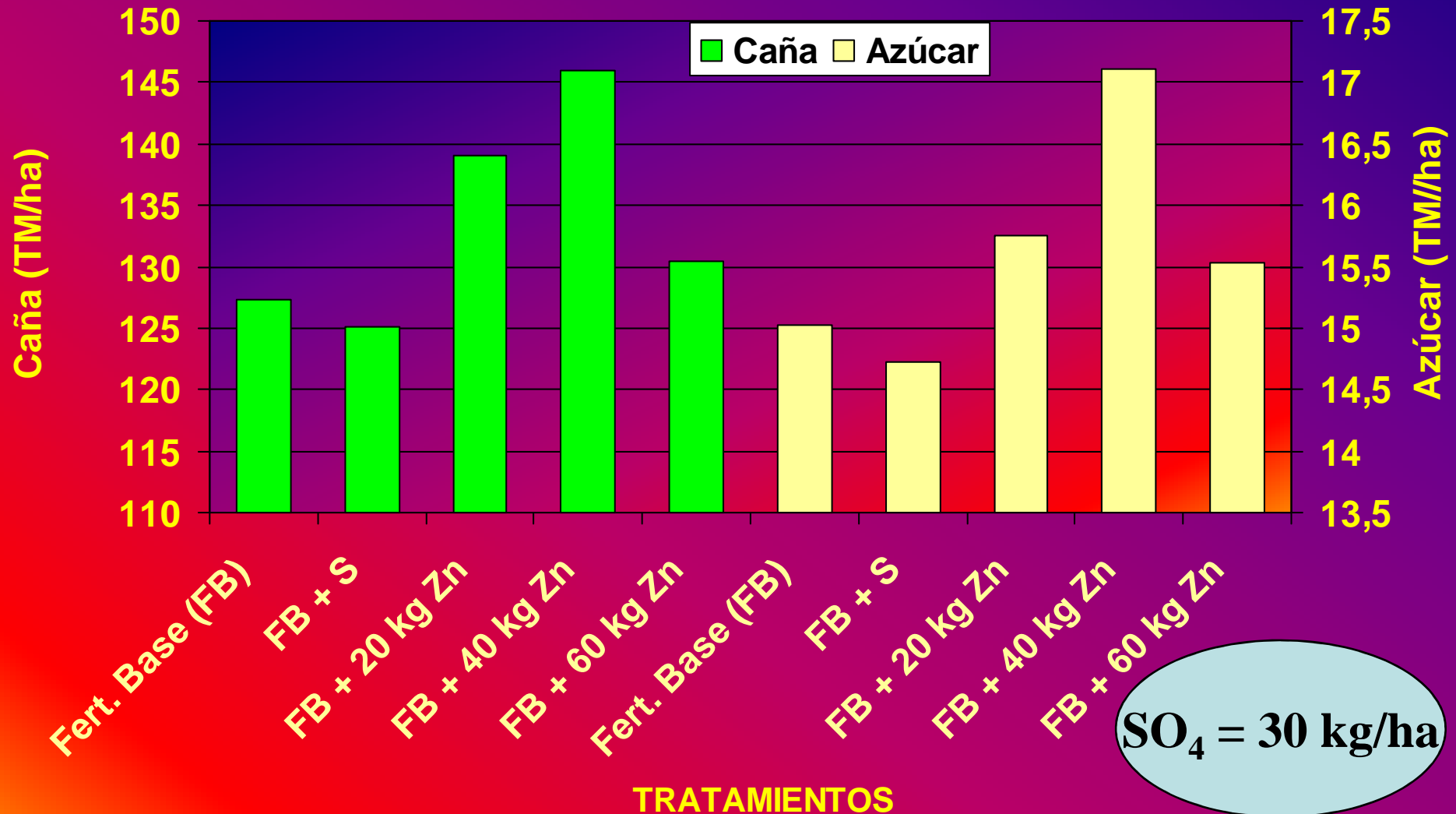
Siembra	P	P	P	NPK	P ^{1/2} NK	1/3NPK	P
1 Mes	1/2K	NK	1/2NK	-	1/2NK	1/3NPK	-
2 Meses	1/2K	-	1/2NK	-	-	1/3NPK	NK

Programa de Fertilización

Efecto del **S** sobre Rendimientos de Caña en un **Inceptisol**. Promedio 4 Cosechas, **Q 96**. Cañas, Guanacaste.

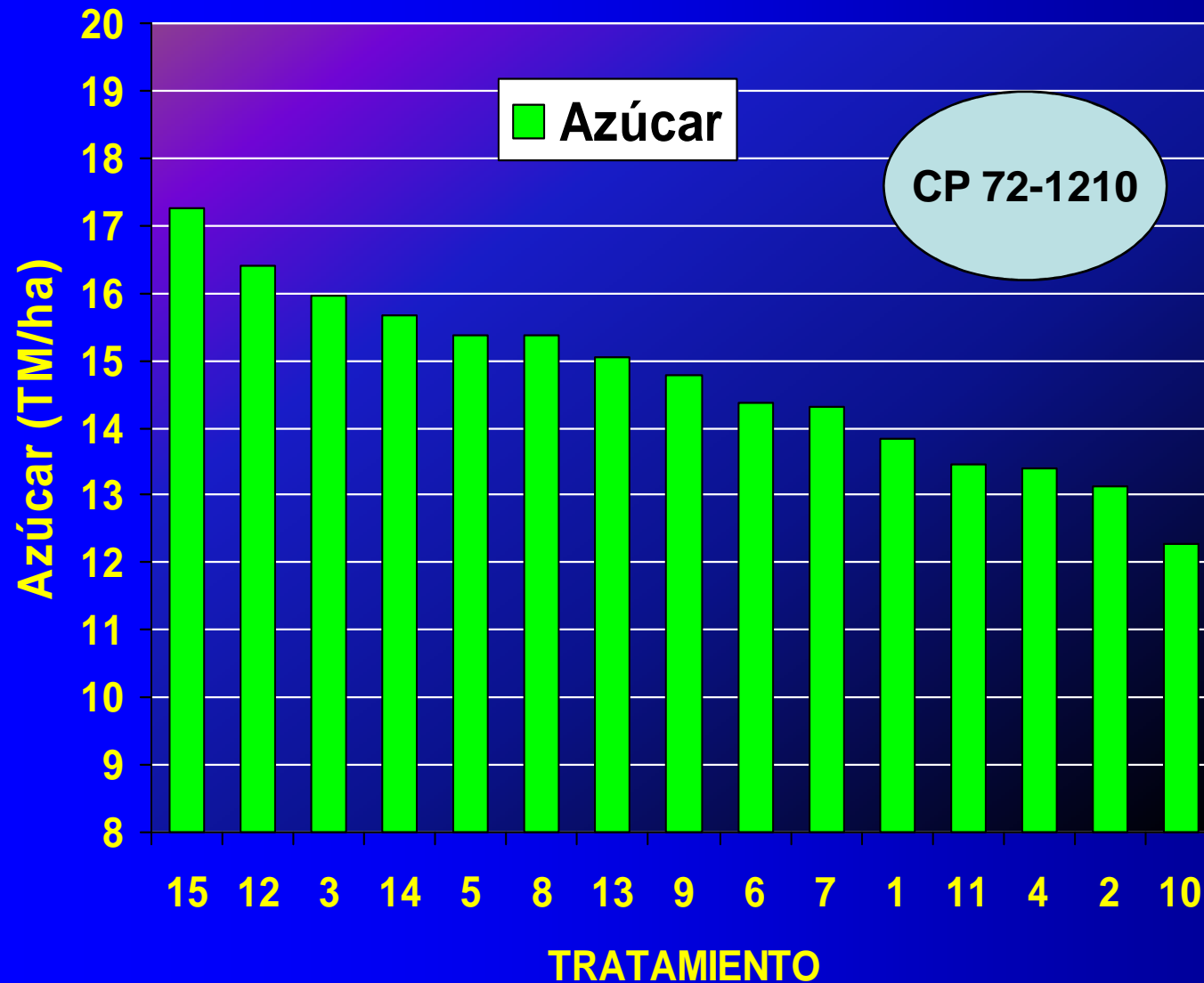


DOSIS (4) DE S Y Zn APLICADAS A INCEPTISOL. PROMEDIO 4 COSECHAS, Q 96. CAÑAS, GUANACASTE.



INTERACCIÓN FERTILIZACIÓN ORGÁNICA/INORGÁNICA, PROMEDIO 4 COSECHAS. CAÑAS, GUANACASTE.

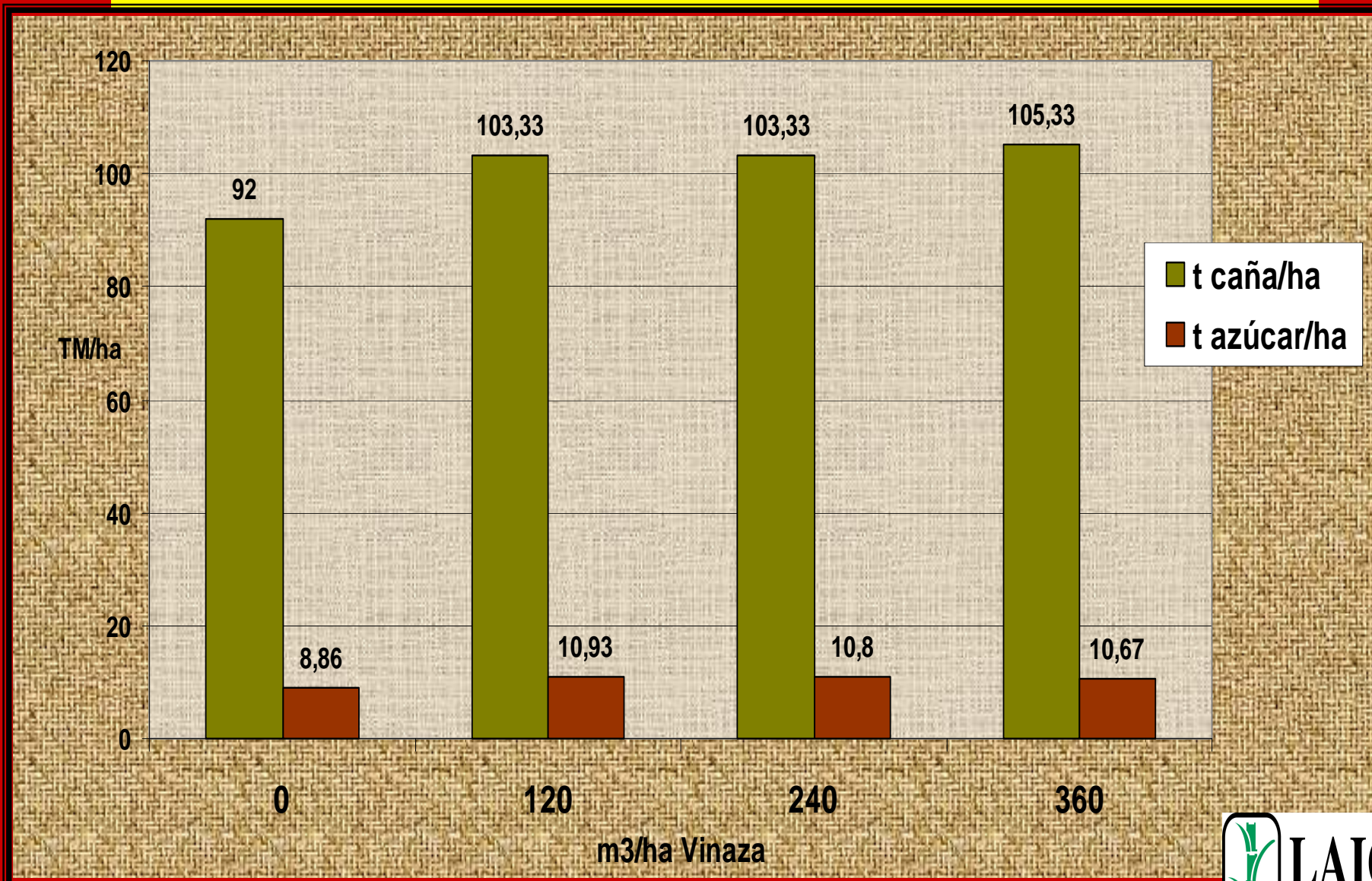
TRATAMIENTOS



1. TESTIGO ORGÁNICO (O)
2. TESTIGO ABSOLUTO
3. TESTIGO QUÍMICO (I)
4. - O
5. - O
6. P I
7. P -
8. P O
9. P0 I
10. PI -
11. ½ O -
12. ½ I ½ O
13. P ½ O ½ I
14. P ½ I ½ O
15. P ½ O ½ I ½ O ½ I

O = 10 TM cachaza
I = 150 -100-100 kg

ADICIÓN 4 DOSIS **VINAZA** EN **VERTISOL**. CAÑA PLANTA, **SP 70-1284**. CAÑAS, GUANACASTE.



Ámbitos de Respuesta Nutricional (kg/ha) Alcanzados en Costa Rica Según Región Productora de Caña de Azúcar

REGIÓN	PLANTA			RETOÑO					t/ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	SO ₄	CaCO ₃
Pacífico Seco	80-150	60-100	80-100	100-150	50-100	80-140	0	80	0
Valle Central	120-180	130-160	120-160	150-200	130-160	150-200	40	40	0-1,5
Turrialba San Carlos	110-150	120-200	130-180	120-150	100-150	130-160	40	40	0-1,5
ZONA SUR	120-150	150-200	130-180	120-150	180-200	150-180	40	40	1-2
Regiones Altas	160-200	160-200	160-200	160-250	130-150	160-250	60	60	0,5-2
Amplitud (Min - Max)	80-200	60-200	80-200	100-250	50-200	80-250	0-60	40-80	0-2

FERTILIZACIÓN COMERCIAL PACÍFICO SECO SEGÚN AÑO Y AUTOR

REFERENCIA	PLANTA				RETOÑO			
	N	P2O4	K2O	S (SO4)	N	P2O4	K2O	S (SO4) **
Promedio Actual (2002)	120,5	97,5	32,5	15,2 (45,7)	128	-	75,7	22,5 (67,5)
Chaves (1999) *	80 - 150	60 - 100	80 - 100	26,7 (80)	100 - 150	50 - 100	80 - 140	26,7 (80)
Chaves (1996) *	80 - 150	60 - 100	80 - 100	26,7 (80)	100 - 150	50 - 100	80 - 140	26,7 (80)
Subirós (1995)	75 - 150	50 - 100	0 - 100	13,3 - 20 (40 - 60)	100 - 150	-	0 - 100	-
MAG (1991)	80 - 150	60 - 80	80 - 100	30 (90)	100 - 150	50 - 80	80 - 150	30 (90)
Chaves y Aguilar (1991) *	80 - 150	60 - 80	80 - 100	30 (90)	100 - 150	50 - 80	80 - 150	30 (90)
DIECA (1990)	95 - 105	105 - 117	95 - 105	-	80	12	80	13,3 - 20 (40 - 60)
Chaves (1986)	100 - 150	60 - 80	80 - 100	-	100 - 150	40 - 60	80 - 100	-
Chaves (1983) ***	75 - 100	-	-	-	75 - 100	-	-	-
Aguilar (1982)	100	80	80 - 175	-	100	-	80 - 175	-
MAG (1982)	100	80 - 200	80 - 175	-	100	-	80 - 175	-
Aguilar (1981)	100	80	80 - 175	-	100	-	80 - 175	-
Amplitud General	75 - 150	50 - 200	0 - 175	0 - 30 (90)	75 - 150	0 - 100	0 - 175	0 - 30 (90)

* Para Molisoles y algunos Vertisoles es recomendable la aplicación de 100-150 kg de N; 100-120 kg de P₂O₅ y 80-100 kg de K₂O/ha

** Aplicado en segunda soca.

*** Resto de nutrimentos según resultados del análisis de suelos.



USO DE PRODUCTOS DE ORIGEN ORGÁNICO

GRADO DE ABSORCIÓN TOTAL Y POR LA COSECHA (kg/tm)

CULTIVO	ABSORCIÓN POR 1 TM (kg/tm)					
	TOTAL			COSECHA		
	N	P	K	N	P	K
CAÑA AZÚCAR	2	0,3	3	1	0,2	2
BANANO	--	--	--	2	0,4	6
CAFÉ	--	--	--	5	0,5	6
FRIJOL	68	7	49	36	4	18
MAÍZ	25	5	19	15	3	4
MELÓN	3	0,5	5	2	0,3	3
NARANJA	--	--	--	2	0,3	2
PALMA ACEITERA	--	--	--	3	0,5	4
PALMITO	12	1	10	1	0,2	1
PIÑA	4	0,6	6	1	0,1	2
YUCA	6	0,9	6	2	0,6	3

FUENTE: BERTSCH (2003)

GRADO DE DEMANDA DE K EN RELACIÓN A N



CULTIVO	ABSORCIÓN POR 1 TM (kg/tm)						RELACIÓN N:K	
	TOTAL			COSECHA			TOTAL	COSECHA
	N	P	K	N	P	K		
CAÑA AZÚCAR	2	0,3	3	1	0,2	2	1:1,4	1:1,5
BANANO	--	--	--	2	0,4	6	--	1:1,3
CAFÉ	--	--	--	5	0,5	6	--	1:1,2
FRIJOL	68	7	49	36	4	18	1:0,7	1:0,5
MAÍZ	25	5	19	15	3	4	1:0,8	1:0,3
MELÓN	3	0,5	5	2	0,3	3	1:1,7	1:1,5
NARANJA	--	--	--	2	0,3	2	--	1:1,0
PALMA ACEITERA	--	--	--	3	0,5	4	--	1:1,3
PALMITO	12	1	10	1	0,2	1	1:0,8	1:1,4
PIÑA	4	0,6	6	1	0,1	2	1:1,5	1:1,2
YUCA	6	0,9	6	2	0,6	3	1:1,0	1:1,5

FUENTE: BERTSCH (2003)

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) APROXIMADA MATERIALES ORGÁNICOS: ORIGEN VEGETAL

N°	MATERIAL	N	P	K	Ca	Mg	S
1	BAGAZO CAÑA	1,2	0,9	0,3	0,4	1,9	1,2
2	CACHAZA	1,3-1,9	0,7-1,4	0,2-0,4	2,0-2,6	0,2	--
3	VINAZA	0,4-0,5	0,1	2,6-4,9	0,3-1,1	0,6-0,7	2,7
4	BROZA CAFÉ	2,0-3,2	0,1-0,3	0,4-1,6	1,4-4,3	0,2-1,8	--
5	GRANZA ARROZ	0,5	0,1	1,3	0,3	0,1	--
6	FIBRA COCO	0,9	--	0,7	0,1	0,1	--
7	PULPA NARANJA	0,84-1,0	0,1	1,0	0,5	0,1	--
8	PULPA PIÑA	0,8	0,1	1,2	0,4	0,2	--
9	BANANO REHAZO	0,7-1,0	0,1-0,6	2,4-6,5	0,1-0,5	0,2-0,5	--
10	PINZOTE BANANO	0,9-1,5	0,1-0,3	8,2-15,5	0,4-0,6	0,2-0,3	--
11	VÁSTAGO BANANO	0,5-1,2	0,1-0,2	7,8-9,0	1,0-2,0	0,1-0,6	--
12	CÁSCARA PALMITO	0,7-2,0	0,1-0,2	0,9-2,8	0,2-0,4	0,1-0,2	0,2-0,3
13	HARINA CACAO	4,0	0,9	2,1	0,4	0,6	--

FUENTE: BERTSCH (1995-2003); MOLINA (2002); SOTO (2003); UMAÑA (2002)

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) APROX MATERIALES ORGÁNICOS: ORIGEN ANIMAL Y OTROS

N°	MATERIAL	N	P	K	Ca	Mg	S
1	GALLINAZA	1,0-3,0	1,4	1,4-2,5	2,6-3,6	0,6-0,8	--
2	PORQUINAZA	1,8	1,1	1,8	1,4	1,2	--
3	ESTIÉRCOL VACUNO	1,6	0,5	1,5	1,6	0,6	--
4	ESTIÉRCOL CABALLO	1,2	0,3	0,7	0,1	--	--
5	ESTIÉRCOL OVEJA	1,6	0,4	1,1	0,9	--	--
6	ESTIÉRCOL CABRA SECO	1,5	0,7	2,5	1,4	--	--
7	HARINA PESCADO	9,5	3,1	--	6,1	0,3	0,2
8	DESECHOS CAMARÓN	7,0	4,4	0,4	11,1	0,3	0,3
9	SANGRE SECA	13,0	0,9	0,8	0,4	--	--
10	TURBA	2,0	--	--	0,7	0,3	0,5
11	AGUAS NEGRAS SECAS	2,0	0,9	--	1,8	--	0,5

FUENTE: BERTSCH (1995-2003); MOLINA (2002); SOTO (2003); UMAÑA (2002)

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ABONOS ORGÁNICOS NACIONALES

COMPAÑÍA	PRODUCTO	PORCENTAJE				
		N	P	K	Ca	Mg
	BOKASHI	0,7-1,6	0,2-0,8	0,8-2,5	0,8-4,2	0,2-0,6
FERTIPLUS	GALLINAZA	1,5-4,0	1,0-2,9	1,5-3,5	2,3-10,7	0,2-1,0
COOPECAFIRA	COMPOST DE BROZA	1,9	0,2	3,0	1,5	0,4
HACIENDA JUAN VIÑAS	COMPOST BROZA + CACHAZA	1,5-2,0	0,5-0,8	0,5	--	--
DEL ORO	COMPOST DE NARANJA	1,2	0,1	0,8	--	0,1
	LOMBRICOMPOST	0,7-3,8	0,2-1,2	0,3-2,3	1,0-3,7	0,3-0,9
	VERMICOMPOST DE BANANO	1,3	0,2	0,9	0,8	0,8

FUENTE: BERTSCH (2003)

COMPARACIÓN ENTRE EL PROCESO *COMPOSTAJE* Y *BOCASHI*

CARACTERÍSTICA	<i>COMPOST</i>	<i>BOCASHI</i>
PRODUCTO FINAL	SUSTÁNCIAS HÚMICAS	MATERIA ORGÁNICA EN DESCOMPOSICIÓN
TEMPERATURAS MÁXIMAS	65 – 70°C	45 – 50°C
HUMEDAD	60% DURANTE TODO EL PROCESO	60% INICIO Y SE DEJA DESCENDER RÁPIDAMENTE
FRECUENCIA DE VOLTEO	REGIDA POR TEMPERATURA Y CO ₂	UNA O DOS VECES AL DÍA
DURACIÓN DEL PROCESO	DE 1 A 2 MESES	DE 1 A 2 SEMANAS

FUENTE: BERTSCH (2003)

COMPOSICIÓN DE LA CACHAZA SEGÚN INGENIO

INGENIO	pH	N	Ca	Mg	K	P	Zn
ATIRRO	4,4	1,05	34,3	8	1,86	467	15
CATSA	6,2	1,11	13,7	5,3	3,81	1100	22
CUTRIS	5,9	1,12	7,7	3,2	0,71	600	18
GENERAL	5,4	1,21	7,5	1,7	0,64	833	8
Q. AZUL	4,8	1,09	18,3	4,5	1,53	850	14
TABOGA	6,4	1,07	8	3,3	1,67	1350	11
VICTORIA	5,4	1,08	12,3	4	1,52	700	13
VIEJO	5,9	1,10	11,7	4,1	2,75	1067	10

CHAVES Y GUZMÁN (1993) DADO EN: %, cmol (+) / l y ug / ml, respectivamente

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

