



Importancia del Potasio en la Producción de Caña de Azúcar: Casos de Investigación

Marco Chaves Solera
Director DIECA-LAICA

Liberia, Guanacaste
Costa Rica
05 Noviembre 2002

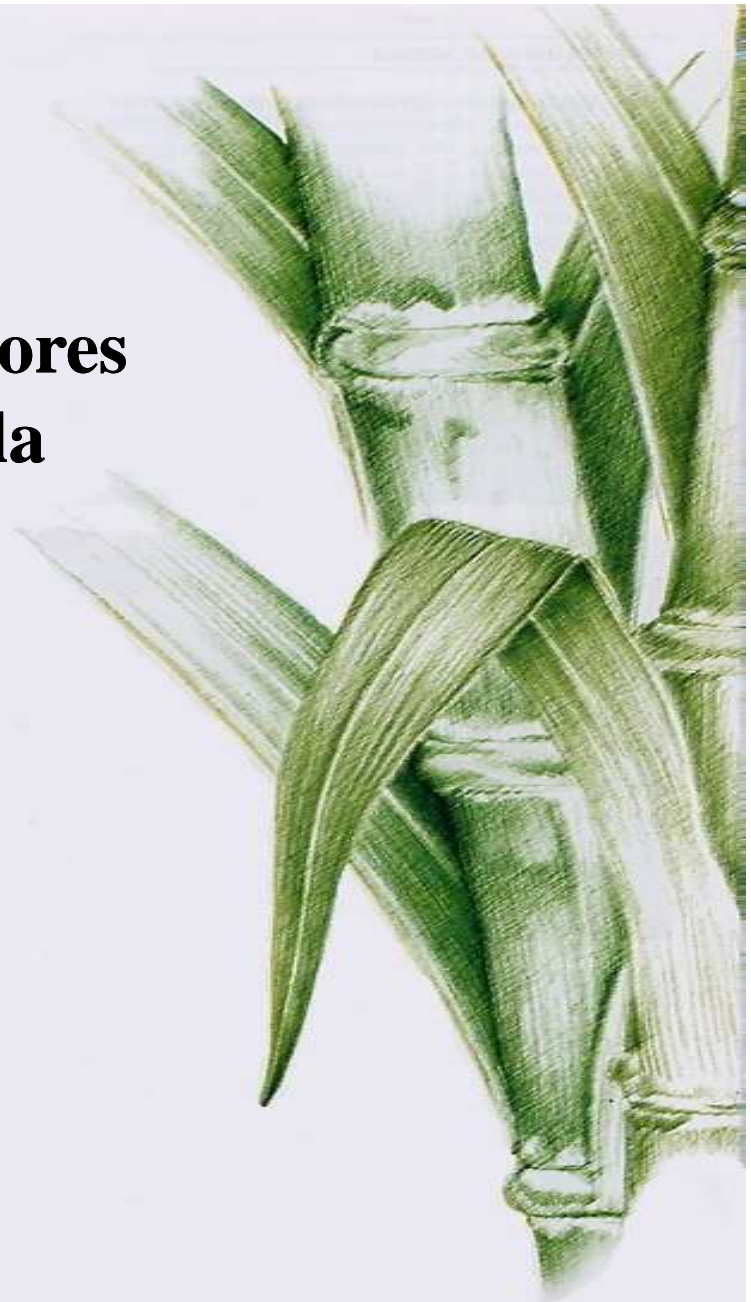
Presentado en:

**Encuentro Técnico con Productores
e Industriales del Cultivo de la
Caña de Azúcar**

*Organizado por la empresa
Abonos del Pacífico (ABOPAC).*

*Hotel Las Espuelas,
Liberia, Guanacaste
Costa Rica*

05 de Noviembre 2002



OBJETIVO

Revisar, analizar y comentar aspectos vinculados con el uso del K en la caña de azúcar. Hacer referencia y profundizar en las características y particularidades especiales del nutrimento en el suelo y la planta, virtud de su esenciabilidad y particular comportamiento de la planta a su adición.

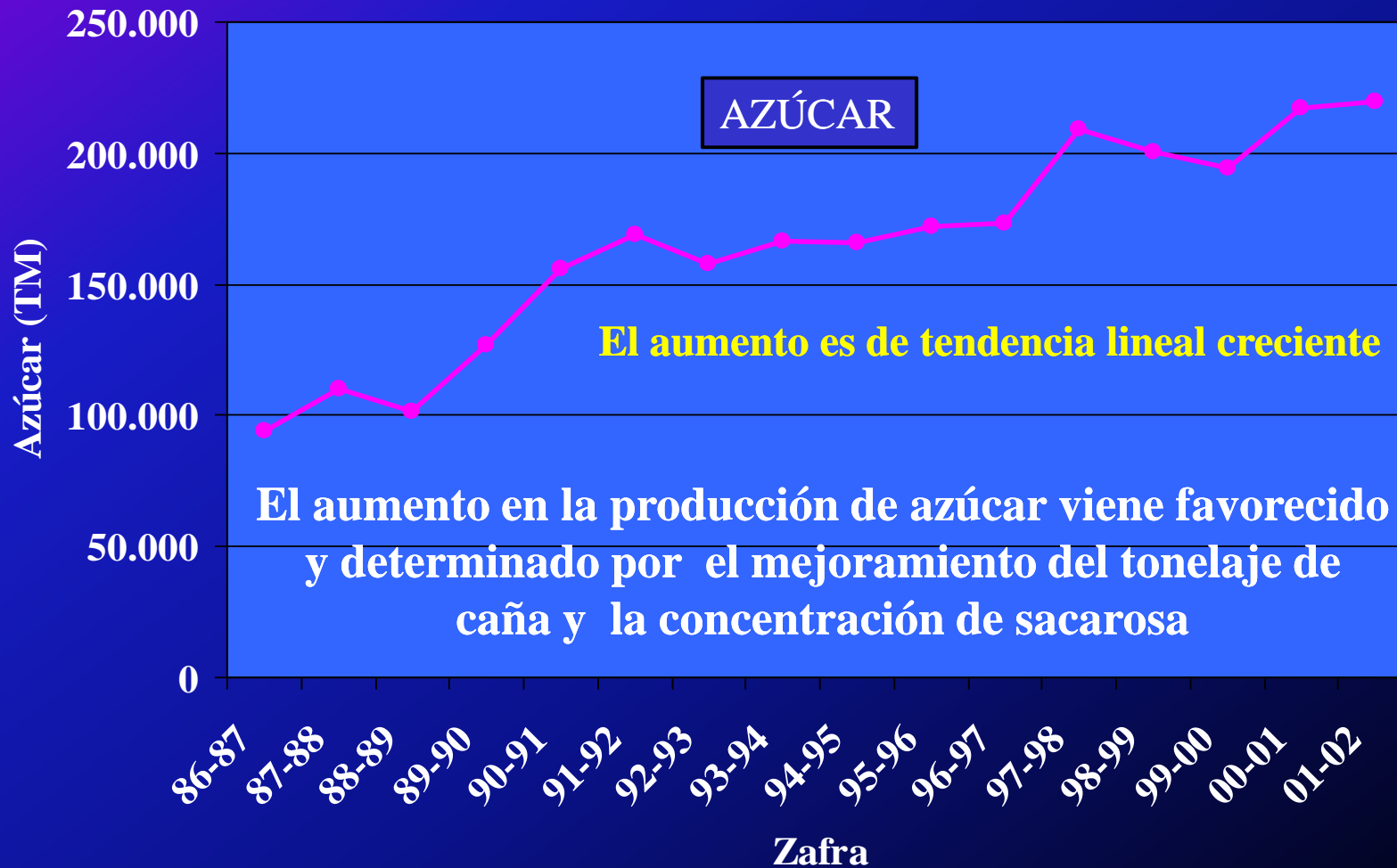


Producción de Caña Guanacaste + Puntarenas

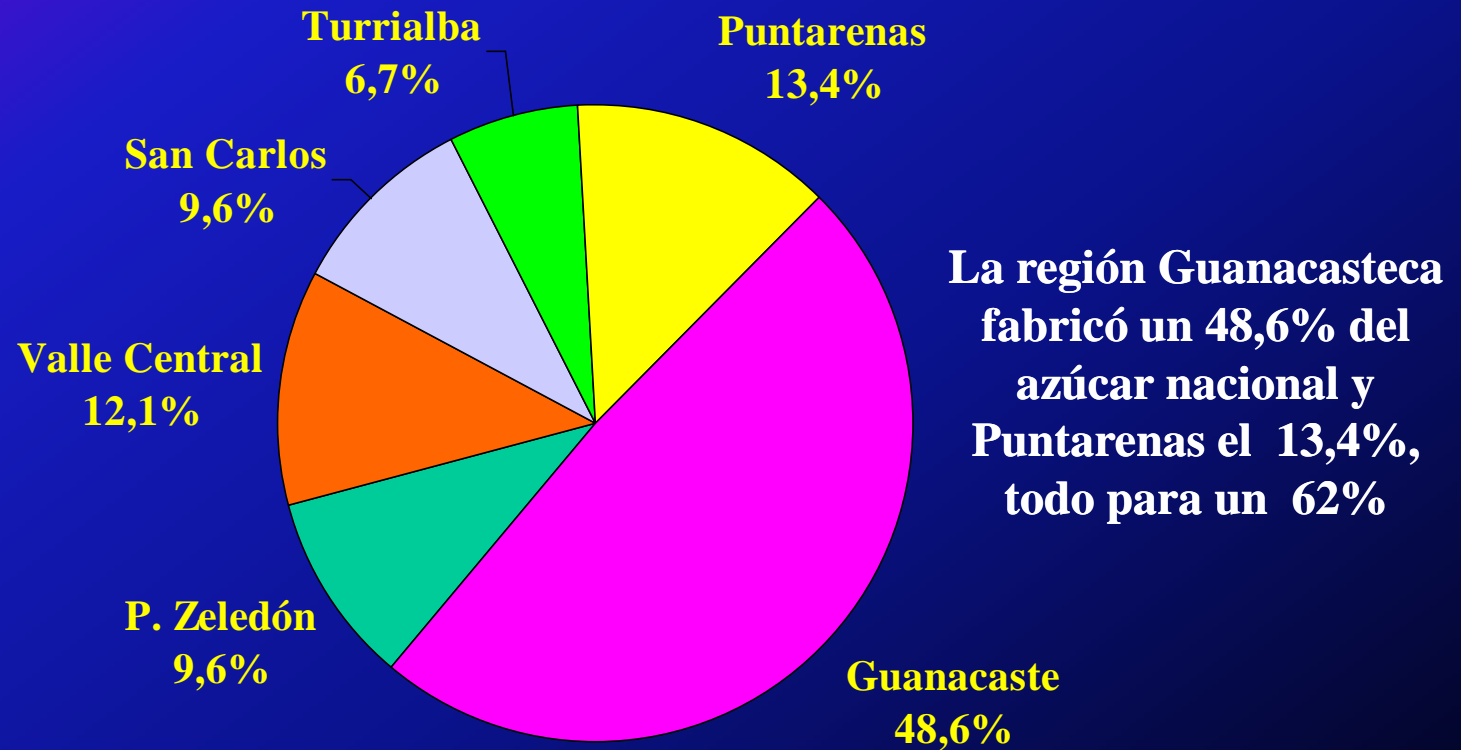


Pacífico Seco = Guanacaste + Puntarenas

Producción de Azúcar Guanacaste + Puntarenas



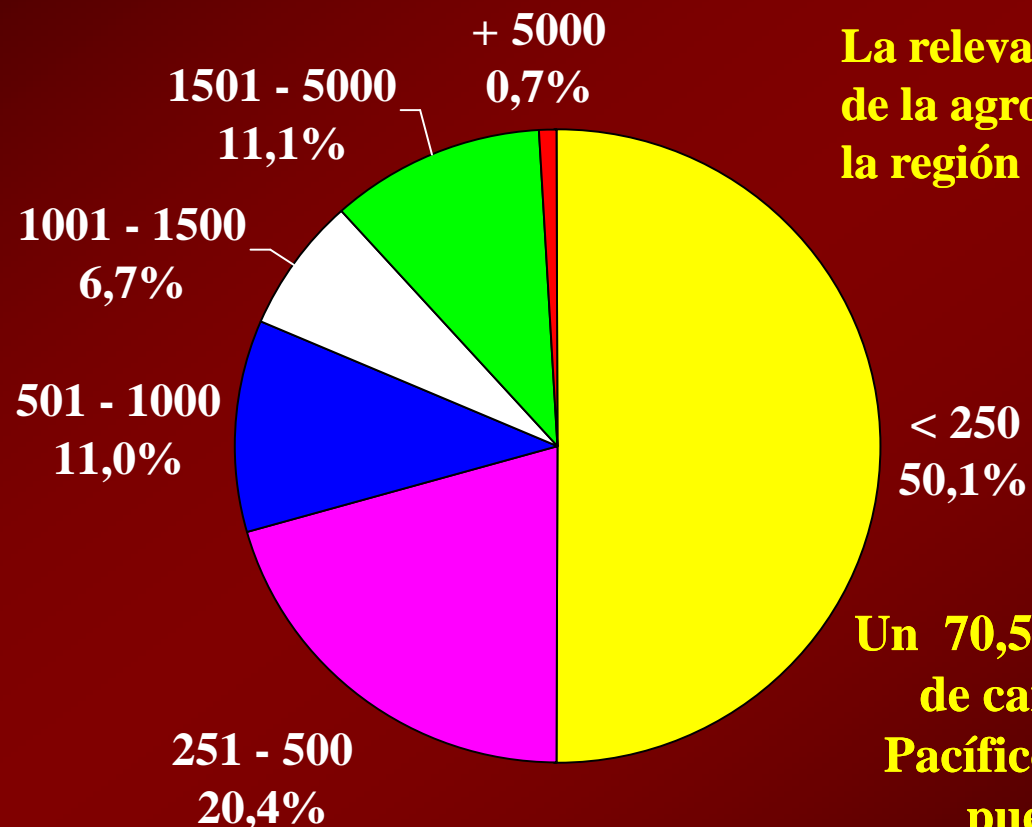
Azúcar Fabricada (%) en Costa Rica Según Región Productora, Zafra 2001/2002.



Entregadores (Nº) y Representación Nacional (%)



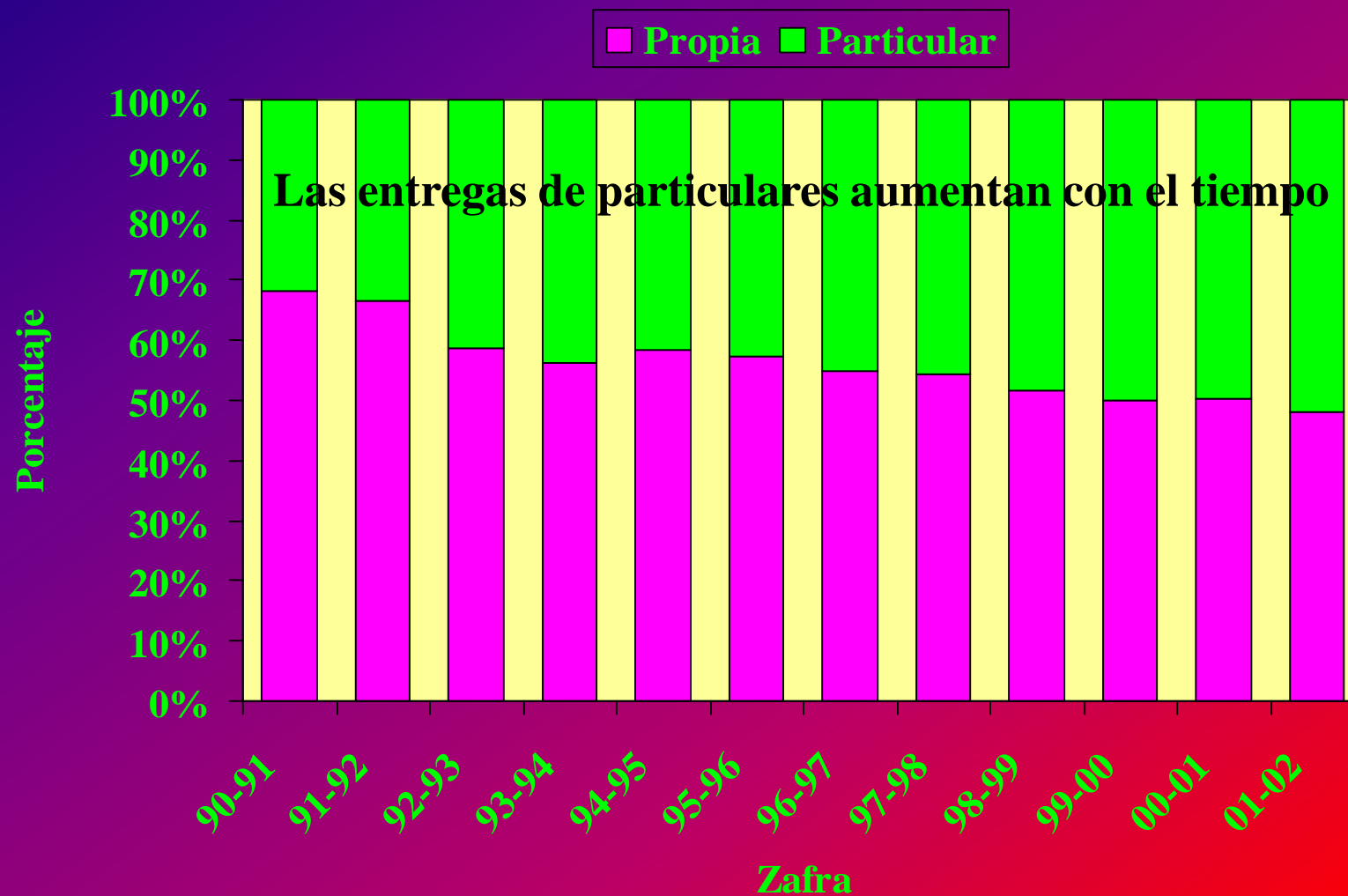
Distribución Entregadores Según Rango (TM) Pacífico Seco. Zafra 2001 - 2002.



La relevancia e impacto social de la agroindustria azucarera en la región es alta y significativa.

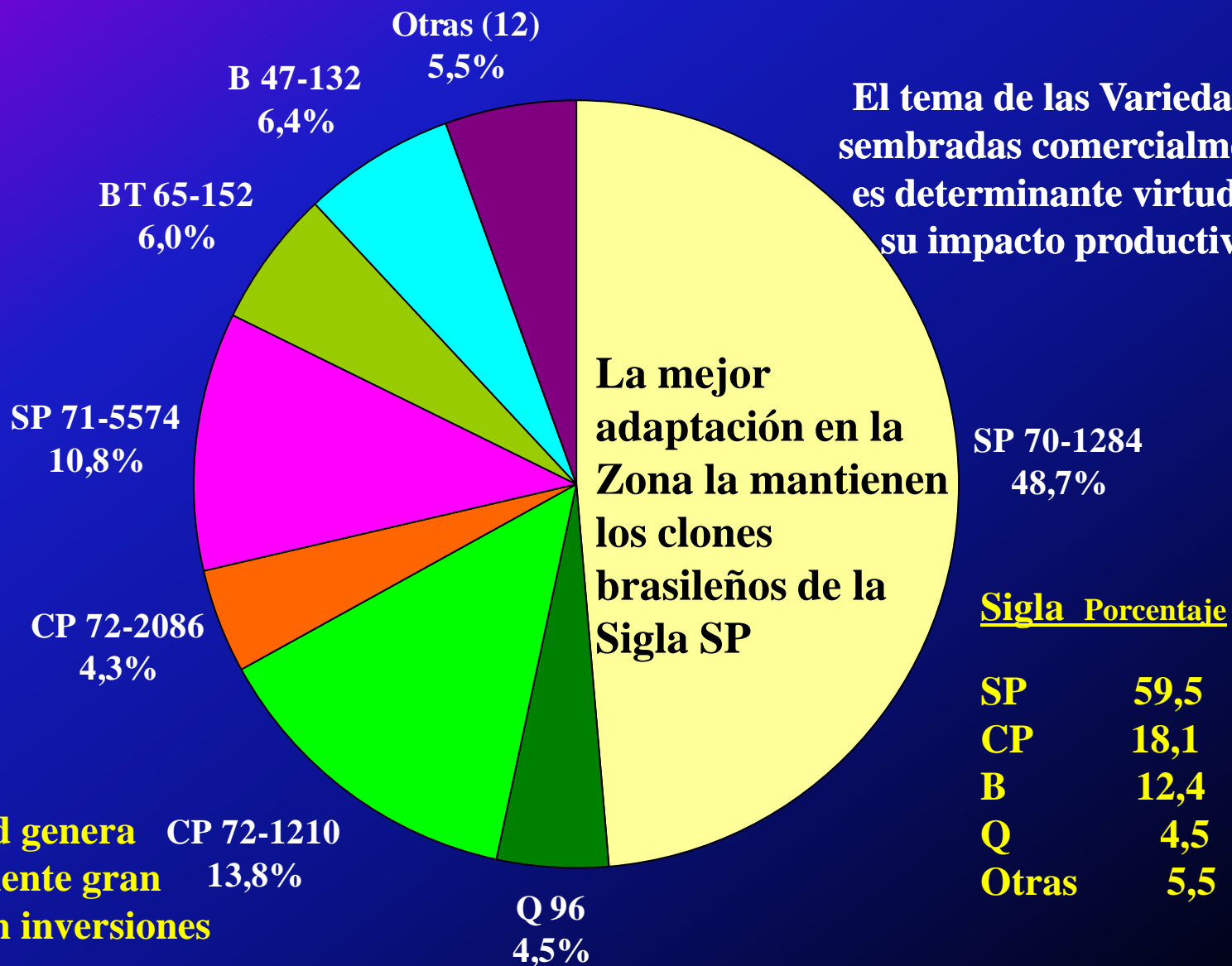
Un 70,5% de los entregadores de caña reportados en el Pacífico Seco son pequeños, pues hacen entregas inferiores a 500 TM de caña

Origen de la Caña Entregada Pacífico Seco

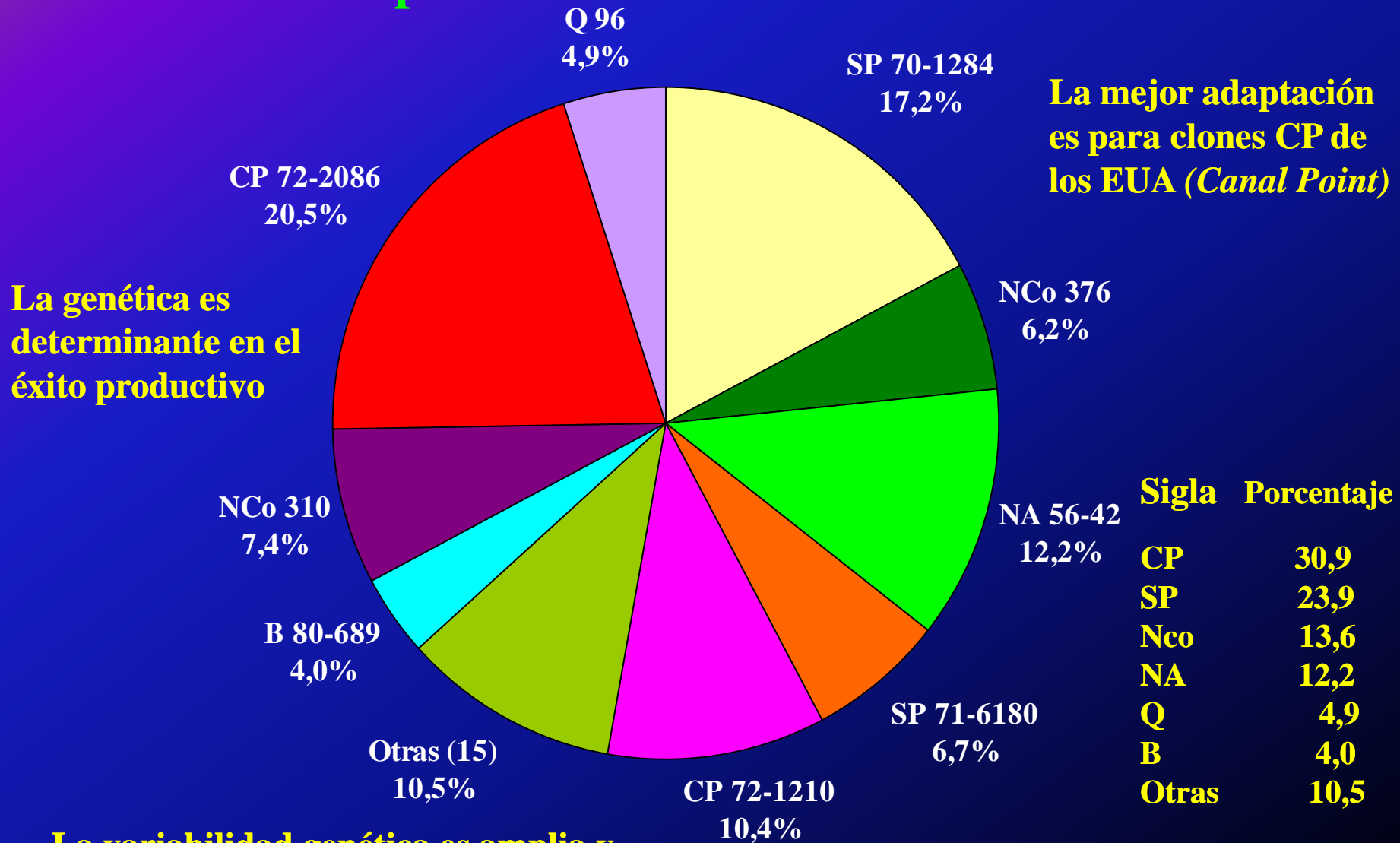


La presencia y participación del pequeño y mediano productor de caña viene incrementándose en el Pacífico seco, lo que ratifica su relevancia social.

Principales Variedades Puntarenas



Principales Variedades Guanacaste



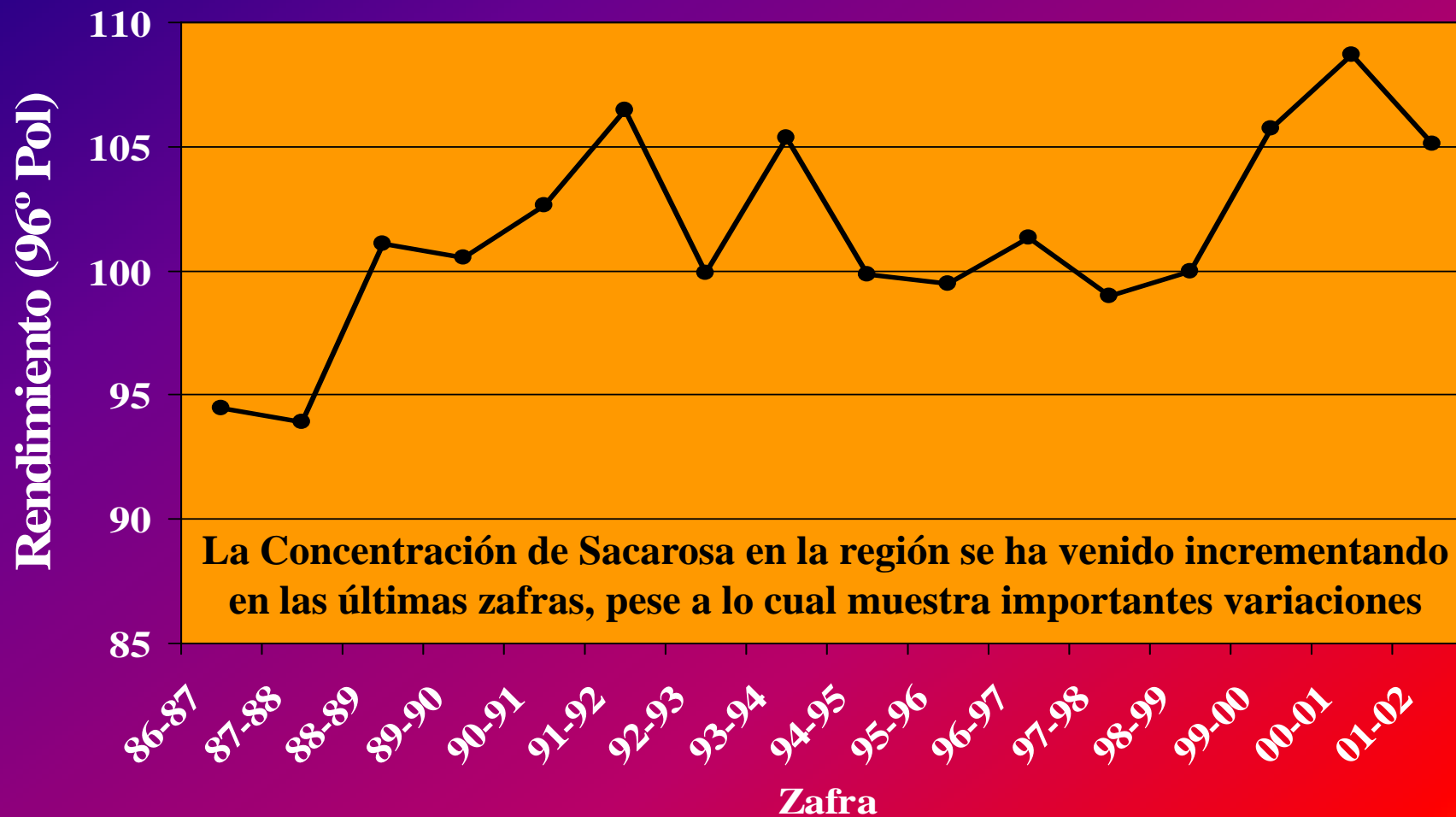
La mejor adaptación es para clones CP de los EUA (*Canal Point*)

La genética es determinante en el éxito productivo

Sigla	Porcentaje
CP	30,9
SP	23,9
Nco	13,6
NA	12,2
Q	4,9
B	4,0
Otras	10,5

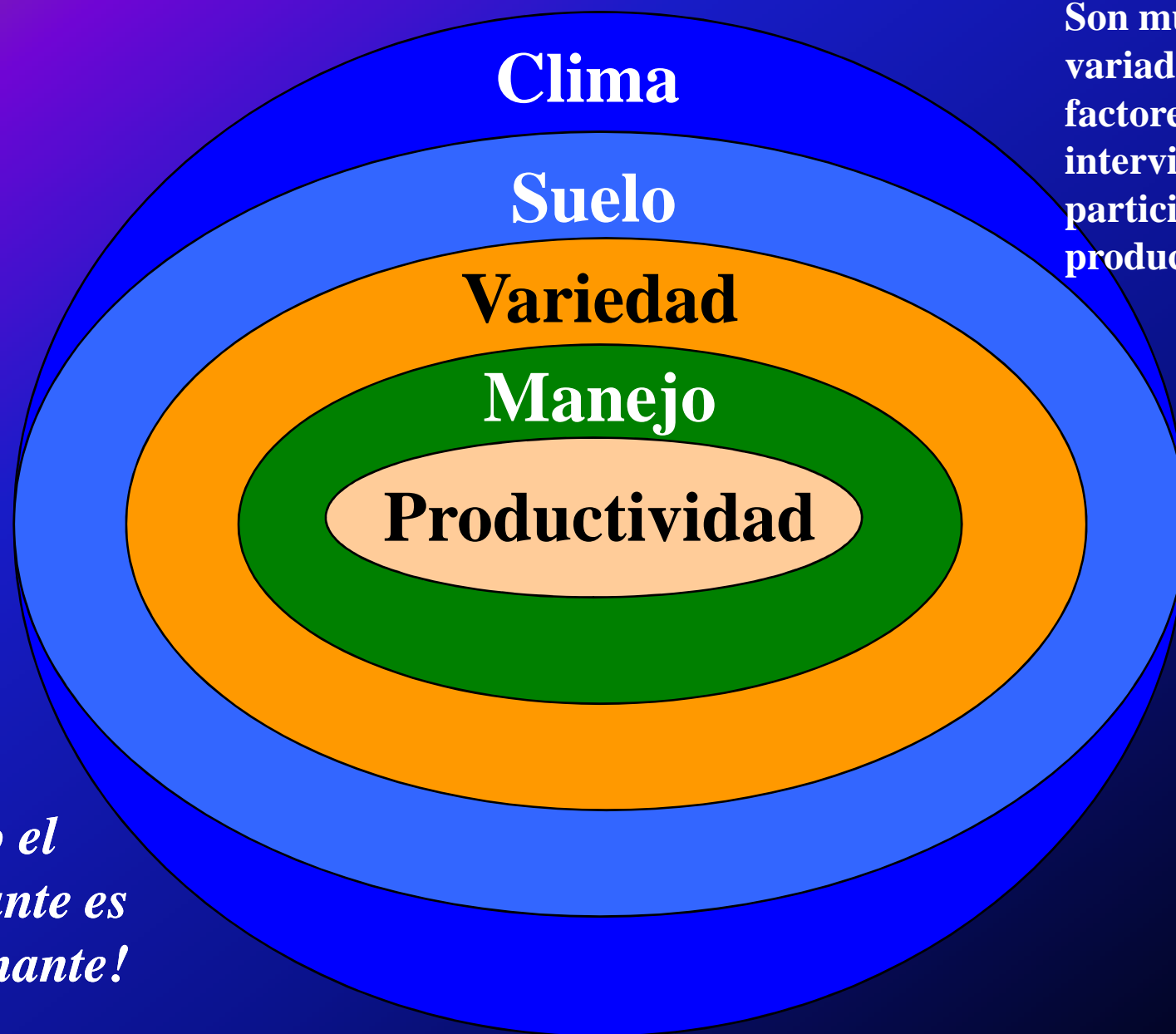
La variabilidad genética es amplia y potencialmente muy favorable

Rendimiento Industrial Guanacaste + Puntarenas



Debe trabajarse más en procurar alcanzar crecimiento con estabilidad en el Rendimiento Industrial

Son muchos y variados los factores que intervienen y participan en la productividad



¡No sólo el Fertilizante es determinante!

AGROSISTEMA PRODUCTIVO (UNIDADES)

NUTRIMENTOS ESENCIALES

C
H
O

6 MACRO

8 MICRO

3 PRIMARIOS

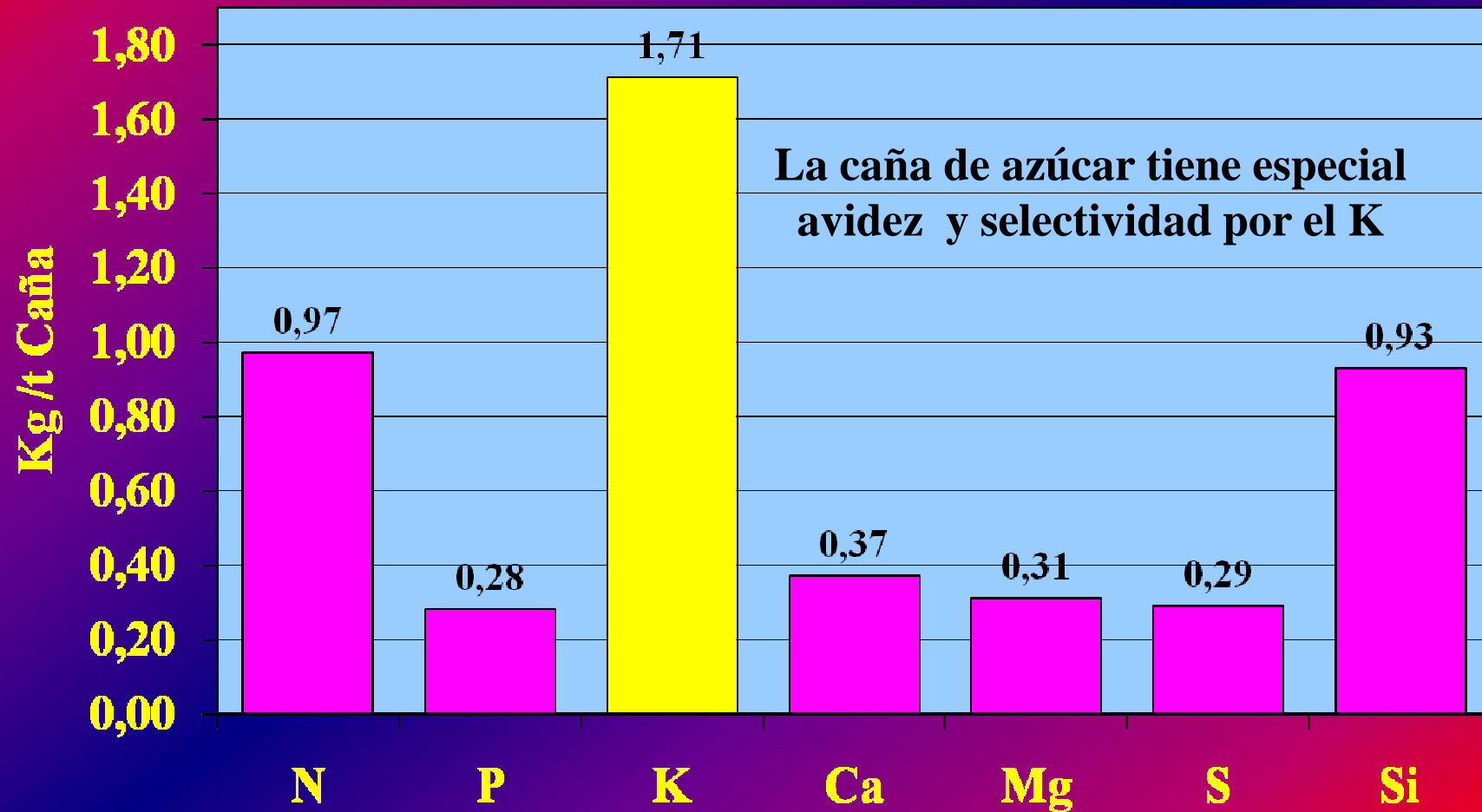
3 SECUNDARIOS

N
P
K

Ca
Mg
S

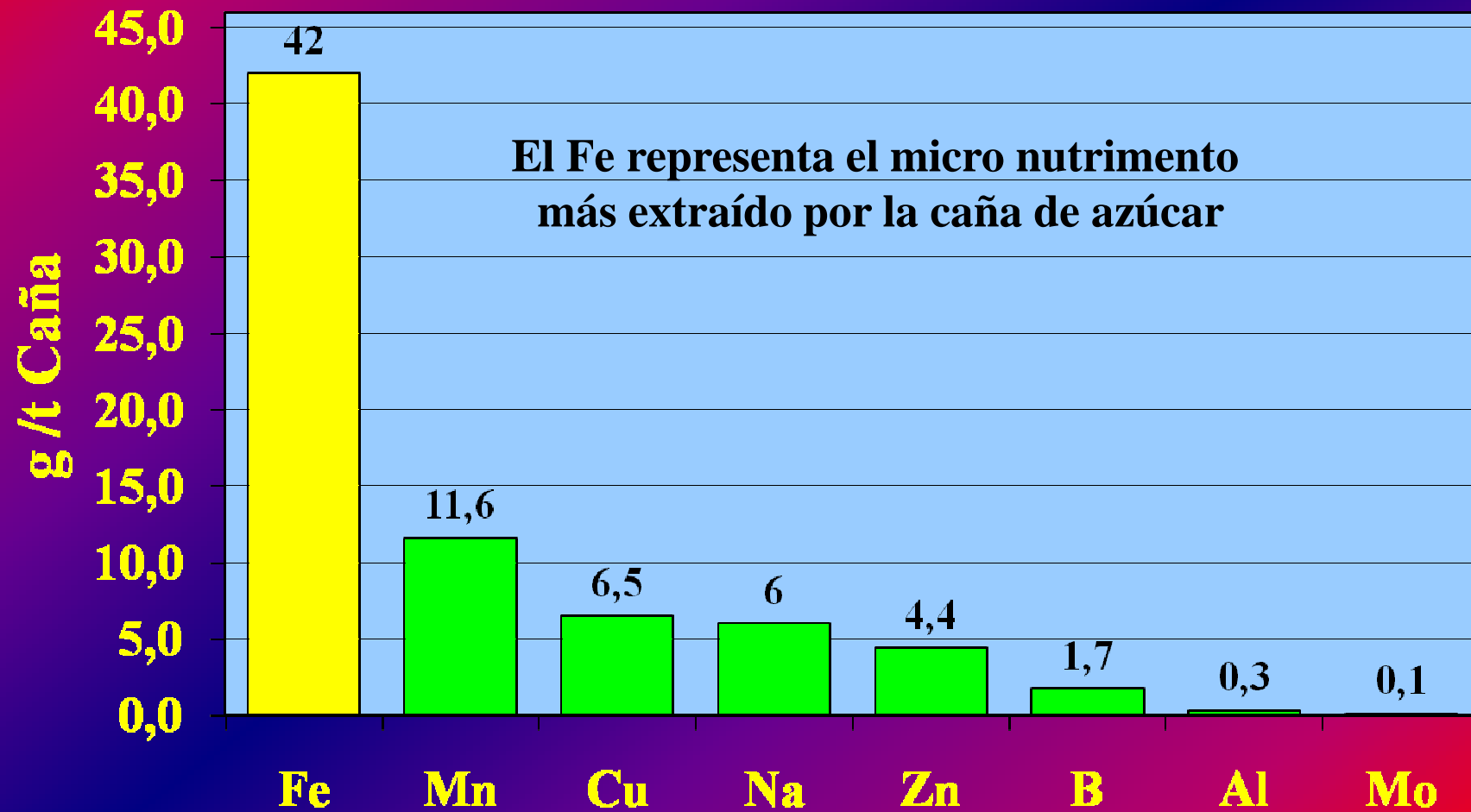
Fe
Zn
B
Cu
Mn
Mo
Si
Cl

Extracción Macronutrientes



La capacidad exploratoria y extractiva del cultivo es muy alta

Extracción Micronutrientes



Modelo Extracción Nutricional Dominante

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

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

Todos los Nutrimientos son Esenciales y determinan la capacidad productiva de la planta de caña de azúcar

Modelo Extracción Nutricional

Alternativos

K > **N** > **Ca** > **P** > **Mg** > **S**

K > **N** > **Ca** > **Mg** ≥ **P**

K > **N** > **Mg** > **Ca** > **P**

K > **N** > **S** > **Ca** > **Mg** > **p**

K > **N** > **S** > **Mg** > **P** > **Ca**

Fe > **Mn** > **Zn** > **B** > **Cu**

Fe > **Mn** > **Zn** > **Cu** > **B**

EXTRACCIÓN ESTIMADA (TEÓRICA)

NUTRIMENTO *	PROMEDIO kg / t	kg / ha **	
		1 Cosecha	5 Cosechas
N	0,97	77,6	388
P ₂ O ₅	0,64	51,2	256
K ₂ O	2,05	164,0	820
Ca O	0,52	41,6	208
Mg O	0,51	40,8	204
SO ₄	0,87	69,6	348
Si O ₄	1,99	159,2	796

* Transformado de forma elemental a absorbible.

** Se estima una productividad promedio de 80 toneladas de caña/ha.

Factores Fundamentales de la Productividad

- Variedad
- Semilla
- Preparación del Suelo
- Riego



Órdenes de Suelo Presentes en el Pacífico Seco

- Inceptisol
- Vertisol
- Molisol
- Entisol
- Alfisol



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.

La condición de Acidez de la región es baja, no hay problemas con Al Intercambiable pese a que algunos valores de pH son bajos y potencialmente limitantes.

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).

Los contenidos de Bases en el suelo son individualmente altas.

El P es limitante aunque presenta concentraciones superior a otras zonas cañeras del país.

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).

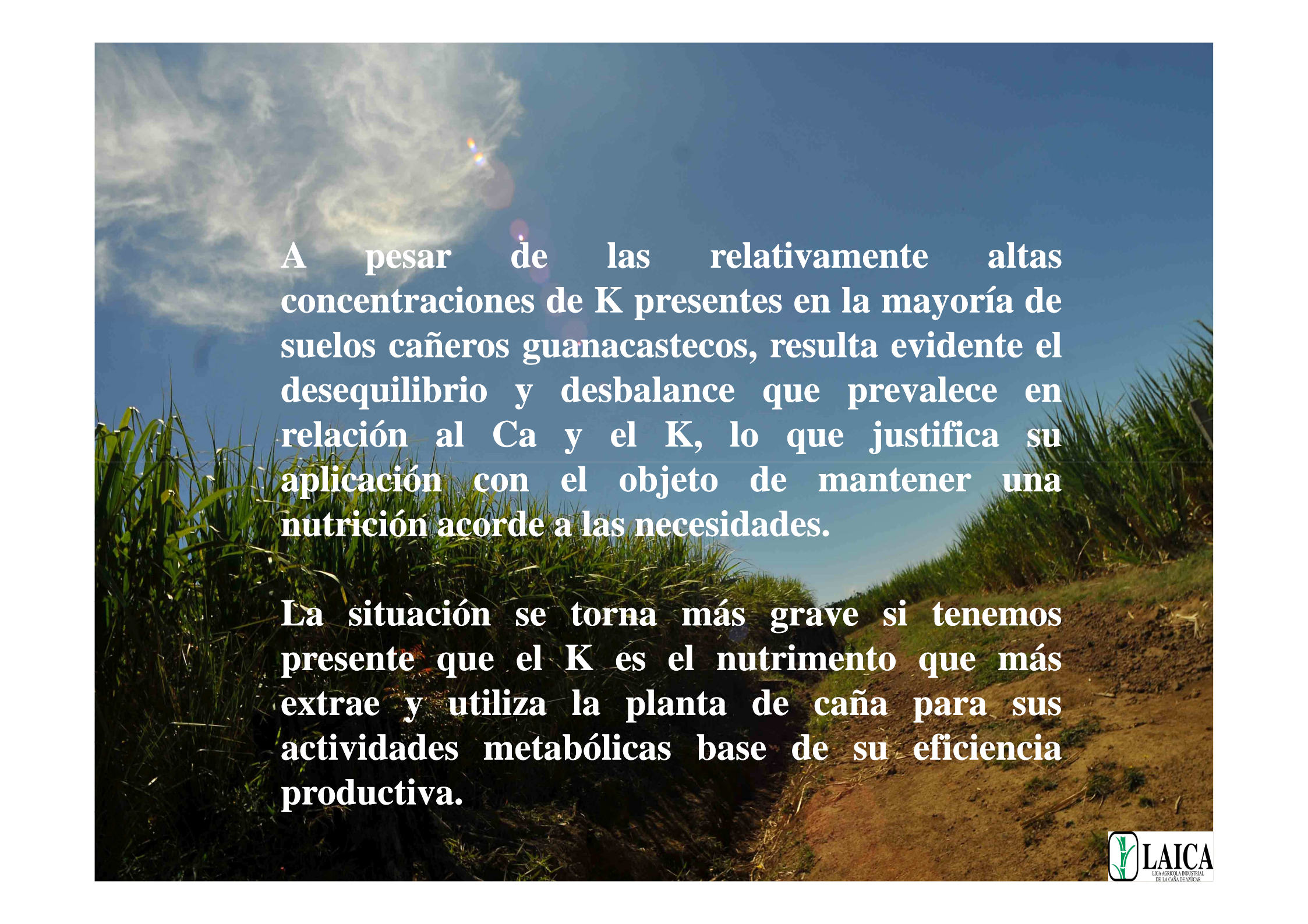
No hay limitantes con el Fe y el Mn excepto cuando se generan condiciones anaeróbicas principalmente en Vertisoles.

RELACIONES CATIONICAS

CANTÓN	Nº	CICE			Ca/Mg			Ca/K			Mg/K			Ca+Mg/K		
		≤ 5	5,1 - 25	> 25	≤ 2	2,1 - 5	> 5	≤ 5	5,1 - 25	> 25	≤ 2,5	2,6 - 15	> 15	≤ 10	10,1 - 40	> 40
ABANGARES	86	-	60	40	-	78	22	-	45	55	15	57	28	6	46	48
BAGACES	339	1	92	7	6	77	17	6	73	21	32	57	11	17	65	18
CAÑAS	201	11	81	8	4	80	16	3	63	34	15	70	15	9	68	23
CARRILLO	167	1	68	31	2	76	22	1	51	48	24	44	32	7	50	43
LIBERIA	490	4	91	5	1	74	25	2	61	37	23	67	10	8	70	22
NICOYA	132	-	8	92	3	53	44	1	4	95	2	36	62	-	8	92
SANTA CRUZ	131	-	22	78	1	95	4	-	8	92	-	31	69	-	13	87
MONTES DE ORO	103	17	63	20	-	77	23	3	62	35	31	59	10	12	63	25
PUNTARENAS	461	-	31	69	4	78	18	1	1	98	2	53	45	1	31	68

Fuente: Bertsch (1987).

La CICE es alta. Hay un notorio desequilibrio del K respecto al Ca y Mg.



A pesar de las relativamente altas concentraciones de K presentes en la mayoría de suelos cañeros guanacastecos, resulta evidente el desequilibrio y desbalance que prevalece en relación al Ca y el K, lo que justifica su aplicación con el objeto de mantener una nutrición acorde a las necesidades.

La situación se torna más grave si tenemos presente que el K es el nutrimento que más extrae y utiliza la planta de caña para sus actividades metabólicas base de su eficiencia productiva.

Disponibilidad



Extracción



Restitución

Relaciones
a tener
presente y
tomar en
cuenta

Devuelve al suelo parte
de lo extraído por la
planta. La Fertilización
es una vía accesible.

¿Qué hay en el suelo?

¿Qué necesita la planta?

¿
Cuánto
Qué
Cómo
Cuándo
?
Aplicar

Determinantes de la Fertilización

El Clima

La Planta

El Suelo

El Nutrimiento

Los Recursos Disponibles

FUNCIONES K

- ❖ **Activador enzimático (+ 40)**
- ❖ **Ion principal citoplasma celular (balance cargas)**
- ❖ **Regulación de relaciones osmóticas**
- ❖ **Control turgencia células especializadas**
- ❖ **Interviene metabolismo de carbohidratos y formación de almidón**
- ❖ **Insuficiencia reduce fotosíntesis, respiración y formación de clorofila**
- ❖ **Favorece tolerancia heladas, sequía y salinidad de suelos.**

FUNCIONES K

- ❖ **Participa en permeabilidad de membrana celular**
- ❖ **Promueve resistencia a enfermedades**
- ❖ **Reduce volcamiento y defoliación**
- ❖ **Interviene transporte azúcares a nivel de floema**
- ❖ **Opera sobre transporte carbohidratos**
- ❖ **Mejora calidad de productos (industrial, nutritiva)**
- ❖ **Deficiencia favorece actividad hidrolítica invertasa generando + azúcares reductores**

K se Pierde

Lixiviación

- Régimen Alto de Precipitación
- Aplicar Dosis Altas
- Suelos de Texturas Arenosas
- Suelos con Buen Drenaje
- Suelos Ácidos y Baja CICE
- Aplicación de Fertilizantes N-NH_4^+

K se Pierde

Fijación

- **Suelos con Arcillas 2:1**
- **Ciclos Alternos Humedecimiento-Secado (*Régimen Ústico*)**

Eficiencia Teórica de la Aplicación

N 50 - 70 %

P 30 - 50 %

K 60 - 80 %

El grado de eficiencia varía según la
naturaleza físico-química del nutrimento

ANTECEDENTES

Es Fundamental en materia de la correcta y acertada interpretación de la Respuesta esperada a la adición de un Nutrimento conocer lo relativo a la:

- **FUNCIÓN**
- **FUNCIONABILIDAD**

Del nutrimento en el suelo y la planta

VELOCIDAD DE ABSORCIÓN

- Aniones: $\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{H}_2\text{PO}_4^-$
- Cationes: $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$

EFFECTOS INTERIÓNICOS

Mg^{2+} , Ca^{2+} \longrightarrow K^+ Inhibición Competitiva

K^+ \longrightarrow Ca^{2+} [\uparrow] “ “

K^+ \longrightarrow Ca^{2+} [\downarrow] Sinergismo

Mg^{2+} , Ca^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} Inhibición Competitiva

Las funciones básicas del K son activadoras y regulatorias no formando parte de estructuras específicas.

Tratamientos Evaluados

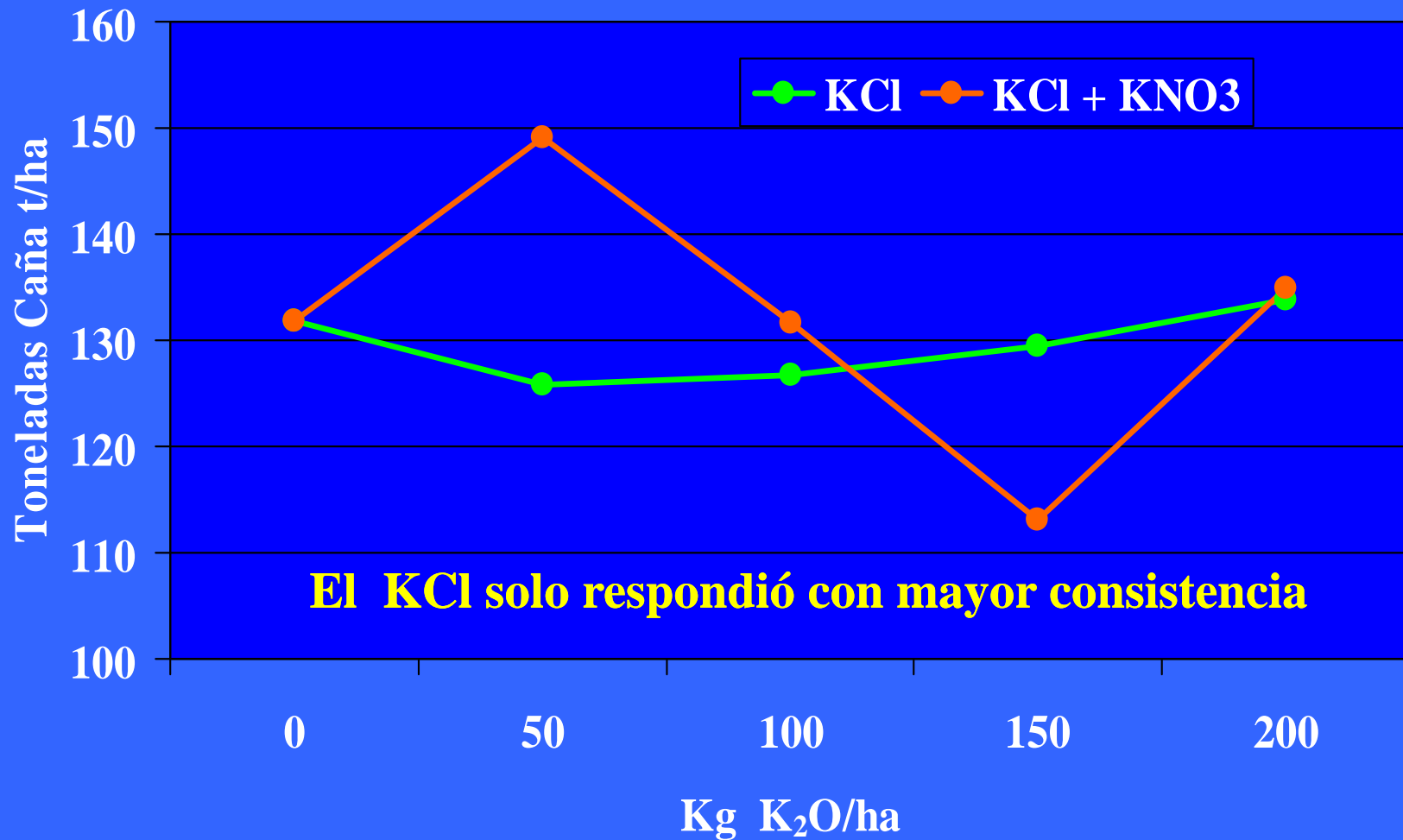
Estudio de Fuentes (2) y Dosis (5) de K

Cañas - Guanacaste

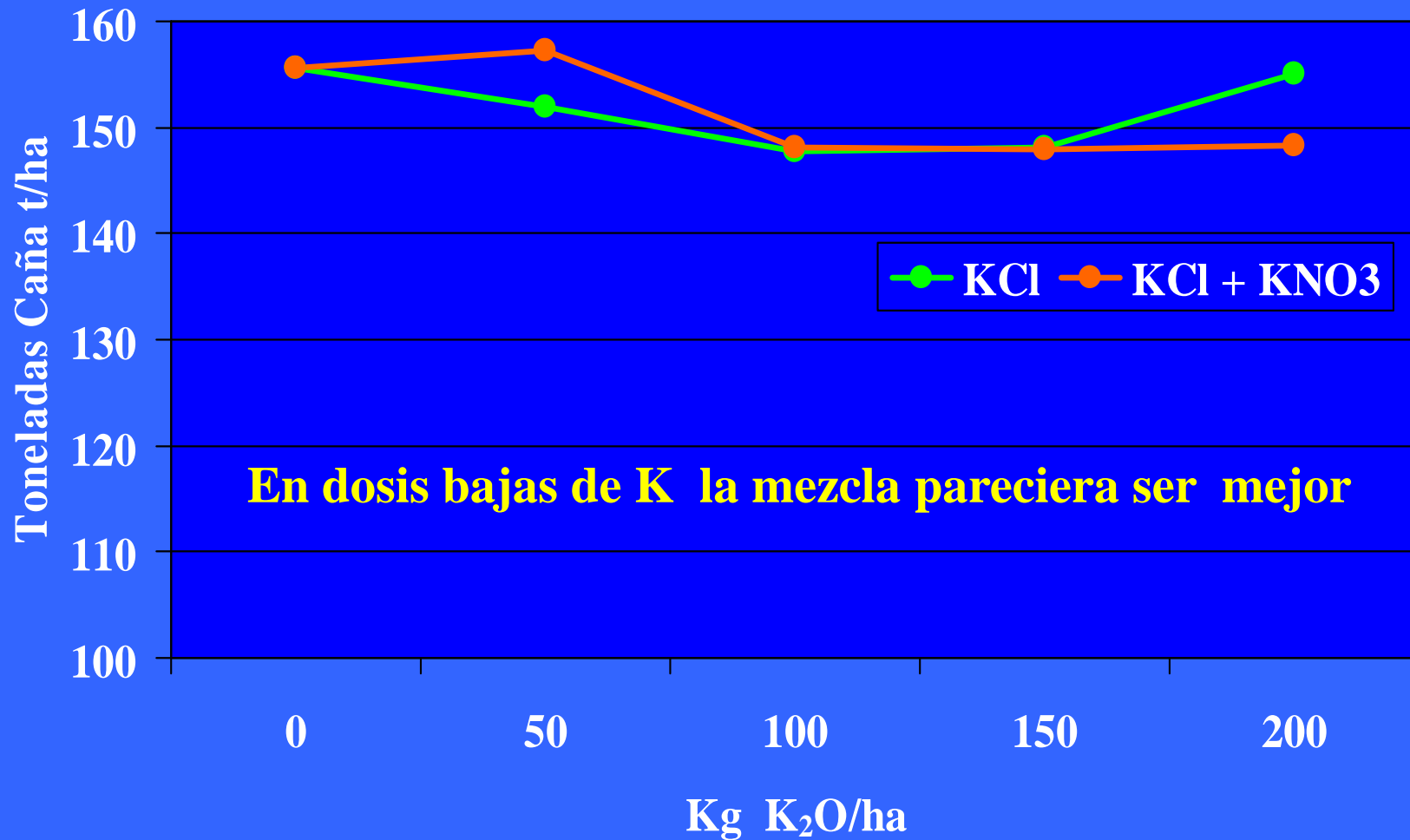
Dosis K ₂ O/ha	Fuentes	
	KCl (100%)	KCl (70%) + KNO ₃ (30%)
0		
50		
100		
150		
200		

Los Fertilizantes se aplicaron fraccionados 5 (40%) y 10 semanas (60%)

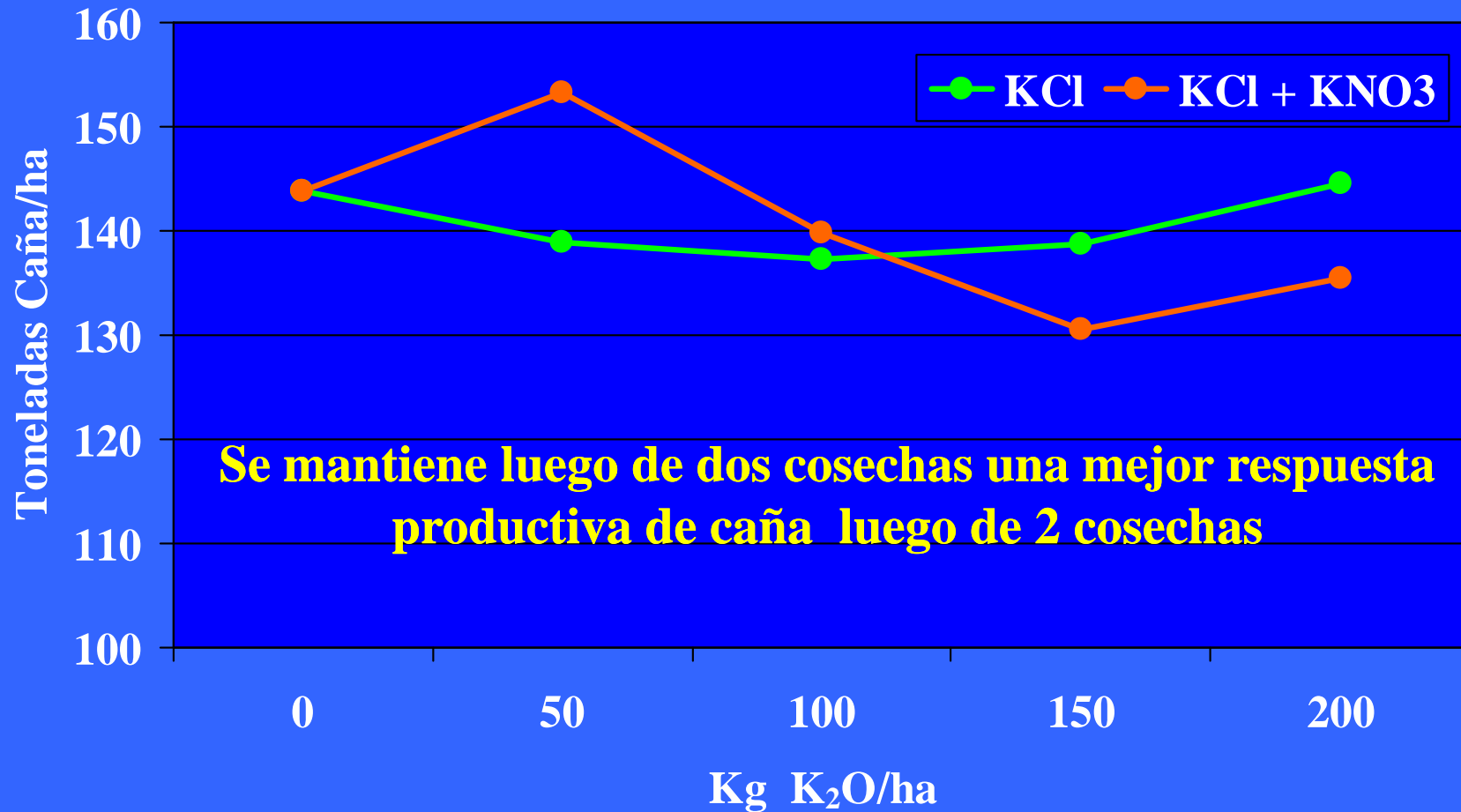
Producción Caña (t/ha) - Ciclo Planta



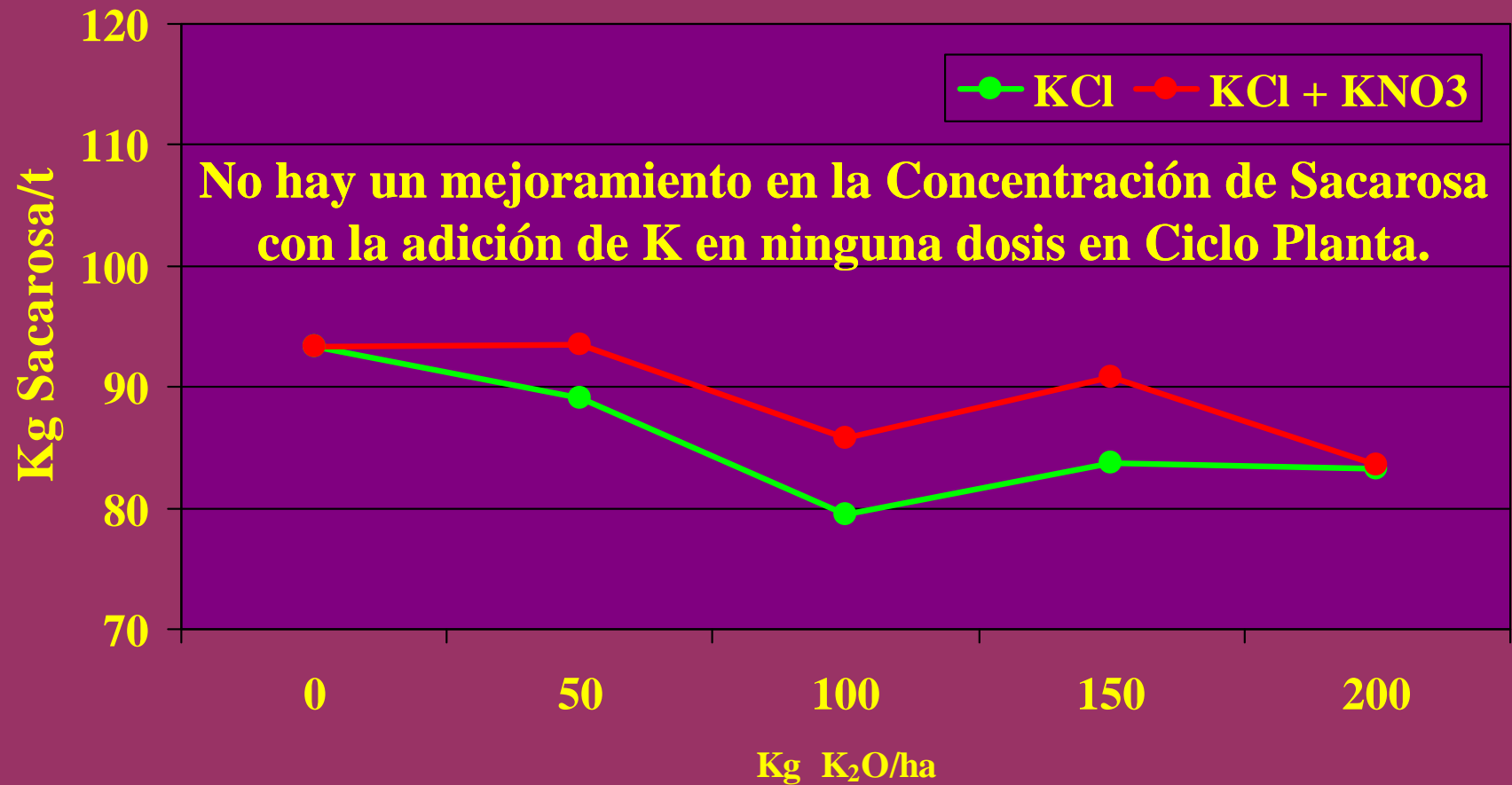
Producción Caña (t/ha) - Primer Retoño



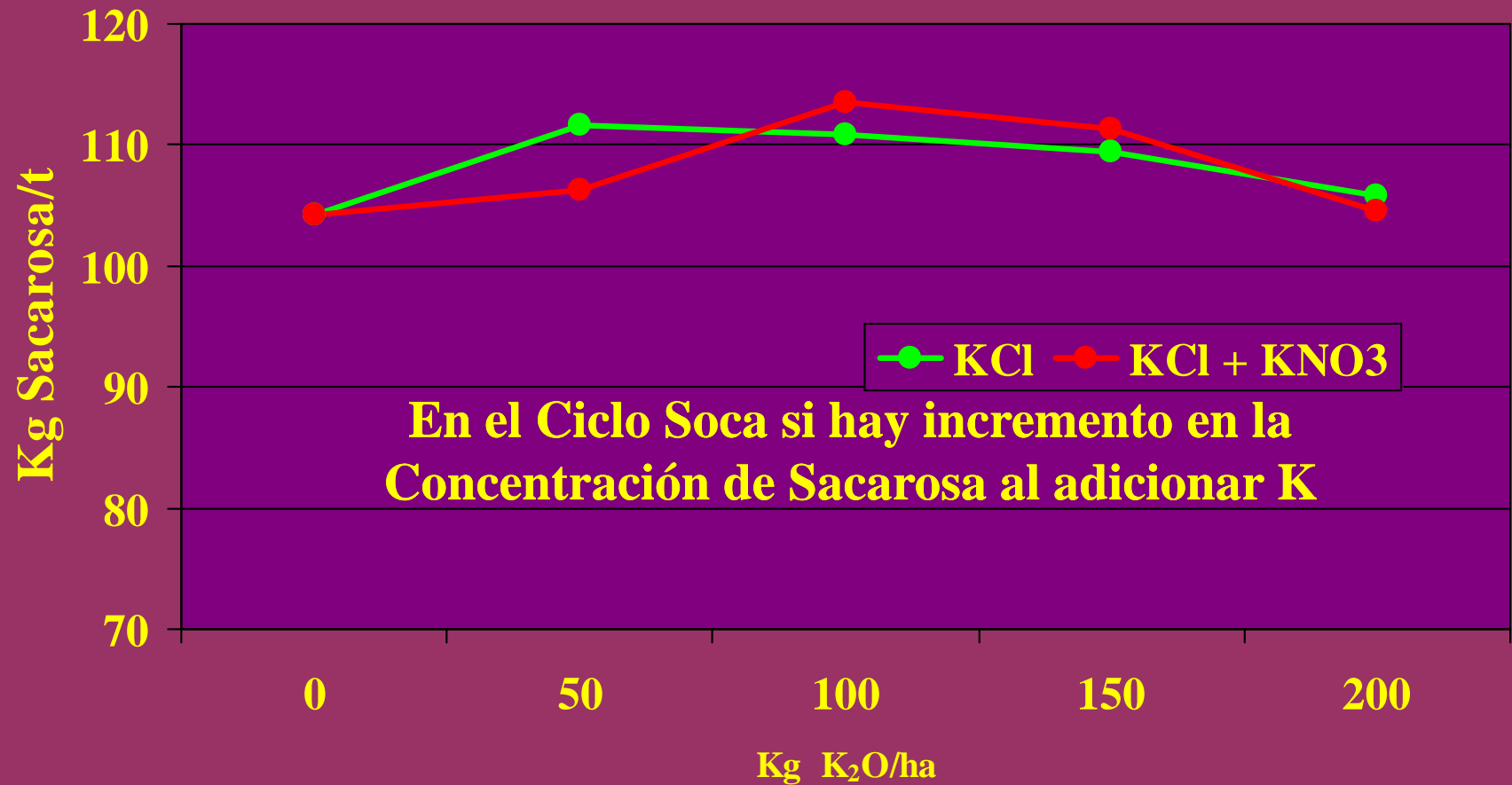
Producción Caña (t/ha) - Promedio 2 Cosechas



Rendimiento Industrial (Kg/t) - Ciclo Planta

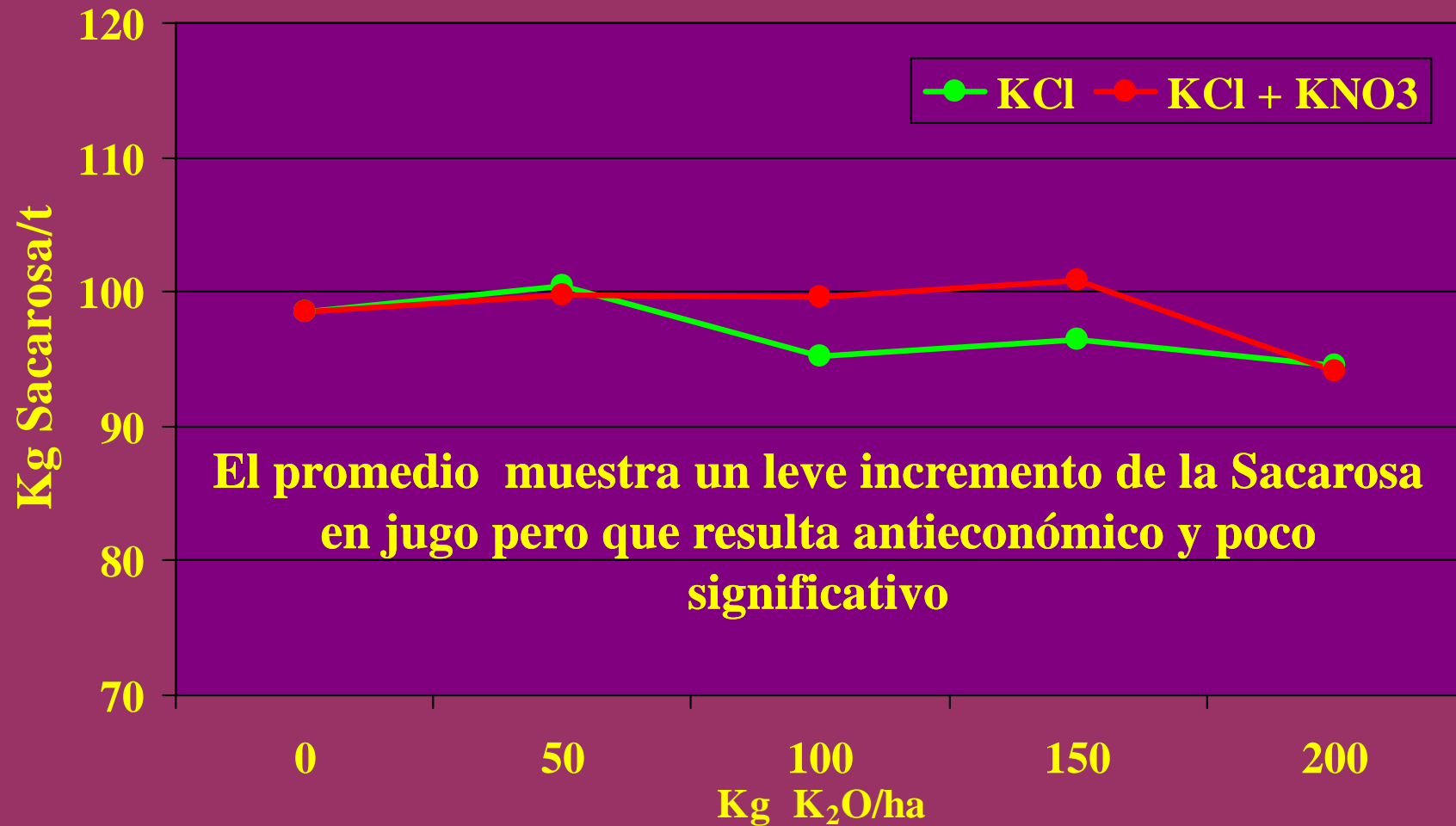


Rendimiento Industrial (Kg/t) - Primer Retoño

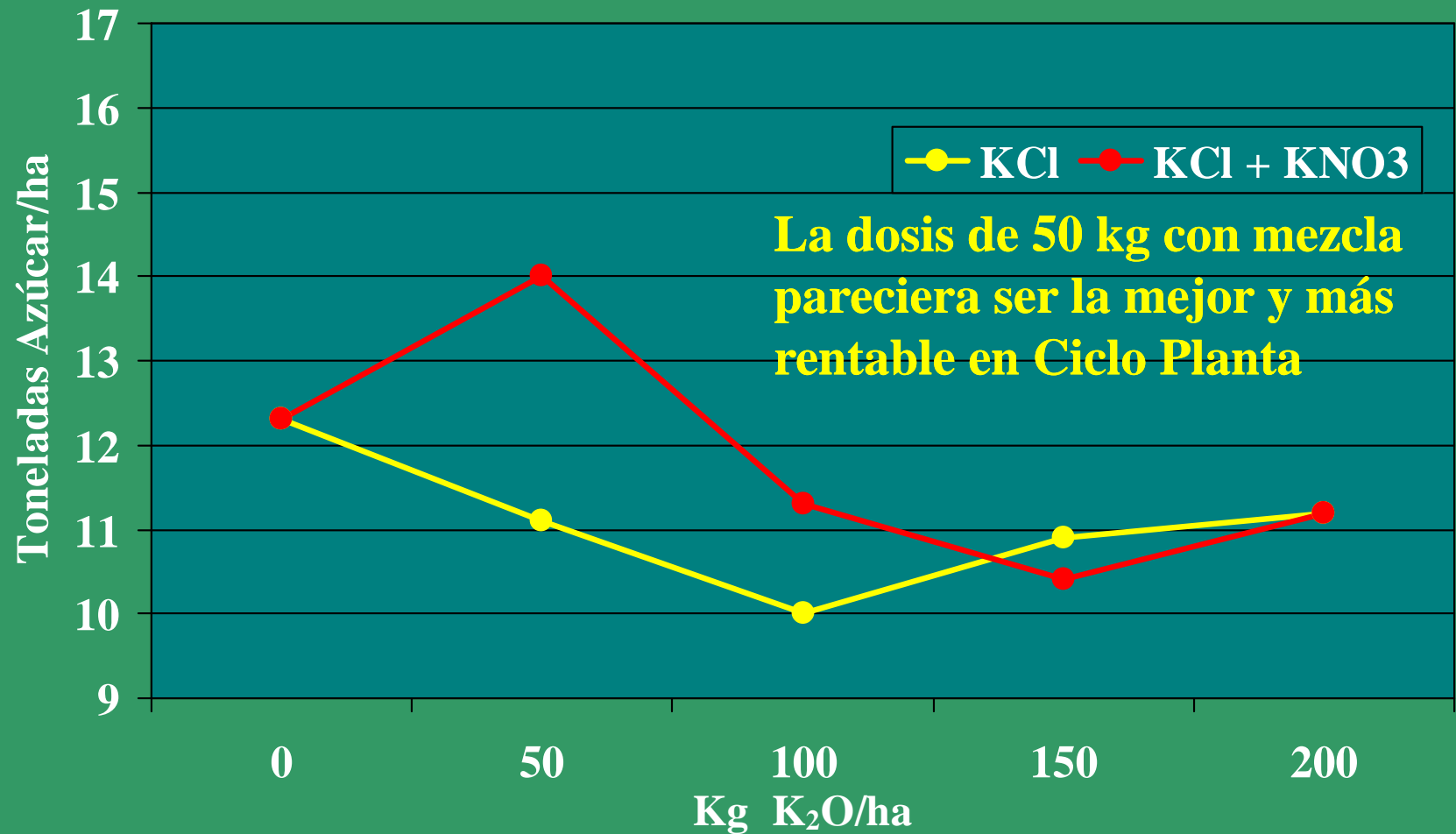


**En el Ciclo Soca si hay incremento en la
Concentración de Sacarosa al adicionar K**

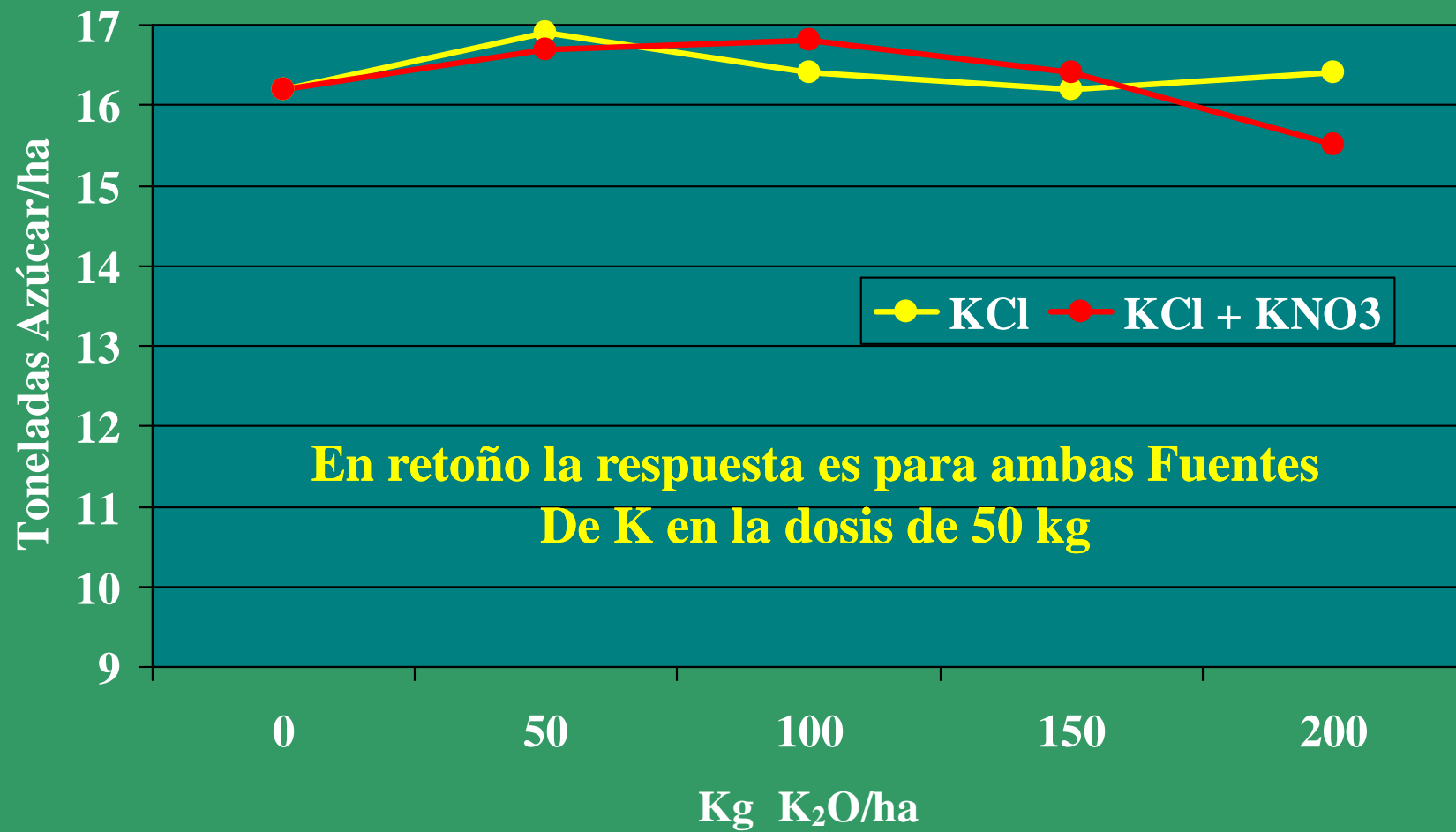
Rendimiento Industrial (Kg/t) Promedio 2 Cosechas



Producción Azúcar (t/ha) - Ciclo Planta

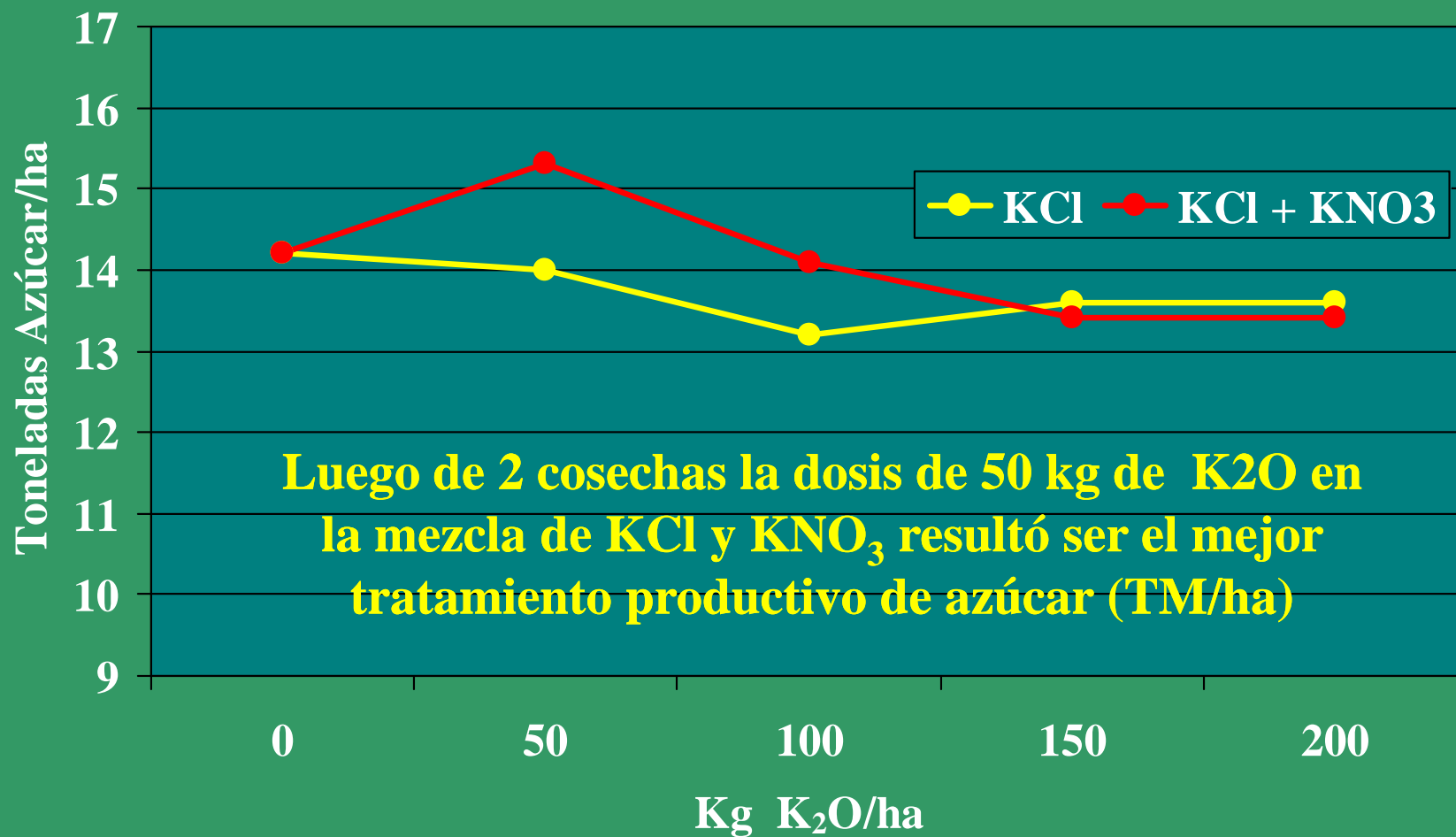


Producción Azúcar (t/ha) - Primer Retoño

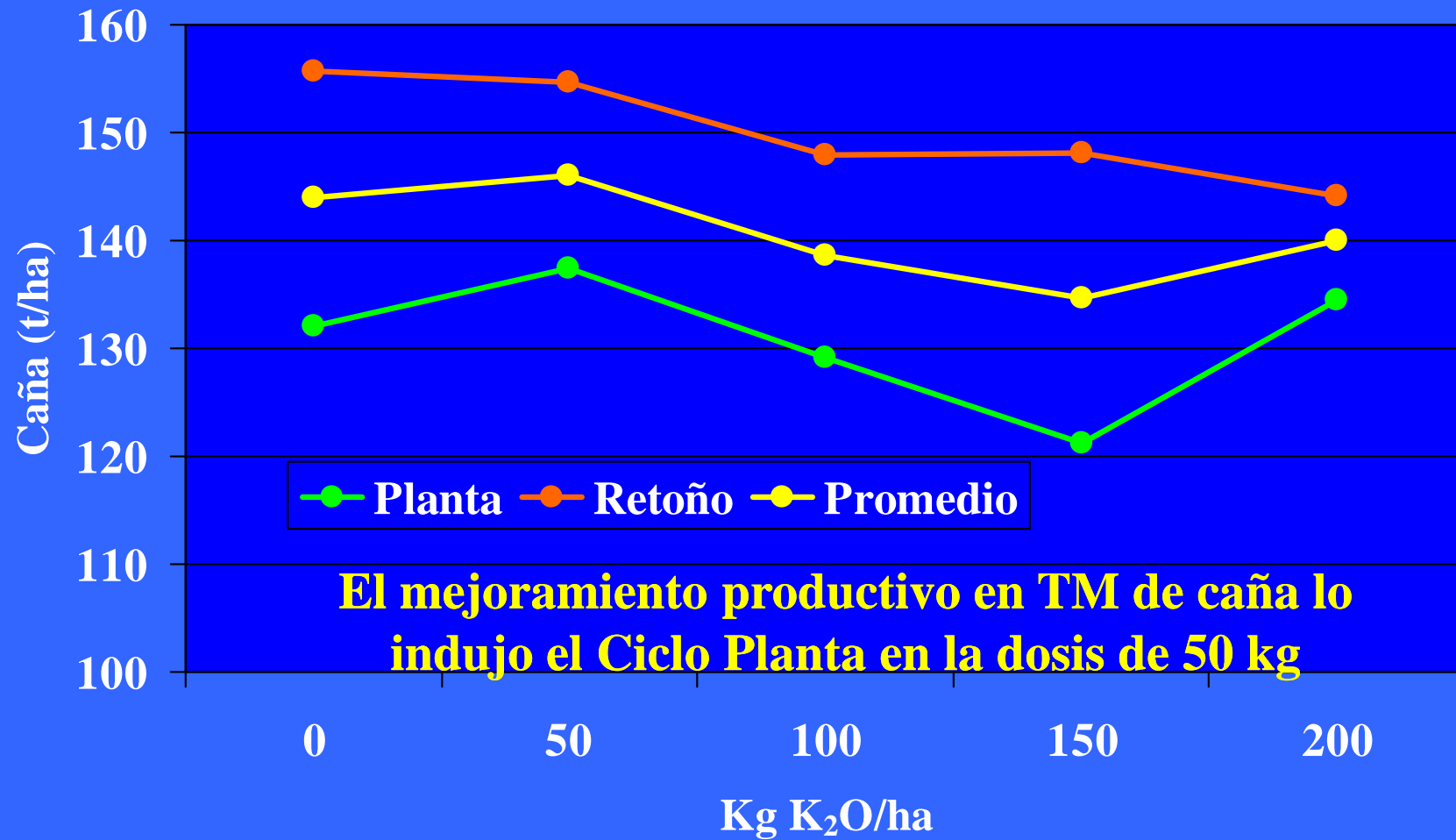


**En retoño la respuesta es para ambas Fuentes
De K en la dosis de 50 kg**

Producción Azúcar (t/ha) Promedio 2 Cosechas

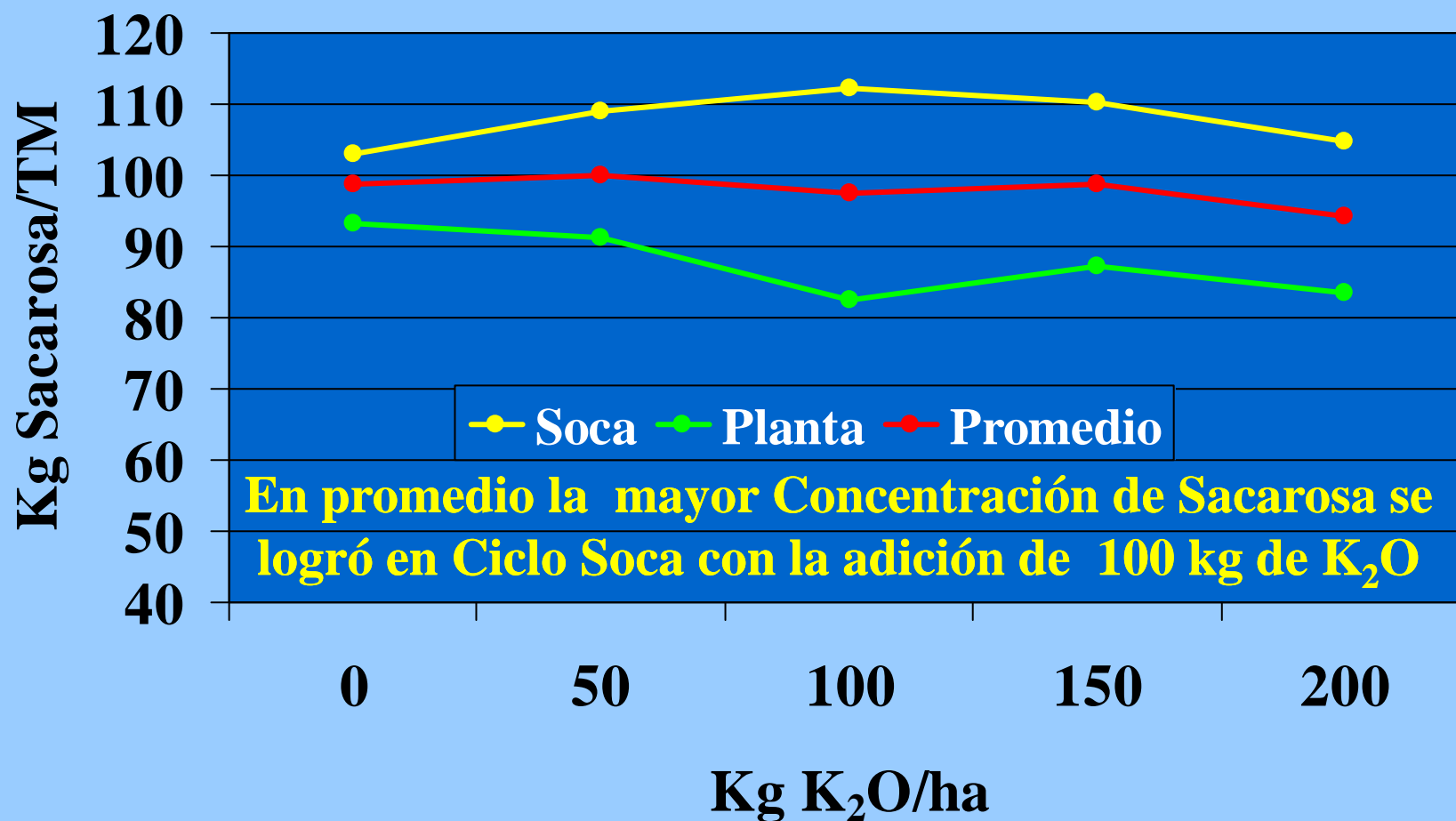


Productividad de Caña Según Dosis y Cosecha

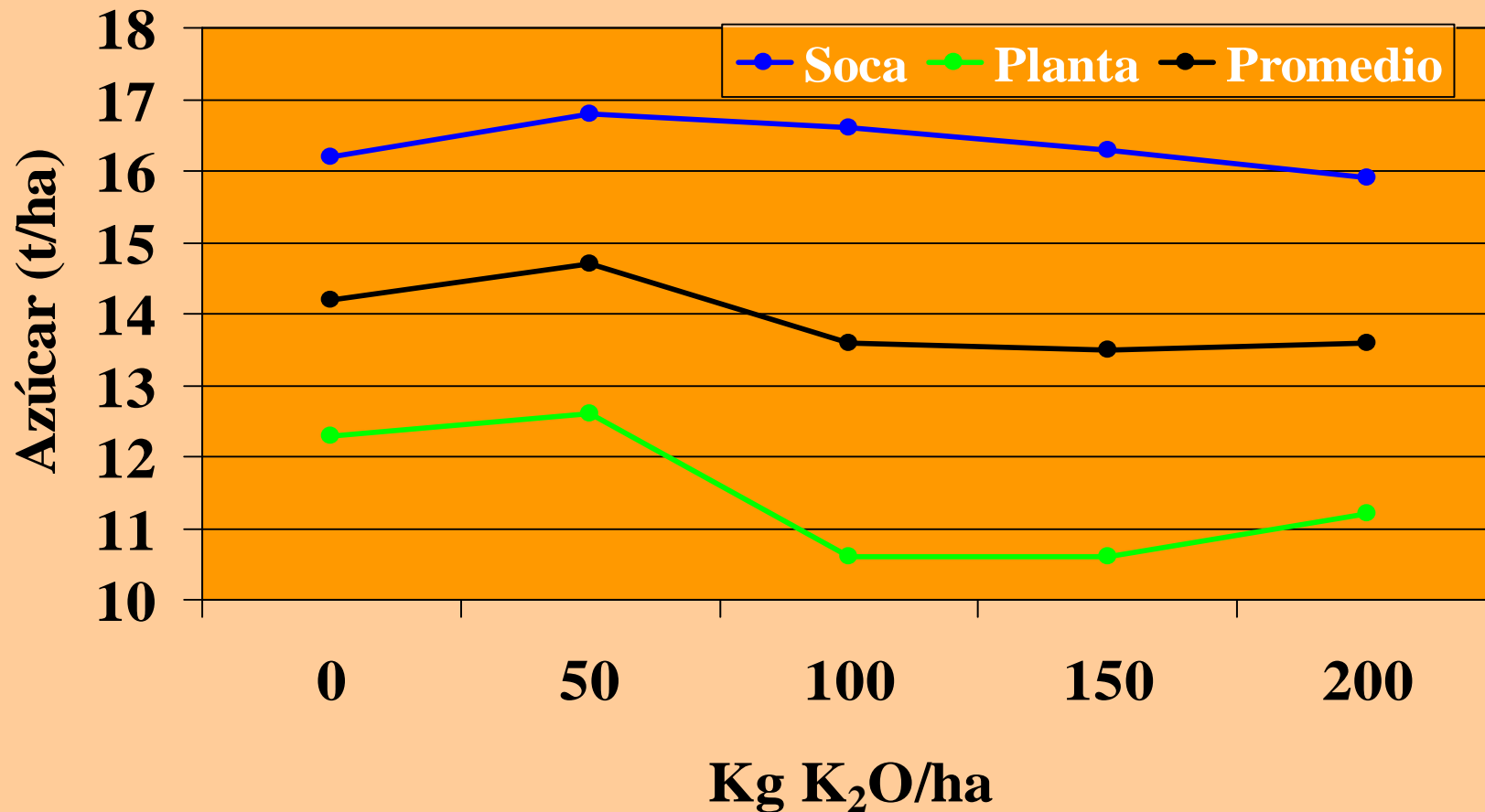


El mejoramiento productivo en TM de caña lo indujo el Ciclo Planta en la dosis de 50 kg

Concentración de Sacarosa Según Dosis y Cosecha

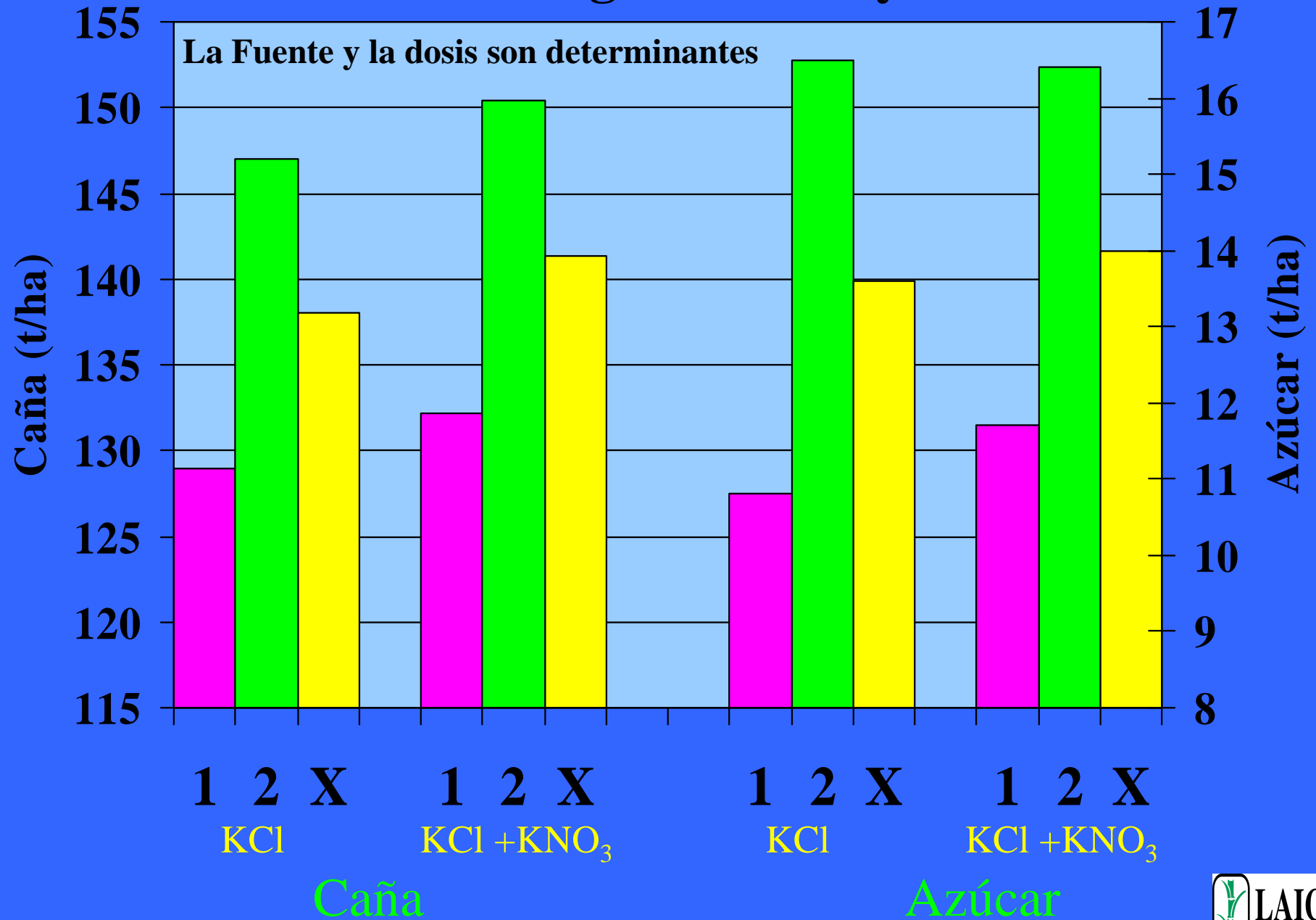


Productividad Azúcar Según Dosis y Cosecha



El Ciclo Soca fue el que mayor producción de azúcar en la dosis de 50 kg.

Productividad Según Fuente y Cosecha





Su sintomatología es muy especial y particular.

El K no genera de manera directa grandes incrementos productivos, aunque su deficiencia su genera pérdidas importantes

FERTILIZACIÓN COMERCIAL / INGENIO CAÑA PLANTA 2002.

NUTRIMENTO	PALMAR	TABOGA	CATSA	VIEJO	VARIABILIDAD	
					AMPLITUD	PROMEDIO
N	130	120	157 - 147 152	80	80 - 157	120,5
P ₂ O ₅	90	100 - 90 95	120 - 90 105	100	90 - 120	97,5
K ₂ O		30	40 - 30 35		30 - 40	32,5
S		14 (42)	18,8 - 4,1 16,5 (49,5)		14 - 18,8	15,2 (45,7)
Zn						

FERTILIZACIÓN COMERCIAL / INGENIO

- RETOÑOS - 2002

NUTRIMENTO	PALMAR	TABOGA		CATSA	VIEJO		VARIABILIDAD	
		A)	B)		A)	B)	AMPLITUD	PROMEDIO
N	130	160 140	120	146,2 - 78 112,1	130 130	130	78 - 160	128
P ₂ O ₅								
K ₂ O	60	54 75	96		- 92	92	54 - 96	75,7
S (SO ₄)		24 22,7 (68,1)	21,5	25,1 - 13,4 19,3 (57,9)	27,8 25,5 (76,5)	23,1	13,4 - 27,8	22,5 (67,5)
Zn		5,5 5,3	5,1		7,2 8,0	8,8	5,1 - 8,8	6,7

A) Suelos Francos

B) Suelos Arcillosos

**FORMULACIONES COMERCIALES / FERTILIZAR CAÑA
EMPLEADAS EN GUANACASTE 2002**

N	P2O5	K2O	S (SO4)	Zn	
10	50	-	-	-	MAP
18	46	-	-	-	DAP
8	40	12	-	-	
10	30	10	4,7 (14,1)	-	
5	25	30	-	-	
46	-	-	-	-	UREA
40	-	-	5,6 (16,8)	-	
39	-	-	6,7 (20,1)	-	
36	-	-	7,5 (22,5)	2	
35	-	-	-	-	LIQUIDA
33,5	-	-	-	-	NUTRÁN
31,8	-	10,8	4,8 (14,4)	1,1	
27	-	-	8,3 (24,9)	-	NUTRASUL
28	-	19,9	5 (15)	1,9	
26	-	13	-	-	
25,7	-	19,3	4,8 (14,4)	1,1	
24	-	12	-	-	

Los valores están dados en porcentaje

RESPUESTA POTENCIAL DE NUTRIENTES SEGÚN REGIÓN PRODUCTORA

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

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

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.

CONCLUSIONES

- 1) **La fertilización constituye un factor de la producción importante y necesario de optimizar técnica, productiva y económicamente.**
- 2) **Los suelos del Pacífico Seco manifiestan una necesidad nutricional diferencial según localidad, que debe ser atendida.**
- 3) **El K es esencial para la integralidad nutricional del cultivo.**
- 4) **La función y funcionabilidad del K es muy especial y particular.**
- 5) **La planta de caña muestra gran avidez por el K.**
- 6) **La no aplicación induce reducción del K disponible, insuficiencia en el suelo y desequilibrios nutricionales en la planta.**

CONCLUSIONES

- 7) El mecanismo de restitución del K en el suelo es lento y complejo.
- 8) El efecto inducido por la variedad cultivada y el orden de suelo es determinante en la respuesta potencial al nutriente.
- 9) Deben resolverse primero los problemas de los macronutrientes para luego atender los micro. Deben cuidarse los balances del K.
- 10) Resulta necesario revisar y adecuar los Programas de Fertilización, procurando su incorporación cuando sea necesario.
- 11) Pareciera con base en la investigación realizada y las experiencias comerciales que la respuesta se ubica entre 50 y 100 kg de K_2O /ha.
- 12) Es recomendable proseguir investigación sobre el nutriente.

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

