

## EFFECTO DE CINCO DOSIS CRECIENTES DE FÓSFORO (P) EN DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR DE LA REGIÓN SUR DE COSTA RICA. PROMEDIO DE CINCO COSECHAS.

Randall Ocampo Chinchilla<sup>1</sup>  
Julio César Barrantes Mora<sup>2</sup>  
Roberto Alfaro Portugal<sup>3</sup>  
Willy Valverde Araya<sup>4</sup>

### RESUMEN.

En general las aplicaciones de fósforo (P) en caña de azúcar son necesarias y deben ser parte de cualquier programa de fertilización y nutrición del cultivo por ser un elemento con funciones sumamente importantes en la fisiología de la planta; interviniendo en el adecuado desarrollo del sistema radicular y macollamiento; y ayudando además a acelerar el proceso de maduración. La adición de P, al momento de la siembra, se vuelve más importante en suelos ácidos con altos potenciales de fijación, principalmente por óxidos de hierro y aluminio, como ocurre en los suelos del orden Ultisol, predominantes en la región sur de Costa Rica. De igual forma es sabido que la respuesta a la fertilización en caña de azúcar también está influenciada por la variedad cultivada. Por estas razones, con el objetivo de determinar el nivel de respuesta de dos variedades cultivadas en la región sur, a las aplicaciones de P dirigidas al fondo del surco al momento de la siembra, se estableció el presente ensayo, en un suelo del orden Ultisol de Finca El Porvenir, perteneciente a CoopeAgri R.L, situada en el Distrito de San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón; ubicada a 560 msnm, con una temperatura media de 23,2 °C y precipitación promedio de 2581 mm anuales. Se evaluaron cinco dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0-50-100-150 y 200 kg/ha en las variedades LAICA 04-825 y LAICA 05-802; se utilizó como fuente el 11-52-0. Luego de cinco cosechas se determinó que la dosis técnica y económicamente más adecuada para la variedad LAICA 04-825 fue de 200 kg/ha, obteniéndose con esta, incrementos respecto al testigo, de hasta un 15 % y promedio de 11 % en el rendimiento agrícola (t caña/ha); un 16 % en el rendimiento agroindustrial (t az/ha); y un 31 % en la utilidad neta, generando además, la mejor relación beneficio/costo (1,70); además, no se encontró ninguna respuesta a dosis menores de 150 kg/ha. Mientras que en el caso de la variedad LAICA 05-802 el mayor incremento en el rendimiento agrícola (t caña/ha) se obtuvo con las dosis de 150 y 200 kg/ha, ambas para un 12,6 %, seguido por la dosis de 100 kg/ha con un 8,9 %; en el rendimiento agroindustrial (t az/ha), el incremento fue de 16,6 % y 14 % respectivamente para las primeras y de un 12,9 % para 100 kg/ha. Sin embargo, la mayor utilidad respecto al testigo y la mejor relación beneficio/costo se obtuvo con las dosis de 100 y 150 kg/ha, para un incremento del 26 % y 32 % y una relación beneficio/costo de 1,63 y 1,64 respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** Caña de azúcar, variedades, Región Sur, dosis de fósforo.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA-LAICA. Asistente de Programa Agronomía. Tel. (506) 24-94-11-29/24-94-75-55. E-mail: rocampo@laica.co.cr.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA-LAICA. Coordinador Región Pérez Zeledón. Tel. (506) 24-94-11-29/24-94-75-55. E-mail: jbarrantes@laica.co.cr.

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA-LAICA. Jefe Programa de Agronomía. Tel. (506) 24-94-11-29/24-94-75-55. E-mail: ralfaro@laica.co.cr.

<sup>4</sup> Ingeniero Agrónomo, funcionario de *CoopeAgri El General R.L.* Jefe Departamento Agrícola. Pérez Zeledón, Costa Rica. E-mail: wivalverde@coopeagri.co.cr. Teléfono (506) 27-38-2284.



## INTRODUCCIÓN.

La caña de azúcar, al igual que el resto de las plantas, requiere de 16 elementos esenciales para su adecuada nutrición. Un elemento esencial es aquel cuya ausencia causa una alteración en el desarrollo normal de la planta, según el papel que cumpla a nivel fisiológico, y altera en mayor o menor grado el rendimiento industrial o agrícola (Subiros, F. 1995).

En este sentido y como mencionara Chávez, M. (1999) El fósforo desempeña un papel determinante en razón de la importante e insustituible función que mantiene en la fisiología de la planta haciendo por ello cuestionable cualquier plan serio de fertilización y producción de caña en el cuál el mismo no esté incluido.

Esto toma mayor relevancia en suelos donde las cantidades de P disponible para la planta son limitadas, como acontece en los suelos del orden Ultisol predominantes en la Región Sur; según Chávez, M. (1999) esta región exhibe la condición de fertilidad más deficiente de todos los suelos cañeros de Costa Rica, pues los contenidos de Al y Fe son elevados, en tanto que las concentraciones bajas de P, Ca, Mg, Zn y S son manifiestas; pocas son las excepciones a la regla anterior, lo que obliga a prestar especial atención a la nutrición como factor de producción determinante para la obtención de altos rendimientos agroindustriales.

De igual forma, y como menciona Bertsh, F. (1995) el P se caracteriza por ser el elemento tal vez más estable dentro del suelo; no se pierde por lavado ni por volatilización como el N, sin embargo; esa alta estabilidad implica una baja solubilidad, esto es, que muchos suelos tropicales tienen una muy alta capacidad de fijar P lo que causa deficiencias de disponibilidad de P para las plantas. Es por esta razón que; como acota el mismo autor, el P se aplica en grandes cantidades, no porque en realidad sea consumido por la planta en gran magnitud; sinó que su uso a partir del suelo resulta muy ineficiente. Esto se relaciona con lo mencionado por Subiros, F. (1995) quien al hablar de las fuentes fosfóricas recalca que los fosfatos solubles en agua poseen mayor efectividad cuando se emplean en forma granulada y localizada que cuando se utilizan en polvo, aplicados al voleo o mezclados en el suelo. Esto se debe a que el aumento de la granulación reduce la velocidad de disolución y disminuye la interacción con la superficie del suelo (menor fijación). Lo anterior, sumado a que la mayor cantidad de P es absorbido por la planta con mayor intensidad en los primeros meses de crecimiento, en especial durante las fases de formación de raíces y macollamiento, está relacionado con la práctica de colocar en forma localizada todo el fertilizante fosforado.

Es por tal razón que una adecuada dosis de P dirigido al surco al momento de la siembra es vital para el adecuado macollamiento y desarrollo de la cepa en el cultivo de la caña de azúcar, labor que influirá determinantemente en la productividad y longevidad de la plantación.

En este sentido, son bastantes y diversas las investigaciones realizadas por DIECA a través de los años en las distintas regiones o zonas productoras, en distintas condiciones agroecológicas del



país, incluyendo la Región Sur; donde en el pasado se han evaluado distintas dosis de P adicionadas a la siembra, interacciones entre dosis de P y enmiendas, entre otros, que durante mucho tiempo han servido como base en los programas de fertilización de la región, principalmente durante los años de auge de la variedad SP 71-5574. Sin embargo, a partir del cambio y diversificación del componente varietal de la región a causa de la aparición de la roya naranja en dicha variedad se hace necesario evaluar y ajustar las cantidades de P aplicadas que induzcan una adecuada respuesta de las nuevas variedades. Conociendo lo anterior se estableció este ensayo de investigación con el objetivo de determinar el nivel de respuesta a la aplicación de P a la siembra en dos distintas variedades comerciales de alta productividad cultivadas en la Región Sur.

### OBJETIVO ESPECÍFICO.

Determinar, desde el punto de vista técnico y económico, la mejor dosis de  $P_2O_5$  a aplicar al fondo del surco al momento de la siembra para dos variedades de caña de azúcar cultivadas en la región sur de Costa Rica.

### METODOLOGÍA.

El ensayo se estableció en un suelo Ultisol de Finca El Porvenir, ubicada en el distrito de San Pedro, cantón de Pérez Zeledón y perteneciente a CoopeAgri R.L. La finca está situada a una altitud de 560 msnm., la temperatura media en el lugar es de  $23,2^{\circ}C$  y presenta una precipitación media anual de 2.581 mm. Las condiciones nutricionales del suelo se describen en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.**  
**Características nutricionales del suelo utilizado al momento de establecer el ensayo.**

	cmol(+)/l					mg/l				
	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
<b>Valores</b>	4,3	1,92	0,89	0,16	0,11	5	262	4	2,4	3
<b>Óptimo</b>	5,5-6,5	0,3	4-20	1-10	0,2-15	10-40	10-50	1-20	3-15	5-50

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, en arreglo factorial de  $2 \times 5$ .

Las parcelas o unidades experimentales estuvieron constituidas por cinco surcos de siete metros de largo con una distancia de siembra de 1,5 m. entre surco, para un área total de parcela de  $52,5 m^2$ .

Se evaluaron cinco dosis de  $P_2O_5$  (0-50-100-150 y 200 kg/ha) aplicadas al fondo del surco al momento de la siembra, utilizando como fuente el fertilizante 11-52-0, balanceando o

equilibrando el N aportado por dicha fuente con la dosis correspondiente para cada tratamiento aportada con Nutran (33.5% N) según se observa en el Cuadro 2. Las variedades evaluadas fueron LAICA 04-825 y LAICA 05-802.

**Cuadro 2.**  
**Dosis de Nutran aplicada según tratamiento para equilibrar el N aportado por el fertilizante 11-52-0.**

Dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Dosis Fertilizante 11-52-0 (kg/ha)	Aporte de N (kg/ha)	N expresado en kg Nutran (kg/ha)	Cantidad Nutran aplicado (kg/ha)
0	0	0	0	126,29
50	96,15	10,58	31,57	94,72
100	192,31	21,15	63,15	63,14
150	288,46	31,73	94,72	31,57
200	384,62	42,31	126,29	0

Las fertilizaciones sucesivas y complementarias se realizaron con la fórmula 17-2-25-4,5-3,7 (S) (0,2 Zn) a razón de 700 kg/ha fraccionado en dos aplicaciones por ciclo, realizadas a los 45 y 90 días después de la germinación (Caña Planta) o rebrote (Caña Soca).

Al momento de la evaluación se cosecharon y pesaron las parcelas completas, tomando previamente una muestra de cinco tallos molederos de cada parcela para ser analizados en el laboratorio del ingenio El General y determinar así, el rendimiento industrial mediante la metodología de pago por calidad de LAICA. De esta forma se logró estimar el rendimiento agrícola e industrial de cada tratamiento durante los cinco años de evaluaciones (cosechas).

Para el análisis económico se utilizaron los AVIOS de producción oficiales para la Región Sur durante el período 2017, 2018. Así como los datos de producción promedio de las cinco cosechas realizadas durante los períodos de cosecha de las zafras efectuadas entre los años 2013-2014 hasta 2017-2018.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 1. RENDIMIENTO AGRÍCOLA

Según los resultados que se muestran en el Cuadro 3, para la variable de rendimiento agrícola (t caña/ha), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al analizar las interacciones variedad – dosis de  $P_2O_5$  en ninguna de las cinco cosechas realizadas; sin embargo, se notaron diferencias en el comportamiento productivo entre las variedades así como para cada variedad entre las cosechas realizadas.

**Cuadro 3.**  
**Rendimiento agrícola (t caña/ha) obtenido por variedad según dosis de  $P_2O_5$  aplicada durante las cinco cosechas realizadas entre los años 2014 y 2018.**

Variedad	Dosis $P_2O_5$	# Cosecha					PROMEDIO
		I	II	III	IV	V	
	kg/ha	t caña/ha	t caña/ha	t caña/ha	t caña/ha	t caña/ha	
LAICA 04-825	0	122,67	110,41	109,53	90,86	91,63	<b>105</b>
	50	114,49	112,58	109,02	95,56	91,12	<b>105</b>
	100	113,86	110,92	96,76	92,19	93,55	<b>101</b>
	150	122,29	123,88	115,49	102,22	98,66	<b>113</b>
	200	129,63	127,91	117,4	101,27	108,56	<b>117</b>
LAICA 05-802	0	110,54	105,17	103,3	94,6	93,55	<b>101</b>
	50	113,28	112,32	117,97	102,54	103,64	<b>110</b>
	100	116,28	104,79	108,26	106,22	117,18	<b>111</b>
	150	116,09	108,43	121,91	109,2	115,58	<b>114</b>
	200	117,37	109,19	118,98	108,26	117,5	<b>114</b>
<b>CV %</b>		<b>4,81</b>	<b>6,72</b>	<b>7,06</b>	<b>6,62</b>	<b>10,57</b>	

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

En el caso de la variedad LAICA 04-825, para la primera cosecha el único tratamiento con incremento en el rendimiento agrícola (t caña/ha) fue el de 200 kg/ha de  $P_2O_5$  siendo de 7 t caña/ha (5,67 %) respecto al testigo. A partir de la segunda cosecha la respuesta productiva (t caña/ha) estuvo claramente marcada a dosis no menores de 150 kg/ha de  $P_2O_5$  con tendencia a ser mejor inclusive al incrementarse la dosis a 200 kg/ha. Teniendo incrementos de hasta 13 t caña/ha (12%) a la dosis de 150 kg/ha de  $P_2O_5$  y hasta 17 t caña/ha (15%) con la dosis de 200 kg/ha  $P_2O_5$ . Mientras que por debajo de estas dosis prácticamente no se presentaron incrementos en el tonelaje. Esto se nota claramente en el Cuadro 4. Donde se anotan las diferencias en el rendimiento agrícola (t caña/ha) que se obtuvieron de los tratamientos con respecto al testigo. Además se observa como en total, durante todo el ciclo y con respecto al testigo sin aplicación se obtuvieron 37,44 y 59,67 t caña/ha más con los tratamientos de 150 y 200 kg/ha de  $P_2O_5$  respectivamente.

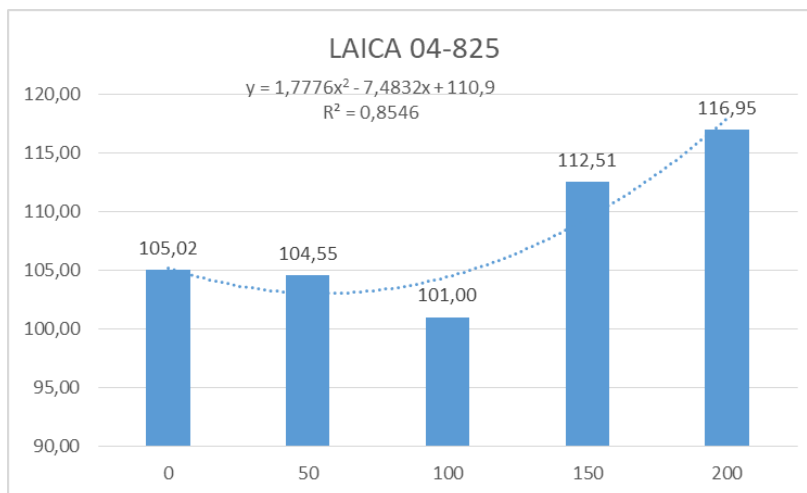


**Cuadro 4.**  
**Diferencia en el rendimiento agrícola (t caña/ha) con respecto al testigo para cada variedad según la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> evaluada**

Variedad	Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	# Cosecha					Incremento total *
		I	II	III	IV	V	
	kg/ha	t caña/ha	t caña/ha	t caña/ha	t caña/ha	t caña/ha	t caña/ha
LAICA 04-825	0	0	0	0	0	0	0
	50	-8,18	2,17	-0,51	4,7	-0,51	-2,33
	100	-8,81	0,51	-12,77	1,33	1,92	-17,82
	150	-0,38	13,47	5,96	11,36	7,03	37,44
	200	6,96	17,5	7,87	10,41	16,93	59,67
LAICA 05-802	0	0	0	0	0	0	0
	50	2,74	7,15	14,67	7,94	10,09	42,59
	100	5,74	-0,38	4,96	11,62	23,63	45,57
	150	5,55	3,26	18,61	14,6	22,03	64,05
	200	6,83	4,02	15,68	13,66	23,95	64,14

\* Representa el incremento acumulado (cinco cosechas) respecto al testigo (0 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

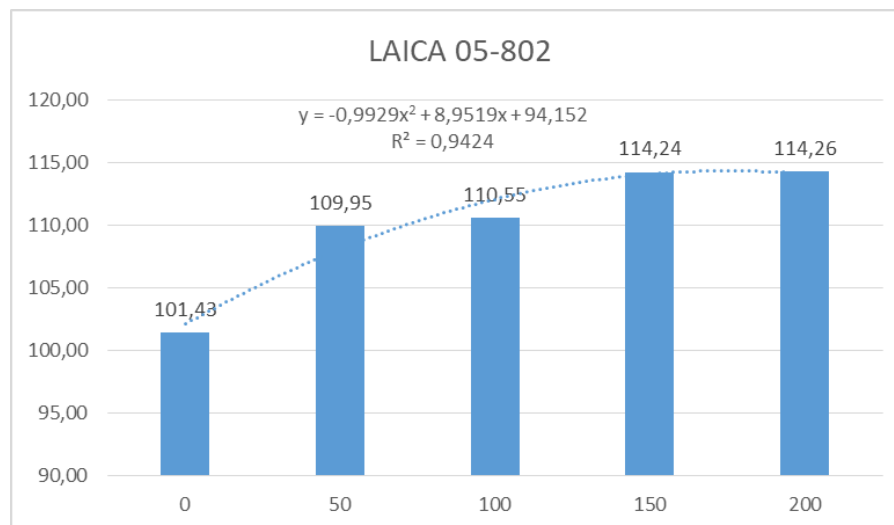
Al observar los datos promedio de las cinco cosechas ilustrados en la Figura 1, resulta evidente como, en general para la variedad LAICA 04-825, el rendimiento agrícola se incrementó a partir de la dosis de 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y continuó incrementándose a la mayor dosis aplicada, lo que sugiere que dicha producción podría seguirse incrementando a dosis mayores a los 200 kg/ha.



**Fig 1. Rendimiento agrícola (t caña/ha) promedio de cinco cosechas para la variedad LAICA 04-825 según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada.**

Por otra parte la variedad LAICA 05-802 presentó, como se ilustra en el Cuadro 4, algún grado de respuesta a partir de la dosis de 50 kg/ha con incrementos respecto al testigo de entre 7 y 14 t caña/ha a partir de la segunda cosecha, para un 6 y 12% respectivamente. Sin embargo, las mayores diferencias se obtuvieron con las dosis de 150 y 200 kg/ha principalmente a partir de la tercera cosecha, sin existir, como se mencionó con anterioridad, prácticamente ninguna diferencia entre ambas dosis, teniéndose con estas, incrementos entre 14 y 23 t caña/ha y porcentualmente entre un 13% y un 20% respectivamente. De igual forma con la dosis de 100 kg/ha en la cuarta y quinta cosecha se obtuvieron aumentos muy similares, siendo estos de 11,6 y 23,6 t caña/ha para un 12 % y 25,7% respectivamente. Estas diferencias estuvieron marcadas por un importante declive en el rendimiento agrícola del testigo a partir de la tercera cosecha, lo que no sucedió de manera tan marcada con los tratamientos por encima de los 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , quedando evidenciada, de esta manera, la importancia de suplir a la planta de cantidades adecuadas de fósforo para obtener mayor sostenibilidad productiva a través del tiempo.

Al analizar los datos promedio para las cinco cosechas, mostrados en la Fig. 2 y el incremento en las toneladas producidas según tratamiento en el Cuadro 4; se nota como la variedad LAICA 05-802 incrementó el rendimiento agrícola a partir de la menor dosis de  $P_2O_5$  utilizada (50 kg/ha), presentando, se podría decir, dos rangos de respuesta productiva en el rendimiento agrícola; un primer rango de 50-100 kg/ha con producción promedio de alrededor de 10 t caña/ha por encima del testigo (8,7 % incremento) para un incremento total de 44 t caña/ha durante todo el ciclo y un segundo rango de 150-200 kg/ha con una producción promedio de 12,8 t caña/ha por encima del testigo significando esto un incremento del 12,6 % y una ganancia total de 64 t caña/ha durante el ciclo productivo.



**Fig 2. Rendimiento agrícola (t caña/ha) promedio de cinco cosechas para la variedad LAICA 05-802 según dosis de  $P_2O_5$  aplicada.**

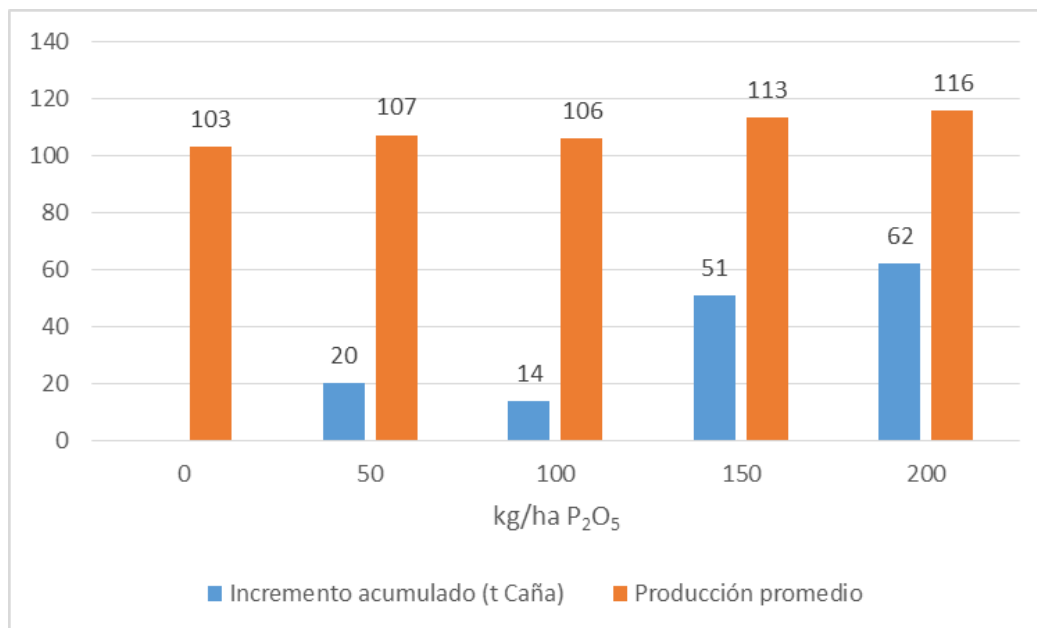
Por otra parte, al analizar los datos agrupados por dosis de  $P_2O_5$  aplicada, independiente de la variedad utilizada; se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas a partir de la cuarta cosecha, marcándose esta diferencia entre las dosis de 150 y 200 kg/ha de  $P_2O_5$  y el testigo sin aplicación en la cuarta cosecha; así como entre la dosis de 200 kg/ha de  $P_2O_5$  con el testigo sin aplicación y la menor dosis de  $P_2O_5$  evaluada (50 kg/ha  $P_2O_5$ ) para la quinta cosecha. A pesar de lo anterior y, con excepción de la primer cosecha (Caña Planta o Plantilla) donde las diferencias entre el testigo y las mayores dosis de  $P_2O_5$  aplicadas no superaron las 7 t caña/ha (6% de incremento); en las siguientes cuatro cosechas (Caña Soca o Rebrotos) los incrementos en rendimiento agrícola fueron muy similares, de entre 8 y 13 t caña/ha, representando un 7,4 % y 12,3 % respectivamente entre las dosis mayores aplicadas (150 y 200 kg/ha  $P_2O_5$ ) y el testigo.

**Cuadro 5.**  
**Rendimiento agrícola (t caña/ha) obtenido durante cinco cosechas según dosis de  $P_2O_5$  aplicada.**

Dosis $P_2O_5$	t caña/ha según # de Cosecha				
	I	II	III	IV	V
0	117	108	106	93 b	93 b
50	114	112	113	99 ab	97 b
100	115	108	103	99 ab	105 ab
150	119	116	119	106 a	107 ab
200	124	119	118	105 a	113 a
<b>CV %</b>	<b>3,25</b>	<b>4,30</b>	<b>6,42</b>	<b>5,21</b>	<b>7,87</b>

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

Estos incrementos en producción se ilustran gráficamente en la Figura 3. Presentando la ganancia real acumulada en t. caña así como el rendimiento agrícola promedio durante los cinco años de cosecha según la dosis de  $P_2O_5$  aplicada. En dicha figura se evidencia como dosis menores de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  no presentan mayor beneficio en el tonelaje; mientras que incrementando la dosis a 150 kg/ha la respuesta se incrementa notoriamente, siendo 10 t caña/ha por encima del testigo con 150 kg/ha y de 13 t caña/ha con la dosis de 200 kg/ha. Como resultado de estos incrementos en el promedio de producción con estas dosis (150 y 200 kg/ha) se obtuvo, como se observa, un incremento total acumulado de 51 y 62 t caña/ha respectivamente como beneficio al utilizar estas dosis de  $P_2O_5$ .



**Fig 3. Rendimiento agrícola (t caña/ha) promedio de cinco cosechas y ganancia total en t caña/ha según dosis de  $P_2O_5$  evaluada.**

## 2. RENDIMIENTO INDUSTRIAL

Con respecto al rendimiento industrial (kg az/t.), como se observa en el cuadro 6, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ningún caso al comparar las interacciones variedad-dosis de  $P_2O_5$ , ni al agrupar los tratamientos por dosis de  $P_2O_5$  independientemente de la variedad utilizada.

En la cuarta cosecha se presentó una disminución considerable de los rendimientos, en forma general, debiéndose esto a factores climáticos y no a aspectos asociados con los tratamientos evaluados.

**Cuadro 6.**  
**Rendimiento industrial (kg az/t) obtenido durante cinco cosechas según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada.**

Variedad	Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	# Cosecha					PROMEDIO kg az/t.
		I	II	III	IV	V	
		kg az/t.	kg az/t.	kg az/t.	kg az/t.	kg az/t.	
LAICA 04-825	0	121,90	126,85	137,15	115,00	131,31	<b>126,44</b>
	50	127,30	119,90	126,90	122,61	124,80	<b>124,30</b>
	100	126,27	132,04	137,59	125,31	130,09	<b>130,26</b>
	150	125,75	125,09	133,82	120,35	138,27	<b>128,66</b>
	200	126,48	131,84	131,43	122,63	134,94	<b>129,46</b>
LAICA 05-802	0	117,43	124,39	109,37	117,58	138,73	<b>121,50</b>
	50	121,04	125,04	105,93	114,71	120,97	<b>117,54</b>
	100	122,47	133,66	122,16	114,78	135,16	<b>125,65</b>
	150	118,30	127,25	126,21	121,18	134,58	<b>125,50</b>
	200	115,54	125,86	116,86	118,84	136,53	<b>122,73</b>

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

A pesar de no encontrar significancia entre los tratamientos; al analizar las medias de rendimiento industrial de cada tratamiento, y como se ilustra en el cuadro 7, se observa cierta tendencia a incrementar los rendimientos industriales en aproximadamente 3 kg az/t al aplicarse las dosis iguales o mayores a 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en comparación con los tratamientos testigo, aspecto que no resulta muy cuestionable pues es conocido que el fósforo contribuye a acelerar o mejorar el proceso de maduración de la caña de azúcar.

**Cuadro 7.**  
**Rendimientos industriales obtenidos por variedad y dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada. Promedio de cinco cosechas.**

Dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	VARIEDADES		Promedio kg az/t
	LAICA 04-825	LAICA 05-802	
	kg az/t	kg az/t	
0	126,4	121,5	124,0
50-100	127,3	121,6	124,4
100 +	129,5	124,6	127,0

### 3. RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL.

En cuanto al rendimiento agroindustrial, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ningún caso al comparar las interacciones variedad-dosis de  $P_2O_5$ , como se ilustra en el Cuadro 8. Sin embargo; se presentan tendencias incrementales con las mayores dosis de  $P_2O_5$  en ambas variedades, dichos incrementos fueron más relevantes en las dos últimas cosechas, influenciados por el declive en el rendimiento agrícola (t caña/ha) de los tratamientos testigos de ambas variedades a partir de la tercera cosecha, como se observó al analizar los resultados para dicha variable.

Las diferencias más marcadas con respecto al testigo, en la variedad LAICA 04-825 se obtuvieron en la cuarta y quinta cosecha con la dosis de 200 kg/ha, para incrementos de 3,31 y 2,61 toneladas de azúcar por hectárea (t az/ha) respectivamente. Situación similar ocurrió con la variedad LAICA 05-802 con incrementos de 3,81, 3,52 y 4,04 t az/ha respectivamente para la quinta cosecha con las dosis de 100, 150 y 200 kg/ha.

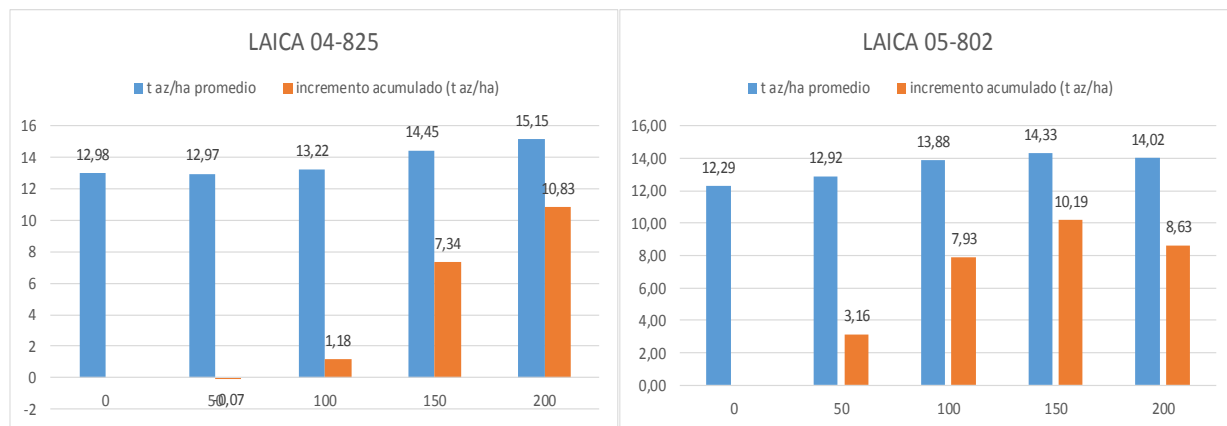
**Cuadro 8.**  
**Rendimiento agroindustrial (t az/ha) por variedad promedio de cinco cosechas según dosis de  $P_2O_5$  aplicada.**

Variedad	Dosis $P_2O_5$ kg/ha	# Cosecha					Promedio
		I	II	III	IV	V	
		t az/ha	t az/ha	t az/ha	t az/ha	t az/ha	
LAICA 04-825	0	14,95	13,98	14,81	9,14	12,02	<b>12,98</b>
	50	14,58	13,47	13,79	11,73	11,26	<b>12,97</b>
	100	14,38	14,67	13,31	11,57	12,15	<b>13,22</b>
	150	15,34	15,5	15,46	12,31	13,63	<b>14,45</b>
	200	16,41	16,82	15,42	12,45	14,63	<b>15,15</b>
LAICA 05-802	0	12,94	13,16	11,26	11,11	12,98	<b>12,29</b>
	50	13,75	14,08	12,44	11,77	12,57	<b>12,92</b>
	100	14,24	13,96	13,18	12,17	15,83	<b>13,88</b>
	150	13,75	13,75	15,37	13,23	15,54	<b>14,33</b>
	200	13,56	13,72	13,96	12,8	16,04	<b>14,02</b>
<b>CV %</b>		<b>6,94</b>	<b>7,66</b>	<b>10,09</b>	<b>9,54</b>	<b>12,73</b>	

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

En términos generales, como se ilustra en la Fig. 4, para la variedad LAICA 04-825 el mejor tratamiento en cuanto a producción de azúcar fue el de 200 kg/ha, con un promedio de 15,15 t az/ha, para un 16,7 % de incremento, representando una ganancia acumulada como suma de las

cinco cosechas de 10,83 t az con respecto al testigo, seguido por el tratamiento de 150 kg/ha con 14,45 t az/ha, para un 11,32 % de incremento y un total acumulado de 7,34 t az/ha más que el testigo. Mientras que a dosis menores prácticamente no se presentaron ganancias en producción de azúcar.



**Fig 4. Rendimiento agroindustrial (t az/ha) promedio de cinco cosechas y ganancia acumulada (t az) por variedad según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.**

En el caso de la variedad LAICA 05-802 la mayor producción de azúcar se obtuvo con la dosis de 150 kg/ha con un rendimiento industrial de 2,04 t az/ha mayor al testigo, generando, de esta forma un beneficio acumulado de 10,19 t az/ha por encima del testigo. Sin embargo se obtuvo buena respuesta en la producción de azúcar a partir de la dosis de 100 kg/ha. Estas diferencias en la respuesta productiva (t az/ha) entre las variedades; ilustradas en la fig 4, evidencian como la variedad LAICA 04-825 tiene un potencial productivo mayor, sin embargo; necesita mayores cantidades de fertilizante para alcanzarlo, por lo que podría decirse es una variedad más exigente en comparación con la variedad LAICA 05-802, que en principio pareciera ser más “rústica”, menos exigente; pero a la vez con un potencial productivo relativamente menor, cumpliéndose, podría decirse, como generalmente ocurre en la agricultura, que para obtener mayor productividad, se sacrifica rusticidad.

Por otra parte, al agrupar los datos por dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la cuarta cosecha entre los tratamientos de 150 y 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el testigo sin aplicación y en la quinta cosecha entre los mismos tratamientos con respecto al testigo sin aplicación y el tratamiento con la dosis más baja de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Estando estas diferencias más influenciadas, como se ha mencionado, por el rendimiento agrícola que por el industrial. En las tres primeras cosechas no se encontraron diferencias estadísticamente.

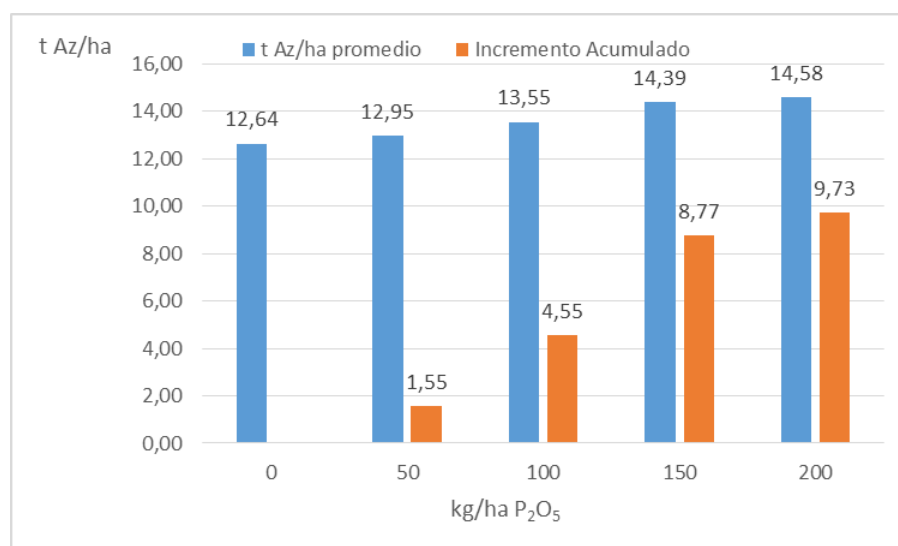


En la Figura 5 se observa como el mayor rendimiento agroindustrial promedio de las cinco cosechas se obtuvo con la dosis de 200 kg/ha, seguido por el tratamiento de 150 kg/ha, obteniéndose de estos un incremento total de 9,73 y 8,77 toneladas de azúcar respectivamente como suma de las cinco cosechas realizadas, siendo marcada la diferencia con respecto a las dosis de 100 y 50 kg/ha ya que, como se observa, por ejemplo, al disminuir la dosis de 150 a 100 kg/ha (- 50 kg) se disminuyó la ganancia acumulada en toneladas de azúcar en un 48 %.

**Cuadro 9.**  
**Rendimiento agroindustrial obtenido durante las cinco cosechas según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> evaluadas.**

Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	# Cosecha				
	I	II	III	IV	V
	t az/ha	t az/ha	t az/ha	t az/ha	t az/ha
0	13,94	13,57	13,04	10,13 b	12,5 bc
50	14,16	13,78	13,12	11,75 ab	11,92 c
100	14,31	14,32	13,24	11,87 ab	13,99 ab
150	14,55	14,63	15,41	12,77 a	14,59 a
200	14,99	15,27	14,69	12,62 a	15,34 a
CV %	2,80	4,75	7,79	8,87	10,46

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.



**Fig. 4. Rendimiento agroindustrial promedio de cinco cosechas y ganancia acumulada total (t az/ha) durante el mismo período según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada.**

#### 4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Al realizar el análisis económico (anual) de los tratamientos según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada, utilizando los datos de productividad (t caña/ha y t az/ha) promedio de las cinco cosechas realizadas, como se ilustra en el Cuadro 10; se observa que a partir de los 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> la utilidad se incrementa con respecto al testigo, representando, para esta dosis un aumento en la utilidad del 15,5 %. El mayor incremento; sin embargo, se generó con las dosis de 150 y 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, siendo muy similar entre ambas, representando un 26,5 % y un 27,5 % de incremento respectivamente, lo que visto en términos reales y sumando el incremento en la utilidad con respecto al testigo durante las cinco cosechas realizadas representa una ganancia de ₡ 1.071.982 y ₡ 1.120.239 respectivamente durante el ciclo productivo. Con ambas dosis se obtuvo igual relación beneficio/costo (1,65); siendo esta la mejor de los tratamientos evaluados.

**Cuadro 10.**  
**Análisis económico (anual) según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada. Utilizando datos de producción promedio de cinco cosechas.**

TRATAM. kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DEPREC. <sup>1</sup> SIEMBRA	MANT. <sup>2</sup> ₡/ha	COST. COSECHA (₡)			t caña/ha	t az/ha	UTILIDAD BRUTA (₡)	COSTOS Fijos + Variables (₡)	UTILIDAD NETA (₡)	DIFERENCIA CON TESTIGO (₡)	RELACIÓN BENEFICIO/ COSTO	GANANCIA EN 5 AÑOS (₡)
			QUEMA	CAT <sup>3</sup>	TOTAL								
0	240 058	440 177	9 734	7 500	783 929	<b>103,23</b>	<b>12,64</b>	2 274 480	1 464 164	810 316	-	<b>1,55</b>	-
50	248 890	440 177	9 734	7 500	814 124	<b>107,25</b>	<b>12,95</b>	2 330 280	1 503 190	827 090	16 773	<b>1,55</b>	83 867
100	257 073	440 177	9 734	7 500	804 734	<b>106,00</b>	<b>13,55</b>	2 438 280	1 501 984	936 296	125 980	<b>1,62</b>	629 900
150	265 257	440 177	9 734	7 500	860 054	<b>113,38</b>	<b>14,39</b>	2 590 200	1 565 487	1 024 713	214 396	<b>1,65</b>	1 071 982
200	273 440	440 177	9 734	7 500	876 779	<b>115,61</b>	<b>14,58</b>	2 624 760	1 590 396	1 034 364	224 048	<b>1,65</b>	1 120 239

Precio liquidación utilizado: 180 colones/kg az

<sup>1</sup> Representa el costo de establecimiento (considerando la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada en cada caso) depreciado a cinco años de vida útil.

<sup>2</sup> Representa el costo anual de mantenimiento (manejo) de la plantación

<sup>3</sup> Representa el costo de corta, alza y transporte por tonelada de caña.

Sacando la relación entre la utilidad neta adicional generada con respecto al testigo según la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspondiente utilizada en cada caso, como se observa en el Cuadro 11, la mejor relación ganancia en colones por kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados (₡/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) se obtuvo con la dosis de 150 kg/ha (₡ 7.147/kg), seguido por la dosis de 100 kg/ha (₡ 6.299/kg). Se observa claramente como al bajar la dosis de 100 kg/ha a 50 kg/ha la ganancias por kilogramo aplicado se disminuye en un 73 %.

**Cuadro 11.**  
**Ganancia por kilogramo de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado según dosis evaluada.**

<b>kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> APLICADOS</b>	<b>GANANCIA /kg/AÑO (₡)</b>	<b>GANANCIA TOTAL/kg (₡)</b>
50	335	1 677
100	1 260	6 299
150	1 429	7 147
200	1 120	5 601

Por otra parte, al realizar el mismo análisis económico por separado a cada variedad, se notan diferencias marcadas en cuanto a los márgenes de utilidad en general y la respuesta, desde el punto de vista económico, según la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada. Como se observa en el cuadro 12, para la variedad LAICA 04-825 fue evidente como aplicaciones de 50 y/o 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> prácticamente no generan ningún beneficio económico en comparación a no aplicar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Esto como resultado de no haberse obtenido incrementos en la productividad de dicha variedad a estas dosis; por el contrario, a partir de los 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> los incrementos son notorios; siendo de un 21,3 % y un 31 % respectivamente para las dosis de 150 y 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Como se observa claramente la mayor utilidad se consiguió con la dosis de 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con lo cual al sumar los beneficios económicos anuales en utilidad se obtuvo un incremento total de ₡1.334.964, y la mejor relación beneficio/costo (1,70) de todos los tratamientos, incluyendo las dos variedades.

Para el caso de la variedad LAICA 05-802, se obtuvieron beneficios económicos a partir de la dosis menor (50 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); sin embargo, este incremento en la utilidad fue bastante leve, caso contrario a lo ocurrido al incrementar la dosis a 100, 150 y 200 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obteniéndose el mayor incremento en la utilidad a la dosis de 150 kg/ha con un 32 %, seguido por la dosis de 100 kg/ha con un 26,2 %; esto representó respectivamente ganancias de ₡ 1.227.832 y ₡ 1.00.550. De igual forma, la mejor relación beneficio/costo se obtuvo con la dosis de 150 kg (1,64) seguido por la dosis de 100 kg/ha (1,63).

Finalmente, como se ilustra en el Cuadro 13, la mejor relación en cuanto a ganancia en utilidad por kilogramo de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado se obtuvo con el tratamiento de 200 kg/ha en la variedad LAICA 04-825, teniéndose una ganancia anual de ₡ 1.335/kg y en total para los cinco años de ₡ 6.675/kg; mientras que para la variedad LAICA 05-802 se obtuvo con la dosis de 100 kg/ha con ganancia anual de ₡ 1.965/kg y total de ₡ 9.823/kg. Basado en estos resultados se podría decir que si se



quiere dar valor a cada kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que se aplique no se debería utilizar una dosis menor de 150 kg/ha en la variedad LAICA 04-825, ni menor a 100 kg/ha en la variedad LAICA 05-802.

**Cuadro 12.**  
**Análisis económico (anual) por variedad evaluada según dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada.**

VARIEDAD	TRATAM. kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DEPREC. <sup>1</sup> SIEMBRA	MANT. <sup>2</sup> ¢/ha	COST. COSECHA (¢)			t caña/ha	t az/ha	UTILIDAD BRUTA (¢)	COSTOS Fijos + Variables (¢)	UTILIDAD NETA (¢)	DIFERENCIA CON TESTIGO (¢)	RELACIÓN BENEFICIO/ COSTO	GANANCIA EN 5 AÑOS (¢)
				QUEMA	CAT <sup>3</sup>	TOTAL								
LAICA 04-825	0	240058	440177	9734	7500	797384	105,02	12,98	2 336 400	1 477 619	858 781	-	1,58	-
	50	248890	440177	9734	7500	793889	104,55	12,97	2 333 880	1 482 955	850 925	-7 857	1,57	-39 283
	100	257073	440177	9734	7500	767234	101,00	13,22	2 378 880	1 464 484	914 396	55 615	1,62	278 075
	150	265257	440177	9734	7500	853544	112,51	14,45	2 600 640	1 558 977	1 041 663	182 881	1,67	914 407
	200	273440	440177	9734	7500	886889	116,95	15,15	2 726 280	1 600 506	1 125 774	266 993	1,70	1 334 964
LAICA 05-802	0	240058	440177	9734	7500	770474	101,43	12,29	2 212 200	1 450 709	761 491	-	1,52	-
	50	248890	440177	9734	7500	834359	109,95	12,92	2 325 960	1 523 425	802 535	41 043	1,53	205 217
	100	257073	440177	9734	7500	838829	110,55	13,88	2 497 680	1 536 079	961 601	200 110	1,63	1 000 550
	150	265257	440177	9734	7500	866549	114,24	14,33	2 579 040	1 571 982	1 007 058	245 566	1,64	1 227 832
	200	273440	440177	9734	7500	866684	114,26	14,02	2 522 880	1 580 301	942 579	181 088	1,60	905 439

Precio liquidación utilizado: 180 colones/kg az

<sup>1</sup> Representa el costo de establecimiento (considerando la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada en cada caso) depreciado a cinco años de vida útil.

<sup>2</sup> Representa el costo anual de mantenimiento (manejo) de la plantación

<sup>3</sup> Representa el costo de corta, alza y transporte por tonelada de caña.

**Cuadro 13.**  
**Ganancia por kilogramo de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado según variedad y dosis evaluada.**

VARIEDAD	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> APLICADOS	GANANCIA /kg/AÑO (¢)	GANANCIA TOTAL/kg (¢)
LAICA 04-825	50	-157	-786
	100	556	2 781
	150	1 219	6 096
	200	1 335	6 675
LAICA 05-802	50	703	3 516
	100	1 965	9 823
	150	1 608	8 041
	200	881	4 404

Desde el punto de vista económico, otro aspecto importante es el comportamiento productivo a través del tiempo, lo que determina la durabilidad o viabilidad comercial de la plantación antes de tener que realizar la renovación; esto está determinado principalmente por el rendimiento agrícola (t caña/ha). Tomando como base que la variedad LAICA 04-825 a dosis menores de 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado no presentó incrementos en el tonelaje, y que en el caso de la variedad LAICA 05-802 la respuesta se dio en dos rangos diferenciados agrupados en dosis de 50 -100 kg/ha

y 150 - 200 kg/ha; en la Figura 5 se ilustra, en términos generales, el comportamiento productivo (t caña/ha) a través del tiempo obtenido según dosis de  $P_2O_5$  aplicada para estos rangos; en el mismo se nota como a partir de la cuarta cosecha se presentó una marcada caída en el rendimiento agrícola, principalmente en el testigo sin aplicación de  $P_2O_5$ , siendo esta caída de un 20,6 % con respecto a la producción del primer año (primer cosecha); mientras que para las dosis de 150-200 kg/ha esta caída fue de apenas un 11,3 % en la cuarta cosecha y un 9,3 % en la quinta cosecha.

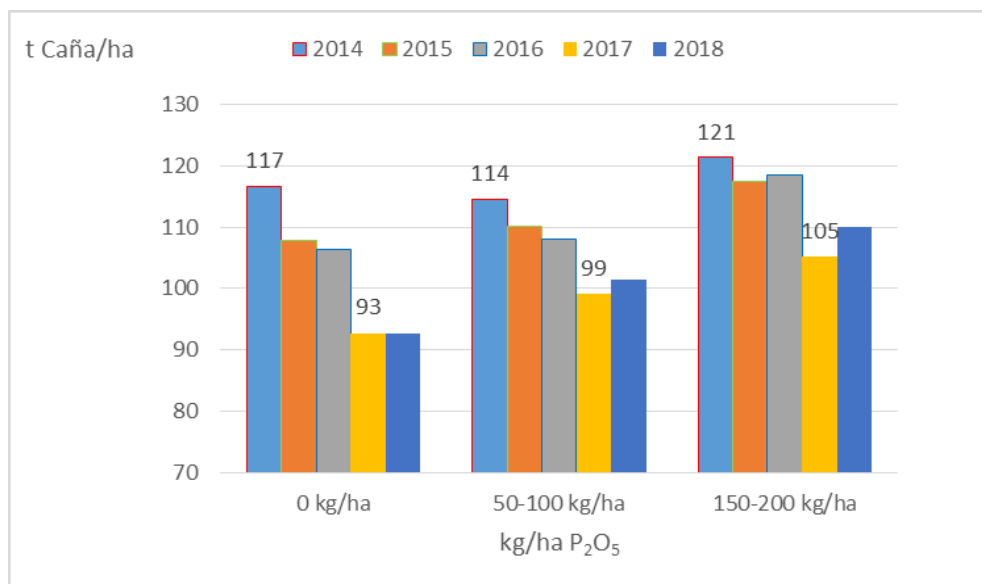


Fig. 6. Comportamiento productivo (t caña/ha) a través del tiempo según dosis de  $P_2O_5$  aplicada.

Este decrecimiento de la producción fue diferenciado entre las variedades, como se observa en la Fig. 7, ambas presentaron la mayor caída a partir de la cuarta cosecha; sin embargo, fue menor en la variedad LAICA 05-802; además, en dicha variedad fueron suficientes dosis de entre 50 y 100 kg/ha para dar mayor sostenibilidad o disminuir la caída en el tonelaje. De esta manera, mientras en el testigo sin aplicación para la cuarta y quinta cosecha las caídas, con respecto al primer año de cosecha, fueron de un 14,4 y 15,4 % respectivamente; para las dosis de 50-100 kg/ha fueron de un 9,1 % y 3,8 % y para las dosis de 150-200 kg/ha de apenas un 6,9 % y un 0,2 % con respecto a las mismas cosechas.

Mientras tanto, en el caso de la variedad LAICA 04-825 la caída en productividad del tratamiento testigo (0 kg/ha) fue de un 25 %; mientras que para las dosis de 50-100 kg/ha y 150-200 kg/ha fue muy similar entre ambos, oscilando entre un 17 % y 19 %, aunque manteniéndose mayores tonelajes con respecto al testigo en el caso de los tratamientos con 150-200 kg/ha de  $P_2O_5$  aplicados. Esto presumiblemente podría indicar que la variedad LAICA 04-825 podría necesitar dosis superiores a los 200 kg/ha de  $P_2O_5$  para dar mayor sostenibilidad a su Rendimiento Agrícola a través del tiempo. De nuevo, y como se mencionara en apartados anteriores; se

evidencia el mayor grado de exigencia, de la variedad LAICA 04-825, presentando un mayor grado de “agotamiento” o caída en rendimiento agrícola y requiriendo mayores cantidades de fósforo para lograr minimizar dicha caída.

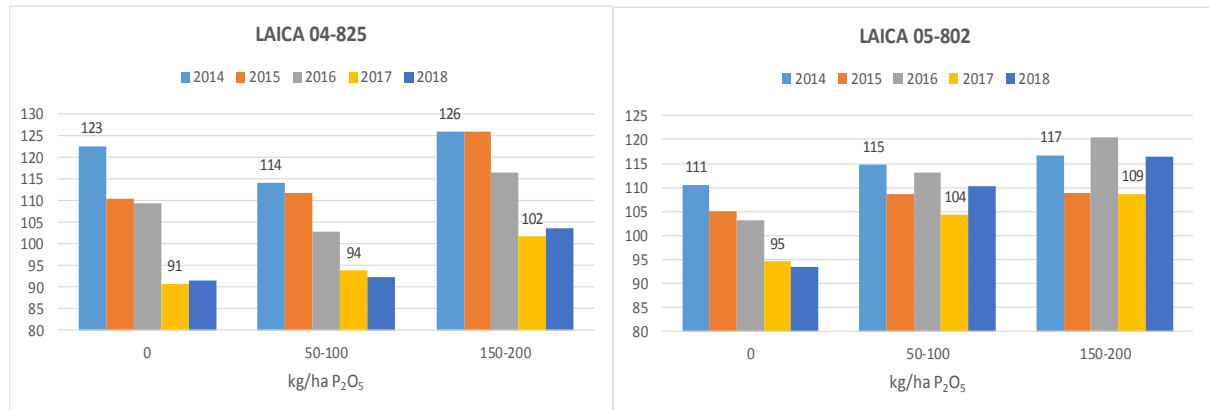


Fig. 7. Comportamiento productivo (t caña/ha) a través del tiempo según variedad y dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Es evidente la respuesta de la caña de azúcar a las aplicaciones de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dirigida al fondo del surco al momento de la siembra.
2. La respuesta a las aplicaciones, así como la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> más adecuada desde el punto de vista técnico y económico está influenciado por el aspecto varietal, por lo que no se debería generalizar.
3. En el caso de la variedad LAICA 04-825 la dosis técnico y económicamente más adecuada es la de 200 kg/ha; sin embargo, podría ser mayor, situación que bajo los parámetros de esta investigación no se pudo determinar debido a que esta fue la mayor dosis utilizada y no se logró llegar a una producción estabilizada como sí ocurrió con la variedad LAICA 05-802 a partir de los 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
4. Para la variedad LAICA 05-802 la mejor dosis se encuentra en el rango de los 100 a 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, siendo las dosis que mejores indicadores productivos y económicos presentaron, obteniéndose con estas similares relaciones beneficio/costo (1,63 y 1,64 respectivamente), aplicaciones por encima de los 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no generaron mayores incrementos productivos y disminuyeron los indicadores económicos con respecto a los obtenidos con esta dosis.

5. Queda demostrado, con los resultados obtenidos, que una correcta dosis de  $P_2O_5$  es vital para obtener una adecuada durabilidad de la plantación y alargar los ciclos de renovación. En este sentido las exigencias y comportamiento de las variedades fue diferenciado, requiriéndose no menos de 150 kg/ha en la variedad LAICA 04-825; mientras que aplicaciones de 100 kg/ha en el caso de la variedad laica 05-802 son suficientes para disminuir el agotamiento productivo a través del tiempo.
6. La respuesta productiva a la aplicación de  $P_2O_5$  se dio principalmente en el Rendimiento Agrícola (t caña/ha); sin embargo, también se encontraron indicios de respuesta o mejoras en el Rendimiento Industrial con aplicaciones iguales o superiores a los 100 kg/ha de  $P_2O_5$ .
7. Dados los resultados de esta investigación y a sabiendas que en la actualidad existen más variedades cultivadas a nivel comercial en la Región Sur; las cuales irán creciendo en importancia en cuanto a áreas cultivadas con ellas; es importante continuar con este tipo de investigaciones.
8. Otro aspecto importante, a futuro, es ampliar los tratamientos incrementando las dosis a más de 200 kg/ha pues como se observó en el caso de la variedad LAICA 04-825, es presumible que la mejor respuesta en cuanto a productividad y longevidad de la plantación esté por encima de esta dosis, situación que podría ser similar en otras variedades de alto potencial productivo.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Bertsch, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
2. Chaves, M. 1999. El nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Costa Rica.
3. Chaves, M. 2012. Comparativo de la fertilización aplicada a las plantaciones comerciales de caña de Azúcar en Costa Rica. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Costa Rica.
4. Chaves, M; Chavarría, E. 2017. Aproximación Taxonómica y Territorial de los Suelos cultivados con Caña de Azúcar en Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Costa Rica.
5. Fassbender, H; Bornemisza, E. 1977. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2ª. Edición. IICA. San José, Costa Rica. 1987.
6. Malavolta, E. 1976. Manual de Química Agrícola: Nutrição Mineral de Plantas e Fertilidade do Solo. São Paulo. Ed. Agronómica Ceres. 528 p.
7. Subiros, F. 1995. El cultivo de la Caña de Azúcar. Primera Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 441 p.

## Agradecimiento

Es importante dejar patente el sincero agradecimiento al equipo técnico del Área Agrícola de CoopeAgri R.L. por el apoyo logístico brindado para la ejecución de esta investigación; liderado por el Ing. Willy Valverde Araya; además al Técnico Asdrúbal Fernández Estrada Jefe de Zona, al Sr. Jairo Valverde Encargado de Finca Guapinol, así como a todos los demás colaboradores a su cargo; por su total apertura y colaboración. A todos muchísimas Gracias.