



# LAICA

## **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar - DIECA -**

**RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES EJECUTADAS POR EL  
PROGRAMA DE AGRONOMÍA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE  
AZÚCAR EN COSTA RICA, DURANTE EL AÑO 2020**



**Grecia, Costa Rica  
Diciembre 2020**

## Contenido

	<b>Pag</b>
<b>Índice</b> .....	2
<b>Presentación</b> .....	4
<b>Introducción</b> .....	5
Respuesta productiva de la caña de azúcar a la interacción de diferentes dosis de Nitrógeno y Potasio en la Región del Pacífico Norte. (Cuarta Cosecha). .....	7
Respuesta productiva de la caña de azúcar a la interacción de diferentes dosis de Nitrógeno y Potasio en la Región Norte. (Cuarta Cosecha). .....	15
Respuesta productiva de la caña de azúcar a la interacción de diferentes dosis de Nitrógeno y Potasio en Turrialba. (Segunda Cosecha). .....	21
Evaluación de dosis crecientes de Fósforo en la caña de azúcar en la Región Norte. Cuarta cosecha. ....	26
Respuesta de dos variedades de caña de azúcar a la aplicación de diferentes nutrimentos (NPK) de liberación controlada en un Suelo Ultisol en la Región Sur. Quinta Cosecha. ....	31
Validación de diferentes fertilizantes nitrogenados de lenta liberación en Turrialba (Primera y Segunda cosecha). .....	38
Validación preliminar de diferentes enmiendas basadas en Silicio y Carbonato en Turrialba. Segunda cosecha.....	43
Respuesta productiva de la caña de azúcar a la aplicación de diferentes enmiendas en la Región Norte Primera cosecha .....	47
Respuesta productiva de la caña de azúcar a la aplicación de diferentes enmiendas en la Región Sur Primera cosecha .....	50
Evaluación de diferentes madurantes en dos localidades de la Región del Valle Central Occidental.....	53
Resultados agroindustriales de seis distancias de siembra en tres variedades comerciales en la Región Norte. Finca AGROCLIMSA. Tercera Cosecha. ....	64
Respuesta de la densidad de semilla sobre la producción de cuatro variedades de caña de azúcar en la Región Norte. Cuarta Cosecha. ....	68

Evaluación del sistema de siembra de semilla transversal con diferentes variedades y distancias de siembra en la Región Norte.....	71
Evaluación de diferentes modalidades de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar en la Región sur (tercera y cuarta cosecha).....	75
Respuesta de la tolerancia de cuatro variedades comerciales de caña de azúcar a la aplicación de seis herbicidas post emergentes. Región Sur. Quinta Cosecha. ....	81
Efecto sobre la productividad en la caña de azúcar por diferentes herbicidas preemergentes de baja carga química en un suelo Ultisol de la Región Sur. ....	84
Comportamiento de tres herbicidas preemergentes de baja carga química en cuatro órdenes de suelo. ....	88
Evaluación de diferentes herbicidas preemergentes sobre el control de la maleza <i>Momordica charantia</i> en condiciones de invernadero. ....	90
Evaluación de diferentes bioestimulantes de suelo sobre la producción de la caña de azúcar en la Región norte (primera cosecha). ....	100

## **Presentación.**

El estudio del balance y optimización productiva agroindustrial del cultivo, forma parte fundamental de la gestión institucional desarrollada por el **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)**, como segmento tecnológico del sector azucarero.

Por este motivo, el componente de manejo agronómico resulta incuestionable de vital relevancia para el éxito productivo, económico y competitivo de las plantaciones comerciales, virtud de estar directamente implicados asuntos vinculados con la obtención y el aprovechamiento pleno de la capacidad potencial agroindustrial inherente del cultivo.

Las nuevas variedades de caña que de manera sistemática y permanente se liberan para uso comercial, deben ser necesariamente optimizadas en diversos aspectos vinculados con la reproducción vegetativa, la germinación, la nutrición, la relación suelo-agua-planta, el efecto competitivo inducido por las malezas y su control, la maduración de tallos, la cosecha y el uso de derivados, entre muchos otros, todo en asocio y armonía con el ambiente. Esto implica necesariamente tener que estudiar y validar su capacidad de adaptación y respuesta a entornos productivos muy diversos y particulares.

El Programa de Agronomía de DIECA, encargado de dicha área, presenta seguidamente los principales resultados logrados durante el año 2020, en los numerosos estudios de investigación atinentes a diferentes tópicos declarados como prioritarios, realizados en las principales zonas productoras de caña de azúcar. Tan trascendentes resultados han sido posibles gracias al trabajo constante, profesional y de calidad de los funcionarios a cargo de los proyectos y, también, de los referentes regionales que han contribuido con la labor de campo y laboratorio. El apoyo técnico, logístico y económico de los Ingenios, Cámaras de Productores de Caña, empresas privadas y colaboradoras ha sido fundamental para la ejecución de los estudios de investigación y validación desarrollados. A todos ellos nuestro reconocimiento y sincero agradecimiento.

**Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, MSc**  
**Gerente DIECA**

## Introducción

Para lograr incrementos importantes en la producción de la caña de azúcar no basta con tener una nueva variedad de alto rendimiento y rodeada de condiciones agroclimáticas adecuadas para su normal desarrollo, ya que la misma requerirá forzosamente de un conjunto de prácticas de manejo adaptadas a sus exigencias particulares en todas las etapas de desarrollo del cultivo.

Después de la siembra se deben evaluar diferentes aspectos básicos como son : métodos apropiados de preparación del suelo, distancias de siembra, fertilización y enmiendas, control de malezas, uso de efluentes como abono orgánico y vinaza, entre otras prácticas importantes y necesarias para lograr una mayor productividad y una mayor longevidad de las plantaciones a través de la socas.

En este informe se presentan los resultados de las investigaciones realizadas por el programa de agronomía con el apoyo de todo el personal de LAICA DIECA destacado en todas las regiones cañeras del país.

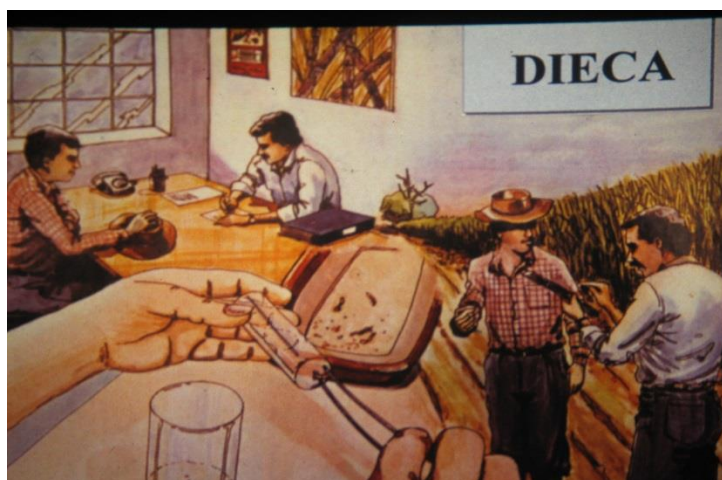
Estos resultados finales y parciales de las investigaciones hechas en todo el país, se presentan con el fin de brindar solución total o parcial a los principales problemas o limitantes que padece el cultivo en cada una de estas regiones.

Los diversos temas de investigación presentes en este documento son producto de diversas consultas a productores y técnicos en cada región, y posteriormente, seleccionados después de un análisis de priorización y factibilidad de ejecución.

La metodología empleada, así como todos los análisis aplicados a estos estudios, obedecen a parámetros establecidos y con el rigor científico necesario para garantizar al usuario, que la información presentada en este documento es confiable, profesional y segura.

Los responsables de ejecutar estas investigaciones se presentan a continuación.

Ing. Agr. Roberto A. Alfaro Portuguez	Coordinador Programa Agronomía
Ing. Agr. Randall Ocampo Chinchilla	Funcionario Programa Agronomía
Ing. Agr. Julio César Barrantes Mora	Coordinador Región Sur
Ing. Agr. Gilberto Calderón Araya	Coordinador Región Turrialba – Juan Viñas
Ing. Agr. Javier Bolaños Porras	Coordinador Región Valle Central
Ing. Agr. Elberth Barquero	Coordinador Región Norte
Ing. Agr. Álvaro Angulo Marchena	Coordinador Región Guanacaste
Ing. Agr. Manuel Rodríguez Rodríguez	Coordinador Región Guanacaste



## **RESPUESTA DE LA INTERACCIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO EN DIFERENTES REGIONES CAÑERAS DE COSTA RICA.**

El manejo adecuado de la fertilidad de los suelos explotados por la caña de azúcar es un aspecto básico dentro del manejo del cultivo, si se pretende obtener índices de rendimiento y productividad agroindustrial elevados y que conlleven a una mayor competitividad de las empresas cañeras.

La sostenibilidad productiva del cultivo de la caña de azúcar y la búsqueda de nuevas y mejores formas para incrementar los índices de rendimiento agroindustrial, son aspectos prioritarios que deben ser constantemente revisados y estudiados. Por este motivo, el conocer las exigencias nutricionales de las nuevas variedades y su respuesta productiva de los principales nutrimentos, es técnicamente un asunto de alta prioridad.

La necesidad, de obtener información adecuada sobre la respuesta de dos importantes nutrimentos como son el nitrógeno y el potasio, permitirían conceptualizar su importancia, optimizar sus efectos y racionalizar su aplicación como insumos promotores del mejoramiento agroindustrial del cultivo, de aquí que el objetivo de estos estudios fue determinar las mejores dosis del nitrógeno y potasio interaccionando entre sí, para lograr los mayores rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, en variedades de alta productividad.

### **RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA INTERACCIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO Y POTASIO EN LA REGIÓN DEL PACIFICO NORTE. (Cuarta Cosecha).**

Este ensayo se estableció en finca de La EARTH, ubicada en el distrito de Guardia, Liberia provincia de Guanacaste con una temperatura media de 27 °C y una precipitación media anual de 1.600 mm. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la distancia entre bloques fue de 3 m entre sí y de 2 m entre parcelas.

Cada parcela experimental estuvo constituida de 5 surcos de 8,5 metros de largo sembrados a 1,5 metros entre sí, para un área total por parcela de 67,5 m<sup>2</sup>, la cual fue evaluada y cosechada en su totalidad. La variedad utilizada fue SP 81-3250 por su importancia en la región.

Para suplementar las dosis de nitrógeno se aplicó, NUTRAN (Nitrato de Amonio 33,5% N) y para el suministro de potasio se utilizó como fuente cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O). El detalle de los tratamientos se presenta en el Cuadro 1; como se ilustra, cada dosis de nitrógeno se combinó con 4 dosis de potasio como K<sub>2</sub>O.

Las características químicas del suelo para los estratos de profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm, se presentan en los Cuadros 2 y 3, donde se observa una baja acidez y valores medios entre los cationes Ca, Mg y K, lo que provoca una relación adecuada entre estos nutrimentos.

**Cuadro 1.**  
**Tratamientos utilizados en la evaluación de la interacción**  
**de nitrógeno y potasio en la Región Pacifico Norte.**

# tratamientos	Kg / ha Nitrógeno	Kg / ha Potasio
1	0	0
2	0	100
3	0	150
4	0	200
5	50	0
6	50	100
7	50	150
8	50	200
9	100	0
10	100	100
11	100	150
12	100	200
13	150	0
14	150	100
15	150	150
16	150	200

**Cuadro 2.**  
**Análisis químico del suelo utilizado en el experimento.**

Profundidad	pH	Cmoles/L				Mg/L				
		Acidez	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
0 - 20	5,6	0,25	3,5	0,6	0,48	17	0,9	9	5	74
20 - 40	6,7	0,1	6,2	1,7	0,18	14	0,7	4	3	26
40 - 50	5,7	0,1	5	1	0,17	15	0,5	6	5	48
<b>optimo</b>	<b>5,5 - 6,5</b>	<b>0,3</b>	<b>4 - 20</b>	<b>1 - 10</b>	<b>0,2 - 1,5</b>	<b>10 - 40</b>	<b>3 - 15</b>	<b>5 - 50</b>	<b>1 - 20</b>	<b>10 - 50</b>

**Cuadro 3.**  
**Resultado de las relaciones catiónicas del suelo donde se ubica el experimento.**

Relaciones	Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	Ca+Mg / K
Valores	4,45	17,5	3,92	21,42
Optimo	<b>2 - 5</b>	<b>5 - 25</b>	<b>2,5 - 15</b>	<b>10 - 40</b>

En el Cuadro 4 se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales de este estudio y como se observa en el mismo, se presentaron diferencias estadísticas significativas en la producción de azúcar (t/ha) en respuesta a las diferentes dosis de nitrógeno, Potasio y a la interacción de ambos nutrientes. Con respecto a las dosis crecientes de nitrógeno de acuerdo a la prueba de medias realizada (Tukey 5%), el mejor tratamiento como se observa en la Figura 1 fue la dosis de 100 kg/ha sin presentar diferencias con las dosis de 150 y 200 kg/ha, donde el tratamiento testigo presento la producción de azúcar más baja.

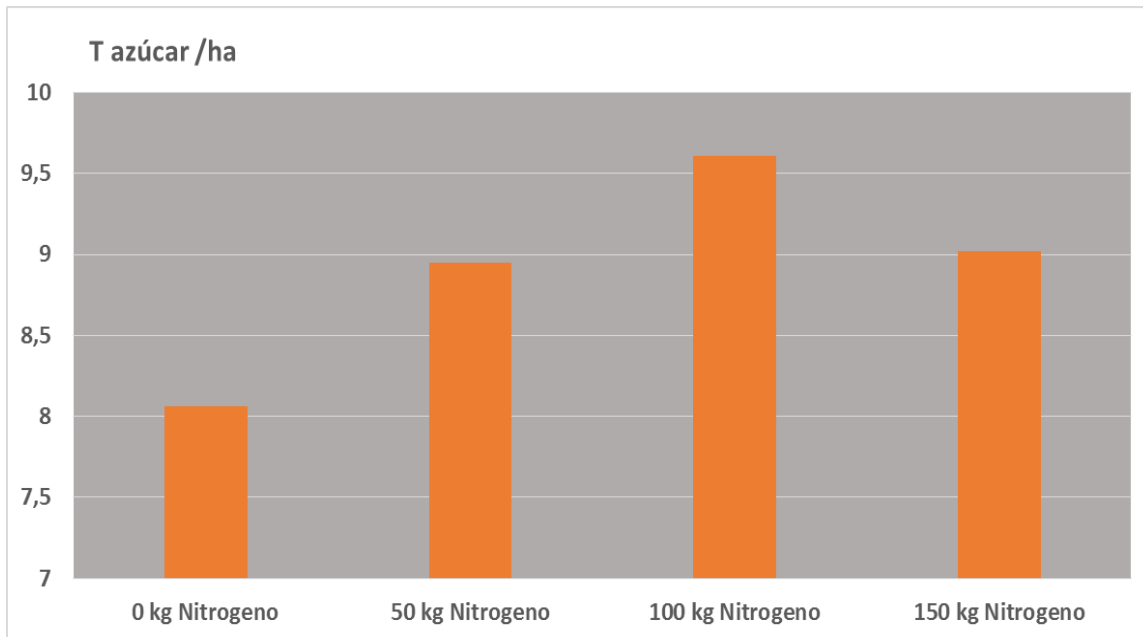
La respuesta al potasio fue similar, donde la dosis de 150 kg/ha de K<sub>2</sub>O fue estadísticamente superior al tratamiento testigo pero no así respecto a las otras dosis de potasio evaluadas, en la Figura 2 se observa claramente estas diferencias.

En la Figura 3 se aprecia claramente la respuesta positiva tanto del nitrógeno y del potasio y como al incrementarse las dosis de nitrógeno la respuesta de las dosis crecientes del Potasio tienden a estabilizarse, culminando con la mejor combinación de estos dos

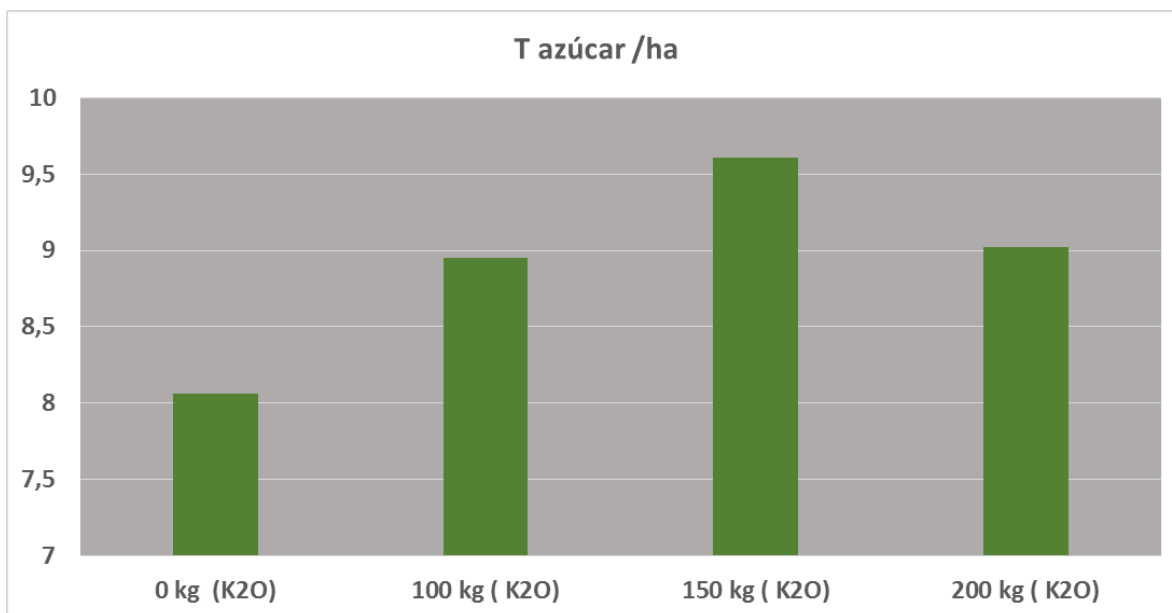
nutrimentos correspondiente a 150 kg/ha de Nitrógeno y Potasio y presentando además diferencias estadísticas significativas en la prueba de medias solamente con el tratamiento testigo para ambos nutrimentos.

**Cuadro 4.**  
**Análisis de varianza realizado a las variables agroindustriales de la tercera cosecha del estudio, en el Pacífico Norte (Cuarta Cosecha).**

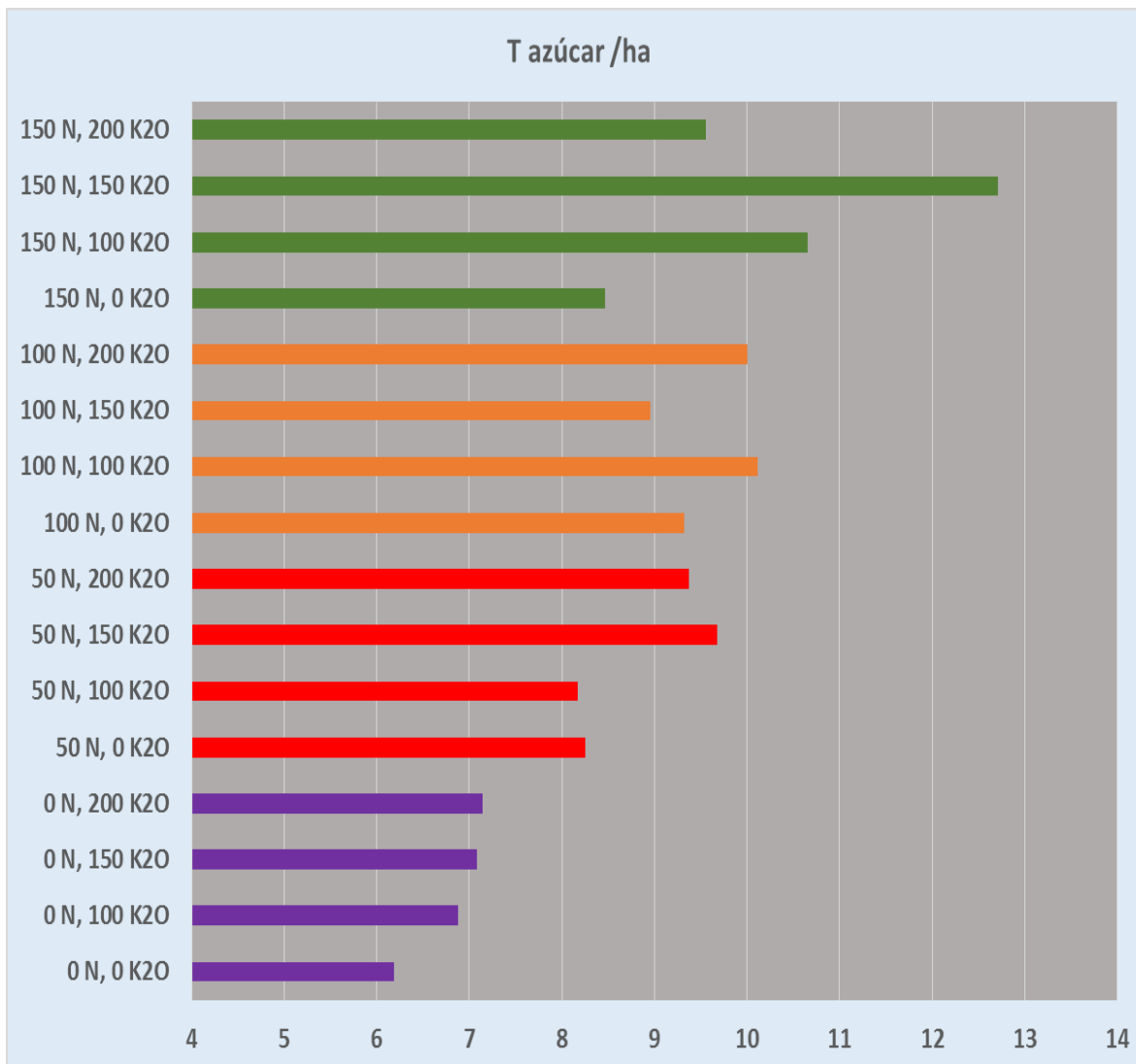
ANDEVA		% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Rend.Ind		t caña /ha		t az/ha	
Fuente variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	2	3,88	0	4,64	0,01	3,56	0,34	0,48	1	217,18	0,01	370,43	0,01	6,21	0,01
Nitrogeno(A)	3	0,57	0,39	1,52	0,18	7,31	0,1	2,08	0,03	57,27	0,25	1.872,20	0	27,64	0
Potasio(B)	3	0,14	1	0,37	1	2,13	1	4,60	0	84,79	0,12	201,03	0,04	4,91	0,01
Interacción N*K	9	0,71	0,28	0,73	1	2,21	1	0,23	1	43,30	0,4	110,11	0,12	2,72	0,02
Error	30	0,55		0,86		3,18		0,62		39,94		62,2		1,05	
Total	47	32,62		47,39		150,73		41,79		2.448,34		9.817,58		166,12	
% CV		3,52		4,8		1,93		5,07		5,03		11,11		11,51	
Dosis / ha		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
0 kg Nitrogeno		21,08		19,4		92		16,2	a	123,71		65,04	b	8,06	b
50 kg Nitrogeno		20,98		19,39		92,38		15,92	a	124,87		71,76	ab	8,95	ab
100 kg Nitrogeno		21,05		19,51		92,62		14,79	b	129,51		74,37	a	9,61	a
150 kg Nitrogeno		20,84		19,1		91,66		15,38	ab	124,27		72,67	ab	9,02	ab
Dosis / ha		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
0 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)		21,08		19,4		92		16,2	a	123,71		65,04	b	8,06	b
100 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		20,98		19,39		92,38		15,92	a	124,87		71,76	ab	8,95	ab
150 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		21,05		19,51		92,62		14,79	b	129,51		74,37	a	9,61	a
200 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		20,84		19,1		91,66		15,38	ab	124,27		72,67	ab	9,02	ab
Interacción( kg/ha)		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
0 N, 0 K <sub>2</sub> O		21,19		19,61		92,49		16,62		123,88		49,39		6,19	Ba
0 N, 100 K <sub>2</sub> O		21,21		19,64		92,58		16,79		123,52		55,55		6,88	Ba
0 N, 150 K <sub>2</sub> O		21,69		20,23		93,25		15,38		132,63		53,26		7,08	Ba
0 N, 200 K <sub>2</sub> O		20,89		19,46		93,12		15,75		126,28		56,5		7,14	Aa
50 N, 0 K <sub>2</sub> O		21,17		19,64		92,75		16,03		126,2		65,07		8,25	ABa
50 N, 100 K <sub>2</sub> O		20,61		18,93		91,74		16,21		120,4		68,12		8,17	ABa
50 N, 150 K <sub>2</sub> O		20,24		18,58		91,64		14,6		123,32		79,23		9,68	ABa
50 N, 200 K <sub>2</sub> O		21,55		19,46		90,35		15,65		124,83		75,16		9,37	Aa
100 N, 0 K <sub>2</sub> O		21,1		19,43		92,11		15,99		124,64		74,78		9,32	Aa
100 N, 100 K <sub>2</sub> O		21,53		20,1		93,33		15,37		132,24		76,57		10,12	Aa
100 N, 150 K <sub>2</sub> O		21,01		19,49		92,71		14,8		129,53		69,45		8,96	Ba
100 N, 200 K <sub>2</sub> O		20,61		19,19		93,07		15,21		126,41		79,04		10	Aa
150 N, 0 K <sub>2</sub> O		20,85		18,93		90,67		16,14		120,1		70,91		8,47	ABb
150 N, 100 K <sub>2</sub> O		20,56		18,9		91,86		15,3		123,34		86,78		10,65	Aab
150 N, 150 K <sub>2</sub> O		21,24		19,72		92,86		14,4		132,57		95,55		12,71	Aa
150 N, 200 K <sub>2</sub> O		20,3		18,29		90,08		14,91		119,56		79,99		9,56	Ab



**Figura 1. Producción de azúcar (t/ha) obtenida con las dosis crecientes de Nitrógeno en el Pacifico Norte (Cuarta Cosecha).**



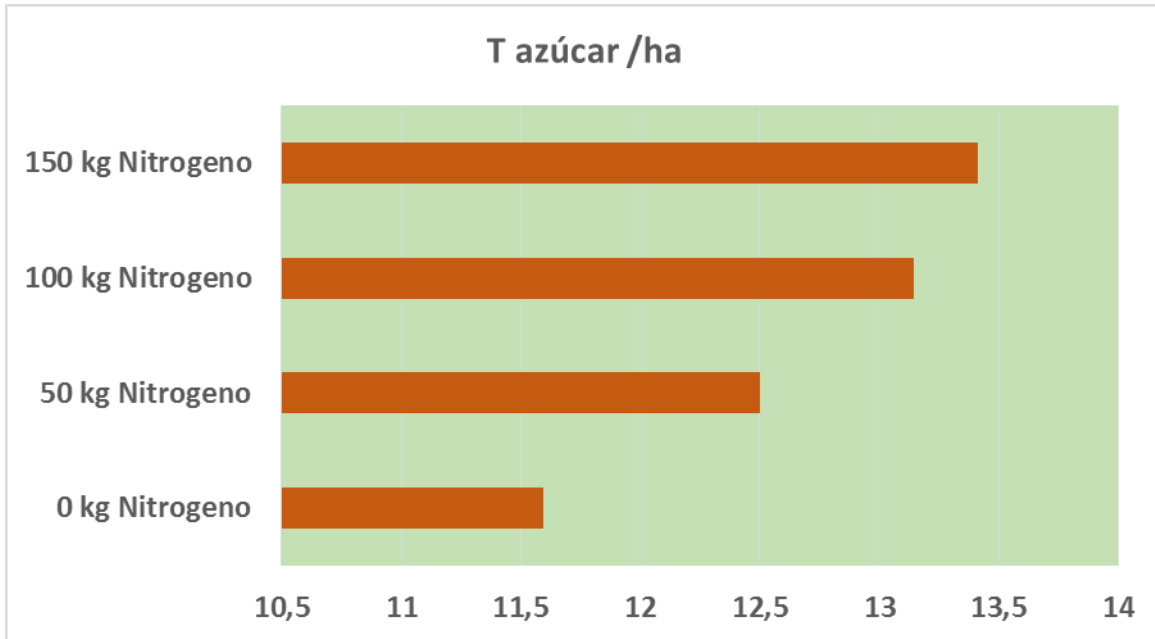
**Figura 2. Producción de azúcar (t/ha) obtenida con las dosis crecientes de Potasio en el Pacifico Norte (Cuarta Cosecha).**



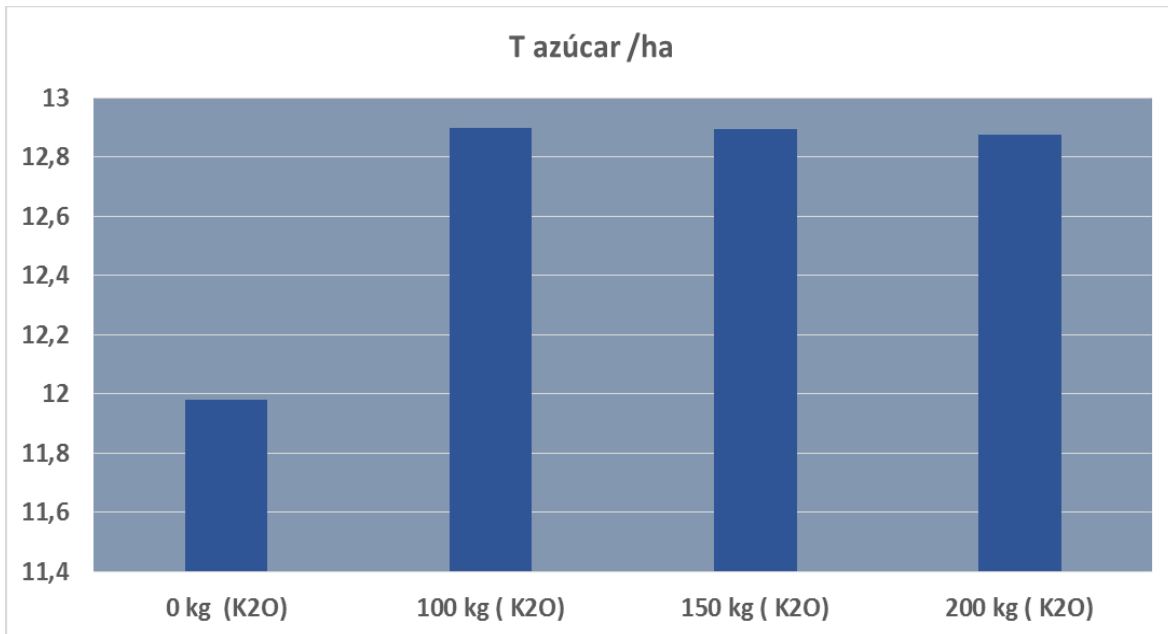
**Figura 3. Producción de azúcar (t/ha) obtenida con la interacción de diferentes dosis crecientes de Nitrógeno y Potasio en el Pacífico Norte (Cuarta Cosecha).**

### **Promedio 4 Cosechas**

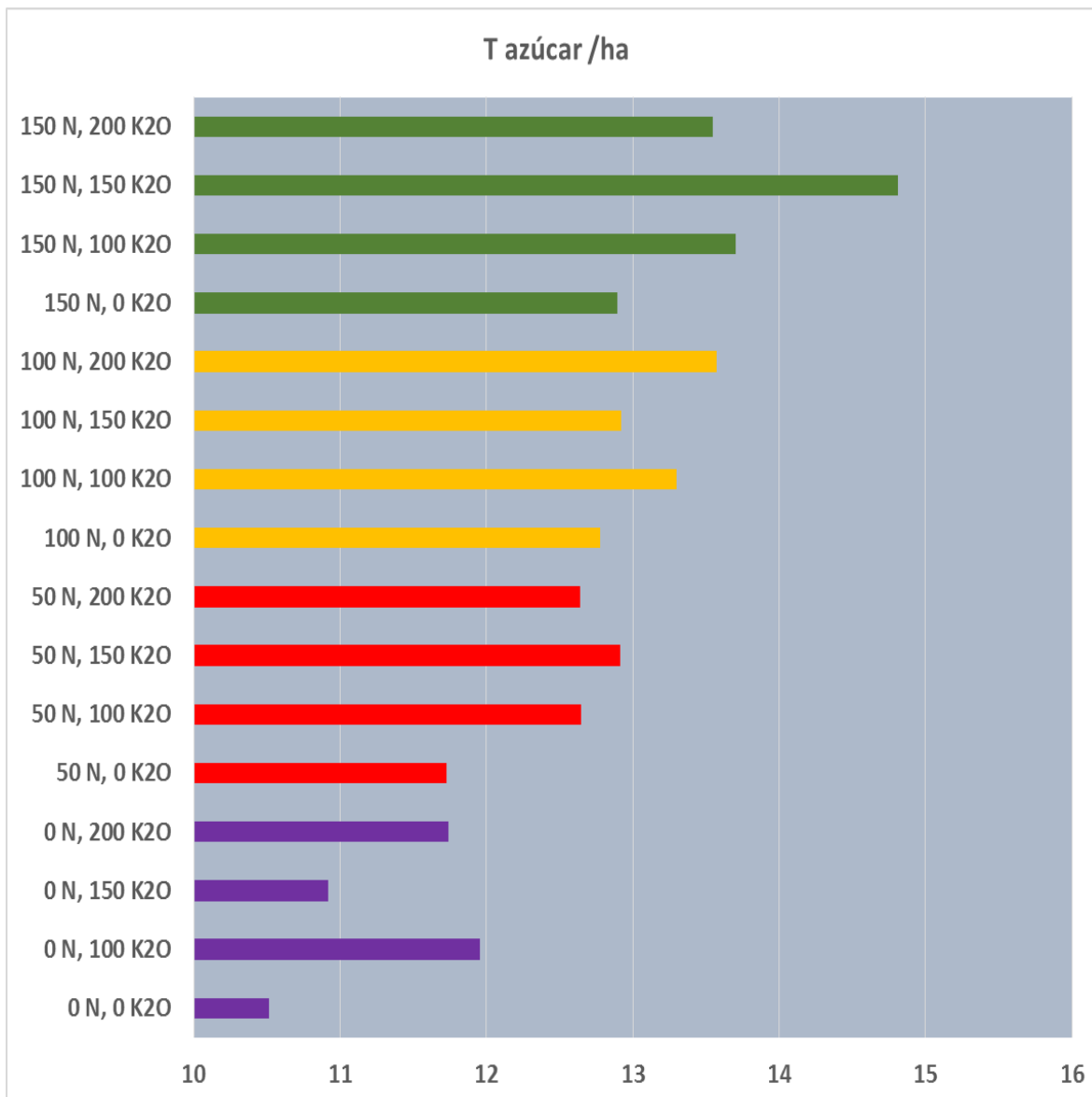
En el promedio de las 4 cosechas, como se observa en la Figura 4, respecto a las dosis de Nitrógeno el tratamiento más productivo fue con la dosis de 150 kg/ha, en una clara respuesta positiva de este nutrimento respecto al testigo sin Nitrógeno. En la Figura 5, se evidencia una clara respuesta del Potasio y una producción de azúcar similar a partir de los 100 kg/ha de este elemento. En la interacción de ambos nutrimentos (Figura 6), se observa como el tratamiento de 150 kg de Nitrógeno y Potasio después de 4 cosechas se presentó como la mejor alternativa para estos suelos.



**Figura 4. Producción de azúcar (t/ha) obtenida con las dosis crecientes de Nitrógeno en el Pacífico Norte (Promedio 4 Cosechas).**



**Figura 5. Producción de azúcar (t/ha) obtenida con las dosis crecientes de Potasio en el Pacífico Norte (Promedio 4 Cosechas).**



**Figura 6. Producción de azúcar (t/ha) obtenida con la interacción de diferentes dosis crecientes de Nitrógeno y Potasio en el Pacífico Norte (Promedio 4 Cosechas).**

#### **ANÁLISIS ECONÓMICO.**

El análisis económico se fundamentó en costos promedios y no específicos de una región o en una condición particular de manejo, para ello si se desea es posible modificar cualquier variable; sin embargo, las diferencias siempre serán válidas. En el siguiente Cuadro 5 se presenta un análisis económico de los diferentes tratamientos, observándose en forma general que el mayor beneficio económico se alcanzó con los tratamientos de 150 kg de Nitrógeno y Potasio y en un segundo lugar con 100 kg de Nitrógeno y Potasio por hectárea.

**Cuadro 5.**

**Análisis económico aplicado al promedio obtenido con la interacción de diferentes dosis crecientes de Nitrógeno y Potasio en el Pacífico Norte.**

Tratamientos	Producción t /ha Azúcar	Ingreso ¢ /ha	Producción Caña t /ha	Cosecha costo /t	Costo fertilizante / ha	Total costos variables	Costos fijos	Beneficio neto
0 N, 0 K <sub>2</sub> O	10,52	¢1.913.730,00	88,04	¢669.104,00	¢0,00	¢669.104,00	¢686.626,80	¢557.999,20
0 N, 100 K <sub>2</sub> O	11,96	¢2.175.810,00	96,99	¢737.143,00	¢43.000,00	¢780.143,00	¢686.626,80	¢709.040,20
0 N, 150 K <sub>2</sub> O	10,92	¢1.987.440,00	88,52	¢672.733,00	¢64.500,00	¢737.233,00	¢686.626,80	¢563.580,20
0 N, 200 K <sub>2</sub> O	11,74	¢2.137.135,00	95,00	¢721.962,00	¢86.000,00	¢807.962,00	¢686.626,80	¢642.546,20
50 N, 0 K <sub>2</sub> O	11,73	¢2.133.950,00	98,53	¢748.847,00	¢27.350,00	¢776.197,00	¢686.626,80	¢671.126,20
50 N, 100 K <sub>2</sub> O	12,65	¢2.301.845,00	102,58	¢779.627,00	¢70.350,00	¢849.977,00	¢686.626,80	¢765.241,20
50 N, 150 K <sub>2</sub> O	12,92	¢2.350.530,00	104,71	¢795.777,00	¢91.850,00	¢887.627,00	¢686.626,80	¢776.276,20
50 N, 200 K <sub>2</sub> O	12,64	¢2.300.025,00	103,52	¢786.714,00	¢113.350,00	¢900.064,00	¢686.626,80	¢713.334,20
100 N, 0 K <sub>2</sub> O	12,78	¢2.325.505,00	110,63	¢840.769,00	¢54.700,00	¢895.469,00	¢686.626,80	¢743.409,20
100 N, 100 K <sub>2</sub> O	13,30	¢2.420.600,00	107,68	¢818.330,00	¢97.700,00	¢916.030,00	¢686.626,80	¢817.943,20
100 N, 150 K <sub>2</sub> O	12,92	¢2.351.440,00	105,53	¢802.047,00	¢119.200,00	¢921.247,00	¢686.626,80	¢743.566,20
100 N, 200 K <sub>2</sub> O	13,57	¢2.470.195,00	110,07	¢836.532,00	¢140.700,00	¢977.232,00	¢686.626,80	¢806.336,20
150 N, 0 K <sub>2</sub> O	12,90	¢2.347.345,00	107,90	¢820.021,00	¢82.050,00	¢902.071,00	¢686.626,80	¢758.647,20
150 N, 100 K <sub>2</sub> O	13,70	¢2.493.855,00	120,74	¢917.586,00	¢125.050,00	¢1.042.636,00	¢686.626,80	¢764.592,20
150 N, 150 K <sub>2</sub> O	14,81	¢2.695.420,00	123,87	¢941.374,00	¢146.550,00	¢1.087.924,00	¢686.626,80	¢920.869,20
150 N, 200 K <sub>2</sub> O	13,55	¢2.465.190,00	113,36	¢861.498,00	¢168.050,00	¢1.029.548,00	¢686.626,80	¢749.015,20
<b>Precio Fertilizante Kg nitrógeno = ¢547</b>			<b>Costo cosecha /t = ¢7600</b>		<b>Tipo cambio \$ US = ¢567</b>			
	<b>kg Potasio = ¢430</b>		<b>Precio azúcar / kg = ¢182</b>					

**RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA INTERACCIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO Y POTASIO EN LA REGIÓN NORTE (Cuarta Cosecha).**

El estudio se estableció en la finca “AGROCLISA “propiedad del Ingenio Cutris S A, San Carlos, provincia de Alajuela, a una altitud 70 msnm, una temperatura media anual 25,7°C, y una precipitación media anual de 2.750,5 mm. En el Cuadro 6, se presenta el análisis del suelo donde se estableció este estudio, observándose en general que es un suelo levemente ácido, tomando en cuenta el pH y la acidez, situación reflejada por los buenos contenidos

de bases cambiables donde sobresalen el Calcio y el Magnesio. El Fósforo por su parte se encuentra deficiente y valores relativamente altos de Hierro y Manganeso. En las relaciones catiónicas es de esperar desbalance por exceso de Calcio respecto al Potasio.

**Cuadro 6.**  
**Características químicas del suelo donde se ubicó el experimento, análisis previo al establecimiento del ensayo.**

Ubicación	pH	cmol(+)/L				mg/L				
		K	Ca	Mg	Acidez	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Lote 3	5,6	0,17	6,82	1,31	0,05	5	81	15	1,8	82
Lote 4	5,3	0,17	4,90	1,07	0,10	5	76	11	1,4	42
Lote 5	5,4	0,15	5,62	1,16	0,15	4	76	11	1,3	41
Lote 6	5,5	0,13	6,71	1,28	0,10	4	70	14	1,8	81
Promedio	<b>5,43</b>	<b>0,16</b>	<b>6,01</b>	<b>1,21</b>	<b>0,10</b>	<b>4,51</b>	<b>75,45</b>	<b>12,58</b>	<b>1,58</b>	<b>61,40</b>
Optimo	5,5 - 6,5	0,2	4	1	< 0,3	10	10	1	3	5

Las parcelas utilizadas fueron de 5 surcos de 8 metros de largo para un área total por parcela de 56 m<sup>2</sup> y la variedad cultivada fue B 77-95 por su amplia aceptación por parte de los productores. Para suplementar las dosis de Nitrógeno, se aplicó, NUTRÁN (Nitrato de Amonio 33,5% N) y, para el suministro de Potasio se utilizó como fuente el cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O). El detalle de los tratamientos se presenta en el siguiente Cuadro 7, donde se observa la combinación de cuatro dosis crecientes de Potasio (K<sub>2</sub>O) por cada dosis de Nitrógeno aplicada.

**Cuadro 7.**  
**Tratamientos utilizados en la evaluación de la interacción de Nitrógeno y Potasio en la Región Norte (Cutris).**

# tratamientos	Kg / ha Nitrógeno	Kg / ha Potasio
1	0	0
2	0	100
3	0	150
4	0	200
5	50	0
6	50	100
7	50	150
8	50	200
9	100	0
10	100	100
11	100	150
12	100	200
13	150	0
14	150	100
15	150	150
16	150	200

En el Cuadro 8 se presenta el resultado del análisis de varianza, donde se observa que se presentaron diferencias estadísticas significativas en las variables Rendimiento Industrial (kg azúcar/t caña) y producción de caña y azúcar (t/ha) en respuesta a las diferentes dosis de Nitrógeno. Con respecto a las dosis de Potasio se presentaron diferencias estadísticas significativas en las variables producción de caña y azúcar (t/ha), en la interacción de ambos nutrimentos no se presentaron diferencias en ninguna de las variables.

**Cuadro 8.**  
**Resultados del análisis de varianza aplicado a los diferentes tratamientos evaluados en el ensayo en la tercera cosecha en la Región Norte (Cuarta Cosecha).**

ANDEVA		% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Rend.Ind		t caña /ha		t az/ha	
Fuente variacion	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	2	1,44	0,01	1,21	0,01	5,23	0,29	0,12	1	308,46	0,2	242,43	0,02	9,86	0,02
Nitrogeno(A)	3	2,42	0	2,62	0	7,61	0,16	0,75	0,18	545,24	0,05	1.797,52	0	43,87	0
Potasio(B)	3	6,36	0	4,11	0	2,08	1	0,61	0,26	212,12	0,34	538,88	0	10,24	0,01
Interacción N*K	9	0,43	0,22	0,22	0,37	1,84	1	0,4	1	181,16	1	64,74	0,31	1,92	1
Error	30	0,3		0,2		4,1		0,43		183,71		52,37		2,13	
Total	47	42,05		30,57		178,95		20,89		10.030,70		9.647,70		263,3	
% CV		3,07		2,91		2,35		4,76		12,94		7,24		13,85	
Dosis / ha		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
0 kg Nitrogeno		17,29	b	14,67	b	85,55		13,58		95,12	ab	83,71	c	7,95	c
50 kg Nitrogeno		18,19	a	15,64	a	85,35		14,1		109,43	a	110,42	a	12,11	a
100 kg Nitrogeno		18,18	a	15,63	a	86,55		13,94		109,38	a	108,26	ab	11,86	ab
150 kg Nitrogeno		17,59	ab	15,13	b	87,02		13,62		105,18	a	97,32	ab	10,26	ab
Dosis / ha		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
0 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)		16,75	b	14,4	b	86,03		13,5		100,78		90,85	ab	9,17	ab
100 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)		17,97	a	15,41	a	86,2		14		107,14		100,52	a	10,82	a
150 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)		18,15	a	15,61	a	86,62		13,95		101,71		106,99	a	11,05	a
200 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)		18,38	a	15,65	a	85,61		13,8		109,48		101,34	a	11,14	a
Interacción( kg/ha)		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
0 N, 0 K <sub>2</sub> O		16,35		14,05		85,33		13,57		98,33		75,6		7,44	
0 N, 100 K <sub>2</sub> O		16,91		14,4		85,88		13,72		100,73		83,33		8,38	
0 N, 150 K <sub>2</sub> O		17,47		15,02		85,93		13,53		75,13		91,07		6,94	
0 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,41		15,19		85,06		13,52		106,27		84,82		9,05	
50 N, 0 K <sub>2</sub> O		16,92		14,54		85,38		13,61		101,77		100,59		10,23	
50 N, 100 K <sub>2</sub> O		18,57		15,96		85,66		14,1		111,67		112,2		12,53	
50 N, 150 K <sub>2</sub> O		18,86		16,21		86,87		14,83		113,43		112,8		12,8	
50 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,43		15,85		83,49		13,85		110,83		116,07		12,87	
100 N, 0 K <sub>2</sub> O		17,43		14,98		86,25		13,47		104,87		95,83		10,05	
100 N, 100 K <sub>2</sub> O		18,55		15,95		85,93		14,6		111,6		104,17		11,63	

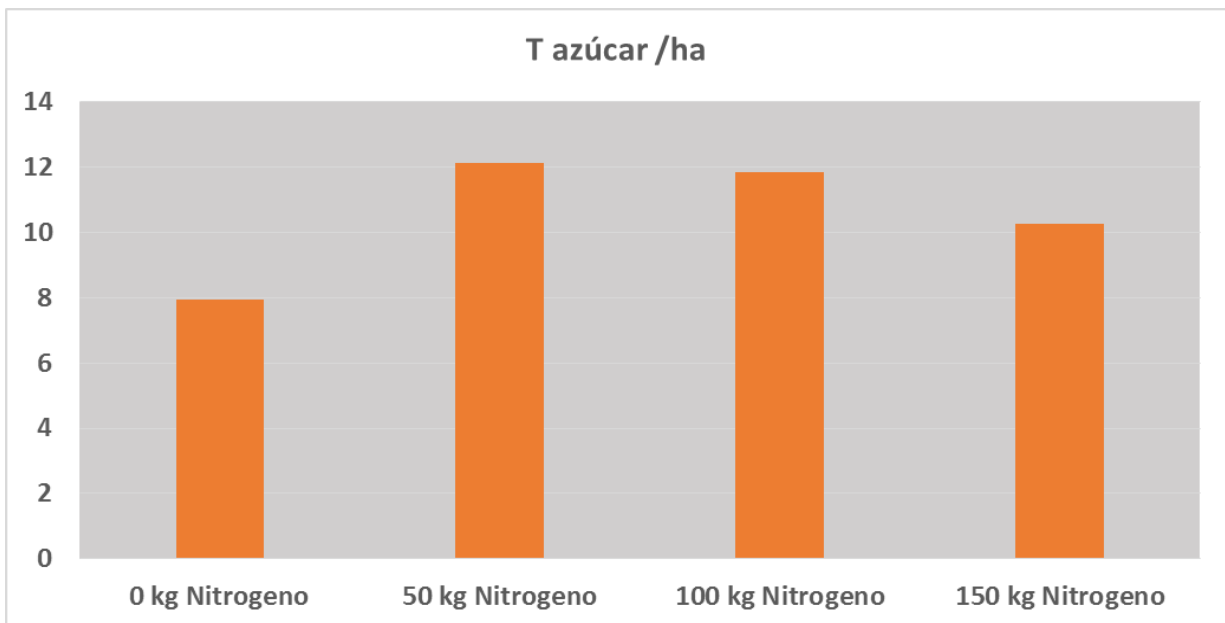
Como se observa en la Figura 7 para el rendimiento industrial las mejores dosis de Nitrógeno se presentaron con 50 y 100 kg de Nitrógeno/ha, mostrando en la prueba de medias (Tukey 5%) diferencias estadísticas significativas solamente con el tratamiento testigo. Esta misma situación se presentó en la producción de azúcar (t/ha) Figura 8 en la cual con estas dosis de Nitrógeno se alcanzó la mayor producción en esta variable.



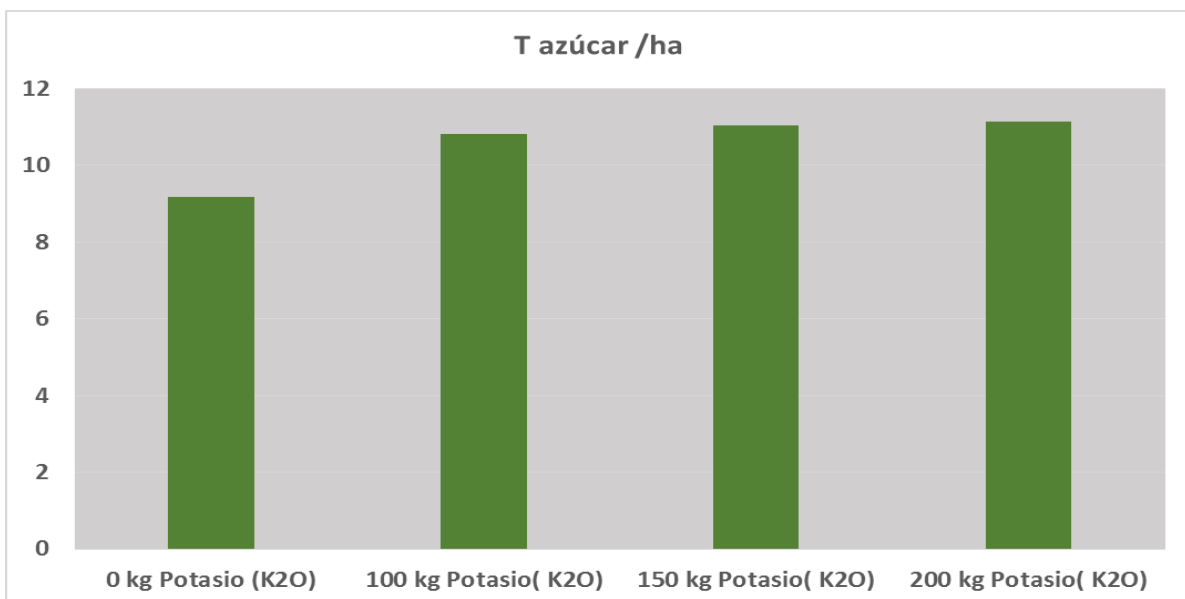
**Figura 7. Resultado de la respuesta productiva de las dosis de Nitrógeno en el Rendimiento Industrial (kg az/t caña) en la Región norte (cuarta cosecha).**

En esta misma variable las dosis de Potasio también presentaron diferencias en la prueba de medias (Figura 9), donde las dosis de más de 100 kg/ha de  $K_2O$  presentaron la mayor producción respecto al testigo. En la Figura 10 se presenta el resultado de la interacción entre las dosis de Nitrógeno y Potasio, donde se observa una tendencia creciente en respuesta del incremento de las dosis de Potasio y como entre las dosis de 100 y 150 kg de Nitrógeno se concentra la mayor producción de azúcar/ha. Resalta el hecho de que independientemente de la dosis de Nitrógeno la mayor producción se logra con la dosis de 150 kg de Potasio.

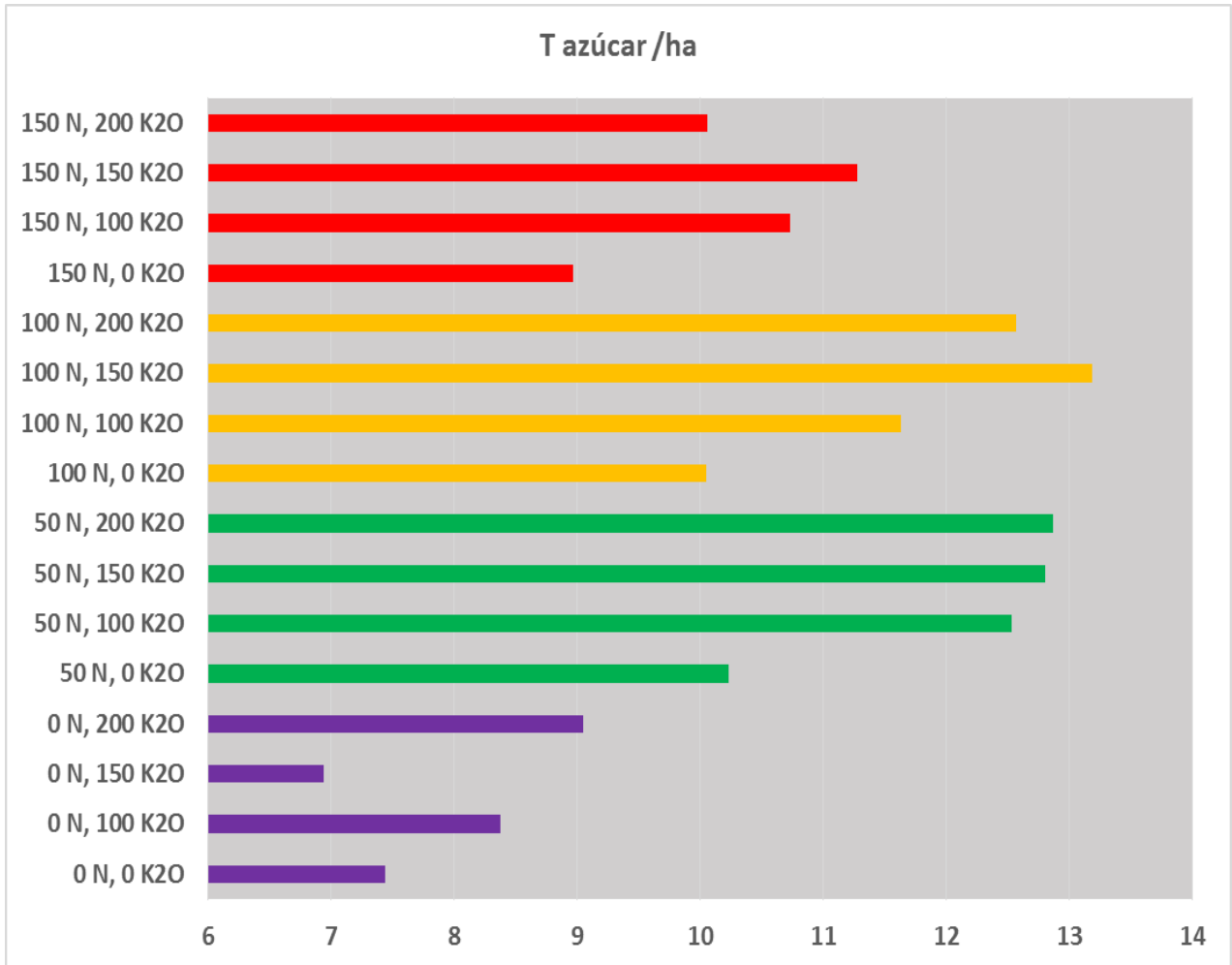
En conclusión es importante considerar con base en estos resultados que para esta región se debe considerar en los programas de fertilización no sobrepasar la dosis de 100 kg/ha de Nitrógeno.



**Figura 8. Resultado de la respuesta productiva de las dosis de Nitrógeno en la producción de azúcar por hectárea en la Región Norte (Cuarta Cosecha).**



**Figura 9. Resultado de la respuesta productiva de las dosis de Potasio en la producción de azúcar por hectárea en la Región Norte (Cuarta Cosecha).**



**Figura 10. Resultado de la interacción entre las dosis de Nitrógeno y Potasio en la producción de azúcar por hectárea en la Región Norte. (Cuarta Cosecha)**



## RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA INTERACCIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO Y POTASIO EN TURRIALBA. Segunda Cosecha.

Este ensayo se estableció en finca del CATIE y el diseño utilizado fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Las parcelas utilizadas fueron de 5 surcos de 7 metros de largo para un área total por parcela de 59,5 m<sup>2</sup>, distanciados los surcos entre sí a 1,7 m. Para suplementar las dosis de Nitrógeno se aplicó, NUTRÁN (Nitrato de Amonio 33,5% N) y, para el suministro de potasio se utilizó como fuente Cloruro de Potasio (60% K<sub>2</sub>O). El detalle de los tratamientos se presenta en el siguiente Cuadro 9. Al momento de la siembra se aplicó al fondo del surco la fórmula 11-52-0 en la dosis de 288,46 kg/ha para suplir al cultivo el equivalente a 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; cantidad que correspondió a 31,73 kg de Nitrógeno adicionados al momento de la siembra, el faltante de Nitrógeno para cubrir las dosis según cada tratamiento se agregó por medio del fertilizante NUTRÁN (33,5%), fraccionado por igual en la segunda y tercera fertilización. En caso del Potasio se agregó un 50% de la dosis en la segunda fertilización (45 días después de la siembra) y el otro 50% en la tercera fertilización (90 días después de la siembra) utilizando la fuente de cloruro de potasio KCL (60%). La variedad utilizada fue B 76-259 por su importancia en esta región.

**Cuadro 9.**  
**Tratamientos utilizados en la evaluación de la interacción de Nitrógeno y Potasio en la Región Sur.**

# tratamientos	Kg / ha Nitrógeno	Kg / ha Potasio
1	0	0
2	0	100
3	0	150
4	0	200
5	50	0
6	50	100
7	50	150
8	50	200
9	100	0
10	100	100
11	100	150
12	100	200
13	150	0
14	150	100
15	150	150
16	150	200

En el Cuadro 10 se presenta la condición de fertilidad del suelo donde se estableció el ensayo, observándose condiciones de una alta acidez típica de estos suelos, y por lo tanto bajos contenidos de bases cambiables, sobresaliendo entre ellas el Potasio, por lo que es de esperar una respuesta positiva a la aplicación de este elemento.

**Cuadro 10.**  
**Resultado del análisis químico de suelo realizado previo al establecimiento del ensayo.**

		cmol(+) / l				mg / l				
	Ph	Acidez	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Valores	4,6	2,01	2,48	0,52	0,17	6	160	21	1	55
óptimo	5,5 -6,5	0,3	4 -20	1 - 10	0,2 - 15	10 - 40	10 -50	1 - 20	3 . 15	5 - 50

**Cuadro 11.**  
**Resultado del análisis físico de suelo realizado previo al establecimiento del ensayo.**

Profundidad	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TEXTURA
0-20	43,2	18,3	38,5	Franco arcilloso

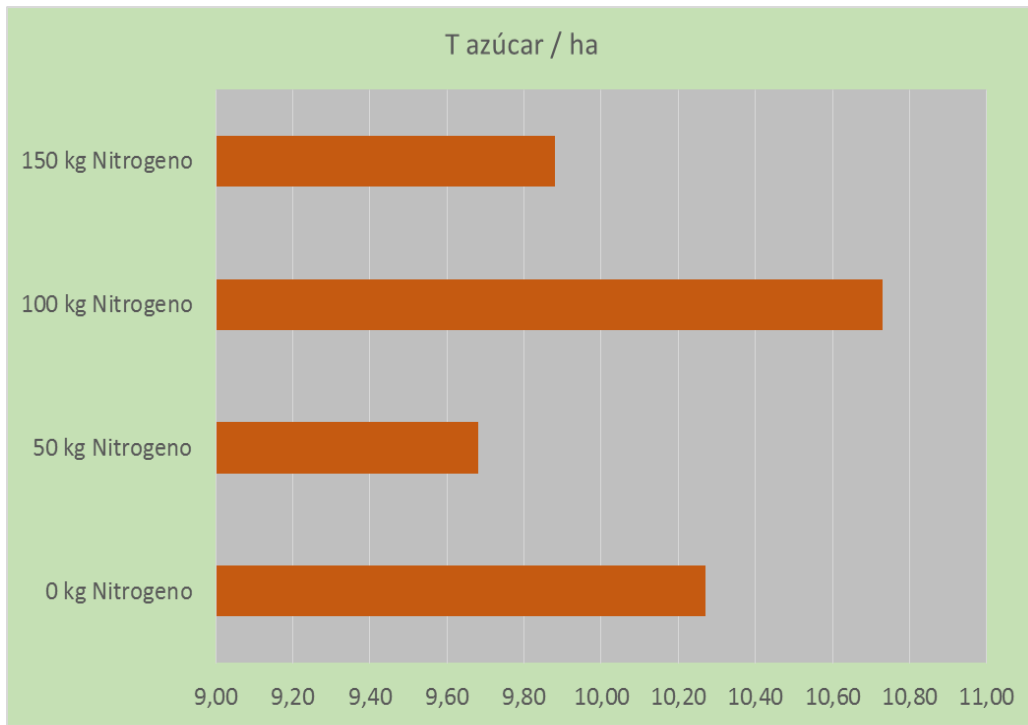
En el Cuadro 12 se presenta el resultado del análisis de varianza realizado a las variables evaluadas en esta cosecha, observándose que se presentaron diferencias estadísticas significativas en las variables producción de caña y azúcar (t/ha) solamente en la las dosis de Potasio no así con las dosis de Nitrógeno y la interacción de Potasio.

Como se observa en ambas variables en la prueba de medias (Tukey 5%) las diferencias estadísticas fueron respecto al tratamiento testigo, así se observa en las Figuras 11 y 12 donde la mejor dosis de Nitrógeno fue de 100 kg /ha y de 100 o 150 kg de Potasio por hectárea.

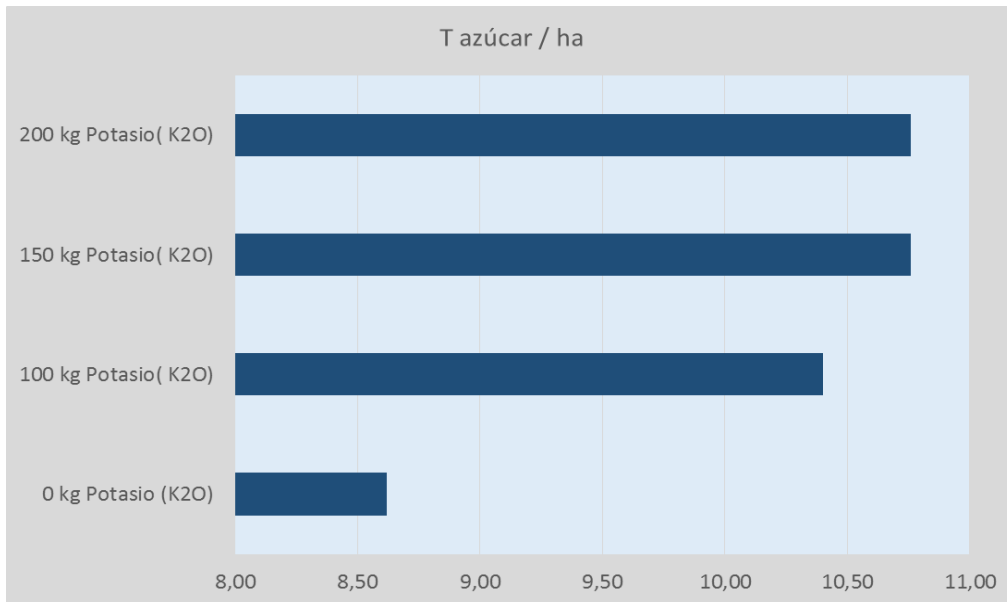
De acuerdo a la interacción entre estos nutrimentos (Figura 13), se observa en forma general una correlación positiva con el incremento en las dosis de Potasio, sobresaliendo la dosis de 150 kg de Nitrógeno y 200 kg de Potasio por hectárea como la de mayor producción de azúcar (t/ha).

**Cuadro 12.**  
**Resultados del análisis de varianza aplicado a los tratamientos evaluados**  
**en este experimento en caña planta. Turrialba (Segunda Cosecha).**

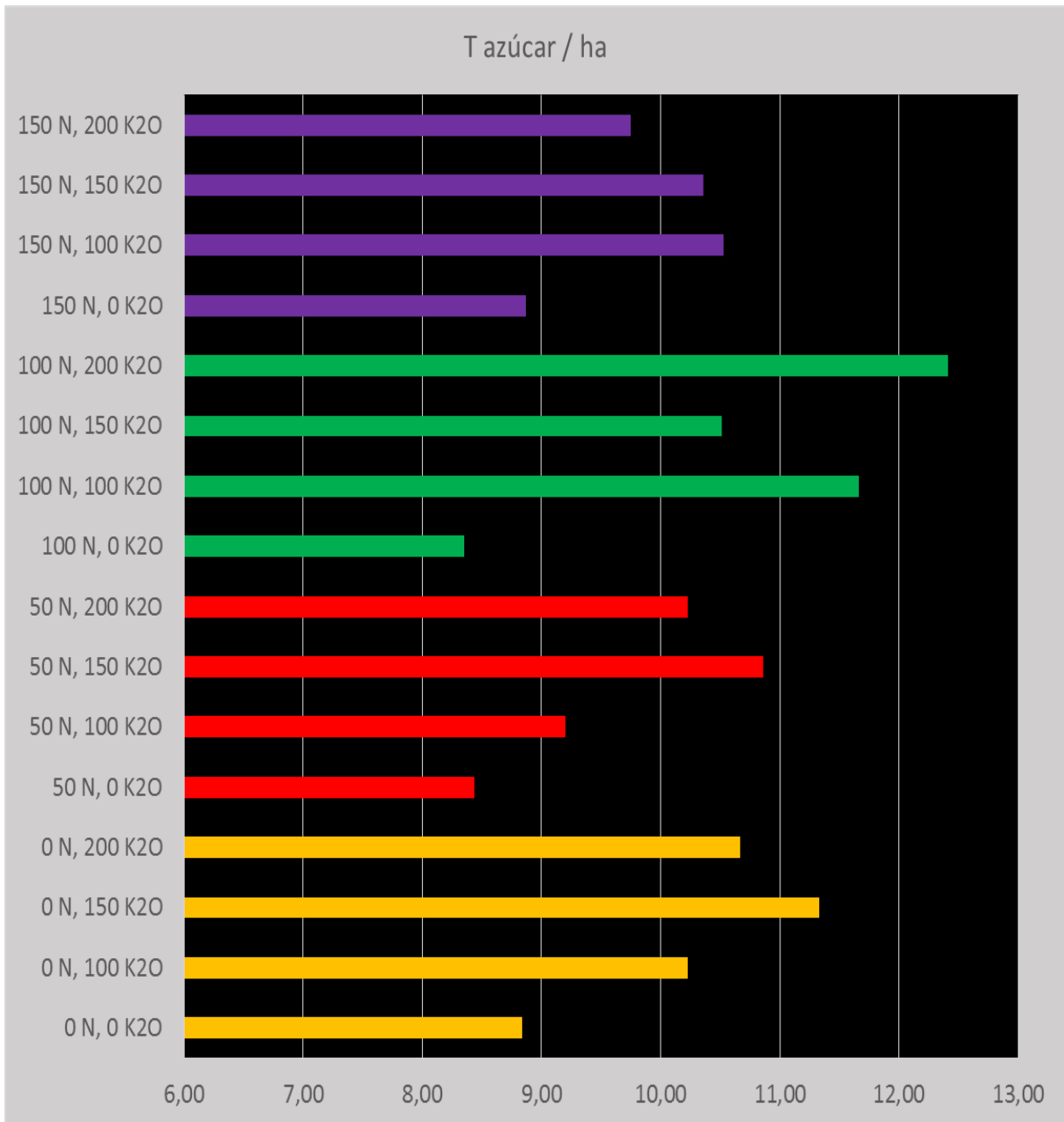
ANDEVA	Fuente variación	% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Rend.Ind		t caña /ha		t az/ha		
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	
	Repeticiones	3	1,58	0,07	3,9	0	17,9	0,08	0,37	1	321,41	0	1.353,95	0	12,04	0,02
	Nitrogeno(A)	3	1,88	0,04	0,30	1,00	21,44	0,04	1,57	0,25	63,93	0,21	191,55	1,00	3,44	0,40
	Potasio(B)	3	0,29	1,00	0,13	1,00	3,48	1,00	0,28	1,00	11,60	1,00	1132,38	0,00	16,79	0,01
	Interacción N*K	9	0,50	1,00	0,72	0,26	5,16	1,00	1,66	0,18	75,56	0,08	88,11	1,00	2,36	1,00
	Error	45	0,63		0,55		7,38		1,12		40,61		215,34		3,40	
	Total	63	43,91		44,05		507,20		72,08		3698,46		18516,85		270,85	
	% CV		3,75		3,99		3,09		8,00		5,12		17,95		18,18	
	<b>Nitrógeno</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	
	0 kg Nitrogeno	21,40	a	18,62		87,01	b	13,02		124,92		82,11		10,27		
	50 kg Nitrogeno	20,66	a	18,52		89,69	a	13,23		125,63		77,26		9,68		
	100 kg Nitrogeno	21,29	a	18,65		87,61	ab	13,00		125,65		85,69		10,73		
	150 kg Nitrogeno	20,90	a	18,35		87,81	ab	13,67		121,46		82,00		9,88		
	<b>Potasio</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	
	0 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)	21,02		18,56		88,27		13,24		124,60		69,43	b	8,62	b	
	100 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)	20,89		18,47		88,49		13,04		124,81		83,44	a	10,40	a	
	150 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)	21,20		18,65		87,95		13,33		125,08		86,53	a	10,76	a	
	200 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)	21,13		18,46		87,42		13,31		123,17		87,66	a	10,76	a	
	<b>Interacción( N K)</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	
	0 N, 0 K <sub>2</sub> O	21,53		18,78		87,22		13,28		125,27		70,38		8,84		
	0 N, 100 K <sub>2</sub> O	20,96		18,42		87,83		12,68		125,30		81,30		10,23		
	0 N, 150 K <sub>2</sub> O	21,76		18,83		86,51		13,37		124,76		91,05		11,33		
	0 N, 200 K <sub>2</sub> O	21,34		18,46		86,50		12,75		124,36		85,72		10,67		
	50 N, 0 K <sub>2</sub> O	20,76		18,47		88,98		12,92		125,50		67,44		8,44		
	50 N, 100 K <sub>2</sub> O	20,12		18,10		90,14		13,32		122,41		75,76		9,20		
	50 N, 150 K <sub>2</sub> O	21,06		19,33		91,77		13,28		133,18		81,51		10,86		
	50 N, 200 K <sub>2</sub> O	20,71		18,20		87,89		13,39		121,43		84,33		10,23		
	100 N, 0 K <sub>2</sub> O	20,86		18,39		88,09		13,96		120,97		69,75		8,35		
	100 N, 100 K <sub>2</sub> O	21,63		18,88		87,31		12,68		128,02		90,97		11,66		
	100 N, 150 K <sub>2</sub> O	21,43		18,72		87,32		13,03		125,80		83,99		10,51		
	100 N, 200 K <sub>2</sub> O	21,24		18,63		87,72		12,33		127,83		98,07		12,41		
	150 N, 0 K <sub>2</sub> O	20,94		18,60		88,79		12,82		126,66		70,17		8,87		
	150 N, 100 K <sub>2</sub> O	20,87		18,48		88,69		13,47		123,53		85,72		10,53		
	150 N, 150 K <sub>2</sub> O	20,57		17,74		86,22		13,63		116,58		89,58		10,36		
	150 N, 200 K <sub>2</sub> O	21,22		18,58		87,56		14,78		119,08		82,52		9,75		



**Figura 11. Resultado de la respuesta productiva de las dosis de Nitrógeno en la producción de azúcar por hectárea. Turrialba (Segunda Cosecha).**



**Figura 12. Resultado de la respuesta productiva de las dosis de Potasio en la producción de azúcar por hectárea. Turrialba (Segunda Cosecha).**



**Figura 13. Resultado de la interacción entre las dosis de Nitrógeno y Potasio en la Producción de azúcar por hectárea. Turrialba (segunda Cosecha).**

## **EVALUACIÓN DE DOSIS CRECIENTES DE FÓSFORO EN LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN NORTE. Cuarta Cosecha.**

La caña de azúcar por ser un cultivo de rápido crecimiento y con una alta capacidad de biomasa por unidad de área requiere de disponer de gran cantidad y variedad de nutrientes para poder cumplir con sus exigencias productivas. Entre los nutrientes más importantes se encuentra el Fósforo, el cual desempeña un papel determinante en la conformación del sistema radicular y la cepa.

En general la mayoría de los suelos donde se cultiva la caña de azúcar presenta serias deficiencias y el Fósforo agregado en la fertilización esta propenso a ser fijado por condiciones de una alta acidez. A nivel nacional se reporta que el 74 % de las muestras de suelos analizadas presentaron contenidos de Fósforo iguales o menores 10 ug/ml y específicamente en el cantón de San Carlos el 91% de las muestras presentan valores inferiores al nivel crítico.

Por este motivo el objetivo de este estudio fue valorar la respuesta productiva de la caña de azúcar a dosis crecientes de Fósforo en un suelo del orden Ultisol del cantón de San Carlos.

El estudio se estableció en la finca "AGROCLISA" propiedad del Ingenio Cutris S.A, , San Carlos, provincia de Alajuela, a una altitud 70 msnm, una temperatura media anual 25,7°C, y una precipitación media anual de 2.750,5 mm. En el siguiente Cuadro 13 se presenta el resultado del análisis de suelo de la zona del estudio, observándose en general que es un suelo levemente ácido tomando en cuenta el pH y la acidez, situación reflejada por los contenidos de bases cambiables donde sobresale el Calcio y el Magnesio. El Fósforo por su parte, se encuentra deficiente, por lo que es de esperar una respuesta positiva con este nutriente. En las relaciones catiónicas se presenta un desbalance por exceso de Calcio en relación al Potasio. Las variedades evaluadas fueron LAICA 04-825 y B77-95.

**Cuadro 13.**  
**Características químicas del suelo donde se ubicó el ensayo,**  
**análisis previo al establecimiento del ensayo.**

Ubicación	pH	cmol(+)/L				mg/L				
		K	Ca	Mg	Acidez	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Lote 3	5,6	0,17	6,82	1,31	0,05	5	81	15	1,8	82
Lote 4	5,3	0,17	4,90	1,07	0,10	5	76	11	1,4	42
Lote 5	5,4	0,15	5,62	1,16	0,15	4	76	11	1,3	41
Lote 6	5,5	0,13	6,71	1,28	0,10	4	70	14	1,8	81
<b>Promedio</b>	<b>5,43</b>	<b>0,16</b>	<b>6,01</b>	<b>1,21</b>	<b>0,10</b>	<b>4,51</b>	<b>75,45</b>	<b>12,58</b>	<b>1,58</b>	<b>61,40</b>
Optimo	5,5 - 6,5	0,2	4	1	< 0,3	10	10	1	3	5

En el Cuadro 14 se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado a las variables evaluadas en este ensayo, observándose que se presentaron diferencias estadísticas significativas en las variables industriales con respecto a las variedades donde en el rendimiento industrial (kg azúcar/t caña) la variedad B 77-95 supero a la variedad LAICA 04-825, por lo que en las variables de producción de caña y azúcar (t/ha) presentaron diferencias positivas en la variedad B 77-95.

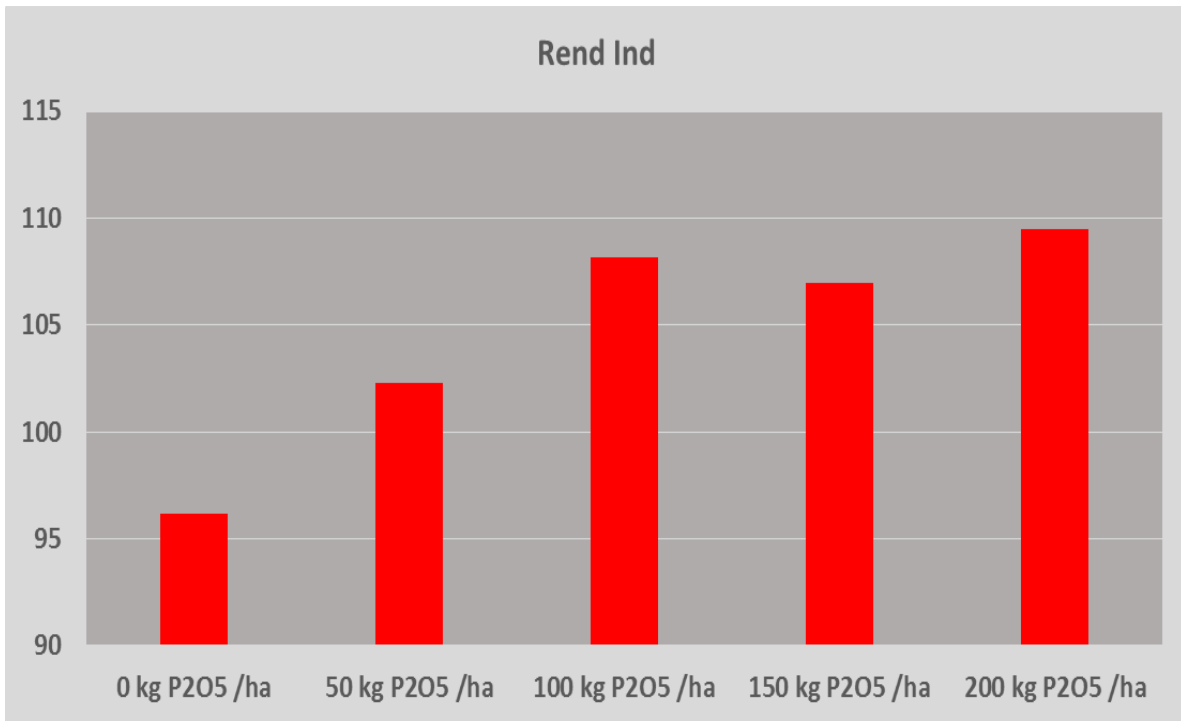
En el rendimiento industrial también se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las diferentes dosis de Fósforo, donde de acuerdo a la prueba de medias (Tukey 5%) los tratamientos superiores a 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha presentaron los mayores rendimientos de azúcar así se observa en la Figura 14.

Respecto a la interacción variedades y dosis de Fósforo al igual que en las cosechas anteriores, no se presentaron diferencias estadísticas significativas y como se observa en la Figura 16 se evidenció una respuesta positiva después de cuatro cosechas y sobre todo en la variedad B 77-95 a las aplicaciones del elemento Fósforo al igual de como sucedió en la cosecha anterior.

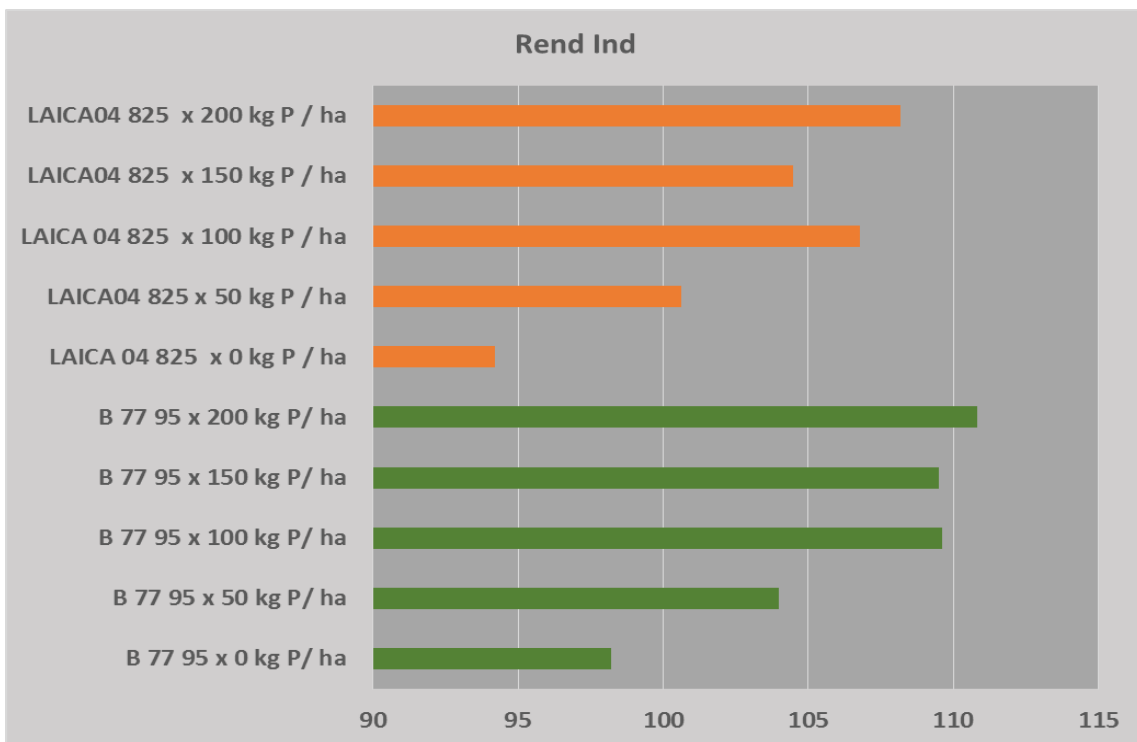
El mantener una respuesta productiva de este importante nutrimento aplicado a la siembra, ofreciendo un mayor rendimiento de azúcar al menos hasta una cuarta cosecha, revela claramente lo rentable de la aplicación de este nutrimento en cantidades importantes al momento de la siembra.

**Cuadro 14.**  
**Resultado del análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales**  
**estudiadas en este ensayo. San Carlos (Cuarta Cosecha).**

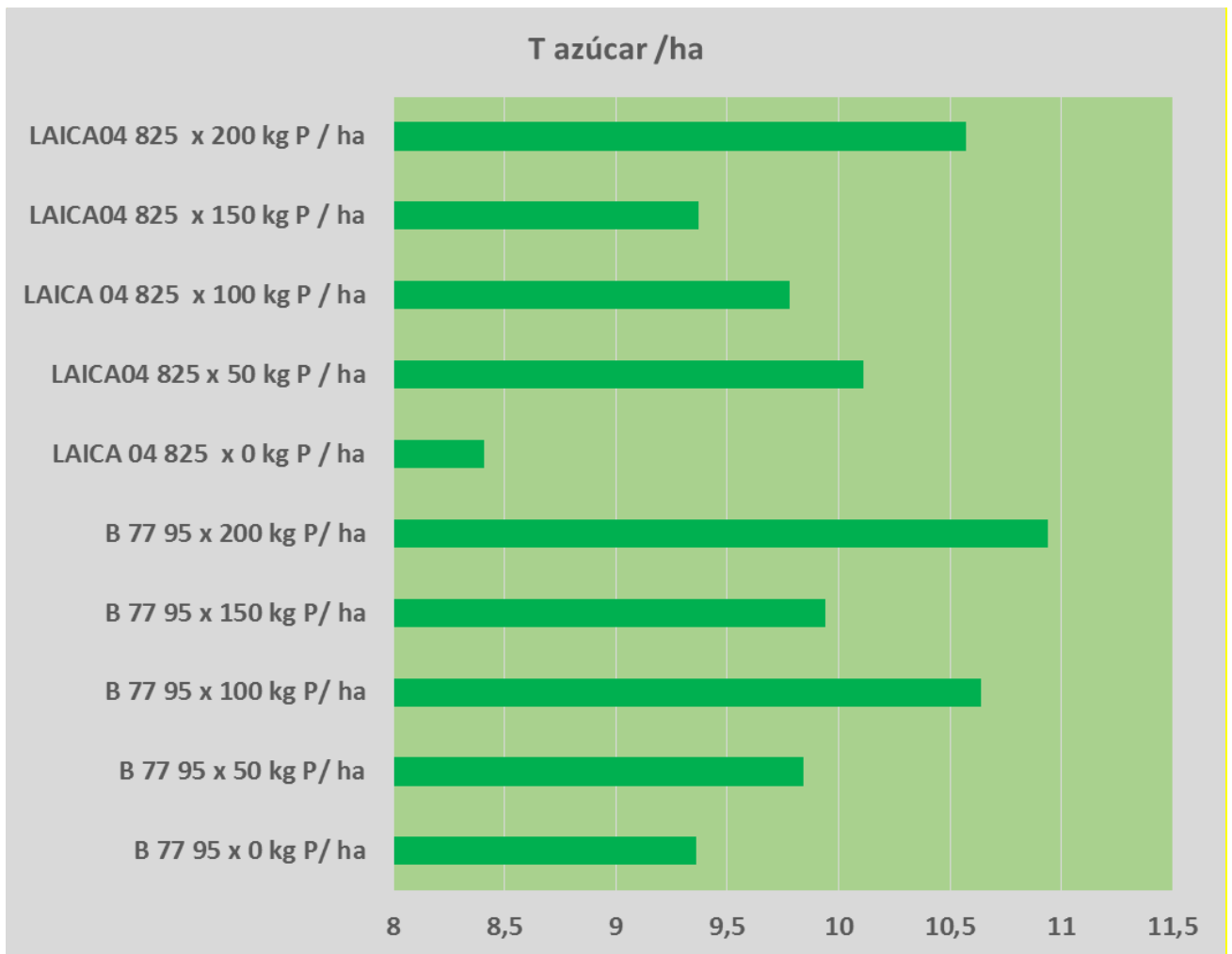
ANDEVA		% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Rend Ind		t caña/ha		t azúcar/ha	
Fvaicación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	3	0,31	0,23	0,23	0,23	5,12	1	0,02	1	10,05	0,25	161,42	0,34	1,73	1
Variedades	1	3,39	0	2,55	0	0,89	1	4,08	0	127,7	0	22,26	1	2,45	0,26
Dosis fósforo	4	6,55	0	4,83	0	1,27	1	0,09	1	236,65	0	94,75	1	3,86	0,12
Var x Dosis	4	0,05	1	0,04	1	3,03	1	0,04	1	1,88	1	44,46	1	0,47	1
Error	27	0,2		0,15		5,42		0,16		7,01		138,34		1,89	
Total (SC)	39	36,22		26,69		179,78		8,88		1.301,24		4.798,53		75,95	
% CV		2,59		2,57		2,72		2,82		2,53		12,46		13,89	
Tratamientos		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
B 77 95		17,67	a	15,19	a	85,37		13,67	b	106,42	a	95,15		10,14	
LAICA 04 825		17,09	b	14,69	b	85,67		14,31	a	102,85	b	93,66		9,65	
Dosis fósforo		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
0 kg P2O5/ha		15,97	c	13,74	c	85,19		13,94		96,2	c	92,08		8,88	
50 kg P2O5/ha		17,01	b	14,61	b	85,26		13,86		102,31	b	97,48		9,97	
100 kg P2O5/ha		17,98	a	15,46	a	86,18		14,14		108,18	a	94,31		10,21	
150 kg P2O5/ha		17,77	a	15,28	a	85,57		14,03		106,99	a	90,07		9,65	
200 kg P2O5/ha		18,18	a	15,63	a	85,38		13,98		109,5	a	98,1		10,75	
Interacción		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
B 77 95 x 0 kg P/ ha		16,31		14,03		84,76		13,62		98,2		94,87		9,36	
B 77 95 x 50 kg P/ ha		17,28		14,86		85,52		13,47		104		94,51		9,84	
B 77 95 x 100 kg P/ ha		18,21		15,66		86,31		13,77		109,59		97,1		10,64	
B 77 95 x 150 kg P/ ha		18,18		15,63		85,96		13,7		109,5		90,63		9,94	
B 77 95 x 200 kg P/ ha		18,39		15,81		84,29		13,78		110,83		98,66		10,94	
LAICA 04 825 x 0 kg P/ ha		15,63		13,45		85,63		14,25		94,2		89,29		8,41	
LAICA04 825 x 50 kg P/ ha		16,73		14,36		85		14,24		100,63		100,45		10,11	
LAICA 04 825 x 100 kg P/ ha		17,75		15,26		86,05		14,51		106,78		91,52		9,78	
LAICA04 825 x 150 kg P/ ha		17,37		14,93		85,18		14,35		104,48		89,51		9,37	
LAICA04 825 x 200 kg P/ ha		17,98		15,46		86,48		14,17		108,18		97,55		10,57	



**Figura 14. Producción de azúcar (t/ha) en la tercera cosecha en respuesta a las variedades fertilizadas con las diferentes dosis de Fósforo aplicadas a la siembra.**



**Figura 15. Respuesta de dos variedades de caña a las diferentes dosis de Fósforo aplicadas a la siembra en San Carlos (Cuarta Cosecha).**



**Figura 16. Respuesta de la interacción de dos variedades de caña a las diferentes dosis de Fósforo aplicadas al momento de la siembra en San Carlos (Cuarta Cosecha).**



**RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR A LA APLICACIÓN DE  
DIFERENTES NUTRIMENTOS (N-P-K) DE LIBERACION CONTROLADA EN UN SUELO  
ULTISOL EN LA REGION SUR. Quinta Cosecha.**

La nutrición de los cultivos hoy día, enfrenta el reto de lograr el máximo aprovechamiento de los nutrientes aplicados al suelo, con el objetivo de alcanzar la mayor productividad y un menor costo en este rubro. Las pérdidas de nutrimentos en los suelos se incrementan con el deterioro progresivo de los suelos producto de la erosión, el lavado , lixiviación, volatilización y adsorción, además estas pérdidas se ven incrementadas por condiciones de clima y de suelo.

El desarrollo de nuevos fertilizantes llamados “*de liberación controlada*” permiten proveer a las plantas de los nutrimentos en forma gradual, impidiendo con ello su disponibilidad total e inmediata al cultivo en un momento en que este carece de la capacidad de absorber, transportar y metabolizar dichos nutrimentos. La utilización de este tipo de fertilizantes permitiría en teoría reducir las pérdidas mencionadas, cubriendo el suministro de elementos nutritivos al cultivo de acuerdo a la etapa de desarrollo en que este se encuentre.

Los suelos del orden Ultisol además de presentar deficiencias importantes de elementos nutritivos fundamentales para la caña de azúcar, muchos de estos están propensos a una alta fijación por lo que valorar la respuesta productiva de la caña de azúcar a este tipo de fertilizantes resulta imperativo. Por este motivo y con la finalidad de mejorar las técnicas de fertilización bajo esta modalidad se plantearon los siguientes objetivos.

- 1) Determinar el efecto de los fertilizantes de liberación controlada en comparación con los fertilizantes de rápida disponibilidad convencionales o solubles, en el rendimiento de la caña de azúcar en dos variedades comerciales.
- 2) Comparar si con el uso de diferentes épocas de aplicación de estos fertilizantes se logra una reducción en sus costos.

El ensayo se estableció en la finca “*El Porvenir*” con suelos del orden Ultisol perteneciente a CoopeAgri R.L. y ubicada en el distrito de San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón, a una altitud de 560 msnm, una temperatura media de 23,2°C y una precipitación media anual de

2.581 mm .El diseño utilizado en este estudio fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en arreglo de parcelas divididas. Las parcelas o unidades experimentales estuvieron constituidas por 5 surcos de 7 metros de largo separados a 1,5 metros entre sí, para un área de parcela de 52,5 m<sup>2</sup>.

En el Cuadro 15 se presenta la condición de fertilidad del suelo donde se estableció el ensayo, observándose condiciones de una alta acidez típica de estos suelos y por lo tanto bajos contenidos de bases cambiables, también muy bajas cantidades de Fósforo, por lo que es de esperar una respuesta positiva a la aplicación de estos nutrimentos.

**Cuadro 15.**  
**Resultado del análisis químico de suelo realizado en el lugar**  
**donde se estableció el ensayo.**

Elementos	pH	cmol(+)/ l					%	mg/ l				
	H <sub>2</sub> O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
Valores	5,44	0,48	3,83	0,50	0,08	4,90	10,48	4,60	2,84	5,90	276,50	2,30
Optimo	5,5	0,5	4	1	0,2	5	10-50	10	3	1	10	5

Los diferentes tratamientos se basaron en la utilización de diferentes fórmulas de fertilizantes, las llamadas solubles o tradicionales y las de liberación controlada identificada con las siglas “CRF” .Como se observa en el Cuadro 16, la composición química es variada y por lo tanto este estudio se basó en comparar los elementos N-P-K conformando paquetes de fertilización. En el Cuadro 17 se presenta el detalle de los tratamientos evaluados y la modalidad en la aplicación. Cada tratamiento fue evaluado en dos variedades comerciales **LAICA 05-805 y RB 98-710** reconocidas por su alta productividad en la Región Sur.

**El Tratamiento 1:** Se estructuró con base en una fórmula de lenta liberación (CRF), fraccionando la cantidad de nitrógeno (50%) y potasio (50%) en dos aplicaciones y cumpliendo con una reducción del fertilizante total de un 25% sugerida por el fabricante.

**Cuadro 16.**  
**Caracterización y composición de las diferentes fórmulas de fertilizantes**  
**aplicadas en el ensayo.**

Formula	Tipo de Formulaci3n	%							
		N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S	Zn	B
11-52-0	Soluble	11	52	0	0	0	0	0	
17-2-25-5-6,2-3,5	Soluble	17	2	25	5	0	6,2	3,5	
14-7-20-5-3,8-3,8-0,2	Soluble	14	7	20	5	3,8	3,8	0,2	
9-47-0	CRF	9	47	0					
43-0-0	CRF	43	0	0					
0-0-56	CRF	0	0	56					
Nitrato Amonio	Soluble	33,5							
KCL	Soluble			60					
13,5-26,1-12,1-0-0-0,6-0,28-0,4	CRF	13,5	26,1	12,1	0	0	0,6	0,28	0,4
19-2,1-27,7	CRF	19	2,1	27,7					
22,3-1,6-22,1-0,5-0,4-0,15-0,9	CRF	22,3	1,6	22,1	0,5	0,4	0,15	0,9	

**El Tratamiento 2:** Se constituy3 por la fertilizaci3n recomendada actualmente en la regi3n como testigo o de referencia, fraccionando una f3rmula 3nica en dos aplicaciones y sin reducci3n en la cantidad total, e incluyendo otros nutrimentos importantes para el cultivo.

**El Tratamiento 3:** Se dise1n3 como un comparativo del Tratamiento 1 pero utilizando formulas solubles fraccionadas en dos aplicaciones y sin reducci3n en las cantidades totales.

**En el Tratamiento 4:** Se conform3 utilizando una f3rmula completa de liberaci3n controlada (CRF) la cual contiene adem3s de N-P-K otros nutrimentos importantes para el cultivo.

**El Tratamiento 5:** Se aplic3 el 100% del nitr3geno y potasio en la primera fertilizaci3n, utilizando fuentes de lenta liberaci3n (CRF), sin reducci3n en la cantidad total de fertilizante.

**Cuadro 17.**  
**Fórmulas, cantidades y modalidades de aplicación de los fertilizantes**  
**evaluados en el estudio en la cuarta soca.**

TRATAMIENTO # 1 CRF ( 25 % Reducción)			Kg /ha					
Epoca	Formula	Kg /ha	N	P2O5	K2O	MgO	S	Zn
Fertilización Base			150		150			
Fertilización Base - 25 %			112,5		112,5			
Primera Fertilización	43-0-0	130,81	56,25					
Primera Fertilización	0-0-56	100,44			56,25			
Segunda Fertilización	43-0-0	130,81	56,25					
Segunda Fertilización	0-0-56	100,44			56,25			
		Total	112,5	0	112,5	0	0	0

TRATAMIENTO # 2 Fórmula soluble ( 0 % Reducción)			Kg /ha							
Epoca	Formula	Kg /ha	N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S	Zn	B
Fertilización Base			150		150					
Primera Fertilización	14-7-20-5-3,8-3,8-0,2	315	44,1	22,05	63	15,75	12	11,97	0,63	
Segunda Fertilización	14-7-20-5-3,8-3,8-0,2	315	44,1	22,05	63	15,75	12	11,97	0,63	
		Total	88,2	44,1	126	31,5	23,9	23,94	1,26	

TRATAMIENTO # 3 SOLUBLE			Kg /ha					
Epoca	Formula	Kg /ha	N	P2O5	K2O	MgO	S	Zn
Fertilización Base			150		150			
Primera Fertilización	Nitrato Amonio (33,5 %)	223,8	75					
Primera Fertilización	KCL (60 % K2O)	125			75			
Segunda Fertilización	Nitrato Amonio (33,5 %)	223,8	75					
Segunda Fertilización	KCL (60 % K2O)	125			75			
		Total	150	0	150	0	0	0

Continuación Cuadro 17 ...

TRATAMIENTO # 4 CRF			Kg /ha							
Epoca	Formula	Kg /ha	N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S	Zn	B
			150		150					
Primera Fertilización	22,3-1,6-22,1-0,5-0,4-0,15-0,9	201,7	45	3,22	44,57	1	0,8	2,11	0,32	1,81
Segunda Fertilización	22,3-1,6-22,1-0,5-0,4-0,15-0,9	201,7	45	3,63	44,57	1	0,8	2,11	0,32	1,81
		Total	90	6,85	89,14	2	1,6	4,22	0,64	3,62

TRATAMIENTO # 5 CRF ( 0 % Reducción)			Kg /ha					
Epoca	Formula	Kg /ha	N	P2O5	K2O	MgO	S	Zn
<b>Fertilización Base</b>			150		150			
Primera Fertilización	43-0-0	348,8	150					
Segunda Fertilización	0-0-56	267,8			150			
		Total	150	0	150	0	0	0

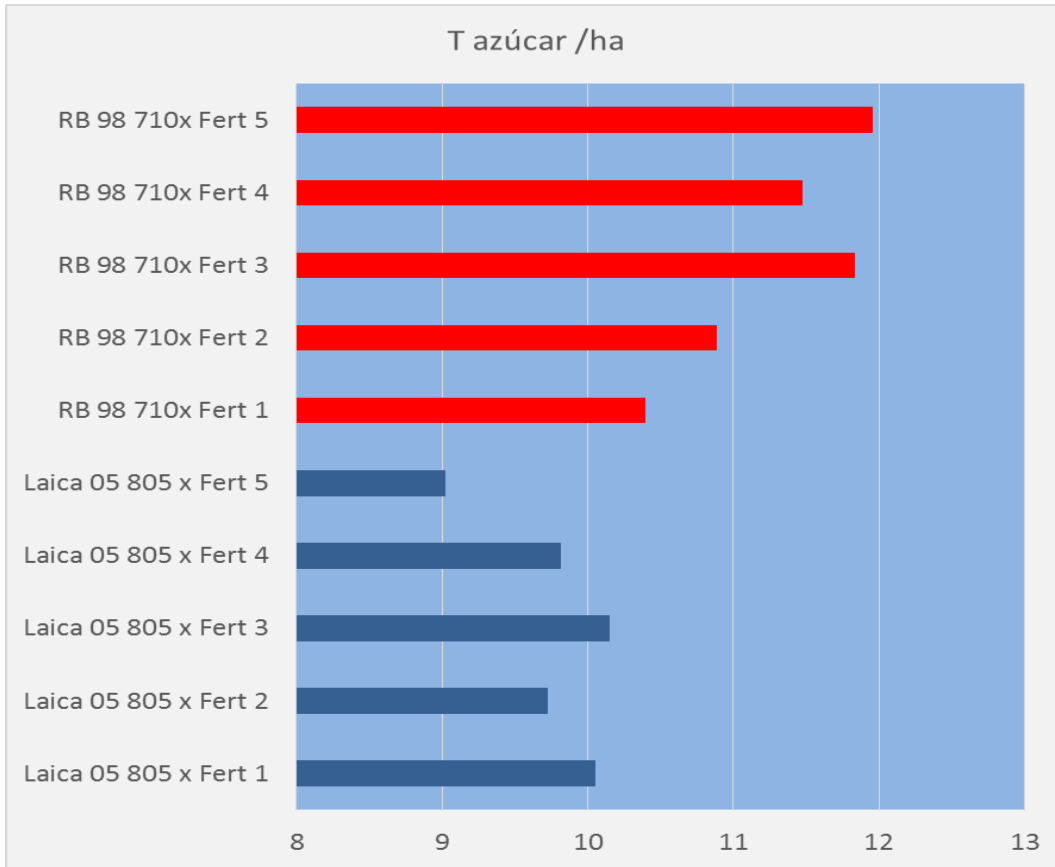
En el Cuadro 18 se presenta el resultado del análisis de varianza de las diferentes variables y tratamientos, donde se observa que en esta cosecha no se presentaron diferencias estadísticas significativas en todas las variables con excepción del porcentaje de fibra entre las variedades evaluadas.

En la Figura 17 se presenta la producción de azúcar (t/ha) por los diferentes paquetes de fertilización evaluados en las dos variedades. Como se observa en dicha figura en la variedad RB 98-710 los mejores resultados se presentaron con los fertilizantes o tratamientos #3 (con fertilizantes solubles) y #5 (correspondiente a fuentes de lenta liberación). En esta variedad el buen resultado del tratamiento #5 es satisfactorio en el sentido de que se presenta un ahorro en mano de obra al requerir solamente una aplicación del fertilizante. Sin embargo, queda demostrado que las variedades juegan un papel importante en la respuesta a la fertilización ya que la variedad LAICA 05-805 al ser de menor rendimiento se ve más afectada si no se realiza un fraccionamiento adecuado de los fertilizantes, independientemente del tipo aplicado soluble o de lenta liberación.

**Cuadro 18.**

**Análisis de varianza aplicado a los tratamientos en la cuarta cosecha del estudio.**

ANDEVA		% BRIX		% Pol		% Pureza		% Fibra		Rendi Ind		T caña /ha		% Tazúcar / ha	
F.variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Bloques	3	13,95	0,47	0,51	0,36	14.435,47	0,5	0,37	0,42	2,43	1	164,23	1	2,15	1
Variedad	1	4,52	1	0,16	1	13.496,44	1	11,56	0,01	161,05	0,06	977,33	0,12	24,38	0,07
Fertilizante	4	6,34	1	0,48	1	13.427,75	1	1,24	0,25	32,55	1	36,2	1	0,74	1
Interacción	4	7,31	1	0,95	0,23	14.244,94	0,42	0,47	1	11,16	1	88,79	0,39	1,79	1
Error a	3	12,7		0,32		14.225,49		0,29		18,75		217,34		3,18	
Error b	24	9,77		0,63		13.977,46		0,87		45,93		81,77		1,81	
Total SC	39	373,44		23,59		545.629,26		41,15		1.501,79		4.584,45		94,09	
% CV a		17,16		3,05		111,98		3,85		3,55		17,09		16,94	
% CV b		15,05		4,26		111		6,64		5,56		10,48		12,79	
Variedades		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
LAICA 05 805		21,11		18,59		88,14		14,54	a	119,93		81,31		9,75	
RB 98 710		20,44		18,72		124,88		13,46	b	123,94		91,2		11,31	
Fertilizante		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
Fertilizante 1		20,84		18,77		90,19		14,65		119,41		85,83		10,23	
Fertilizante 2		21,36		18,82		88,1		13,8		123,72		83,17		10,31	
Fertilizante 3		19,22		18,67		179,74		14,08		123,21		89		10,99	
Fertilizante 4		21,16		18,79		88,81		13,8		123,25		86,12		10,65	
Fertilizante 5		21,28		18,23		85,71		13,66		120,09		87,17		10,49	
Interacción		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
Laica 05 805 xFert 1		20,88		19,23		92,18		14,95		119,35		84,43		10,05	
Laica 05 805 xFert 2		21,07		18,68		88,66		14,4		121,17		80,19		9,73	
Laica 05 805 xFert 3		21,24		18,25		85,93		14,53		121,47		83,62		10,15	
Laica 05 805 xFert 4		20,97		18,86		89,92		14,73		120,54		81,38		9,82	
Laica 05 805 xFert 5		21,38		17,95		84,04		14,08		117,12		76,95		9,02	
RB 98 710xFert 1		20,81		18,31		88,21		14,35		119,48		87,24		10,4	
RB 98 710xFert 2		21,65		18,95		87,55		13,2		126,27		86,14		10,89	
RB 98 710xFert 3		17,2		19,1		273,56		13,63		124,94		94,38		11,84	
RB 98 710xFert 4		21,35		18,73		87,71		12,88		125,96		90,86		11,48	
RB 98 710xFert 5		21,18		18,51		87,39		13,25		123,07		97,38		11,96	



**Figura 17. Producción de azúcar (t/ha) en las dos variedades al aplicar los diferentes paquetes de fertilización evaluados en el ensayo.**



## **VALIDACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LA CAÑA DE AZÚCAR EN TURRIALBA (Primera y Segunda Cosecha).**

La caña de azúcar es un cultivo que por su alta producción materia seca anual, presenta una gran demanda de nitrógeno sin embargo por ser un cultivo de lento crecimiento, es necesario un suministro paulatino del nitrógeno de acuerdo a sus necesidades en el tiempo. Por este motivo el fraccionamiento ha sido una herramienta importante utilizada para cumplir con este objetivo, pero su costo es alto y en ocasiones resulta difícil realizar esta labor. Existen diversas formas de fuentes de nitrógeno de liberación controlada que han sido investigadas en el país y en esta región, resultados de varias cosechas y que requieren ser validadas en diferentes condiciones agroclimáticas de Turrialba. El objetivo planteado en este estudio fue: confirmar si los resultados obtenidos en la investigación realizada con este nutriente, replican y pueden ser incorporados en los programas de fertilización recomendados a los productores de esta región.

La prueba de validación se estableció el 19 de setiembre del 2017, en la finca agrícola del CATIE, ubicada en Turrialba, en un suelo del orden Ultisol. Se utilizaron 5 tratamientos de fertilizante, los cuales fueron los mejores de un ensayo experimental de fuentes de Nitrógeno (simples y de liberación lenta o controlada) realizado en finca Canadá, en Atirro Turrialba. Cada parcela está constituida por 5 surcos de 21 m de largo, espaciados a 1,7 m de ancho, para un área total de 178,5 m<sup>2</sup>. La variedad comercial empleada fue la B76-259, la cual es actualmente la de mayor área cultivada en la región.

Las dosis empleadas de cada una de las fuentes así como su concentración (% de Nitrógeno) y las épocas de aplicación se presentan en el Cuadro 19. Como fuente de Fósforo se utilizó la fórmula 10-50-0 a una dosis de 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, aplicada al fondo del surco al momento de la siembra. Como fuente de Potasio se utilizó KCL a una dosis equivalente de 150 kg/ha de K<sub>2</sub>O aplicado, en el ciclo de caña planta, todo en la tercera fertilización (a los 4 meses después de la siembra; mientras que en el ciclo soca fraccionado en la primera y segunda aplicación (2-4 meses después de la cosecha).

La primera cosecha se realizó, a los 19,5 meses de edad del cultivo pues la época de siembra no permitió un ciclo anual, este comportamiento de cosecha es normal en la región, debido

a que los aspectos disponibilidad de semilla y mano de obra, limitan planificar el ciclo planta para una cosecha de 12 meses. La segunda cosecha se realizó, a los 11,5 meses después de la primera cosecha o ciclo planta.

Las características químicas del suelo y del clima, son las mismas del ensayo interacción N-K, pues la prueba se ubica en el mismo lote experimental.

**Cuadro 19.**  
**Tratamientos aplicados en las parcelas de validación.**

Número	Fuente	Contenido de	Dosis / ha	Épocas de aplicación	
Tratamiento	nitrógeno	Nitrógeno	Nitrógeno	Ciclo planta	1ª Soca
1	Urea + Azufre	46%	110	2 y 4 meses	2 y 4 meses
2	Urea corriente	46%	110	2 y 4 meses	2 y 4 meses
3	Nitrato de amonio	33.5 %	110	2 y 4 meses	2 y 4 meses
4	Testigo (sin nitrógeno)		110	-	-
5	Nitro Xtend 100 %	46	110	2 y 4 meses	2 y 4 meses
6	Nitro Xtend 80 %	46	88	2 y 4 meses	2 y 4 meses

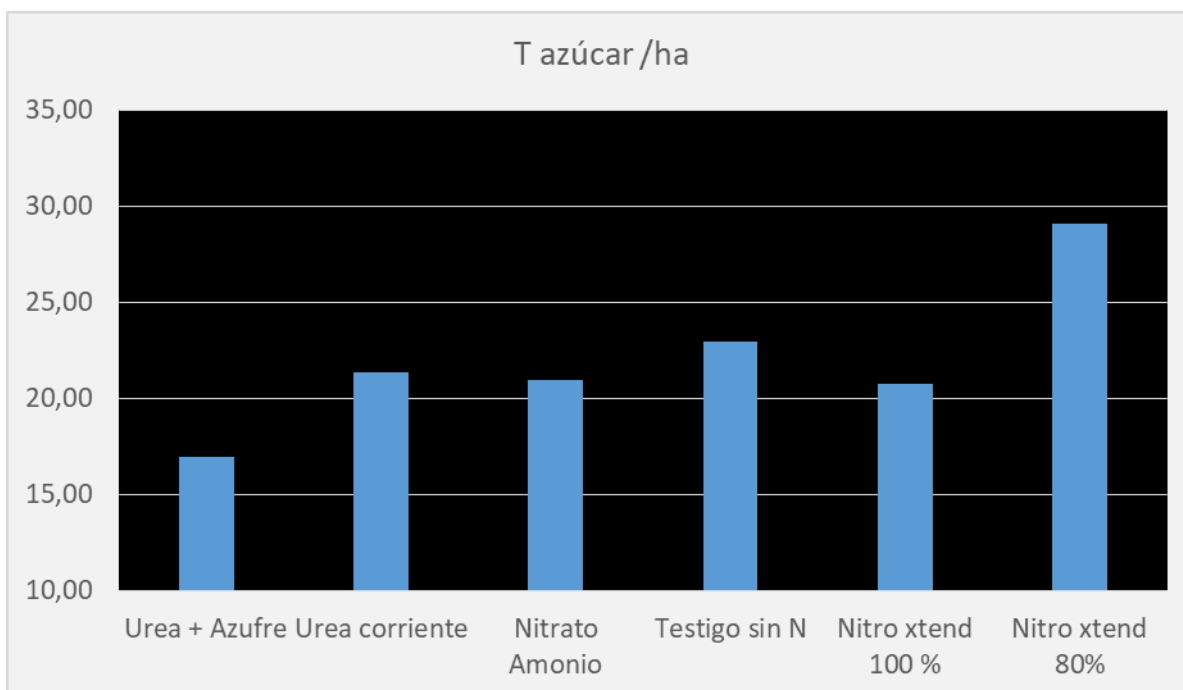
De acuerdo a los resultados obtenidos, en la primera cosecha realizada a una edad de 20 meses, se presenta en el siguiente Cuadro 20, donde la mayor producción de azúcar (t/ha) se obtuvo con el fertilizante Nitro Xtend con un 20% de reducción de la dosis de Nitrógeno general aplicada al cultivo, superando al tratamiento testigo sin Nitrógeno en un 26%.

En caña planta tradicionalmente la respuesta del Nitrógeno ha sido muy ambigua y por lo general poco determinante en la producción de caña, como se observa en el Cuadro 20 y Figura 18, los tratamientos con fuentes más solubles como el Nitrato de Amonio y Urea presentaron valores similares o inferiores al tratamiento testigo, evidenciando con ello los problemas de pérdidas de Nitrógeno que no se presentaron con el fertilizante Nitro Xtend. La ausencia de Nitrógeno promueve por lo general un mayor incremento en el rendimiento industrial (kg az/t caña), provocando en algunas ocasiones una mayor producción de azúcar (t/ha) como se puede apreciar en la Figura 19.

**Cuadro 20 .  
Resultados agroindustriales de la primera cosecha (20 meses)  
de los diferentes tratamientos evaluados en estas parcelas.**

					Rend. Ind.	t /ha		Relación	PRT
TRATAMIENTOS	Brix	Sac. %	Pureza	Fibra	kg Az/ t	Caña	Azúcar	Sacarosa	%
Urea + Azufre	22,12	20,8	94,03	13,42	143,09	118,49	16,95	6,99	73,84
Urea corriente	23,06	21,4	92,8	14,34	142,69	149,86	21,38	7,01	103,04
Nitrato Amonio	22,11	20,03	90,59	14,04	133,22	157,14	20,93	7,51	71,96
Testigo sin N	22,19	20,58	92,74	12,42	144,57	158,82	22,96	6,92	100,00
Nitro xtend 100 %	20,46	18,68	91,3	13,6	126,21	164,43	20,75	7,92	90,38
Nitro xtend 80%	20,84	19,43	93,23	13,47	132,99	218,77	29,09	7,52	126,71

**Figura 18. Resultado en la producción de caña por las parcelas tratadas con los diferentes tratamientos (Primera Cosecha)**

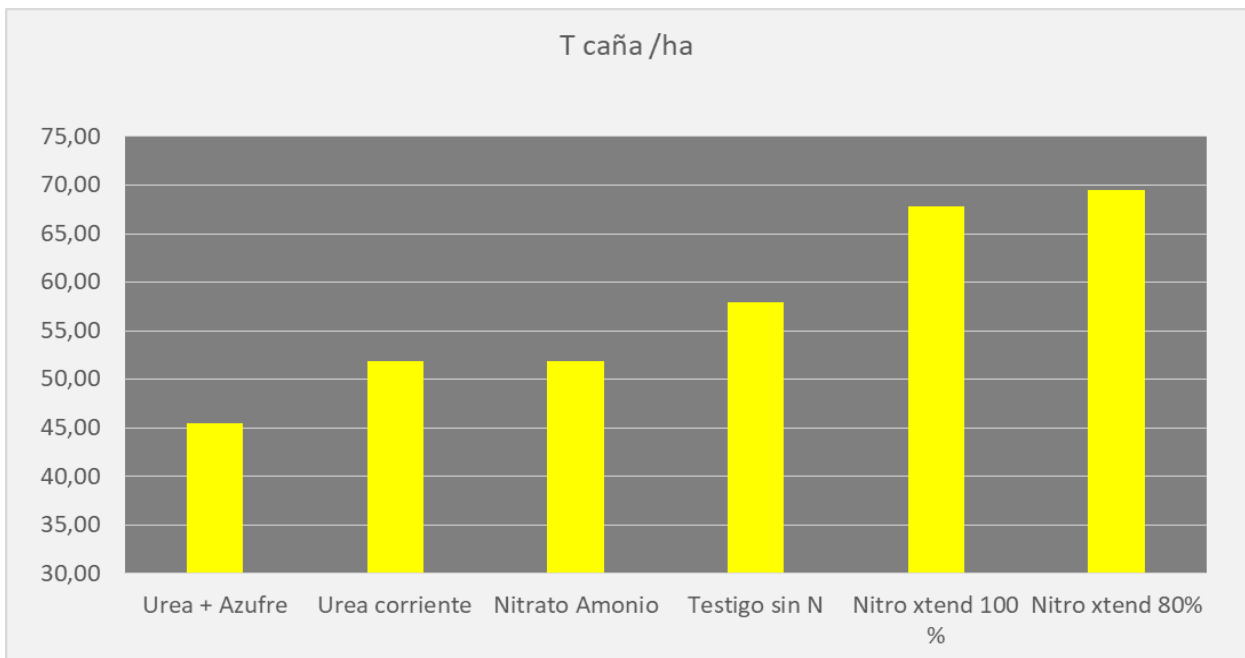


**Figura 19. Resultado en la producción de azúcar por las parcelas tratadas con los diferentes tratamientos (Primera Cosecha)**

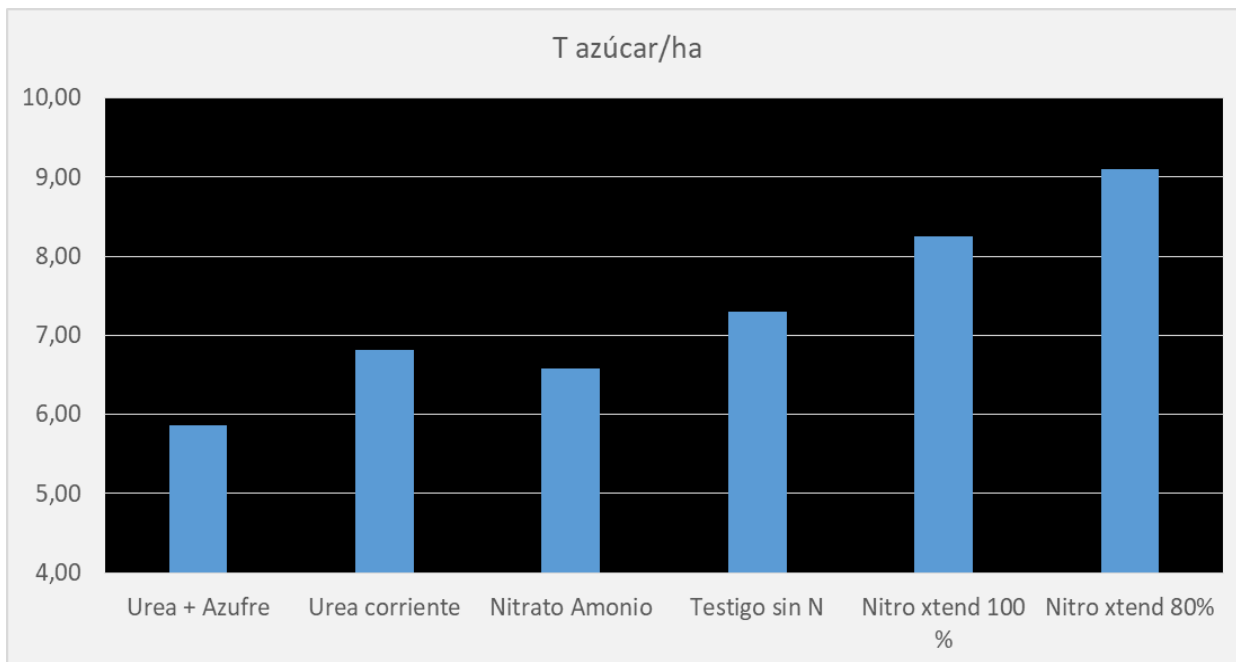
Los resultados de la segunda cosecha se presentan en el Cuadro 21 donde persistieron los resultados obtenidos en la primera cosecha por lo que el mejor tratamiento se presentó con Nitro Xtend, tanto en la variable producción de caña como en la producción de azúcar (t/ha).

**Cuadro 21 .  
Resultados agroindustriales de la segunda cosecha (12 meses) de los diferentes  
tratamientos evaluados en estas parcelas.**

TRATAMIENTOS	Brix	Sac. %	Pureza	Fibra	Rend. Ind.	t /ha		Relación	PRT
					kg Az/ t	Caña	Azúcar	Sacarosa	%
Urea + Azufre	22,27	19,72	88,55	14,31	128,79	45,49	5,86	7,76	80,30
Urea corriente	20,49	19,24	93,9	13,66	131,41	51,82	6,81	7,61	93,34
Nitrato Amonio	20,77	18,58	89,46	12,8	127,08	51,82	6,59	7,87	90,26
Testigo sin N	21,41	18,92	88,37	13,62	125,83	57,98	7,30	7,95	100,00
Nitro xtend 100 %	20,74	17,8	85,82	12,06	121,71	67,79	8,25	8,22	113,08
Nitro xtend 80%	21,21	18,62	87,79	11,42	130,91	69,47	9,09	7,64	124,64



**Figura 20. Resultado en la producción de caña por las parcelas tratadas con los  
diferentes tratamientos en la segunda cosecha.**



**Figura 21. Resultado en la producción de azúcar por las parcelas tratadas con los diferentes tratamientos en la segunda cosecha.**

#### **VALORACIÓN PRELIMINAR DE DIFERENTES ENMIENDAS CON BASE EN SILICIO y CARBONATO EN LA REGIÓN DE TURRIALBA (Segunda Cosecha).**

El Silicio es un nutrimento que recientemente ha incrementado su uso y aplicación en diversos cultivos y en la caña de azúcar no ha sido la excepción. Sin embargo, este elemento a pesar de ser el segundo más abundante de la corteza terrestre, en su mayoría no se encuentra disponible para la plantas ya que este se requiere en forma de ácido Orto Silícico. La disponibilidad de este ácido en el suelo es limitada ya que depende de diferentes factores entre los que resalta la cantidad de materia orgánica y microorganismos presentes en los suelos, los cuales, limitan la formación de este ácido y por lo tanto se hace necesaria la aplicación complementaria de este elemento en los programas de fertilización. Como enmienda el Silicio en algunos trabajos de investigación se ha comportado favorablemente y hoy día varias compañías han venido impulsando fuertemente su aplicación como enmienda en la caña de azúcar por lo que el **objetivo** planteado en este trabajo es preliminarmente valorar la respuesta del silicio como enmienda comparado con otras enmiendas tradicionales en el cultivo. En el siguiente Cuadro 22 se presenta las características químicas de las enmiendas aplicadas, y las dosis utilizadas, como se observa

en dicho cuadro las enmiendas que contenían silicio se aplicaron en menor dosis que las tradicionales, esto obedeció a las recomendaciones hechas por los distribuidores de estos productos indicando que por mayor reacción y alto precio justifica esas dosis.

**Cuadro 22.**  
**Composición química y dosis de los productos aplicados a las parcelas de caña de azúcar.**

TRATAMIENTOS	Composición	dosis (Kg/ha)
Slilizeo K	75 % SiO <sub>2</sub> 7 % K <sub>2</sub> O	400
Agrosil Zeo	40 % Si O <sub>2</sub>	400
	15,5 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	17,5 % CaO	
	5 % Mg	
	0,6 % S	
	0,5 % B	
1 % Zn		
Cal Dolomita		1500
Carbonato Calcio		1500
Testigo		

En el Cuadro 23 se presenta el resultado del análisis químico de suelo donde se situó el ensayo, observándose que dicho suelo presenta una alta acidez, necesidad de bases cambiables en especial Calcio y Magnesio que fueron aportados por los tratamientos y además de un bajo contenido de Fósforo, elemento aplicado al momento de la siembra y además adicionado como complemento por uno de los tratamientos en estudio.

**Cuadro 23.**  
**Resultado del análisis químico de suelo realizado previo al establecimiento del ensayo.**

		cmol(+) / l				mg / l				
	Ph	Acidez	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Valores	4,6	2,01	2,48	0,52	0,17	6	160	21	1	55
óptimo	5,5 -6,5	0,3	4 -20	1 - 10	0,2 - 15	10 - 40	10 -50	1 - 20	3 . 15	5 - 50

La variedad cultivada fue B76-259 y fue sembrada en parcelas de diferente tamaño como se indica en el Cuadro 24, a las cuales previo a la siembra se les aplico las diferentes enmiendas. La fertilización detallada se presenta en el Cuadro 25, así como la cantidad de nutrimentos total sin contar lo aplicado con las enmiendas (Cuadro 26).

**Cuadro 24.**

**Tamaño de las parcelas tratadas con las diferentes enmiendas.**

Tamaño parcela:	
Cal dolomita:	561 m <sup>2</sup>
Carbonato calcio:	663 m <sup>2</sup>
Silicio K:	446 m <sup>2</sup>
Silicio P:	436 m <sup>2</sup>
Testigo:	469 m <sup>2</sup>

**Cuadro 25.**

**Programa de fertilización de las parcelas tratadas con las diferentes enmiendas en las socas.**

Fertilización:	Fórmula	Kg / ha	Fecha
1.	17,2-5,2-23,5-4,5-5,5	405	3 meses

**Cuadro 26.**

**Cantidad de nutrientes en kg/ha aplicados con los fertilizantes a las parcelas tratadas con las diferentes enmiendas.**

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S
71,2	21,0	95,2	18,7	22,3

En el Cuadro 27 se presenta el resultado de la segunda cosecha de las parcelas aplicada por las diferentes enmiendas evaluadas en este estudio preliminar, como se observó en el

Cuadro 23 los contenidos en el suelo de las bases cambiables se encuentra muy bajas de acuerdo a las cantidades críticas de estos elementos al igual que el Fósforo. A diferencia del primer corte el tratamiento con Carbonato de Calcio en esta cosecha fue el menos productivo por lo que se puede deducir que reacciono más rápidamente en el suelo favoreciendo a las parcelas tratadas después de la siembra, por lo tanto es de esperar también que los otros tratamientos mejoraron la condición del suelo en forma paulatina y cuyos beneficios se aprecian en esta segunda cosecha.

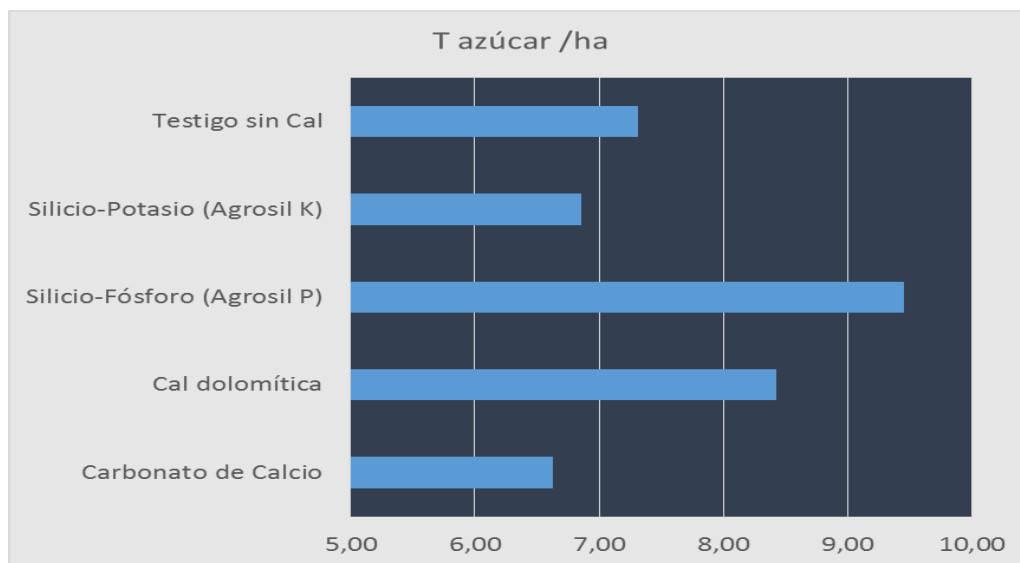


**Cuadro 27.**  
**Resultados agroindustriales de las parcelas tratadas con las enmiendas en la segunda cosecha.**

Tratamientos	Brix	Sac. %	Pureza	Fibra	Rend. Ind.	t/ha		Relación	PRT
					kg Az/ t	Caña	Azúcar	Sacarosa	%
Carbonato de Calcio	20,76	17,00	81,89	12,72	111,47	59,43	6,62	8,97	90,61
Cal dolomítica	21,89	19,03	86,93	12,67	128,84	65,42	8,43	7,76	115,29
Silicio-Fósforo (Agrosil P)	21,34	18,28	85,66	12,24	124,28	76,03	9,45	8,05	129,25
Silicio-Potasio (Agrosil K)	19,83	16,87	85,07	12,60	113,20	60,54	6,85	8,83	93,74
Testigo sin Cal	20,86	17,98	86,19	12,06	123,20	59,34	7,31	8,12	100,00

Entre los tratamientos más productivos, se encuentra la enmienda Agrosil P, la cual aporta Fósforo además de la enmienda de Silicio por lo que se deduce que favoreció con una mayor producción de azúcar (t/ha), con más de un 29% superior al tratamiento testigo. La Cal

Dolomita por su parte presenta también un incremento importante en esta variable, posiblemente debido al aporte de magnesio, otro de los nutrientes deficitarios en estos suelos.



**Figura 22. Respuesta productiva en toneladas de caña/ ha de las parcelas tratadas con enmiendas en la segunda cosecha.**

#### **RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ENMIENDAS EN LA REGIÓN NORTE (Primera Cosecha).**

Los suelos ácidos limitan la disponibilidad de nutrientes a las plantas, debido al reemplazo de las bases cambiables Ca, Mg, K y Na por iones de Hidrógeno y Aluminio. Este reemplazo se debe a la percolación de agua, extracción de cationes básicos por las plantas y por el uso de fertilizantes con características residuales ácidas, además de una alta fijación de Fósforo

Para optimizar la fertilización de la caña de azúcar cultivada en estos suelos es necesario acondicionar el suelo para que los nutrientes adicionados cumplan su función de manera exitosa. Tradicionalmente uno de los correctivos más utilizados en la agricultura ha sido el Carbonato de Calcio "CAL", empacado en sacos sin ninguna información y con un grado de molienda bastante deficiente.

En la actualidad existen en el mercado una gran cantidad de enmiendas recomendadas, para la corrección de la acidez de los suelos donde se siembran diversos cultivos, y entre

ellos la caña de azúcar. Estas enmiendas comerciales poseen diferente composición químicas, una variada granulometría, y grandes diferencias de precio de venta a los productores, lo que dificulta generar una adecuada recomendación que tome en cuenta estas características, sin antes evaluar los productos en el campo. En la Región Norte y sobre todo en suelos cultivados con caña de azúcar, prevalecen condiciones de alta acidez y bajos contenidos de los nutrimentos esenciales por este cultivo, de aquí la necesidad de evaluar nuevos productos de enmiendas con mayor concentración, y formulación que permiten facilitar y agilizar las aplicaciones a un bajo costo.

El objetivo de este estudio es el de valorar nuevas enmiendas en un suelo cultivado con caña de azúcar.

En el Cuadro 28 se presenta las características de los tratamientos a evaluar, donde sobresalen dos enmiendas de formulación líquida.

De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 29, el análisis de varianza indica que los tratamientos Nutrical y Dolomag presentaron la mayor producción de azúcar con diferencias estadísticas significativas con los tratamientos testigo, Ca Flow y Carbonato de Calcio, sin presentar diferencias con el tratamiento Sur Flow Ca Mg. Esta respuesta positiva a estos tratamientos pareciera obedecer a los contenidos de Magnesio en cantidades importantes.

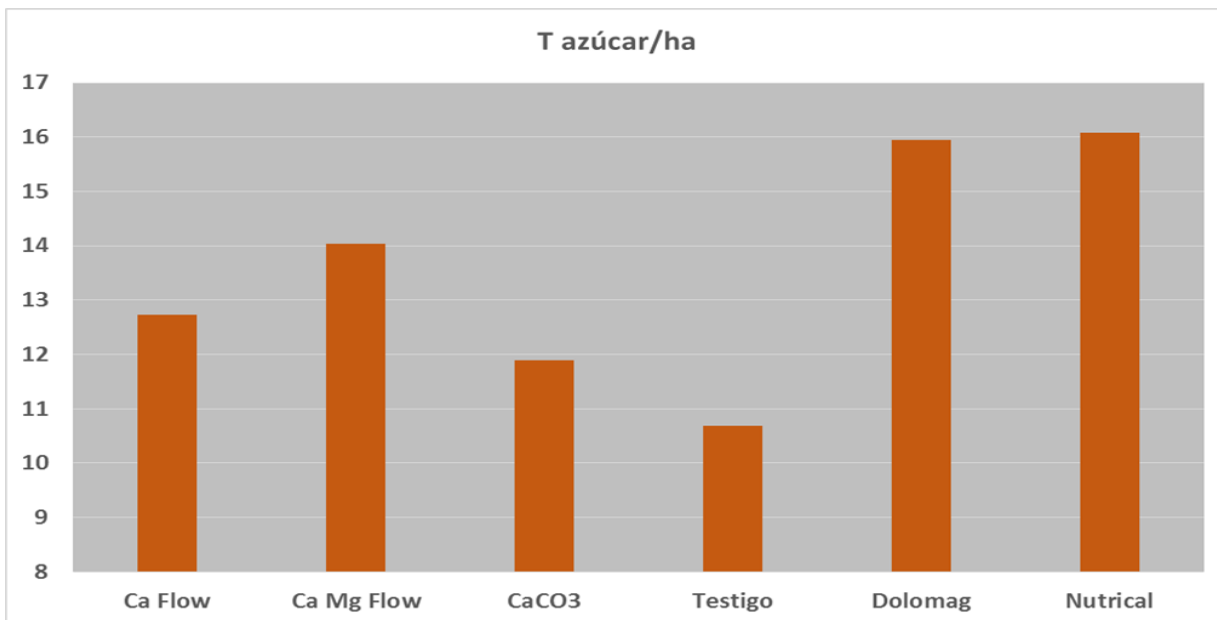


**Cuadro 28.**  
**Características de las enmiendas evaluadas en este estudio.**

Enmienda	Composición	Propiedades químicas y físicas	Dosis Utilizada (kg/ha)	Método aplicación	Distribuidor
Sur Flow Calcio	CaCO3 100%	EQ: 97,5% EG: 100% PRNT: 97,5%	400	Drench	Grupo Colono
Sur Flow Calcio Magnesio	CaCO3 96%	EQ: 104,1% EG: 100% PRNT: 104,1%	400	Drench	Grupo Colono
	MgO 4%				
Carbonato de Calcio 170	CaCO3: 98,5%	EQ: 99,4% EG: 99,5% PRNT: 98,87%	1000	Al Voleo	Grupo Colono
Dolomag	CaCO3: 87% MgO: 13%	EQ: 119% EG: 99,8% PRNT: 119%	1000	Al Voleo	Grupo Colono
Nutrical	CaO: 35,5% MgO: 15% SO4: 15%	EQ: 168,87% EG: 84,68% PRNT: 143%	600	Al Voleo	Agrial

**Cuadro 29.**  
**Resultado del análisis de varianza realizado a las variables evaluadas en este estudio.**

ANDEVA	G.L	% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		% Rend Ind		T Caña / ha		% T azúcar /ha	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	3	1,25	0,11	1,82	0,03	3,43	0,14	0,08	1	87,56	0	92,25	0,31	4,82	0,02
Tratamientos	5	1,25	0,09	1,66	0,03	3,19	0,14	0,23	1	52,5	0	965,48	0	19,24	0
Error	15	0,53		0,47		1,59		0,39		9,08		70,53		1,04	
Total	23	17,95		20,85		50,16		7,31		661,4		6.162,05		126,23	
% CV		3,41		3,62		1,42		4,86		2,6		7,21		7,51	
DMS		0		1,58		1,58		1,58		6,93		19,32		2,34	
Tratamientos		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
Ca Flow		21,41		19,09	ab	89,17		12,99		115,8	ab	109,75	bc	12,73	bc
Ca Mg Flow		21,78		19,45	ab	89,32		13,06		118,27	ab	118,58	ab	14,04	ab
CaCO3		20,56		18,14	b	88,16		12,58		111,2	b	107,1	bc	11,89	bc
Testigo		20,8		18,35	ab	88,22		12,67		112,08	b	95,38	c	10,68	c
Dolomag		21,46		19,42	ab	90,54		13,14		118,57	ab	134,45	a	15,95	a
Nutrical		22,01		19,72	a	89,61		13,1		119,93	a	133,83	a	16,08	a



**Figura 23. Resultado de la producción de azúcar (t/ha) de las parcelas tratadas con las diferentes enmiendas.**

#### **RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ENMIENDAS EN LA REGIÓN SUR.**

En la actualidad existen en el mercado una gran cantidad de enmiendas recomendadas, a nivel comercial, para corrección de la acidez de los suelos donde se siembran diversos cultivos, entre ellos la caña de azúcar. Estas enmiendas comerciales poseen diferente composición química y característica granulométrica, así como grandes diferencias en el precio de venta a los productores, lo que dificulta generar una adecuada recomendación que tome en cuenta estas características, sin antes evaluar los productos en el campo.

Por esta razón, y con el objetivo de evaluar la respuesta productiva de la caña de azúcar a la aplicación de estas enmiendas comerciales en los suelos que así lo requieren, se estableció este ensayo en la finca "La Jungla" con suelos del orden Ultisol perteneciente a CoopeAgri R.L. y ubicada en el distrito de San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón, con una temperatura media de 23,9 C<sup>0</sup> y una precipitación media anual 2.960 mm.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la distancia entre bloques fue de 3 m y entre parcelas de 2 m. Cada parcela experimental estuvo constituida de 5

surcos de 9 metros de largo sembrados a 1,5 metros entre sí, para un área total por parcela de 67.5 m<sup>2</sup> la cual será evaluada y cosechada en su totalidad. La variedad utilizada fue RB 98-710 por su importancia en la región o localidad debido a su proyección en cuanto a áreas de siembra en el corto-mediano plazo. Las características químicas del suelo para los estratos de profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm. Se presentan en el Cuadro 30.

**Cuadro 30.**  
**Análisis químico del suelo utilizado en el experimento de la evaluación de diferentes enmiendas en la Región Sur. Tercera Cosecha.**

Profundidad	PH	Acidez	% SA	Cmoles / L			Mg / L					CICE	M.O
				Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe		
20 cm	5,4	0,25	8,41	2,4	0,2	0,12	9	2,1	2	4	387	2,97	3,64
40 cm	5,1	0,5	20,92	1,6	0,2	0,09	4	0,9	1	2	183	2,39	1,52

Como se observa el suelo donde se estableció el ensayo, presenta las características típicas de los suelos de esta región como una alta acidez, un reducido contenido de bases cambiables lo que hace prever de que se encontraran muy posiblemente respuesta a la aplicación de las enmiendas, también el Fósforo entre otros nutrientes se encuentran muy bajas. En el Cuadro 31 se presentan las características de las enmiendas a evaluar en esta investigación, así como sus respectivos costos y distribuidor.

**Cuadro 31.**  
**Características de los tratamientos a evaluar en este estudio.**

Material	Composición	Dosis /ha	Costo \$ /Kg /L	Costo \$ / ha	Distribuidor
Ibisoil Ca Flow	CaO 47 %	100 Kg	0,85	85	Soluciones Agrícolas
Agroplant Calcio 60	CaO 60 %	40 L	4,34	173,6	Ecogreen
Agroplant Balance	CaO (22% ) MgO (12 %)	40 L	3,71	148,4	Ecogreen
Agroplant Doloflow	CaCO3( 57% ) MgCO3 (43%)	50 kg	0,9	45	Ecogreen
Acaplant P	CaO 35 %	50 kg	3,41	170,5	CODIAGRO
Oxido Calcio	CaO 55%	1,5 T	0,13	195	
Carbosur	CaCO3 98 %	1,5 T	0,06	90	CARBOSUR
Mezcla	MgCO3 (60%) CaCO3 (40 %)	1,5 T	0,26	390	Coopeagri
DOLOMITA	MgCO3 (50%) CaCO3 (40 %)	1,5 T	0,13	195	
ZEOLITA	SiO2 83 %	1 T	0,07	70	CPCP GIMSA
NUTRIACTIVE	Ca Mg Zn	40 L			
TESTIGO					

En el Cuadro 32 se presenta el análisis de varianza de las variables evaluadas en esta investigación, observándose que no se presentaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables evaluadas en esta primera cosecha.

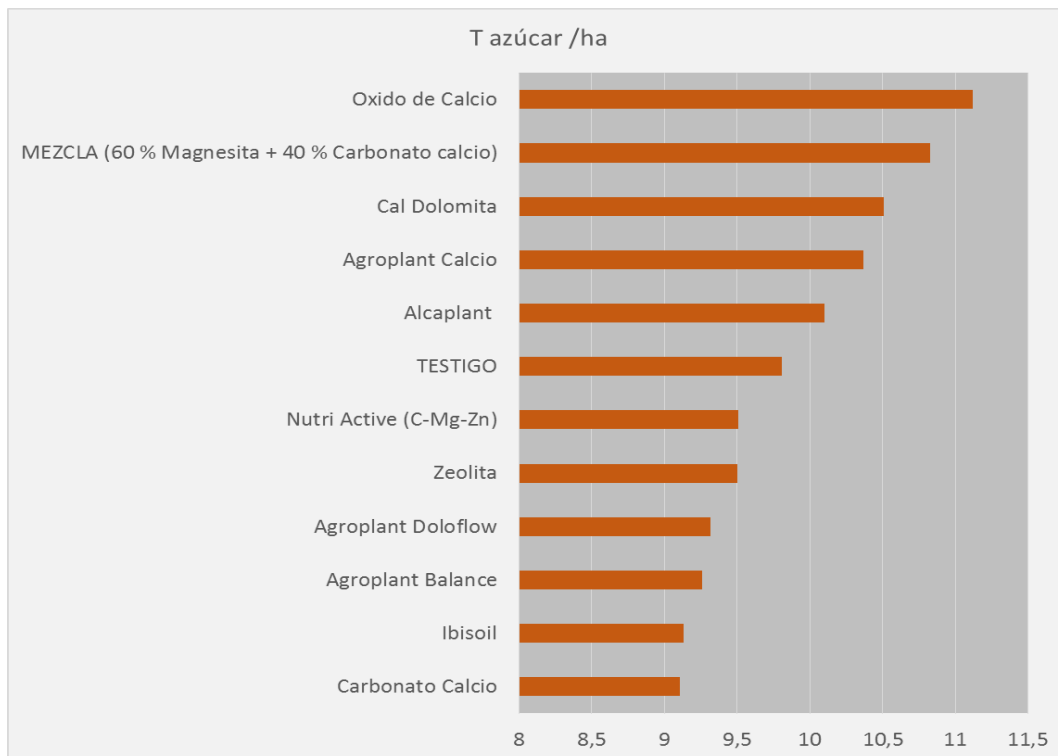
En la Figura 24 se presenta el resultado en la producción de azúcar (t/ha) por los diferentes tratamientos y aunque las diferencias como se mencionó no fueron significativas, resulta importante señalar las tendencias del efecto productivo de algunos tratamientos.

El Óxido de Calcio (Cal Viva) por su rápida reacción presentó por su parte la mayor producción de azúcar, seguido por la mezcla (dolomita) utilizada por Coope Agri R.L. hoy día y es el referente testigo comercial. El aporte de magnesio en estos suelos pareciera ser vital para mejorar la producción, así se evidencia por cuanto la dolomita también presentó incrementos en azúcar importantes respecto al testigo sin enmiendas.

Por otra parte las enmiendas Agroplant Calcio y Alcaplant que son o contienen óxido de calcio también superaron al tratamiento testigo en esta variable.

**Cuadro 32.**  
**Resultado del análisis de varianza aplicado a las variables de la primera cosecha.**

ANDEVA	G.L.	% Brix		% Sacarosa		% Pureza		% Fibra		Kg azúcar /T		T caña /ha		% Tazúcar /ha	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
F. variación															
Repeticiones	3	1,35	0,04	0,83	1	1,05	1	0,83	1	138,93	0,28	268,29	0	5,79	0,01
Tratamientos	11	0,86	0,07	1,93	0,09	22,73	0,14	0,74	1	162,3	0,16	25,36	1	1,91	0,16
Error	33	0,43		1,06		14,2		0,96		105,11		26,62		1,23	
Total	47	27,81		58,54		721,66		42,3		5.670,80		1.962,23		79	
% CV		3,18		6,28		4,77		7,71		9,72		5,51		11,23	
<b>Enmiendas</b>		<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>
Ibisoil		20,3		15,91		78,41		12,2		102,71		88,73		9,13	
Agroplant Balance		20,19		15,85		78,58		13,1		100		92,87		9,26	
Agroplant Calcio		20,06		16,17		80,71		12,22		113,71		90,87		10,37	
Agroplant Doloflow		20,49		15,91		77,61		12,33		101,82		91,94		9,32	
Alcaplant		21,01		16,62		79,01		12,52		106,75		94,27		10,1	
Oxido de Calcio		21,12		17,97		84,94		13,27		118,11		94,07		11,12	
Cal Dolomita		20,89		16,83		80,51		12,13		110,56		95,2		10,51	
Nutri Active (C-Mg-Zn)		20,53		16,11		78,45		12,95		101,99		93,34		9,51	
Zeolita		20,72		16,03		77,36		12,95		100,69		94,2		9,5	
<b>TESTIGO</b>		21,41		16,68		77,9		13,32		104,11		93,94		9,81	
MEZCLA (60 % Magnesita + 40 % Carbonato calcio)		21,48		17,12		79,7		12,95		109,26		99,07		10,83	
Carbonato Calcio		20,52		15,42		75,14		12,61		96,03		94,87		9,11	



**Figura 24. Producción de azúcar obtenido en las parcelas tratadas con enmiendas.**

### **EVALUACIÓN DE DIFERENTES MADURANTES EN DOS LOCALIDADES DE LA REGIÓN DEL VALLE CENTRAL OCCIDENTAL.**

La aplicación de madurantes en la caña de azúcar, es una práctica tradicional en el manejo del cultivo y es orientada a lograr mayores rendimientos industriales del cultivo cuando imperan, condiciones adversas de clima, o cuando la caña inmadura debe ser procesada por carecer de variedades de maduración temprana para iniciar zafra.

Tradicionalmente se ha utilizado el herbicida glifosato, el cual al ser un graminicida muy eficaz, detiene el crecimiento del cultivo forzando así su madurez; sin embargo, al existir la posibilidad de que una pequeña parte de la molécula de este herbicida se transloque a la cepa del cultivo, y ante la incapacidad de lograr degradarla, ocurre el riesgo de provocar pérdidas de las cepas y un menor crecimiento. También al ser un herbicida provoca después de un periodo de tiempo una inversión muy rápida de la sacarosa, lo cual obliga a una cosecha inmediata, situación que por diversos motivos en una zafra puede prolongarse causando pérdidas importantes.

Por este motivo, se han buscado nuevas alternativas de madurantes no herbicidas entre los que destacan, algunos productos foliares hechos a base de fosfitos de potasio, los cuales han venido dando resultados satisfactorios sobre todo en mezcla con pequeñas cantidades de glifosato. También han aparecido en el mercado de los agroquímicos algunos productos hormonales referenciados que tienen también efecto madurante en el cultivo.

Ante la respuesta positiva obtenida con varios productos madurante en otras regiones y en especial en el Valle Central Occidental, se seleccionaron los mejores y se aplicaron en dos fincas con características de clima suelo y variedades diferentes, con el objetivo de conocer sus capacidades en incrementar los rendimientos industriales de la caña de azúcar en diferentes condiciones de ambiente.

### **Finca Ingenio Porvenir (Lote Carbonera)**

Se seleccionaron 2 madurantes no herbicidas y el herbicida Glifosato para asperjar parcelas de 1 ha por madurante en la variedad RB 86-7515. El volumen de aplicación fue de 10 l/ha y se utilizó un Dron para las mismas, las características de los tratamientos se presentan en el siguiente Cuadro 33.

**Cuadro 33.**  
**Tratamientos evaluados en esta investigación en el Lote Carbonera.**

#	Tratamientos Madurantes		
	Producto	Composición	dosis/ha
1	Fitolin Agro	fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 30 %	3 l
		Potasio (K <sub>2</sub> O) 20 %	
	Boro (MANVERT)	Boro (B) 14 %	0,5 l
	Glifosato	36,5 SL	0,5 l
2	Glifosato	36,5 SL	0,7 l
3	TESTIGO		
4	Tracite	2-0-25 (Hidróxido de K)	3 l

El diseño utilizado para el análisis de varianza fue bloques completos al azar con tres repeticiones y los resultados del mismo se presentan en el Cuadro 34. Como se observa en dicho cuadro se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los madurantes,

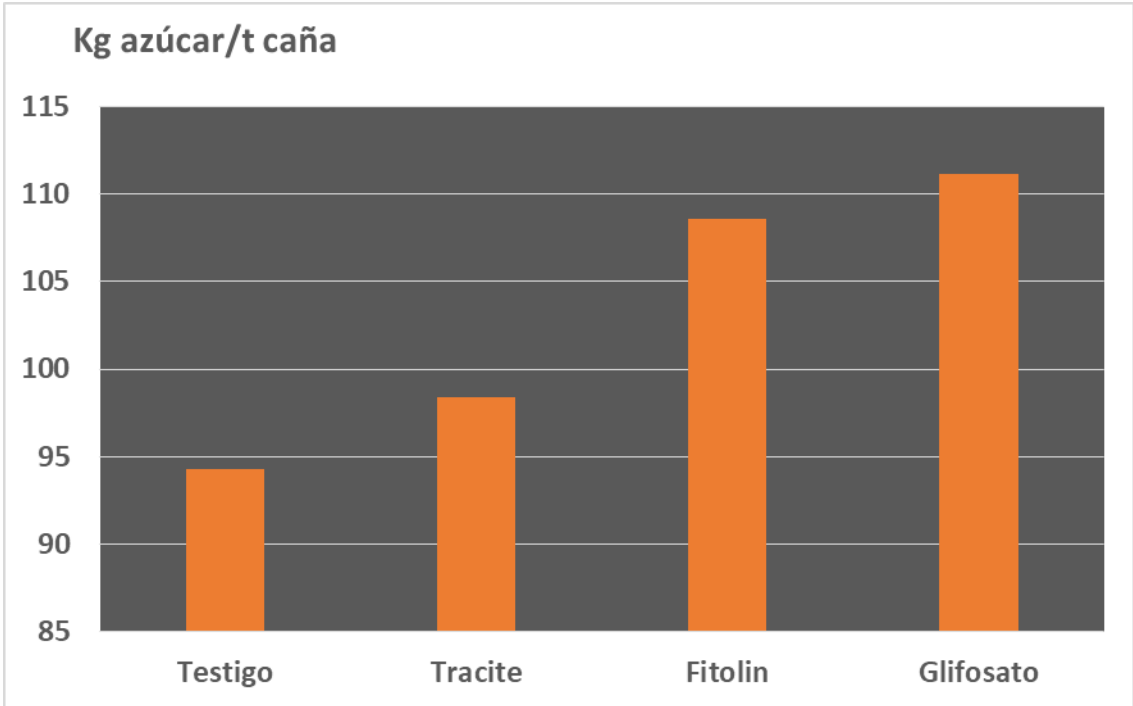
donde el tratamiento con Glifosato y Fitolin fueron significativos de acuerdo al a prueba de medias Tukey 5% respecto al madurante Tracite y el testigo. El madurante Glifosato presento más de 16 kg de azúcar por tonelada de caña procesada, seguido por Fitolin con más de 14 kg de azúcar /t.

**Cuadro 34.**  
**Resultado del análisis de varianza aplicado a las variables industriales.**

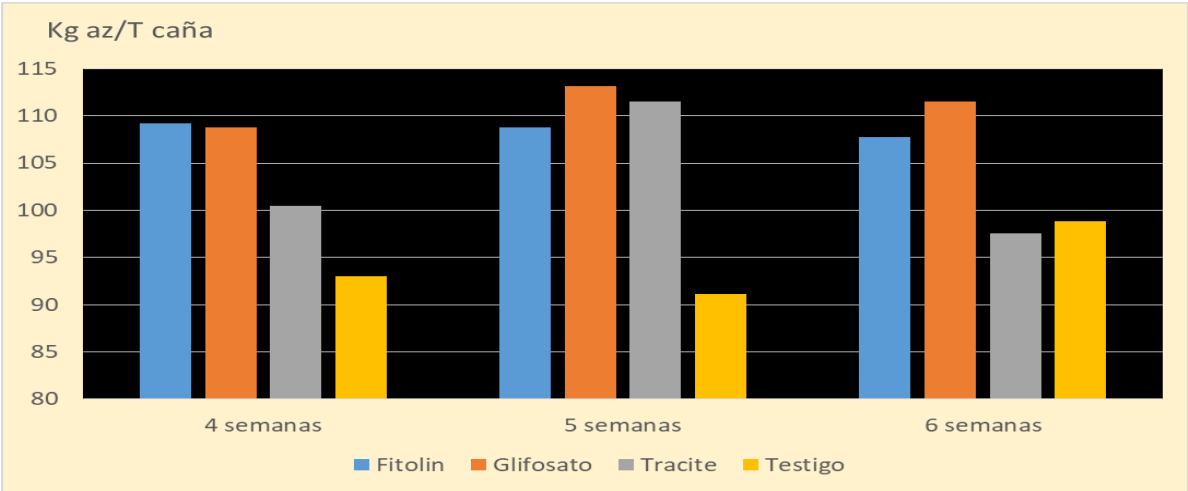
ANDEVA		% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Kg azúcar /T	
F.variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	2	0,25	1	0,26	0,37	4,33	1	0,33	0,25	5,65	1
Muestreo	2	1,01	0,05	0,01	1	15,24	0,07	0,17	1	5,95	1
Madurante	3	4,16	0	14,99	0	87,88	0	0,39	0,18	583,37	0
Muestreo x Madurante	6	0,19	1	0,34	0,26	6,53	0,32	0,32	0,25	22,72	0,14
Error	22	0,3		0,24		5,22		0,23		12,48	
Total	35	22,82		52,93		456,74		9,08		2 184,14	
CV %		2,62		2,54		2,46		3,28		3,43	
<b>Muestréos</b>		<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>
Muestreo 1		21,18		19,53		92,15		14,51		102,87	
Muestreo 2		21,23		19,51		91,89		14,52		102,57	
Muestreo 3		20,7		19,47		93,96		14,31		103,91	
<b>Madurantes</b>		<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>
Fitolin		21,57	a	20,4	a	94,6	a	14,54		108,59	a
Glifosato		21,66	a	20,75	a	95,82	a	14,52		111,16	a
Tracite		20,61	b	18,82	b	91,3	b	14,59		98,41	b
Testigo		20,3	b	18,03	c	88,96	b	14,14		94,3	b
<b>Interacción</b>		<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>
Muestreo 4 semanas - Fitolin		21,8		20,56		94,33		14,55		109,24	
Muestreo 4 semanas - Glifosato		21,6		20,34		94,19		14,39		108,79	
Muestreo 4 semanas - Tracite		20,9		19,2		91,87		14,67		100,47	
Muestreo 4 semanas - Testigo		20,4		18		88,22		14,43		92,97	
Muestreo 5 semanas - Fitolin		21,8		20,5		94		14,55		108,79	
Muestreo 5 semanas - Glifosato		21,63		20,96		96,89		14,39		113,15	
Muestreo 5 semanas - Tracite		20,8		18,74		90,08		14,67		97,19	
Muestreo 5 semanas - Testigo		20,67		17,84		86,59		14,48		91,13	
Muestreo 6 semanas - Fitolin		21,1		20,14		95,47		14,5		107,74	
Muestreo 6 semanas - Glifosato		21,73		20,95		96,37		14,8		111,53	
Muestreo 6 semanas - Tracite		20,13		18,51		91,95		14,43		97,57	
Muestreo 6 semanas - Testigo		19,83		18,26		92,05		13,5		98,8	

- **Nota: Muestréos tiempo posterior a la aplicación.**

En la Figura 26 se presenta el resultado en la producción de azúcar (kg/t) obtenido en cada uno de los muestreos realizados a la caña de azúcar tratada con los madurantes, observándose que en el segundo muestreo se logró el mayor rendimiento con el Fitolin y el Glifosato, caso contrario el **Tracite** redujo su rendimiento al avanzar en los muestreos. Cabe mencionar que la caída del rendimiento en el testigo se debió a algunas lluvias caídas en el periodo de muestreo.



**Figura 25. Resultado del rendimiento industrial (kg az/t) en la caña de azúcar tratada con los madurantes.**



**Figura 26. Rendimiento industrial alcanzado en cada muestreo realizado a las parcelas tratadas con los madurantes.**

### Finca Ingenio Porvenir (Lote Leo yan).

Al igual que en la evaluación del lote Carbonera en esta finca, se aplicaron los madurante presentados en el Cuadro 35, donde se observa que en esta evaluación el herbicida glifosato supero a los demás tratamientos en el rendimiento industrial con diferencias estadísticas significativas sobre el **Moddus, Orofos y Tracite**, no así con los madurantes **Fitolin y Auge nitratos**.

**Cuadro 35.**  
**Tratamientos evaluados en la variedad RB 86-7515 en el “lote Leoyan”**  
**de Finca el Porvenir. Grecia, Alajuela.**

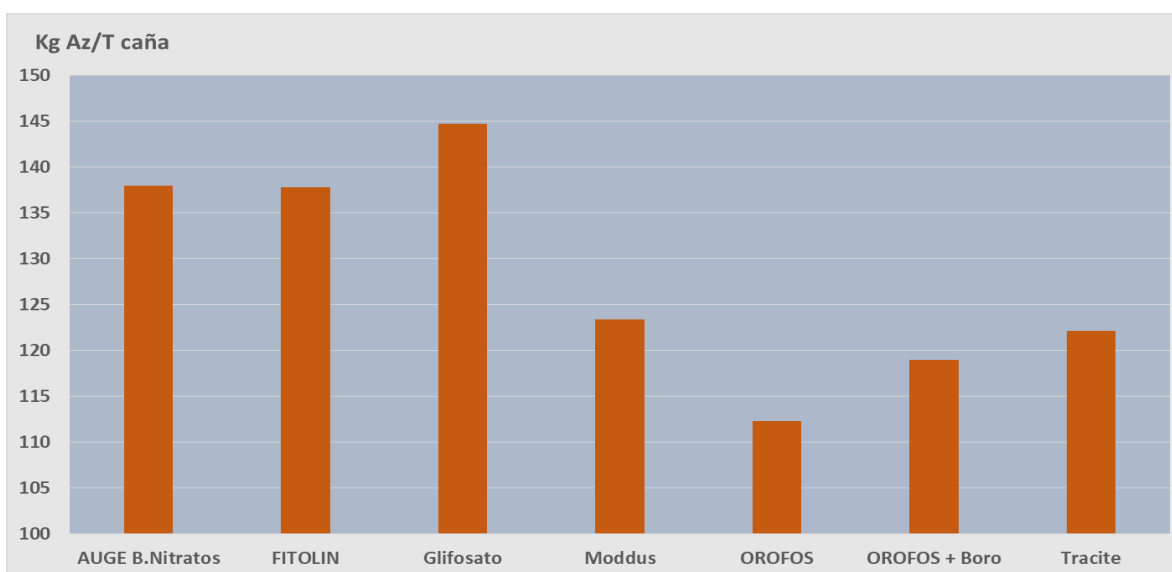
No.	Descripción/Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis/ha (Kg/Lt)	Casa Comercial
1	AUGE Balanceador de Nitratos	Boro 10%	4	Agro Pro
		Molibdeno 0,2%		
2	Moddus 250 e	Etil trinexapac	0,9	Cafesa Syngenta
3	Glifosato	-----	10 cc/t	Varios
4	Fitolin-Agro	Fosfito Potasio	2	Eurofertil
	Glifosato		0,5	
	Boromax 14	Boro 14%	0,5	BioAgro
5	Orofos	Fosfito Potasio	2	Quimicas Sagal
6	Orofos	Fosfito Potasio	2	Quimicas Sagal
	Boromax 14	Boro 14%	0,5	BioAgro
7	Tracite	Hidróxido de Potasio	2	Grupo Colono



**Cuadro 36.**

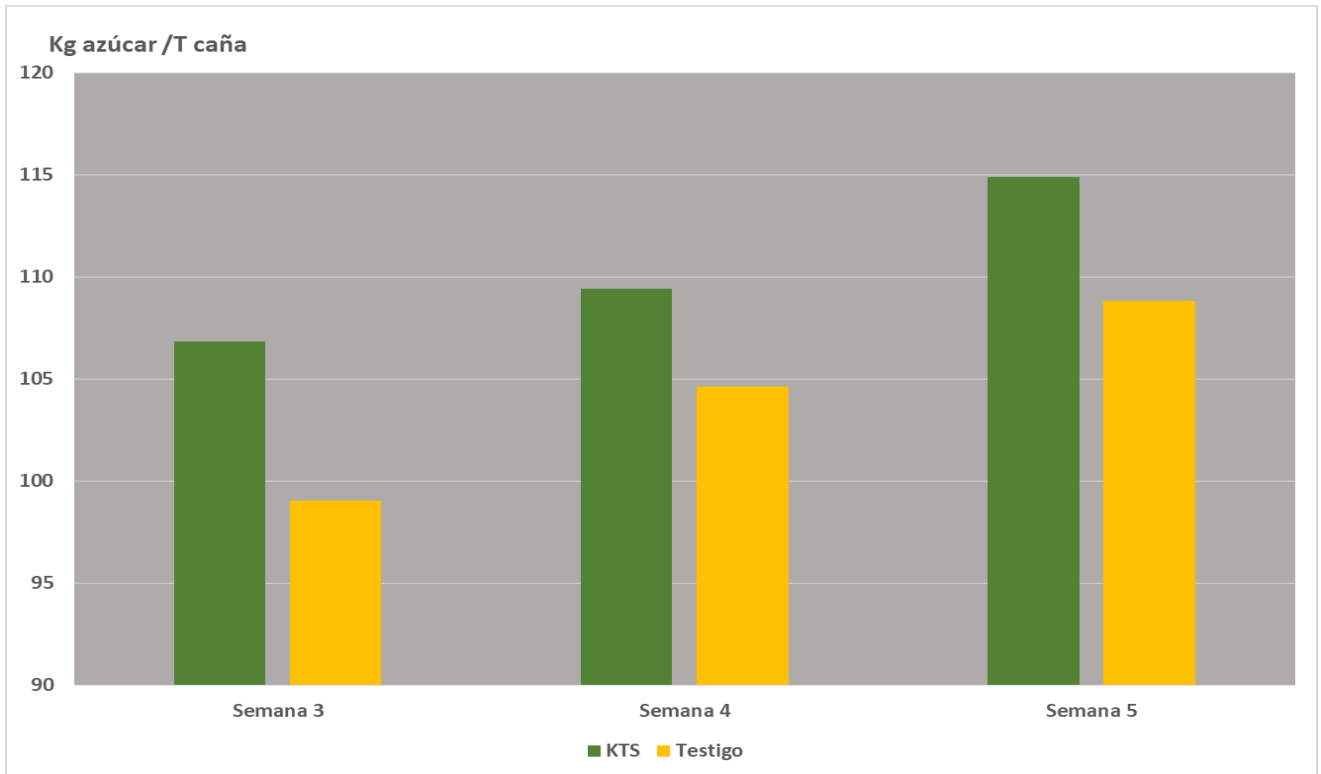
**Resultado del análisis de varianza aplicado a las variables industriales.**

fuente variación	G.L.	% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Rend.Ind	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	2	0,62	0,03	1,78	0,03	10,22	0,03	0,08	1	117,08	0,02
tratamientos	6	3,45	0	6,75	0	21,48	0	1,42	0,05	428,47	0
Error	12	0,13		0,37		2,26		0,48		21,58	
Total	20	23,54		48,52		176,5		14,47		3.063,94	
% CV		1,8		3,23		1,63		5,19		3,62	
DMS		1,05		1,74		4,3		4,3		13,28	
<b>Tratamientos</b>		<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SEP</b>
AUGE B.Nitratos		20,9	ab	19,76	ab	94,5	a	12,77		137,95	ab
FITOLIN		21,37	ab	20,15	ab	94,26	a	13,5		137,78	ab
Glifosato		21,87	a	20,91	a	95,6	a	13,27		144,73	a
Moddus		20,43	bc	18,82	bc	92,1	ab	14,63		123,37	bc
OROFOS		18,77	d	16,81	c	89,52	b	13,5		112,32	d
OROFOS + Boro		19,7	cd	17,42	c	88,41	b	12,47		118,97	cd
Tracite		19,77	cd	18,12	bc	91,57	ab	13,53		122,18	cd



**Figura 27 .Rendimiento industrial obtenidos con los diferentes madurantes evaluados.**

En una aplicación preliminar sobre la variedad Mex 70-485 se aplicó el madurante **KTS** (Tiosulfato de potasio) a la dosis de 4 l/ha, 3, 4 y 5 semanas después de la aplicación, los resultado se presentan en la siguiente Figura 28.



**Figura 28. Resultado en el rendimiento industrial obtenido en los diferentes muestreos realizados a la caña de azúcar con el madurante KTS.**

### **Finca Ingenio Coopevictoria.**

En una de las fincas de Coopevictoria en el distrito de San Isidro cantón de Grecia a una altitud de 1000msnm y una temperatura media de 22°C, se estableció esta investigación con la misma metodología utilizada en *“finca el Porvenir”* también del cantón de Grecia.

Los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 37, donde se incluyeron algunos tratamientos valorados en finca *“El Porvenir”* y se agregaron otros productos con el fin de conocer sus capacidades como madurantes.

**Cuadro 37.**  
**Tratamientos madurantes aplicados en finca de Coopevictoria, Grecia.**

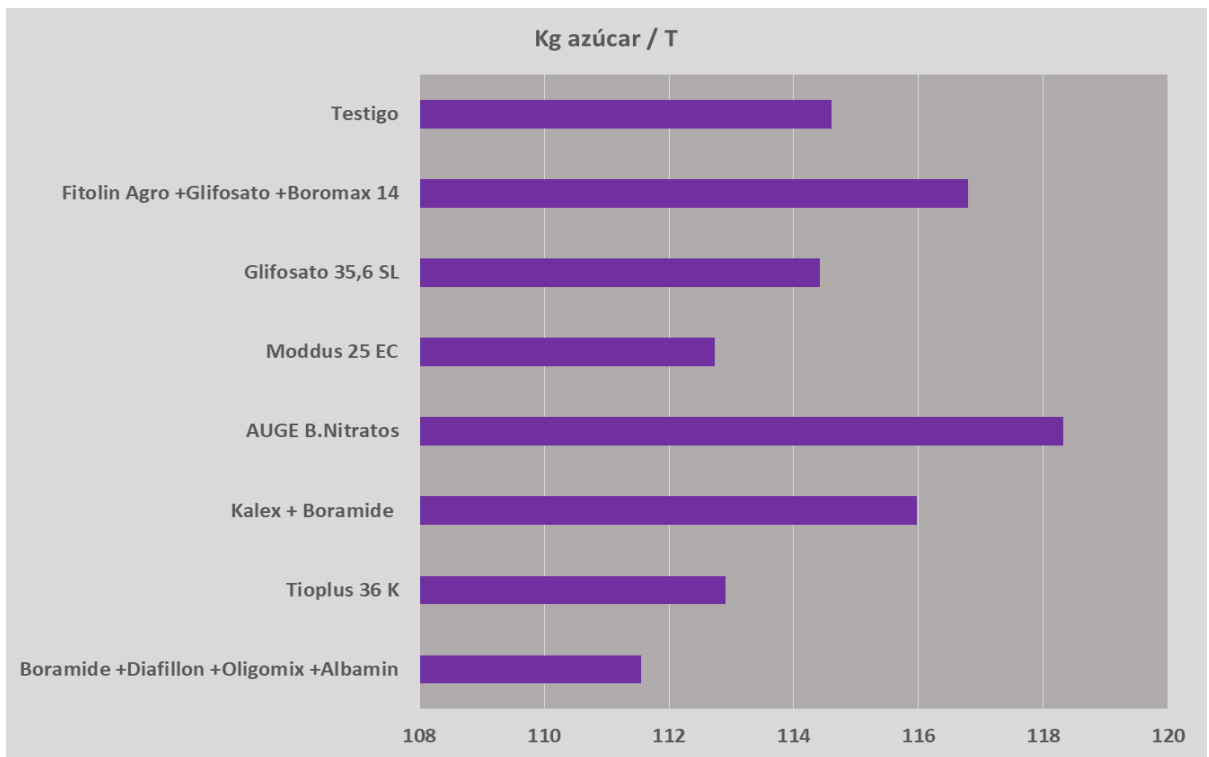
# TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS/HA (kg/l)	FECHA DE COSECHA	Distribuidor
1	BORAMIDE	B 15%	0,5	19-mar	FORAGRO
	DIAFILLON 0-43-57	P2O5 43% K2O 57%	1		
	OLIGOMIX	MICRO ELEMENTOS	0,5		
	ALBAMIN	AMINOÁCIDOS LIBRES	1		
2	TIOPLUS 36 K	TIOSULFATO DE POTASIO	1,5	19-mar	FORAGRO
3	KALEX 0-42-28	FOSFITO DE POTASIO	1,5	19-mar	FORAGRO
	BORAMIDE	Boro 15%	0,5		
4	AUGE BALANCEADOR DE NITRATOS	BORO 10% MOLIBDENO	4	02-abr	AGROPRO
5	MODDUS 25 EC	TRINEXAPAC ETIL	0,9	09-abr	SYNGENTA CAFESA
6	GLIFOSATO 35,6 SL	GLIFOSATO	0,5	19-mar	Varios
7	FITOLIN-AGRO	FOSFITO DE POTASIO 30 % P2O5 + 40 % K2O	2	19-mar	EUROFERTIL
	GLIFOSATO 35,6 SL	GLIFOSATO	0,5		Varios
	BOROMAX 14	BORO 14%	0,5		EUROFERTIL

Como se observa en el Cuadro 38 se presentaron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de variables industriales sobresaliendo entre estas el rendimiento industrial (kg az/t caña) (Figura 29) donde el madurante **Auge Balanceador de Nitratos** supero al tratamiento testigo en más de 3 kg azúcar por tonelada de caña si ser estas diferencias significativas según Tukey 5% con los demás tratamientos con excepción del madurante de la mezcla **Boramide + Diafilon + Oligomix + Albamin**. En las Figuras 30 y 31 se presenta el comportamiento de la curva de maduración independientemente de los madurantes evaluados, observándose que en las últimas semanas se lograron los mayores rendimientos como era de esperar.

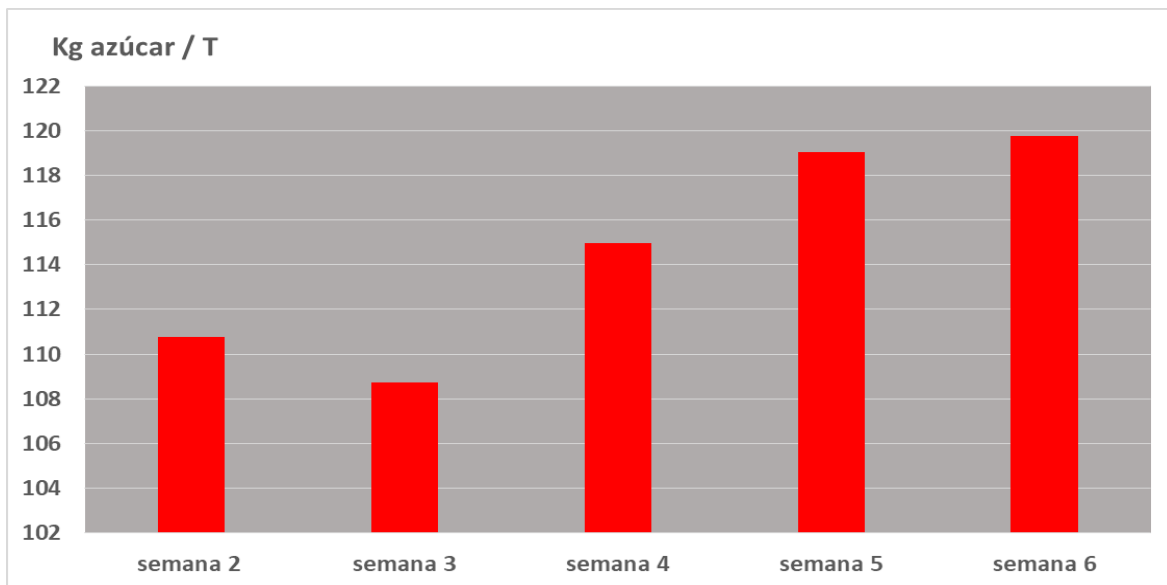
Cuadro 38.

Resultado del análisis de varianza aplicado a las variables industriales obtenido de los muestreos realizados a las parcelas tratadas.

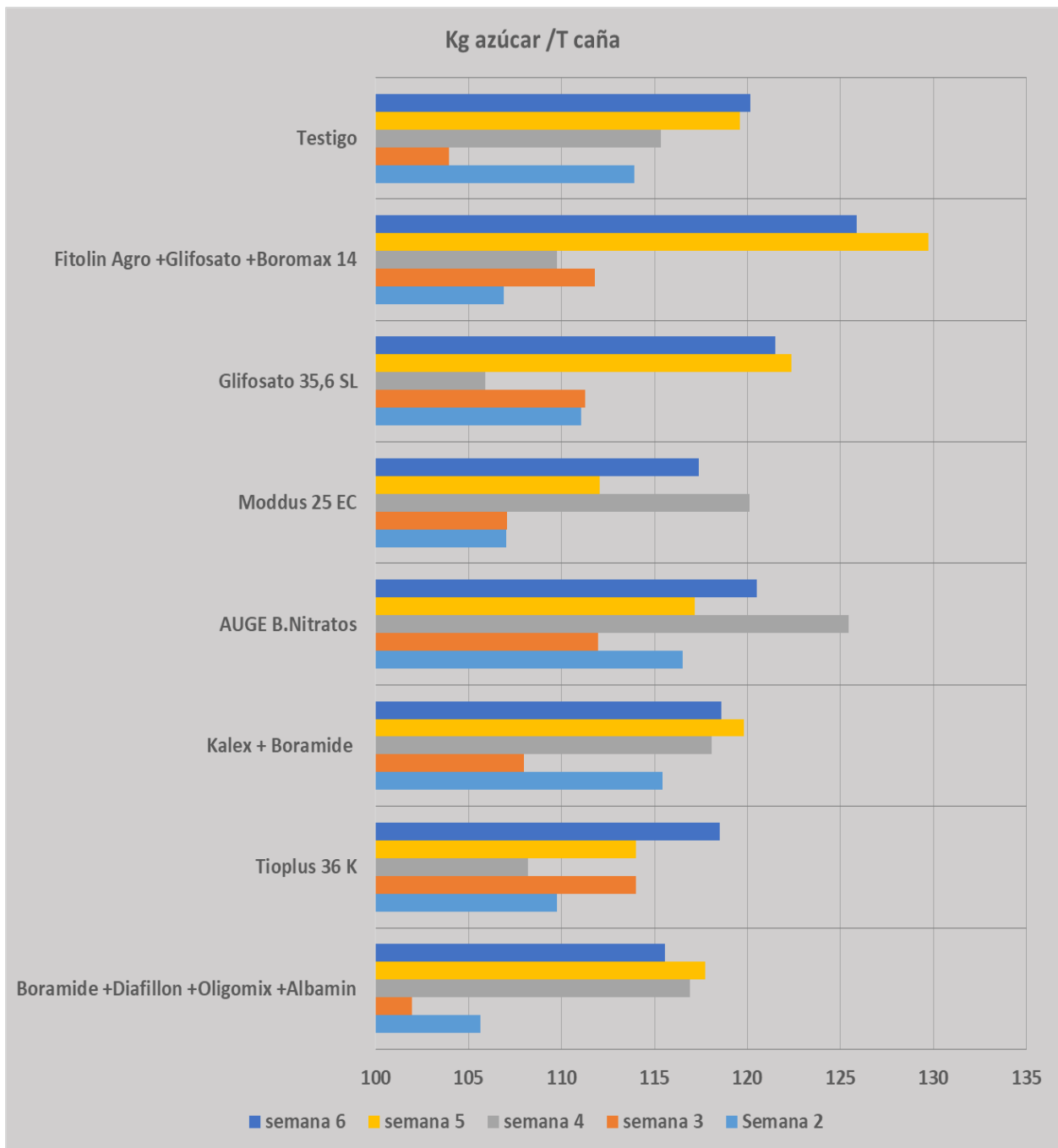
ANDEVA		% BRIX		% Pol		% PUREZA		% FIBRA		kg Azúcar / T caña	
Fuente variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	2	0,17	1	0,45	1	2,16	1	0,01	1	27,89	1
Madurantes	7	4,94	0	2,43	0	13,48	0,03	0,36	1	77,65	0,02
Muestreos	4	7,96	0	17,22	0	93,89	0	6,12	0	572,5	0
Madurante x Muestreo	28	1,27	0,02	1,18	0,04	11,33	0,01	1,12	0,06	68,94	0
Error	78	0,71		0,71		5,74		0,7		31,52	
Total	119	157,37		175		1 239,40		113,28		7 278,16	
% CV		3,92		4,46		2,72		6,57		4,9	
Madurantes		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
Boramide +Diafillon +Oligomix +Albamin		20,67	b	18,28	b	88,44	ab	12,71		111,56	b
Tioplus 36 K		21,03	b	18,6	ab	88,48	ab	12,9		112,9	ab
Kalex + Boramide		21,55	ab	19,13	ab	88,83	ab	13,03		115,98	ab
AUGE B.Nitratos		22,26	a	19,48	a	87,46	ab	12,67		118,32	a
Moddus 25 EC		21,3	ab	18,63	ab	87,47	ab	12,85		112,73	ab
Glifosato 35,6 SL		21,94	ab	18,95	ab	86,3	b	12,66		114,42	ab
Fitolin Agro +Glifosato +Boromax 14		21,93	ab	19,25	a	87,65	ab	12,77		116,8	ab
Testigo		20,85	b	18,62	ab	89,26	a	12,54		114,6	ab
Muestreos		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
semana 2		21,17	bc	18,13	bc	85,61	d	12,08	c	110,78	cd
semana 3		20,7	c	17,95	c	86,71	cd	12,63	bc	108,75	d
semana 4		21,37	bc	18,8	b	88,05	bc	12,59	bc	114,96	bc
semana 5		22,21	a	19,72	a	88,81	ab	13,19	ab	119,06	ab
semana 6		21,76	ab	19,73	a	90,76	a	13,33	a	119,76	a
Madurantes X Muestreos		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
Madurante 1 x semana 2		20,69	Aa	17,36	Aa	83,94	Ab	11,87		105,65	Aa
Madurante 1 x semana 3		20,12	Aa	17,22	Aa	85,56	Aab	13,23		101,97	Aa
Madurante 1 x semana 4		20,16	Ba	18,62	Aa	92,52	Aa	12,43		116,89	ABa
Madurante 1 x semana 5		21,6	Aa	19,31	Aa	89,39	Aab	12,97		117,72	Aa
Madurante 1 x semana 6		20,81	Aa	18,87	Aa	90,78	Aab	13,03		115,56	Aa
Madurante 2 x semana 2		20,81	Aa	17,76	Aa	85,34	Aa	11,6		109,76	Aa
Madurante 2 x semana 3		21,08	Aa	18,76	Aa	88,97	Aa	13		113,99	Aa
Madurante 2 x semana 4		19,78	Ba	17,95	Aa	90,79	Aa	13,63		108,19	ABa
Madurante 2 x semana 5		21,17	Aa	18,96	Aa	89,69	Aa	13,5		114,02	Aa
Madurante 2 x semana 6		22,31	Aa	19,55	Aa	87,61	Aa	12,77		118,52	Aa
Madurante 3 x semana 2		21,39	Aa	18,66	Aa	87,22	Aa	11,97		115,45	Aa
Madurante 3 x semana 3		21,11	Aa	18,1	Aa	85,75	Aa	13,03		107,96	Aa
Madurante 3 x semana 4		21,72	ABa	19,35	Aa	88,99	ABa	12,9		118,07	ABa
Madurante 3 x semana 5		22,83	Aa	20,4	Aa	89,35	Aa	14,27		119,81	Aa
Madurante 3 x semana 6		20,67	Aa	19,15	Aa	92,86	Aa	12,97		118,59	Aa
Madurante 4 x semana 2		21,97	Aa	18,97	Aa	86,2	Aa	11,97		116,5	Aa
Madurante 4 x semana 3		21,51	Aa	18,38	Aa	85,47	Aa	12,13		111,98	Aa
Madurante 4 x semana 4		23,23	Aa	20,39	Aa	87,76	ABa	12,3		125,44	Aa
Madurante 4 x semana 5		22,55	Aa	19,49	Aa	86,45	Aa	12,9		117,16	Aa
Madurante 4 x semana 6		22,05	Aa	20,15	Aa	91,4	Aa	14,03		120,52	Aa
Madurante 5 x semana 2		20,92	Aa	17,81	Aa	85,09	Aa	12,6		107,02	Aa
Madurante 5 x semana 3		20,73	Aa	17,94	Aa	86,54	Aa	13,17		107,06	Aa
Madurante 5 x semana 4		21,59	ABa	19,11	Aa	88,45	ABa	11,67		120,11	ABa
Madurante 5 x semana 5		22,07	Aa	18,89	Aa	85,55	Aa	13,17		112,05	Aa
Madurante 5 x semana 6		21,18	Aa	19,42	Aa	91,71	Aa	13,67		117,4	Aa
Madurante 6 x semana 2		21,41	Aa	18,22	Aa	85,08	Aa	12,07		111,07	Aa
Madurante 6 x semana 3		21,14	Aa	18,42	Aa	87,11	Aa	12,83		111,28	Aa
Madurante 6 x semana 4		21,67	ABa	17,84	Aa	82,3	Ba	12,4		105,91	Ba
Madurante 6 x semana 5		22,64	Aa	19,9	Aa	87,87	Aa	12,32		122,36	Aa
Madurante 6 x semana 6		22,84	Aa	20,36	Aa	89,16	Aa	13,7		121,48	Aa
Madurante 7 x semana 2		21,03	Aab	17,97	Ab	85,42	Aa	13,03		106,88	Ab
Madurante 7 x semana 3		20,46	Ab	17,77	Ab	86,88	Aa	11,23		111,78	Aab
Madurante 7 x semana 4		21,49	ABab	18,4	Aab	85,62	ABa	13		109,74	ABb
Madurante 7 x semana 5		23,35	Aa	21,14	Aa	90,53	Aa	12,93		129,74	Aa
Madurante 7 x semana 6		23,35	Aa	20,98	Aa	89,82	Aa	13,63		125,86	Aab
Madurante 8 x semana 2		21,11	Aa	18,29	Aa	86,58	Aa	11,57		113,93	Aa
Madurante 8 x semana 3		19,44	Aa	16,99	Aa	87,39	Aa	12,4		103,97	Aa
Madurante 8 x semana 4		21,32	ABa	18,76	Aa	87,96	ABa	12,37		115,36	ABa
Madurante 8 x semana 5		21,47	Aa	19,67	Aa	91,69	Aa	13,48		119,6	Aa
Madurante 8 x semana 6		20,89	Aa	19,37	Aa	92,71	Aa	12,87		120,16	Aa



**Figura 29. Rendimiento de azúcar obtenido con los diferentes madurantes evaluados en finca de Coopevictoria**



**Figura 30. Rendimiento industrial obtenido en los diferentes muestreos realizados después de la aplicación de los madurantes.**



**Figura 31. Comportamiento en la producción de azúcar (kg/t) obtenida con los diferentes madurantes.**

## **RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DE 6 DISTANCIAS DE SIEMBRA EN 3 VARIEDADES COMERCIALES EN LA REGIÓN NORTE FINCA AGROCLIMSA. TERCERA COSECHA.**

El incremento en la productividad de la caña de azúcar debe verse como un objetivo permanente dentro del manejo de las plantaciones, ya que es la forma más directa de lograr eficiencia, reducción de los costos y una mayor competitividad. Por este motivo es factible en la buena teoría que incrementando el número de surcos y reduciendo las distancias de siembra sea posible obtener más tallos por unidad de área. Sin embargo, hay aspectos importantes que se deben considerar, porque en alguna medida impiden realizar estos cambios en las plantaciones, por ejemplo, la variedad cultivada, y la maquinaria son dos factores determinantes que en alguna forma impiden modificar las distancias de siembra, las cuales y mediante estudios de investigación han circundado entre el 1,2 hasta 1,8 metros.

Una modificación poco utilizada es el uso del surco gemelo el cual consiste en dos surcos separados por 0,6 metros entre sí y una distancia superior entre los pares de surcos, siempre con el inconveniente de que al permitir un mayor paso de luz se tendría un incremento también mayor de malezas.

Como se puede apreciar muchos son los cuestionamientos ligados a las distancias de siembra, ya que si por un lado, al reducir las distancias se busca tener un mayor número de tallos, también con distancias mayores permite tener una mayor luminosidad y por lo tanto un mayor crecimiento de los tallos. Ante estas dudas y al ser las variedades cultivadas determinantes es que se estableció este estudio con el objetivo de evaluar en tres variedades comerciales las diferentes distancias de siembra en la caña de azúcar.

El estudio se estableció en la finca "AGROCLISA" propiedad del Ingenio Cutris S.A, San Carlos, provincia de Alajuela, a una altitud 70 msnm, una temperatura media anual 25,7°C, y una precipitación media anual de 2.750,5 mm.

Como lo indica el Cuadro 39 las distancias entre surcos evaluadas fueron en surco sencillo 1,5 m como testigo, 1,4 m y 1,6 m y en surco doble 1,6 m, 1,7 y 1,5 m, separados ambos surcos a una distancia de 0,6 m entre sí.

Las variedades evaluadas fueron: B 77-95, LAICA 04-809 y LAICA 05-805 por su importancia y buen comportamiento productivo.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y en arreglo factorial 3<sup>6</sup>, donde el primer factor correspondió a cada variedad y el segundo factor a las distancias de siembra. Todas las parcelas contaron con la misma cantidad de metros lineales de surco (6 surcos de 9 metros de largo) para un total de 54 metros lineales de surco para cada distancia de siembra, por lo que el área total de la parcela varía de acuerdo a cada distancia evaluada. ,

**Cuadro 39.**  
**Variedades, distancias de siembra y área total por parcela valoradas en este estudio.**

Variedad	Distancia	Modalidad	Area parcela m
B 77 95	1,4 m	Surco simple	75,6
B 77 95	1,5 m	Surco simple	81
B 77 95	1,6 m	Surco simple	86,4
B 77 95	1,5 m	surco doble	56,7
B 77 95	1,6 m	surco doble	59,4
B 77 95	1,7 m	surco doble	62,1
LAICA 04 809	1,4 m	Surco simple	75,6
LAICA 04 809	1,5 m	Surco simple	81
LAICA 04 809	1,6 m	Surco simple	86,4
LAICA 04 809	1,5 m	surco doble	56,7
LAICA 04 809	1,6 m	surco doble	59,4
LAICA 04 809	1,7 m	surco doble	62,1
LAICA 05 805	1,4 m	Surco simple	75,6
LAICA 05 805	1,5 m	Surco simple	81
LAICA 05 805	1,6 m	Surco simple	86,4
LAICA 05 805	1,5 m	surco doble	56,7
LAICA 05 805	1,6 m	surco doble	59,4
LAICA 05 805	1,7 m	surco doble	62,1

Para el manejo y homogenización de la fertilización se dosificó el fertilizante por metro lineal de surco, tomando como base la cantidad de fertilizante utilizado normalmente para la distancia convencional (Testigo) de 1,5 m. entre surcos.

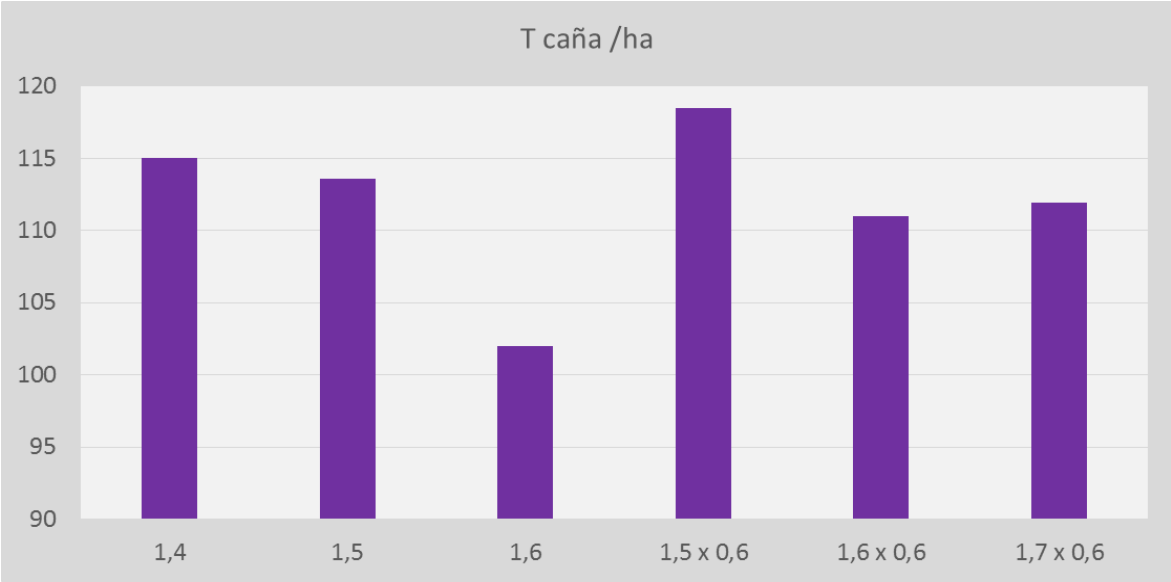
En el Cuadro 40 se presentan los resultados de la tercera cosecha y su correspondiente análisis de varianza, observándose en dicho cuadro que estadísticamente, con excepción de las variedades, no se presentaron diferencias estadísticas significativas en la producción de caña (t/ha). En esta cosecha como se presenta en la Figura 32, el tratamiento con la distancia de 1,5 m y en la modalidad de surco doble se presentó en general como el mejor sistema de siembra.

**Cuadro 40.**  
**Análisis de varianza aplicado a las toneladas de caña obtenidas en los diferentes tratamientos. Tercera Cosecha.**

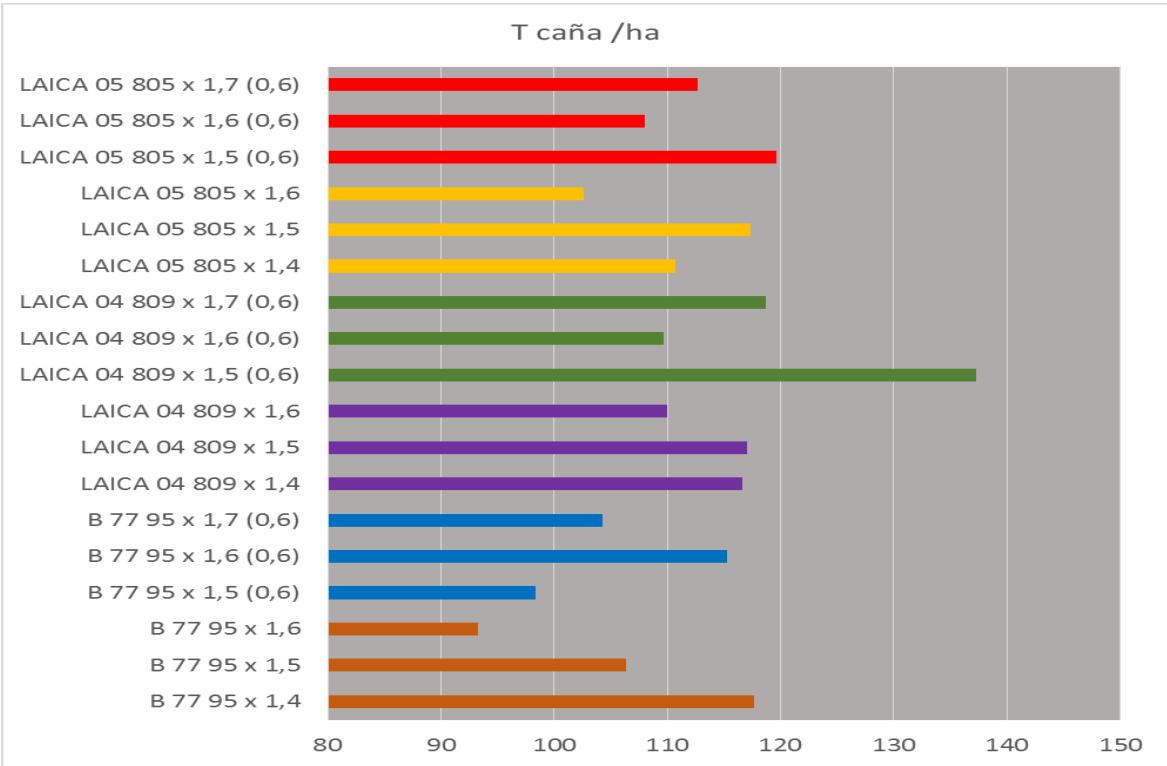
ANDEVA	T caña /ha		
F. variación	G.L.	CM	P(f)
Bloques	2	140,74	0,34
Variedades	2	684,80	0,01
distancias	5	277,13	0,07
Variedades x dist	10	205,77	0,13
Error	34	124,54	
Total	53	9.328,98	
% CV		9,97	
<b>Variedades</b>		<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>
B 77 95		105,89	b
LAICA 04 809		118,22	a
LAICA 05 805		111,83	ab
<b>Distancias</b>		<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>
1,4		115	
1,5		113,56	
1,6		102	
1,5 x 0,6		118,44	
1,6 x 0,6		111	
1,7 x 0,6		111,89	
<b>Interacción</b>		<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>
B 77 95 x 1,4		117,67	
B 77 95 x 1,5		106,33	
B 77 95 x 1,6		93,33	
B 77 95 x 1,5 (0,6)		98,33	
B 77 95 x 1,6 (0,6)		115,33	
B 77 95 x 1,7 (0,6)		104,33	
LAICA 04 809 x 1,4		116,67	
LAICA 04 809 x 1,5		117	
LAICA 04 809 x 1,6		110	
LAICA 04 809 x 1,5 (0,6)		137,33	
LAICA 04 809 x 1,6 (0,6)		109,67	
LAICA 04 809 x 1,7 (0,6)		118,67	
LAICA 05 805 x 1,4		110,67	
LAICA 05 805 x 1,5		117,33	
LAICA 05 805 x 1,6		102,67	
LAICA 05 805 x 1,5 (0,6)		119,67	
LAICA 05 805 x 1,6 (0,6)		108	
LAICA 05 805 x 1,7 (0,6)		112,67	

En la interacción entre las variedades y los sistemas de siembra se observa según en la Figura 33, en la variedad B 77-95 la distancia de 1,4 (surco sencillo) y en surco doble a 1,6 presentaron los mayores incrementos en la producción de caña (Tt/ha).

En la variedad LAICA 04-809 los mejores sistemas de siembra fueron 1,4 o 1,5 en surco sencillo o 1,5 en surco doble y en la variedad LAICA 05-905 la distancia de 1,5 y 1,5 m en surco doble fueron los mejores tratamientos.



**Figura 32. Producción de caña (t/ha) obtenidas en los diferentes tratamientos en la tercera cosecha.**



**Figura 33. Producción de caña (t/ha) en la Interacción de distancias de siembra y variedades.**

## **RESPUESTA DE LA DENSIDAD DE SEMILLA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN NORTE. CUARTA COSECHA.**

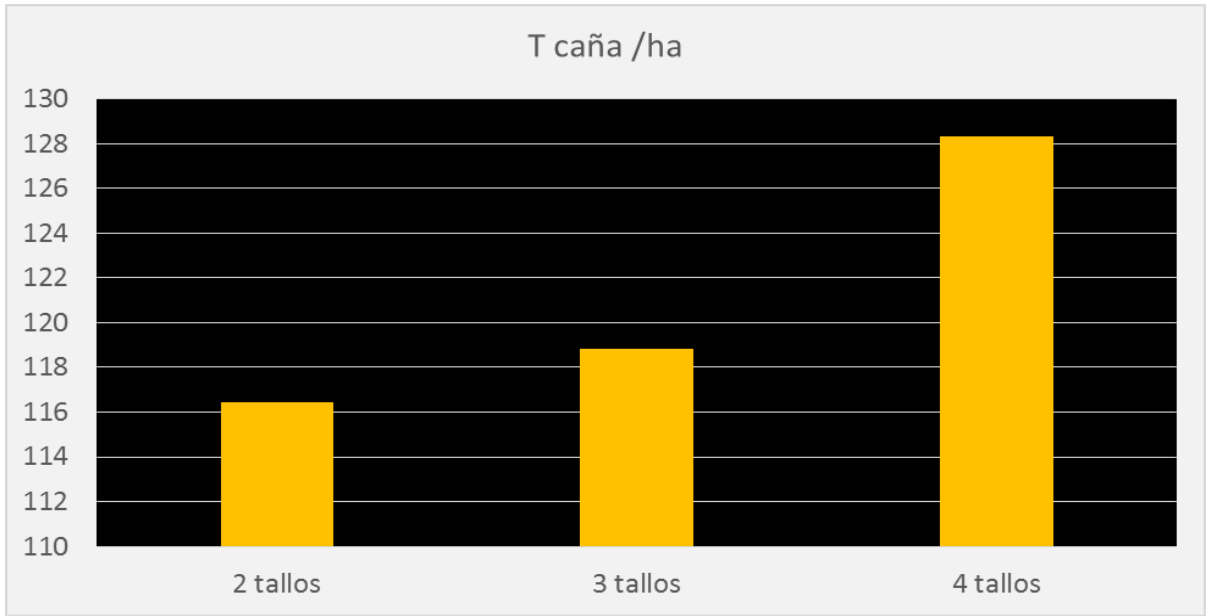
La utilización de semilla de alta calidad por parte de los productores de caña es fundamental para la obtención de altos rendimientos y una mayor vida productiva de las plantaciones. La calidad de la semilla es determinada por aspectos como: vigorosidad, edad fisiológica adecuada, sanidad y pureza varietal, sin embargo muchos productores ante la ausencia de semilla de calidad, acostumbran a utilizar mayores cantidades de esta para compensar la baja germinación. Por investigaciones realizadas en el pasado se logró determinar que el uso de 3 tallos alineados en el surco era suficiente para obtener una buena conformación de cepa, una cantidad adecuada de tallos y rendimientos agrícolas satisfactorios. La cantidad de semilla en el surco ha estado relacionada en forma general con las toneladas de semilla por unidad de área, sin tomar en cuenta las variedades que también son determinantes en aspectos biométricos claves en la germinación y producción de tallos (cantidad y calidad de yemas). Por este motivo se estableció este estudio cuyo objetivo fue conocer la cantidad apropiada de la semilla (tallos y yemas) y su impacto en la producción de caña.

El estudio se estableció en la finca "AGROCLISA" propiedad del Ingenio Cutris S A, San Carlos, provincia de Alajuela, a una altitud 70 msnm, una temperatura media anual 25,7°C, y una precipitación media anual de 2.750,5 mm. En el siguiente Cuadro 41 se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado a la única variable evaluada por ser semilla (t caña/ha), observándose que se presentaron diferencias estadísticas significativas únicamente entre las variedades evaluadas al igual que en la cosecha anterior, donde la mejor variedad en la producción de caña (t/ha) nuevamente fue LAICA 04-809. En la cantidad de semilla y la interacción de esta por variedad no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo al observar la Figura 34, en esta cosecha y contrario a la anterior con la cantidad de 4 tallos, se obtuvo en forma general la mayor producción de caña/ha, y al interactuar la cantidad de semilla con las variedades sobresalieron LAICA 04-809 con 3 tallos y en la NA 85-1602, la cantidad apropiada de tallos fue de 4 en esta cosecha. Por su parte, la variedad B 77-95 la cantidad de 4 tallos parece ser la mejor. La

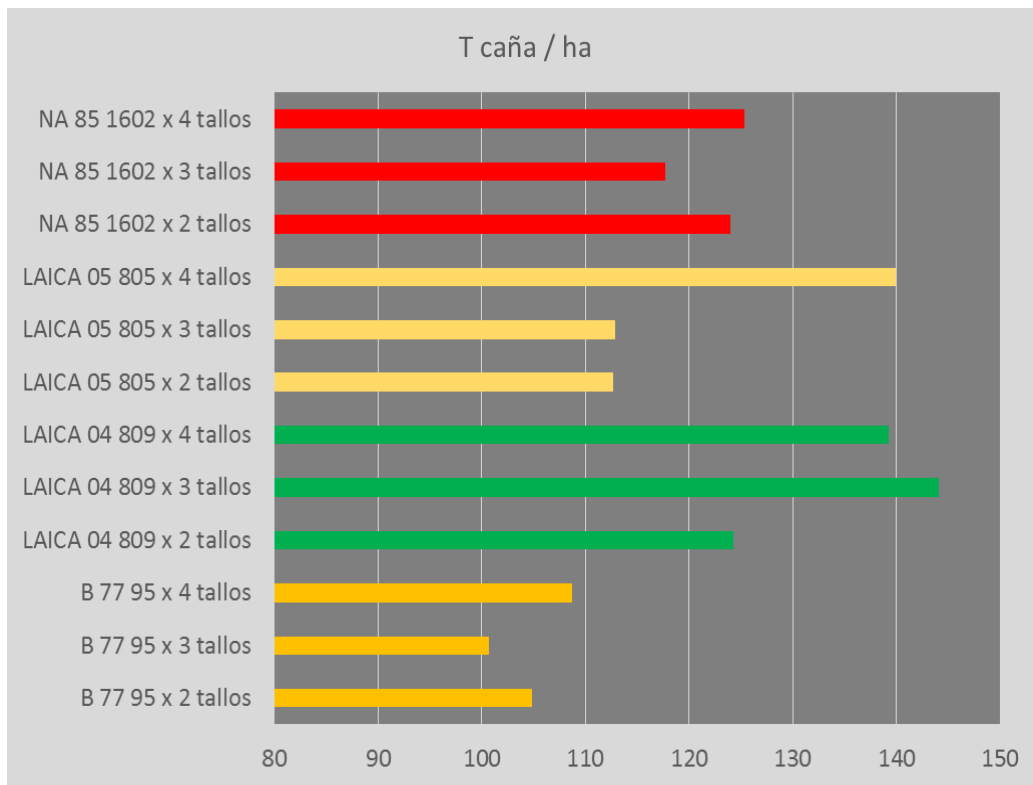
mayor diferencia en la cantidad de semilla en esta cosecha correspondió a la variedad LAICA 05-805 donde los 4 tallos difieren mucho productivamente de las otras dos alternativas.

**Cuadro 41.**  
**Análisis de varianza aplicado a las variables agronómicas en este estudio.**

ANDEVA		t caña /ha	
F Variación	G.L.	CM	P(f)
Repeticiones	3	885,55	0,07
Variedades	3	1.951,62	0
Cantidad semilla	2	627,62	0,18
Variedades x semilla	6	303,66	1
Error	33	349,35	
Total	47	23.117,19	
% CV		15,42	
<b>Variedades</b>		<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>
B 77 95		104,75	b
LAICA 04 809		135,88	a
LAICA 05 805		121,83	ab
NA 85 1602		122,34	ab
<b>Cantidad semilla</b>		<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>
2 tallos		116,46	
3 tallos		118,84	
4 tallos		128,3	
<b>Interacción</b>		<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>
B 77 95 x 2 tallos		104,86	
B 77 95 x 3 tallos		100,7	
B 77 95 x 4 tallos		108,68	
LAICA 04 809 x 2 tallos		124,31	
LAICA 04 809 x 3 tallos		144,1	
LAICA 04 809 x 4 tallos		139,24	
LAICA 05 805 x 2 tallos		112,71	
LAICA 05 805 x 3 tallos		112,85	
LAICA 05 805 x 4 tallos		139,93	
NA 85 1602 x 2 tallos		123,96	
NA 85 1602 x 3 tallos		117,71	
NA 85 1602 x 4 tallos		125,35	



**Figura 23. Cantidad de tallos de semilla depositados en el surco.**



**Figura 24. Resultado de la interacción entre las variedades evaluadas y la densidad de semilla sobre las variables producción de caña por hectárea.**

## EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SIEMBRA DE SEMILLA TRANSVERSAL CON DIFERENTES VARIETADES Y DISTANCIAS DE SIEMBRA EN LA REGION NORTE.

El incremento en los costos de producción de la caña de azúcar ha obligado a los productores a modificar aspectos importantes del manejo del cultivo que permitan reducciones a veces significativas en dichos costos de producción.

La semilla utilizada en las renovaciones de las plantaciones tradicionalmente ha representado como uno de los rubros de más alto costo, provocado por las altas cantidades de semilla por hectárea utilizadas.

Uno de los sistemas de siembra denominado “*semilla transversal*”, consiste en la siembra de un solo esqueje de 3 yemas ubicado transversalmente en el surco de siembra a una determinada distancia entre uno y otro esqueje.

Este sistema de siembra se ha venido implementando por parte de los productores y muy en especial en la Región Norte, sin embargo ha carecido de la investigación necesaria para recomendarla abiertamente e incluirla en el paquete de recomendación técnica del cultivo. Por este motivo, el **objetivo** de esta investigación consistió en conocer la respuesta varietal en la producción del uso de este sistema de siembra a varias distancias.

El estudio se estableció en la Finca Santa Teresa propiedad del Ingenio Cutris ubicada en el cantón de Los Chiles, San Carlos provincia de Alajuela, a una altitud de 50 msnm, una temperatura media anual de 27 a 29°C y una precipitación anual de 2.300 mm.

Las variedades seleccionadas fueron LAICA 10-207, LAICA 08-390, PR 80-2038, B77-95 y LAICA 01-604. Las parcelas se constituyeron de 10 surcos de 20 metros y el diseño aplicado fue de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones. Las distancias de siembra evaluadas fueron de 30, 40, 50, 60 y 70 cm entre esqueje y esqueje. La fertilización a la siembra y de mantenimiento fue la aplicada por la finca en forma comercial en sus plantaciones. La cosecha (peso tallos) se efectuó utilizando una balanza de 200 kg con la cual se seleccionaron por surco de cada parcela los tallos en una distancia de 5 metros.

En el siguiente Cuadro 42 se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado tanto los pesos promedios por parcela con su equivalencia en la producción de caña (t/ha). Como se observa en dicho cuadro se presentaron diferencias estadísticas entre las variedades evaluadas donde sobresalió productivamente la variedad LAICA 08-390. Entre las distancias

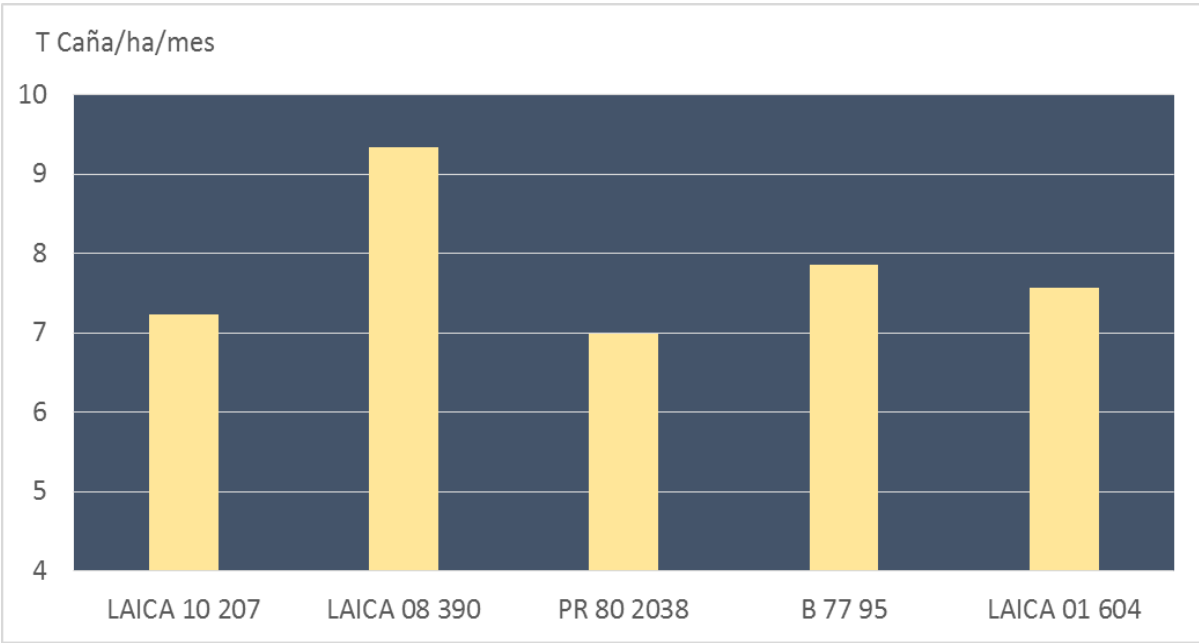
en general no se presentaron diferencias estadísticas importantes aunque como se observa en la Figura 26, la mayor producción de caña (t/ha) en tendencia con la distancia de 40 cm.

**Cuadro 42.**  
**Resultados del análisis de varianza en las variables medidas en este estudio.**

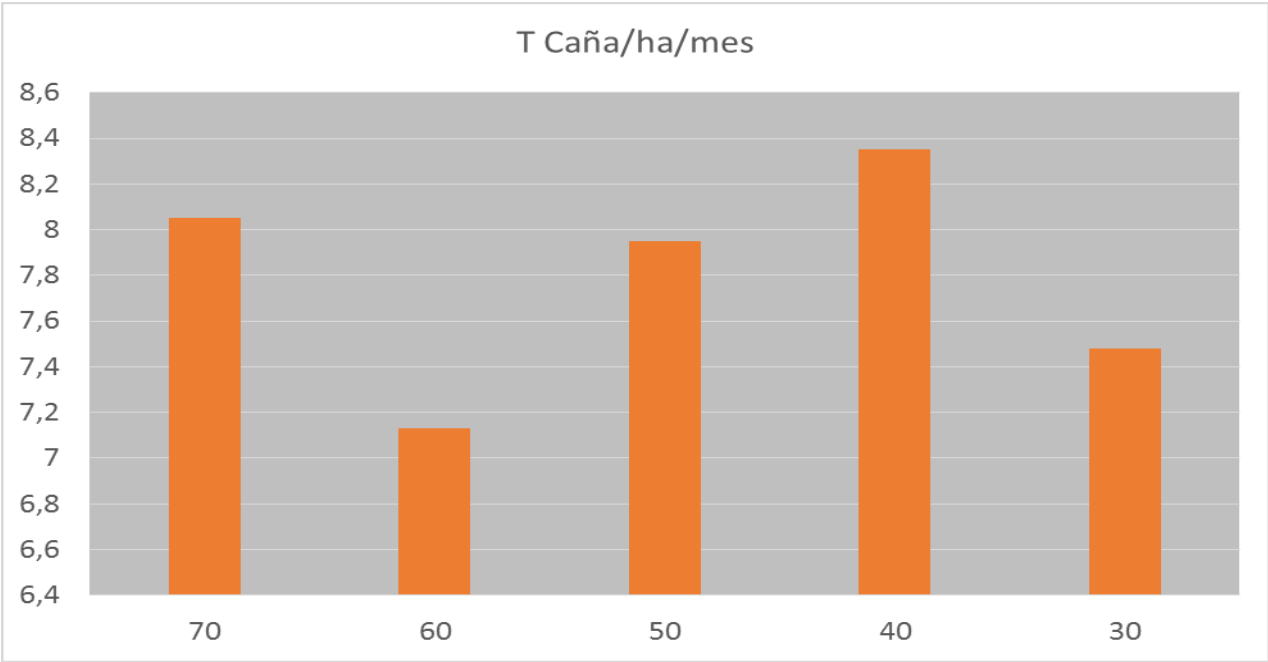
ANDEVA		Peso kg /5 m		T caña/ha/ mes	
Fuente variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	3	1.321,93	0,03	8,30	0,03
Variedades	4	14.341,60	0	17,11	0
Distancias	4	662,7	0,2	4,73	0,13
Variedades X Distancias	16	1.003,58	0,01	7,47	0
Error	72	432,04		2,58	
Total	99	111.147,00		417,77	
% CV		22,18		20,63	
Variedades		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
LAICA 10 207		50,4	c	7,23	b
LAICA 08 390		123,05	a	9,34	a
PR 80 2038		92,05	b	6,99	b
B 77 95		103,45	b	7,85	b
LAICA 01 604		99,55	b	7,56	b
Distancias		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
70		97,05		8,05	
60		84,25		7,13	
50		95,05		7,95	
40		99,15		8,35	
30		93		7,48	
Variedades x Distancias		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
LAICA 10 207 x 70		50,75		7,28	Aa
LAICA 10 207 x 60		54,25		7,78	Aa
LAICA 10 207 x 50		54,5		7,82	Aa
LAICA 10 207 x 40		61,25		8,78	Aa
LAICA 10 207 x 30		31,25		4,48	Ba
LAICA 08 390 x 70		142		10,78	Aa
LAICA 08 390 x 60		91,25		6,93	Aa
LAICA 08 390 x 50		124,25		9,43	Aa
LAICA 08 390 x 40		123,5		9,37	Aa
LAICA 08 390 x 30		134,25		10,19	Aa
PR 80 2038 x 70		96,75		7,34	Aa
PR 80 2038 x 60		82,25		6,24	Aa
PR 80 2038 x 50		115,25		8,75	Aa
PR 80 2038 x 40		90,75		6,89	Aa
PR 80 2038 x 30		75,25		5,71	Ba
B 77 95 X 70		106,75		8,1	Aa
B 77 95 X 60		108,75		8,26	Aa
B 77 95 X 50		95,25		7,23	Aa
B 77 95 X 40		93		7,06	Aa
B 77 95 X 30		113,5		8,62	ABa
LAICA 01 604 x 70		89		6,76	Aa
LAICA 01 604 x 60		84,75		6,44	Aa
LAICA 01 604 x 50		86		6,53	Aa
LAICA 01 604 x 40		127,25		9,66	Aa
LAICA 01 604 x 30		110,75		8,41	ABa

De acuerdo al resultado de la interacción Figura 27, se observa que en la variedad LAICA 01-604 la mejor distancia fue de 40 cm, en la variedad B77-95 fue de 30 cm, en la variedad

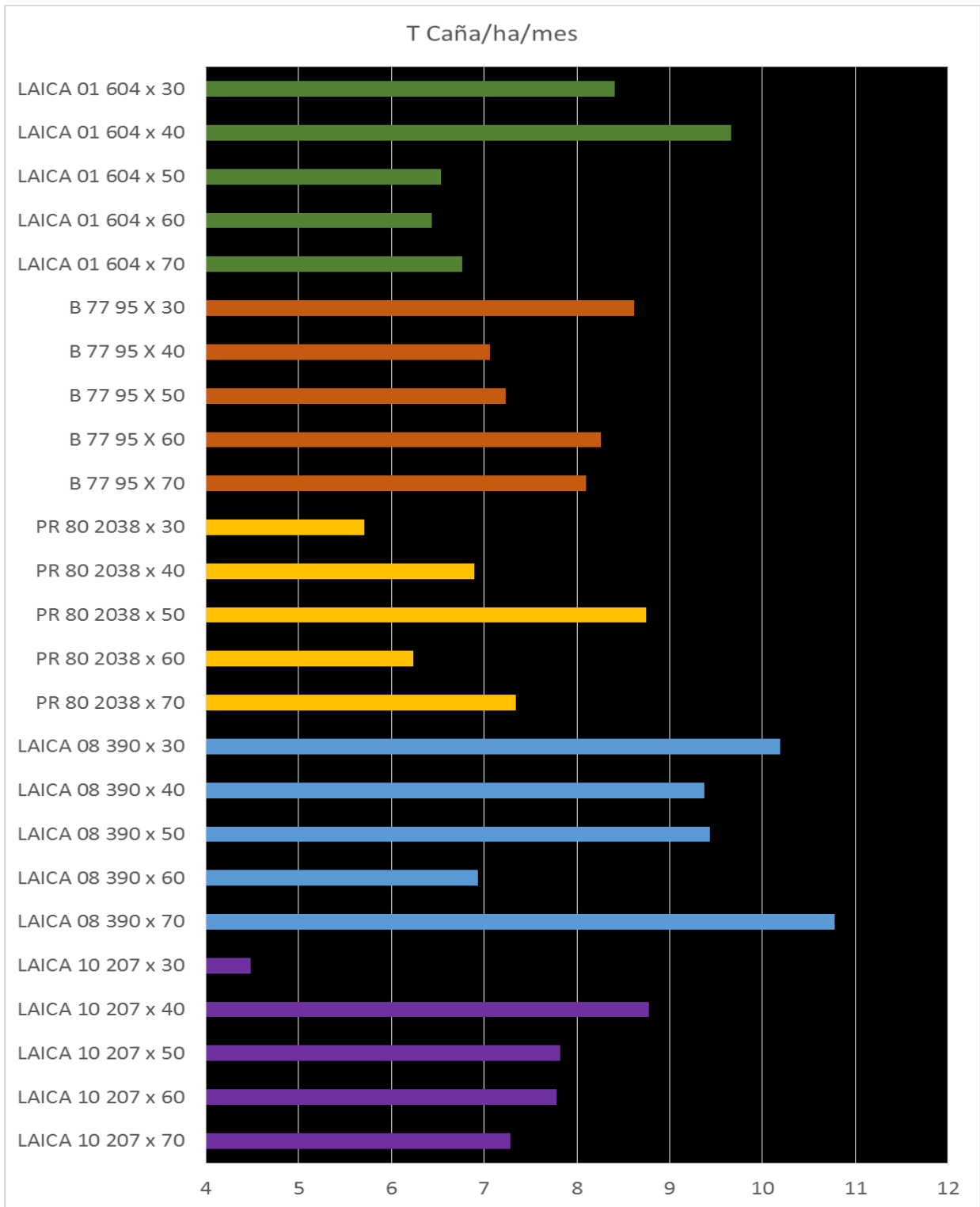
PR 80-2038 fue de 50 cm, LAICA 08-390 70 cm y LAICA 10-207 la mejor distancia fue de 40 cm.



**Figura 25 Resultado en la producción de caña (t/ha) obtenidas en el estudio.**



**Figura 26. Resultado en la producción de caña (t/ha) de acuerdo a las distancias de siembra evaluadas.**



**Figura 27. Resultado de la interacción entre variedades y distancias de siembra de los esquejes en este estudio.**

## EVALUACIÓN DE DIFERENTES MODALIDADES DE SIEMBRA EN CUATRO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGION SUR. Tercera y Cuarta Cosecha.

Prosiguiendo con el objetivo de buscar alternativas de manejo que permitan incrementos satisfactorios en el cultivo sin alterar bruscamente la estructura de costos, es que se ha continuado valorando diferentes alternativas en la siembra del cultivo. Con base en los resultados del estudio anterior ejecutado en esta región, se realizaron algunas modificaciones en los tratamientos, los cuales se presentan en el Cuadro 43 para ser valorados en cuatro variedades. El tratamiento con surco base ancha consiste en agregar al surcador corriente una placa metálica en su parte trasera como se observa en la Figura 28, de manera que el surco quede con una mayor amplitud en su base y así la semilla quede más espaciada en el fondo del surco; el surco normal por lo tanto consistió en el uso del surcador tradicional, el cual el surco presenta la forma de V y los surcos dobles a una distancia entre ellos de 0,6 m y una distancia entre surcos dobles a 1,5 y 1,7 m.

El ensayo se estableció en la finca “El Porvenir” perteneciente a CoopeAgri R.L. y ubicada en el distrito de San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón a una altitud 560 msnm, una temperatura media de 23,3°C y una precipitación media anual de 2.581 mm. **El objetivo** del ensayo fue determinar los beneficios del surco base ancha y verificar productivamente la mejor distancia entre los surcos dobles en cada variedad comercial de caña de azúcar.

**Cuadro 43.**  
**Tratamientos evaluados en el estudio.**

Modalidad del surco	Distancia	Variedad
Surco Ancho	1,5 m	LAICA 04 809 RB 86 7515 RB 98 710 RB 99 381
Surco Normal	1,5 m	LAICA 04 809 RB 86 7515 RB 98 710 RB 99 381
Surco Doble	1,5 m	LAICA 04 809 RB 86 7515 RB 98 710 RB 99 381
Surco Doble	1,7 m	LAICA 04 809 RB 86 7515 RB 98 710 RB 99 381



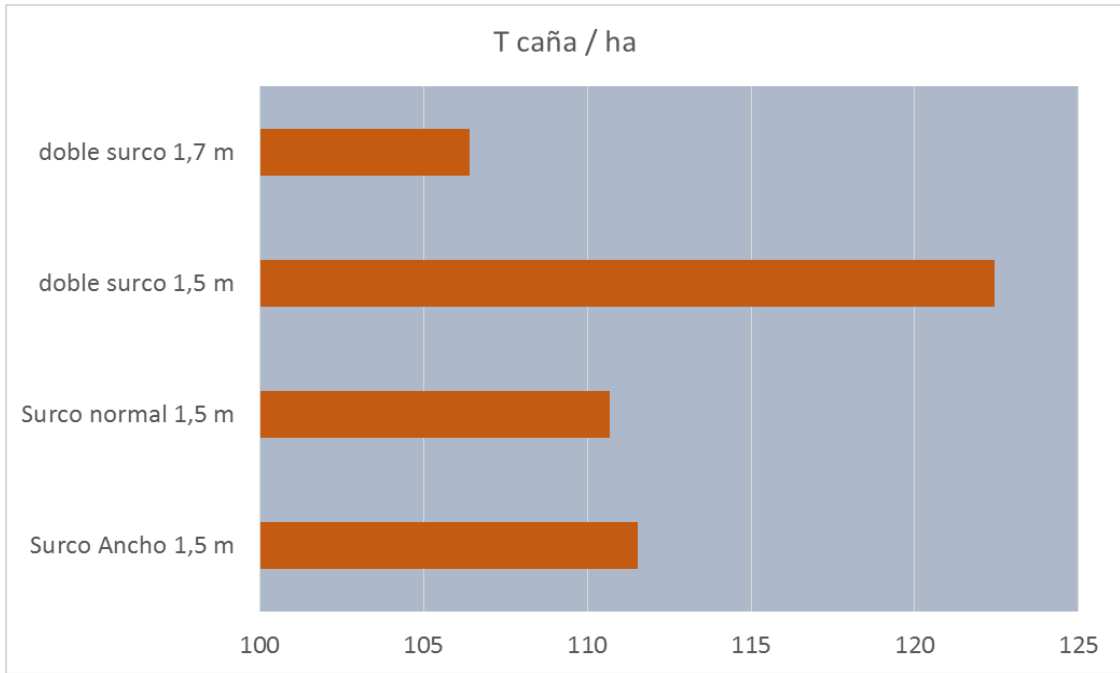
**Figura 28 .Preparación de surcos de base ancha.**

### **TERCERA COSECHA.**

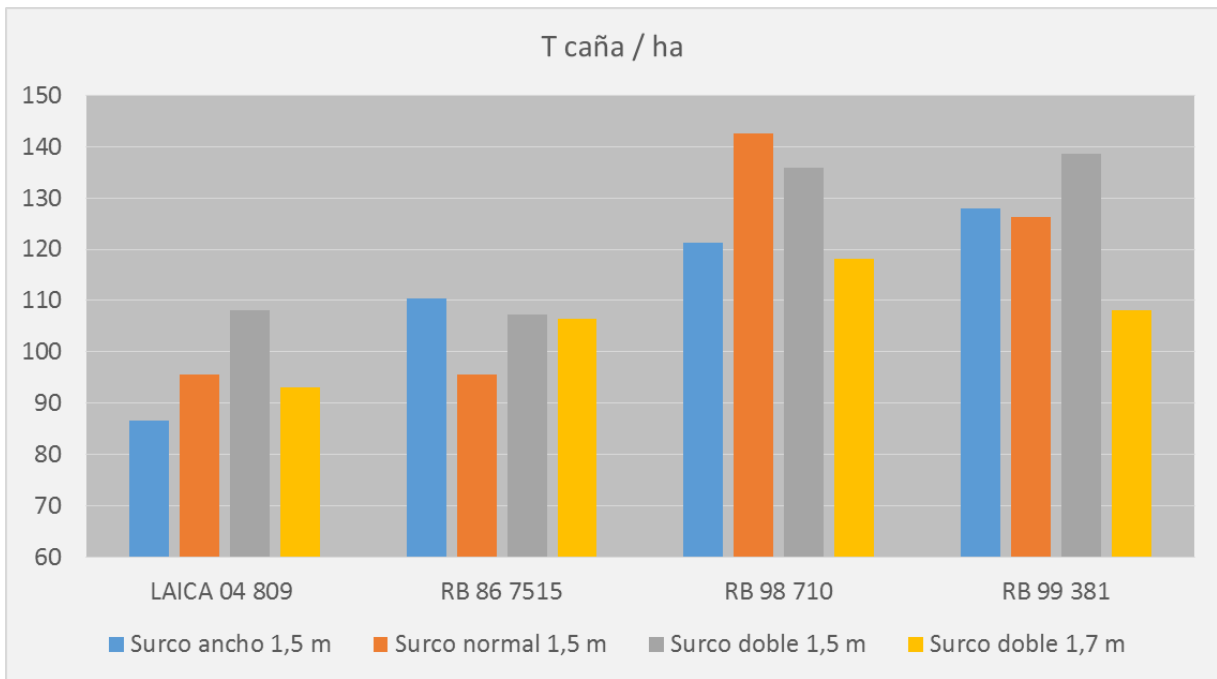
En el Cuadro 44 se presenta el análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales, observándose que en esta cosecha no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las diferentes modalidades de surco y distancias. Sin embargo, al observar la Figura 29. El surco doble a la distancia de 1,5 resulto ser la mejor alternativa productiva resultado también en cosechas anteriores y con significancia estadística. Entre las variedades como se observa en la Figura 30 se presentó una respuesta productiva diferenciada, por ejemplo en las variedades RB 99-381 y LAICA 04-809 presentaron como mejor sistema de siembra con el surco doble a la distancia de 1,5 m. Por otra parte, en la variedad RB 98-710 el surco normal fue el de mayor producción de caña (t/ha) y en la variedad RB 86-7515 la mejor alternativa fue la distancia de 1,5 m en surco doble.

**Cuadro 30.**  
**Resultados del Análisis de Varianza realizado a los diferentes tratamientos**  
**en la tercera cosecha.**

ANDEVA		% Brix		% Pureza		% pol		% Fibra		Rend . Ind		t/caña /ha		t azúcar /ha	
F de Variación	GL	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)
Bloques	2	0,91	0,16	1,07	0,24	6,97	0,35	1,33	0,13	165,38	0,02	840,23	0,07	19,93	0,03
Modalidad surco	3	1,5	0,04	2,85	0,02	15,59	0,08	1,93	0,04	35,26	1	558,93	0,14	6,59	0,28
Varietades	3	1,04	0,1	2,74	0,02	22,46	0,03	0,37	1	72,82	0,13	3.790,60	0	49,64	0
Mod x Varietades	9	0,73	0,17	0,47	1	4,12	1	1,02	0,14	30,45	1	310,26	0,4	4,76	1
Error	30	0,47		0,72		6,39		0,6		36,43		283,9		4,95	
Total	47	30,06		44,74		356,77		36,85		2.022,06		26.038,25		399,75	
CV %		3,33		4,5		2,75		5,64		4,89		14,94		16	
<b>Modalidad surco</b>		<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>
Surco Ancho 1,5 m		20,88	a	19,23	ab	92,08		14,18	a	124,3		111,55		13,85	
Surco normal 1,5 m		20,26	a	18,3	b	90,35		13,43	a	121,36		110,69		13,48	
doble surco 1,5 m		20,15	a	18,57	ab	92,13		13,46	a	122,56		122,43		14,95	
doble surco 1,7 m		20,73	a	19,29	a	93,09		14,08	a	125,17		106,4		13,31	
<b>Varietades</b>		<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>
LAICA 04-809		20,28		18,83	ab	92,91	a	13,67		123,56		91,52	b	11,36	b
RB 86-7515		20,83		19,29	a	92,53	ab	14		125,53		104,87	b	13,15	ab
RB 98-710		20,24		18,19	b	89,89	b	13,62		119,85		129,49	a	15,53	a
RB 99-381		20,68		19,09	ab	92,31	ab	13,86		124,44		125,19	a	15,56	a
<b>Interaccion Mod x Var</b>		<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>
Srco Anch x LAICA 04 809		20,62		19,09		92,57		14,06		124,15		86,67		10,8	
Srco Anch x RB 86 7515		21,3		19,81		92,97		14,64		127,01		110,32		14,03	
Srco Anch x RB 98 710		21,04		19		90,27		13,78		123,07		121,35		14,92	
Srco Anch x RB 99381		20,56		19,02		92,51		14,24		122,97		127,86		15,67	
Srco Normal x LAICA 04 809		19,96		18,09		90,62		13,15		119,24		78,25		9,37	
Srco Normalx RB 86 7515		20,52		19,02		92,67		13,78		124,79		95,55		11,96	
Srco Normal x RB 98 710		20,22		17,69		87,52		13,77		119,41		142,62		17,12	
Srco Normal x RB 99381		20,34		18,42		90,59		13		122		126,35		15,46	
Srco doble x LAICA 04 809		20,61		19,12		92,79		13,19		127,56		108,12		13,79	
Srco doble x RB 86 7515		20,47		18,73		91,35		12,77		125,39		107,25		13,36	
Srco doble x RB 98 710		19,09		17,48		91,57		13,45		115,05		135,82		15,68	
Srco doble x RB 99381		20,43		18,96		92,8		14,41		122,23		138,53		16,99	
Srco doble (1,7)x LAICA 04 809		19,92		19,05		95,67		14,29		123,3		93,06		11,47	
Srco doble(1,7) x RB 86 7515		21,02		19,58		93,14		14,82		124,92		106,35		13,26	
Srco doble(1,7) x RB 98 710		20,59		18,58		90,2		13,46		121,88		118,16		14,38	
Srco doble(1,7) x RB 99381		21,38		19,96		93,35		13,76		130,58		108,03		14,11	



**Figura 29. Producción de azúcar obtenida en la primera cosecha entre los diferentes tratamientos evaluados.**



**Figura 30. Producción de azúcar obtenida en la primera cosecha entre las modalidades de surco y distancias con las diferentes variedades.**

## CUARTA COSECHA.

En el Cuadro 31 se presenta el resultado del análisis de varianza de la cuarta cosecha, observándose que nuevamente se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las modalidades de surcado en la variable producción de caña, donde el mejor tratamiento fue el surco doble a 1,5 m, presentando diferencias según la prueba de Tukey 5% solamente con el tratamiento de surco base Ancha. Entre las variedades y sistema de siembra no se presentaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo en la Figura 32, se observa que en la variedad RB 98-710 presento la mayor producción de caña (t/ha) con la distancia 1,5 m en surco ancho y doble. También en la variedad RB 86-7515 el surco doble a la distancia de 1,5 m fue superior en la producción de caña. En las otras variedades las diferencias no fueron contundentes como se observa en esta figura.

**Cuadro 31.**  
**Resultados del Análisis de Varianza realizado a los diferentes tratamientos en la cuarta cosecha.**

ANDEVA	% Brix			% Pureza			% pol			% Fibra			Rend . Ind			t/caña/ha			t azúcar/ha		
F de Variación	GL	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM	p(f)	CM			
Bloques	2	0,91	0,16	1,07	0,24	6,6	0,35	1,33	0,13	165,38	0,02	157,92	0,23	5,09							
Modalidad surco	3	1,5	0,04	2,85	0,02	15,1	0,08	1,93	0,04	35,26	1	370,87	0,02	4,43							
Variedades	3	1,04	0,1	2,74	0,02	21,75	0,03	0,37	1	72,82	0,13	2.689,61	0	30,37							
Mod x Variedades	9	0,73	0,17	0,47	1	3,82	1	1,02	0,14	30,45	1	33,65	1	0,88							
Error	30	0,47		0,72		6,11		0,6		36,43		101,89		1,68							
Total	47	30,06		44,74		341,33		36,85		2.022,06		12.856,67		173,01							
CV %		3,25		4,45		2,72		5,58		4,78		9,15		9,33							
Modalidad surco	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A				
Surco Ancho 1,5 m	21,38	a	19,43	ab	90,86	a	14,33	a	127,3		104,76	b	13,31								
Surco normal 1,5 m	20,76	a	18,5	b	89,14	a	13,58	a	124,36		110,1	ab	13,69								
doble surco 1,5 m	20,65	a	18,77	ab	90,86	a	13,61	a	125,56		117,99	a	14,74								
doble surco 1,7 m	21,23	a	19,49	a	91,84	a	14,23	a	128,17		108,61	ab	13,88								
Variedades	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B				
LAICA 04-809	20,78		19,03	ab	91,63	a	13,82		126,56		102,05	b	12,91								
RB 86-7515	21,33		19,49	a	91,3	ab	14,15		128,53		103,65	b	13,31								
RB 98-710	20,74		18,39	b	88,69	b	13,77		122,85		132,8	a	16,28								
RB 99-381	21,18		19,29	ab	91,08	ab	14,01		127,44		102,96	b	13,12								
Interaccion Mod Dist x Var	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B				
Surco Anch 1,5 x LAICA 04 809	21,12		19,29		91,32		14,21		127,15		100,4		12,75								
Surco Anch 1,5 x RB 86 7515	21,8		20,01		91,76		14,79		130,01		97,62		12,66								
Surco Anch 1,5 x RB 98 710	21,54		19,2		89,1		13,93		126,07		125,4		15,77								
Surco Anch 1,5 x RB 99381	21,06		19,22		91,26		14,39		125,97		95,63		12,04								
Surco Normal 1,5 x LAICA 04 809	20,46		18,29		89,38		13,3		122,24		98,01		11,96								
Surco Normal 1,5 x RB 86 7515	21,02		19,22		91,42		13,93		127,79		106,35		13,59								
Surco Normal 1,5 x RB 98 710	20,72		17,89		86,37		13,92		122,41		135,24		16,59								
Surco Normal 1,5 x RB 99381	20,84		18,62		89,39		13,15		125		100,79		12,62								
Surco doble 1,5 x LAICA 04 809	21,11		19,32		91,53		13,34		130,56		108,01		14,09								
Surco doble 1,5 x RB 86 7515	20,97		18,93		90,13		12,92		128,39		108,44		13,93								
Surco doble 1,5 x RB 98 710	19,59		17,68		90,25		13,6		118,05		139,61		16,42								
Surco doble 1,5 x RB 99381	20,93		19,16		91,54		14,56		125,23		115,91		14,54								
Surco doble 1,7 x LAICA 04 809	20,42		19,25		94,3		14,44		126,3		101,79		12,86								
Surco doble 1,7 x RB 86 7515	21,52		19,78		91,9		14,97		127,92		102,18		13,06								
Surco doble 1,7 x RB 98 710	21,09		18,78		89,02		13,61		124,88		130,95		16,33								
Surco doble 1,7 x RB 99381	21,88		20,16		92,13		13,91		133,58		99,5		13,29								

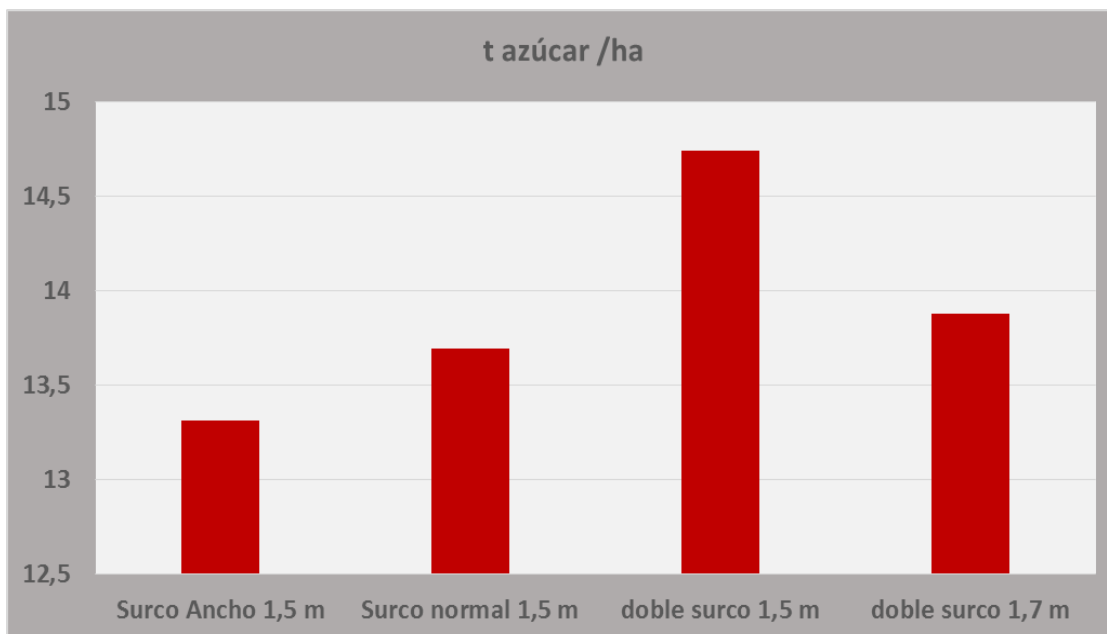


Figura 31. Producción de azúcar obtenida en la segunda cosecha entre las distancias de siembra.

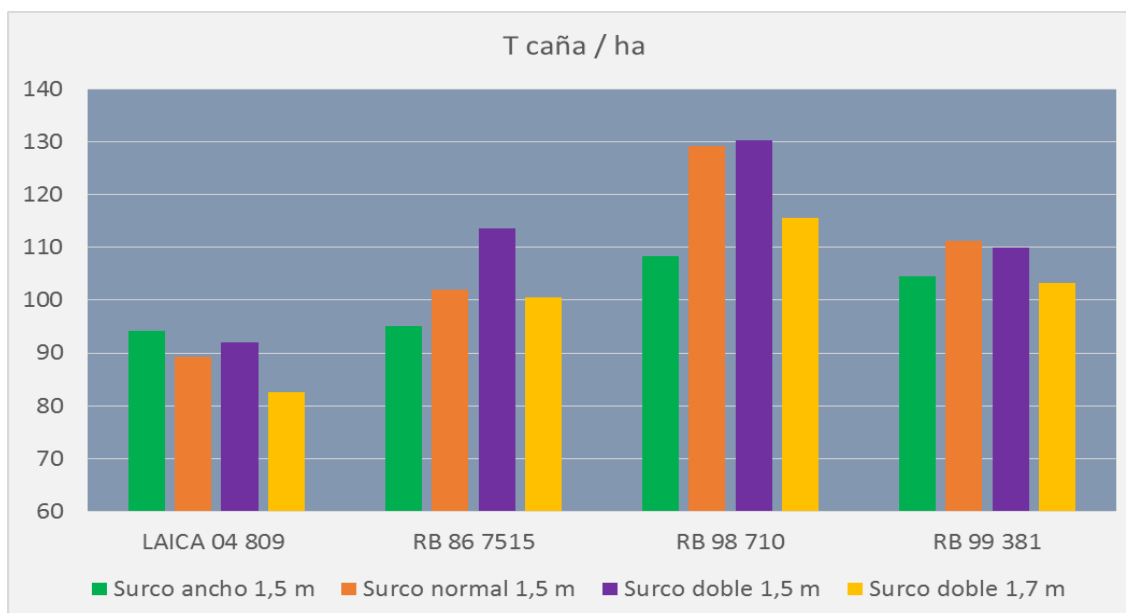


Figura 32. Producción de azúcar obtenida en la interacción entre las modalidades de siembra y las variedades.

**RESPUESTA DE LA TOLERANCIA DE CUATRO VARIEDADES COMERCIALES  
DE CAÑA DE AZÚCAR A LA APLICACIÓN DE SEIS HERBICIDAS POST EMERGENTES.  
REGIÓN SUR. Quinta Cosecha.**

Al igual que en el resto de las regiones cañeras las variedades de caña cambian obedeciendo a su capacidad productiva, y a su capacidad de adaptación a las diversas condiciones agroclimáticas imperantes en estas regiones.

Los herbicidas utilizados en general y sus mezclas no cambian por este motivo resulta importante evaluar el efecto fitotóxico que puedan provocar estos herbicidas sobre estas variedades. El primer objetivo planteado fue el de evaluar el efecto de los herbicidas individualmente para obtener información al respecto y que permita poder estructurar mejor las mezclas de herbicidas evitando con ello los perjuicios en la producción. Después de dos cosechas se aplicaron mezclas de los herbicidas con sus respectivos coadyuvantes para medir de nuevo dicho efecto positivo o negativo en cada una de las variedades.

La Región Sur ha sufrido un rápido cambio varietal a consecuencia de la presencia de la enfermedad de la roya naranja (*Puccinia kuehni*), por tal motivo existe una amplia gama de variedades comerciales a las cuales se les debe valorar su respuesta fitotóxica a los herbicidas. Para cumplir con este trabajo se seleccionaron las variedades LAICA 04-44, LAICA 04-809, LAICA 05-805 y RB 98-710, por su área de cultivo y además por su proyección a futuro. Las mezclas de herbicidas evaluadas se presentan en el Cuadro 32 y además se valoró un tratamiento testigo sin aplicación, pero con deshierba manual.

El ensayo se estableció en la finca "El Porvenir" con suelos del orden Ultisol perteneciente a Coope Agri R.L. y ubicada en el distrito de San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón, a una altitud de 560 msnm, una temperatura media de 23,2°C y una precipitación media anual de 2.581 mm. El diseño utilizado en este estudio fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en arreglo factorial de 4<sup>6</sup>. Las parcelas o unidades experimentales estuvieron constituidas por 4 surcos de 6 metros de largo separados a 1,5 metros entre sí, para un área de parcela de 36 m<sup>2</sup>. Los herbicidas se aplicaron con bomba de espalda, utilizando una boquilla AI 110 03 para una descarga de 460 l / ha, dirigiendo la aplicación al follaje de la caña cuando esta tuvo aproximadamente 2 - 3 meses de edad posterior a la cosecha.

**Cuadro 32.**  
**Mezclas de herbicidas aplicados a las variedades de caña de azúcar.**

TRATAMIENTO	MEZCLA HERBICIDA	Dosis /ha
Mezcla 1	AMETRINA 50 SC+DIURON 80 WG+2,4-D 60 SL	3 L + 2 kg / 2 L
Mezcla 2	DIURON 80 WG+TERBUTRINA 50 SC +2,4-D 60 SL +WK	2 kg + 3 L + 2 L
Mezcla 3	HEXAZINONA 75 WG+DIURON 80 WG+2,4-D 60 SL +WK	0,5 kg + 2 kg +2 L
Mezcla 4	HEXAZINONA 75 WG +TERBUTRINA 50 SC+2,4-D 60 SL +KAITAR	0,5 kg + 2 L +2 L
Mezcla 5	HEXAZINONA 75 WG+ MSMA 72 SL +2,4-D 60 SL	0,5 kg +1.5 L +2 L

En el Cuadro 33 se presenta el análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales con respecto al efecto de cada mezcla de herbicida valorada en esta cuarta cosecha, en dicho cuadro se observa que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las mezclas y en su interacción con las variedades.

En el Cuadro 34 se observa el posible efecto fitotóxico de las mezclas de herbicidas sobre las diferentes variedades, entre ellas, resalta la variedad RB 98-710 la cual presento tolerancia a las diferentes mezclas aplicadas al no ser afectada negativamente en la producción de caña (t/ha); esta variedad fue afectada solamente y levemente por la mezcla compuesta por Hexazinona + MSMA + 2,4 D. La variedad LAICA 05-805 fue afectada solamente por la mezcla Diurón + Terbutrina + 2,4 D y afectada en mayor proporción por las mezclas #1 y #3. Otra variedad afectada por los herbicidas fue LAICA 04-809 más afectada por las mezclas # 1 y # 2. Por otra parte la variedad LAICA 04-44 solo fue afectada por la mezcla #3. Entre las mezclas de herbicidas que más afectaron a las variedades en general fueron la #1 y #3 aunque con valores de producción muy bajos.

Como conclusión de las variedades evaluadas en esta cosecha se tienen dos variedades más susceptibles y dos variedades más tolerantes como LAICA 04-44 y RB 98-710.

**Cuadro 33.**  
**Análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales del estudio.**

Fuente variación	G.L.	% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Kg az / t		t caña /ha		t azúcar / ha	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	2	5,4	0,06	6,19	0,06	22,88	0,07	2,86	0,07	41,22	1	558,79	0,07	4,88	0,28
Variedades	3	2,35	0,28	3,46	0,18	22,96	0,05	1,03	0,39	121,96	0,14	1.725,96	0	34,6	0
Herbicidas (Mezclas)	5	0,9	1	0,5	1	7,78	1	1,48	0,22	25,28	1	273,63	0,25	5,21	0,24
Variedades vs Herbicidas	15	1,73	1	1,51	1	3,87	1	1,34	0,22	24,54	1	184,15	1	3,09	1
Error	46	1,81		2,06		8,11		1		64,06		197,26		3,73	
Total	71	131,57		142,69		584,77		82,39		3.889,60		19.499,76		357,80	
CV %		6,14		7,68		3,34		7,29		6,56		12,95		14,58	
<b>Variedades (A)</b>		<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR A</b>	<b>SEP</b>
LAICA 04-44		21,63		18,36		84,85	ab	13,67		119,69		111,1	ab	13,33	b
LAICA 04-809		22,37		18,98		84,87	ab	13,64		122,13		96,71	c	11,78	b
LAICA 05-805		21,62		18,25		84,18	b	14,07		120,7		105,98	bc	12,8	b
RB 98-710		22,05		19,13		86,8	a	13,52		125,64		120,15	a	15,09	a
<b>Herbicidas (mezclas)</b>		<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>SEP</b>
Mezcla 1		21,55		18,57		86,16		13,48		120,59		104,25		12,56	
Mezcla 2		22,08		18,79		84,99		13,99		124,16		115,39		14,34	
Mezcla 3		21,87		18,73		85,62		13,18		123,45		104,15		12,89	
Mezcla 4		21,99		18,85		85,76		14,11		120,9		112,83		13,62	
Mezcla 5		22,32		18,82		84,38		13,91		121,25		105,27		12,78	
Testigo		21,7		18,32		84,15		13,69		121,9		109,03		13,31	
<b>Herbicidas vs Variedades</b>		<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>	<b>INTER A*B</b>	<b>SEP</b>
LAICA 04 44 x Mezcla1		21		17,94		85,43		13,36		117,69		110,65		13,03	
LAICA 04 44 x Mezcla2		23,15		19,36		83,55		15,34		122,47		131,85		16,16	
LAICA 04 44 x Mezcla3		20,94		18,02		85,85		13,44		118,02		100,65		11,94	
LAICA 04 44 x Mezcla4		21,64		18,58		85,84		13,09		121,74		108,06		13,13	
LAICA 04 44 x Mezcla5		21,41		18,03		84,22		13,37		119,79		108,34		13	
LAICA 04 44 x Testigo		21,66		18,24		84,19		13,45		118,41		107,03		12,74	
LAICA 04 809 x Mezcla1		21,93		18,74		85,46		13,49		117,16		90,65		10,52	
LAICA 04 809 x Mezcla2		21,79		18,53		85,09		13,07		122,17		89,82		10,95	
LAICA 04 809 x Mezcla3		22,83		19,49		85,34		12,98		129,02		95,09		12,19	
LAICA 04 809 x Mezcla4		22,16		18,7		84,44		14,54		118,18		104,08		12,29	
LAICA 04 809 x Mezcla5		22,88		19,08		83,52		13,96		121,32		97,78		11,89	
LAICA 04 809 x Testigo		22,62		19,31		85,38		13,8		124,95		102,87		12,86	
LAICA 05 805 x Mezcla1		21,44		18,61		86,85		13,78		121,64		97,5		11,81	
LAICA 05 805 x Mezcla2		20,85		17,41		83,07		14,1		120,98		121,11		14,65	
LAICA 05 805 x Mezcla3		22,47		18,89		83,94		13,78		121,35		97,04		11,87	
LAICA 05 805 x Mezcla4		22,25		19,07		85,69		15,13		118,71		108,42		12,85	
LAICA 05 805 x Mezcla5		22,5		18,97		84,3		14,42		119,85		101,25		12,13	
LAICA 05 805 x Testigo		20,19		16,56		81,25		13,2		121,65		110,56		13,45	
RB 98 710 x Mezcla1		21,83		18,98		86,91		13,26		125,87		118,19		14,85	
RB 98 710 x Mezcla2		22,52		19,85		88,24		13,45		130,99		118,8		15,62	
RB 98 710 x Mezcla3		21,22		18,52		87,36		12,52		125,43		123,8		15,56	
RB 98 710 x Mezcla4		21,89		19,06		87,07		13,69		124,95		130,74		16,23	
RB 98 710 x Mezcla5		22,48		19,21		85,46		13,89		124,04		113,71		14,1	
RB 98 710 x Testigo		22,34		19,16		85,77		14,3		122,58		115,65		14,2	

**Cuadro 34.**

**Resultado de la respuesta productiva (t caña/ha) de cada una de las variedades respecto a los herbicidas aplicados. Diferencias con respecto al testigo sin aplicación.**

Mezclas	LAICA 04 44	LAICA 04 809	LAICA 05 805	RB 98 710	Promedio
AMETRINA+DIURON+2,4-D	3,62	-12,22	-13,06	2,54	-4,78
DIURON+TERBUTRINA+2,4-D+WK	24,82	-13,05	10,55	3,15	6,37
HEXAZINONA+DIURON+2,4-D+WK	-6,38	-7,78	-13,52	8,15	-4,88
HEXAZINONA+TERBUTRINA+2,4-D+KAITAR	1,03	1,21	-2,14	15,09	3,80
HEXAZINONA 75 WG+ MSMA 72 SL +2,4-D 60 SL	1,31	-5,09	-9,31	-1,94	-3,76
<b>Promedio</b>	<b>4,88</b>	<b>-7,39</b>	<b>-5,50</b>	<b>5,40</b>	

**EFFECTO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CAÑA DE AZÚCAR POR DIFERENTES HERBICIDAS PREEMERGENTES DE BAJA CARGA QUÍMICA EN UN SUELO ULTISOL DE LA REGIÓN SUR.**

Como un requisito fundamental en la comercialización del azúcar en el futuro es su debida certificación, basada en aspectos sociales, económicos, de buenas prácticas agrícolas y entre ellas la protección del medio ambiente.

Entre las medidas de protección del medio ambiente se obliga la reducción en las cantidades de los plaguicidas aplicados anualmente y por hectárea, incluyendo, herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematicidas y maduradores los que se calculan con base en la suma de la carga química o cantidades de ingredientes activos aplicados por hectárea/año, las cuales como norma no deberán sobrepasar los 5 kg/ha de ingrediente activo por año, y evitar el uso de aquellos químicos que figuran en la clasificación de pesticidas según su peligrosidad de la OMS, Anexos B y C del Convenio de Estocolmo ([www.bonsucro.com](http://www.bonsucro.com)). El uso de herbicidas de baja carga química en la caña de azúcar es una alternativa importante para cumplir las exigencias de BONSUCRO como ente certificador para la caña de azúcar; sin embargo, ante la presencia en el mercado de herbicidas que cumplen esta condición, hay poca investigación al respecto que fundamenten las recomendaciones técnicas más apropiadas que garanticen un buen control de las malezas y una garantía en la protección del cultivo.

Para cumplir con esta interrogante se estableció en la Región sur en un suelo Ultisol esta investigación con el objetivo de determinar el efecto de diferentes mezclas de herbicidas sobre la producción de la caña de azúcar.

El ensayo se estableció en la “Finca La Jungla”, propiedad de CoopeAgri R.L en el distrito de San Pedro, cantón de Pérez Zeledón, a una altitud de 600 msnm, a una temperatura media de 25,1°C y una precipitación media anual de 2.934 mm. El suelo se clasifica como del orden Ultisol y el diseño utilizado en este estudio fue bloques completos al azar con tres repeticiones, las parcelas o unidades experimentales estuvieron constituidas por 5 surcos de 5 metros de largo, para un área total de 37,5 m<sup>2</sup>

Los tratamientos se presentan en el Cuadro 35 seleccionando los herbicidas de baja carga química solos y en mezcla para ser comparados con tratamientos tradicionales y un testigo sin aplicación de herbicida pero con deshierba manual. La variedad cultivada fue RB 98-710 y cosechada a los 12 meses de edad. Previo a la aplicación se calibro el equipo de aplicación utilizando una bomba de espalda CARPI con boquilla TEEJET AI 11003 para un volumen de descarga de 380 litros por hectárea.

**Cuadro 35.**  
**Tratamientos aplicados a las parcelas en esta investigación en condición de preemergencia total.**

#	TRATAMIENTO	DOSIS PC (kg ó l/ha)	CARGA QUÍMICA (kg i.a./ha)
1	Pendimetalina 50 SC + Terbutilazina 50 SC	3 - 2	2,5
2	Pendimetalina 50 SC + Isoxaflutole 75 WG	1,5 - 0,15	0,82
3	Pendimetalina 50 SC + Plateau 70 GD (Imazapic)	3 - 0,21	1,65
4	Pendimetalina 50 SC + Hexazinona 75 WG	2 - 0,7	1,35
5	Isoxaflutole 75 WG	0,15	0,11
6	Mayoral 35 SL (Imazapic 26,2% + Imazapyr 8,80 % )	0,6	0,21
7	Indaziflan 50 SC	0,15	0,075
8	Allion Pro 51,75 SC (Indaziflan 3,75 % + Metribuzin 48 %)	1,5	0,78
9	Merlin Total 60,0 SC (Isoxaflutole 45% + Indaziflam 15%)	0,25	0,15
10	Testigo deshierbado		-
11	Pendimetalina 50 SC + Arsenal 240 A	3 - 0,5	0,87
12	Hexazinona 75 WG	0,8	0,6

El resultado en la primera cosecha se presenta en el Cuadro 36, donde el análisis de varianza, en las variables % fibra, producción de caña (t/ha) y producción de azúcar (t/ha)

presentaron diferencias estadísticas altamente significativas. Según la prueba de medias (Tukey 5%) en la producción de caña, la mayoría de tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas, excepto con el tratamiento compuesto por la mezcla Pendimetalina 50 EC + Arsenal 240 A (Imazapir) y con la mezcla Pendimetalina 50 EC + Plateau 70 GD (Imazapic). En estas dos mezclas que contienen Pendimetalina es importante aclarar que este herbicida no es el responsable de la disminución en la producción ya que en diversos trabajos anteriores y por la dinámica de acción de este herbicida es posible asegurar que presenta una alta selectividad y con ello inocuidad al cultivo, por lo que los herbicidas acompañantes Imazapic y Imazapir al ser herbicidas no selectivos posiblemente son la causa de la significativa disminución en la producción de caña.

En la variable producción de azúcar (t/ha), se observa que también las mezclas Pendimetalina 50 EC + Arsenal 240 A (Imazapir) y Pendimetalina 50 EC + Plateau 70 GD (Imazapic), presentaron los menores valores pero con diferencias significativas con los tratamientos #8, #4, y # 10, superando el testigo a estos tratamientos en un 29 y un 36%, respectivamente.

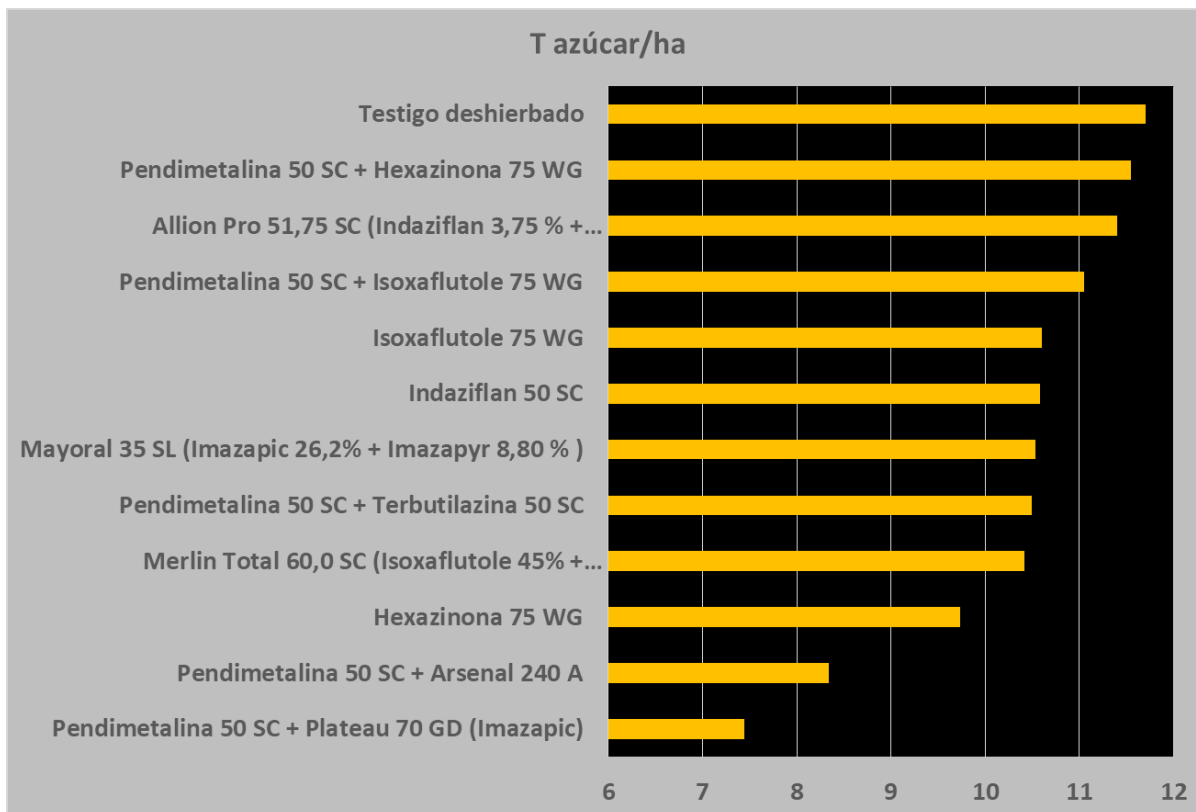
En la Figura 33 se observa la producción de azúcar (t/ha) de cada tratamiento y donde la mayor producción se presentó con el tratamiento testigo, seguidamente de mezclas donde participan la pendimetalina y metribuzin, herbicidas de muy bajo efecto fitotóxico para el cultivo; como ejemplo, las mezclas: Pendimetalina 50 EC + Hexazinona 75 WG, Alion Pro 51,75 SC (Indaziflan 3,75% + Metribuzin 48 WG%) y la mezcla Pendimetalina 50 EC + Isoxaflutole 75 WG.

Otras mezclas de herbicidas evaluadas con herbicidas de muy baja o ninguna selectividad presentaron una importante disminución en la producción como lo indicado con anterioridad.

Es importante señalar que en el rendimiento industrial (kg Azúcar/t) no se presentaron variaciones importantes por lo que el mayor efecto repercutió directamente en la producción de caña al menos en esta primera cosecha. Los tratamientos se repetirán por varios años con el objetivo de evaluar el efecto acumulativo asociado a la residualidad de los herbicidas aplicados.

**Cuadro 36.**  
**Análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales en este estudio**  
**en la primera cosecha.**

ANDEVA	% Brix			% Sacarosa			% Pureza			% Fibra			Kg azúcar / T		T caña/ha		T azúcar / ha	
	F. variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)		
Bloques	2	0,45	1	0,16	1	18,63	1	0,51	0,11	2,36	1	15,75	1	0,35	1			
Tratamientos	11	0,76	1	0,66	1	6,81	1	0,44	0,07	49,27	1	272,08	0	4,88	0			
Error	22	1,16		1,88		20,27		0,21		89,26		31,58		0,96				
Total	35	34,85		49		558,24		10,43		2 510,30		3 719,06		75,53				
CV %		5,46		8,43		5,45		3,84		8,74		5,9		9,5				
Tratamientos		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP			
Allion Pro 51,75 SC (Indaziflan 3,75 % + Metribuzin 48 %)		19,91		16,83		84,47		12,47	a	112,42		101,33	a	11,4	a			
Hexazinona 75 WG		19,24		15,41		80,05		12,01	a	101,17		96,27	a	9,73	ab			
Indaziflan 50 SC		19,17		15,89		82,99		11,67	a	107,31		98,67	a	10,58	ab			
Isoxaflutole 75 WG		19,93		16,32		81,59		11,65	a	109,45		97,33	a	10,6	ab			
Mayoral 35 SL (Imazapic 26,2% + Imazapyr 8,80 %)		19,3		15,84		81,98		12,13	a	105,06		100,18	a	10,53	ab			
Merlin Total 60,0 SC (Isoxaflutole 45% + Indaziflam 15%)		20,03		16,56		82,64		11,86	a	111,05		93,6	ab	10,42	ab			
Pendimetalina 50 SC + Arsenal 240 A		19,91		15,97		80,25		11,84	a	105,36		79,38	bc	8,34	b			
Pendimetalina 50 SC + Hexazinona 75 WG		19,57		16,36		83,67		11,64	a	111,05		103,82	a	11,55	a			
Pendimetalina 50 SC + Isoxaflutole 75 WG		19,6		16,41		83,78		11,77	a	110,98		99,82	a	11,05	ab			
Pendimetalina 50 SC + Plateau 70 GD (Imazapic)		18,97		16,06		84,58		11,34	a	101,21		73,33	c	7,44	b			
Pendimetalina 50 SC + Terbutilazina 50 SC		20,54		16,73		81,47		12,08	a	110,78		94,67	ab	10,49	ab			
Testigo deshierbado		20,5		17,03		83,06		12,72	a	111,89		104,71	a	11,7	a			



**Figura 33. Resultado de la producción de azúcar (t/ha) en respuesta a los diferentes tratamientos de herbicidas aplicados a la caña de azúcar en caña planta.**

### **COMPORTAMIENTO DE TRES HERBICIDAS PREEMERGENTES DE BAJA CARGA QUÍMICA EN CUATRO ORDENES DE SUELO.**

Cumpliendo con la necesidad de investigación de los nuevos herbicidas de baja carga química utilizados en la caña de azúcar para poder cumplir con uno de los requisitos indispensables para certificar el azúcar bajo la normativa BONSUCRO se estableció este ensayo en condiciones de invernadero cumpliendo el objetivo:

- Evaluar el comportamiento de tres nuevos herbicidas preemergentes de baja carga química en diferentes condiciones de ambiente en el cultivo de la caña de azúcar.

Muchas de las empresas fabricantes de agroquímicos, han investigado y desarrollado nuevas moléculas de herbicidas, buscando principalmente que estos nuevos productos sean usados en dosis bajas, amigables con el ambiente y económicamente efectivos.

Muchas de estas moléculas son desarrolladas para diferentes cultivos, donde la selectividad no es fisiológica, apuntando en algunas ocasiones a la selectividad espacial o física, permitiendo con ello adaptar una molécula al control químico de las malezas de un cultivo específico como la caña de azúcar . Por esta situación los fabricantes recomiendan la aplicación de estos herbicidas en momentos (selectividad espacial) en que no se encuentre presente el cultivo. A continuación se presentan las características y recomendaciones de algunos de estos herbicidas que se encuentran en proceso de ser inscritos en Costa Rica y son utilizados comercialmente en otros países de Latinoamérica.

La aplicación de herbicidas en el campo es crítica y más aún para aquellos productos aplicados directamente al suelo ya que su persistencia y movilidad en el mismo dependerá de varios factores como son: la descomposición microbiana y química, la adsorción a las partículas del suelo, el contenido de materia orgánica, la volatilización, la fotodescomposición y la lixiviación; la cual a la vez será dependiente de la textura de dicho suelo,

En Costa Rica la variabilidad de materiales parentales con un relieve heterogéneo y sometido a la acción de condiciones climáticas y biológicas particulares, ha originado una amplia diversidad de suelos con características específicas y para facilitar su estudio se han clasificado en diferentes órdenes de suelos o familias de las cuales es posible encontrar 9 de los 11 existentes y de ellos 7 son cultivados con Caña de Azúcar.

Considerando las características de los diferentes órdenes de suelo y su amplia gama de posibilidades de retención e inactivación de los herbicidas, surgen muchas interrogantes al combinar factores incidentes del suelo sobre el desempeño de un herbicida en muy corto tiempo. Por tal motivo ante esta y otras interrogantes, es importante y necesario realizar este estudio, y conocer el comportamiento de estos nuevos herbicidas pre-emergentes aplicados en el cultivo de la caña de azúcar cultivada en los diferentes tipos de suelo. Los órdenes de suelo seleccionados para el estudio fueron: Mollisol, Inceptisol, Ultisol y Vertisol, los cuales fueron trasladados de diferentes partes del país donde estos son abundantes.

Para este trabajo se seleccionaron tres nuevos herbicidas con las características que se presentan en el siguiente Cuadro 37, dichas características se tomaron de artículos técnicos publicados por las compañías fabricantes o distribuidoras de estos productos.

**Cuadro 37.**

**Características de los herbicidas de baja carga química evaluados en este estudio.**

Herbicida	Genérico	Dosis/ha	Grupo	Acción	Malezas
Alion 50 SC	Indaziflan	0,1-0,2 l/ha	Alkilazina	Preemergencia total	Gramíneas y Hoja Ancha
Mayoral 35 SL	Imazapic 26,2 % Imazapir 8,80 %	0,4-0,6 l/ha	Imidazolinonas	Preemergencia total	Gramíneas y Hoja Ancha
Merlin total 60 SC	Isoxaflutole 45 % Indaziflan 15 %	0,2 - 0,3 L	Alkilazina + Isoxasoles	Preemergencia total	Gramíneas y Hoja Ancha

Parte del estudio sobre estos herbicidas se realizó en un invernadero de 102 m<sup>2</sup> ubicado en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur del cantón de Grecia, Alajuela. El mismo se encuentra ubicado a 10° 05' 18' Latitud Norte y 84° 17' 09' Longitud Oeste, a una altitud de 1.000 msnm, una temperatura media externa de 23°C. En los estudios de invernadero cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m<sup>2</sup>. En la siembra se colocó un total de 20 semillas por cada unidad experimental y el diseño experimental comúnmente usado fue irrestricto al azar con 3 repeticiones.

La aplicación de los herbicidas se realizó después de la siembra utilizando un aplicador mecánico provisto de una presión de 30 lb Psi (2 bar) y una boquilla TeeJet DG 8002 calibrada para una descarga de agua de 500 litros por hectárea.

A la información obtenida en cada una de estas investigaciones y variables se les realizó una transformación  $\sqrt{x}$  llamada angular o arco seno con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se les realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos de presentar significancia se realizó una prueba de medias (Tukey 5%).

En los resultados al ser los herbicidas Mayoral y Merlin total una mezcla de dos ingredientes activos sin tener competencia con herbicidas genéricos, se hace la salvedad por facilidad de mencionarlos con el nombre comercial.

La semilla en número de 10 se sembraron en la mitad de la caja (unidad experimental) (Figura 6) en una primera siembra, y la otra mitad se sembró 45 días después de la aplicación de los herbicidas con igual número de semillas para evaluar la residualidad de los mismos en cada orden de suelo.

El diseño experimental aplicado fue irrestricto al azar con tres repeticiones y en arreglo factorial 4<sup>4</sup>.

En el Cuadro 38 se presenta el ANDEVA aplicado a los resultados de la primera evaluación realizada 30 días después de la aplicación de los herbicidas y una segunda evaluación del control ejercido por la residualidad de los herbicidas sobre una nueva siembra de semillas realizada 45 días después de la aplicación. Como se observa en dicho cuadro, se obtuvo diferencias altamente significativas entre los suelos, los herbicidas y su interacción en ambos periodos de evaluación.

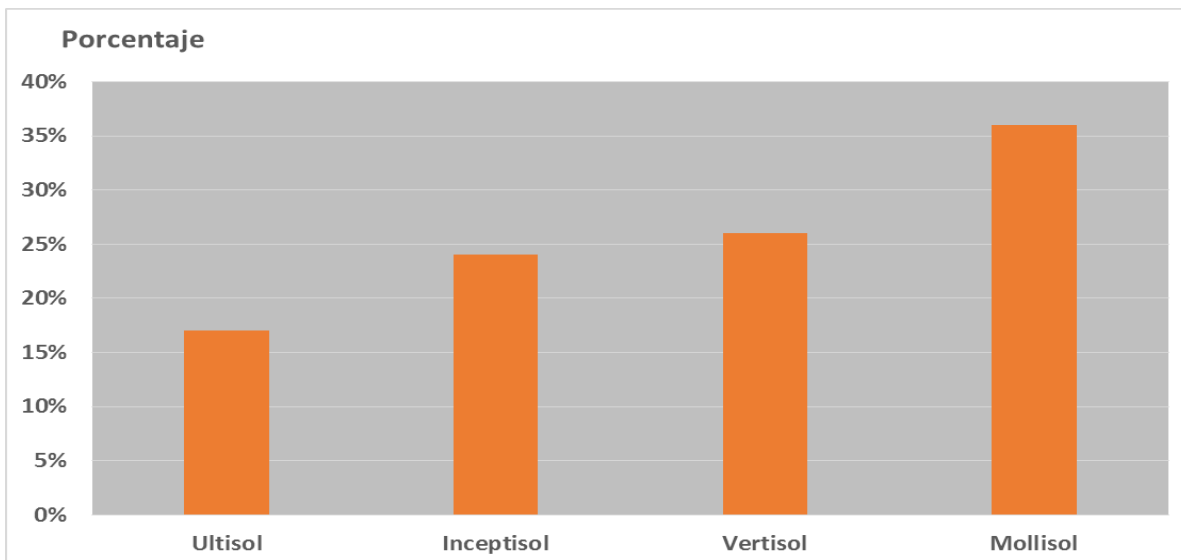
Respecto al efecto de los suelos en general, el suelo Ultisol presento el mayor control de la maleza tanto con las semillas de la primera siembra como las sembradas 45 DDA, presentándose una reducción en el control de solo un 17% respecto a la primera evaluación. En el suelo Vertisol posiblemente por ser arcillosos, en la primera evaluación (primera siembra) se presentó el menor control, significativamente diferente al suelo Ultisol en ambas evaluaciones y respecto a la segunda siembra se redujo el control en un 26%.

El suelo Inceptisol por su parte redujo el control en más de un 24% respecto a la segunda siembra, con una diferencia estadística no significativa respecto a los suelos Ultisol y Vertisol. El suelo Mollisol en la primera evaluación fue similar al suelo Inceptisol, sin embargo en el control de la maleza de la segunda siembra la reducción fue la mayor con un 36%, lo que representa el doble de lo que se pierde en un suelo Ultisol (Figura 34).

Cuadro 38.

Porcentaje de control de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* en diferentes órdenes de suelo aplicados con tres herbicidas pre emergentes y en dos periodos de evaluación.

		Primera siembra		siembra 45 DDA	
ANDEVA		% Control		% Control	
F.Variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)
Suelos	3	100,92	0,03	934,21	0
Herbicidas	3	19.882,08	0	2.323,29	0
Suelos x Herbicidas	9	620,5	0	494,93	0
Error	32	29,74		129,36	
Total	47	66.485,18		18.366,33	
Cv %		13		71,83	
<b>Suelos</b>					
Ultisol		45	a	27,43	a
Vertisol		38,04	b	12,02	b
Inceptisol		41,99	ab	17,16	ab
Mollisol		42,77	ab	6,73	b
<b>Herbicidas</b>					
Testigo		0	d	0	c
Mayoral		14,39	c	14,35	b
Merlin total		80,91	a	15,06	b
Indaziflan		72,5	b	33,93	a
<b>Interacción</b>					
Ultisol x Testigo		0	Ab	0	Ab
Ultisol x Mayoral		0	Bb	24,99	Aab
Ultisol x Merlin total		90	Aa	30,42	Aab
Ultisol x Indaziflan		90	Aa	54,28	Aa
Vertisol x Testigo		0	Ac	0	Aa
Vertisol x Mayoral		30,58	Ab	0	Aa
Vertisol x Merlin total		68,03	Ba	17,35	Aa
Vertisol x Indaziflan		53,56	Ba	30,71	ABa
Inceptisol x Testigo		0	Ab	0	Ab
Inceptisol x Mayoral		0	Bb	9,09	Ab
Inceptisol x Merlin total		84,77	Aa	12,45	Ab
Inceptisol x Indaziflan		83,19	Aa	47,09	Aa
Mollisol x Testigo		0	Ad	0	Aa
Mollisol x Mayoral		26,97	Ac	23,31	Aa
Mollisol x Merlin total		80,82	ABa	0	Aa
Mollisol x Indaziflan		63,26	Bb	3,61	Ba



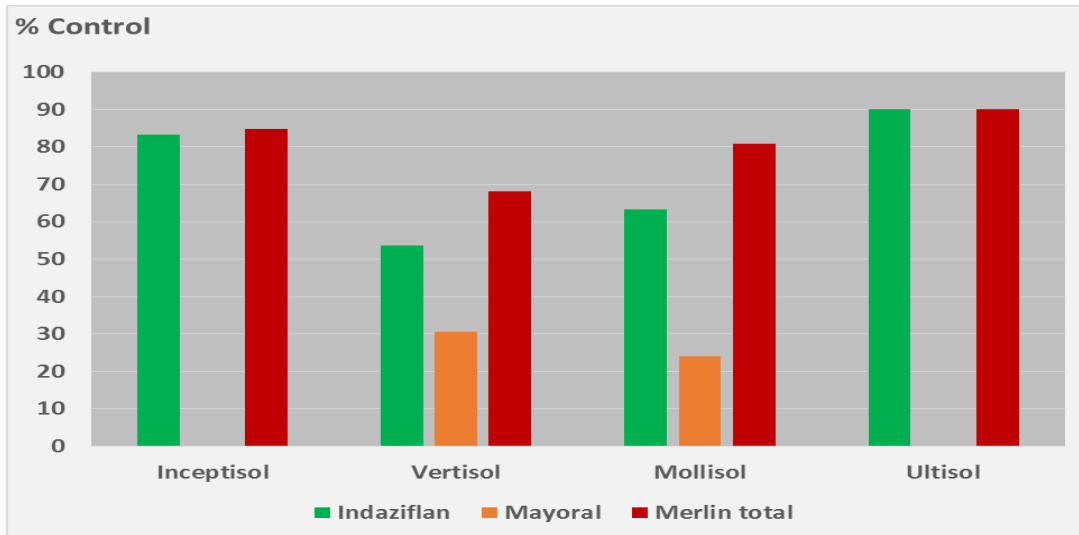
**Figura 34. Porcentaje de pérdida de residualidad de los herbicidas a partir de 45 días después de la aplicación.**

Respecto al comportamiento de los herbicidas en general, en la primera evaluación el Merlin Total fue el herbicida más efectivo con un 80,91% con diferencias significativas según Tukey 5% respecto a los demás herbicidas evaluados. El Indaziflan por su parte ocupó el segundo lugar en su capacidad de control con un 72,5%, el herbicida Mayoral fue el menos efectivo en el control de *Rottboellia* (14,39%) independientemente del suelo en que se aplicó.

En la evaluación de la segunda siembra (45 días post aplicación) el herbicida Merlin Total redujo significativamente su residualidad en un 65%. El herbicida Mayoral prácticamente no varió su capacidad de control entre la primera evaluación y la segunda. El herbicida Indaziflan redujo su capacidad de control (residualidad) en un 38,5% en forma general.

En la Figura 35 se observa el % de control de los herbicidas en cada orden de suelo, donde sobresale lo poco efectivo del herbicida Mayoral en los suelos Inceptisol y Ultisol a pesar de ser este último suelo en el que mejor control ofrecieron Indaziflan y Merlin Total con un 90%. En el suelo Ultisol se ha comprobado un eficiente accionar en la mayoría de los herbicidas pre emergentes posiblemente a bajo contenido de arcilla y sobre todo materia orgánica responsables directos de la adsorción de los herbicidas. Al ser las imidazolinonas ionizables como el herbicida Mayoral, presenta la posibilidad de ser fuertemente adsorbido por causas de bajos niveles de pH y altos contenidos de óxidos de hierro.

En el suelo Mollisol y Vertisol pareciera ser que los herbicidas presentan una menor efectividad, por causas físicas gracias por el contenido de arcillas; sin embargo, es estos suelos es donde mejor control ofrece el herbicida Mayoral, al presentar estos valores más altos de pH en la solución del suelo.



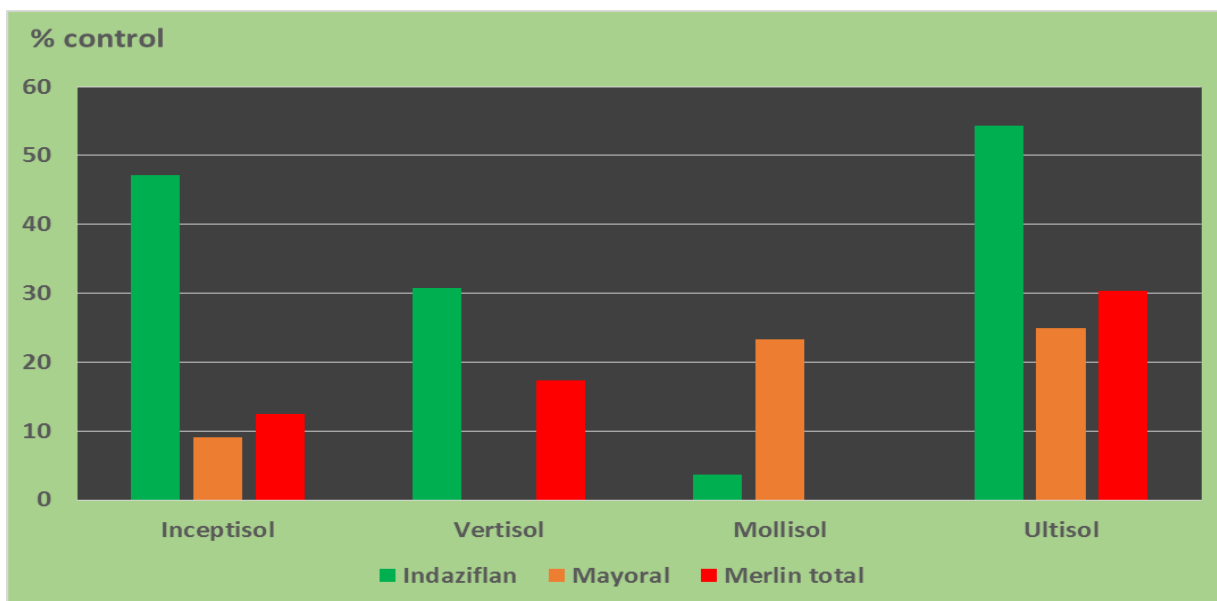
**Figura 35 Resultado del control de los herbicidas pre emergentes sobre *Rottboellia cochinchinensis* en cuatro órdenes de suelo (Primera Siembra).**

En la Figura 36 se observa la residualidad de los diferentes herbicidas en cada orden de suelo, donde sobresale el herbicida Indaziflan con mayor control (residualidad), excepto en el suelo Mollisol donde se redujo a un 3,61%. El herbicida Mayoral curiosamente mejora el control en el tiempo, ya que en la primera evaluación no presentó control en los suelos Inceptisol y Ultisol y en esta segunda evaluación se presentó controlando un 9,09 y 24,99%, respectivamente.

Posiblemente este retardado efecto en el control de la maleza obedece posiblemente a una alta fijación por parte de las arcillas de ambos suelos que impiden su rápida dispersión necesaria para tener contacto con las raíces emergentes de las plántulas de la maleza.

Cabe destacar que el herbicida Mayoral afectó el normal desarrollo de las plántulas de *Rottboellia* en ambos suelos y el resultado se presentara más adelante en este documento.

En general se confirma el hecho de que en el suelo Ultisol los herbicidas pre emergentes presentan un mayor control y una mayor residualidad así se observa en la Figura 36 al evaluar bajo la misma metodología otros herbicidas evaluados.



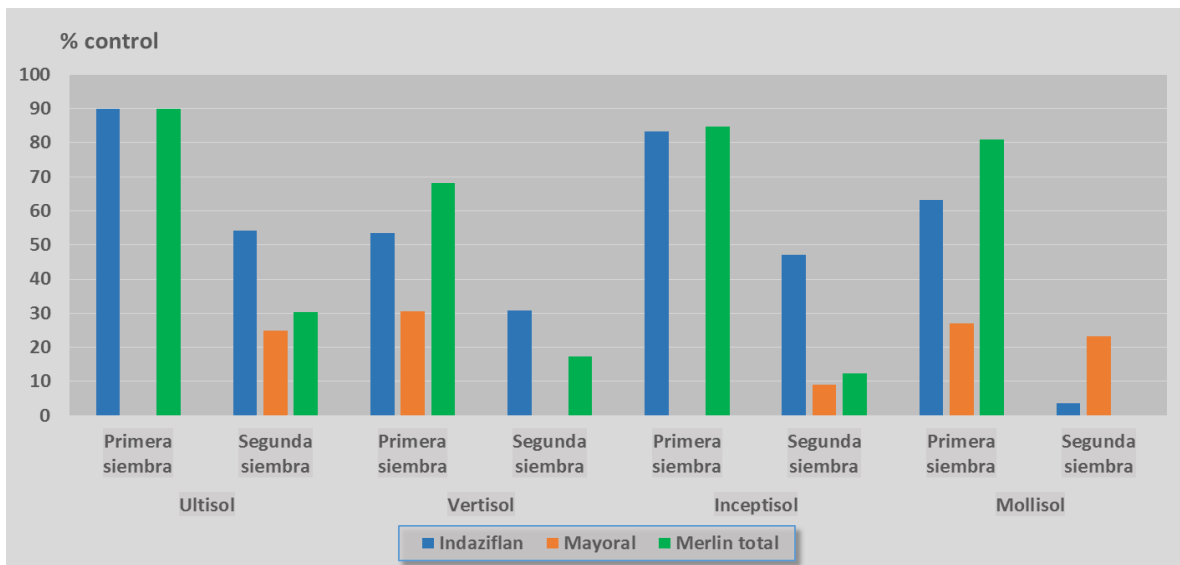
**Figura 36 .Resultado en el control de *Rottboellia cochinchinensis* sembrada 45 días post aplicación por tres herbicidas pre emergentes en diferentes órdenes de suelo.**

Como se observa en la Figura 37, donde se presentan las diferencias entre los dos periodos de evaluación (residualidad de los herbicidas) en los distintos suelos. Las características intrínsecas de las moléculas de los herbicidas como su grado de lipoficidad, su carga química y su constante de disociación ácida o básica (Pka, Pkb), son factores determinantes que inciden directamente sobre la adsorción.

Además en los suelos el contenido de materia orgánica, tipo y contenido de arcilla entre otros aspectos hacen que se presenten diferencias en la residualidad de los herbicidas evaluados en este estudio. Por estos motivos y por la naturaleza en la composición del herbicida Mayoral, este herbicida se encuentra muy propenso a los fenómenos de adsorción por parte de los suelos.

Como se observa con los otros herbicidas evaluados en la primera evaluación, presentaron controles aceptables, sin embargo su residualidad se redujo en forma significativa como le sucedió al Indaziflan en el suelo Mollisol y al Merlin Total en el suelo Inceptisol.

El comportamiento del herbicida Mayoral en los suelos Ultisol e Inceptisol en la primera evaluación, no presento control pero en la segunda evaluación se activa, posiblemente en respuesta a cambios en el pH, al ser estas moléculas de tipo polipróticas.



**Figura 37. Diferencias en la residualidad de los tres herbicidas entre la primera y segunda evaluación en diferentes órdenes de suelo.**

#### **EVALUACIÓN DE DIFERENTES HERBICIDAS PREEMERGENTES SOBRE EL CONTROL DE LA MALEZA *Momordica charantia* EN CONDICIONES DE INVERNADERO.**

La presencia de malezas en las etapas iniciales de desarrollo de la caña de azúcar, provoca afectaciones importantes sobre la producción de este cultivo. La competencia por luz, agua y nutrientes provocada por las malezas dependerá del porte de la misma, de la amplitud del sistema radicular y la producción de sustancias nocivas por parte del sistema radicular.

La *Momordica* conocida como “*cunde amor*” o “*Sorosi*” gracias a su hábito de crecimiento como planta trepadora compite por luz con el cultivo y a la vez dificulta seriamente la cosecha de la caña de azúcar. La aplicación de herbicidas post emergentes como 2,4 D eliminan esta maleza sin problema; sin embargo, cuando la caña está bien desarrollada resulta difícil realizar la aplicación con este herbicida. Ante esta situación la propagación de

semillas es alto y la presión de la maleza se incrementa paulatinamente en el tiempo haciendo cada vez más difícil su control. Por otro lado, la semilla presenta latencia y germinación escalonada, lo que hace también difícil su control.

Una alternativa de lograr reducir el banco de semillas y reducir con ello la presión de la maleza en el campo es aplicando un control químico pre emergente, pero se desconoce que productos podrían ejercer un control efectivo y una larga residualidad que permita reducir la germinación de la semilla al máximo. Por este motivo, se estableció en condiciones de invernadero esta investigación con el objetivo de evaluar diferentes herbicidas para el control de la maleza *Momordica charantia* en condiciones de invernadero.

El estudio sobre estos herbicidas se realizó en un invernadero de 102 m<sup>2</sup> ubicado en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur del cantón de Grecia, Alajuela. El mismo se encuentra ubicado a 10° 05' 18' Latitud Norte y 84° 17' 09' Longitud Oeste, a una altitud de 1.000 msnm, una temperatura media externa de 23 °C

En los estudios de invernadero cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m<sup>2</sup>. En la siembra se colocó un total de 20 semillas por cada unidad experimental y el diseño experimental comúnmente usado fue irrestricto al azar con 3 repeticiones.

La aplicación de los herbicidas se realizó después de la siembra utilizando un aplicador mecánico provisto de una presión de 30 lb Psi (2 bar) y una boquilla DG TeeJet 8002 calibrada para una descarga de agua de 500 litros por hectárea.

Se seleccionaron 8 herbicidas de acción pre emergente para el control de malezas dicotiledóneas y con diferente composición química y concentración como se observa en el Cuadro 39.

**Cuadro 39.**  
**Características de los herbicidas evaluados en el estudio.**

<b>Herbicidas</b>	<b>Genérico</b>	<b>Dosis / ha</b>	<b>Grupo químico</b>
Tilanex 50 SC	Terbutilazina	3 L	Triazina
Karmex 80 WG	Diuron	3 kg	Urea
Gesapax 50 SC	Ametrina	3 L	Triazina
Prowl 50 EC	Pendimetalina	3 L	Dinitroanilina
Sencor 70 WP	Metribuzin	2 L	Triazina
MERLIN TOTAL 60 SC	Indaziflan 15% + Isozaflutole 45 5	0,3 L	Alkilazina + Isoxasoles
Allion 50 SC	Indaziflan	0,2 L	Alkilazina
Atranex 50 SC	Atrazina	3 L	Triazina

El invernadero donde se realizó este estudio se encuentra previsto de un sistema de riego con micro aspersores y programado con 3 riegos diarios de 6 minutos suficiente para mantener en cada unidad experimental la humedad a capacidad de campo.

A la información obtenida en cada una de estas investigaciones y variables se les realizó una transformación  $\sqrt{x}$  llamada angular o arco seno. Con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se les realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos de presentar significancia se realizó una prueba de medias (Tukey 5%).

En los resultados al ser el herbicida Merlin total una mezcla de dos ingredientes activos sin tener competencia con herbicidas genéricos, se hace la salvedad por facilidad de mencionarlo con el nombre comercial. Como se observa en el siguiente Cuadro 40, se presentaron diferencias estadísticas significativas en todos los periodos de evaluación, como se observa también en la Figura 39, cinco de los herbicidas presentaron a los 55 días post aplicación un 100 % en el control de esta maleza: Merlin total 60 SC, Metribuzin 70 WP, Indaziflan 50 SC, Terbutilazina 50 SC y Atrazina 50 SC.

Algunos de los herbicidas evaluados como por ejemplo Metribuzin presento un control paulatino en el tiempo ya que a los 15 días pos aplicación el porcentaje de control fue de poco más de un 26% el cual fue creciendo en el tiempo, caso contrario resaltan los

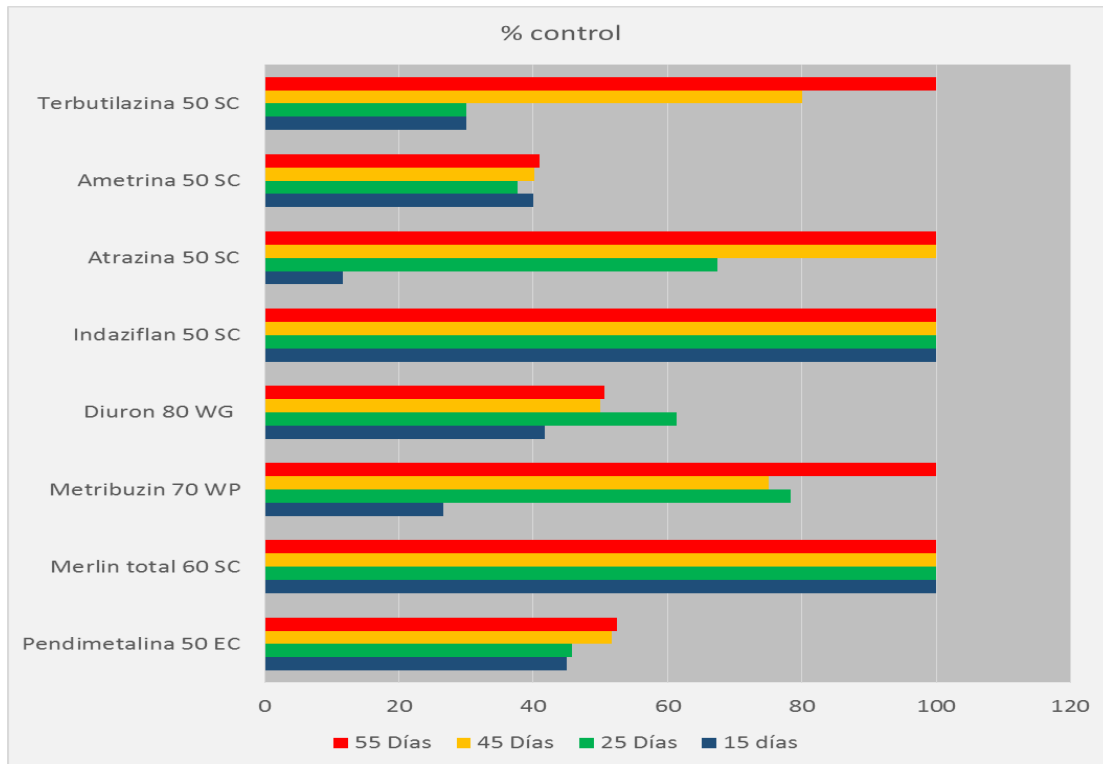
herbicidas Merlin total e Indaziflan los cuales no permitieron la germinación de la maleza inmediatamente después de la aplicación.

**Cuadro 40.**  
**Resultado del análisis de varianza aplicado a los diferentes periodos de evaluación en el control de la maleza.**

ANDEVA		15 días		25 días		40 días		55 días	
F.variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Tratamientos	8	2.880,56	0,02	2.707,33	0	2.777,77	0	3.106,53	0
Error	18	880,59		603,92		269,13		169,03	
Total	26	38.895,09		32.529,18		27.066,54		27.894,83	
%CV		71,21		44,18		26,05		19,7	
tratamientos		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
Pendimetalina 50 EC		45	a	45,83	ab	51,63	ab	52,45	ab
Merlin total 60 SC		100	a	100	a	100	a	100	a
Metribuzin 70 WP		26,69	a	78,31	ab	75	a	100	a
Diuron 80 WG		41,69	a	61,34	ab	50	ab	50,54	ab
Indaziflan 50 SC		100	a	100	a	100	a	100	a
Atrazina 50 SC		11,69	a	67,45	ab	100	a	100	a
Ametrina 50 SC		40	a	37,68	ab	40,2	ab	40,99	bc
Terbutilazina 50 SC		30	a	30	ab	80	a	100	a
TESTIGO		0	a	0	b	0	b	0	c



**Figura 38.**Planta con flor de *Momordica charantia*.



**Figura 39. Resultado en el porcentaje de control ejercido por los herbicidas en los diferentes periodos de evaluación de la maleza *Momordica charantia*.**

### **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES BIOESTIMULANTES DE SUELO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN NORTE. (Primera Cosecha).**

Para lograr obtener una mayor vida productiva de la caña de azúcar a través de las socas en concordancia con rendimientos agrícolas satisfactorios y sostenibles, ha obligado a buscar alternativas de manejo y entre ellas productos nutricionales u hormonales que induzcan al cultivo a mantener una productividad sostenible a través de las subsiguientes socas.

Recientemente han aparecido en el mercado de agroquímicos una gran cantidad de productos nutricionales u hormonales dirigidos a incrementar la productividad y una mayor longevidad de las socas. Las variedades de caña responden diferentemente a la aplicación

de estos productos, ya que su estructura foliar y disposición de las hojas permiten una variada penetración de los mismos y con ello una respuesta diferenciada. Por este motivo se planteó el siguiente objetivo:

Objetivo:

Buscar opciones que promuevan el incremento del rendimiento agrícola e industrial de la caña de azúcar, en suelos de fertilidad natural baja, a través del uso de bioestimulantes y abono orgánico, aplicados al suelo.

El experimento se condujo de mayo de 2019 a mayo de 2020, en la Finca Romero, propiedad del Ingenio Cutris, en Boca de Arenal de San Carlos. La localidad está ubicada a 80 msnm, la temperatura mínima es de 21°C y la máxima de 30°C, la precipitación anual es de 2.700 mm.

La variedad cultivada fue LAICA 12-340 y el suelo del orden Ultisol, la siembra fue manual, usando el sistema de esqueje transversal al surco, separados por 40 cm, la distancia entre surcos fue de 1,50 m. Las parcelas estuvieron conformadas por 5 surcos de 10 m cada una. El manejo agronómico del ensayo se dio según lo utilizado por la finca: encalado 0,5 t/ha de Cal Dolomítica, 6 sacos de 8-40-12 al fondo del surco y una fertilización a los tres meses con la fórmula 17-5-22-1,5 a razón de 10 sacos por hectárea. El control de malezas fue en preemergencia, con los herbicidas Hexazinona y Terbutilazina.

La cosecha se realizó el 5 de mayo de 2020, con 11 meses de edad de la caña, se tomaron 5 tallos al azar de cada tratamiento, para hacer las determinaciones industriales en el laboratorio del ingenio Cutris, luego se procedió a pesar la parcela completa, en una romana mecánica, acondicionada para tal fin

El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar, con 5 tratamientos y 3 réplicas. Todos los tratamientos descritos a continuación, fueron asperjados sobre la semilla de caña, una vez depositada en el fondo del surco.

### **BIORADICANE.**

Es un regulador de crecimiento específicamente diseñado para la mejora y desarrollo de las raíces. Un sistema radicular fuerte y en condiciones óptimas, mejora la absorción de nutrientes del suelo y mejora el estado nutricional de la planta. La combinación de aminoácidos y micronutrientes precursores de fitohormonas (auxinas, giberelinas y poliaminas) determina un completo desarrollo del sistema radicular, promoviendo el crecimiento tanto de raíz primaria como de las raíces laterales. Su composición es la siguiente: L- Aminoácidos libres 10,50%, Nitrógeno total 2,7%, Boro soluble en agua 0,2%, Hierro soluble en agua 4,5 %Manganeso soluble en agua 1%, Molibdeno soluble en agua 0,05% y Zinc soluble en agua 0,10%.

### **RADIGROW.**

Este bioestimulante estimula el crecimiento de raíces por periodos prolongados, sin restricciones para su desempeño. Presenta un doble modo de acción y hormonas en un balance adecuado con fósforo de acción inmediata sobre la raíz, además los ácidos ECCA Carboxi, promueven la biosíntesis de Myoinositol en cantidades suficientes para favorecer la translocación de las auxinas sintetizadas por la planta y las adicionales por este producto.

### **STIMULATE.**

Es un regulador de crecimiento vegetal a base de citoquininas, auxinas y ácido Giberélico, hormonas vegetales naturalmente producidas por la planta. Estimula la división diferenciación y crecimiento de las células especialmente cuando la planta es afectada por condiciones de estrés abiótico. Stimulate contiene Citoquininas (Quinetina) 0,009%, ácido Indol 3 butírico 0,005%, ácido Giberélico 0,005%



**Cuadro 41.**  
**Tratamientos y su correspondiente dosificación por hectárea**

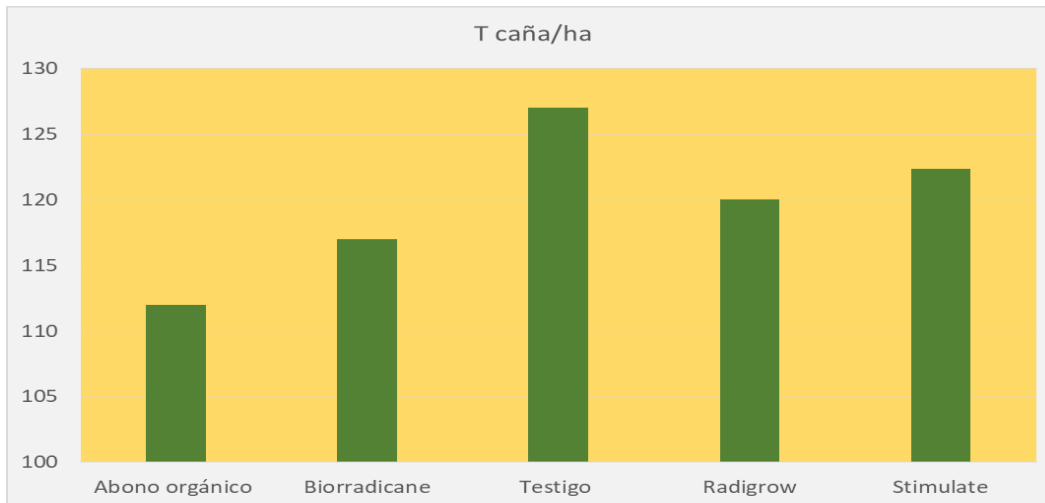
Tratamiento	dosificación /ha
Bioradicane + Grownder	1 L + 0,5 L
Radigrow	1 L
Stimulate	0,5 L
Abono Orgánico	7 T

En el Cuadro 42 se presenta el análisis de varianza aplicado a los diferentes tratamientos en la segunda cosecha, observándose que en esta cosecha no se presentaron diferencias estadísticas significativas sin embargo en la Figura 40 correspondiente a la producción de caña (t/ha) el mejor tratamiento fue el testigo el cual fue superior en más de 5 toneladas por hectárea respecto a los demás tratamientos evaluados. En la Figura 41 se presenta el resultado sobre la producción azúcar (t/ha), y en esta variable el bioestimulante STIMULATE presento un leve incremento sobre los demás tratamientos incluyendo el testigo.

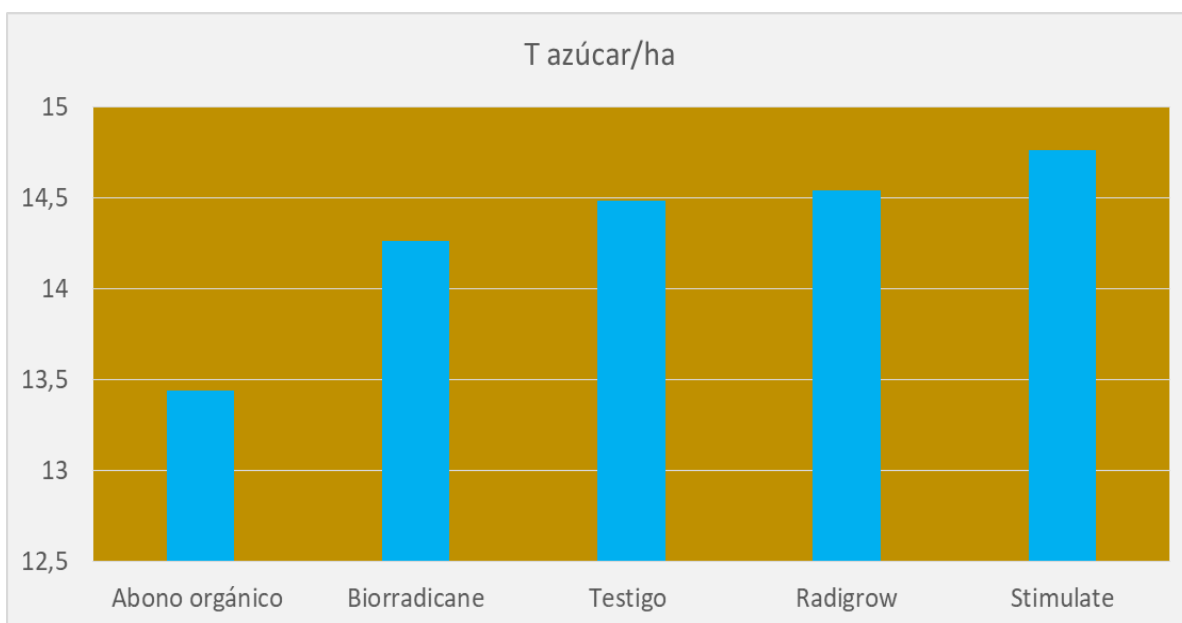
Como se observa en la Figura 42, se aprecia que estos productos bioestimulantes promueven en algún sentido una mayor concentración de azúcar por tonelada de caña, esta respuesta es importante tomarla en cuenta en cosechas sucesivas ya que podrían ser utilizadas como madurantes y aplicarlos en un momento más apropiado para este fin.

**Cuadro 42.**  
**Análisis de varianza aplicado a los diferentes tratamientos evaluados en el estudio.**

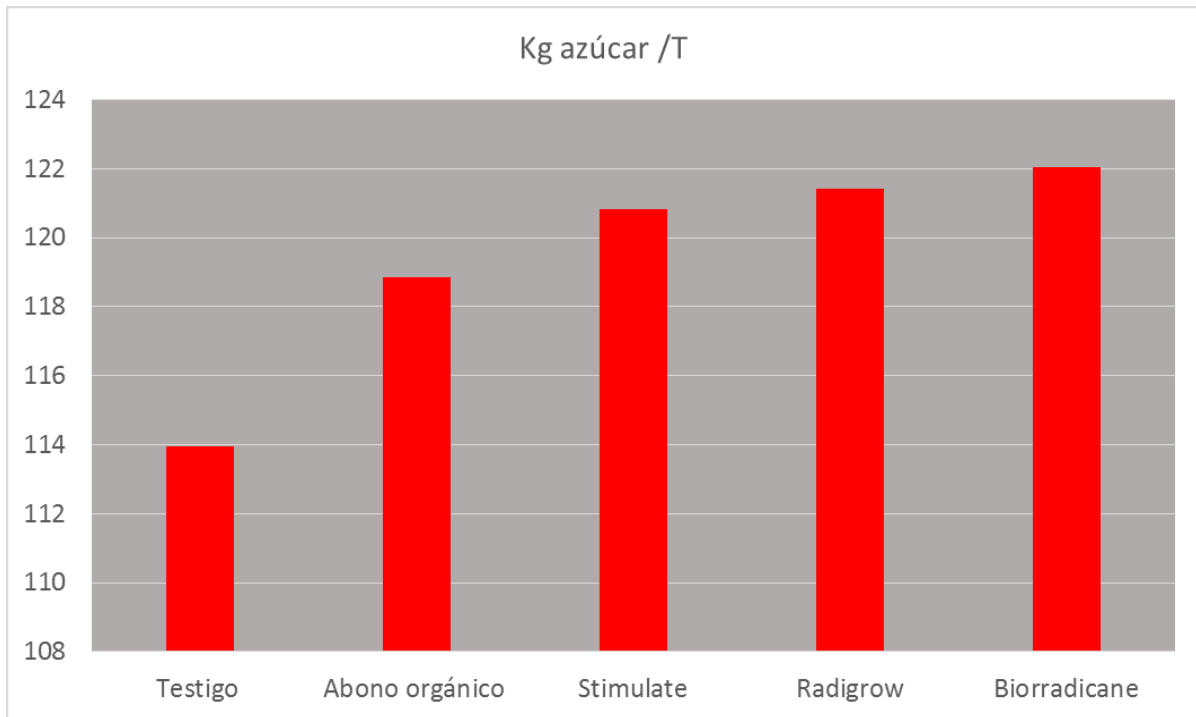
ANDEVA	F. Variación	G.L.	% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		% Rend. Ind		% T caña /ha		% T azúcar / ha	
			CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Bloques	2	0,33	1	0,23	1	0,29	1	0,69	0,37	19,72	1	0,87	1	0,26	1	
Tratamientos	4	0,21	1	0,25	1	0,12	1	0,71	0,4	32,42	1	95,17	1	0,78	1	
Error	8	0,83		1,1		3,07		0,62		67,81		183,37		3,97		
Total	14	8,1		10,24		25,65		9,17		711,62		1.849,33		35,42		
% CV		4,22		5,37		1,93		6,08		6,9		11,32		13,95		
Tratamientos		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	
Abono orgánico		21,54		19,25		90,42		13,01		118,84		112		13,44		
Bioradicane + Grownder		21,68		19,73		90,98		12,73		122,05		117		14,26		
Testigo		21,28		19,28		90,68		13,43		113,95		127		14,48		
Radigrow		21,39		19,38		90,59		12,24		121,43		120		14,54		
Stimulate		21,95		19,9		90,66		13,34		120,84		122,33		14,76		



**Figura 40. Producción de caña (t/ha) obtenida en respuesta a los diferentes tratamientos bioestimulantes.**



**Figura 41. Producción de azúcar (t/ha) obtenida en respuesta a los diferentes tratamientos Bioestimulantes.**



**Figura 42. Producción de azúcar (Kg/t caña) obtenida en respuesta a los diferentes tratamientos Bioestimulantes.**