

EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN INTERACTIVA DE CUATRO DOSIS DE NITRÓGENO SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR, PROMEDIO DOS COSECHAS, LAICA-DIECA, UTN CAÑAS, GUANACASTE, 2018.

Alvaro Angulo Marchena¹ y Marco A. Chaves Solera²

¹ Ing. Agr. Agrónomo, Coordinador región Guanacaste Este LAICA – DIECA. aangulo@laica.co.cr

² Ing. Agr. Agrónomo Gerente DIECA - LAICA San José. mchavez@laica.co.cr

Resumen

El Nitrógeno es un elemento esencial y fundamental que participa en una serie de procesos vinculados con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Dentro de las principales funciones metabólicas están: fotosíntesis, respiración y síntesis proteica. La fertilización es una práctica necesaria y estratégica que tiene suma importancia en la actividad cañera, comúnmente el productor cañero usa fuentes de fertilizantes nitrogenadas de carácter convencional. Este trabajo consiste en la evaluación interactiva de dos fuentes nitrogenadas: una convencional como es el Sulfato Amonio y la otra no convencional de (Liberación lenta y controlada) el Nitro Xtend, en una proporción de (75% de N vía Nitro Xtend y un 25 % de N vía Sulfato Amonio), con la composición de ambas fuentes se formuló las dosis de Nitrógeno del estudio (0, 100, 120 y 140 Kg N/ha), valorando así los rendimientos agroindustriales en tres variedades comerciales de caña de azúcar propias de la región de Guanacaste. El análisis de varianza y comparación de medias indican claramente que no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$), para las dosis de Nitrógeno y su interacción con las variedades de caña en la primera cosecha, en las variables % Brix % Fibra, % Pureza, Rendimiento Industrial (Kg azúcar/t); sin embargo, el mayor contenido de sacarosa se obtuvo con la variedad NA 85-1602, condición particular intrínseca de este material que posee un potencial azucarero consistente. Los valores más altos de biomasa (t caña /ha) se presentaron por efecto de las variedades indicadoras y las correspondientes dosis de Nitrógeno aplicado, de carácter muy significativo con un 95% de confianza ($P < 0,05$); sin embargo, no hubo respuesta significativa estadística para esta variable por efecto de la interacción de los factores dosis de N por variedad. Se observó claramente una gran efectividad del Nitrógeno en la nutrición de la caña durante este ciclo; por ejemplo, hubo un incremento importante de biomasa en todas las variedades evaluadas, con mayor eficiencia en la producción de caña /ha entre las variedades LAICA 00-301 y RB 86-7515. Se confirma que el no aplicar Nitrógeno en la caña de azúcar (tratamiento testigo) durante el ciclo vegetativo, afecta de forma significativa la producción

de caña /ha en todas las variables del experimento. La evaluación de la segunda cosecha (primera soca) muestra una tendencia similar de comportamiento en los tratamientos, se evidencia la respuesta diferenciada del Rendimiento Industrial entre las variedades, siendo el tratamiento (testigo) el de mejor concentración de sacarosa; en términos de productividad de azúcar/ ha el mejor tratamiento agroeconómico fue la interacción de uso NA 85-1602 con 140 Kg N/ha, y una rentabilidad del 61,4%.

Palabras claves: caña de azúcar, fertilización, nitrógeno, rendimientos

Justificación

El Nitrógeno es uno de los principales nutrimentos requeridos por la caña de azúcar y el responsable más directo en el incremento de biomasa, la cual convierte en producción de toneladas de caña; asimismo, este nutrimento se aplica en mayor cantidad en los suelos del trópico vía fertilización. La fertilización es una práctica necesaria y estratégica que tiene suma importancia en la actividad cañera. Comúnmente el uso de fuentes de fertilizantes nitrogenadas convencional ha sido lo usual entre los cañeros, con el uso de investigación de vanguardia que dispone el país, y aunada a la amplia experiencia comercial en el campo cañero nacional, han permitido conocer y definir con relativa exactitud, la respuesta de los principales elementos nutricionales requeridos por la planta de caña; lo cual sin embargo, carece aún en la mayoría de los casos de la especificidad necesaria (Chaves 2013). La agroindustria azucarera presenta mucha diversidad y contrastes entre regiones y localidades productoras, lo cual trasciende a las condiciones edáficas y requerimientos nutricionales del cultivo.

La investigación sobre nutrición y fertilización de la caña de azúcar desarrollada en Costa Rica, puede considerarse suficiente para determinar y definir criterios y espacios de respuesta consistentes a la adición de los principales nutrimentos esenciales. Precisamente, investigaciones realizadas por DIECA en fincas de (UTN – Ingenios), han confirmado la respuesta de la caña a fuentes y dosis crecientes de Nitrógeno y Azufre en suelos del Orden Inceptisol de Guanacaste (Chaves 2003). También se ha comprobado a través de la investigación regional, el comportamiento de diferentes fuentes nitrogenadas de tipo convencional, como también de liberación lenta y controlada, con resultados importantes donde indican que las mejores fuentes de esta prueba fueron Nitro Xtend y Sulfato de Amonio. Ambas fuentes resultaron con los mejores rendimientos productivos y beneficios agroeconómicos de la actividad cañera durante cuatro años de evaluación (Angulo y Alfaro 2015).

En consideración de su demostrada importancia y efecto positivo sobre los índices de productividad agroindustrial, es mucha la investigación que se ha realizado en Costa Rica con el Nitrógeno, como lo demuestran los estudios de Angulo *et al* (2015), Angulo y Chaves (2017) y Chaves (2003, 2016abc, 2017).

Objetivos

General:

- Evaluar el comportamiento y respuesta agroindustrial de tres variedades comerciales de caña de azúcar a la aplicación de dos fuentes interactivas de Nitrógeno con Azufre.

Específicos:

- Determinar la mejor respuesta productiva de las variedades de caña a la interacción y adición creciente de Nitrógeno interactivo con Azufre.
- Conocer el resultado de la aplicación de fuentes nitrogenadas de liberación lenta y controlada
- Evaluar desde la perspectiva económica el comportamiento productivo de las variedades ante la adición de fuentes interactivas de Nitrógeno.

Materiales y Métodos

Esta investigación de campo se estableció en el mes de junio del año 2016 en el área experimental de DIECA situada en la UTN, distrito de Bebedero del cantón de Cañas, provincia de Guanacaste. El suelo utilizado es del orden Inceptisol, de características físico químicas excelentes (Cuadro 1). El mismo se encuentra a una altitud de 22 msnm, con una precipitación pluvial total anual de 1.600 mm y una temperatura media de 27,3°C. Como referencia de plantas indicadoras las variedades comerciales de caña de azúcar (Cuadro 2), se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con 3 repeticiones. Cada unidad experimental (parcela 85 m²) consto de 5 surcos de 10 m lineales cada uno y separados a 1,7 m. 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.

Los tratamientos corresponden a la combinación de diferentes dosis interactivas de fertilizantes nitrogenados utilizados en el experimento, que se describen en la Cuadro 2, y las variedades de caña utilizadas como plantas indicadoras anotadas en el Cuadro 3. El experimento recibió durante el primer ciclo el manejo agronómico fue similar al de las plantaciones comerciales en la zona, lo que incluía el riego complementario cuando las demandas evapotranspirativas superaban la precipitación. Se realizaron mediciones de carácter agrícola e industrial durante la cosecha para valorar el comportamiento de las diferentes fuentes de fertilizantes. La dosis de Fósforo (P₂O₅) se aplicó al momento de la siembra al fondo del surco para una dosis general de 150 kg/ha. La dosis de Potasio (K₂O) fue de 150 kg/ha aplicado todo en la segunda fertilización. También se presentan los costos implícitos para cada tratamiento de fertilización en el Cuadro 4.

Cuadro 1. Análisis Físico químico del suelo en el área experimental DIECA/ (UTN).
 San Miguel Cañas Guanacaste, 2018.

Profundidad	pH	Cmol (+)/l				ug/ml suelo					
		AL	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	S
0 -20	6,3	0,11	16,06	5,86	0,90	25	1,8	77	8	60	10
20 - 40	6,8	0,10	16,57	5,97	0,75	18	1,8	9	69	62	9

% Arena	% Limos	% Arcilla	Textura
62	16	22	F.Arc Ar
65	15	20	F.Ar

Cuadro 2.

Composición de los fertilizantes utilizados y dosis formulada de N con variedades caña de azúcar,
 DIECA - UTN, Cañas, Guanacaste, junio 2016.

Combinación dosis N	Composición química	Dosis Kg N/ha			
		0	100	120	140
Nitro Xtend (75%)	46 % N	0	75	90	105
Sulfato Amonio (25%)	21 % N, 23,7 % SO ₄	0	25	30	35

Cuadro 3.

Características principales de las variedades de caña de azúcar utilizada en el experimento con
 dosis de Nitrógeno interactivo. DIECA – UTN, Cañas, Guanacaste, junio 2016.

Variedades	Características morfológicas	Rend. Ind (Kg azúcar/tc)	t caña/ha	t azúcar /ha
NA 85-1602	Variedad de porte erecto y rápido crecimiento, con baja floración, muy sensible al ataque de chinche encaje (<i>Leptodictya t</i>), se adapta bien cosecha mecánica, con alta sacarosa en los tallos	100- 120	80 - 100	8 - 11
RB 86-7515	Variedad de porte semi-erecto, de floración baja y crecimiento rápido, tolerante al déficit hídrico (secano), de concentración media de sacarosa tallos.	90 - 105	70 - 100	9 - 10
LAICA 00-301	Variedad porte erecto de tallos gruesos, sin floración, de crecimiento y cierre lento, se adapta bien a suelos vertisoles, se adapta bien cosecha mecánica, de concentración baja sacarosa en tallos.	90 - 100	90- 120	9 -10

Cuadro 4.

Costos implícitos de los tratamientos del experimento dosis interactivas N con variedades de caña de azúcar, DIECA - UTN Cañas, Guanacaste, junio 2016

Tratamientos	Costo-PC/ Parcela (85m ²)*	Costo fertilizante, Adicional(P- K)/Parcela*	Total Costo Fertilización/ha*
RB 86-7515 (0) Kg N/ha (Testigo)	0	1393,2	163.896,05
RB 86-7515 (100) Kg N/ha	248,05	1393,2	193.076,65
RB 86-7515 (120) Kg N/ha	287,56	1393,2	197.724,61
RB 86-7515 (140) Kg N/ha	339,19	1393,2	203.798,36
NA 85-1602 (0) Kg N/ha (Testigo)	0	1393,2	163.896,05
NA 85-1602 (100) Kg N/ha	248,05	1393,2	193.076,65
NA 85-1602 (120) Kg N/ha	287,56	1393,2	197.724,61
NA 85-1602 (140) Kg N/ha	339,19	1393,2	203.798,36
LAICA 00-301 (0) Kg N/ha (Testigo)	0	1393,2	163.896,05
LAICA 00-301 (100) Kg N/ha	248,05	1393,2	193.076,65
LAICA 00-301 (120) Kg N/ha	287,56	1393,2	197.724,61
LAICA 00-301 (140) Kg N/ha	339,19	1393,2	203.798,36

*Costos en colones

Resultados y Discusión

Primera cosecha:

La evaluación de la primera cosecha se realizó a los 10 meses de edad del cultivo, razón por la cual los resultados obtenidos son de carácter preliminar. El análisis de varianza y la comparación de medias indican claramente que no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$) para las dosis de Nitrógeno y la interacción N vs Variedades en las variables industriales: % Brix % Fibra, % Pureza y Rendimiento Industrial (Kg azúcar). Sin embargo, los altos contenidos porcentuales del Brix, Pol, Pureza y Rendimiento Industrial (Kg Azúcar/t caña) obtenidos con la variedad NA 85-1602, reflejan una condición particular intrínseca de este material que posee un potencial azucarero consistente, y como tal, se considera que será una condición que posiblemente prevalecerá durante las siguientes cosechas. Por el contrario, la variedad que presentó la menor calidad de jugos (variables industriales) fue la LAICA 00-301. Quizás su pobre Rendimiento Industrial se relacione con su lento proceso de maduración y acumulación de sacarosa en los tallos; además del bajo arrastre genético azucarero de este clon, Cuadro 5.

Los valores más altos de biomasa (t caña /ha) se presentaron por efecto de las variedades indicadoras y las dosis de Nitrógeno aplicado, de carácter muy significativo con un 95 % de confianza ($P < 0,05$); sin embargo, no hubo respuesta significativa para esta variable por efecto de la interacción dosis de N por variedad. Se observó claramente una gran efectividad del Nitrógeno en la nutrición de la caña durante este ciclo; por ejemplo, hubo un incremento importante de biomasa en todas las variedades evaluadas, siendo la de mayor eficiencia productiva la variedad LAICA 00-301, la cual superó en términos de 5,4% y 16,8% a las variedades RB 86-7515 y NA 85-1602, respectivamente (Cuadro 5).

Estos datos fueron confirmados con la prueba de Tuckey donde las variedades LAICA 00-301 y RB 86-7515 resultaron con los mejores e toneladas de caña /ha. De la misma forma, la menor producción de caña por hectárea se obtuvo con la variedad NA 85-1602, lo cual probablemente se relaciona a su pobre desarrollo de los tallos y a característica intrínsecas de grosor y altura de este clon. El no aplicar Nitrógeno en la caña de azúcar (tratamiento testigo), promovió el menor tonelaje de caña /ha en todas las variedades del experimento. Lo anterior confirma la importancia de este nutrimento en el ciclo productivo de este cultivo. Respecto a la producción de azúcar por hectárea los resultados indican que la interacción de aplicar 120 Kg N/ha resulto beneficioso para todas las variedades estudiadas; el caso particular lo presenta la variedad RB 86-7515, la cual obtuvo su mejor tonelaje de azúcar/ha con la aplicación de 140 kg N/ha. Se sabe ampliamente qué factores como el Rendimiento Industrial y el tonelaje /ha inciden directamente en la productividad de azúcar por hectárea, lo que depende principalmente del genotipo de las variedades de caña de azúcar.

Cuadro 5.

Análisis de varianza de los resultados obtenidos del experimento dosis interactiva de N con variedades comerciales de caña de azúcar, **primera cosecha**, DIECA -UTN, periodo 2017.

Fuente Variación	G.L	% Brix	P (f)	% Fibra	P (f)	% Pol	P (f)	% Pureza	P (f)	Rend Ind (Kg azúcar/tc)	P (f)	Tm caña /ha	P (f)	Tm Azúcar/ha	P (f)
Modelo	13	37,13	0,033	12,35	0,2449	118,62	0,14	118,62	0,1440	2773,50	0,0406	12462,11	0,0001	125,65	0,0001
Variedades	2	29,66	0,0002	3,76	0,08	39,56	0,0002	66,165	0,008	2075,76	0,0004	1796,86	0,0001	6,89	0,03
Bloques	2	0,64	0,76	2,29	0,21	2,49	0,46	20,93	0,17	163,79	0,42	24,4	0,55	2,9	0,2
Dosis N Kg/ha	3	2,77	0,51	1,55	0,53	1,88	0,75	8,38	0,68	58,47	0,88	10445,3	0,0001	113,53	0,0001
Variedades * dosis N Kg/ha	6	4,05	0,74	4,75	0,36	6,15	0,68	23,15	0,65	475,48	0,54	195,54	0,18	2,34	0,83
Error	22	26,09		15,16		34,32		121,32		2035,37		443,11		18,82	
Total	35	63,21		27,51		84,38		239,94		4808,87		12905,22		144,47	
% CV		5,7		5,78		7,39		2,66		8,73		4,8		9,04	
Tratamientos		medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep
RB 86-7515 (140 Kg N/ha)		19,63	a	13,51	a	17,77	ab	89,71	a	119,30	a	107,84	ab	12,85	a
RB 86-7515 (120 Kg N/ha)		18,92	a	13,84	a	16,81	ab	88,87	a	111,38	a	108,08	ab	12,02	a
NA 85-1602 (120 Kg N/ha)		20,21	a	13,84	a	18,30	ab	90,44	a	122,27	a	93,56	c	11,45	a



LAICA

LAICA 00-301 (120 Kg N/ha)	17,80	a	14,96	a	15,43	ab	86,58	a	98,13	a	115,92	a	11,36	a
LAICA 00-301 (140 Kg N/ha)	17,20	a	14,12	a	14,59	ab	84,78	a	93,76	a	118,70	a	11,12	a
NA 85-1602 (140 Kg N/ha)	19,69	a	14,72	a	17,48	ab	88,61	a	112,86	a	97,14	bc	10,97	a
RB 86-7515 (100 Kg N/ha)	18,68	a	14,18	a	16,62	ab	89,18	a	109,43	a	99,49	bc	10,90	a
LAICA 00-301 (100 Kg N/ha)	17,92	a	14,29	a	15,91	ab	88,62	a	104,13	a	98,80	bc	10,27	a
NA 85-1602 (100 Kg N/ha)	20,36	a	15,50	a	18,14	ab	89,09	a	114,94	a	87,22	c	9,98	b
RB 86-7515 (0 Kg N/ha)	19,49	a	14,08	a	17,28	ab	88,68	a	113,53	a	66,78	d	7,60	cde
LAICA 00-301 (0 Kg N/ha)	18,83	a	14,69	a	16,15	ab	85,81	a	102,44	a	70,64	d	7,26	de
NA 85-1602 (0 Kg N/ha)	20,37	a	14,52	a	18,32	a	89,84	a	119,77	a	58,32	d	7,00	e

Cuadro 6.

Análisis de varianza de los resultados obtenidos del experimento dosis interactiva de N con variedades comerciales de caña de azúcar, **segunda cosecha** DIECA -UTN, periodo 2018.

Fuente Variación	G.L	% Brix	P (f)	% Fibra	P (f)	% Pol	P (f)	% Pureza	P (f)	Rend Ind (Kg azúcar/tc)	P (f)	Tm caña /ha	P (f)	Tm Azúcar/ha	P (f)
Modelo	13	47,59	0,0114	10,92	0,888	55,13	0,027	429,99	0,128	3774,30	0,004	8104,25	0,004	84,77	0,179
Variedades	2	35,39	0,0001	0,34	0,900	43,22	0,000	197,30	0,015	2910,33	0,000	4751,28	0,000	13,98	0,214
Bloques	2	5,30	0,1385	1,51	0,633	2,55	0,482	29,19	0,481	346,42	0,149	729,03	0,145	29,34	0,049
Dosis N Kg/ha	3	2,56	0,5627	2,13	0,728	2,51	0,689	24,26	0,741	143,19	0,639	1873,23	0,029	24,92	0,149
Variedades * dosis N Kg/ha	6	4,33	0,7348	6,94	0,614	6,85	0,670	179,24	0,209	374,36	0,617	750,71	0,635	16,53	0,688
Error	22	26,91		35,61		37,18		424,67		1834,25		3808,38		93,09	
Total	35	74,50		46,53		92,31		854,66		5608,55		11912,6		177,86	
% CV		5,24		8,06		6,70		4,74		7,24		13,75		17,17	
Tratamientos		medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep
LAICA 00-301 (140 Kg N/ha)		19,24	a	15,42	a	17,54	ab	91,04	a	113,87	b	119,21	a	13,61	a
LAICA 00-301 (120 Kg N/ha)		19,95	a	16,68	a	18,23	ab	91,31	a	114,22	b	116,86	a	13,39	a
NA 85-1602 (140 Kg N/ha)		22,14	a	15,28	a	20,24	ab	101,75	a	144,45	a	89,02	ab	12,99	a
NA 85-1602 (100 Kg N/ha)		21,77	a	15,78	a	20,45	ab	93,92	a	133,12	ab	95,88	ab	12,80	a
LAICA 00-301 (100 Kg N/ha)		19,08	a	15,13	a	17,06	ab	89,27	a	110,46	b	111,57	a	12,42	a
RB 86-7515 (120 Kg N/ha)		21,33	a	15,29	a	19,02	ab	89,23	a	122,50	ab	99,74	ab	12,24	a
NA 85-1602 (120 Kg N/ha)		22,32	a	16,57	a	21,13	a	94,66	a	134,85	ab	89,61	ab	12,10	a
LAICA 00-301 (0 Kg N/ha)		20,65	a	16,32	a	18,97	ab	91,86	a	120,35	ab	99,22	ab	11,94	a
RB 86-7515 (140 Kg N/ha)		22,13	a	15,88	a	19,74	ab	89,30	a	125,13	ab	91,17	ab	11,46	a
RB 86-7515 (0 Kg N/ha)		21,62	a	15,33	a	19,93	ab	92,17	a	130,19	ab	84,31	ab	10,94	a
RB 86-7515 (100 Kg N/ha)		21,14	a	16,12	a	20,02	ab	94,69	a	129,55	ab	84,51	ab	10,91	a
NA 85-1602 (0 Kg N/ha)		21,88	a	15,60	a	20,55	b	93,90	a	134,44	ab	67,06	b	8,92	a

Segunda cosecha:

El análisis de la segunda cosecha muestra un comportamiento diferenciado entre los tratamientos vía variedades. El análisis de varianza y comparación de medias no presenta diferencias significativas estadísticas para las variables de carácter industrial con referencia a las dosis de Nitrógeno, lo que demuestra en esta evaluación que dosis altas de Nitrógeno no afectaron el contenido de sacarosa en los tallos de la caña durante esta cosecha.

Hubo diferencias marcadas pero no estadísticas entre las variedades para el contenido de sacarosa, prevaleciendo siempre el excelente contenido de azúcar de la variedad NA 85-1602 la cual supero ampliamente al resto de variedades; por el contrario, la variedad LAICA 00-301 resulto con el menor Rendimiento Industrial (Kg azúcar/t); sin embargo, su contenido de sacarosa varió entre (11- 12%) Cuadro 6. Por la naturaleza genética de las variedades, es coincidente la respuesta tanto en ciclo planta como de soca, pues algunas se caracterizan por ofrecer rendimientos de azúcar de carácter medio, y otras por disponer de un excelente rendimiento azúcar.

La mejor producción de biomasa (t caña/ha) se obtuvo con la variedad LAICA 00-301, la cual supero la producción de 100 t/ha entre las dosis de Nitrógeno evaluadas; hubo diferencias estadísticas significativas superior ($P \geq 0,05$) por efecto de variedad. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticas en la interacción de variedades x dosis de Nitrógeno aplicado. Se ratifica con los resultados que indistintamente del tipo de variedad, el no aplicar Nitrógeno (tratamiento testigo) durante el ciclo vegetativo de la caña, incide directamente en la disminución de la producción de caña por hectárea (Chaves 2016), Cuadro 6.

También se observó que la baja producción de caña por hectárea de la variedad NA 85-1602 obedece principalmente al pobre desarrollo de los tallos vía (grosor y altura) al final del ciclo vegetativo. Es importante anotar que la variedad NA 85-1602 indistintamente del ciclo vegetativo que tenga, siempre posee un excelente Rendimiento Industrial, condición que le confiere un potencial azucarero en la región de Guanacaste. La productividad de azúcar por hectárea entre los tratamientos fue afectada principalmente por el Rendimiento Industrial (Kg azúcar/tc), pues no hubo diferencias significativas estadísticas entre las variedades y la interacción con las dosis de Nitrógeno. Lo anterior es coincidente con los resultados obtenidos en la primera cosecha (Angulo y Chaves 2017). La mejor productividad se alcanzó con la interacción del tratamiento (LAICA 00-301 y la adición de N en dosis variables entre 140 y 120 Kg /ha).

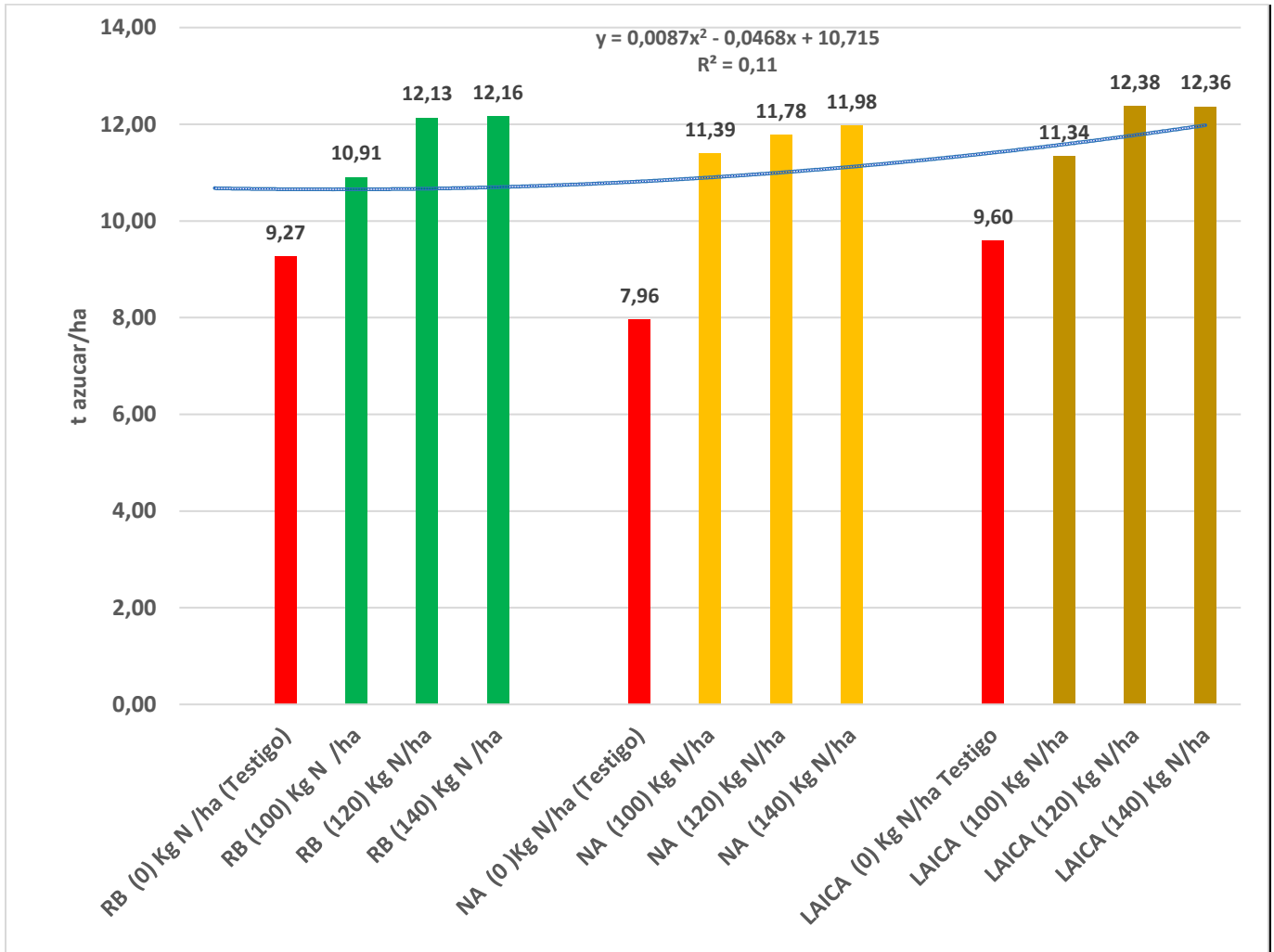


Figura 1.
 Comparativo de producción de azúcar/ha entre los tratamientos evaluados, **promedio dos cosechas**, DIECA/UTN, Cañas, Guanacaste, mayo 2018.

Cuadro 7.

Análisis económico de dosis interactivas de Nitrógeno con tres variedades comerciales de caña azúcar, **promedio dos cosechas**. DIECA – UTN Cañas, Guanacaste, mayo 2018.

Tratamientos	Kg azúcar/t	Producción t/ha		*Egresos/ha	*Ingresos/ha	Utilidad	% Rentabilidad
		Caña	Azúcar				
RB 86 (0) Kg N /ha (Testigo)	121,86	75,55	9,27	₡ 1.195.752,11	₡ 1.712.860,06	₡ 517.107,95	43,2
RB 86 7515 (100) Kg N /ha	119,49	92,00	10,91	₡ 1.352.481,86	₡ 2.015.275,03	₡ 662.793,17	49,0
RB 86 7515 (120) Kg N/ha	116,94	103,91	12,13	₡ 1.449.459,51	₡ 2.241.958,63	₡ 792.499,12	54,7
RB 86 7515 (140) Kg N /ha	122,22	99,51	12,16	₡ 1.421.390,19	₡ 2.247.278,06	₡ 825.887,87	58,1
NA 85 (0) Kg N/ha (Testigo)	127,10	62,69	7,96	₡ 1.096.095,72	₡ 1.470.579,47	₡ 374.483,75	34,2
NA 85 1602 (100) Kg N/ha	124,03	91,55	11,39	₡ 1.348.984,15	₡ 2.104.950,36	₡ 755.966,21	56,0
NA 85 1602 (120) Kg N/ha	128,56	91,58	11,78	₡ 1.353.887,40	₡ 2.175.669,45	₡ 821.782,04	60,7
NA 85 1602 (140) Kg N/ha	128,65	93,08	11,98	₡ 1.371.567,26	₡ 2.213.435,35	₡ 841.868,09	61,4
LAICA 00 (0) Kg N/ha Testigo	111,59	84,93	9,60	₡ 1.268.478,23	₡ 1.773.563,80	₡ 505.085,57	39,8
LAICA 00-301 (100) Kg N/ha	107,30	105,18	11,34	₡ 1.454.665,47	₡ 2.096.196,17	₡ 641.530,70	44,1
LAICA 00-301 (120) Kg N/ha	106,18	116,39	12,38	₡ 1.546.181,90	₡ 2.286.750,82	₡ 740.568,92	47,9
LAICA 00-301 (140) Kg N/ha	103,82	118,96	12,36	₡ 1.572.151,17	₡ 2.284.584,17	₡ 712.433,00	45,3
Promedio	118,14	94,61	11,11	₡ 1.369.257,91	₡ 2.051.925,11	₡ 682.667,20	49,54

*valores económicos en colones

Promedio de dos cosechas:

El análisis promedio de dos cosechas y su entorno económico se presentan en el Cuadro 7 y la Figura 1; evidenciando que se obtuvieron valores de productividad satisfactorios entre las variedades y dosis Nitrógeno evaluadas. La mejor rentabilidad económica se alcanzó con la aplicación de 140 Kg N/ha en las variedades NA 85-1602 y RB 86-7515 (61% y 58%), respectivamente; aunque NA 85-1602 logró un 60,7% con 120 kg. Se observó sin embargo, que la variedad LAICA 00-301 mostró un buen comportamiento y recuperación económica del 48%, con la aplicación de 120 Kg N/ha como promedio de dos cosechas.

Con base en los resultados se evidencia que los requerimientos nutricionales de la caña de azúcar son de carácter versátil entre variedades; así como también, según sea el ciclo vegetativo y las condiciones climáticas prevalecientes en el periodo. También se comprobó que el mejor rango de respuesta a la fertilización bajo las condiciones de un suelo Inceptisol con riego, es entre 120 Kg a 140 Kg N/ha. Es importante indicar que la dosis de 120 Kg N/ha interactiva, mostró una productividad extraordinaria y un margen de sensibilidad económica excelente en las tres variedades bajo estudio; lo anterior le confiere ser una alternativa eficaz de considerar, en la fertilización de plantaciones de caña de azúcar de esta región en un futuro próximo.

Conclusiones

- 1) El nutrimento Nitrógeno incorpora un efecto directo sobre el crecimiento y el desarrollo de la planta de caña de azúcar, lo cual se comprobó con la acción de aplicar o no aplicar el nutrimento al cultivo, por medio de las dosis evaluadas.
- 2) Según ciclo vegetativo el mejor tratamiento en Ciclo Planta fue en concentración de Sacarosa 120 kg de N/ha con la NA 85-1602 (122,27 kg/t); 140 kg con LAICA 00-301 en tonelaje de caña (118,70 tc/ha) y 140 kg de N con RB 86-7515 en azúcar (12,85 t/ha). En Primer Retoño la relación encontrada para las mismas variables agroindustriales fue de 140 kg de N con NA 85-1602 (144,45 kg/t); 140 kg con LAICA 00-301 (119,21 tc/ha) y 140 kg con LAICA 00-301 en azúcar (13,61 t/ha), respectivamente. Como se infiere las tres variedades evaluadas poseen atributos particulares a considerar para decidir su cultivo.
- 3) El Promedio de Dos Cosechas reveló que la NA 85-1602 fue superior respecto a los otros dos clones, en acumular sacarosa en las dosis de 140 y 120 kg de N/ha al reportar concentraciones de 128,65 y 128,56 kg/tmc, respectivamente. En tonelaje de caña LAICA 00-301 fue la mejor en las mismas dosis con 118,96 y 116,39 tc/ha, respectivamente. La misma variedad LAICA 00-301 alcanzó la mejor productividad de azúcar con adiciones de 120 y 140 kg de N/ha, al producir 12,38 y 12,36 t/ha, respectivamente.
- 4) La interacción de variedades y dosis de Nitrógeno resulto variable según el tipo de variedad y la dosis de N incorporada; la mejor tendencia de respuesta agroeconómica se observó con la aplicación de niveles entre 120 y 140 Kg N/ha.



- 5) La mejor respuesta productiva y económica se obtuvo con la variedad NA 85-1602 al adicionar 140 Kg de N/ha, lo cual se observó en el promedio de las dos cosechas del experimento con una rentabilidad final del 61,4%, seguida por la misma variedad con 120 kg de N/ha con un 60,7%, la RB 86-7515 con 140 kg (58,1%) y NA 85-1602 con 100 kg de N (56%).
- 6) La dosis de 120 Kg de N/ha interactiva (proporciones de 75% N Nitro Xtend + 25% N Sulfato de Amonio), demostró durante las dos evaluaciones y en las tres variedades de caña evaluadas, resultados productivos y económicos importantes que le confieren ser una alternativa eficaz en la fertilización de la caña de azúcar en las condiciones productivas de Guanacaste.
- 7) Como parte de la responsabilidad ambiental asumida por el sector agrícola ante la imperiosa necesidad de reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI), el uso de fuentes nitrogenadas de alta eficiencia como es la Nitro Xtend, contribuye de manera significativa a la reducción en la emisión de Óxido Nitroso (N_2O) al ambiente.
- 8) La adición de Nitrógeno en dosis suficientes resulta necesaria para alcanzar niveles de productividad agroindustrial elevados y sostenibles, lo cual muestra variación entre la naturaleza de las variedades de uso comercial y la dosis incorporada, lo que obliga ubicar la dosis óptima específica para cada una de ellas; la generalización no es en este caso prudente ni recomendable.
- 9) Queda demostrado una vez más, que el Nitrógeno es un nutrimento esencial en la nutrición de la caña de azúcar.

Literatura Citada

- 1) Angulo, A; Alfaro, R.; Ocampo, R. 2015. **Efecto de nueve fuentes de fertilizantes nitrogenados sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, promedio cuatro cosechas DIECA - UTN, Cañas Guanacaste, Costa Rica.** Congreso Tecnológico DIECA, 6, "Sr. Daniel Alfaro Solís". 20-21 agosto 2015. Grecia, Alajuela, Costa Rica. 17 p.
- 2) Angulo M., A.; Chaves S., M.A. 2017. **Evaluación de la fertilización interactiva de cuatro dosis de Nitrógeno sobre los rendimientos agroindustriales de tres variedades de caña de azúcar, ciclo planta, LAICA-DIECA, UTN Cañas, Guanacaste, Costa Rica, 2017.** Congreso Nacional de Suelos, 9, San José, Costa Rica, 2017. Memorias. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS), octubre 25 al 27, Hotel Crowne Plaza San José Corobici. 8 p.



- 3) Chaves, M. A. 2003. **Fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica: Experiencias 20 años (periodo 1980-2000)**. Congreso de Asociación de Técnicos Azucareros (ATACORI). *“Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez”*, 15. Guanacaste, Costa Rica. Set Memoria. San José Costa Rica p: 49-54.
- 4) Chaves Solera, M.A. 2016a. **Estudio de 9 fuentes de Nitrógeno realizados en 6 regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica: compendio de resultados**. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Abril. Presentación Electrónica en Power Point. 107 Láminas.
- 5) Chaves Solera, M.A. 2016b. **Resultados de investigación con el uso del Nitrógeno en la caña de azúcar en Costa Rica**. Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y El Caribe (ATALAC), 10, y Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de México (ATAM), 38. Memoria Digital y Resúmenes. Setiembre 2016, Veracruz, México. 26 p.
- 6) Chaves Solera, M.A. 2016c. **El Nitrógeno como factor de productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica**. Congreso Nacional Agropecuario, Forestal y Ambiental, 14, Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2016. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, octubre 27 al 29. 9 p.
- 7) Chaves Solera, M.A. 2017. **Sinergismo N-K y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica**. Congreso Nacional de Suelos, 9, San José, Costa Rica, 2017. Memorias. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS), octubre 25 al 27, Hotel Crowne Plaza San José Corobici. 7 p.