

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.

Ing. Agr. MSc. Álvaro Angulo M. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) LAICA aangulo@laica.co.cr

Ing. Agr. MSc. Marco A. Chaves S. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) LAICA mchavez@laica.co.cr

Resumen

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 se convierte en producción de toneladas de caña; asimismo, este nutrimento se aplica en mayor cantidad en los suelos del trópico vía fertilización, siendo las fuentes más comunes de fertilizantes nitrogenados, la Urea y el Sulfato de Amonio y en menor cantidad el Nitrato Amonio (Chaves 2003). La fertilización es una práctica necesaria y estratégica que revierte suma importancia en la actividad cañera, comúnmente el uso de fuentes de fertilizantes nitrogenadas convencional ha sido lo usual entre los productores de caña de azúcar. Este trabajo consiste en la evaluación interactiva de dos fuentes nitrogenadas; una convencional como Sulfato Amonio y otra fuente 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 formularon 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. Los resultados de la primera cosecha muestran un comportamiento preliminar diferenciado para las variables calidad de jugos, tanto el Brix % como el rendimiento industrial (kg azuc/tc) fueron superiores con la variedad NA 85-1602, lo cual es propio de este material por su arrastre genético azucarero. Por el contrario, la variedad que obtuvo la menor calidad de jugos para estas variables fue LAICA 00-301, quizás su pobre rendimiento industrial se relaciona con su lento proceso de maduración y acumulación de sacarosa en los tallos. En términos generales, para las variables industriales no se observó diferencias estadísticas significativas entre las dosis de N y las variedades indicadoras durante este primer ciclo de cosecha. Respecto a la producción de tm caña/ha prevalece el buen comportamiento de 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; también se destaca la excelente contribución de las dosis de (120 y 140 kg N/ha) en la producción caña y azúcar por hectárea en las variedades estudiadas, siendo las de mayor respuesta RB 86-7515 y LAICA 00-301. En términos de rentabilidad económica resultó beneficioso entre la variedades evaluadas la respuesta a la aplicación interactiva de 120 Kg N/ha, lo cual se reflejó notoriamente en los materiales RB 86-7515 y NA 85-1602. Definitivamente la no aplicación de nitrógeno en la fertilización de la caña (testigo), afecta drásticamente los rendimientos productivos y en consecuencia genera retornos económicos menores.

Presentado en: 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.

Introducción

En el entorno productivo de la caña de azúcar el uso de fuentes de nitrógeno no convencional (liberación lenta y controladas) representa una alternativa interesante y necesaria de evaluar; es así que la investigación es la herramienta que permite valorar y conocer el comportamiento de estas fuentes en las plantaciones de caña de azúcar propio de regiones del trópico seco, donde las pérdidas de N por reacciones de volatilización en los suelos son relativamente elevadas por ciclo de cultivo (Chaves 2003).

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 lo convierte en producción de toneladas de caña; asimismo, este nutrimento se aplica en mayor cantidad en los suelos del trópico vía fertilización, siendo las fuentes más comunes de fertilizantes nitrogenados, la Urea y el Sulfato de Amonio y en menor cantidad el Nitrato Amonio (Chaves 2016). La fertilización es una práctica necesaria y estratégica que revierte suma importancia en la actividad cañera, comúnmente el uso de fuentes de fertilizantes nitrogenados convencional ha sido lo usual. Actualmente la tendencia responsable de la agricultura intensiva es la utilización de fuentes nitrogenadas de alta eficiencia (menor volatilización de N), más productivas con mayor aprovechamiento del N en la producción, y principalmente amigables y comprometidas con el ambiente vía reducción en la emisión del N₂O (GEI).

Objetivo

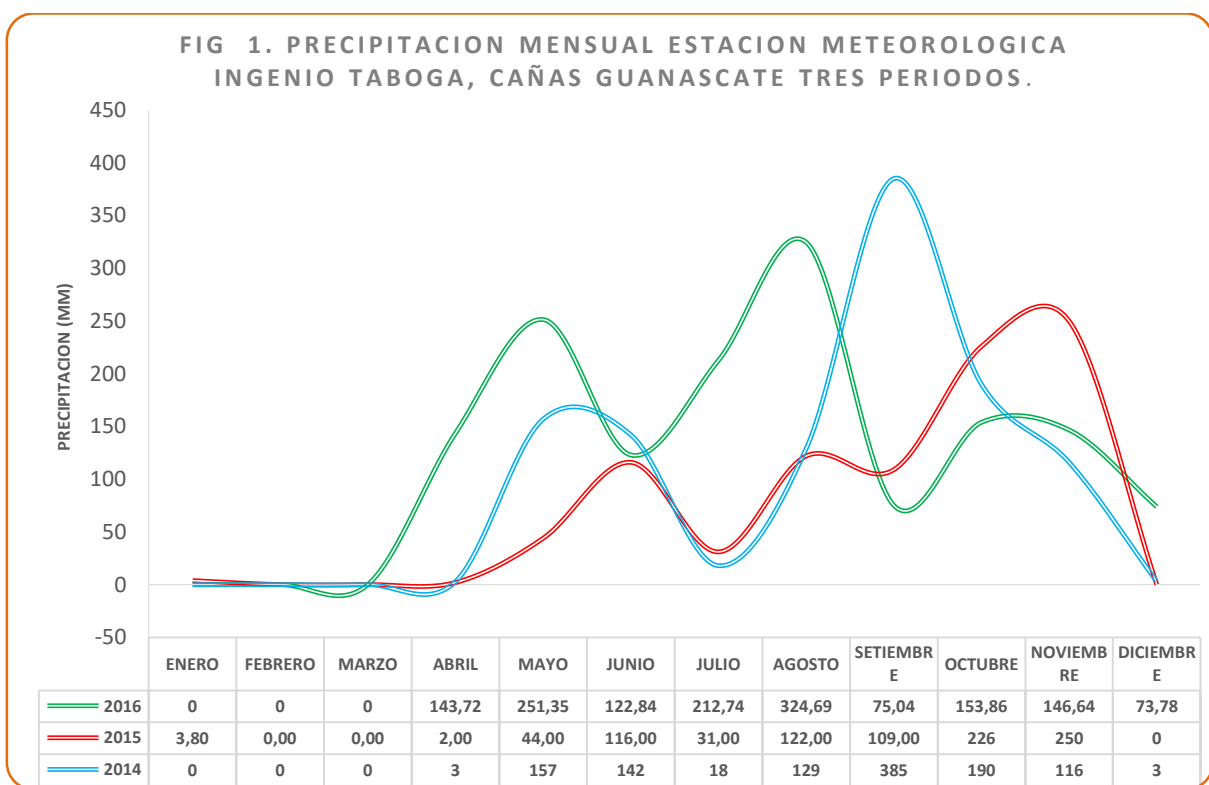
Evaluar el comportamiento agroindustrial de tres variedades comerciales de caña de azúcar a la fertilización combinada de dos fuentes nitrogenadas, en las condiciones edafo climáticas del sitio experimental.

Determinar el mejor comportamiento productivo de las cuatro dosis interactivas de nitrógeno con las variedades comerciales de caña de azúcar; además de valorar el mejor retorno económico de cada tratamiento evaluado.

Materiales y métodos

Esta investigación de campo se estableció en el mes de junio del año 2016 en el área experimental de DIECA en la UTN, ubicada en el 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 promedio de 1.600 mm y una temperatura media de 27,31 °C. Se manejó como planta indicadora 3 variedades comerciales (Cuadro 2), se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar y 3 repeticiones, cada unidad experimental (parcela 85 m²) constó 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 utilizadas en el experimento, que se describen en el Cuadro 2, y las variedades de caña utilizadas como plantas indicadoras que se anotan en el Cuadro 3. El experimento recibió durante el primer ciclo el manejo agronómico acorde a la condición de las plantaciones comerciales de la zona; esto incluía el riego complementario cuando las demandas evapotranspirativas superaban la precipitación (Figura 1). 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 (P_2O_5) se aplicó al momento de la siembra al fondo del surco para una dosis general de 150 kg/ha. La dosis de Potasio (K_2O) fue de 150 kg/ha aplicado todo en la segunda fertilización. También se presentan los costos implícitos para cada tratamiento de fertilización (Cuadro 4).



Cuadro 1: Análisis Físico químico del suelo en el área experimental DIECA/UTN. Cañas, Guanacaste, 2010.

pH	cmol (+)/l				ug/ml suelo				
	AL	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
5,8	0,3	16,0	7,0	1,07	20	3	6	6	31
6,0	0,2	14,5	7,0	1,04	19	3	6	6	24

% Arena	% Limos	% Arcilla	Textura
25,4	40,6	34,0	Franco Arcilloso
25,4	42,6	32,0	Franco Arcilloso

Cuadro 2. Composición de los fertilizantes utilizados y dosis formuladas del experimento dosis de N con 3 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 % S (71,1% SO ₄)	0	25	30	37,5

Cuadro 3. Características principales de las variedades de caña de azúcar utilizadas en el experimento con dosis de N. DIECA-UTN, Cañas, Guanacaste, junio 2016.

Variedades	Características morfológicas	Rend. Industrial (Kg azuc/tm)	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 tabida</i>), se adapta bien a la 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 y la cosecha mecánica, de baja concentración de 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 (85 m ²)	Costo fertilizante adicional (P- K)/parcela	Total Costo Fertilización/ha
RB 86-7515 (0) kg N/ha (testigo)	0	1.393,2	163.896,05
RB 86-7515 (100) kg N/ha	248,05	1.393,2	193.076,65
RB 86-7515 (120) kg N/ha	287,56	1.393,2	197.724,61
RB 86-7515 (140) kg N/ha	339,19	1.393,2	203.798,36
NA 85-1602 (0) kg N/ha (testigo)	0	1.393,2	163.896,05
NA 85-1602 (100) kg N/ha	248,05	1.393,2	193.076,65

NA 85-1602 (120) kg N/ha	287,56	1.393,2	197.724,61
NA 85-1602 (140) kg N/ha	339,19	1.393,2	203.798,36
LAICA 00-301 (0) kg N/ha (testigo)	0	1.393,2	163.896,05
LAICA 00-301 (100) kg N/ha	248,05	1.393,2	193.076,65
LAICA 00-301 (120) kg N/ha	287,56	1.393,2	197.724,61
LAICA 00-301 (140) kg N/ha	339,19	1.393,2	203.798,36

Resultados y Discusión

La evaluación de la primera cosecha (ciclo planta) 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 muestra claramente que no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$) para las dosis de Nitrógeno y la interacción con variedades en los parámetros: % Brix % Fibra, % Pureza, Rendimiento Industrial (kg azúcar/t). 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, será posiblemente una condición que prevalecerá durante la evaluación de esta prueba en las siguientes cosechas; por el contrario, la variedad que presentó la menor calidad de jugos (variables industriales) fue la variedad LAICA 00-301, quizás su pobre Rendimiento Industrial se relacione con su lento proceso de maduración y acumulación de sacarosa en los tallos; además de su bajo arrastre genético azucarero (Cuadro 5).

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 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, y con mayor eficiencia productiva resultó 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. Estos datos fueron confirmados por la prueba de Tuckey donde las variedades LAICA 00-301 y RB 86-7515 resultaron con las mejores producciones de 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 con su pobre desarrollo de tallos y a característica intrínsecas de grosor y altura de este clon. El no aplicar Nitrógeno en la caña de azúcar (tratamiento testigo), promovió la menor producción de tonelajes de caña/ha en todas las variedades del experimento, lo cual confirma la importancia de este nutrimento en el ciclo productivo de este cultivo (Cuadro 5).

Respecto a la producción de azúcar por hectárea los resultados demuestran que la interacción de aplicar 120 kg N/ha resultó beneficioso para todas las variedades en estudio. El caso particular de la variedad RB 86-7515 su mejor tonelaje de azúcar/ha se obtuvo con la aplicación de 140 kg N/ha; condición favorable que es producto del buen tonelaje de caña/ha obtenido en combinación con un excelente Rendimiento Industrial de (kg azuc/tc) en los tallos. Se conoce ampliamente qué factores como el rendimiento industrial y el tonelaje por /ha inciden directamente sobre la productividad de azúcar por hectárea entre las variedades de caña de azúcar.

Cuadro 5. Análisis de varianza de los resultados obtenidos del experimento dosis interactiva de N con 3 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. Indust.	P (f)	tm caña /ha	P (f)	tm azúcar/ha	P (f)
Modelo	13	37,13	0,033	12,35	0,245	118,62	0,14	118,62	0,144	2773,50	0,041	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	
Tratamiento (kg N/ha)		medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep	medias	Sep
RB 86-7515 (140 kg)		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)		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)		20,21	a	13,84	a	18,30	ab	90,44	a	122,27	a	93,56	c	11,45	a
LAICA 00-301 (120 kg)		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)		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)		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)		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)		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)		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)		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)		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)		20,37	a	14,52	a	18,32	a	89,84	a	119,77	a	58,32	d	7,00	e

Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según Tuckey (5%).

Cuadro 6. Análisis económico del estudio de dosis interactivas de Nitrógeno con variedades comerciales de caña de azúcar, DIECA - UTN Cañas, Guanacaste, setiembre 2017.

Tratamientos	kg azuc/tc	Producción (t/ha)		Relación Sacarosa ¹	*Egresos/ha	*Ingresos/ha	% Rentabilidad
		Caña	Azúcar				
RB 86-7515 (0) kg N/ha (testigo)	113,53	66,78	7,60	8,79	1.256.123	1.367.793	8,9
RB 86-7515 (100) kg N/ha	109,43	99,49	10,90	9,12	1.541.652	1.962.623	27,3
RB 86-7515 (120) kg N/ha	111,38	108,08	12,03	8,98	1.613.620	2.165.396	34,2
RB 86-7515 (140) kg N/ha	119,30	107,84	12,86	8,39	1.617.760	2.314.116	43,0
NA 85-1602 (0) kg N/ha (testigo)	119,77	58,32	7,00	8,33	1.189.822	1.260.461	5,9
NA 85-1602 (100) kg N/ha	114,94	87,22	9,98	8,74	1.445.466	1.796.827	24,3
NA 85-1602 (120) kg N/ha	122,27	93,56	11,45	8,17	1.499.800	2.060.789	37,4
NA 85-1602 (140) kg N/ha	112,86	97,14	10,97	8,85	1.533.957	1.975.280	28,8
LAICA 00-301 (0) kg N/ha (testigo)	102,84	70,64	7,26	9,73	1.286.374	1.306.213	1,5
LAICA 00-301 (100) kg N/ha	104,13	98,80	10,27	9,62	1.536.218	1.848.942	20,4
LAICA 00-301 (120) kg N/ha	98,13	115,92	11,36	10,21	1.675.010	2.044.179	22,0
LAICA 00-301 (140) kg N/ha	93,76	118,70	11,12	10,68	1.702.870	2.001.150	17,5
Promedio	110,20	93,54	10,23	9,13	1.491.555,96	1.841.980,80	22,61

*valores económicos en colones, tipo de cambio US\$ 578

¹ Se refiere a la cantidad de caña que debe molerse para fabricar una tonelada métrica de azúcar.

El mayor retorno económico de esta prueba se obtuvo con la variedad RB 86-7515 a un nivel de fertilización de 140 kg N/ha; sin embargo, la aplicación de 120 kg N/ha resultó ser muy beneficioso e interesante entre todas las variedades evaluadas. Claramente se observa este efecto positivo entre las variedades NA 85-1602 y LAICA 00-301. Definitivamente la ausencia por no aplicación de Nitrógeno en la fertilización de la caña (testigo), afecta drásticamente los rendimientos productivos y en consecuencia el retorno económico en la agricultura de la caña de azúcar.

Conclusiones

- 1) En general los resultados obtenidos evidencian que el Nitrógeno es un nutrimento fundamental en el crecimiento y producción de caña; los datos demuestran el efecto positivo alcanzado con la aplicación de las diferentes dosis del Nitrógeno en las tres variedades del estudio.
- 2) Los datos preliminares de la investigación muestran una clara tendencia del comportamiento de las variedades comerciales, y el consumo de Nitrógeno que estas demandan durante el ciclo vegetativo en caña planta.
- 3) La mejor respuesta productiva se obtuvo con los tratamientos que superaron el nivel de fertilización de 120 kg N/ha, siendo diferenciado este efecto entre las tres variedades evaluadas del experimento.

- 4) En términos agroeconómicos la mejor recuperación económica se logró con las dosis de 140 y 120 kg N/ha, respectivamente en la variedad RB 86-7515; asimismo, la variedad NA 85-1602 produjo retornos económicos satisfactorios a nivel de 120 kg N/ha; el caso de LAICA 00-301 produjo el menor retorno económico durante esta cosecha.
- 5) El no aplicar Nitrógeno durante el ciclo de la caña de azúcar (tratamiento testigo) resultó de consecuencia adversas y negativas. Claramente se refleja la baja producción de caña y azúcar por hectárea durante esta primera cosecha, respecto a los tratamientos con Nitrógeno en las tres variedades de caña.
- 6) Esta investigación demuestra notoriamente la contribución y compromisos del sector azucarero con el medio ambiente (reducción de GEI), el uso de fuentes de alta eficiencia del Nitrógeno permite reducir los aportes del N₂O como GEI al medio ambiente; lo mismo se demostró con el uso de la fuente Nitro xtend.

Bibliografía

- 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.** Presentado en Congreso de DIECA, Grecia Alajuela Costa Rica. Agosto 2015. 14p.
- 2) Chaves Solera, M.A. 2016. **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.
- 3) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Acuña, L. 2015. **Agroindustria azucarera costarricense: un modelo organizacional y productivo efectivo con 75 años de vigencia.** Congreso de la Caña de Azúcar – TECNICAÑA 2015, 10, Cali, Colombia. Memoria: *Responsabilidad social empresarial, administración y gerencia, medio ambiente y sostenibilidad.* Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, del 14 al 18 de setiembre 2015. p: 159-171.
- 4) Chaves Solera, M. 2003. **Fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica: experiencias de los Últimos 20 Años (Periodo 1980-2000).** Congreso de ATACORI “*Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez*”, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 49-54.