

**Efecto de nueve fuentes de fertilizantes nitrogenados sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, promedio cuatro cosechas. DIECA-UTN, Cañas Guanacaste, 2015**

Alvaro Angulo Marchena<sup>1</sup> Roberto Alfaro Portugal<sup>2</sup> Randall Ocampo Chinchilla<sup>3</sup>

**Resumen**

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. Se analiza en este trabajo la evaluación de fuentes convencionales de nitrógeno con fuentes de no convencionales de N (Liberación lenta y controlada) en condiciones climáticas de un régimen de trópico seco. La evaluación comprendió el análisis de cuatro cosechas y el promedio de las mismas. La mejor respuesta productiva en TM de caña y azúcar/ha fue para la fuente de N no convencional NitroXtend, la cual supero ampliamente al testigo (sin N) a través de las evaluaciones. Sobresale también el buen comportamiento de las fuentes de N convencional (Sulfato Amonio, Urea + S y Nutran) que obtuvieron rendimientos satisfactorias durante el experimento. Prevalece y se demuestra claramente la pobre contribución del tratamiento de referencia (testigo) a la producción TM de caña/ha, lo cual se confirma en las cuatro cosechas. La mejor recuperación económica se obtuvo con la fuente NitroXtend la cual fue muy competitiva en la productividad azucarera; por el contrario Perlka resulto ser el tratamiento con la menor recuperación económica, quizás su alto costo del insumo fertilizante incidió en la baja rentabilidad, muy distante del nivel aceptado en una actividad económica normal de un ( $\geq 25\%$ ).

**Justificación**

El suelo es el principal sustrato y preciso en la nutrición de las plantas, su comportamiento es variable según la condición climática de la región donde se encuentre y del manejo que se brinde, es así que la fertilidad natural de los suelos es factor dinámico y determinante en la productividad de los cultivos.

El nitrógeno es el fertilizante que se aplica en mayor cantidad en los suelos del trópico, siendo las fuentes más comunes de fertilizantes nitrogenados que se utilizan, la urea y el sulfato de amonio y en menor cantidad el nitrato amonio. El nitrógeno es uno de los principales elementos 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.

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Regional Cañas. Guanacaste, Costa Rica. E-mail: [aangulo@laica.co.cr](mailto:aangulo@laica.co.cr). Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Jefe Programa Agronomía. Grecia, Costa Rica. E-mail: [ralfaro@laica.co.cr](mailto:ralfaro@laica.co.cr). Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

<sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa Agronomía. Grecia, Costa Rica. E-mail: [rocampo@laica.co.cr](mailto:rocampo@laica.co.cr). Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

---

La respuesta de la caña de azúcar a la adición de N es consistente tanto en ciclo planta como en los retoños, el consumo de nitrógeno en caña de azúcar ocurre principalmente por dos vías o formas iónicas de absorción como es amónicas y nítricas que son las más aprovechadas por las plantas, pues el resto corresponde a formas gaseosas que se pierden del sistema a través del proceso de la des nitrificación.

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.

### **Objetivos**

Determinar el potencial nutricional de las diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados (convencionales y no convencionales), en la producción agroindustrial de la caña de azúcar.  
Evaluar la mejor fuente de fertilizante nitrogenada más productiva bajo las condiciones edafoclimáticas del sitio experimental Cañas Guanacaste.  
Evaluar desde la perspectiva técnico-económica la fuente de fertilizante nitrogenada de mayor rentabilidad y recuperación económica.

### **Materiales y Método**

Esta investigación de campo se estableció en el mes de junio del año 2011 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 1600 mm y una temperatura media de 27,31 °C. Se utilizó como planta indicadora la variedad NA 85-1602, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar y 3 repeticiones, cada unidad experimental (parcela 75 m<sup>2</sup>) consto de 5 surcos de 10 m lineales cada uno y separados a 1,5 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 las diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados utilizadas en el experimento, que se describen en la tabla 1. El experimento recibió durante los cuatro años el manejo agronómico acorde a la condición de las plantaciones comerciales en la zona, esto incluía el riego complementario cuando las demandas evapotranspirativas superaban la precipitación, fig 1. Se realizaron mediciones de carácter agrícola e industrial durante la cosecha para valorar el comportamiento de las diferentes fuentes de fertilizantes.

**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	F.A
25,4	42,6	32,0	F.A

**Tabla 1**  
**Caracterización de las fuentes de fertilizantes nitrogenadas utilizadas en el experimento, DIECA UTN,**  
**Cañas Guanacaste, junio 2011**

Producto	Composición química	Características	Empresa
Nitro Xtend	46 % Nitrógeno	Urea enriquecida con AGROTAN, componente que retarda la hidrólisis de la Urea al inhibir el efecto de la enzima ureasa ayudando a reducir las pérdidas por volatilización.	ABOPAC
Urea + S	40 % Nitrógeno total, 6 % de Azufre como Sulfato	El recubrimiento de S disminuye las perdidas por volatilización en más de un 35%	ABOPAC (Línea YaraVera)
PERLKA	19,8 % nitrógeno total(más de 15% nitrógeno Cianamídico y menos 2% de nitrógeno Nítrico) Oxido de calcio 50%	Fertilizante nitrogenado de liberación lenta. Por procesos químicos el nitrógeno va progresivamente haciéndose disponible para las plantas	AGROCOSTA
LAS N	43 % nitrógeno	Fertilizante nitrogenado de liberación controlada	ABOPAC
N-FORCE	Nitrógeno total 30 %, N orgánico 1%, N amoniacal 3%, N Ureico 24%, Urea como formaldehido 2%, Azufre (SO3) 9%, Carbono orgánico 7,5%, Acido húmicos 3%, Boro soluble en agua 0,01%, Zinc soluble en agua 0,01%	El nitrógeno del N_FORCE se divide en 4 formas para dar una mejor nutrición evitando las perdidas por volatilización y lixiviación en el perfil del suelo. Reduce la lixiviación de nitrógeno hasta 110 días dependiendo de la precipitación y temperatura	AGRIAL
AGROCOTE 37- 0-0	37 % nitrógeno	Fertilizante de liberación controlada recubierto por capa interna de azufre y capa externa de polímeros	SCOTTS
NUTRAN	33,5% Nitrógeno		
UREA	46% Nitrógeno		
Sulfato Amonio	21% nitrógeno 23,7% S 71,1 % S-SO4		
0- 46- 0	46 % P2O5		
Cloruro Potasio	60% K2O; 47% CL		

La cantidad de nitrógeno total a aplicar por año fue de 150 kg / hectárea para las fuentes convencionales, fraccionada en la primera y segunda fertilización en partes iguales. 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. Por último se detallan las recomendaciones dadas por las casas comerciales para dar fundamento a la dosificación de los productos nitrogenados; además se presenta el fraccionamiento por época de aplicación de las diferentes fuentes de fertilizantes, tabla 2.

**AGRIAL:** Con N-FORCE aplicar un 20 % menos de la cantidad general de nitrógeno a aplicar (112 kg /ha) y aplicado todo en la primera fertilización.

**AGROCOSTA:** Con PERLKA aplicar un 20% menos de la fertilización general o sea (112 kg / ha) y todo en la primera fertilización.

**ABOPAC:** Para NITROXTEND y UREA + S, utilizar 15% menos de la dosis general de nitrógeno (119 kg / ha) fraccionado en dos aplicaciones. Para el **LAST N** utilizar un 40 % de la dosis de nitrógeno (56 Kg /ha) aplicado todo a la siembra con el fertilizante fosforado y complementado con un 20% de nitrógeno (28 kg/ ha) utilizando otra fuente como Urea aplicada en la primera fertilización.

**SCOTT:** Con AGROCOTE (37-0-0) aplicar 100 kg de nitrógeno (71.4% de la dosis general) y aplicarlo todo en la primera fertilización.

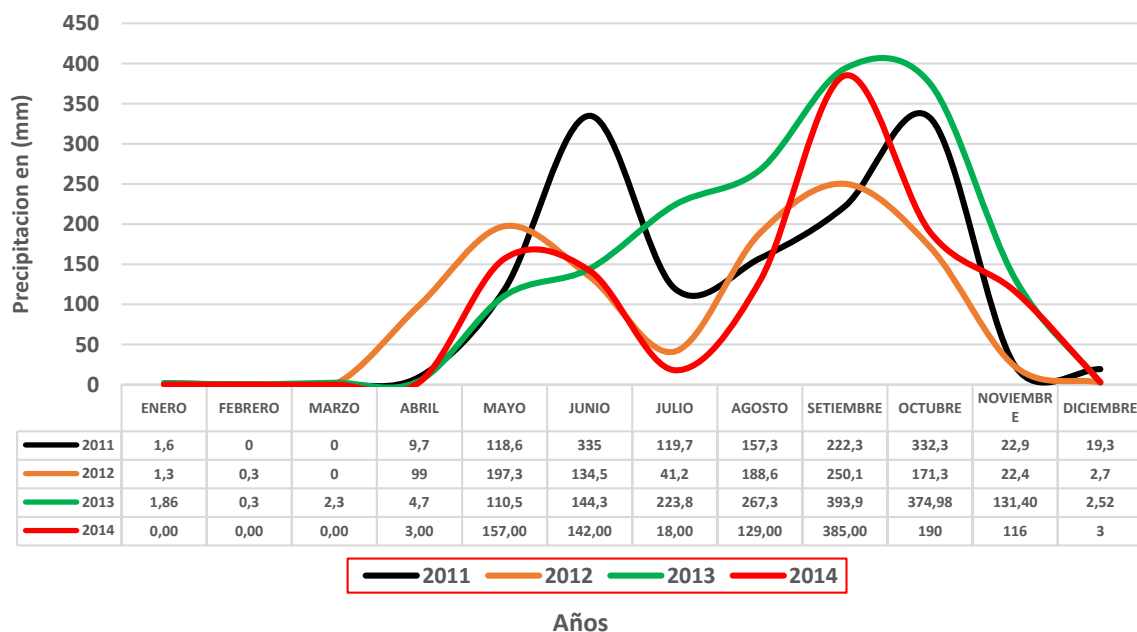
El tratamiento TESTIGO en la prueba no recibió nitrógeno, únicamente fertilizante fosforado al momento de la siembra y a los 4 meses se les aplico potasio.

Previo a la cosecha del experimento se tomaron una muestra de al menos 6 tallos molederos de caña representativos de cada parcela experimental, para ser analizado en el laboratorio de jugos del Ingenio Taboga.

Se determinó las variables de industria en cada muestra y se determinó el Brix %, Pol % Caña, Pureza % del Jugo, Fibra % Caña, y el Rendimiento Industrial dado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida. En cada cosecha se pesaron los tratamientos correspondientes a la totalidad caña de cada parcela, lo cual se proyectó a toneladas por hectárea.

Se presentan los resultados de las cuatro cosechas realizadas en cuadro de Andevas, con sus medias respectivas de cada variable y su fuente de variación, además del cuadro y grafica que ilustran el promedio de las cuatro cosechas, también un análisis agroeconómico de los fuentes nitrogenadas durante la evaluación.

Fig 1. Precipitacion anual en (mm)para cuatro periodos, referencia estacion Ingenio Taboga, 2015.



**Tabla 2**  
**Dosificación y fraccionamiento en la aplicación de los tratamientos del experimento fuentes de fertilización Nitrogenadas, DIECA - UTN Cañas Guanacaste, junio 2011**

N°	Tratamientos	Dosis (Kg/parcela) y época aplicación		
		Siembra	1era fertilización	2da fertilización
1	Nitro Xtend	2,2 Kg 0-46-0	0,94 Kg Nitro Xtend	1,68 Kg KCl 0,94 Kg Nitro Xtend
2	Urea +S	2,2 Kg 0-46-0	1,08 Kg Urea +S	1,68Kg KCl 1,08 Kg Urea + S
3	Perlka	2,2 kg 0-46-0	4,05 Kg Perlka	1,68 Kg KCl
4	N _ Force	2,2 kg 0-46-0	2,53 kg N-Force	1,68 Kg KCl
5	Agrocote 37-0-0	2,2 kg 0-46-0	1,82 Kg Agrocote	1,68 Kg KCl
6	Last -N	2,2 kg 0-46-0 0,94 Kg Last _N	0,44 Kg Urea	1,68 Kg KCl
7	Nutran	2,2 kg 0-46-0	1,5 Kg Nutran	1,68 Kg KCl 1,5 Kg Nutran
8	Urea	2,2 kg 0-46-0	1,1 Kg Urea	1,68 Kg KCl 1,1 Kg Urea
9	Sulfato Amonio	2,2 kg 0-46-0	2,4 Kg S. Amonio	1,68 Kg KCl 2,4 Kg S. Amonio
<b>10</b>	<b>Testigo</b>	<b>2,2 kg 0-46-0</b>		<b>1,68 Kg KCl</b>

### Resultados y Discusión

Se presenta las medias de las variables agroindustriales para cada tratamiento de evaluación, en cada periodo de cosecha y el promedio de las mismas, además de la fuente de variación con su respectiva significancia. La evaluación de la primera cosecha tuvo la particularidad que esta se realizó a los 10 meses de edad del cultivo. El análisis de varianza muestra claramente que hubo diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey a 5% para las variables: %Fibra, %Pureza, Rendimiento Industrial (Kg azúcar/Tcaña), TM de caña y azúcar/ha cuadro 3.

Cabe resaltar que los altos contenidos porcentuales del Brix, Pol, Pureza y rendimiento industrial (Kg Azúcar/Tcaña) en los jugos de la caña, reflejan la condición particular de la variedad utilizada como indicadora, la cual posee un potencial azucarero consistente y como tal serán condiciones que prevalecerán durante la evaluación de esta prueba.

Los mayores incrementos en la producción de TM de caña y azúcar/ha se lograron con los tratamiento Urea+S y NitroXtend, que superaron ampliamente al testigo y al resto de tratamientos; siendo el tratamiento testigo el menos productivo en caña y azúcar por hectárea, su merma significo un 31 % menos de azúcar /ha respecto a las mejores fuentes de fertilizantes (Nitro Xtend y Urea +S). De las fuentes nitrogenadas no convencionales sobresale la respuesta del tratamiento (Last N) que contiene un 43 % de nitrógeno (liberación controlada), esta fuente se caracterizó por su extraordinaria producción de azúcar por hectárea durante este ciclo de caña planta.

Respecto al análisis de varianza de la segunda cosecha cuadro 4, los resultados muestran un comportamiento particular entre tratamientos, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la mayoría de variables de estudio, prevalece de forma categórico la fuente nitrogenada Nitro Xtend en la

producción de TM de caña y azúcar /ha comparada al resto de fuentes nitrogenadas convencionales y no convencionales.

También se evidencio en esta cosecha la importancia del nitrógeno en la producción de caña, pues el tratamiento testigo sin aplicación de nitrógeno así lo demuestra al ser el menos productivo (TM caña/ha), sin embargo el no aplicar nitrógeno durante este ciclo del cultivo favoreció de alguna forma el rendimiento industrial en (Kg Azúcar/Tcaña. Las fuentes nitrogenadas convencionales como: (Sulfato Amonio, Urea, Nutran y Urea+ S) mostraron resultados extraordinarios en la producción de TM caña y azúcar/ha, esto ratifica la extraordinaria capacidad nutricional que ofrecen al cultivo de caña, que conviene con el uso en plantaciones comerciales del cultivo en la región de Guanacaste.

**Cuadro 3**  
**Análisis de varianza de los resultados obtenidos experimento fertilizantes nitrogenados, primera cosecha, DIECA -UTN, periodo 2012**

Fuente variación	G .L	% Brix	P(f)	% Fibra	P(f)	% POL	P(f)	% PUREZA	P(f)	REND IND	P(f)	Tm Caña / ha	P(f)	Tm azúcar /ha	P(f)
Bloques	2	1,05	0,09	0,03	1	1,04	0,06	0,44	1	35,59	0,07	282,40	0	5,6	0
tratamientos	9	0,7	0,17	1,04	0,01	0,6	0,18	9,73	0,01	30,1	0,04	213,84	0	2,83	0,02
Error	18	0,45		0,32		0,38		2,8		13		50,86		1,02	
Total	29	21,48		18,01		18,84		164,58		722,73		4.145,07		69,84	
% CV		2,89		3,89		2,82		1,77		2,86		8,23		9,26	
Tratamientos		MEDIAS	SE P	MEDIAS	SE P	MEDIAS	SE P	MEDIAS	SE P	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SE P	MEDIAS	SE P
Nitro Xtend		23,37		14,41	ab	22,04		94,33	ab	126,82	a	95,1	a	12,09	a
Urea + S		23,44		14,66	ab	21,88		93,41	b	124,44	a	96,67	a	12,03	a
Last N		23,32		14,19	b	22,02		94,40	ab	127,50	a	88,56	ab	11,32	ab
Nutran		22,49		14,12	b	21,14		94,01	b	122,25	a	91,10	a	11,16	ab
Agrocote 37 - 0-0		23,49		13,99	b	22,05		93,89	b	128,01	a	84,90	ab	10,87	ab
Perlka		23,35		15,73	a	21,85		93,53	b	121,66	a	89,22	ab	10,82	ab
Sulfato Amonio		22,90		14,02	b	21,51		93,93	b	124,78	a	86,45	ab	10,80	ab
N Force		23,45		14,70	ab	22,63		96,57	ab	130,52	a	81,11	ab	10,61	ab
Urea		23,08		14,54	ab	22,06		95,60	ab	127,15	a	81,11	ab	10,29	ab
Testigo		22,33		14,65	ab	21,99		98,25	ab	127,49	a	71,99	b	9,18	b
Promedio		23,12		14,50		21,92		94,79		126,06		86,62		10,92	
% CV		2,89		3,89		2,82		1,77		2,86		8,23		9,26	

**Cuadro 4**  
**Análisis de varianza de los resultados obtenidos experimento fertilizantes nitrogenados, segunda cosecha DIECA –UTN. Periodo 2013**

Fuente variación	G L	% Brix	P	% Fibra	P	% POL	P	% PUREZA	P	REND IND	P	Caña / ha	P	azúcar /ha	P
Bloques	2	0,92	1	0,7	1	12,52	0	0,93	0	79,58	1	385,1	0	12,04	0
tratamientos	9	0,79	1	0,79	1	4,63	1	0,84	0	26,87	1	184,42	0	3,94	0
Error	18	1,44		1,85		11,12		0,39		85,49		103,96		3,76	
Total	29	34,79		41,72		266		16,43		1.939,93		4.301,21		127,18	
% CV		4,96		6,25		3,71		4,22		6,48		10		13,29	
Tratamientos		MEDI AS	SE P	MEDI AS	SE P	MEDI AS	SE P	MEDI AS	SE P	MEDI AS	SE P	MEDI AS	SE P	MEDI AS	SE P
<b>NITRO XTEND</b>		<b>22,97</b>		<b>20,65</b>		<b>89,66</b>		<b>14,29</b>		<b>144</b>		<b>111,91</b>		<b>16,14</b>	
SULFATO AMONIO		24,80		22,18		89,47		15,86		140,00		109,78		15,45	
UREA		24,33		22,58		92,64		14,57		150,00		100,05		15,14	
NUTRAN		24,03		21,48		89,40		14,71		140,74		107,38		15,11	
UREA + S		23,93		21,82		91,07		15,12		142,00		104,49		14,99	
N- FORCE		24,00		21,49		89,66		14,42		141,94		103,08		14,60	
PERLKA		24,70		21,84		88,45		14,18		141,90		101,78		14,52	
AGROCOTE 37-0-0		24,43		21,61		88,54		14,76		140,00		99,51		14,03	
LAST – N		24,03		21,61		89,93		14,82		141,51		98,18		13,92	
<b>TESTIGO</b>		<b>24,33</b>		<b>22,05</b>		<b>90,62</b>		<b>15,47</b>		<b>142,44</b>		<b>83,73</b>		<b>11,91</b>	
<b>Promedio</b>		<b>24,16</b>		<b>21,73</b>		<b>89,94</b>		<b>14,82</b>		<b>142,45</b>		<b>101,99</b>		<b>14,58</b>	
<b>% CV</b>		<b>4,96</b>		<b>6,25</b>		<b>3,71</b>		<b>4,22</b>		<b>6,48</b>		<b>10</b>		<b>13,29</b>	

El análisis de la tercera cosecha indica que los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la mayoría de variables del estudio cuadro 5; esta evaluación se identificó porque el mejor tratamientos correspondió a una fuente nitrogenada convencional, precisamente se refiere al Sulfato de Amonio el cual mostro una ligero incremento en la producción de TM de caña y azúcar/ha, respecto a las tres fuentes inmediatas como fue (Nutran, Perlka y NitroXtend) respectivamente. El caso del tratamiento testigo resulto ser siempre el menos productivo en TM de caña por hectárea pero con una tendencia clara y superior en el rendimiento industrial (Kg Azúcar/Tcaña).

Los demás tratamiento de evaluación mantuvieron un comportamiento extraordinario en el rendimiento industrial (Kg Azúcar/Tcaña); por ejemplo sobresale el potencial azucarero de las fuentes (Urea, Urea + S y Last –N) las cuales obtuvieron los mejores resultados durante este periodo para dicha variable, respectivamente.

**Cuadro 5**  
**Análisis de varianza de los resultados obtenidos experimento fertilizantes nitrogenados, tercera cosecha, periodo 2014**

Fuente variación	G.L	% Brix	P(f)	% Fibra	P(f)	% POL	P(f)	% PUREZA	P(f)	REND IND	P(f)	Tm Caña / ha	P(f)	Tm azúcar /ha	P(f)
Bloques	2	1,22	0,16	0,26	1	0,61	0,31	1,24	1	24,59	0,38	1.020,92	0	22,11	0
tratamientos	9	0,3	1	0,24	1	0,48	1	2,77	0,09	35,62	0,22	181,11	0,07	3,43	0,26
Error	18	0,61		0,31		0,49		1,35		23,81		79,87		2,44	
Total	29	16,05		8,19		14,3		51,67		798,39		5.109,55		119,05	
% CV		3,48		3,99		3,31		1,23		3,38		9,68		11,71	
Tratamientos		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
Sulfato Amonio		22,4		13,47		21,28		94,97		148,04		95,6		14,25	
Nutran		22,47		14,23		20,95		93,37		141,75		100,09		14,19	
Perlka		22,33		13,81		21,25		95,15		146,66		95,82		14,07	
Nitro Xtend		22,27		14,32		20,96		94,14		142,13		98,31		13,94	
N Force		22,27		14,17		20,80		93,39		140,97		97,51		13,77	
Urea + S		22,83		13,93		21,46		93,97		146,85		93,87		13,75	
Last N		22,27		13,65		21,16		95,02		146,52		91,65		13,42	
Urea		23,00		14,07		21,60		93,91		147,23		86,00		12,70	
Agrocote 37 -0-0		21,87		13,64		20,19		92,32		138,08		90,84		12,55	
<b>Testigo</b>		<b>22,33</b>		<b>13,83</b>		<b>21,28</b>		<b>95,29</b>		<b>146,9</b>		<b>73,55</b>		<b>10,80</b>	
<b>Promedio</b>		<b>22,40</b>		<b>13,91</b>		<b>21,09</b>		<b>94,15</b>		<b>144,51</b>		<b>92,32</b>		<b>13,34</b>	
<b>% CV</b>		<b>3,48</b>		<b>3,99</b>		<b>3,31</b>		<b>1,23</b>		<b>3,38</b>		<b>9,68</b>		<b>11,71</b>	

El análisis de la cuarta cosecha de este experimento muestra un comportamiento particular entre los tratamientos, hubo diferencias estadísticas significativas según la prueba de tukey al 5% para las variables: % pureza, rendimiento industrial (kg azúcar/tcaña), cuadro 6. el mejor tratamiento en términos de producción de tm de caña y azúcar/ha correspondió a la fuente de nitrógeno no convencional nitroxtend, la cual sobresalió levemente respecto a las fuentes nitrogenadas convencionales (sulfato amonio, urea +s y nutran) respectivamente.

Es importante indicar que la fuente nitrogenada urea ha mostrado un comportamiento errático a través de las diferentes evaluaciones, pues su efecto sobre la producción de caña y azúcar por hectárea varía notoriamente entre cosechas.

También es importante de señalar la baja producción de caña por hectárea del tratamiento sin nitrógeno (testigo), el cual produjo un 35,3 % menos de caña y consecuentemente un 37 % menos de azúcar por hectárea, respecto al mejor tratamiento que la fuente no convencional nitroxtend.

El análisis promedio de las cuatro cosechas evidencia claramente un comportamiento excelente de la fuente nitrogenada no convencional nitro xtend, la cual resulto ser la mejor en relación a los demás tratamientos en la producción de tm caña y azúcar/ha, cuadro 7. respecto al tratamiento testigo se comprobó claramente a través de las evaluaciones que la insuficiencia de nitrógeno durante el ciclo del cultivo, indujo drásticamente merma del crecimiento de la caña y por consiguiente reducción en la producción de menos 27% y 28% tm de caña y azúcar /ha respectivamente.

Las fuentes de nitrógeno convencional (sulfato amonio, urea + s y nutran) mostraron un buen comportamiento productivo en caña y azúcar por hectárea en las diferentes cosechas, lo que confirma su preferencia y uso comercial masivo entre los productores de caña de azúcar en la región de guanacaste.

**Cuadro 6**  
**Análisis de varianza de los resultados obtenidos del experimento fertilizante nitrogenados, cuarta cosecha periodo 2015**

Fuentes de variación	G. L	% Brix	P(f)	% Fibra	P(f)	% Pol	P(f)	% Pureza	P(f)	Rend industrial	P(f)	Tm Caña / ha		Tm Azúcar /ha	P(f)
Repeticiones	2	0,07	1	0,08	1	0,26	1	2,64	1	13,97	1	344,68	0,16	5,32	0,29
Tratamientos	9	0,75	0,21	0,45	1	1,12	0,12	6,08	0,08	71,16	0,07	405,67	0,06	9,86	0,05
Error	18	0,49		1,14		0,59		2,86		31,37		171,08		3,96	
Total	29	15,78		24,8		21,29		111,41		1.233,17		7.419,83		170,66	
%CV		3,08		7,44		3,62		1,81		3,92		13,66		14,53	
<b>tratamientos</b>		<b>MEDIAS</b>	<b>SE P</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SE P</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SE P</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SE P</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SE P</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SE P</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>SE P</b>
Nitro Xtend		22,9		14,62		21,53		93,55	ab	143,64	ab	108,56	a	15,54	a
Sulfato Amonio		22,47		13,94		21,10		93,91	ab	144,26	ab	107,60	a	15,53	a
Urea +S		22,60		14,85		21,48		94,40	ab	142,67	ab	102,80	a	14,67	a
Nutran		22,10		14,46		20,67		93,55	ab	139,05	ab	104,71	a	14,57	a
Perlka		23,27		14,21		22,24		95,57	a	152,23	a	95,40	a	14,53	a
Agrocote 37 - 0		22,50		13,60		20,71		92,04	ab	141,60	ab	96,51	a	13,70	a
N- Force		23,87		14,62		22,25		93,25	ab	148,83	ab	92,56	a	13,75	a
Last - N		22,83		14,26		21,18		92,77	ab	142,78	ab	94,36	a	13,52	a
Urea		22,80		14,72		20,56		90,21	b	135,19	b	84,73	a	11,45	a
Testigo		22,40		14,58		20,90		93,42	ab	139,33	ab	70,29	a	9,78	a

Promedio	22,77	14,39	21,26	93,27	142,96	95,75	13,70
% CV	3,08	7,44	3,62	1,81	3,92	38,29	14,53

**Cuadro 7**  
**Resultados agroindustriales del experimento de fertilizantes nitrogenados, promedio de cuatro cosechas, periodo 2015**

Tratamientos	Porcentaje				Rend Indust. Kg Az/Tmc	Producción TM/ha	
	BRIX	FIBRA	POL	PUREZA		Caña	Azucar
Nitro Xtend	22,88	14,41	21,30	92,92	139,15	103,47	14,43
Sulfato Amonio	23,14	14,32	21,52	93,07	139,27	99,86	14,01
Urea + S	23,20	14,64	21,66	93,21	138,99	99,46	13,86
Nutran	22,77	14,38	21,06	92,58	135,95	100,82	13,76
Perlka	23,41	14,48	21,80	93,18	140,61	95,56	13,49
N – Force	23,40	14,48	21,79	93,22	140,57	93,57	13,18
Last - N	23,11	14,23	21,49	93,03	139,58	93,19	13,05
Agrocote 37 – 0-0	23,07	14,00	21,14	91,70	136,92	92,94	12,79
Urea	23,30	14,48	21,70	93,09	139,89	87,97	12,40
<b>Testigo</b>	<b>22,85</b>	<b>14,63</b>	<b>21,56</b>	<b>94,40</b>	<b>139,04</b>	<b>74,89</b>	<b>10,42</b>
<b>Promedio</b>	<b>23,11</b>	<b>14,40</b>	<b>21,50</b>	<b>93,04</b>	<b>139,00</b>	<b>94,17</b>	<b>13,14</b>

Se presenta un comparativo de resultados de las cuatro cosechas entre la mejor fuente productiva del experimento Nitro Xtend, y las diferentes fuentes convencionales de nitrógeno (Urea+S, Nutran, Sulfato Amonio y Urea) cuatro 8. El análisis evidencia claramente la superioridad y regularidad de la fuente NitroXtend en términos productivos de TM de caña y azúcar/ha respecto a las fuentes de nitrógeno convencional; de igual forma sobresale en este análisis la buena regularidad del Sulfato Amonio el cual mostro consistencia productiva a través de las diversas evaluaciones; el caso de la fuente nitrogenada Urea esta fue poco consistente en su comportamiento y declino fuertemente su producción de TM de azúcar /ha, lo cual significo una merma promedio de un 14 % menos, respecto a la mejor fuente de esta evaluación Nitro Xtend.

Prevalece y se demuestra claramente la pobre contribución del tratamiento de referencia (testigo) a la producción TM de caña/ha, lo cual se confirma en las cuatro cosechas de este experimento, fig 2.

La rentabilidad económica puede estar asociada a diferentes situaciones del entorno como; el precio del producto final (azúcar), sus costos y el rendimiento productivo. El estudio económico de esta investigación se realizó utilizando el promedio de las cuatro cosechas de las fuentes nitrogenadas. El cuadro 8 muestra los parámetros de referencia utilizados en el análisis; el rendimiento productivo, los costos e ingresos diferenciados según cada tratamiento, además de la rentabilidad de cada fuente y su relación beneficio costo.

El análisis agroeconómico revela que la mayoría de tratamientos mostraron un nivel de rentabilidad económica aceptable (> 30%); excepto el tratamiento Perlka que resulto ser antieconómico con un 3,24% rentabilidad, lo cual quizás esté relacionado por su razón de costo elevado del insumo.

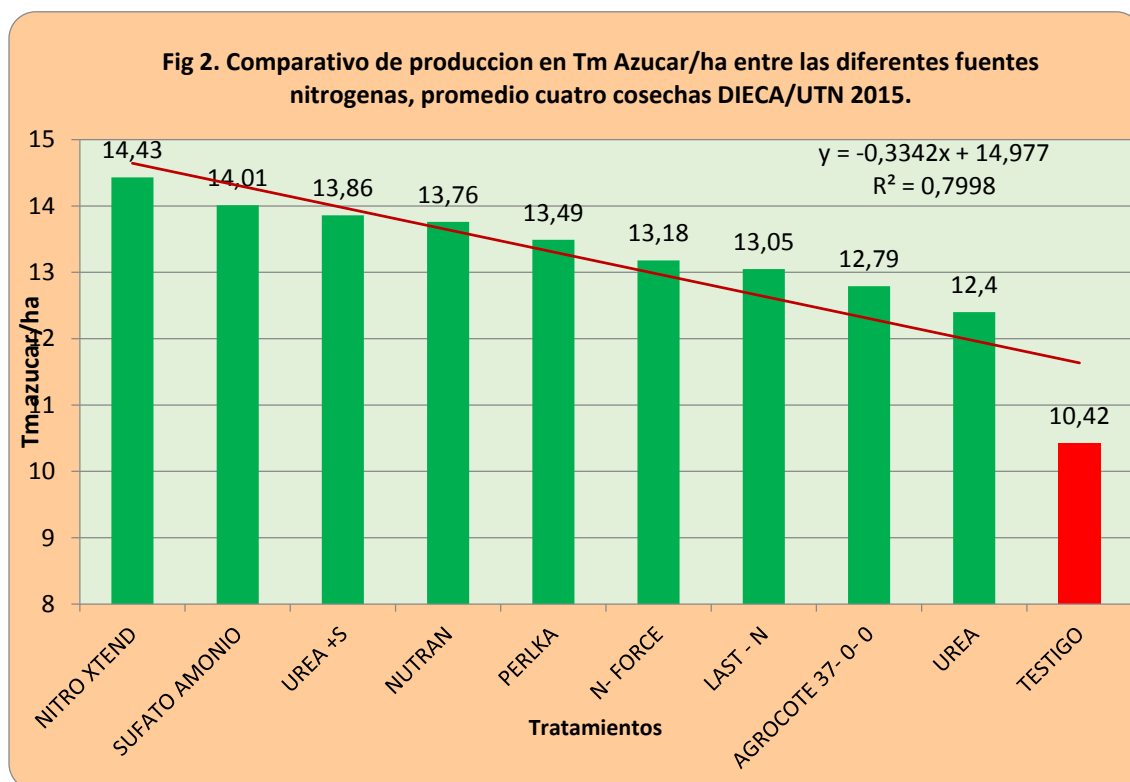
El mejor tratamiento en recuperación económica bajo las condiciones donde se realizó esta prueba, fue la aplicación fraccionada a la caña de azúcar de NitroXtend, su excelente producción en TM de azúcar/ha permitió obtener un índice de rentabilidad del 51,9%. El tratamiento testigo muestra una rentabilidad aceptable, razón principal su bajo costo y su buen rendimiento industrial obtenido durante las cosechas.

La combinación de factores como la fertilización y una buena variedad tienen mucho peso en los rendimientos productivos, lo que causa diferencias en la recuperación económica de la inversión; lo anterior se evidencia con la fuente de fertilizante no convencional NitroXtend que obtuvo la mejor relación beneficio costo de este experimento.

#### Cuadro 8

**Comparativo de producción en (Tm caña y azúcar)/ha, entre fuentes convencionales de nitrógeno y una fuente de liberación lenta. DIECA /UTN, 2015**

Fuentes Nitrogenada	Cosecha(1) Producción Tm/ha		Cosecha (2) Producción Tm/ha		Cosecha (3) Producción Tm/ha		Cosecha (4) Producción Tm/ha		Promedio Producción Tm/ha	
	Caña	Azúcar	Caña	Azúcar	Caña	Azúcar	Caña	Azúcar	Caña	Azúcar
Nitro Xtend	95,10	12,09	111,91	16,14	98,31	13,94	108,6	15,54	103,4	14,43
Sulfato A.	86,45	10,80	109,78	15,45	95,60	14,25	107,6	15,53	99,7	14,0
Nutran	91,10	11,16	107,38	15,11	100,09	14,19	104,7	14,57	101,0	13,76
Urea + S	96,67	12,03	104,49	14,99	93,87	13,75	102,8	14,67	99,5	13,88
Urea	81,11	10,29	100,05	15,14	86,00	12,70	84,7	11,45	87,9	12,40
<b>Testigo</b>	71,99	9,18	83,73	11,91	73,55	10,8	70,29	9,78	74,89	10,42
<b>Promedio</b>	<b>87,07</b>	<b>10,92</b>	<b>102,89</b>	<b>14,79</b>	<b>91,23</b>	<b>13,27</b>	<b>96,45</b>	<b>13,59</b>	<b>94,39</b>	<b>13,14</b>



**Cuadro 8**  
**Análisis agroeconómico del estudio de fuentes nitrogenadas promedio cuatro cosechas, DIECA /UTN, Cañas Guanacaste, 2015**

Tratamientos	Kg Az/Tmc	Producción Tm/ha		Relación Sacarosa	Egresos/ha	Ingresos/ha	% Rentabilidad	Relación Beneficio/costo
		Caña	Azúcar					
Nitro Xtend	139,15	103,47	14,43	7,17	1.709.508	2.597.400	51,94	1,52
Urea + S	138,99	99,46	13,86	7,18	1.693.636	2.494.800	47,30	1,47
Nutran	135,95	100,82	13,76	7,33	1.707.376	2.476.800	45,06	1,45
Sulfato Amonio	139,27	99,86	14,01	7,13	1.768.279	2.521.800	42,61	1,42
Agrocote 37-0-0	136,92	92,94	12,79	7,27	1.662.240	2.302.200	38,50	1,38
Last -N	139,58	93,19	13,05	7,14	1.710.627	2.349.000	37,32	1,37
Urea	139,89	87,97	12,4	7,1	1.598.668	2.232.000	39,52	1,39
N-Force	140,57	93,57	13,18	7,1	1.795.205	2.372.400	32,15	1,32
Testigo	139,04	74,89	10,42	7,19	1.401.389	1.875.600	33,84	1,34
Perlka	140,61	95,56	13,49	7,09	2.351.921	2.428.200	3,24	1,03
<b>Promedio</b>	<b>139,00</b>	<b>94,17</b>	<b>13,14</b>	<b>7,17</b>	<b>1.739.884</b>	<b>2.365.020</b>	<b>37,16</b>	<b>1,37</b>

### **Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, puede concluirse lo siguiente.

Se comprobó a través de las diferentes evaluaciones agroindustriales del experimento con diversas fuentes nitrogenadas, la importancia del nitrógeno como macronutriente esencial en el crecimiento y desarrollo vegetativo de la caña de azúcar, lo cual se evidenció en la producción de caña por hectárea.

La variedad NA 85 1602 resultó ser una excelente planta indicadora por su potencial azucarero que muestra en las áreas comerciales, lo cual se evidenció en la evaluación del experimento de fuentes nitrogenadas.

Las fuentes convencionales de nitrógeno (**Sulfato Amonio, Urea + S y Nutran**) confirman su potencial nutricional en la caña de azúcar y su respuesta positiva en la producción de caña y azúcar en la región de Guanacaste.

La fuente nitrogenada convencional **Urea** resultó ser la menos productiva en términos de caña por hectárea y en consecuencia menos Tm azúcar/ha, su inconsistencia en los resultados promedio de las cuatro cosechas, la disponen como la peor del experimento.

Según el análisis promedio de los resultados de cuatro cosechas del experimento, se logró comprobar que la fuente **Nitro Xtend** resultó ser la más productiva en términos de caña y azúcar por hectárea. Asimismo fue la fuente que mantuvo la regularidad en el comportamiento productivo durante el experimento, por ejemplo de cuatro evaluaciones realizadas mantuvo la superioridad en tres de ellas.

El no aplicar nitrógeno durante el ciclo de la caña de azúcar (Tratamiento testigo) resultó en consecuencias críticas y negativas, que se reflejan claramente en la baja producción de caña por hectárea durante la cosecha.

En términos económicos el tratamiento de mayor rentabilidad se asocia con la fuente Nitro Xtend la cual produjo la mejor condición rentable, y por consiguiente la mejor recuperación económica de la actividad azucarera a través del estudio.

Perla resultó ser el tratamiento con la menor recuperación económica, quizás su alto costo del insumo fertilizante, incidió en la baja rentabilidad de esta fuente, muy distante del nivel aceptado en una actividad económica normal de un ( $\geq 25\%$ ).

### **Bibliografía Consultada**

Angulo, A. M; Chaves, M A. 2006. Dosis interactiva de nitrógeno y potasio en la fertilización de la caña de azúcar, y su efecto sobre los rendimientos agroindustriales, promedio tres cosechas. Cañas, Guanacaste. Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América ATACA (XVI: San José Costa Rica Agosto. Tomo II p786-797.

Chaves, M. A. 2003. Fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica: Experiencias de los últimos 20 años (periodo 1980-2000). Congreso de Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez" XV. Guanacaste Costa Rica. Setiembre. 2003. Memoria. San José Costa Rica p. 49-54.

Delgado, O, M; Menjivar, J; Muñoz, F. 2014. Cuantificación del nitrógeno rápidamente mineralizable del suelo y respuesta de la caña de azúcar a la fertilización con dos fuentes nitrogenadas. Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC). "Ing. Alfonso Robelo Callejas" XIX. San José Costa Rica, Agosto 2014. Memoria San José. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, p97-108.