

Evaluación agroindustrial de cinco fuentes nitrogenadas de lenta liberación respecto a cuatro fuentes nitrogenadas tradicionales en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Pérez Zeledón, Costa Rica

Julio César Barrantes Mora¹ Roberto Alfaro Portugal² Randall Ocampo Chinchilla³

Resumen

El Nitrógeno constituye el nutrimento esencial que por excelencia es el que más se utiliza en la fertilización comercial de la caña de azúcar en el mundo y por ende en Costa Rica, en virtud de su reconocido efecto favorable promotor del tonelaje; además del hecho de que nutricionalmente se estima que una gran mayoría de los suelos del país presentan serias limitaciones respecto a su contenido. Con el objeto de maximizar el beneficio y optimizar el mejor uso, tanto técnico como económico de la gran diversidad de fuentes comerciales de fertilizantes nitrogenados que existen en el mercado en la actualidad, se estableció la presente investigación de campo, en donde se evaluaron cinco fuentes nitrogenadas de lenta liberación respecto a cuatro fuentes tradicionales. Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones. La misma se llevó a cabo en un suelo Ultisol en La Finca La Jungla, perteneciente a CoopeAgri El General R.L, ubicada en San Pedro de Pérez Zeledón. Entre los resultados obtenidos en la primera cosecha sobresalieron en la producción de caña (t/ha) el tratamiento con Agrocote y N Force respecto a todos las demás fuentes evaluadas, pero, mostrando diferencias estadísticas significativas solamente con el tratamiento Perlka y no con los demás. Durante la segunda cosecha no hubo diferencias estadísticas significativas; pero si las hubo en la tercera cosecha, donde sobresalió el tratamiento con Nutrán (Nitrato de amonio) respecto a las demás fuentes analizadas. En esta tercera cosecha todos los tratamientos evaluados superaron al tratamiento testigo (sin Nitrógeno). En el promedio de tres cosechas, para la variable producción de caña (t/ha), se obtuvo que las cuatro fuentes de mejor respuesta al comparar con el testigo (sin nitrógeno) fueron la Úrea + Azufre, Nutrán, Agrocote y el N Force con incrementos la producción de caña del 11,2%; 9,7%; 9,1% y 8,7 % respectivamente. Para la variable de rendimiento industrial (kg/t) no hubo diferencias estadísticas significativas de las tres cosechas evaluadas y en general el comportamiento de mayor rendimiento se logró en la primera cosecha; influido posiblemente por un comportamiento menos lluvioso durante el período de previo a la cosecha. Para la variable producción de azúcar (t/ha) promedio de tres cosechas se obtuvo un comportamiento muy similar a los resultados obtenidos para la variable de rendimiento de campo (t caña/ha) y donde las cuatro fuentes de mejor respuesta fueron el N Force, Nutran, Agrocote y Úrea + Azufre que incrementaron respectivamente en 7,7%, 7,3%, 7,2% y 6% la producción agroindustrial. Al analizar el efecto de costo económico de los mejores tratamientos, observamos que Agrocote y N Force no compensan en producción de azúcar por hectárea el mayor costo que tienen respecto al Nutrán y Úrea + Azufre. Como conclusión de esta prueba se logró determinar que las fuentes de lenta liberación no resultan ser una opción económica viable para las condiciones agroecológicas de Pérez Zeledón, dada la mejor respuesta de fuentes tradicionales como el Nutrán ó Úrea+Azufre.

Palabras clave: caña de azúcar, nitrógeno, liberación controlada, Pérez Zeledón, Costa Rica

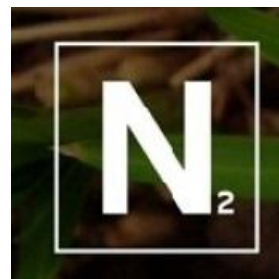
Introducción

¹Ingeniero 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 Pérez Zeledón. Costa Rica. E-mail: jsalazar@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

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

³Ingeniero 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. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

El nitrógeno es uno de los principales elementos requeridos por la caña de azúcar y el responsable más directo de los incrementos en la producción del cultivo. Este nutrimento se encuentra presente en los suelos principalmente bajo la forma orgánica (98 %) y solamente un 2% en la forma inorgánica como iones de amonio, amoniaco, nitrato, óxido nitroso, dióxido de nitrógeno, óxido nítrico y nitrito (Malavolta 1976; BERTSCH 1995). Las formas amónicas y nítricas son las más aprovechadas por las plantas, pues el resto corresponde a formas gaseosas que se pierden del sistema a través del proceso de desnitrificación. Las pérdidas por lixiviación, percolación y volatilización son grandes y dependen de las condiciones ambientales como clima, suelo y manejo. La literatura mundial informa que los contenidos de N en el suelo son muy variables, determinando en el caso de los suelos pertenecientes a zonas tropicales concentraciones en el rango de 0,02 a 0,4% en la camada arable, siendo estos más altos en suelos de características orgánicas (Bertsch 1995).



El uso del nitrógeno en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica es en términos genéricos deficiente, debido a que por lo general se irrespetan en muchos casos principios básicos conducentes a maximizar su eficiencia técnica, minimizar su costo relativo e impacto ambiental y optimizar con ello su beneficio desde la perspectiva técnico-económica. Es por tanto necesario y casi obligante en la coyuntura actual, que el productor emplee con mayor criterio técnico los fertilizantes a través del manejo adecuado del suelo y del cultivo, a efecto de ser más eficiente y competitivo en su gestión empresarial (Chaves 1999).

El nitrógeno que se recupera en la cosecha raras veces excede del 60 o 70 por ciento del nitrógeno añadido en el fertilizante. Las pérdidas del nitrógeno se dan por varias vías y entre ellas sobresalen pérdidas por volatilización y, la fijación del amoniaco en las arcillas del suelo, también se da por inmovilización por parte de las bacterias del suelo; sin embargo la pérdida principal resulta de la filtración de los nitratos a través de las capas del suelo. Estas pérdidas han impulsado la investigación para hallar materiales fertilizantes que liberen su nitrógeno en un periodo de tiempo más prolongado con el fin de que los nitratos puedan ser absorbidos por el sistema radicular en expansión, durante todo el período de crecimiento de la planta. Por ser la caña de azúcar un cultivo de gran demanda de este nutrimento por la gran cantidad de materia seca producida en su ciclo productivo y además de tener un lento crecimiento; es que se hace necesario un suministro paulatino del nitrógeno de acuerdo a sus necesidades en las distintas fases de desarrollo del cultivo. 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.

Durante los últimos años, diversas formas de nitrógeno lentamente disponibles han sido desarrolladas; sin embargo, en el cultivo de la caña de azúcar es poco lo investigado y con la aparición en el mercado de diferentes alternativas se considera importante valorar la respuesta de estas fuentes a través del establecimiento de ensayos simultáneos en diferentes condiciones agro climáticas donde se cultiva la caña de azúcar y con ello determinar las posibles fuentes comerciales que mejoren los indicadores productivos del cultivo dentro de un marco técnico-económico viable. Uno de estas pruebas establecidas en el país corresponde a la evaluación de cinco fuentes de lenta liberación respecto a cuatro fuentes nitrogenadas de uso tradicionales en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Pérez Zeledón, Costa Rica.

Materiales y Métodos

El ensayo se estableció del 30 y 31 de mayo de 2011 en la Finca La Jungla 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 2581 mm. La parcela experimental estuvo constituida de 5 surcos de 9 metros de largo sembrados a 1,50 metros entre sí, para un área total por parcela de 67,5 m² la cual fue evaluada y cosechada en su totalidad. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la separación entre bloques fue de 1,50 metros y entre parcelas de 2 metros. La prueba se realizó en la variedad comercial LAICA 04-825.



El lote del ensayo corresponde a un suelo del orden ultisol con características físicas correspondientes a un suelo Franco Arcilloso con contenidos de un 3,64 % y 1,52 % de materia orgánica en los estratos de 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad respectivamente. Seguidamente se detallan las características físico-químicas del suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1
Características químicas y físicas del suelo en el lote donde se estableció el ensayo de diferentes Fuentes Nitrogenadas. La Fortuna, San Pedro 2011

Profundidad muestreo (cm)	pH	col(+)/l				mg/l					Texturas			
		AL	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	% Arena	% Arcilla	% Limo	Textura
Estrato 0-20	5,4	0,25	2,4	0,2	0,12	9	2,1	2	4	387	48	30	22	F A a
Estrato 0-40	5,1	0,5	1,6	0,2	0,09	4	0,9	1	2	183	30	36	34	F A

En el cuadro 2, se detallan las características de cada uno de los productos analizados, tanto en su composición química, como características y empresa que los representa.

Cuadro 2
Composición química, características y empresas representantes de las fuentes evaluadas

Producto	* Composición Química	* Características	Empresa
Nitro Xtend	46 % Nitrógeno	Urea enriquecida con Agrotain. Este retarda la hidrólisis de la Urea al inhibir el efecto de la enzima ureasa, ayudando a reducir las pérdidas por volatilización.	Abopac
Perlka	19,8 % Nitrógeno Total (más de 15 % Nitrógeno Cianamídico y menos 2 % Nitrógeno Nítrico)	Fertilizante nitrogenado de liberación lenta. Por procesos químicos el nitrógeno va progresivamente haciéndose disponible para la planta.	Agrocosta
Last 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 (SO ₃) 9 % Carbono Orgánico 7,5% Ácidos Húmicos 3% Boro (B) soluble agua 0,01 % Zinc (Zn) soluble agua 0,01 %	El Nitrógeno del N-Force se divide en 4 formas para dar una mejor nutrición evitando las pérdidas 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
Urea + S	40 % Nitrógeno total 6,0 % Azufre como Sulfato	El recubrimiento de S disminuye las pérdidas por volatilización en más de un 35%	Abopac
Nutrán	33,5 % Nitrógeno		
Urea	46 % Nitrógeno		
Sulfato de amonio	21 % Nitrógeno 23.7 % S 71,1 % S-SO ₄		

*Características y composición química proporcionada por cada empresa.

Los tratamientos (dosis y época de aplicación) fueron discutidos previamente y aprobados por los representantes de las empresas comerciales. La cantidad de nitrógeno total a aplicar por año, para las fuentes convencionales fue de 140 kg/ha y fraccionada en la primera y segunda fertilización en partes iguales. La dosis de fósforo (P₂O₅) se aplicó al momento de la siembra al fondo del surco para una dosis general de 150 kg / ha y la dosis general de potasio (K₂O) fue de 150 kg / ha aplicado todo en la segunda fertilización. En la primera fertilización se realizó una aporca para evitar lavado del fertilizante; además se trazaron desagües en las divisiones entre parcelas para evitar contaminación de fertilizantes entre parcelas adyacentes. Seguidamente se indican las recomendaciones de las casas comerciales dadas como recomendación de dosificación de los productos nitrogenados, antes del establecimiento del ensayo.

Compañía Agrial: El N-Force se debe aplicar con un 20 % menos de la cantidad general de nitrógeno a aplicar (112 kg/ha) y aplicado todo en la primera fertilización.

Compañía Agrocosta: Con el Perlka se debe aplicar con un 20% menos de la fertilización general o sea (112 kg/ha) y todo en la primera fertilización.

Compañía Abopac: El Nitro Xtend y la UREA + S, se debe reducir en un 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 en la primera fertilización y complementado con un 20% de nitrógeno (28 kg/ha) utilizando otra fuente como Urea. En total 84 kg N/ha.

Compañía Scott: El Agrocote (37-0-0) se recomienda aplicar 100 kg de nitrógeno (71,4% de la dosis general) y aplicarlo todo en la primera fertilización.

El tratamiento testigo no se le aplicó nitrógeno, únicamente fertilizante fosforado al momento de la siembra y a los 4 meses la aplicación de potasio al igual que los demás tratamientos.

Cuadro 3
Descripción de los tratamientos evaluados, dosis aplicada por parcela y costo por hectárea

Tratamiento	Fertilización kg/parcela (67,5 m ²)		Dosis kg PC /ha ^{1/}	% Nitrógeno tratamientos	Dosis kg N /ha	Precio kg PC (dólares)	Costo Tratamiento PC (dólares)	% Variación testigo ^{3/}
	2 meses	4 meses						
Nitro Xtend	0,87	0,87	258	46,0	119	0,62	198,9	-15,7
Urea + S	1,0	1,0	296	40,0	119	0,64	228,6	-3,1
Perlka	3,78		560	19,8	112	2,70	1531,2	548,8
N - Force	2,5		370	30,0	112	1,36	519,4	120,1
Agrocote 37-0-0	1,8		267	37,0	100	0,90	257,9	9,3
Last N + Úrea	0,87		190	43,0	84	0,90	170,1	-27,9
	0,41		129 Last N 61 Úrea.					
Nutran	1,4	1,4	415	33,5	140	0,47	236,0	0,0
Urea	1,02	1,02	302	46,0	140	0,60	219,8	-6,9
Sulfato de Amonio	2,24	2,24	664	21,0	140	0,49	367,5	55,7
Testigo			0		0	0,00	0,0	0,0

Tipo de cambio al 17 de Julio de 2015: 540 colones por dólar US.

^{1/} PC: Producto comercial de la fuente Nitrogenada

^{2/} Costo de Mano de Obra: 1a. Aplicación: US\$17,6 y 2da. Aplicación: US\$22,0

^{3/} Porcentaje de variación respecto a la fuente testigo (Nutrán).

Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados que se muestran en el cuadro 4, para la variable producción de caña (t/ha) se observa que el primer año los tratamientos Agrocode y N Force presentaron diferencias estadísticas significativas respecto al Perlka; pero no las tuvo con las demás fuentes evaluadas. En la segunda cosecha para esta variable no se presentaron diferencias estadísticas significativas, no obstante estos mismos tratamientos sobresalieron productivamente de los demás; adicionándose a este grupo el Nutrán y Úrea + Azufre; que fueron los que agroindustrialmente sobresalieron sobre el testigo (sin nitrógeno). En la tercera cosecha si hubo diferencias estadísticas significativas, sobresaliendo el tratamiento Nutrán respecto a las demás fuentes analizadas, las cuales a su vez si lograron superar al tratamiento sin nitrógeno (testigo) pero sin diferencia estadística. Es importante resaltar el comportamiento que siempre tuvieron durante las tres cosechas los tratamientos: Agrocode, N Force, Úrea + Azufre y Nutrán que en todas superaron a los demás tratamientos incluyendo al testigo (Cuadro 4).

Cuadro 4
Resultados agrícolas (t caña/ha) obtenidos durante las tres cosechas

Período 2011-2014						
Tratamiento	1a. Cosecha		2da. Cosecha		3a. Cosecha	
	Promedio (t/ha)	SEP	Promedio (t/ha)	Promedio (t/ha)	SEP	
Agrocode	77,08	a	121,22	102,72	ab	
N Force	76,96	a	121,30	101,53	ab	
Urea + S	75,67	ab	124,82	106,12	ab	
Nutran	74,48	ab	120,96	106,92	a	
Testigo	73,67	ab	112,78	89,19	ab	
Urea	71,71	ab	112,00	100,56	ab	
Sulfato Amonio	71,59	ab	122,23	99,48	ab	
Last N	69,82	ab	113,78	90,15	ab	
Nitro xtend	67,45	ab	113,67	98,45	ab	
Perlka	65,00	b	110,74	92,56	ab	
CV%	6,71		7,46	8,28		

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

Al analizar los resultados en el promedio de las 3 cosechas en la producción de toneladas caña/ha (figura 1) se obtuvo que los cuatro mejores tratamientos fueron: Urea +Azufre, Nutrán, Agrocode y N Force con incrementos porcentuales respecto al testigo de 11,25%, 9,7%, 9,1% y 8,7% respectivamente.

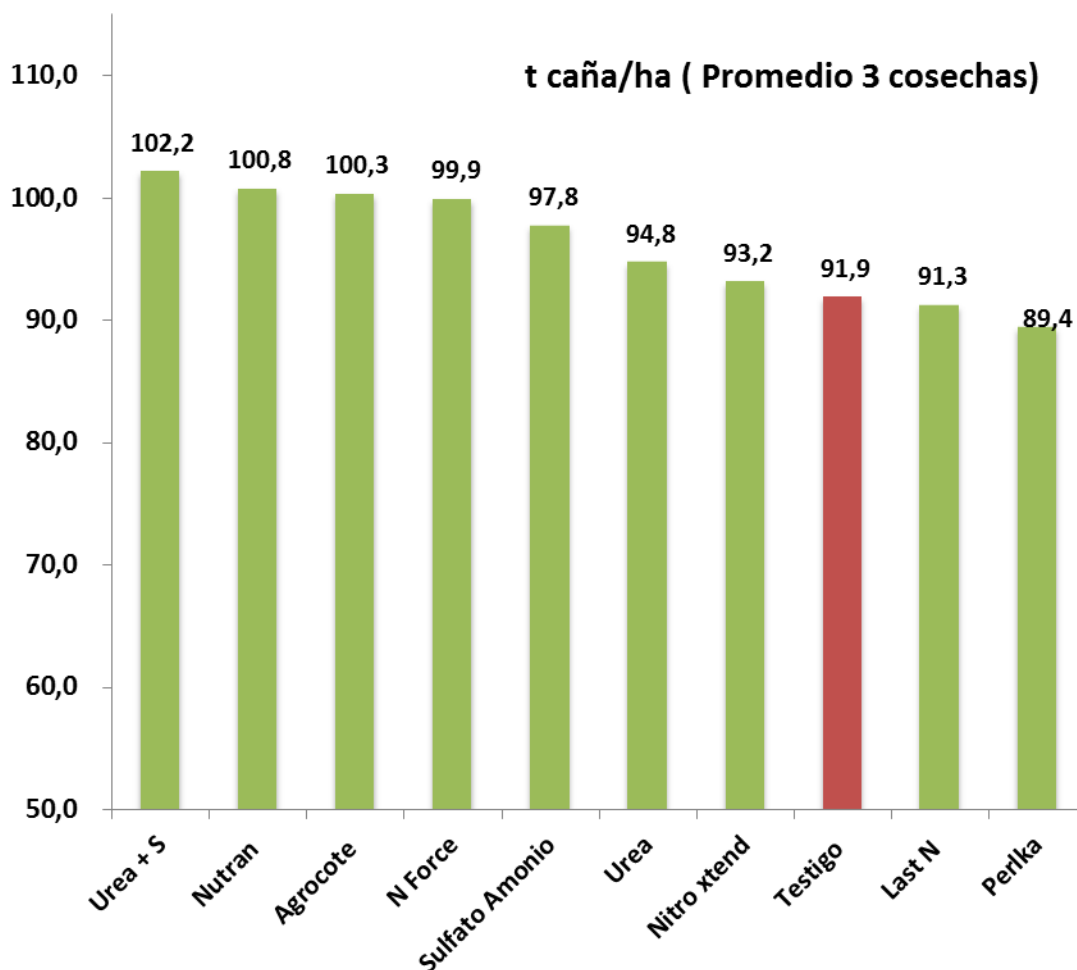


Figura 1. Rendimiento agrícola (t caña/ha). Promedio de 3 Cosechas.

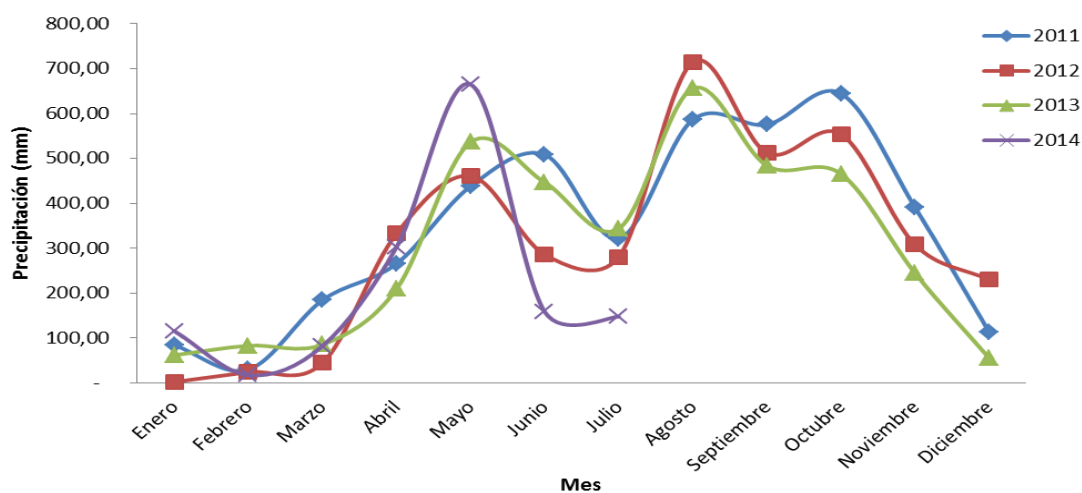
La variable rendimiento industrial (kg azúcar/t) en el promedio de las tres cosechas; no se presentaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las fuentes nitrogenadas (cuadro 5). En general el mayor rendimiento industrial se logró en la primera cosecha; posiblemente este comportamiento fue influenciado positivamente por el comportamiento de las lluvias previo a la cosecha (enero a marzo 2011) donde se tuvo una menor precipitación respecto a las siguientes cosechas y por ende favoreciendo las concentraciones de azúcar (Figura 2).

Al analizar el comportamiento de la interacción de cosechas y fuentes (Cuadro 5) observamos que no hay una tendencia uniforme de respuesta y más bien hay mucha variabilidad entre ellas. Así, se obtiene que el tratamiento Agrocote ofrece la mejor respuesta industrial durante el primer año con un incremento de 3,92 kg de azúcar/t (3%) respecto al testigo. En la segunda cosecha se dan las mayores diferencias para esta variable, en donde N Force aumentó el rendimiento industrial en 12,04 kg/t (10,7%) respecto al testigo. En la tercera cosecha el tratamiento Urea + S fue la de mejor respuesta con un incremento de 4,42 kg/t (3,4%) respecto al testigo.

Cuadro 5
Resultados industriales (kg azúcar/t) obtenidos con las diferentes fuentes nitrogenadas para las tres cosechas.
Período 2011-2014

Tratamiento	1a. Cosecha	2da. Cosecha	3a. Cosecha
	Promedio (kg/t)	Promedio (kg/t)	Promedio (kg/t)
Agrocote	134,42	121,22	128,85
Nutran	133,87	110,74	127,25
Urea	133,51	122,23	122,89
Last N	133,18	113,67	128,5
Urea + S	132,92	121,30	132,94
Testigo	130,5	112,78	128,52
N Force	130,14	124,82	123,65
Nitro Xtend	129,12	113,78	123,78
Sulfato Amonio	128,82	112,00	125,79
Perlka	128,26	120,96	127,26
CV%	5,63	7,46	3,91

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



Fuente: Estación meteorológica El Porvenir. La Fortuna de San Pedro.

Figura 2. Comportamiento de la precipitación (mm/mes) durante la ejecución del ensayo

De acuerdo a los resultados que se muestran en el cuadro 6, para la variable t azúcar/ha se observa que en el primer año las fuentes de mejor respuesta respecto al testigo oscilan en un incremento entre 7,5% del Agrocote y un 3,5 % de Nutrán. El segundo año para esta misma variable las diferencias productivas fueron mínimas, oscilando en 2% para N Force y un 0,07% para Urea+ S. Es en la tercera cosecha donde se presentaron diferencias estadísticas significativas, sobresale Nutrán que incrementó el rendimiento agroindustrial en 2,08 t azúcar/ha (18,1%), seguido por N Force con aumentos de 2,01 t azúcar/ha (17,55%), luego Agrocote con 1,73 t azúcar/ha (15%) y la Úrea + S con aumentos de 1,63 t azúcar/ha (14,2%).

Cuadro 6
Resultados agroindustriales (t azúcar/ha) durante 3 cosechas. Período 2011-2014

Tratamiento	1a. Cosecha	2da. Cosecha	3a. Cosecha	
	Promedio (t /ha)	Promedio (t /ha)	Promedio (t/ha)	SEP
Agrocote	10,36	15,46	13,22	ab
Urea + S	10,06	15,37	13,12	ab
N Force	10,01	15,66	13,5	ab
Nutran	9,98	15,52	13,57	a
Testigo	9,64	15,26	11,49	ab
Urea	9,59	14,27	12,66	ab
Last N	9,29	14,45	11,17	ab
Sulfato Amonio	9,23	15,20	12,22	ab
Nitro xtend	8,71	14,67	12,61	ab
Perlka	8,34	14,27	11,80	ab
CV%	11,94	8,27	8,53	

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

Como se observa en la figura 3, en el promedio de tres cosechas en el rendimiento agroindustrial (t azúcar/ha) se obtuvo que las cuatro fuentes de mejor respuesta al comparar con el testigo (sin nitrógeno) fueron el N Force con un incremento en 0,93 t de azúcar/ha (7,7%), seguida por el Nutrán con un incremento de 0,89 t de azúcar/ha (7,3%), luego el Agrocote con un aumento 0,88 t de azúcar/ha correspondiente a un (7,2%) y la Úrea+S con 0,72 t de azúcar por hectárea (6,0%). No obstante, la valoración económica de los tratamientos de lenta liberación que sobresalieron nos determina que no es rentable ni se justifica su utilización; pues el N Force y Agrocote incrementan el costo de la aplicación en 120 y 9,3% respectivamente al comparar con la fuente tradicional (Nutrán) y la variación productiva entre ellas es mínima pues el primero obtuvo en promedio 13,06 t azúcar/ha, el segundo 13,01 t/ha y la fuente testigo (Nutrán) obtuvo 13,02 t azúcar/ha.

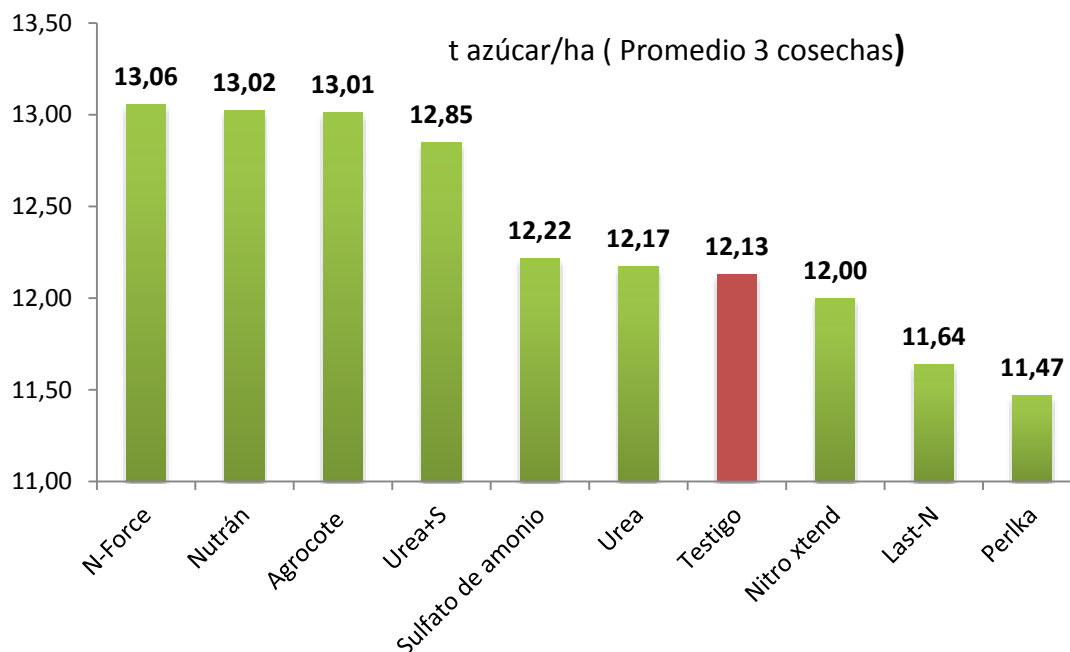


Figura 3. Comportamiento agroindustrial (t azúcar/ha). Promedio de 3 Cosechas

Conclusiones

1. En el promedio de tres cosechas y en la variable de rendimiento de campo (t caña/ ha) los tratamientos con mejor comportamiento productivo respecto al testigo, fueron la Urea + S que incrementó en 10,3 t caña/ha (11.2%), seguida por el Nutrán con un incremento de 8,9 t caña/ha (9,7%), luego el Agrocote con un aumento 8,4 t caña/ha (9,1%) y el N Force con un incremento 8 t caña /ha (8,7%).
2. Para la variable de rendimiento industrial (kg azúcar/t) no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados en ninguna de las tres cosechas y se da un comportamiento diferenciado entre fuentes analizadas.
3. Para la variable de rendimiento agroindustrial (t azúcar/ha) promedio de tres cosechas; los tratamientos que superaron al testigo presentaron incrementos que oscilaron entre 7,7 % y 6 %; donde la mejor respuesta productiva se logró con el N Force, con incrementos en los rendimientos de 0,93 toneladas de azúcar/ha (7,7%), seguido por el Nutrán con 0,89 toneladas de azúcar/ha (7,3%), luego el Agrocote con 0,88 toneladas de azúcar/ha (7,2%) y la Úrea + S con un incremento de 0,72 toneladas de azúcar/ha (6%).
4. Se evidencio que para las principales variables agroindustriales analizadas en esta investigación sobresalieron las cuatro fuentes mencionadas, logrando mantenerse en estos lugares luego de tres cosechas.
5. Al comparar el comportamiento de fuentes de lenta liberación respecto a las tradicionales obtenemos que para las condiciones agroecológicas de la Región Sur; las mismas no mantienen una respuesta productiva satisfactoria respecto a las tradicionales ya que sobresalieron entre las de mejor productividad el Nutrán y Úrea+S.
6. En la valoración económica de los tratamientos de lenta liberación que sobresalieron se logró determinar que bajo las condiciones agroecológicas de Pérez Zeledón; los mismos no es rentable ni se justifica su utilización; pues el N Force y Agrocote incrementan el costo de la aplicación en 120 y 9,3% respectivamente al comparar con la fuente tradicional (Nutrán) y la variación productiva entre ellas fue mínima.

Bibliografía

- Bertsch, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
- Chaves, M. 1999. El nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar.
- Malavolta, E. 1976. Manual de Química Agrícola: Nutrição Mineral de Plantas e Fertilidade do Solo. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres. 528 p.

Reconocimiento

El Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA) quiere dejar patente un sincero agradecimiento al Departamento Agrícola de CoopeAgri R.L. por su valioso apoyo en la logística de ejecución de esta investigación; en especial al Ing. Agr. Willy Valverde Araya Jefe de Investigación y Semilleros de CoopeAgri R.L.; así como a los trabajadores de Finca El Porvenir y La Jungla por sus colaboraciones siempre oportunas. A todos Gracias

Anexos

Anexo 1

Resultados del análisis de varianza realizado a los diferentes tratamientos. 1ª. Cosecha 2012

Fuente Variacion		% Brix		% Fibra		% POL		% PZA	REND IND. Kg azúcar/t	t Caña/ha		t azúcar/ha			
Bloques	3	0,09	1	0,41	1	0,29	1	5	1	7,85	1	7,97	1	0,12	1
Tratamientos	9	0,68	0,02	0,48	1	0,26	1	3,78	1	21,88	1	65,06	0,02	1,62	0,08
Error	27	0,24		0,68		0,45		5,75		54,76		23,55		0,82	
Total	39	12,71		23,94		15,41		204,29		1.699,06		1.245,24		37,11	
% CV		2,12		5,45		3,27		2,67		5,63		6,71		9,51	
		1,19		1,19		1,19		1,19		1,19		11,94		11,94	
		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
Agrocote		22,35	ab	14,41		20,43		91,43		134,42		77,08	a	10,36	
Last N		23,02	ab	14,77		20,65		89,74		133,18		69,82	ab	9,29	
N Force		22,46	ab	15,04		20,27		90,23		130,14		76,96	a	10,01	
Nitro stend		23,18	ab	15,29		20,47		88,28		129,12		67,45	ab	8,71	
Nutran		23,03	ab	15,2		20,9		90,77		133,87		74,48	ab	9,98	
PERLKA		22,92	ab	15,57		20,41		89,04		128,26		65	b	8,34	
Sulfato AMONIO		22,19	b	15,38		20,19		90,97		128,82		71,59	ab	9,23	
Testigo		22,98	ab	15,51		20,64		89,79		130,5		73,67	ab	9,64	
Urea		23,27	ab	15,1		20,86		89,63		133,51		71,71	ab	9,59	
Urea + S		23,42	a	15,14		20,87		89,07		132,92		75,67	ab	10,06	

Anexo 2

Resultados del análisis de varianza realizado a los diferentes tratamientos. 2ª. Cosecha 2013

Fuente Variacion	GL	% Brix	% POL	% PZA	% Fibra	REND IND. Kg azúcar/t	t caña/ha	t azúcar/ha							
Bloques	3	1,26	0,03	1	0,03	1,42	1	0,52	0,38	41,56	0,04	154,81	0,13	3,5	0,1
Tratamientos	9	0,89	0,03	0,93	0,02	1,01	1	0,61	0,3	41,49	0,01	107,84	0,23	1,17	1
Error	27	0,36		0,33		1,47		0,49		13,24		76,73		1,54	
Total	39	21,53		20,59		52,95		20,16		855,66		3.506,76		62,67	
% CV		2,85		2,92		1,3		4,66		2,84		7,46		8,27	
		1,47		1,41		1,41		1,41		8		8		8	
		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
Agrocote		20,94	ab	19,45	ab	92,85		14,7		127,65	ab	121,22		15,46	
Last N		21,36	ab	19	ab	92,83		15,53		127,22	ab	113,78		14,45	
N Force		20,77	ab	19,54	ab	94,12		14,75		128,97	ab	121,3		15,66	
Nitro stend		21,19	ab	19	ab	92,8		14,75		129,01	ab	113,67		14,67	
Nutran		21,05	ab	19,54	ab	92,8		14,75		128,12	ab	120,96		15,52	
PERLKA		21,39	ab	19	ab	93,21		15,3		128,97	ab	110,74		14,27	
Sulfato Amonio		20,78	ab	19,23	ab	92,55		15,2		124,37	b	122,23		15,2	
Testigo		21,8	a	20,43	a	93,74		14,6		135	a	112,78		15,26	
Urea		21,32	ab	19	ab	92,94		15,45		127,44	ab	112		14,27	
Urea + S		20	b	18	b	92,68		14,4		122,97	b	124,82		15,37	

Anexo 3

Resultados del análisis de varianza realizado a los diferentes tratamientos. 3ª. Cosecha 2014

variables		% Brix	% Sac	% Pureza	% Fibra	Rend . Ind. Kg azúcar/t	t caña /ha	t azúcar/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)
Bloques	3	0,48	0,08	0,51	0,12	2,72	1	1,5	0,04	60,87	0,08	363,8	0	6,76	0
Tratamientos	9	0,29	0,21	0,6	0,03	4,03	0,23	0,45	1	37,05	0,2	156,51	0,04	2,86	0,03
Error	27	0,2		0,24		2,86		0,48		24,66		66,8		1,14	
Total	39	9,31		13,45		121,61		21,47		1.181,83		4.303,66		76,89	
% CV		2,05		2,46		1,83		4,36		3,91		8,28		8,53	
Tratamientos		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
AGROCOTE		21,63		20,11	ab	92,95		15,57		128,85		102,72	ab	13,22	ab
LAST-N		21,81		19,81	ab	90,84		16,08		123,78		90,15	ab	11,17	ab
N-FORCE		22,05		20,84	a	94,57		15,96		132,94		101,53	ab	13,5	ab
NITRO STEND		21,66		20,01	ab	92,36		15,44		128,5		98,45	ab	12,61	ab
NUTRAN		21,24		19,72	ab	92,86		15,34		127,26		106,92	a	13,57	a
PERLKA		21,7		20,23	ab	93,22		16,26		127,25		92,56	ab	11,8	ab
SULFATO AMONIO		21,33		19,65	ab	92,14		16,29		122,89		99,48	ab	12,22	ab
TESTIGO		21,85		20,34	ab	93,1		16,09		128,52		89,19	ab	11,49	ab
UREA		21,31		19,76	ab	92,71		15,77		125,79		100,56	ab	12,66	ab
UREA+S		21,42		19,6	b	91,6		15,88		123,65		106,12	ab	13,12	ab