

Respuesta de la caña de azúcar a distintas dosis de nitrógeno aplicadas vía riego por goteo enterrado y en secano en Tucumán, Argentina*

Francisco A. Sosa**, Carlos F. Hernández**, Miguel Morandini**, G. Agustín Sanzano**, Eduardo R. Romero***, Gonzalo Robledo**, Roque Correa**, Juan I. Romero**, Carolina Sotomayor** y Hugo Rojas Quinteros**

RESUMEN

En la provincia de Tucumán y en el Noroeste Argentino se ha incrementado en los últimos años la superficie de caña de azúcar regada por goteo. Esta tecnología permite aumentar los rendimientos culturales y ofrece nuevas alternativas en el manejo de la fertilización. La información local acerca del manejo de la fertilización nitrogenada vía riego por goteo en caña de azúcar es escasa. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva de la caña de azúcar a dosis crecientes de nitrógeno (N) aplicadas vía riego por goteo y en secano. Se establecieron dos ensayos en la Llanura chaco pampeana sub-húmeda seca, ubicados en las localidades de Los Ralos (LR) (2010) y La Cruz (LC) (2010 y 2011), provincia de Tucumán, República Argentina. Tanto en riego como en secano se compararon niveles crecientes de fertilización con N, utilizándose un diseño en bloques totalmente aleatorizados. Con la dosis recomendada para secano (86 kg N ha^{-1} , equivalente a $3 \text{ kg urea surco}^{-1}$), se incrementaron los rendimientos culturales entre un 17% y 28% vía riego por goteo, aun cuando el N se aplicó en un momento posterior al recomendado. Aplicaciones tardías de N afectaron negativamente la producción de caña y retrasaron la maduración; el efecto negativo de una provisión tardía de N sobre la maduración fue mayor cuando la aplicación se realizó vía fertirriego. Con la fertirrigación nitrogenada se redujo sensiblemente el índice de consumo de N.

Palabras clave: saccharum, fertirriego, nutrición nitrogenada.

ABSTRACT

Response of sugarcane to different nitrogen doses applied through subsurface drip irrigation and under rainfed conditions in Tucumán, Argentina.

Recently in Tucumán province and in North-western Argentina, there has been an increase in the sugarcane-planted area kept under drip irrigation. This technology impacts positively on sugarcane yields and offers new alternatives in fertilization management. Available local information about nitrogen fertilization in sugarcane under drip fertigation is still scarce. The aim of this work was to assess the productive response of sugarcane to increasing nitrogen doses applied through drip irrigation and under rainfed conditions. Two trials were carried out in Los Ralos (LR) (2010) and La Cruz (LC) (2010 and 2011), sites located in the dry sub-humid chaco-pampeana plain of Tucumán, Argentina. For both the irrigation and rainfed systems, increasing N levels were compared using a complete randomized block design. When the 86 kg N ha^{-1} dose (advised for rainfed conditions) was applied through drip fertirrigation, cane yields increased between 17% and 28%, even when the application was performed in a period later than recommended. Late N application reduced cane yield and delayed ripening. A later N provision had a more negative impact on cane ripening when applied through fertigation. Overall, fertigation significantly reduced sugar cane N uptake index.

Key words: Sugarcane, fertigation, nitrogen.

*Resultados parciales del trabajo de tesis de maestría del Ing. Agr. Francisco Sosa.

** Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. fasosa@eeaoc.org.ar

*** Sección Agronomía de la Caña de Azúcar, EEAOC.

INTRODUCCIÓN

El déficit hídrico no se limita a zonas áridas o semiáridas; en zonas húmedas y sub-húmedas la distribución irregular de las precipitaciones determina que los riegos localizados de alta frecuencia como el riego por goteo tengan una respuesta positiva y permitan obtener altos rendimientos potenciales para los distintos materiales genéticos (Dantas *et al.*, 2006; Farías *et al.*, 2008; Gava *et al.*, 2011). En el área cañera del NOA, y más recientemente en Tucumán, se ha incrementado la superficie con caña de azúcar bajo riego por goteo enterrado (Figueroa *et al.*, 2009). Esto genera una nueva oportunidad para un manejo más eficiente de la fertilización, particularmente la fertilización nitrogenada, con los beneficios económicos y medio ambientales que ello implica (Thorburn *et al.*, 2003 (b)). Donde el riego tiene un carácter integral, se citan ahorros de N de entre un 10-50% cuando se aplica el N vía fertirriego (Ng Kee Kwong *et al.*, 1999; Dart *et al.*, 2000; Thorburn *et al.*, 2003 (a); Weigel *et al.*, 2008). En aquellas situaciones donde el riego es complementario o suplementario, ó en zonas donde se cultiva en secano, la aplicación vía fertirriego de dosis convencionales de N produce incrementos sensibles en la producción (Gava *et al.*, 2010; Sosa, 2013).

En cuanto al fraccionamiento de la dosis de N vía fertirriego, una división racional en 4 ó 5 aplicaciones en los primeros meses luego de la brotación para una cosecha invernal disminuye el riesgo de pérdidas y aumenta la recuperación de N sin afectar el rendimiento cultural ni la producción de azúcar (Butler *et al.*, 2002; Wiedenfeld and Enciso, 2008). En Tucumán se demostró la factibilidad técnico económica del cultivo de la caña de azúcar bajo riego por goteo (Romero *et al.*, 2003; Sosa *et al.*, 2010; Sosa *et al.*, 2011). Sin embargo, no hay información local respecto al comportamiento de la caña de azúcar frente a distintas dosis de N aplicadas vía riego por goteo, y su relación con la condición de secano.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva de la caña de azúcar a distintas dosis de N aplicadas vía riego por goteo y en secano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron dos ensayos ubicados en Los Ralos (LR) (26°52'58" S, 64°58'30" O) y en La Cruz (LC) (26°39'11" S, 64°51'43" O), localidades pertenecientes a la región agroecológica de la Llanura chaco pampeana sub-húmeda seca, Tucumán, Argentina (Zuccardi y Fadda, 1985). Los suelos se clasificaron como Argiudol típico en LC y Haplustol típico en LR, siendo la fracción limo dominante en todo el perfil (Zuccardi y Fadda, 1985) (Tabla 1); la única limitante edáfica para el normal desarrollo del cultivo estuvo representada por bajos niveles de fósforo asimilable (P) por lo que se realizó una fertilización con 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ en forma superficial en ambas costillas del surco al inicio de la experiencia (Pérez Zamora *et al.*, 1999). La capacidad de almacenaje de agua útil hasta los 90 cm resultó de 122 mm en LC y 117 mm en LR.

En ambas localidades se trabajó sobre la variedad LCP 85-384 en un marco de plantación de surcos de base ancha (0,3 m) y distanciados 1,6 m entre ellos. Se evaluaron las cosechas del año 2010 en ambos ensayos mientras que en LC se evaluó también la cosecha del año 2011. En LR la fertilización y el riego por goteo fueron superficiales, en LC ambas labores fueron realizadas en forma sub-superficial. En ambos ensayos se compararon niveles crecientes de fertilización con nitrógeno (N) (factor uno) para dos niveles de manejo (factor dos, riego por goteo y secano). Los tratamientos se distribuyeron en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones en LR y tres en LC (Tabla 2). El análisis estadístico de los datos se realizó con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2009), luego de analizados los efectos de los factores y sus interacciones se realizó la comparación de medias con el test LSD de Fisher con

Tabla 1. Propiedades químicas, físicas y fisico-químicas de los suelos de LR (departamento Cruz Alta) y LC (departamento Burruyacú). Tucumán. Argentina. MO = materia orgánica; CE = conductividad eléctrica en el extracto de saturación; P = fósforo extraíble; CIC = capacidad de intercambio catiónica; Wcc = humedad a capacidad de campo; Wpm = humedad en el punto de marchitez.

Localidad	Profundidad	Textura	pH	MO (%)	CE (dsm ⁻¹)	P (ppm) (Bray II)	CIC (cmolc kg ⁻¹)	Wcc (gg ⁻¹)	Wpm (gg ⁻¹)
LR	0-30 cm	F	6,20	2,00	0,40	10,20	19,60	0,24	0,13
	30-60 cm	FL	6,70		0,50		15,20	0,18	0,10
	60-90 cm	L	7,00		0,80		13,20	0,20	0,11
LC	0-30 cm	FL	6,80	1,90	0,50	13,80	22,40	0,25	0,12
	30-60 cm	Fa	6,80		0,60		24,20	0,25	0,14
	60-90 cm	FaL	7,00		0,90		23,30	0,27	0,17

Tabla 2. Dosis ensayadas, forma de aplicación, subdivisión y fecha de aplicación. Los Ralos 2010, La Cruz 2010 y 2011. Tucumán Argentina.

	Edad	Inicio de ciclo	Nº de Dosis	Dosis de N (kg Nha ⁻¹)	Manejo	Forma de aplicación	División	Fecha de aplicación *
Los Ralos 2009-2010	Soca 3	Set 2009	4	0, 29, 86, 144	Riego	Superficial	3 (33% c/u)	O-N-D
			4	0, 29, 86, 144	Secano	Superficial	2 (50% c/u)	N-D
La Cruz 2009-2010	Soca 1	ago-09	5	0, 57, 86, 115, 144	Riego	Incorporado	5 (20 %c/u)	O-N-D-E
			5	0, 57, 86, 115, 144	Secano	Incorporado	1 (100 %c/u)	N
La Cruz 2010-2011	Soca 2	ago-10	5	0, 57, 86, 115, 144	Riego	Incorporado	1 (100%c/u)	E
			5	0, 57, 86, 115, 144	Secano	Incorporado	1 (100%c/u)	E

* Fecha de aplicación: O: octubre, N: noviembre, D: diciembre, E: enero.

valor alfa de 0,05. Las parcelas estuvieron constituidas por cinco surcos de 40 m de largo. La fuente de N utilizada fue urea perlada (46-0-0) y la inyección se realizó con inyector tipo venturi.

Las precipitaciones y las láminas brutas de riego se midieron con pluviómetro y caudalímetro, respectivamente. Las precipitaciones en los ciclos productivos fueron de 1145 mm y 1180 mm en LC 2010 y 2011 respectivamente, y en LR 2010 fueron de 889 mm; en todos los casos concentradas entre diciembre y abril, característico del régimen monzónico de la zona (Torres, 1972; Zuccardi y Fadda, 1985; Fogliata, 1995). Los riegos totalizaron 150 mm y 110 mm en LC 2010 y 2011 respectivamente, y en LR 2010 fueron de 206 mm. Los riegos se iniciaron en octubre en LC 2010, mientras que en LC 2011 y LR 2010 se iniciaron en noviembre, más tarde de lo recomendado debido a lluvias registradas al inicio del ciclo en LC 2011 y a la cosecha tardía en LR 2010 (Figuras 1-3).

A cosecha se realizó el conteo de tallos presentes en 20 m de los tres surcos centrales de cada parcela; se tomaron al azar muestras de 50-60 tallos de cada parcela para determinar el peso de los tallos y el rendimiento fabril. Con estos datos se estimaron la producción cultural y en azúcar por hectárea. Además se calculó el índice de consumo de N (ICN) como la relación entre kg de N aplicados por t de caña producida ha⁻¹ para cada año y localidad (Pérez Zamora *et al.*, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Ralos

Las variables rendimiento cultural y producción de azúcar respondieron a ambos factores y a su interacción; el rendimiento fabril no se vio afectado por los tratamientos (Tabla 3). Se observó una clara respuesta al agregado de N, tanto en producción de caña como de azúcar (Tabla 4)

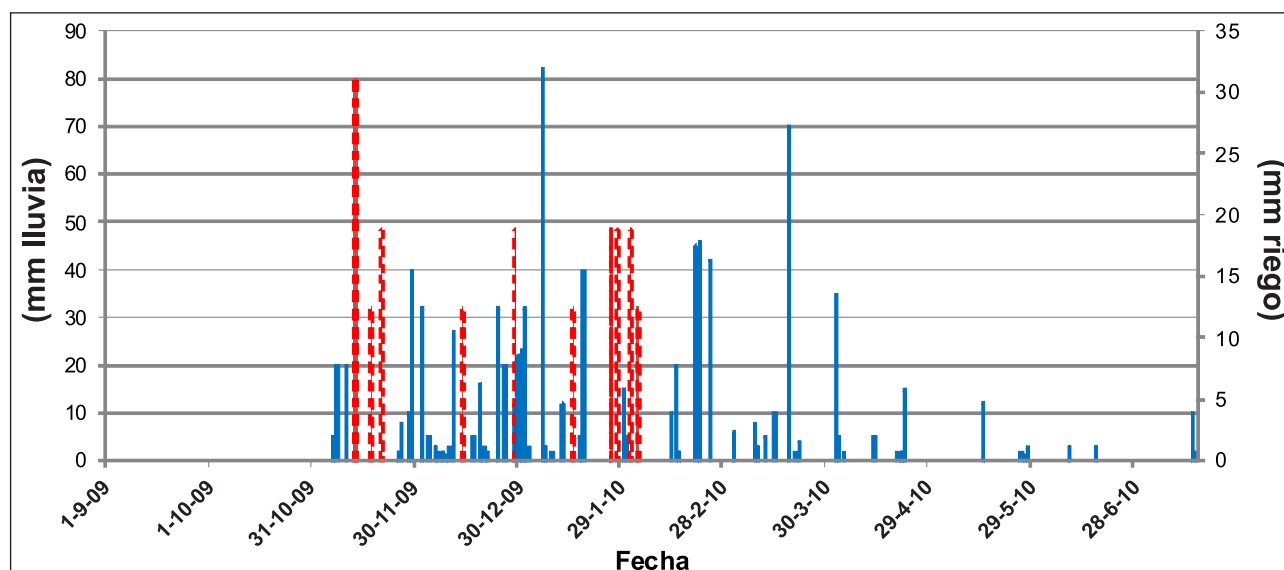


Figura 1. Distribución temporal de las precipitaciones y riegos. Eje primario: mm totales aportados por las precipitaciones (columnas llenas azules), eje secundario: mm aportados por el riego para un área de mojado del 50% (columnas discontinuas rojas). LR. 2009-2010.

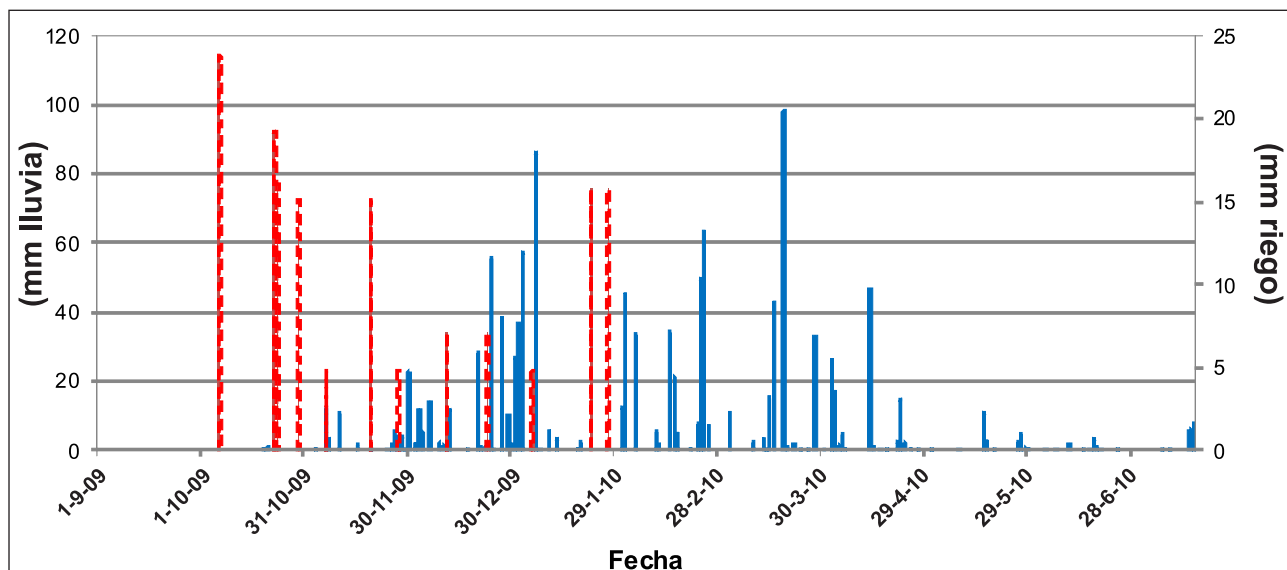


Figura 2. Distribución temporal de las precipitaciones y riegos. Eje primario: mm totales aportados por las precipitaciones (columnas llenas azules), eje secundario: mm aportados por el riego para un área de mojado del 50% (columnas discontinuas rojas). LC. 2009-2010.

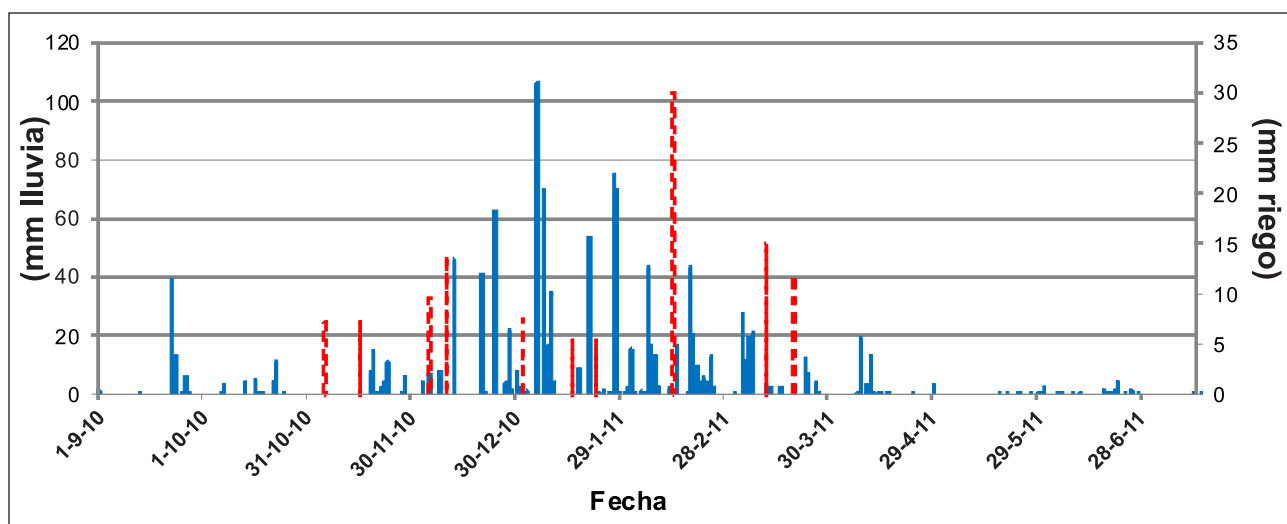


Figura 3. Distribución temporal de las precipitaciones y riegos. Eje primario: mm totales aportados por las precipitaciones (columnas llenas azules), eje secundario: mm aportados por el riego para un área de mojado del 50% (columnas discontinuas rojas). LC 2010-2011.

Tabla 3. Factores de variación e interacción entre los factores para las variables Rendimiento cultural, fabril y en azúcar. Los Ralos 2010. Tucumán. Argentina.

Efecto/Variable	Rto cultural (t ha ⁻¹)		Rto Fabril (%)		Rendimiento en Azúcar (t ha ⁻¹)	
	Nivel de significancia	f	Nivel de significancia	f	Nivel de significancia	f
Modelo	***	19.94	NS	0.84	***	16.60
Dosis (N)	**	12.26	NS	1.04	***	32.10
Riego (R)	***	38.59	NS	1.17	**	9.53
N * R	*	3.84	NS	0.44	*	3.46

*, **, *** y NS: Significativo al 0.05, 0.01, 0.001 y NS respectivamente. f estadístico de prueba

Tabla 4. Rendimiento cultural y producción de azúcar (t ha⁻¹) para LCP 85-384 Soca 3 bajo riego por goteo y en seco. Los Ralos 2010. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas. Las diferencias entre riego y seco se indican en la misma fila.

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento Cultural (t ha ⁻¹)				Producción de Azúcar (t ha ⁻¹)			
	Riego	Secano	Dif (tha ⁻¹)	Dif %	Riego	Secano	Dif (tha ⁻¹)	Dif %
0	42,2 c	49,2 b	-7,0 NS	-16,5	5,4 c	6,3 b	-0,9 NS	-17,0
29	69,5 b	53,2 b	16,3 *	30,5	8,9 b	7,0 b	1,9 *	26,6
86	92,3 a	72,1 a	20,2 **	28,1	11,8 a	9,2 a	2,6 **	28,6
144	93,1 a	79,6 a	13,5 NS	17,0	11,7 a	10,1 a	1,5 NS	15,3
DMS	13.79	12.62			1.92	1.68		
pvalue	<0.0001	0.0005			<0.0001	0.0011		
CV	12.06	12.88			13.2	13.34		

*, **, *** y NS: Significativo al 0.05, 0.01, 0.001 y NS respectivamente. Test LSD Fisher α : 0,05.

en coincidencia con lo reportado por Pérez Zamora *et al.* (2000) para la misma zona. Los tratamientos fertirrigados tuvieron mayores producciones en las tres dosis evaluadas respecto a los tratamientos en seco, estas diferencias fueron significativas a dosis bajas e intermedias de N, similares resultados obtuvieron Weigel *et al.* (2008).

Tanto en riego como en seco se alcanzó la máxima producción estadísticamente significativa con 86 kg N ha⁻¹ equivalentes a 3 kg urea surco⁻¹. Con esa dosis (recomendada para seco) se logró incrementar la producción en un 28% cuando se aplicó por fertirriego (Tabla 4). A similares conclusiones arribaron Gava *et al.* (2010) con una dosis de 140 kg N ha⁻¹. Dosis mayores a 86 kg N ha⁻¹ no incrementaron significativamente los rendimientos culturales ni en azúcar.

Cuando la caña estuvo bajo riego, la aplicación de 29 kg N ha⁻¹ produjo una respuesta significativa respecto al

tratamiento sin N; esto no ocurrió en seco, donde a dosis intermedias y altas recién se produjeron respuestas significativas respecto al tratamiento sin N.

La aplicación de 29 kg N ha⁻¹ bajo riego resultó en una producción similar a 86 kg N ha⁻¹ aplicados en seco. Sin embargo, con estos tratamientos no se alcanzaron los máximos rendimientos en las condiciones locales, a similares resultados arribaron Weigel *et al.*, (2008) respecto a las dosis bajas aplicadas vía fertirriego vs la aplicación convencional con riego gravitacional. Considerando la dosis de 86 kg N ha⁻¹, con la cual se alcanzó el máximo rendimiento cultural tanto en riego como en seco, el ICN (expresado como la relación entre los kg de N aplicados y la producción obtenida de caña por ha) disminuyó sensiblemente bajo riego por goteo debido a un incremento del rendimiento máximo de acuerdo a lo citado por Pérez Zamora *et al.*, (1999) (Figura 4).

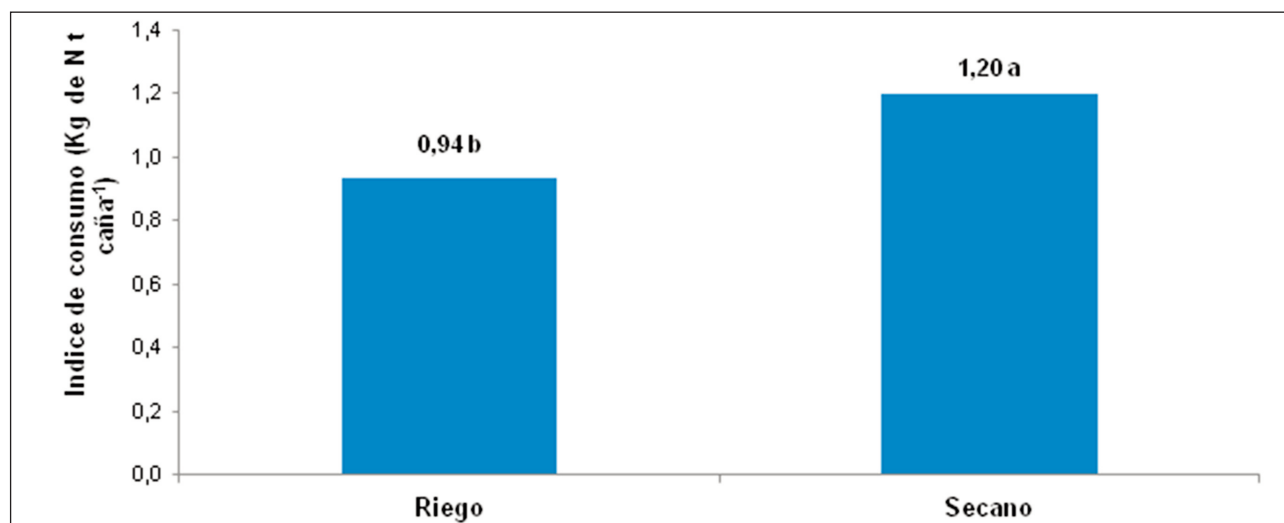


Figura 4. Índice de consumo (kg N aplicado por t caña producida⁻¹) para 86 kg de N ha⁻¹. Letras distintas indican diferencias significativas. LSD 0,05; DMS: 1,16; p value=0,0082. Los Ralos 2010. Tucumán. Argentina.

Estos resultados indican que el beneficio no estuvo dado por ahorro del N aplicado, sino por un aumento de los rendimientos cuando la dosis recomendada para secano se aplicó vía riego por goteo.

La Cruz

El factor año tuvo un efecto significativo sobre todas las variables analizadas (Tabla 5); ello se debió a que en el segundo año se realizó un manejo diferencial del riego y de la fertilización (Tabla 1, Figuras 2 y 3). Todos los factores de variación y sus interacciones afectaron la variable rendimiento cultural, por ello se detalla el comportamiento por año y por nivel de riego (Tablas 5 y 7). La variable rendimiento fabril se vio afectada significativamente por la interacción entre los factores riego y año debido al manejo diferencial que se realizó del riego en ambos años (Tablas 5 y 6).

En ambas campañas la producción de caña y de azúcar bajo riego por goteo se diferenció significativamente del secano cuando se aplicaron dosis bajas e intermedias de N, no así en dosis altas (Tablas 7 y 8), en coincidencia con lo reportado por Weigel *et al.*, (2008).

En el año 2010, con la dosis de 86 kg N ha⁻¹ se alcanzaron las mayores producciones culturales estadísticamente significativas tanto en fertirriego como en secano; para esta dosis (recomendada para la condición en secano) los rendimientos se incrementaron significativamente un 17% (18,2 t ha⁻¹) cuando se fertirrigó (Tabla 7); este aumento de producción resultó en un menor ICN (Figura 5) de acuerdo a lo reportado por Pérez Zamora *et al.* (1999). Dosis mayores a 86 kg N ha⁻¹ por fertirriego no se tradujeron en aumentos significativos de producción, favorecieron el ataque de plagas y el vuelco. En secano tampoco hubo aumentos significativos de producción con

dosis superiores a 86 kg N ha⁻¹.

La máxima producción de azúcar por ha estadísticamente significativa, tanto en riego como en secano, se alcanzó con una dosis más baja (57 kg N ha⁻¹), mientras que con 86 kg N ha⁻¹ se maximizó la producción cultural (Tablas 7 y 8), ello se explica por un menor rendimiento fabril (no significativo) de los tratamientos que recibieron dosis más altas de N (datos no presentados). Con la dosis de 57 kg N ha⁻¹ el tratamiento fertirrigado superó significativamente en 1,2 t azúcar ha⁻¹ (10%) al secano con igual dosis (Tabla 8).

En el año 2011, al igual que en soca 1, se alcanzó la máxima producción cultural con 86 kg N ha⁻¹ tanto para fertirriego como en secano; con esta dosis el tratamiento fertirrigado superó significativamente en 10,2 t de caña ha⁻¹ (13%) al secano, determinando un ICN menor para el fertirriego (Tabla 7 y Figura 5).

La producción de azúcar siguió un comportamiento similar al rendimiento cultural alcanzándose la máxima producción estadísticamente significativa con 86 kg N ha⁻¹ tanto en secano como bajo riego, sin diferenciarse

Tabla 6. Rendimiento fabril para los tratamientos con riego y en secano discriminados por año. La Cruz 2010-2011. Tucumán. Argentina. Letras minúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas, letras mayúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas.

	Riego	Secano
2010	11,17 a A	11,40 a A
2011	9,73 b B	10,49 b A

Test LSD Fisher α : 0,05.

Tabla 5. Factores de variación e interacción entre los factores para las variables rendimiento cultural, fabril y en azúcar. La Cruz. Tucumán. Argentina.

Efecto/Variable	Rto cultural (t ha ⁻¹)		Rto Fabril (%)		Rendimiento en Azúcar (t ha ⁻¹)	
	Nivel de significancia	f	Nivel de significancia	f	Nivel de significancia	f
Modelo	***	88.6	***	8.33	***	69.97
Dosis (N)	***	142.34	*	2.95	***	78.64
Riego (R)	***	219.52	***	19.03	***	76.67
Año (A)	***	821.43	***	114.37	***	892.4
N * R	*	3.55	NS	1.07	*	3.75
N * A	*	3.49	NS	0.58	*	3.15
R * A	**	5.13	*	5.43	NS	0.37
R * N * A	***	9.65	NS	0.26	**	4.45

*, **, *** y NS: Significativo al 0.05, 0.01, 0.001 y NS respectivamente. f: estadístico de prueba.

significativamente entre ellos debido al efecto negativo de la fertirrigación tardía con N sobre la maduración (Tabla 8).

Los rendimientos culturales y en azúcar fueron en promedio 27% y 35% respectivamente menores en soca 2, respecto de soca 1. La fertilización tardía limitó considerablemente la producción de caña y afectó negativamente el rendimiento fabril en soca 2 (Tablas 7 y 8) esto determinó que el ICN fuera mayor para esta soca (Figura 5). El efecto negativo de la provisión tardía de N sobre la maduración fue significativamente superior cuando el nutriente se aplicó vía fertirriego.

CONCLUSIONES

En las condiciones estudiadas, con la dosis de 86 kg N ha⁻¹ tradicionalmente recomendada para secano, los rendimientos culturales se incrementaron entre 17 y 28 % cuando el nutriente se aplicó vía fertirriego. Estas diferencias fueron superiores cuando mayor fue el estrés hídrico y la edad de la cepa (LR).

Aplicaciones de dosis más altas (115 y 144 kg N ha⁻¹) vía riego por goteo no se tradujeron en incrementos de producción de caña ni de azúcar para las socas estudiadas.

Tabla 7. Producción cultural (t ha⁻¹) para distintas dosis de N en riego y secano. LCP 85-384 Soca 1 y 2, 2010 y 2011, respectivamente. La Cruz, Tucumán. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas. Las diferencias entre riego y secano se indican en la misma fila.

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Producción de caña (tha ⁻¹)					
	La Cruz 2010			La Cruz 2011		
	Riego	Secano	Dif (t ha ⁻¹)	Riego	secano	Dif (tha ⁻¹)
0	87,2 c	77,8 c	9,4 **	70,1 c	32,1 c	38,0 ***
57,5	115,0 b	101,8 b	13,2 **	80,7 b	50,7 b	30,0 ***
86,3	123,7 ab	105,5 ab	18,2 **	90,2 a	80,0 a	10,2*
115,0	127,5 a	110,5 ab	17,0 *	93,8 a	79,8 a	14,0 *
143,8	129,1 a	113,2 a	15,9 NS	91,8 a	83,2 a	8,6 NS
DMS	9,64	9,14		8,91	4,55	
pvalue	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	
CV	4,55	4,94		5,74	3,84	

*, **, *** y NS: Significativo al 0.05, 0.01, 0.001 y NS respectivamente. Test LSD Fisher α : 0,05.

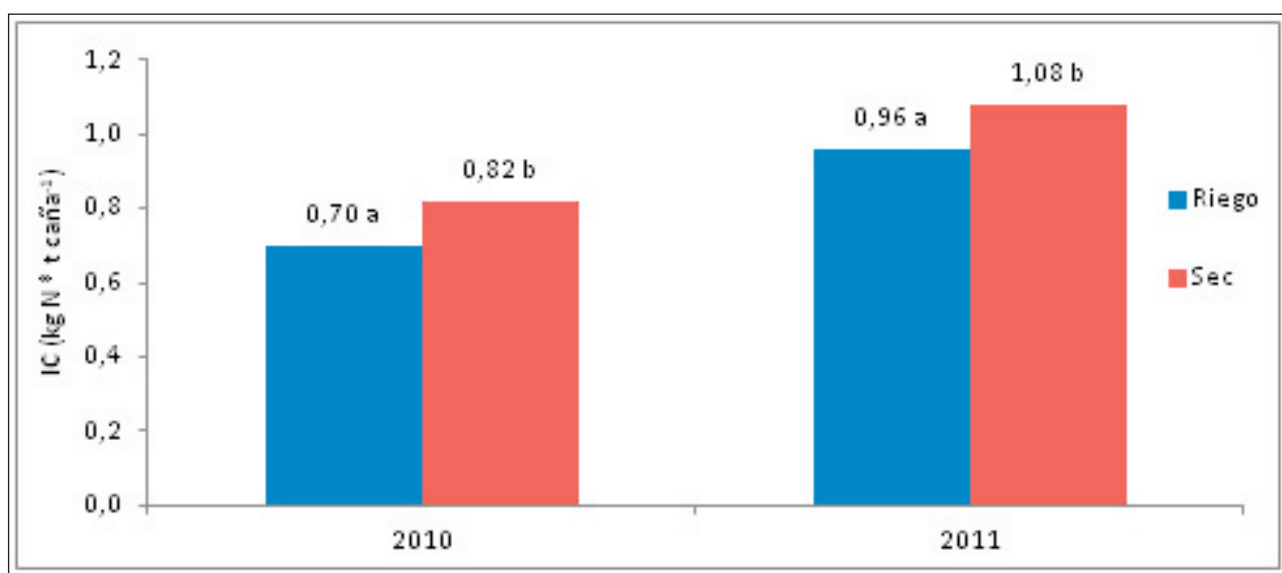


Figura 5: Índice de consumo (kg de N aplicado por t caña producida⁻¹) para 86 kg de N ha⁻¹. Letras distintas indican diferencias significativas. LSD 0,05; DMS: 1,16; p value= 0,0082.

Tabla 8. Producción en azúcar (t ha⁻¹) para distintas dosis de N en riego y secano. LCP 85- 384 Soca 1 y 2, 2010 y 2011, respectivamente. La Cruz. Tucumán. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas. Las diferencias entre riego y secano se indican en la misma fila.

	Producción de azúcar (tha ⁻¹)					
	La Cruz 2010			La Cruz 2011		
	Riego 10	Secano 10	Dif tha ⁻¹	Riego 11	Secano 11	Dif tha ⁻¹
0	10,1 b	8,9 b	1,3**	6,9 c	3,3 c	3,5***
57,5	13,1 a	11,9 a	1,2**	7,9 b	5,5 b	2,5***
86,3	13,4 a	12,1 a	1,4NS	8,8 a	8,4 a	0,3 NS
115	14,0 a	12,7 a	1,3*	8,9 a	8,3 a	0,6NS
143,7	14,2 a	12,8 a	1,4NS	8,9 a	8,4 a	0,5NS
DMS	1,6	1,1		0,7	1	
pvalue	<0,01	<0,01		<0,001	<0,001	
CV	6,97	5,0		4,53	7,7	

*, **, *** y NS: Significativo al 0.05, 0.01, 0.001 y NS respectivamente. Test LSD Fisher α : 0,05.

Con el riego por goteo se logró disminuir el índice de consumo de N por unidad de caña producida aun cuando la fertirrigación se realizó en forma tardía.

El mejor comportamiento del cañaveral se registró cuando se aplicó el N vía fertirriego en forma dividida entre los meses de octubre y diciembre; aplicaciones posteriores produjeron un retraso en el crecimiento y afectaron negativamente la maduración resultando en menores toneladas de caña y de azúcar por ha. El efecto negativo de la aplicación tardía de N sobre la maduración fue mayor cuando se aplicó el nutriente vía fertirriego.

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agr. Santiago Gramajo, Mariano Abregú, Carlos Bermúdez, Nelson Aranda y Esteban Arroyo; y a las Secciones Química, Zoología y Agronomía de la Caña de Azúcar de la EEAOC por su colaboración en la ejecución y evaluación de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Butler, D. W. F.; J. H. Meyer and A. W. Schumann. 2002. Assessing Nitrogen Fertigation strategies for drip irrigated sugarcane in southern Africa. *Proc S Afr SugTechnol Ass* 76: 162-172.
- Dantas Neto, J.; J. L. C. Figueredo; C. H. A. Farias; H. M. Azevedo e C. A. V. Azevedo. 2006. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. *Bras. Eng. Agríc. Ambiental* 10(2):283-288.
- Dart, I. K.; C. P. Baillie and P. J. Thorburn. 2000.

Assessing nitrogen application rates for subsurface trickle irrigated cane at Bundaberg. *Proc Aust Soc Sugar Cane Technol* 22: 230-235.

- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. González; M. Tablada y C. W. Robledo. 2009. *InfoStat versión 2009*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Farias, C. H. A.; P. D. Fernandes; H. M. Azevedo y J. D. Neto. 2008. Growth indices of irrigated and non-irrigated sugarcane in Paraiba, Brazil. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 12 (4): 356-362.
- Figueroa L.R.; E.R. Romero y G. Fadda. 2009. El riego de la caña de azúcar. En: Romero, E. R.; P. A. Digonzelli, y J. Scandaliaris (eds), *Manual del cañero*, 85-99pp.
- Fogliata, F. A. 1995. Factores edáficos limitantes del cultivo. En Felipe L. E (eds), *Agronomía de la caña de Azúcar 2*, pp. 667-758.
- Gava, G. J. C.; M. B. Teixeira; P. C. O. Trivelin; M. W. Oliveira and O. T. Kölln. 2011. Drip irrigation in sugar cane crop: management and physiology. In: Bilibio, C; O Hensel; J. F. Selbach (eds), *Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil* (1): 467-496.
- Gava G. J. C.; O. T. Kölln; R. A. Martinez Uribe; P. C. O. Trivelin; H. Cantarella. 2010. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). En FEPAP (eds), *Tópicos emecofisiologia da cana-de-açúcar*. 49-65.
- Ng KeeKwong, K. F.; J. P. Paul and J. Deville. 1999. Drip-fertigation – a means for reducing fertilizer nitrogen to sugarcane. *Experimental Agriculture* 35: 31-37
- Pérez Zamora, F.; J. Scandaliaris; R. Villegas; A.

- Menéndez y M. Morandini. 1999** Criterios modernos para la fertilización de la caña de azúcar. Pub. Esp. EEAOC 14.
- Pérez Zamora, F.; J. Scandaliaris; G. Fadda y E. Argiró. 2000.** Factores que modifican la efectividad de los fertilizantes nitrógeno en caña de azúcar. Publicación Especial EEAOC 18.
- Romero, E. R; J. Scandaliaris; L. Sotomayor y L. Alonso. 2003.** Resultados de la primera experiencia de riego por goteo en caña de azúcar en Tucumán, Argentina. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. 80 (1-2): 5-9.
- Sosa, F. A.; C. F. Hernández; M. Morandini; A. Sanzano; J. Romero y C. Sotomayor. 2010.** Respuesta de dos variedades de caña de azúcar a distintos umbrales de riego por goteo. En: Libro de resúmenes XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario, San Fe – Argentina, pp. 228.
- Sosa, F. A.; D. R. Pérez; S. Valdez; M. Morandini; O. Dantur; O. Gramajo; S. Gramajo; C. F. Hernández y A. Sanzano. 2011.** Estudio económico del riego por goteo en caña de azúcar en la Llanura Chacopampeana Subhúmeda Húmeda de Tucumán. En: XVII Reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar. SATCA. P 87-87.
- Sosa, F. A. 2013.** Respuesta de la caña de azúcar a distintas dosis de nitrógeno vía riego por goteo enterrado en la llanura chaco-pampeana, Tucumán, Argentina. Tesis de maestría en Riego y Drenaje Universidad Nacional de Cuyo. 106 p.
- Thorburn, P. J.; I. K. Dart; I. J. Biggs; C. P. Baillie; M. A. Smith and B. A. Keating. 2003 (a).** The fate of nitrogen applied to sugarcane by trickle irrigation. Irrig. Sci. 22: 201–209.
- Thorburn, P.; J. Biggs; K. Bristow; H. Horan and N. Huth. 2003 (b).** Australian Society of Agronomy. "Solutions for a better environment", [en línea]. Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference 2-6 Feb. 2003, Geelong, Victoria. [www.regional.org.au/au/asa], [Consulta: 12/05/11].
- Torres, E. A. 1972.** Meso-climas de la provincia de Tucumán. Rev. Agron. N. O. Argent. IX (3-4): 527-544.
- Weigel, A.; J. H. Meyer; S. Moodley; W. Tonsing; D. J. Nixon and M. Van Den Berg. 2008.** Drip irrigated sugarcane response to nitrogen applied in dry form and by fertigation in late and early season cycles. En: Proc. S Afr. Sug. Technol Ass 81: 333-342.
- Wiedenfeld, B. and J. Enciso. 2008.** Sugarcane response to irrigation and nitrogen in semiarid South Texas. Agronomy Journal. 100 (3): 665-671.
- Zuccardi, R. B. y G. S. Fadda. 1985.** Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. Publ. Misc FAZ-UNT (86).