

Extracción y balance de macronutrientes en caña de azúcar con riego por goteo y en seco*

Juan I. Romero, Agustín Sanzano, Eduardo R. Romero, Fabián Madrid, Yesica Navarro Di Marco, Roberto Miranda, Hugo Rojas Quinteros, Gabriela Juárez, y Raquel Dellmans

- *El balance de nutrientes de los suelos bajo actividad sucro-alcoholera en condiciones de seco y con riego por goteo es un dato importante para evaluar la sustentabilidad de los sistemas cañeros en Tucumán.*
- *Los balances de nutrientes estimados para un ciclo completo de 5 años fueron negativos para ambas situaciones hídricas.*
- *Los balances para N, P, K, Ca y Mg resultaron en -98, -25.5, -1286, -70 y -67 kg ha⁻¹, para riego por goteo y -16, -14.5, -967, -51 y -48.05 kg ha⁻¹ para seco, respectivamente.*

Introducción

La caña de azúcar es el cultivo sacarífero más importante del mundo. Se cultiva en áreas tropicales y subtropicales, por lo cual su producción en Argentina se concentra en tres zonas: Tucumán, el Norte (Salta y Jujuy) y el Litoral (Santa Fe y Misiones). Tucumán produce 60-65% del total nacional de azúcar, el Norte 35% y el Litoral 1%. En el área cañera de Tucumán se cultivan 274 180 ha (Soria et al., 2017) con una superficie potencial de 300 000 ha. Esta actividad sucro-alcoholera tiene un alto impacto económico, social y ambiental en el noroeste argentino. Su importancia en la región podría incluso incrementarse en los próximos años con el desarrollo energético sustentado en el aprovechamiento integral del cultivo para la producción de alimentos, biocombustibles, bioenergía eléctrica y variados bioproductos.

El uso agrícola continuado de la tierra sin una estrategia de fertilización de reposición de los nutrientes extraídos conlleva al empobrecimiento y desbalance nutricional de los suelos y a la paulatina pérdida de su capacidad productiva. Un primer paso en la búsqueda de estrategias para al menos limitar esta realidad es cuantificar el balance de nutrientes del suelo. Dicho balance se estima como la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en periodos anuales. Los egresos de nutrientes pueden ser estimados a partir de las concentraciones promedio de los mismos en los órganos cosechados o extraídos del sistema (García, 2003). A nivel local, sin embargo, prácticamente no existen datos sobre el requerimiento y la extracción de nutrientes por la caña de azúcar.

Por otro lado, en los últimos años se produjo la adopción de la tecnología de riego por goteo en algunas explotaciones cañeras (aproximadamente 3500-4000 ha). Las mayores biomásas producidas con el aporte de esta tecnología (Romero et al., 2003; Sosa et al., 2015) implican mayores requerimientos y extracciones de nutrientes, lo que podría

acelerar la degradación o empobrecimiento de los suelos. Con el objetivo de hacer un aporte de información básica inexistente a nivel local que permita avanzar hacia un manejo más sustentable de suelos en la producción de caña de azúcar local, en la campaña 2013-2014 se inició un experimento para caracterizar la dinámica de absorción, partición y la extracción de macronutrientes de la variedad LCP 85-384 en condición de seco y bajo riego por goteo en la edad de soca. En este trabajo en particular, se publican datos de extracción de nutrientes obtenidos y se calculan balances aparentes de nutrientes para cañaverales con riego por goteo y en condición de seco.

Materiales y métodos

El ensayo estuvo ubicado en el campo experimental de Overo Pozo de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), Departamento Cruz Alta, provincia de Tucumán (Argentina) en un lote de la variedad LCP85-384 (cultivar que ocupa alrededor del 80% del área cañera tucumana) plantada en surcos anchos distanciados a 1.8 m (55.5 surcos ha⁻¹). Se evaluaron dos tratamientos (riego por goteo vs seco) con 5 repeticiones en un diseño totalmente aleatorizado en franjas. Durante el ciclo de caña planta, todas las parcelas fueron regadas por goteo para asegurar un óptimo establecimiento y recién luego del primer corte se establecieron los tratamientos (riego y seco). Cada unidad experimental constó de 6 surcos de 46 m de largo dentro de los cuales se marcó una subparcela de cuatro surcos de 10 m de largo para la evaluación de la población de tallos y para la realización del muestreo destructivo a la cosecha destinado a determinar la producción anual, la biomasa aérea y su partición, así como la concentración de nutrientes en los diferentes órganos.

El rendimiento cultural (toneladas de tallo molible ha⁻¹) fue determinado en la caña planta y las 4 socas siguientes. La estimación del rendimiento cultural se realizó a partir del N° de tallos molibles por metro lineal de surco (media de tres conteos de 10 m por réplica) y del peso fresco medio de los tallos a cosecha. Éste se obtuvo de una muestra de 20

* Versión adaptada del trabajo homónimo originalmente publicado en el XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Tucumán Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán. Argentina
Autor de contacto. Correo electrónico: jiromero@eeaoc.org.ar

tallos consecutivos completos por réplica, la cual se separó en hojas verdes, hojas secas, tallo molible y despunte cuyos pesos frescos se determinaron separadamente. Una submuestra de cada fracción fue secada en estufa (65 °C) para la determinación de materia seca (MS) y del contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el Laboratorio de Suelos, y de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el Laboratorio de Química, ambos de la EEAOC.

El N se extrajo por digestión sulfúrica, y se determinó por digestión-distilación (Kjeldahl). Los demás nutrientes se extrajeron por calcinación y se determinaron los contenidos de P por colorimetría en cenizas totales, de K por fotometría en cenizas totales, y de Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica.

El sitio del ensayo presenta un suelo Haplustol típico de textura franca y franco limosa en las profundidades de 0-30 y 30-60 cm, respectivamente. El contenido de materia orgánica en los 0-30 cm es inferior al 2%. El pH del suelo es neutro, no es salino ni presenta contenido de carbonatos que puedan afectar el cultivo.

Debido a que el contenido de P extractable se encontraba dentro del rango de respuesta probable a la fertilización (21.6 ppm - Bray Kurtz II), se fertilizó todo el ensayo con superfosfato triple (0-46-0) aplicando 42 kg de P ha⁻¹ para todo el ciclo productivo del cañaveral (normalmente 5 años), según la tabla de recomendación vigente (Alonso, et al. 2015).

La caña planta fue regada y no se fertilizó con N considerando la falta de respuesta característica de esa edad del cañaveral. Su rendimiento cultural fue 71.3 t ha⁻¹. Las 4 socas siguientes se fertilizaron con una dosis de 90 kg N ha⁻¹ año⁻¹, tanto las parcelas regadas (fertirriego) como en seco. En las parcelas fertirrigadas, la dosis de N se dividió en 3 momentos de aplicación dentro del periodo recomendado (octubre-noviembre). En las parcelas en seco se hizo una sola aplicación.

Para el cálculo del balance de nutrientes de las 3 socas, se consideró como ingreso de nutrientes las fertilizaciones fosfatadas y nitrogenadas en las dosis y oportunidades descritas previamente, y como salidas la cantidad de

nutrientes contenida en los tallos cosechados (extracción) cada año. La cantidad de nutrientes absorbidos por la planta se cuantificó sumando el producto de la materia seca por el tenor de nutrientes de cada fracción de la biomasa aérea. Los valores de extracción de N, P, K, Ca y Mg presentados en este trabajo corresponden al promedio de las determinaciones efectuadas en las socas 1, 2 y 3. El resto del material vegetal aéreo permaneció en el campo luego de la cosecha (cosecha en verde), contribuyendo al reciclaje de nutrientes al sistema y por lo tanto no se los considera en el cálculo del balance.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un ANOVA, utilizando el contraste de medias de Fisher LSD (p < 0.05) en el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2016).

Resultados y discusión

Rendimientos

El rendimiento de la caña planta fue 71.3 t ha⁻¹ (19.6 t MS ha⁻¹) y la producción media de las 4 socas fue 112.3 t ha⁻¹ (30.9 t MS ha⁻¹) y 83.3 t ha⁻¹ (22.9 t MS ha⁻¹) para riego y seco, respectivamente. El riego por goteo produjo un incremento medio de 29 t ha año⁻¹ (8 t de MS ha⁻¹) en el rendimiento cultural (35% de incremento promedio). La producción acumulada en el ciclo económico del cañaveral (c. planta y 4 socas) fue de 520.5 t ha⁻¹ y 404.5 t ha⁻¹ para riego y seco, respectivamente.

Extracción de nutrientes

Los datos medios de extracción de nutrientes por hectárea y por tonelada producida se encuentran resumidos en la **Tabla 1**.

Según las cantidades extraídas, tanto para riego como seco, podemos ordenar los nutrientes de la siguiente manera: K>N>Ca>P>Mg. La extracción por tonelada de caña no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para ningún nutriente.

Los valores medios de extracción de N, P y K resultaron similares a los determinados por Leite et al. (2016) en 3 sitios del estado de San Pablo en Brasil, con 3 variedades diferentes en la edad de soca 1, que resultaron de 90,

Tabla 1. Extracción media de nutrientes de la variedad LCP 85-384 en condición de riego por goteo y de seco en Finca Overo Pozo, Tucumán. A) kg de nutriente extraído por hectárea. B) kg de nutriente extraído por tonelada de tallos (materia seca). Valores promedio de determinaciones en tallos molibles de las socas 1, 2 y 3.

Promedio socas 1, 2 y 3		Extracción de nutrientes, kg ha ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg
A	Riego	100.4 a	15.1 a	282.6 a	18.6 a	14.4 a
	Secano	79.0 b	11.5 b	202.1 b	13.3 b	10.3 b
Promedio socas 1, 2 y 3		Extracción de nutrientes en base seca, kg t ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg
B	Riego	3.25 a	0.49 a	9.14 a	0.6 a	0.47 a
	Secano	3.45 a	0.50 a	8.82 a	0.58 a	0.45 a

Tabla 2. Balance de nutrientes en caña de azúcar con riego por goteo y en secano para el periodo soca 1-3, var. LCP 85-384 en Finca Overo Pozo, Tucumán.

Promedio socas 1, 2 y 3	----- kg ha ⁻¹ -----				
	N	P	K	Ca	Mg
Riego					
Entradas	270	42.17	0	13.6	0
Salidas	301	45	848	56	43
Balance kg ha⁻¹	-31 a	-3 a	-848 a	-42.4 a	-43 a
Secano					
Entradas	270	42.17	0	13.6	0
Salidas	237	35	606	40	31
Balance kg ha⁻¹	+33 b	+8 b	-606 b	-26.4 b	-31 b

19 y 266 kg ha⁻¹ para N, P y K, respectivamente. Por otro lado, Almeida de Oliveira et al. (2011) trabajando con 11 variedades diferentes, encontraron valores de extracción medios de N, P y K también similares a los de este trabajo.

Balance de nutrientes

El balance de nutrientes para ambos tratamientos hídricos, considerando las 3 edades de caña soca evaluadas se presenta en la **Tabla 2**. Los balances aparentes de nutrientes de los tratamientos de riego por goteo son negativos para todos los nutrientes analizados, mientras que en las parcelas a secano los balances de N y P (aportados en parte como fertilizantes) son positivos al cabo de las tres campañas.

Un balance positivo implica que agregamos más nutriente que el exportado en la cosecha, lo que podría implicar un aumento en la reserva de dicho nutriente en el suelo. Sin embargo, debemos recordar que en el caso de un nutriente móvil en el suelo y de muy escaso efecto residual como el N, el agregado en exceso suele traducirse en mayores pérdidas por lixiviación, desnitrificación o volatilización, perdiéndose del sistema. En el caso del secano, si consideráramos una alta eficiencia de uso del N del fertilizante, esos +33 kg N ha⁻¹ del mismo que no fueron exportados en el tallo, podrían encontrarse en otros órganos del cultivo y permanecer en el residuo agronómico de cosecha, adquiriendo cierta residualidad. Sin embargo, la caña de azúcar en general presenta una baja eficiencia de uso del N del fertilizante. Vallis et al. (1996) determinó que la urea proveyó solo el 20-40% del N absorbido por la caña en una campaña, por lo que se presume que la mitad o más del N absorbido por la caña de azúcar es provista por la mineralización de la materia orgánica del suelo (Vallis y Keating, 1996). Esto significa que una buena parte del fertilizante no es absorbida por el cultivo por diferentes motivos y esa fracción del N agregado no absorbida por el cultivo puede perderse del sistema aún cuando el balance de N fuese negativo. Sin embargo, el N del fertilizante juega un rol clave en los estadios fenológicos iniciales del cañaveral, constituyendo del 40-70% del N total acumulado previo al periodo de gran crecimiento en la biomasa aérea de

la caña de azúcar. Luego, su concentración se diluye y a cosecha representa del 10 al 35% del N contenido en la parte aérea del cultivo (Franco et al., 2010). Si bien el fertirriego (riego por goteo) permitiría un mayor aprovechamiento del fertilizante, también incrementa la biomasa, el requerimiento y la extracción de N, con lo cual el aporte de N del suelo seguiría cubriendo al menos el 50% de lo absorbido por el cultivo.

Otro aporte de N para el cultivo es el proveniente de la mineralización de los residuos de cosecha (RAC). Chapman et al. (1992) encontraron que el 5% del N en el RAC marcado con ¹⁵N fue asimilado con la caña de azúcar y Ng Kee Kwong (1987) determinó absorciones del 11-14% del N contenido en el RAC luego de permanecer 18 meses en condiciones de campo. Esta cantidad representaba menos del 10% del total absorbido por la planta.

El aporte del fertilizante debería ser solamente el necesario para abastecer al cultivo durante los primeros meses de crecimiento (primavera seca) cuando todavía el aporte del suelo es deficitario. Dosificaciones superiores podrían derivar en pérdidas significativas de N por lixiviación o por volatilización y una menor eficiencia agronómica de la fertilización. Los balances de N como el aquí calculado, presentan serias limitaciones como herramienta para la toma de decisiones en el manejo de la fertilización ya que no tienen en cuenta el escaso aprovechamiento del fertilizante por el cultivo y la baja residualidad en el suelo del producto no absorbido. Deben realizarse esfuerzos tendientes a incrementar la eficiencia en el uso del N del fertilizante en estas primeras etapas del cultivo y así disminuir las pérdidas al ambiente y las dosis requeridas.

En el caso del P, nutriente poco móvil y residual en el suelo, un balance positivo significa un enriquecimiento o reconstrucción progresiva de la reserva del suelo. Sin embargo, recordemos que la dosis que se agregó de superfosfato triple, de acuerdo a las recomendaciones en vigencia, debería ser suficiente para 5 cosechas y puede observarse que en 3 años sucesivos ya el balance es prácticamente neutro.

Los balances de K, Ca y Mg son negativos ya que no se agregan mediante fertilización al no ser nutrientes usualmente limitantes de los rendimientos de la caña en Tucumán. Las entradas de Ca registradas se deben a que el superfosfato triple, utilizado como fuente de P, contiene 14% de Ca. El balance de K es el más negativo en ambos tratamientos y es el nutriente normalmente absorbido en mayores cantidades por la caña de azúcar. Extracciones de K citadas en la bibliografía varían entre 53 y 343 kg K ha⁻¹ (Miles, 2012). La predominancia de la arcilla illita, rica en K, en los suelos de Tucumán hace que la fertilización potásica no sea una práctica habitual debido a los altos niveles de disponibilidad del nutriente. Sin embargo, en algunos suelos con texturas gruesas de la zona pedemontana, los contenidos de K intercambiables pueden resultar críticos (Romero et al., 2009). En estos casos, repetidos balances negativos de K, luego de décadas de producción de caña de azúcar sin fertilización, podrían causar en algún momento una disminución progresiva de la capacidad productiva de dichos lotes.

A modo de ejercicio se propuso estimar el balance de nutrientes para un ciclo completo de un cañaveral (5 años), considerando como ingreso de nutrientes la fertilización fosfatada y las 4 fertilizaciones nitrogenadas (misma dosis), considerando que no se fertilizó la caña planta. Las salidas de nutrientes del sistema, como extracción acumulada en los 5 años, se estimaron para cada tratamiento a partir de la extracción media de cada nutriente por tonelada de caña cosechada (Tabla 1). Los resultados de dicho ejercicio se muestran en la Tabla 3.

Como puede observarse los balances estimados son negativos para todos los nutrientes evaluados y en ambos tratamientos hídricos, aunque cuando se usó el riego por goteo los niveles resultaron más negativos con salidas de nutrientes mayores en 6, 1.7, 1.3, 1.3 y 1.4 veces que el secano para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

De acuerdo a este balance, las parcelas con riego perdieron 6 veces más N en el ciclo que los secanos. En el caso del N en secano, el balance resulta ligeramente negativo al computarse 5 cosechas, pero solo 4 fertilizaciones (no se fertiliza la caña planta). Si se considerara una fertilización

con media dosis para la caña planta, el balance aparente sería neutro a positivo. Sin embargo, es muy importante recordar las consideraciones hechas previamente para este nutriente y su balance así calculado.

El balance de P para los 5 años, resultó negativo en ambos manejos hídricos. Aunque más evidente en el regado, la fertilización inicial de base resultó insuficiente para mantener un balance neutro luego de 5 cosechas. La dosis de P aplicada es la establecida por la tabla de recomendación vigente para ese nivel de P disponible en el suelo (21.6 ppm - Bray Kurtz II). Dichas dosis fueron establecidas siguiendo el criterio de suficiencia, razón por la cual su objetivo es mantener los niveles productivos y no mantener los niveles de P en los suelos. Si en este caso quisiéramos mantener los niveles de P en el suelo (criterio de reposición), la dosis de fertilizante debiera ser aproximadamente de 25 kg P₂O₅ ha⁻¹ • año para el tratamiento en secano y de 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ • año para el regado, en lugar de los 20 kg P₂O₅ ha⁻¹ • año recomendados.

Además, es importante remarcar que estos datos de extracción y los balances calculados provienen de cañaverales donde se practica la cosecha en verde, permaneciendo sobre el suelo todo el residuo agronómico de cosecha o RAC (hojas y fracción de tallos inmaduros). El RAC, que para las condiciones de Tucumán ha sido estimada entre 7 t y 16 t de materia seca ha⁻¹ (Romero E.R. et al., 2009), puede quedar esparcido sobre el campo como cobertura, ser incorporado en los primeros centímetros del perfil o retirarse total o parcialmente utilizando, por ejemplo, máquinas enfardadoras. Mantener los residuos de la cosecha sobre el suelo produce efectos benéficos como los siguientes: aumenta el contenido de materia orgánica y la estabilidad estructural del suelo, favorece la conservación de la humedad edáfica, reduce la erosión, disminuye la temperatura del suelo en los primeros centímetros de profundidad, aumenta la población de microorganismos benéficos, disminuye la infestación de malezas, permite reducir las labores culturales y permite el reciclado de una considerable cantidad de nutrientes (Medina, et al., 2016).

Tabla 3. Balance aparente de nutrientes estimado para un ciclo económico (caña planta y 4 socas) de un cañaveral de LCP 85-384 con riego por goteo y en secano en Finca Overo Pozo, Tucumán.

Caña planta - 4 socas	----- kg ha ⁻¹ -----				
Riego	N	P	K	Ca	Mg
Entradas	360	42	0	14	0
Salidas	456	67	1286	83	67
Balance aparente kg ha⁻¹	-98	-25	-1286	-69	-67
Secano	N	P	K	Ca	Mg
Entradas	360	42	0	14	0
Salidas	376	57	967	65	49
Balance aparente kg ha⁻¹	-16	-15	-967	-51	-498.5

Tabla 4. Balance de nutrientes estimado para un ciclo económico (caña planta y 4 socas) de un cañaveral de LCP 85-384 con riego por goteo y en seco con eliminación o extracción total del RAC, en Finca Overo Pozo, Tucumán.

Caña planta - 4 socas	kg ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
Riego					
Entradas	360	42.17	0	13.60	0
Salidas	456 + 421	67.7 + 33.6	1285.6 + 682	83.3 + 200	67.6 + 63
Balance kg ha⁻¹	-517	-59	-1968	-270	-131
Secano					
Entradas	360	42.17	0	13.60	0
Salidas	376.2 + 347	56.6 + 28	966.7 + 513	64.7 + 155	48.5 + 45
Balance kg ha⁻¹	-361	-42	-1480	-206	-94

Información derivada de este mismo estudio, señala que el RAC de la var. LCP 85-384 representó 15.2 t ha⁻¹ y 12.8 t ha⁻¹ de materia seca para riego por goteo y seco, respectivamente, y que en el mismo se encontraba el 48%, 33%; 35%, 72% y 50% del total del N, P, K, Ca y Mg cuantificados en la biomasa aérea (Romero et al., 2018).

Por lo tanto, de efectuar la quema del cañaveral previo a la cosecha, o la de los rastrojos luego de ésta (prácticas usadas frecuentemente hasta no hace mucho tiempo) o la extracción total o parcial del RAC con fines de aprovechamiento energético, implicaría que las salidas de nutrientes del sistema serían significativamente mayores a las consideradas en este trabajo, generando balances mucho más negativos a los aquí estimados (**Tabla 4**), a lo que debería agregarse la pérdida de C orgánico y el no aprovechamiento de todas las ventajas agronómicas que brinda la cobertura del suelo.

Una agricultura sustentable debería considerar el balance de nutrientes de los lotes. En situaciones de alta disponibilidad de nutrientes en los suelos, estos balances podrán ser negativos por determinado tiempo, pero debe monitorearse periódicamente la disponibilidad en los suelos y analizar cómo impactan. En la medida en que nos acercamos a niveles de disponibilidad críticos para los cultivos, los balances deberán ser neutros o positivos (Ciampitti et al., 2008). Los nutrientes aplicados que no son absorbidos por el cultivo en una campaña (balance positivo), no son necesariamente perdidos del sistema, sino que podrán ser utilizados por los cultivos en la campaña siguiente (residualidad). Esto ocurre especialmente con el P y el K, pero en algunas situaciones también se han observado efectos residuales de N, inmovilizado en la materia orgánica y posteriormente liberado con el transcurso del tiempo. Los balances positivos de nutrientes con residualidad permitirán recuperarlos en situaciones de baja disponibilidad. La residualidad de los nutrientes depende fuertemente de la dinámica que tienen en el sistema suelo-planta y de las condiciones edafoclimáticas, por lo que estos factores deben ser evaluados cuidadosamente al considerar posibles efectos residuales de las aplicaciones de fertilizantes (García et al., 2013).

Conclusiones

- La extracción de nutrientes de la variedad LCP 85-384 con riego por goteo y en seco fue de 100, 15, 283, 19 y 14 kg ha⁻¹ y de 79, 11, 202, 13, y 10 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.
- Los balances de nutrientes estimados para un ciclo completo de 5 años fueron negativos tanto con riego por goteo o en seco, pero la magnitud de las pérdidas fue marcadamente superior en el tratamiento con riego por goteo.
- La eliminación total o parcial del RAC significaría una mayor pérdida de nutrientes del lote que debe ser considerada.
- El conocimiento de las dinámicas de absorción, los requerimientos y las extracciones de las diferentes variedades de caña de azúcar utilizadas en la región y los balances de nutrientes son un paso importante en el avance hacia una nutrición balanceada y una producción de caña más sustentable, que permita mantener o incrementar la producción con una mayor eficiencia en el uso de los recursos y manteniendo la fertilidad de los suelos.

Bibliografía

- Almeida de Oliveira, E.C., F. Freire, R.I. de Oliveira, A. Campelo de Oliveira y M.B. Galvao dos Santos Freire. 2011. "Acúmulo e alocação de nutrientes em cana de açúcar." Revista Ciencia Agronómica, Vol. 42(3):579-588.
- Alonso, L., E.R. Romero, F. Leggio, L. Tórtora, P. Fernández González, N. Grellet, L. Vera y J. López Guzmán. 2015. En "Fertilización de la caña de azúcar". Editores: Digonzelli, P., E.R. Romero y J. Scandaliaris; Guía Técnica del Cañero. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Tucumán, Argentina. Vol. 1:187-197.
- Champan, L.S., M.B.C. Haysom, y P.G. Saffigna. 1992. N cycling in cane fields from 15N labelled trash and residual fertiliser. Aust. Soc. Sug. Cane Technol. Vol. 14:84-89.

- Ciampitti, I., y F. García. 2008. Balance y eficiencia de uso de nutrientes en sistemas agrícolas. *Revista Horizonte A*. Año IV, Nº 18:22-28. Buenos Aires, Argentina.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C.W. Robledo. 2016. *InfoStat versión 2016*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Franco, H.C.J., P.C.O. Trivelin, R. Otto, C.E. Faroni, A.C. Vitti, y E.C.A. Oliveira. 2010. Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* Vol. 27.
- García, F. 2003. Balance de nutrientes en la rotación: impacto en rendimientos y calidad de suelo. Segundo Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa organizado por AAPRESID, Fertilizar e INPOFOS Cono Sur. Rosario, Santa Fe, Argentina. 26-29 agosto 2003.
- García, F., y M. González Sanjuan. 2013. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica IAH 9*. International Plant Nutrition Institute. www.ipni.net
- Kee Kwong, N.F., J. Deville, P.C. Cavalot, y V. Riviere. 1987. Value of cane trash in nitrogen nutrition of sugarcane. *Plant and Soil*, Vol. 102:79-83.
- Leite, J.M., I.A. Ciampitti, E. Mariano, M. Vieira-Megda, y P. Trivelin. 2016. Nutrient Partitioning and Stoichiometry in Unburnt Sugarcane Ratoon at Varying Yield Levels. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 7. Article 466 (www.frontiersin.org).
- Medina, M., J. Fernandez de Ulivarri, F.A. Sosa, P. Digonzelli, A.A. Criado, F.J. Pérez Alabarse, y L.M. Romero. 2016. Resultados preliminares sobre el efecto del residuo agrícola de cosecha en verde de la caña de azúcar (RAC) sobre los componentes del rendimiento cultural y la producción de caña bajo riego. Libro de resúmenes XX Reunión Técnica Nacional de Caña de Azúcar (SATCA). Área Agrícola, trabajo Nº 43.6-8 abril 2016, Tucumán, Argentina.
- Miles, N. 2012. Potassium requirements and soil acidity management for sugarcane. *FSSA Journal* 39-45.
- 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. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 80(1-2):5-9.
- Romero, E.R., L. Alonzo, S. Casen, M.F. Leggio, J. Tonatto, J. Scandaliaris, P. Digonzelli, J. Giardina, y J. Fernandez de Ulivarri. 2009. En *Fertilización de la caña de azúcar*. Editores: Romero, E.R., P. Digonzelli, y J. Scandaliaris. Manual del Cañero. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán, Argentina.
- Romero, J.I., A. Sanzano, y E.R. Romero. 2018. Extracción y balance de macronutrientes en caña de azúcar con riego por goteo y en secano. Libro de resúmenes del XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Miguel de Tucumán, mayo 2018. pp. 703-708.
- Soria, F., C. Fandos, P. Scandaliaris, y J. Carreras Baldrés. 2017. Relevamiento satelital de los principales cultivos de la provincia de Tucumán. Campaña 2015/2016. www.eeaoc.org.ar
- Sosa, F.A., C. Hernández, M. Morandini, A. Sanzano, E.R. Romero, G. Robledo, R. Correa, J.I. Romero, C. Sotomayor, y H. Rojas Quinteros. 2015. Respuesta de la caña de azúcar a distintas dosis de nitrógeno aplicadas vía riego por goteo enterrado y en secano en Tucumán, Argentina. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 92(2):7-15.
- Vallis, I., V.R. Catchpoole, R.M. Hughes, R.J.K. Myers, D.R. Ridge, y K.L. Weier. 1996. Recovery in plants and soils of 15N applies as subsurface bands of urea to sugarcane. *Aust. J. Agric. Res.* 47(3):355-370.
- Vallis I., y B.A. Keating. 1996. Uptake and loss of fertilizer and soil nitrogen in sugarcane crops. *Sugar cane* 2:12-16. 🌻