



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from AgEcon Search may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

OPCIONES DE FERTILIZACION PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.) EN TABASCO, MÉXICO

FERTILIZATION OPTIONS FOR THE CULTIVATION OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) IN TABASCO, MÉXICO

Córdoba-Gamas, G.¹; Salgado-García, S.^{2*}; Castelán-Estrada, M.²; Palma-López, D.J.²; García-Moya, E.³; Lagunes-Espinoza, L.D.C.²; Córdoba-Sánchez, S.⁴

¹ Asociación Local de Productores de caña de azúcar CNC-Ingenio Pdte. Benito Juárez. ² Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n km 3.5. H. Cárdenas, Tabasco. México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. ³ Colegio de Postgraduados-Campus Montecillos. ⁴ Centro Maya de Estudios Agropecuarios - Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Catazajá-Palenque km. 4. C. P. 29980 Catazajá, Chiapas, México. Grupo Colegiado DTSA- LGASSA.

***Autor de correspondencia:** salgados@colpos.mx

RESUMEN

La fertilización orgánica puede ser superior a la fertilización química en algunos parámetros nutrimentales y de crecimiento. Con el objetivo de evaluar fuentes alternativas de nutrición al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Tabasco, México, se evaluaron las especies fijadoras de nitrógeno *Canavalia ensiformis* y *Cajanus cajan*, tres dosis de composta y un biofertilizante en un suelo Cambisol flúvico (Arcílico Éutrico), comparados con fertilización química y un testigo absoluto en la variedad Mex 79-431. Se registró que la demanda nutrimental del cultivo fue K>N>P, evidenciando buen crecimiento con relación paja-tallo de 0.33. *C. ensiformis* registró mayor competencia al cultivo que *C. cajan*. En los ciclos plantilla y soca se lograron rendimientos medios de 67 t ha⁻¹ y 102 t ha⁻¹ respectivamente, aunque no se registraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En el ciclo soca se observaron deficiencias foliares de N y K, y deficiencia de K en el suelo sin reflejar efecto en la calidad del jugo por el tipo de fertilización en ningún ciclo.

Palabras clave: Crecimiento, composta, entrenudos, extracción nutrimental.

ABSTRACT

Organic fertilization can be superior to chemical fertilization in some nutritional and growth parameters. With the objective of evaluating alternative sources of nutrition for sugar cane (*Saccharum* spp.) cultivation in Tabasco, México, the nitrogen fixing species *Canavalia ensiformis* and *Cajanus cajan* were evaluated, with three compost doses and one biofertilizer in a Cambisol fluvic soil (Clayey Eutric), compared to chemical fertilization and an absolute witness of the cultivar Mex 79-431. It was found that the nutritional demand from the crop was K>N>P, evidencing good growth with relation to straw-stem of 0.33. *C. ensiformis* showed higher competition to the crop than *C. cajan*. In the plantilla and soca cycles, average yields of 67 t ha⁻¹ and 102 t ha⁻¹ were found, respectively, although no significant statistical differences were recorded between the treatments. In the soca cycle, leaf deficiencies of N and K were observed, and K deficiency in the soil without reflecting an effect on the quality of the juice in any cycle as a result of the type of fertilization.

Keywords: Growth, compost, internodes, nutritional extraction.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 3, marzo. 2016. pp: 27-34.

Recibido: septiembre, 2015. **Aceptado:** marzo, 2016.



INTRODUCCIÓN

El Ingenio

Presidente Benito Juárez (IPBJ) es el de mayor importancia en el estado de Tabasco, México; en 2014 registró una superficie de cultivo de 23,745 ha, con rendimientos en campo de 53.1 t ha⁻¹ y en fábrica de 4,824 kg ha⁻¹ de azúcar (CAÑEROS, 2016), considerados como bajos y atribuidos a baja densidad de tallos, presencia de plagas, excesos de humedad, programa deficiente de fertilización y elevados costos de fertilizantes. Para aplicar las dosis recomendadas de nutrientes, existen diferentes fuentes tales como, composta, abonos verdes, biofertilizantes, vinazas y otras (Salgado *et al.*, 2011) que pueden suplir a los fertilizantes químicos. La cachaza es un material orgánico que se genera durante la clarificación de los jugos, y por cada tonelada de caña procesada se obtienen de 30-50 kg que pueden usarse como abono, pero se necesitan grandes volúmenes para aportar cantidades suficientes de nutrientes al cultivo, sin embargo, mediante el composteo es posible reducir el volumen y concentrar los nutrientes para fertilizar la caña de azúcar con menores volúmenes de abono (Arreola *et al.*, 2004). En Brasil, para el abonado en verde en sistemas de rotación, se destaca el uso de fabáceas (antes leguminosas) por ser fijadoras de nitrógeno atmosférico (N), y en la actualidad muchas especies poáceas (gramíneas) y crucíferas (nabo forrajero) son consideradas como abonos verdes por acción de cobertura, además de incorporar carbono al suelo. En la India reportan que fabáceas como el chícharo (*Vigna radiata* L.) y frijol Adzuki (*Vigna mungo* L.) pueden ser asociadas a caña en plantilla durante primavera y en cultivo de soca. Las mediciones de la tasa fotosintética, conductancia estomática, tasa de transpiración e índice de área foliar fueron similares, tanto asociadas como en monocultivo; concluyen que el establecimiento de estas leguminosas es promisorio para el cultivo de caña (Singh y Lal, 2007). Considerando que los fertilizantes químicos registran incrementos continuos, y que existe suficiente información sobre el uso de compostas, abonos verdes (Pérez *et al.*, 2006) y biofertilizantes (Salgado *et al.*, 2013), y que estos pueden aportar nutrientes suficientes al cultivo de la caña de azúcar, se evaluaron diferentes fuentes de fertilizantes para caña de azúcar cultivada en Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo del sitio experimental es Cambisol flúvico (Éutrico Arcílico) caracterizado por pH de 5.7, MO 1.8%, N total 0.09%, P-Olsen 10.6 mg kg⁻¹, y bases K 0.24, Ca 12.9,

Mg 6.0 y CIC 22.3 cmol (+) kg⁻¹, su textura es arcillosa y forma parte de la zona de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez (684796 X, 4751227 Y). Las labores de preparación del terreno consistieron en barbecho cruzado, rastreo doble y surcos de 1.35 m de ancho, con la variedad Mex 79-431 en cordón doble punta-cola; la cosecha se realizó a los 10 meses para el ciclo plantilla y 11 meses para el ciclo de soca. A partir de los registros climáticos de 29 años (1971-2000) de temperaturas máximas, mínimas, precipitación y evaporación de la estación meteorológica más cercana se generó un clíograma de Thornthwaite para el área de estudio.

Diseño experimental y manejo agronómico

Se establecieron ocho tratamientos más un testigo (Cuadro 1) bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de ocho surcos de 1.35 m de ancho por 10 m de largo; para evitar el efecto de borde la parcela útil fue de seis surcos de 8 m de largo. Para el ciclo de soca se incluyó un tratamiento adicional (T4 aplicado en solución); mientras que en los T2 y T3, solo se evaluó el efecto residual de las fabáceas. El resto de los tratamientos se aplicaron como se indica en el Cuadro 1. Las malezas se controlaron con una aplicación pre-emergente de Hexazinona+Diurón a razón de 926.8 g y 327.2 g de i.a. ha⁻¹ en 200 L de agua, tres meses después se realizó una limpieza manual.

Características de la composta de cachaza

El análisis químico de muestras de composta mostró pH ligeramente ácido, bajo contenido de MO, rico contenido de N, alto contenido de P, medio de K, alto Ca y Mg y alto de micronutrientos (Cuadro 2). Por su potencial de aporte destacó el N, siendo pobre en P y K.

Variables de estudio

Materia seca (MS) y nitrógeno en fabáceas. Por cada repetición se muestrearon al azar tres plantas en la etapa de floración (120 a 145 ddg), se pesaron en fresco y después se secaron a 60 °C por 72 h en estufa con circulación de aire, para estimar la producción de materia seca. Posteriormente, se molieron las muestras para determinar el N total por el método Kjeldahl y calcular el contenido de N total (%) con la siguiente fórmula:

$$N(\%) = [20mL Cl 0.1N-G (mL Na OH 0.1 N) \times 1.4mg N/PSM mg] \times 100$$

Donde; G=Gasto; PSM=Peso seco de la muestra.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización para el ciclo plantilla de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), variedad Mex 79-431 en Tabasco, México.

Tratamiento	Descripción
1	Testigo sin fertilizante [¥]
2	<i>Cajanus cajan</i> , dos hileras establecidas a 30 cm del surco y 10 cm entre plantas; una semilla por sitio de siembra después de la brotación de la caña.
3	<i>Canavalia ensiformis</i> , dos hileras establecidas a 30 cm del surco y 33 cm entre plantas, una semilla por sitio de siembra después de la brotación de la caña.
4	Fertilización química: 120N-80P-80K = 357 kg de triple 17+ 200N kg de urea, aplicación superficial al lado del surco, dos meses después de la brotación [¥]
5	Composta 10 t ha ⁻¹ aplicada sobre la cepa al mes de la brotación
6	Composta 15 t ha ⁻¹ aplicada sobre la cepa al mes de la brotación
7	Composta 20 t ha ⁻¹ aplicada sobre la cepa al mes de la brotación [¥]
8	Biofertilizantes combinado de <i>Azospirillum brasiliensis</i> y micorrizas vesículo-arbusculares al mes de la brotación.
9	Igual al T4, se aplicó en forma líquida usando una relación 1:1.5 de fertilizante: agua [£]

[¥] Tratamientos aplicados en el ciclo plantilla. [£] Sólo se aplicó en ciclo soca.

Rendimiento de N total (Rnt) de las fabáceas. Esta variable se calculó multiplicando el N total (%) por el rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹):

$$RNT = \%NT * RMS$$

Donde; $\%NT$ = Porcentaje de nitrógeno total; RMS = Rendimiento de materia seca.

Crecimiento de la caña de azúcar. A partir de los tres meses de edad se realizaron muestreos mensuales de biomasa total en los tratamientos T1, T4 y T7 en el ciclo plantilla (Cuadro 1); cada muestreo constó de cuatro repeticiones. La biomasa total fue pesada (kg m⁻¹), después el material fue separado en hojas y tallos, registrando el peso de los tallos; las muestras se molieron en una picadora, tomando una submuestra de 500 g que fue secada a 70 °C para determinar el porcentaje de humedad y calcular el rendimiento de materia seca. Con estos datos se calculó la materia seca de paja, tallo y biomasa total.

Número de tallos y entrenudos. En cada muestreo, durante la separación de la paja de los tallos se realizó el conteo de nudos y entrenudos por tallo, en ciclo plantilla. Este conteo se hizo en cada muestreo de los tratamientos T1, T4 y T7.

Extracción nutrimental NPK. En las submuestras donde se determinó el porcentaje de humedad en cada etapa de muestreo, se hizo el análisis de N, P y K de acuerdo con los métodos del laboratorio de suelos, plantas y aguas del Colegio de Postgraduados *Campus Tabasco*. A partir de los datos de materia seca y concentraciones nutrimentales se calcularon las cantidades de N, P y K extraídas por el cultivo en ciclo plantilla.

Diagnóstico nutricional. A los cuatro meses de edad del cultivo se realizó un muestreo foliar tomando la hoja número cuatro, recolectando 15 hojas por parcela eliminando la punta, la base y la nervadura central (Salgado-García *et al.*, 2013). El muestreo se llevó entre 7:00-9:00 am en todos los tratamientos; las muestras se transpor-

Cuadro 2. Composición química de la composta de cachaza usada como biofertilizante en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Tabasco, México.

	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
		%		Mg kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
Concentración nutrimental de la composta:	6.2	3.3	0.14	12.3	0.25	19.6	3.1	0.11	107	28.8	26.5	20.9
Aporte nutrimental (en kg) de una dosis de 15 t ha ⁻¹ de composta:		495	21	0.18	1.46	117.8	11.3	0.37	1.6	0.43	0.39	0.31

taron a ± 4 °C al Laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas para su análisis.

Rendimiento de caña (t ha⁻¹). La cosecha se realizó a los 10 meses de edad para el ciclo plantilla y a 11 meses para el ciclo soca. Se cosechó la parcela útil de forma manual bajo el sistema de cosecha en verde, se eliminaron hojas secas y verdes, y se despuntó en la sección 8-10. La caña se pesó en una balanza digital marca Owen; estos datos se utilizaron para calcular el rendimiento.

Calidad de jugos. Antes de la cosecha se tomaron cinco tallos al azar de cada parcela experimental y enviaron al laboratorio de fábrica para analizar la calidad de los jugos (grados Brix, pureza = [(sacarosa/Grados Brix)*100], sacarosa (%) y azúcares reductores (%)) mediante el método del Molino Cubano.

Estimación de clorofila. A los cuatro meses de edad del cultivo en el ciclo de plantilla, se efectuaron mediciones de clorofila con un equipo SPAD-Minolta, en la hoja cuatro.

Análisis estadístico

Para el rendimiento de caña, calidad de jugos y actividad de clorofila se realizaron análisis de varianza bajo un diseño en bloques al azar; para el resto de las variables se efectuó un análisis de varianza bajo un diseño factorial 3x7 (tres tratamientos de fertilización y siete fechas de muestreo) y la prueba de comparación múltiple de medias, usando el paquete SAS 6.11 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Apporte de N por las fabáceas. Se registró que las fabáceas aportan más nitrógeno que el requerido por el cultivo de caña de azúcar (77.6 kg ha⁻¹) (Salgado-García *et al.*, 2011), donde *C. cajan* aportó 155 kg ha⁻¹ cantidad superior al aporte de *C. ensiformis*, coincidiendo con reportes sobre la fijación biológica de N por Córdova-Sánchez *et al.* (2013).

Influencia del Clima. Durante los primeros tres meses de crecimiento el cultivo de caña recibió 916.6 mm de precipitación (Figura 1), lo que favoreció su crecimiento. De noviembre de 2009 a junio de 2010 se realizó la cosecha, y durante este periodo se registraron 729.4 mm acumulando 1646 mm durante el ciclo. Esta precipitación satisface los 1500 mm de agua requeridos

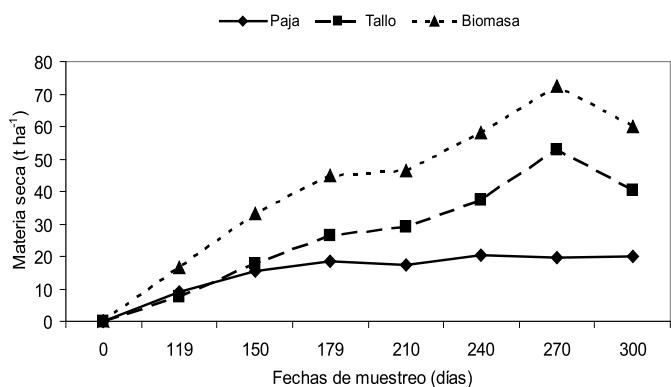


Figura 1. Acumulación de materia seca de paja, tallo y biomasa aérea en la variedad Mex 79-431 de *Saccharum* spp. en un ciclo de cultivo de plantilla, bajo tratamientos de fertilización.

por el cultivo, pero la distribución irregular limita el desarrollo; los últimos cuatro meses de crecimiento coincidieron con la época de sequía retrasando el desarrollo del cultivo. La temperatura mínima fue superior a 20 °C, favorable para el crecimiento del cultivo.

Crecimiento. A los tres meses de edad el cultivo produjo 21% de su materia seca total, valor superior al reportado por Gava *et al.* (2006); durante esta etapa la producción de paja fue mayor que la de tallo (Figura 1) debido a que la planta presentó un crecimiento acelerado del sistema foliar que finalizó hacia fines de abril de 2010. En una etapa posterior se observó una producción de biomasa más lenta, que coincidió con la sequía, y afectó que la variedad evaluada no alcanzara la madurez porque las parcelas fueron cosechadas a los 10 meses. Al momento de cosecha la variedad Mex 79-431 presentó la relación paja:tallos de 0.33 que indicó desarrollo promedio adecuado durante el ciclo, observándose diferencias altamente significativas en la producción de materia seca entre tratamientos de fertilización (Cuadro 4). La dosis de 20 t ha⁻¹ de compost de cachaza produjo mayor materia seca que el

Cuadro 3. Apporte de nitrógeno de *Cajanus cajan* L. y *Canavalia ensiformis* L. a un suelo cultivado con caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Tabasco, México.

Especie	Concentración foliar N (%)	Materia seca (kg ha ⁻¹)	Apporte de N al suelo (kg ha ⁻¹)
<i>Canavalia ensiformis</i> L.	2.19±0.35 [†]	7,236±1789	155±25
<i>Cajanus cajan</i> L.	2.40±0.30	16,970±3446	413±117

[†] Promedio de cuatro repeticiones.

Cuadro 4. Valores de componentes del rendimiento y concentración nutrimental de la variedad Mex 79-431 de *Saccharum* spp., bajo tres tratamientos de fertilización en ciclo plantilla de 10 meses, en Tabasco, México.

Tratamiento	Número de tallos m^{-1}	Nutrimentos en Paja (%)			Nutrimentos en Tallo (%)		
		N	P	K	N	P	K
Testigo	14.5a [†]	0.80a	0.19b	1.37a	0.26a	0.12a	0.80a
120N-60P-80K	14.3a	0.91a	0.19b	1.45a	0.31a	0.10a	0.80a
20 t ha^{-1} de compost	15.1a	0.90a	0.21a	1.39a	0.24a	0.13a	0.79a
Media	14.6	0.87	0.20	1.40	0.27	0.12	0.80
CV (%)	16	26	15	15	48	35	35
Prob. de F. Trat.	0.45NS	0.13NS	0.01**	0.32NS	0.14NS	0.06NS	0.96NS
DMS	1.5	0.14	0.02	0.14	0.08	0.03	0.18

Tratamiento	Número de entrenudos m^{-1}	Producción Materia Seca (t ha^{-1})			Extracción Nutrimental (kg ha^{-1})		
		Paja	Tallo	Total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Testigo	192a	17.3ab	26.2b	43.5c	203a	142b	483b
120N-60P-80K	195a	16.2b	30.8a	47.0b	230a	142b	502ab
20 t ha^{-1} de compost	203a	18.2a	33.4a	51.6a	237a	187a	560a
Media	197	17.21	30.17	47.38	223	157	515
CV (%)	27	18	15	11	25	22	19
Prob. de F. Trat.	0.72NS	0.05*	0.01**	0.01**	0.06NS	0.01**	0.01**
DMS	36.7	1.9	3.0	3.3	35.7	22.4	63.6

[†] Medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$). NS no significativo, ** altamente significativo, * significativo.

testigo y fertilización química, coincidente con lo reportado por Arreola *et al.* (2004) y Hernández *et al.* (2008).

Entre los tratamientos no se observaron diferencias significativas respecto **número de entrenudos y tallos** (Cuadro 4), los promedios de 14.6 tallos y 197 entrenudos por metro lineal, indicaron que el suelo es de mediana fertilidad (Salgado-García *et al.*, 2011). Respecto al **contenido de N, P y K**, la paja presentó mayor contenido nutrimental en comparación con el tallo (Figura 2). La demanda nutrimental fue K>N>P en ambos componentes del cultivo, y la mayor demanda se observó a los 119 días de crecimiento, después tendió a disminuir. Las concentraciones promedio en la paja fueron 1.41% K, 0.87% N y 0.20% P; para el tallo fueron 0.79% K, 0.27% N y 0.12% P, este balance se pudo atribuir a que en las hojas ocurre la fotosíntesis y demandan más nutrientes que el tallo que es un órgano de reserva de azúcares. Respecto a los contenidos nutrimentales de N, P y K de paja y tallo, sólo en K se observaron diferencias altamente significativas a los tratamientos de fertilización (Cuadro 4), mientras que en la fertilización con 20 t ha^{-1} de cachaza, la variedad de caña evaluada obtuvo la concentración foliar más alta

de K (0.21%), lo cual podría deberse a un efecto residual de K en la compost. El **diagnóstico foliar** realizado a los cuatro meses en el ciclo de plantilla indicó que no hubo respuestas significativas en la concentración NPK a la fertilización. Los valores promedio fueron 1.22% N, 0.26% P y 0.22% K en este caso destacó la deficiencia de N y K al comparar los valores obtenidos contra los estándares reportados (1.5-1.7% de N, 0.18-0.22% de P y 1.2-1.8% de K) por Salgado *et al.* (2013). Esta deficiencia fue

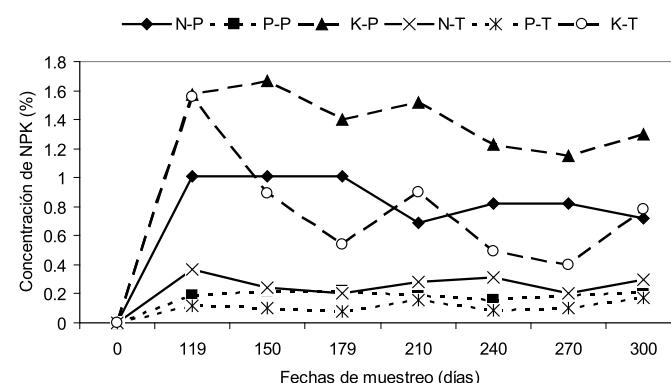


Figura 2. Concentración de NPK (%) en paja y tallo durante un ciclo de cultivo de la variedad Mex 79-431 de *Saccharum* spp. ciclo plantilla bajo tratamientos de fertilización en Tabasco, México.

corroborada por el análisis químico de suelo que indicó contenido bajo de K ($0.22 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ de suelo).

Extracción de N, P₂O₅ y K₂O. Durante el crecimiento de la caña de azúcar se observó acumulación de N, P₂O₅ y K₂O en biomasa (Figura 4); el orden de extracción de estos nutrientes se mantuvo en K>N>P. Las cantidades extraídas al momento de la cosecha fueron 257 kg ha⁻¹ de N, 249 de P₂O₅ kg ha⁻¹ y 676 de K₂O kg ha⁻¹ que superaron a las cantidades reportadas de 78 kg ha⁻¹ de N, 70 de P₂O₅ y 35 de K₂O para el cultivo en el mismo tipo de suelo con fertilización pobre (Salgado-García et al., 2011). En el mes de mayo se observó que Mex 79-431 continuó extrayendo más P y K, lo que indicó que la caña es un cultivo muy extractivo. De estos nutrientes 142 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ 94 kg ha⁻¹ y 362 K₂O kg ha⁻¹ se quedan en la paja, por lo que se sugiere que parte de ella se incorpore al suelo para reponer estos nutrientes pues superan a los aportados por la fertilización. Las extracciones de N, P₂O₅ y K₂O solo registraron diferencias significativas en P y K (Cuadro 4). La extracción de N fue similar en todos los tratamientos, y el suelo aportó la misma cantidad de N en

los tratamientos con fertilización química y orgánica. Respecto a P, el cultivo de caña extrajo la misma cantidad de este nutriente en el testigo y en el tratamiento que recibió la fertilización química, pero ello no implica que sea recomendable suspender la fertilización. La compostura presentó un efecto residual mayor que la fertilización química, razón por la cual aportó más P y K al cultivo (Figura 3).

Rendimiento de tallo

Se observaron diferencias altamente significativas en el rendimiento de tallo moledero entre tratamientos en el ciclo plantilla (Cuadro 5). Se observó que *C. ensiformis* compitió más con el cultivo que *C. cajan*, por ello el rendimiento de tallo fue menor en ese tratamiento. Según la literatura un efecto similar fue observado en Guatemala por Pérez et al. (2006). La distancia de siembra de las leguminosas fue inadecuada ya que debe ser a 40 cm de las cepas de caña. *C. ensiformis* no completó su ciclo de crecimiento ya que por el sombreado no llegó a floración y continuó su crecimiento vegetativo por lo que se cosechó y depositó como abono verde en el entresuero, a los cuatro meses de edad. La caña de estas parcelas presentó un retraso de dos meses en su crecimiento. Por ser este suelo de mediana fertilidad, el crecimiento de ambas fabáceas fue exuberante, lo que redujo el ahijamiento del cultivo de la caña y produjo ahijamiento. En estos tratamientos no fue necesario aplicar herbicida para el control de malezas. El rendimiento del testigo corroboró que el suelo es de mediana fertilidad, ya que fue similar al resto de los tratamientos fertilizados. Para el ciclo soca no se observaron diferencias significativas entre tratamientos con una media de rendimiento de 102 t ha⁻¹ y un CV de 16.5% (Cuadro 5); los rendimientos de tallo se consideran aceptables, y se obtuvo un incremento promedio de 35 t ha⁻¹ en soca en comparación con el ciclo plantilla.

Calidad del jugo y actividad de clorofila

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en la calidad del jugo en el ciclo de plantilla, con excepción de azúcares reductores (Cuadro 5). Los valores promedio de sacarosa 9.46%, 18.8 °Brix, pureza 50% y azúcares reductores 0.97% corroboran que la caña estaba inmadura, los valores establecidos en México para definir jugos de buena calidad son

>12.5% de sacarosa, 18-22 °Brix, 79 a 89% de pureza y <1% de azúcares reductores (Salgado et al., 2003).

A la variedad Mex 79-431, le faltaron cuatro meses de crecimiento para concluir el proceso de madurez. Un efecto similar se observó para el ciclo soca, los valores medios fueron: pureza 91%, Fibra 20%, 12.7 °Brix, sacarosa 11.62% y azúcares reductores 0.52% (datos no presentados). No hubo diferencias significativas en la actividad de clorofila en los diferentes tratamientos de fertilización para el ciclo plantilla lo que indicó que la caña estaba bien nutrida en N (Cuadro 4). El valor promedio de la actividad de clorofila fue 27 Spad, el cual resultó menor a los 41.1 Spad observado en Pujiltic en las variedades Mex 69-290 y Mex 73-431 (Hernández et al., 2008).

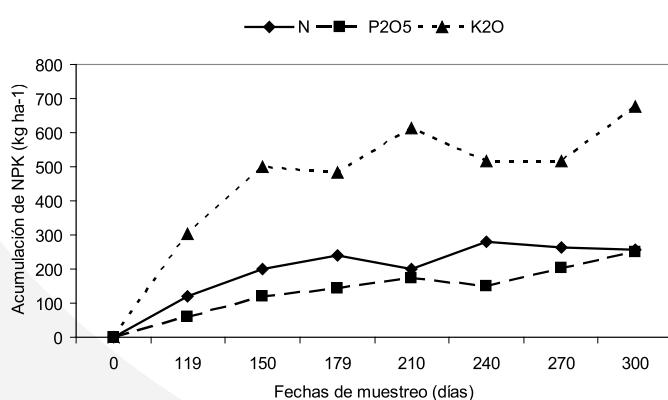


Figura 3. Acumulación de N, P y K durante un ciclo de cultivo de la variedad Mex 79-431 de *Saccharum* spp. en plantilla bajo tratamientos de fertilización.

Cuadro 5. Rendimiento de tallo, calidad de jugo y actividad de clorofila en la variedad Mex 79-431 de *Saccharum spp.*, ciclo plantilla bajo diferentes fuentes de fertilización en Tabasco, México.

No.	Tratamientos	Plantilla	Soca	Calidad del jugo de caña plantilla				Clorofila (Spad)
		(t de tallo ha^{-1})	Sacarosa (%)	°Brix	Pureza (%)	Azúcares reductores (%)		
1	Testigo	69.2a [†]	99.5 a	8.61a	18.5a	46.2a	0.77ab	26.0a
2	<i>C. cajan</i>	38.4b	93.5 a	9.25a	19.1a	48.5a	0.96ab	25.9a
3	<i>C. ensiformis</i>	51.5ab	124.0 a	9.62a	18.2a	52.7a	0.79ab	23.8a
4	FQ 120-80-80	71.7a	101.7a	9.52a	19.4a	49.0a	0.77b	29.4a
5	Composta 10 t ha^{-1}	77.1a	95.2 a	9.40a	19.0a	49.2a	1.53a	29.0a
6	Composta 15 t ha^{-1}	70.5a	107.2 a	10.12a	18.7a	53.7a	1.13ab	26.1a
7	Composta 20 t ha^{-1}	76.1a	104.0 a	9.25a	19.3a	48.0a	0.68b	26.9a
8	Biofertilizantes	71.0a	99.5 a	9.90a	18.6a	53.2a	1.15ab	27.9a
9	FQ 120-80-80 L	-	95.2 a	-	-	-	-	-
Media		67	102.2	9.46	18.8	50	0.97	27
CV (%)		17	16.5	13	7	10	33	9
Prob de F. Trat.		0.01**	0.33NS	0.80NS	0.92NS	0.37NS	0.01**	0.06NS
DMS		26	40.6	2.9	3.2	12.3	0.76	5.7

[†] Medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$). NS no significativo, ** altamente significativo.

CONCLUSIONES

Respecto

a parámetros nutrimentales y de crecimiento, la fertilización orgánica es una fuente alternativa para sustituir a la de fuente química en la variedad Mex 79-431. El suelo Cambisol fluvico (Arcílico Éutrico) es de mediana fertilidad, pero es necesario un programa de fertilización para conservar sus propiedades a mediano y largo plazo. La variedad de caña evaluada presentó buen crecimiento, ya que su relación paja: tallo fue de 0.33, se determinó que las demandas nutricionales del cultivo de caña son $K > N > P$. La especie *C. ensiformis* en el tratamiento de siembra de 30 cm presentó mayor competencia con la caña que *C. cajan*, pero redujo la población de malezas. Para el ciclo plantilla y soca no se observaron diferencias significativas; las medias de rendimiento fueron 67 t ha^{-1} y 102 t ha^{-1} respectivamente. La calidad de los jugos en plantilla y soca, no fueron modificada por las fuentes de fertilización. Para el ciclo de soca se observaron deficiencias de N y K en tejido foliar y suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al Comité de Producción y Calidad Cañera del Ingenio Presidente Benito Juárez, por el financiamiento para esta investigación. Al Sr. Ovidio Córdova Gamas por la parcela donde se estableció el experimento.

LITERATURA CITADA

Arreola E.J., Palma L.J.D., Salgado G.S., Camacho Ch. W., Pastrana A.

I. 2004. Efecto de Cachaza enriquecida sobre la producción y la calidad de la caña de azúcar. TERRA 22: 351-357.

Cañeros. 2016. Unión nacional de cañeros A.C. CNPR. Disponible en: <http://www.caneros.org.mx/estadisticas.html> (Fecha de consulta: 07/01/2016).

Córdova-Sánchez S., Cárdenas-Navarro R., Peña-Cabriales J.J., Salgado-García S., Castelán-Estrada M., Lobbit-Phellipe C., Vera-Núñez J. A. 2013. Fijación biológica de nitrógeno por cuatro fabáceas en suelos ácidos de Tabasco, México. Rev. FCA UNCUYO. 45: 01-09.

Gava J.C.G., Silva M.A., Ocheuze T.P.C., Vitti, A. C., Penati. C.P., Caputo M.M. 2006. Acumulación de fitomasa y macronutrientos en rebrotos de caña de azúcar cultivados en suelos cubiertos por paja. In: Memorias del VI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latino América y el Caribe, ATALC. Guayaquil, Ecuador. p 1-9.

Hernández M.G.I., Salgado G.S., Palma-López D.J., Lagunes E.L.C., Castelán E.M., Ruiz R. O. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de Nutrientes en caña de azúcar en un Gleysol Mólico de Chiapas, México. Interciencia 29: 855-860.

Pérez O., Hernández F., López A., Balaña P., Solares E. 2007. El uso de abonos verdes como alternativa para mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo de la caña de azúcar. ATAGUA. Edición julio-septiembre. Guatemala. p 6-10.

Salgado G.S., Lagunes E.L.C., Núñez E.R., Ortiz G.C.F., Bucio A.L., Aranda I.E.M. 2013. CAÑA DE AZUCAR: Producción sustentable. BBA, Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. México D.F. 520 p.

Salgado-García S., Palma-López D.J., Zavala-Cruz J., Lagunes-Espinoza L.C., Castelán-Estrada M., Ortiz-García C.F., Juárez-López J.F., Ruiz-Rosad, O., Armida-Alcudia L., Rincón-Ramírez J.A., Córdova-Sánchez S. 2011. Un programa de

fertilización sustentable para el Ingenio "Presidente Benito Juárez" en Tabasco, México. AIA 15: 45-65.

Salgado G.S., Núñez E.R., Peña C.J.J., Etchevers B.J.D., Palma L.D.J., Soto H.M.R. 2003. Manejo de la fertilización en el rendimiento, calidad del jugo y actividad de invertasas en caña de azúcar. Interciencia 28: 576-580.

Singh, A.K., Lal, M. 2007. Assessment of system productivity, cane physiology and economic viability of sugarcane (*Saccharum* complex hybrid)-based crop diversification options through on station and on-farm trials. Indian Journal of Agricultural Sciences 77: 866-869.

