



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,
A.C.
México

Arreola-Enriquez, Jesús; Palma-López, David J.; Salgado-García, Sergio; Camacho-Chiu, Wilder;
Obrador-Olán, J. Jesús; Juárez-López, J. Francisco; Pastrana-Aponte, Laureano
Evaluación de abono organo-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar
Terra Latinoamericana, vol. 22, núm. 3, julio-septiembre, 2004, pp. 351-357
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57322312>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

EVALUACIÓN DE ABONO ORGANO-MINERAL DE CACHAZA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Evaluation of Organic-Mineral Fertilizer of Filter Cake on Yield and Quality of Sugarcane

Jesús Arreola-Enriquez¹, David J. Palma-López[†], Sergio Salgado-García¹, Wilder Camacho-Chiu², J. Jesús Obrador-Olán¹, J. Francisco Juárez-López¹ y Laureano Pastrana-Aponte³

RESUMEN

En diversas partes del mundo y en México, la cachaza se ha utilizado como abono orgánico con resultados prometedores, con el inconveniente de que su uso requiere de grandes volúmenes por hectárea, dificultando su transporte y manejo. Se evaluaron los efectos de tres dosis de cachaza enriquecida con N (0.6%) y K (0.2%) sobre las propiedades del suelo, el rendimiento y la calidad del jugo de caña azúcar, además de la fórmula de fertilización convencional y un testigo, con un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indican que el suelo mejoró sus propiedades químicas con respecto al testigo absoluto y los tratamientos con 10 y 15 t ha⁻¹ de abono órgano-mineral de cachaza (AOMC) fueron los que respondieron en un incremento en variables, como: materia orgánica (15 y 24%), pH (6 y 8%), N total (48 y 70%), N mineral (144 y 162%), P (300 y 461%) y K (46 y 47%). Asimismo, el rendimiento de caña se incrementó significativamente cuando se fertilizó con 10 t ha⁻¹ de AOMC (84.6 t ha⁻¹), en comparación con el testigo y la fertilización química (35 y 52 t ha⁻¹, respectivamente). Por otra parte, la calidad del jugo (grados Brix, sacarosa, pureza y fibra) no mostró efecto de tratamientos, por lo que se puede deducir que con 10 y 15 t ha⁻¹ AOMC es posible incrementar el rendimiento de caña de azúcar sin afectar la calidad del jugo y, simultáneamente, evitar la actual contaminación ambiental provocada por los fertilizantes químicos utilizados en este cultivo

Palabras clave: *Saccharum officinarum*, propiedades del suelo, nutrimentos.

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México.

² Instituto Tecnológico Agropecuario No. 28. Villahermosa, Tabasco, México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Huimanguillo, Tabasco, México.

[†] Autor responsable (dapalma@colpos.mx)

Recibido: Febrero de 2001. Aceptado: Octubre de 2003.
Publicado en *Terra Latinoamericana*: 351-357.

y por la cachaza arrojada a los cuerpos de agua y suelo.

SUMMARY

Around the world, including Mexico, filter cake has been used as organic fertilizer. Results have been very good but transportation and handling are difficult, as large amounts of filter cake are needed per hectare. Three fertilization rates of filter cake enriched with N (0.6%) and K (0.2%) were evaluated for soil properties, yield, and quality of sugar cane. A conventional fertilization formula and a soil control were also tested. The experiment had a random model with four replications. Results indicate that chemical properties improved the soil, with respect to the control soil. The treatments receiving 10 and 15 t ha⁻¹ AOMC corresponded to those that increased several variables: organic matter (15 and 24%), pH (6 and 8%), total N (48 and 70%), mineral N (144 and 162%), P (300 and 461%), and K (46 and 47%). Similarly, the yield of sugar cane increased significantly when 10 t ha⁻¹ AOMC (84.6 t ha⁻¹) were applied, compared to the control soil and inorganic fertilizer (35 and 52 t ha⁻¹, respectively). On the other hand, juice quality (Brix degrees, saccharose, purity, and fiber) was not different among treatments. For that reason we may assume that with 10 and 15 t ha⁻¹ of AOMC it is possible to increase the yield of sugar cane without detriment to juice quality. At the same time, the environmental pollution caused by the wasted filter cake, released into the soil and water bodies caused by chemical fertilizers currently used in sugar farming, may be avoided.

Index words: *Saccharum officinarum*, soil properties, nutrients.

INTRODUCCIÓN

Para producir una tonelada de tallos molederos, el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) requiere de 1.2 kg de N, 0.7 kg de P y 3.0 kg de K, por lo cual es considerado extractivo, y con estos

nutrimentos la dosis de fertilización recomendada por el Ingenio Pdte. Benito Juárez (120-60-60) es insuficiente para satisfacer sus requerimientos en esta región (Salgado *et al.*, 2000); además, se ha detectado que sólo 30% del N del fertilizante es utilizado por el cultivo de la caña de azúcar (Salgado *et al.*, 2001b). Esto plantea la necesidad de buscar nuevas estrategias de fertilización que permitan conservar la fertilidad para producir caña de azúcar de manera sostenible.

La agroindustria de la caña de azúcar en Tabasco genera 40 500 t año⁻¹ de cachaza, cuyo material orgánico de color pardo oscuro proviene de la filtración y del lavado de los lodos sedimentados (tierra, ceras y raíces) del proceso de clarificación de los jugos de caña (Salgado *et al.*, 2001a).

La cachaza representa un problema en los ingenios por las grandes áreas que se requieren para su almacenamiento, además, genera mal olor y, en muchas ocasiones, es un foco de infección y un riesgo para la conservación del ambiente (Salgado *et al.*, 2001a). Sin embargo, lejos de ser un problema ambiental, este subproducto representa un abono orgánico con alto contenido nutrimental, dependiendo de la zona cañera y del proceso industrial. Se han encontrado que posee en base seca de 46 a 70% de materia orgánica (MO), 2.29% de N, 2.07% de P, 0.56% de K, 13% de Si, 0.68% de SO₃, 0.11% de Cl, 5.63% de CaO, 0.07% de Na₂O, 0.25% de Fe₂O₃, 0.47% de MgO y 6.24% de Al₂O₃ (Aloma, 1970).

Por esta razón, en diversas regiones cañeras del mundo, como Cuba, Brasil y México, la cachaza se ha utilizado en la fertilización del cultivo de caña con resultados prometedores y los incrementos en el rendimiento de caña son debidos a los cambios favorables en las propiedades físicas y químicas del suelo (Aso y Bustos, 1991). Una limitante para su uso masivo ha sido la cantidad que se tiene que aplicar para satisfacer la demanda nutrimental del cultivo (hasta 180 t ha⁻¹), que trae como consecuencia problemas del manejo y de costo durante su transporte y la aplicación de la cachaza.

Una alternativa para darle uso a este subproducto de agroindustria es su aplicación como abono organo-mineral (AOMC) al cultivo de la caña de azúcar, de forma tal que las dosis por hectárea no dificulten y encarezcan el manejo por transporte y aplicación de la misma en campo; esta opción se refiere al composteo y enriquecimiento nutrimental de la cachaza, con la adición de urea, para producir un abono organo-mineral. Razón por la cual, el objetivo de este

trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización con un AOMC en el comportamiento de algunas propiedades químicas de un Vertisol (MO, pH, N total, N mineral, P y K), en el rendimiento y en la calidad de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Caracterización del Área de Estudio

El estudio se realizó durante un año, del 20 de mayo de 1999 al 20 de mayo de 2000 en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco (17° 59' N y 93° 34' O); el clima es cálido húmedo con lluvias durante todo el año, temperatura media anual de 26 °C y precipitación media anual de 2256 mm.

El suelo fue un Vertisol eútrico, con las siguientes propiedades iniciales de la capa arable: pH: 6.0; MO: 2.49%; Nt: 0.09%; P asimilable: 14.03 mg kg⁻¹; K: 0.192 cmol (+) kg⁻¹; Ca: 14.71 cmol (+) kg⁻¹; Mg: 7.35 cmol (+) kg⁻¹; Na: 0.13 cmol (+) kg⁻¹; arena: 34%; limo: 28%; arcilla: 38% (textura migajón arcilloso). Los análisis correspondientes se realizaron de acuerdo con los métodos recomendados por Jones *et al.* (1991).

Antecedentes y Manejo del Cultivo

El experimento se llevó a cabo con un cultivo de caña de azúcar variedad Mex-69-290 en resoca Número 5. Después de realizar la cosecha anterior, se procedió a la limpieza del campo para remover la paja y para alomar los residuos poscosecha por gavilla (cada seis surcos). Las prácticas agronómicas para el manejo del cultivo se realizaron de acuerdo con Salgado (1999) y éstas consistieron en un paso de subsoleo, un paso de cultivadora, una aplicación de herbicida Velpar K3 (Diuron: (3-(3,4-diclorofenil)-1,1-Dimetilurea) a razón de 2 L ha⁻¹ en 400 L de agua, aplicación de cebos envenenados con base en Warfarina (Cumarina) para el control de la rata cañera y seis chapeos manuales en callejones para facilitar el acceso a las parcelas durante los muestreos. La aplicación de los tratamientos de fertilización se realizó a dos meses de edad de la caña (julio de 1999). La cosecha se realizó en forma manual a 11 meses de edad, previamente se realizó la quema, con el propósito de facilitar el corte de caña.

Elaboración del AOMC

El tratamiento previo de la cachaza utilizada consistió en apilarla en montones con 30 cm de espesor y 10 m de longitud sobre una capa de plástico para iniciar el proceso de composteo y evitar el efecto de lluvia y favorecer las altas temperaturas, y, por ende, un proceso de precomposteo y mineralización en el menor tiempo posible; cada cuatro días, se realizaba el volteo para favorecer la aireación. El pH del material se comportó estable por lo que no representó ningún problema. Posteriormente, se mezcló una tonelada de cachaza en base seca con 0.6 de N (urea) y 0.2% de K (KCl); el composteo tuvo una duración de 24 días y, de esta forma, se obtuvo abono organo-mineral de cachaza (AOMC). Previo a la aplicación de éste, se analizó su composición química (Jones *et al.*, 1991) (Cuadro 1).

Diseño Experimental

Los tratamientos en estudio fueron cinco; en el Cuadro 2 se presentan las dosis aplicadas y la aportación total de N, P y K, por cada tratamiento de fertilización. Los cinco tratamientos se distribuyeron en el campo en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 7.8 m de ancho (seis surcos de 13 m) por 12 m de largo con parcela útil de 6.5 m (cinco surcos) por 10 m de largo.

Los tratamientos de fertilización se aplicaron a dos meses de edad de la caña de azúcar. El AOMC se aplicó en banda sobre la cepa de 20 a 30 cm de distancia del tronco, posteriormente se incorporó a 15 cm de profundidad sobre ambos lados del surco de caña. El fertilizante comercial se aplicó de manera simultánea como se acostumbra en la región semienterrado de 20 a 30 cm de la cepa de caña para simular la aplicación mecanizada (Salgado, 1999).

Variables Evaluadas y Toma de Muestras

Suelo. Los muestreos de suelo se realizaron cada mes, a partir del mes de aplicados los tratamientos en

campo y continuaron durante nueve meses consecutivos (de agosto 1999 a abril de 2000). Se determinaron pH, MO, Nt, P asimilable, K intercambiable, NH_4 y NH_3 con los métodos descritos por Jones *et al.* (1991).

Rendimiento de caña. La cosecha se realizó en mayo de 2000. En cada unidad experimental se cortó la caña y se separó por componente (tallo moletero, mamón, punta y basura), se registró el peso fresco y los datos se transformaron a t ha^{-1} .

Calidad del jugo de caña. Está definida por los parámetros grados Brix, sacarosa, pureza y fibra; de cada tratamiento se tomaron 10 cañas al azar y se llevaron al laboratorio del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), donde se les realizaron las determinaciones indicadas (Golcher *et al.*, 1984).

Análisis Estadístico

Los datos de cada una de las variables de estudio se analizaron estadísticamente por medio de un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$), con el programa computacional SAS, Versión 6.12 (SAS Institute, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos del AOMC en las Propiedades Químicas del Suelo

El aporte de los elementos primarios (N, P, K) en los tratamientos se incrementó conforme a la dosis de aplicación de AOMC; la dosis de 15 t ha^{-1} presentó los mayores valores como era de esperarse (Cuadro 2). En cuanto al comportamiento de las propiedades químicas, se observó la siguiente dinámica.

Materia orgánica. Se encontraron diferencias significativas en el contenido de MO del suelo cañero a nueve meses de la aplicación, por efecto del tipo y de la dosis de fertilización (Cuadro 3). El porcentaje de MO fue mayor en el tipo de fertilización organo-mineral, lo cual se atribuye a que estos tratamientos aportaron al suelo cantidades más altas de MO y que

Cuadro 1. Algunas características nutrimentales del abono organo-mineral de cachaza (AOMC) (base seca).

Humedad	MO [†]	N	P	K	Ca	Mg	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	pH
			%				mg kg ⁻¹		H ₂ O (1:2)
59	68	2.58	2.03	1.31	4.13	0.31	127	987	6.7

[†] MO = materia orgánica.

Cuadro 2. N, P, K promedio aportados por el abono organo-mineral de cachaza (AOMC) en un Vertisol cultivado con caña de azúcar, en la Chontalpa, Tabasco.

Tratamiento [†]	Fertilización	Nutrimientos aportados		
		Nt	P	K
		----- kg -----		
T0	Testigo	0	0	0
T1	120-60-60	120.0	26.0	31.6
T2	5 t ha ⁻¹	129.0	101.5	65.5
T3	10 t ha ⁻¹	258.0	203.0	131.0
T4	15 t ha ⁻¹	387.0	304.5	196.5

[†] T2, T3 y T4 con base en materia seca.

la aplicación se realizó en forma localizada sobre el surco; los valores máximos se asociaron con la dosis de 15 t ha⁻¹ de AOMC, seguido por la de 10 t ha⁻¹ y la de 5 t ha⁻¹; esto coincide con lo encontrado por Medina (1980), Rivera (1985), Paneque y Martínez (1992), Machado y Nieves (1993) y Armida *et al.* (1998), quienes encontraron aumentos significativos de MO en el suelo como efecto de las aplicaciones de cachaza sola o enriquecida al cultivo de caña de azúcar.

Entre el tratamiento de fertilización química y el testigo no se encontraron diferencias significativas. Los valores de MO en cada uno de los tratamientos, y en general durante el tiempo de muestreo, se mantuvieron en un valor considerado medio.

pH. El pH del suelo cañero fue ligeramente mayor en los tratamientos fertilizados con el AOMC, respecto al testigo y al tratamiento de fertilización química (Cuadro 3). Este incremento se considera benéfico porque la mayor disponibilidad de los elementos esenciales para el cultivo de caña ocurre a valores de pH entre 6 y 7 (Salgado *et al.*, 2001a) y, además, favorece la actividad bacteriana, responsable de la mineralización de la MO (Alexander, 1982). Resultados similares fueron encontrados por Arzola y Alonso (1982), Paneque y Martínez (1992) y Machado y Nieves (1993), pero discrepan de los encontrados por Arzola *et al.* (1981), Rivera (1985) y

Armida *et al.*, (1998) quienes, aplicando cachaza a un suelo cañero, no observaron incrementos significativos en el pH. El incremento del pH puede atribuirse al gran contenido de bases, en especial Ca que el AOMC contiene (Cuadro 1), que son suficientes para neutralizar los ácidos formados durante la descomposición de la MO o la acidez nativa del suelo. Parece ser que el alto porcentaje de bases (Ca y Mg) aportado por la cachaza fue capaz de neutralizar los iones H⁺ presentes en la solución del suelo y mantener estos cambios al año de incorporados, ya que, según Prasad (1977), con aplicación de cachaza disminuyen considerablemente los valores de Al y Mn en suelos arcillosos y arenosos.

Nitrógeno total. El Nt tuvo un comportamiento muy similar al de la MO, es decir, el tipo y la dosis de fertilización influyeron significativamente sobre el contenido de Nt del suelo (Cuadro 3). El mayor contenido de Nt se encontró, en orden descendente, de 15 a 5 t ha⁻¹ de AOMC, seguido del tratamiento con fertilización química y, por último, del testigo. Leal (1987) encontró resultados similares, pero Armida *et al.* (1998) no encontraron aumentos significativos de Nt en suelo con tratamientos de cachaza sin enriquecer (de 10 hasta 45 t ha⁻¹). Esta discrepancia de resultados se debe posiblemente a las diferencias químicas de la cachaza aplicada y, colateralmente, a la fertilidad del suelo experimental. La alta correlación entre los aumentos de Nt y los de MO se deben a que casi el total del primero se encuentra en forma orgánica (proteínas, vitaminas y aminoácidos), como lo indicó Kumada (1987).

N mineral. Las variables nitrato y amonio presentan respuesta significativa a los tratamientos, como se aprecia en el Cuadro 2. El mayor contenido de nitratos se obtuvo con 10 y 15 t ha⁻¹ de AOMC, el medio con 5 t ha de AOMC y el más bajo en los tratamientos de fertilización química y testigo. Esto coincide con Arzola y Alfonso (1982) y Arzola *et al.* (1981),

Cuadro 3. Efecto de la fertilización con el abono organo-mineral de cachaza (AOMC) en algunas propiedades químicas de un Vertisol, nueve meses después de la incorporación del AOMC.

Fertilización	MO [†]	Nt	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	pH	P	K
	----- % -----		----- mg kg ⁻¹ -----			mg kg ⁻¹	cmol(+)/kg ⁻¹
Testigo (T0)	2.57 d [‡]	0.091 d	10.00 d	16.97 d	6.08 b	13.00 e	0.188 d
12-60-60 (T1)	2.57 d	0.098 d	13.88 c	17.16 d	6.04 b	18.77 d	0.225 c
5 t ha ⁻¹ (T2)	2.86 c	0.116 d	20.66 b	20.02 c	6.45 a	31.88 c	0.252 b
10 t ha ⁻¹ (T3)	2.97 b	0.135 b	34.00 a	32.02 b	6.49 a	52.11 b	0.276 a
15 t ha ⁻¹ (T4)	3.19 a	0.155 a	36.55 a	35.36 a	6.59 a	73.44 a	0.278 a

[†] MO = materia orgánica. [‡] Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales Tukey (P < 0.05).

quienes midieron el efecto de la cachaza sobre algunas características del suelo y obtuvieron un incremento del N mineral de 43 y 70%, respectivamente, con relación al testigo absoluto; Rivera (1985), con 4kg de cachaza por planta + N₈₀PK, obtuvo mayor respuesta, con significancia estadística, respecto a los tratamientos N₀PK, N₈₀PK, estiércol 4 kg por planta + N₈₀PK (106, 138, 675% más de NH₄⁺ y 3, 0 y 176% más de NO₃⁻).

La liberación del N de la MO del suelo durante el periodo de desarrollo de los cultivos depende del porcentaje y de la calidad de la MO presente, de la textura del suelo, de la temperatura y de las condiciones de humedad existentes. Cabe destacar que el coeficiente de variación encontrado en esta variable fue 26%, que se atribuye a la dinámica del N mineral evaluado a través del NO₃⁻ y NH₄⁺ en los suelos.

El comportamiento del amonio (Cuadro 2) fue similar al de los nitratos; el contenido más alto se encontró en la dosis de 15 t ha⁻¹ de AOMC, disminuyendo en función de la dosis aplicada del AOMC, mientras que en los tratamientos de fertilización química y el testigo, no existieron diferencias significativas entre ellos, pero sí en los tratamientos de fertilización órgano-mineral. Por otra parte, las condiciones de humedad presentes en el Vertisol favorecieron la forma de ambas formas minerales de N.

Fósforo. Los tratamientos tuvieron efectos altamente significativos sobre el P asimilable en el suelo. Se encontraron diferencias entre todos los tratamientos (Cuadro 2), predominando las mejores respuestas en los tratamientos de fertilización con AOMC y las más bajas en el tratamiento de fertilización comercial y el testigo. Esto concuerda con Arzola *et al.* (1981), Arzola y Alfonso (1982), Rivera (1985), Leal (1987), Paneque y Martínez (1992), Machado y Nieves (1993) y Armida *et al.* (1998), quienes, con diferentes dosis de cachaza aplicada al suelo, lograron incrementos de P de 156, 300, 58, 150, 141, 100, 150, 232 y 163%, respectivamente, basándose en el testigo.

El efecto favorable de la MO del fertilizante organo-mineral o cachaza sola sobre la cantidad de P disponible para las plantas puede atribuirse al aporte de este nutrimento cuando ocurre el proceso de mineralización, quedando en libertad aniones de fosfato que pueden ser asimilados por las plantas. Por otra parte, el humus evita la fijación de P que se libera de la cachaza o que es aplicado mediante fertilizantes minerales. El aumento de pH encontrado eleva el contenido residual del P, esto debido a que al

reducirse la acidez del suelo, disminuye la fijación de los abonos fosfóricos (Cairo *et al.*, 1994).

Gran parte del requerimiento de P de la planta de caña de azúcar puede ser suministrado por la cachaza. La liberación de P a partir de la cachaza aplicada al suelo depende de su tasa de mineralización. Paneque y Martínez (1992) han calculado que alrededor de 60% del total de P en la cachaza puede ser liberado durante el primer año.

K intercambiable. La variable K también mostró efecto de los tratamientos (Cuadro 2); esto coincide con Guijarro *et al.* (1981), Arzola y Alfonso (1982), Rivera (1985) y Leal (1987), quienes también obtuvieron con las aplicaciones de cachaza aumentos de K en suelo de 11, 14, 144, 70 y 13%, respectivamente; sin embargo, esto discrepa con Paneque y Martínez (1992) y Armida *et al.* (1998). Esta divergencia en respuesta a tratamientos de cachaza sobre el contenido de K en suelo puede deberse a que la cachaza no posee una composición química cuantitativamente definida, pues depende principalmente de la zona cañera y del proceso seguido por la extracción (Arzola *et al.*, 1981), además de que los autores citados utilizaron cachaza sin enriquecer con K. Salgado *et al.* (2001a) reportaron que la cachaza presenta un bajo contenido de K₂O, por lo que lo considera un abono incompleto para la caña de azúcar. Entre 10 y 15 t ha⁻¹ de AOMC no hubo diferencias estadísticas significativas, pero la dosis de 5 t ha⁻¹, los tratamientos con fertilización química y el testigo sí lo mostraron, los cuales tuvieron sus valores en orden descendente (Cuadro 2). Los tratamientos de AOMC, tuvieron mayor tasa de liberación debido a que éstos, en su estado inicial (Cuadro 1) tenían mayor contenido de K, debido al enriquecimiento con cloruro de potasio.

Efecto del AOMC en el Rendimiento de Materia Fresca de Caña de Azúcar

En la producción agrícola, es más importante considerar la materia seca (MS) que la materia fresca (MF), pues esta última considera además de la MS al agua existente, la cual carece de valor económico. Sin embargo, en el caso del cultivo de caña de azúcar, la MF es importante debido a que en el jugo que contienen los tallos molederos se encuentra el azúcar, el cual es el producto final. La expresión del rendimiento de la caña de azúcar normalmente es en relación con el peso fresco de los tallos molederos.

En lo que respecta a tallos molederos, el rendimiento fue significativamente afectado por el tipo de dosis de fertilización de los tratamientos (Cuadro 4). Esto coincide con Arzola y Alfonso (1982), quienes obtuvieron un incremento en el rendimiento de caña de azúcar con aplicaciones de cachaza en plantilla y soca de 62 y 32%. Leal (1987) logró incrementar en ciclo plantilla y soca el rendimiento en 27 y 18%, aplicando 20 t ha⁻¹ de cachaza al cultivo de caña. Resultados similares encontraron Paneque y Martínez (1992) quienes, con utilización de cachaza enriquecida, en ciclos Soca 1 y Soca 3, lograron incrementos de 8 y 14%. Prieto y Nieto (1964) obtuvieron 45 y 40% más de caña de azúcar, con el fertilizante organo-mineral 12-8-8 + 10 t ha⁻¹ de composta de cachaza, e incrementos de sólo 7.4 y 8.8% de caña y azúcar, respectivamente, cuando aplicaron 10 y 15 t ha⁻¹ de cachaza sola, en comparación con el testigo. De forma similar, Cepero *et al.* (1989) observaron un rendimiento de tallos molederos 46% mayor que el testigo con 50 t ha⁻¹ de cachaza aplicada al cultivo.

Sin embargo, estos resultados discrepan con Machado y Nieves (1993) quienes, a pesar de mejorar la MO, el pH y el P del suelo con tratamientos de cachaza, no lograron incrementos significativos en el rendimiento; análogamente Armida *et al.* (1998), aplicando de 10 hasta 45 t ha⁻¹ de cachaza, no lograron incrementos significativos en el rendimiento del cultivo.

Cuando se fertilizó con 10 t ha⁻¹ del AOMC, se obtuvo el mayor rendimiento de tallos molederos (84.66 t ha⁻¹), muy superior al obtenido con el testigo y la fertilización química (Cuadro 3), lo cual indica que la dosis de fertilización 120-60-60 es insuficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de la caña de azúcar, como lo señalaron Salgado *et al.* (2000); estos autores encontraron rendimientos de caña de azúcar de 130 t ha⁻¹ en Vertisoles, cuando la

caña se fertiliza con la dosis 160-80-80, y es aplicada a tres meses de edad en forma mecanizada. Esto, aunado a la baja eficiencia de utilización de los nutrimentos primarios: 29.3, 47.3 y 243.5%, para el caso de N, P y K, respectivamente, según reportaron Salgado *et al.* (2001b) hace necesario explorar nuevas alternativas para mejorar la fertilización de la caña de azúcar, como lo es el uso de abonos orgánicos y composta, por los beneficios que puede aportar al suelo.

La producción de mamones fue similar en todos los tratamientos, sin embargo, las puntas, la basura y el total de la biomasa aérea, medida en peso fresco, tuvieron el mismo comportamiento que los tallos molederos (Cuadro 4). La mayor producción de biomasa aérea (incluyendo tallos molederos) con el fertilizante organo-mineral, se debió a que éste suministró mayor cantidad de nutrimentos (Cuadro 3).

Efecto del AOMC en la Calidad del jugo de Caña

De los parámetros de calidad del jugo (grados Brix, sacarosa, pureza y fibra) no hubo efecto de los tratamientos de fertilización, no obstante que se aplicaron dosis de N mayores que 200 kg ha⁻¹ (Cuadro 3). Esto coincide con Salgado *et al.* (2000), quienes probaron varias fuentes y formas de aplicación de fertilizantes químicos sobre el rendimiento y la calidad del jugo de caña de la variedad Mex 69-290 en un Vertisol, sin encontrar efectos de tratamientos sobre los parámetros de calidad del jugo de caña, como grados Brix, sacarosa, pureza y fibra (porcentaje en peso de sacarosa pura).

Este comportamiento de los parámetros de calidad por efecto de tratamientos obedece a que estos últimos influyeron directamente sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de caña de azúcar, pero ejercieron escasa influencia sobre la formación directa y calidad de los jugos de tallos molederos.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización en el rendimiento en materia fresca de caña, en la región de la Chontalpa, Tabasco.

Fertilización	Peso fresco				
	Tallos molederos	Mamones	Puntas	Basura	Biomasa total
	----- t ha ⁻¹ -----				
Testigo (T0)	35.31 c [†]	7.64 c	11.55 b	5.99 b	60.51 c
Fertilización química (T1)	50.42 c	8.50 c	14.83 b	9.82 ab	83.59 bc
5 t ha ⁻¹ (T2)	64.27 ab	14.04 a	17.78 ab	9.03 ab	105.14 ab
10 t ha ⁻¹ (T3)	84.66 a	8.45 a	25.21 a	13.06 ab	131.40 a
15 t ha ⁻¹ (T4)	76.31 ab	9.17 ab	18.68 ab	16.29 a	120.47 a

[†] Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales Tukey (P < 0.05).

CONCLUSIONES

- El contenido de MO, N total, N mineral, pH, P y K en el suelo fue superior en los tratamientos con base en abono organo-mineral de cachaza (AOMC), respecto al testigo absoluto. Cuando se fertilizó con 10 y 15 t ha⁻¹ de AOMC, ésta superó a la fertilización química y mejoró las características químicas del suelo y la nutrición del cultivo. Además, produjo un incremento significativo en el rendimiento de la caña de azúcar.

- La mayor producción de biomasa aérea del cultivo de caña de azúcar se obtuvo cuando se fertilizó con 10 y 15 t ha⁻¹ de AOMC. Con la fertilización química convencional (120-60-60) se redujo 40.4% el rendimiento de la caña de azúcar, respecto a la fertilización con 10 t ha⁻¹ de AOMC.

- La calidad del jugo de caña de azúcar (grados Brix, sacarosa, pureza y fibra) no se vio afectada por el tipo y dosis de fertilización.

- La elaboración del AOMC es una alternativa factible para utilizar apropiadamente la cachaza producida en estos ingenios y contribuye al mejoramiento del suelo y del ambiente.

LITERATURA CITADA

- Alexander, M. 1982. Denitrifying bacteria. pp. 1484-1486. *In:* Black, C.A. (ed.). *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties.* Agronomy 9. Part 2. 2a ed. Soil Science Society of America. Madison, MI.
- Aloma, J. 1970. La cachaza como fertilizante de la caña de azúcar. pp. 392-421. *In:* Vol. 1. *Memorias, conferencias de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba.* Orbe, La Habana.
- Armidá A., L., D.J. Palma López., J.J. Obrador O., J.F.F. Molina E.M. y U. López N.U. 1998. Uso de la cachaza en caña de azúcar. pp. 25-31. *In:* Juárez López, J.F., J.J. Obrador O. y D.J. Palma-López (eds.). *Resultados de Investigación en caña de azúcar.* Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México.
- Arzola, P., O. Fundora H. y J. Machado de A. 1981. Suelo, planta y abonado. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Arzola N., P. y J. Alfonso C. 1982. Evaluación de la aplicación de agua de cachaza en condiciones de producción. *Centro Agrícola* 9(2): 89-108.
- Aso, P.J. y V. Bustos N. 1991. Uso de residuos orgánicos, estiércol y cachaza, como abonos. *Avance Agroindustrial* 44. Estación Experimental Agroindustrial. Tucumán, Argentina.
- Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1991. *Naturaleza y propiedades de los suelos.* Uthea. Grupo Noriega Editores. México, D.F.
- Cairo, C.P., N. Lamas R., S. Goya C., S. Cespero G. y J.A. Aguilar J. 1994. Influencia de la cachaza sobre las propiedades estructurales de un suelo oscuro plástico. *Centro Azúcar* 21(1): 40-48.
- Cepero G., S., A. Davila I. y P. Cairo C. 1989. Posibilidades de utilización de la cachaza como fertilizante en bancos de semilla en suelos oscuros plásticos de la costa norte de Villa Clara. *Centro Azúcar* 16(4): 78-86.
- Chapman, H.D. 1965. Total exchangeable bases. pp. 902-904. *In:* Black, C.A. (ed.). *Methods of soil analysis. Part 2.* Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Golcher A., A., F. Hasbach R. y J.J. Infante M. 1984. *Manual para analistas de laboratorio azucarero.* AZÚCAR, S.A. de C.V.-GEPLACEA-PNUD. México, D.F.
- Guijarro, R., R. García y B. Díaz. 1981. Influencia de la cachaza sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento del plátano fruta (Poyo). *Agrotecnía de Cuba* 13: 93-99.
- Jones, B.J., B. Wolf y H.A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide.* Micro-Macro Publishing. Athens, GA.
- Kumada, K. 1987. *Chemistry of soil organic matter.* Japan Scientific Societies. Press Tokio. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- Leal G., J.F. 1987. Aprovechamiento de la cachaza en el campo cañero de la Región Huastecas. *Azúcar.* Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. México, D.F.
- Machado A., J. y C. Nieves V. 1993. Influencia de la aplicación de cachaza sobre algunas características del suelo y los rendimientos en la caña de azúcar. *Centro Azúcar* 20(1): 64-72.
- Medina, N. 1980. Estudio comparativo de los efectos del encalado y la aplicación de cachaza sobre el mejoramiento de suelos ferralíticos amarillentos y los rendimientos de caña de azúcar. *Ciencia Técnica en la Agricultura. Caña de Azúcar* 2(1): 29-50.
- Paneque, V.M. y M.A. Martínez. 1992. La cachaza como sustituto de los fertilizantes químicos para la caña de azúcar cultivada en suelo ferralítico amarillento. *Cultivos Trop.* (2-3): 69-73.
- Prasad, M. 1977. Efecto de la aplicación de cachaza sobre la disponibilidad de macro y micronutrientes de dos suelos. *Información Express. Caña de Azúcar* 1(1-1): 30-31.
- Prieto L., C. y J. Nieto B. 1964. El sistema de fertilización organo-química para aumentar económicamente la producción de caña de azúcar. *Fertilizantes Orgánicos de México, S.A.* México, D.F.
- Rivera, R. 1985. Efecto de dosis de cachaza, estiércol y sulfato de amonio sobre el establecimiento de una plantación de caféto Variedad Caturra, a plena exposición solar. *Cultivos Trop.* 7(3): 2335.
- SAS Institute Inc. 1995. *Statistical Analysis System. Version 6.12.* Cary, NC.
- Salgado G., S. 1999. La fertilización NPK en rendimiento y calidad de la caña de azúcar. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Salgado G., S., R. Núñez E., J.J. Peña-Cabriales, J.D. Etchevers B., D.J. Palma L. y M.R. Soto H. 2000. Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. *Agrociencia* 34: 689-698.
- Salgado G., S., L. Bucio A., D. Riestra D. y L.C. Lagunes-E. 2001a. Caña de azúcar: Hacia un manejo sustentable. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados-ISPOTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México.
- Salgado G., S., R. Núñez E., J.J. Peña-Cabriales, J.D. Etchevers B., D.J. Palma L. y R.M. Soto. 2001b. Eficiencia de recuperación del nitrógeno fertilizante en soca de caña de azúcar sometida a diferentes manejos de fertilización. *Terra* 19: 155-162.