

EFFECTO DE LA VINAZA EN EL CULTIVO DE MAÍZ¹

[EFFECT OF VINASSE ON MAIZE CROP]

José Antonio Fernández-Viveros^{1§}, Ignacio Garay-Peralta¹, Jacel Adame-García¹, Félix David Murillo-Cuervas¹

¹TecNM/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. KM 4.5 Carretera Cardel Chachalacas, Úrsulo Galván C. P. 91667, Veracruz, México. Tel. 01 (800) 570 8097 o 01 (296) 9625029. gapimaster18@gmail.com, jadameg@gmail.com, felix.murillo.itug@gmail.com. [§]Autor para correspondencia: (jose.antonio.itug@gmail.com).

RESUMEN

Dentro de la producción de alcohol a partir de caña de azúcar, se genera un subproducto, la vinaza de la que se obtienen aproximadamente 13 L por cada litro de alcohol, para poder evitar que la vinaza se convierta en un contaminante ambiental es necesario lograr un aprovechamiento productivo de la misma. Por lo que en este trabajo se estudió el efecto de la aplicación de vinaza como fuente de abono para el cultivo de maíz. Los tratamientos constaron de la aplicación de cuatro dosis de vinaza (25, 50, 75 y 100%) y como testigo la fertilización química NPK (150-60-00). La vinaza utilizada provino del Ingenio La Gloria Veracruz. Se realizó un análisis fisicoquímico al suelo antes de que se aplicarán los tratamientos, se realizaron cuatro cortes, a los tejidos vegetales realizándoles la prueba de humedad, se determinaron los minerales por absorción atómica y las proteínas se determinaron por método de Microkjendahl. Al evaluar los tratamientos, las fechas de corte e interacción tratamiento por corte registraron diferencias significativas en cuanto al contenido de humedad. El contenido de proteína, en el testigo y el tratamiento con 100% de vinaza fueron los que registraron el menor contenido de proteína en el maíz, los tratamientos con 100, 50 y 25% de vinaza fueron superiores en contenido de Mg. Al aplicar vinaza al cultivo de maíz como abono orgánico resulta viable debido que las plantas de maíz se desarrollaron sin problemas.

Palabras clave: Abono orgánico, alcoholera, caña azúcar, residuos agroindustriales.

ABSTRACT

Within the production of alcohol from sugarcane, a subproduct is generated, the vinasse from which approximately 13 L per liter of alcohol is obtained, in order to prevent the vinasse from becoming an environmental pollutant, it is necessary to achieve a productive use of it. The effect of vinasse application as a source of organic fertilizer for maize cultivation was studied. The treatments consisted of the application of four doses of vinasse (25, 50, 75 and 100%) and as a control a chemical fertilization NPK (150-60-00). The vinasse used came from the Ingenio La Gloria Veracruz. An oil physicochemical analysis was carried out before the treatments were applied, four cuts were made, a test of moisture the vegetal tissues was carried out, the minerals were determined by atomic absorption and the proteins were determined by Microkjendahl method. When evaluating the treatments, the cutting dates and interaction treatment per cut registered significant differences in terms of moisture content. The content of protein, in the

¹ Recibido: 23 de abril de 2018
Aceptado: 10 de diciembre de 2018

control and the treatment with 100% of vinasse were those that registered the lower content of protein in the corn, the treatments with 100, 50 and 25% of vinasse were superior in content of Mg. The vinasse can contribute in the fertilization of the soils, as long as it is carried out in a sustainable way.

Index words: Organic fertilizer, ethanol industry, sugarcane, agroindustrial waste.

INTRODUCCIÓN

Los residuos agroindustriales presentan el problema de que no se cuentan una conciencia ambiental para su manejo, además que no se quiere invertir en darles un destino final adecuado, además de no tener una legislación que promueva la gestión de este tipo de residuos, que permita asegurar el buen manejo del residuo desde su generación hasta su disposición final, aunque esta problemática prevalece a nivel mundial (Becerra, 2010).

Un ejemplo son los desechos de la industria azucarera y sus derivados que, si se manejaran de la forma adecuada, pueden convertirse en subproductos con valor económico y a la vez se puede evitar el impacto al ambiente. Por eso resulta importante contar con medidas para reducir su volumen y agresividad a través de su utilización en la obtención de biogás, recirculación de un porcentaje de vinaza en la fermentación, como fertilizante orgánico, en la obtención de proteína celular, o concentrándolo para alimento animal (Madejón *et al.*, 2011).

Resulta de gran beneficio el emplear residuos agroindustriales como biofertilizantes, sin embargo, se requiere que éstos sean caracterizados, debido a su variable composición (Barbazán *et al.*, 2011). En este sentido como parte la fabricación del alcohol a partir de caña de azúcar, se obtiene la vinaza como subproducto, la cual es el principal residuo, ésta se produce en una proporción estimada de 13:1, es decir, por cada litro de alcohol se obtienen 13 L de vinaza (Cuellar *et al.*, 2002). Esta proporción puede variar entre 10:1 y 15:1, variando según las características de la materia prima y el proceso de producción (Da Silva, 2014). Debido al gran volumen de vinaza que se produce, resulta necesario lograr una utilización productiva de ésta para evitar que se transforme en un pasivo ambiental (Del Pino *et al.*, 2017). En algunos países para obtener una vinaza más concentrada han recurrido a realizar cambios en el proceso de fabricación de alcohol. De acuerdo a Ferreira y Montenegro (1987) en Colombia la industria de licores produce 2.5 L de vinaza con 55% de sólidos totales por cada litro de alcohol producido.

Debido a la gran cantidad que se obtiene de este subproducto, la industria de la caña de azúcar específicamente la alcoholar presenta continuamente problemas, porque la vinaza tiene un alto potencial de contaminación en comparación con otros residuos orgánicos, presenta una alta carga orgánica y presenta compuestos con estructuras químicas complejas y difíciles de degradar como las melanoidinas, que le confieren un intenso color marrón (González *et al.*, 2006; Wadt, 2008).

Pese a ello, la vinaza se puede emplear como abono orgánico y se ha aplicado en el campo principalmente cañero, sin embargo, no todos los cultivos reaccionan de la misma manera a la aplicación de la vinaza como abono orgánico, su aplicación baja el pH y se presupone la disminución de la asimilación de los nutrientes. Las vinazas presentan pH ácidos y un elevado

contenido de carbono orgánico, potasio, calcio, magnesio, azufre y concentración electrolítica (Gómez y Rodríguez, 2000). En la actualidad se usan como abonos orgánicos por los elevados contenidos de potasio, sin embargo, la elevada DBO (demanda bioquímica de oxígeno) hace que sean altamente contaminantes en los cuerpos de agua (Subirós y Molina, 1992; Quintero, 2004).

Un pH bajo, conductividad eléctrica, y los elementos químicos presentes en la vinaza de caña de azúcar pueden causar cambios en las propiedades químicas y físicas del suelo, y descargas frecuentes durante un largo período de tiempo pueden provocar efectos adversos en la biota en general (Christofolletti *et al.*, 2013). Por lo que se requieren recomendaciones específicas para cada condición edafoclimática y así evitar daños al medio ambiente cuando se use la vinaza como abono (Mello *et al.*, 2013). Debido a que solamente una parte de los nutrientes de los residuos está disponible para las plantas, lo cual resulta complicado al establecer las dosis de aplicación que satisfagan los requerimientos de los cultivos (Moore *et al.*, 2010).

La vinaza contiene principalmente materia orgánica, potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), nitrógeno (N) y calcio (Ca); sin embargo, esta composición es variable según provenga de melazas, jugo o la mezcla de ambos (Da Gloria y Orlando, 1983). La vinaza es una buena opción debido a los nutrientes que pueden aportar ya que favorecen la sustitución de los fertilizantes químicos (NPK) que tanto cuestan al país (Pineda-Ruiz *et al.*, 2015).

Cuando se intenta utilizar materiales de los que no se tienen antecedentes en la producción, es necesario estudiar su efecto sobre las propiedades del suelo y su aporte de nutrientes a los cultivos (Gale *et al.*, 2006; Del Pino *et al.*, 2012). Dado que los antecedentes sobre el uso de la vinaza en maíz son muy escasos además de que se presenta el desafío de proponer su utilización como abono orgánico, se planteó el presente trabajo en el que determinó el efecto de distintas concentraciones de vinaza sobre plantas de maíz en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una parcela experimental del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (19° 24' 54.17" N y 96° 21' 31.39" O) con una altitud de 12 m. En la cual se estableció el cultivo de maíz para la temporada febrero-junio 2017 en un área de 800 m², cada unidad experimental fue de 20 m², en las cuales se encontraban 40 unidades experimentales, se empleó el híbrido Asgrow 7573 el cual se estableció a una distancia entre surcos de 80 cm y entre plantas de 20 cm, lo que generó una densidad de población de 62,500 plantas ha⁻¹.

Se realizaron cuatro riegos, debido a la presencia de precipitaciones durante el establecimiento de los cultivos. La vinaza se empleó directamente como se obtiene de la alcoholera la cual se consideró como 100%, se realizaron diluciones con agua para obtener los cuatro tratamientos de vinaza: T1 (25% vinaza), T2 (50% vinaza), T3 (75% vinaza), T4 (100% vinaza), el T5 Fertilización química (150-60-00) y T6 Testigo absoluto (sin fertilización). Distribuidos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La vinaza utilizada provino del Ingenio La Gloria Veracruz. La vinaza se usó a temperatura ambiente de 23 °C y se aplicó directamente a los suelos de acuerdo a los tratamientos.

Se realizó un análisis fisicoquímico al suelo antes de que se aplicarían los tratamientos, se determinó el pH, textura, potasio, materia orgánica, fósforo, nitrógeno, calcio, magnesio, sodio, densidad aparente (DAP). Para el caso de los cultivos se realizaron cuatro cortes, para el maíz cada 20 días después de la germinación. A los tejidos vegetales de les realizó la prueba de humedad tomando muestra que contenía punta, tallo, hoja y raíz. Por medio de digestión por vía seca, se determinaron los minerales (calcio, magnesio y potasio) en equipo de absorción atómica y las proteínas se determinaron por método de Microkjendahl con muestras por duplicado.

Los datos generados se analizaron a través de un diseño bifactorial, teniendo como factores los tratamientos con cinco niveles (25, 50, 75, 100% y testigo) y las fechas de corte con cuatro niveles (1º, 2º, 3º y 4º corte). Los datos se transformaron a $\sqrt{+0.5}$ para normalizarlos y poder realizar un ANOVA con interacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se evaluaron algunos parámetros que permitan determinar si el usar la vinaza como abono orgánico en maíz resulta viable, por lo que se estableció este trabajo en un suelo que presentó un pH de 6.23, con una textura arcillo-arenoso, con alto contenido de potasio $0.6205 \text{ Cmol kg}^{-1}$, 5.49% de materia orgánica, 22.32 ppm de fósforo, 0.22% de nitrógeno, con respecto al calcio presentó $8.3253 \text{ Cmol kg}^{-1}$ 2.9624 Cmol kg^{-1} de magnesio, 1.82 de DAP (g cm^{-3}) y $0.4071 \text{ Cmol kg}^{-1}$ de sodio.

Es importante contar con un análisis de suelo antes de aplicar la vinaza para tener una referencia de cómo estaba el suelo y cómo estará después de determinado tiempo aplicando la vinaza. Como lo mencionan Quiroz *et al.* (2011) que al aplicar la vinaza al suelo se pueden generar en él cambios en algunas de sus características físicas, químicas y biológicas. Lo cual puede provocar que los cultivos que se establezcan en estos suelos con vinaza no puedan aprovechar de manera significativa los nutrientes, situación que, de acuerdo a los resultados obtenidos, en maíz no se presentó.

Al evaluar los indicadores en el cultivo de maíz, los tratamientos, las fechas de corte e interacción tratamiento x corte registraron diferencias significativas en cuanto al contenido de humedad en el maíz ($F_{4, 56}=8.93$, $p=0.0001$; $F_{3, 56}=6.79$, $p=0.0006$; $F_{12, 56}=2.28$, $p=0.0195$ respectivamente). El testigo y el tratamiento con 100% de vinaza fueron los que registraron el menor contenido de humedad en maíz, los cuales fueron significativamente diferentes a los demás tratamientos, los cuales no registraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 1). El primer corte registró la mayor cantidad de humedad de las muestras, con diferencias significativas en relación al segundo y cuarto corte (Cuadro 1). En cuanto a la interacción, todos los tratamientos registraron los mayores valores de contenido de humedad a la primera fecha de corte y los menores valores fueron registrados por el testigo y el tratamiento del 100% de vinaza al segundo y cuarto día. Una ventaja de la vinaza, es ser líquida, lo que le permite satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, así como favorecer la degradación de la materia orgánica, principalmente.

Otro indicador fue el contenido de proteína, en el cual se registraron diferencias altamente significativas en los tratamientos ($F_{4, 132}=10.12$, $p=0.0001$), fechas de corte ($F_{3, 132}=17.88$, $p=0.0001$) e interacción tratamiento x fecha ($F_{12, 132}=6.48$, $p=0.0001$). El testigo y el tratamiento

con 100% de vinaza fueron los que registraron el menor contenido de proteína en el maíz, los cuales fueron significativamente diferentes a los demás tratamientos, los cuales no registraron diferencias significativas entre sí. El tercer corte registró la mayor cantidad de proteína en las muestras, siendo significativamente diferente a los otros cortes (Cuadro 1). En cuanto a la interacción, los tratamientos con 75 y 25% de vinaza registraron los mayores valores de contenido de proteína en la tercera fecha de corte, siendo significativamente diferentes a las demás interacciones.

Cuadro 1. Contenido de humedad y proteína para tratamientos y fecha de corte.

Tratamientos	Contenido de humedad (%)	Contenido de proteína (%)	Corte	Contenido de humedad (%)	Contenido de proteína (Cmol kg ⁻¹)
Testigo	64.8 ± 3.3 b	0.90 ± 0.12 b	1°	81.6 ± 1.4 a	1.02 ± 0.14 b
25%	80.4 ± 1.5 a	2.01 ± 0.28 a	2°	68.9 ± 4.3 b	1.46 ± 0.16 b
50%	79.5 ± 1.8 a	1.77 ± 0.21 a	3°	75.1 ± 1.2 ab	2.81 ± 0.39 a
75%	77.4 ± 1.6 a	2.45 ± 0.43 a	4°	67.7 ± 3.5 b	1.26 ± 0.13 b
100%	64.2 ± 5.3 b	1.03 ± 0.11 b			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Se incluye la media ± error estándar.

Cuando la vinaza se diluye presenta la característica de ser rica en sulfatos, y que si se aplica en bajas concentraciones resulta benéfico para el desarrollo vegetativo debido a que esta forma química la captan las plantas y pueden reducirla a través de su metabolismo para la síntesis de proteínas, hormonas, aceites y otros compuestos volátiles.

Cuando la vinaza se diluye presenta la característica de ser rica en sulfatos, y que si se aplica en bajas concentraciones resulta benéfico para el desarrollo vegetativo debido a que esta forma química la captan las plantas y pueden reducirla a través de su metabolismo para la síntesis de proteínas, hormonas, aceites y otros compuestos volátiles.

Para el contenido de calcio en maíz, se registraron diferencias significativas sólo para los tratamientos ($F_{4, 56}=5.59$, $p=0.0007$) y fechas de corte ($F_{3, 56}=6.16$, $p=0.0011$), la interacción no registro significancia ($F_{12, 56}=1.28$, $p=0.2557$). El tratamiento con 100% de vinaza fue el que registró el maíz con mayor contenido de calcio, el cual fue significativamente diferente al testigo y a los tratamientos con el 25 y 75% de vinaza, los cuales no registraron diferencias significativas entre sí. El primer y tercer corte registraron la mayor cantidad de calcio en las muestras, siendo significativamente diferentes a los otros cortes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de calcio y magnesio para tratamientos y fecha de corte.

Tratamientos	Contenido de calcio (Cmol kg ⁻¹)	Contenido de magnesio (Cmol kg ⁻¹)	Corte	Contenido de calcio (Cmol kg ⁻¹)	Contenido de magnesio (Cmol kg ⁻¹)
Testigo	7.34 ± 1.51 b	4.48 ± 1.51 b	1°	16.72 ± 2.63 a	13.79 ± 1.38 a
25%	10.85 ± 2.04 b	8.95 ± 0.98 a	2°	7.57 ± 1.34 b	5.37 ± 0.77 b
50%	13.42 ± 4.38 ab	7.89 ± 1.47 a	3°	17.88 ± 4.39 a	5.84 ± 1.22 b
75%	9.09 ± 2.82 b	7.07 ± 1.60 ab	4°	7.57 ± 1.34 b	5.37 ± 0.77 b
100%	21.47 ± 3.16 a	9.57 ± 1.60 a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Se incluye la media ± error estándar.

Para el contenido de magnesio, se registraron diferencias significativas en los tratamientos ($F_{4, 56}=4.81$, $p=0.0021$), fechas de corte ($F_{3, 56}=16.95$, $p=0.0001$) e interacción tratamiento x corte ($F_{12, 56}=3.44$, $p=0.0008$). Los tratamientos con 100, 50 y 25% de vinaza fueron superiores en contenido de magnesio y significativamente diferentes al testigo, el tratamiento con 75% de vinaza resultó igual a todos los tratamientos y testigo. El primer corte registró la mayor cantidad de contenido de magnesio en las muestras, siendo significativamente diferente a los otros cortes (Cuadro 2). En la interacción el tratamiento con el 100% de vinaza en la primera fecha de corte fue la que registró el mayor contenido de magnesio y los tratamientos testigo y 75% de vinaza en los demás cortes fueron las interacciones de menor contenido de magnesio.

Y en lo que respecta al contenido de potasio, se registraron diferencias significativas sólo para tratamientos ($F_{4, 56}=4.68$, $p=0.0025$). Todos los tratamientos tuvieron significativamente más contenido de potasio que el testigo, pero fueron estadísticamente iguales entre sí (Figura 1).

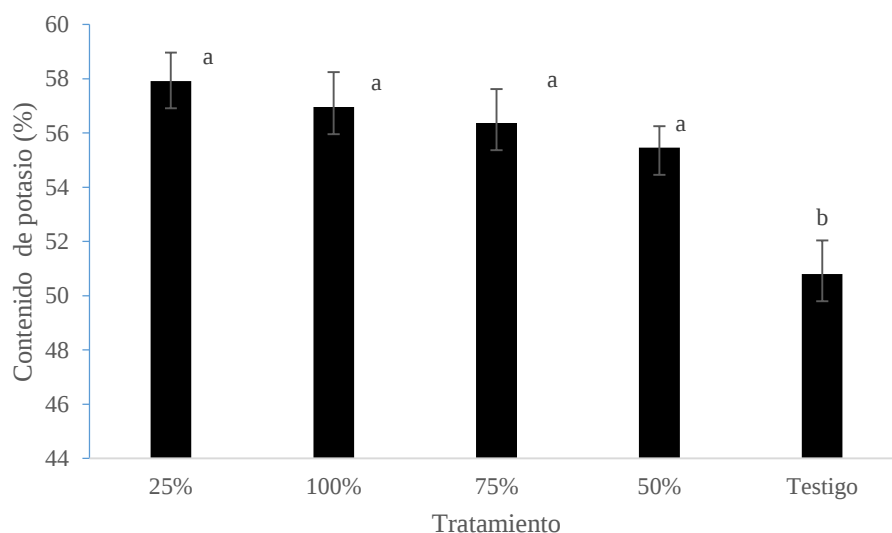


Figura 1. Contenido de potasio para tratamientos. Letras comunes no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Líneas verticales sobre las barras indican error estándar.

Es importante señalar que, aunque la mayoría de los resultados no mostraron diferencias significativas en la concentración de algunos minerales, en la cantidad de proteína y porcentaje de humedad, lo que si se notó es que al aplicar las diferentes dosis de vinaza no se provocan efectos negativos en el cultivo de maíz que pudieran indicar que sería contraproducente usar la vinaza como abono en este cultivo, sino que por el contrario se observa claramente plantas mejor hidratadas y con buen porcentaje de proteína, lo cual concuerda con otros autores quienes determinan que las plantas aprovechan correctamente los nutrientes que aporta la vinaza (Julca *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2008).

Este trabajo concuerda con Farreras y Párraga (2013) quienes demostraron que la aplicación de lodos de vinaza tiene efectos favorables en el maíz, sin embargo, los autores sugieren que se evalúen las aplicaciones de vinaza en distintas condiciones.

Con respecto a las concentraciones de minerales en las que no se presentan diferencias significativas, esto se debe a que el tiempo de evaluación permite concluir parcialmente, ya que estudios anteriores mencionan que la vinaza debido a su característica líquida promueve la lixiviación de K, Ca, Mg y S alcanzando profundidades de 0.7-3.5 m, sin embargo, esto se logra después de siete años. Esta lixiviación presenta ventajas, ya que mayor cantidad de K y lixivados a 10 cm y 23 cm de profundidad, favorecen el desarrollo profundo de las raíces del cultivo (Callejas *et al.*, 2014; Narváez *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012).

Los resultados que no presentan diferencias significativas en la presencia de minerales en la planta, coinciden con los resultados en otros cultivos como caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y cebolla (*Allium cepa*) (Paula *et al.*, 1992; Paula *et al.*, 1999). Aunque otros autores De Resende *et al.* (2006) y Gallego – Blanco *et al.* (2012). Aunque sus resultados indican que se presentan efectos positivos de la vinaza sobre el crecimiento y la absorción de nutrientes, el mayor problema al que se enfrentan es el establecer dosis que maximicen la producción para evitar los excesos negativos para el cultivo y el ambiente. La dificultad para la recomendar de dosis de vinaza se complica cuando no se usa tradicionalmente (Del Pino *et al.*, 2017).

Por lo que es de gran importancia realizar estudios regionales y en el mayor número de cultivos posibles porque en México el empleo de la vinaza como abono orgánico permite tener una alternativa de bajo costo y facilidad de aplicación tanto para los productores como profesionales del sector, al permitir el desarrollo de las plantas, como el caso del maíz; lo cual, incide en una mayor producción de campo (Mejía, 2012).

CONCLUSIONES

En este trabajo se observó un efecto notable en la disponibilidad de nutrientes del suelo al aplicar la vinaza, ya que el cultivo de maíz se comportó en algunos casos igual o mejor que el testigo al que se le aplicó fertilizante químico. El tratamiento en el que se aplicó la vinaza tal y como se obtiene de la alcoholera se comportó igual que el testigo al registrar el menor contenido de humedad en maíz. Los tratamientos que presentaron mayor contenido de proteína fueron en los que la vinaza se diluyó al 75 y 25%. El tratamiento con 100% de vinaza fue el que registró el maíz con mayor contenido de calcio y también fue superior en el contenido de magnesio con respecto al testigo.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado al proyecto “Evaluación del efecto de la vinaza en la absorción de Nutrientes en Plantas ¿Una alternativa en compostaje?” clave 5910.16–P.

LITERATURA CITADA

- Barbazán, M., A. del Pino, C. Moltini, J. Hernández y J. Rodríguez. 2011. Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. *Agrociencia* Uruguay 15(1): 82-92.
- Becerra, P. 2010. La industria del etanol en México. *Economía UNAM* 16(6): 82-98.

- Callejas, R., A. Silva, C. Peppi y O. Seguel. 2014. Factibilidad agronómica del uso de vinaza, subproducto de la fabricación del pisco, como biofertilizante en viñedos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 8(2): 230-241.
- Christofolletti, C. A., J. P. Escher, J. E. Correia, J. F. U. Marinho and C. S. Fontanetti. 2013. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. *Waste Management* 33: 2752-2761.
- Cuellar, A. I., D. R. Villegas, O. M. León y I. H. Pérez. 2002. Manual de Fertilización de la Caña de Azúcar en Cuba. Publinica. La Habana, Cuba. pp. 88-92.
- Da Gloria y J. Orlando. 1983. Aplicación de vinaza como fertilizante. *Boletín Técnico Planalsucar* 5: 5-38.
- Da Silva, A., J. Bono & F. Pereira. 2014. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental, Campina Grande* 18: 38-43.
- De Resende, A. S., R. P. Xavier, O. C. De Oliveira, S. Urquiaga, B. J. Alves and R. M. Boddey. 2006. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, NE Brazil. *Plant and Soil* 281:339-351.
- Del Pino, A., O. Casanova, M. Barbazán, V. Mancassola, J. Rodríguez, L. Arló, L. Borzazzoni y M. Passeggi. 2012. Caracterización y evaluación de biosólidos producidos por digestión anaerobia de residuos agroindustriales. *Ciencia del Suelo* 30: 129-136.
- Del Pino, A., O. Casanova, J. Hernández, V. Takata y G. Panissa. 2017. Efecto de la aplicación de vinaza en suelos bajo cultivo de caña de azúcar. *Ciencias Agronómicas* 30(17): 030-036.
- Farreras, J. y C. Párraga. 2013. Evaluación de lodos de vinaza como biofertilizante en dos tipos de suelo. *UNELLEZ de Ciencia y Tecnología* 31: 26-32.
- Ferreira, S. & O. Montenegro. 1987. Efeitos de aplicacao de la vinhnacas propiedades químicas, físicas e biológicas do solo. *Boletín Técnico Coopersucar Brasil* 36(1): 1-7.
- Gale, E. S., D. M. Sullivan, C.G. Cogger, A.I. Bary, D. D. Hemphill and E. A. 2006. Estimating plant available nitrogen release from manures, composts, and specialty products. *Journal of Environmental Quality* 35: 2321-2332.
- Gallego – Blanco, J., E. Muñoz, L. Hernández-Ríos. 2012. Effects of a vinasse-microorganism blend application on a Vertisol with sugarcane. *Agronomía Colombiana* 30:116-123.
- Gómez, J. and O. Rodríguez. 2000. Effects of vinasse on sugarcane (*Saccharum officinarum*) productivity. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ* 17: 318-326.
- González, T., S. Yagüe, M. Terrón, J. M. Carbajo, A. Arana, A. Téllez y A. E. González. 2006. Enzimas fúngicas: ¿una alternativa para la decoloración de los efluentes de destilería? *ICIDCA. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar* 40(1): 3-12.
- Hernández, M. G. I., G. S. Salgado, L. D. Palma, E. L. C. Lagunes, E. M. Castelán, E. M. y R. O. Ruíz. 2008. Vinaza y composta de chachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas México. *Interciencia* 33: 855-860.
- Julca, O. A., F. L. Meneses, S. R. Blas y A. S. Bello. 2006. La materia orgánica, usos y experiencias de su uso en la agricultura. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 24: 49-61.
- Madejón, E., R. López, M. Murillo, and F. Cabrera. 2011. Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse composts: effect on crops and chemical properties of a Cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). *Agriculture Ecosystems and Environment* 84(1): 55-65.
- Mello, R., G. Caione and C. N. S. Campos. 2013. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. *Applied and Environmental Soil Science* 2013:1-8.

- Mejía S. E. 2012. Evaluación del Impacto Potencial de la Incorporación de Vinazas en el Agua de Riego utilizada por la Unidad de Riego Alfredo V. Bonfil, Veracruz
- Moore, A. D., A. K. Alva, H. P. Collins and R. A. Boydston. 2010. Mineralization of nitrogen from biofuel byproducts and animal manures amended to a sandy soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41: 1315-1326.
- Narváez C. M., M. Sánchez y J. C. Menjívar F. 2010. Efecto de la aplicación de vinazas en las propiedades físicas y la actividad deshidrogenasa en suelos cultivados con maíz dulce (*Zea mays* L.). *Acta Agronomica* 59(2):211-217.
- Paula, M.B., F.S. Holanda, H.A. Mesquita & V.D. Carvalho. 1999. Uso da vinhaca no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de producao. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34: 1217-1222.
- Paula, M.B., V.D. Carvalho & F.D. Nogueira. 1992. Efeitos da vinhaca na producao e qualidade da cebola em solo de baixo potencial de produtividade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27, 389-393.
- Pineda-Ruiz, E., Y. Chico-Lamas, M. L. Vidal-Díaz, E. Becerra de Armas, F. Acosta-Hernández, I. Fernández-Denis y I. Lugo-Ruiz. 2015. Uso alternativo de la vinaza en la fertilización de la caña de azúcar, efectos sobre el cultivo y el suelo. *Centro Agrícola* 42(1): 31-36
- Quintero, R. 2004. Perspectivas acerca del uso y manejo de vinazas aplicadas al suelo en: Encuentro sobre vinazas, potasio y elementos menores para una agricultura sostenible. Palmira, Colombia, Corpoica. 233 p.
- Quiroz, I., A. Pérez, A., C. Landeros, V. Morales, R. Zetina. 2011. Percepción y actitud de productores cañeros sobre la composta de cachaza y vinaza. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(3): 847-856.
- Rodríguez, P. F., R. F. Gavi, B. E. Torres, y A. E. Hernández. 2012. Lixiviación de potasio y contenidos nutrimentales en suelo y alfalfa en respuesta a dosis de vinaza. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 833-846.
- Subirós, J. F. y E. Molina. 1992. Efecto de la aplicación de vinazas en la producción de caña de azúcar y en las características químicas de un inceptisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16: 55-60.
- Wadt, L. C. 2008. Cultivo de *Pleurotus* spp. em vinhaça visando à produção de biomassa e exopolissacarídeos. Dissertação Mestrado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil. 72 p.