

Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar*

Vinasse and sugarcane sludge compost: effect on the quality of the soil cultivated with sugarcane

Ismael Quiroz Guerrero¹ y Arturo Pérez Vázquez^{2§}

¹Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, *Campus* Tezonapa. Carretera Tezonapa-El Palmar, km 1.5, antiguo recinto ferial, Tezonapa, Veracruz, México. (quirozismael@hotmail.com). ²Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz. Carretera federal Xalapa-Veracruz, km. 88.5, predio Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México C. P. 91700. [§]Autor para correspondencia: parturo@colpos.mx.

Resumen

La cachaza y vinaza, residuos de la agroindustria azucarera, tienen un impacto negativo cuando se vierten en cuerpos de agua y positivo cuando se aplica al suelo. El objetivo de esta nota de investigación fue analizar los efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo después de aplicar cachaza y vinaza. Así como determinar las ventajas y desventajas del uso de estos dos subproductos en el cultivo de caña de azúcar. El uso de compost de cachaza beneficia las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La aplicación de vinaza beneficia principalmente propiedades químicas y biológicas del suelo. El uso de estos subproductos en el cultivo de caña de azúcar como enmienda orgánica del suelo resulta en ventajas debido a sus características físico-químicas.

Palabras clave: *Saccharum officinarum*, subproductos agroindustriales, suelo, materia orgánica.

Introducción

La calidad del suelo es definida como la capacidad de este para aceptar, almacenar y reciclar agua, así como minerales y energía para la producción de cultivos en niveles óptimos a

Abstract

The sugarcane sludge and vinasse, are wastes of the sugar industry, they have a negative impact when discharged into water bodies and a positive effect when applied into the soil. The aim of this research note was to analyze the effects on the physical, chemical and biological properties of the soil after the application of vinasse and sugarcane sludge. And to determine the advantages and disadvantages of using these products in the cultivation of sugarcane. The use of sugarcane sludge compost benefits the physical, chemical and biological properties of the soil. The application of vinasse benefits mainly chemical and biological properties. The use of these products in the sugarcane crop as soil organic amendment result in advantages because of its physicochemical characteristics.

Key words: *Saccharum officinarum*, agro-industrial products, soil, organic matter.

Introduction

Soil quality is defined as the ability to accept, store and recycle water as well as mineral and energy for the production of crops in long term within optimal levels,

* Recibido: enero de 2013
Aceptado: marzo de 2013

largo plazo, mientras se preserva la salud del ambiente (Arshad y Coen, 1992; Parr *et al.*, 1992). El concepto es incluyente y abarca más que la escueta definición de fertilidad del suelo (Altieri, 1999). La producción intensiva de caña de azúcar agota la fertilidad del suelo y afecta principalmente el contenido de materia orgánica y N en el suelo (Ribón *et al.*, 2003).

El abono orgánico es un compuesto producido con materiales de origen animal o vegetal, el cual tiene como finalidad suministrar nutrientes a las plantas (Salgado *et al.*, 2006). Es así, que la cachaza y la vinaza, residuos de la agroindustria azucarera, por su composición mayormente orgánica han sido utilizados como enmiendas en los campos cañeros. El objetivo de esta nota de investigación fue analizar los efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo después de aplicar compost cachaza y vinaza. Así como determinar las ventajas y desventajas del uso de estos dos subproductos en el cultivo de caña de azúcar.

Ventajas y desventajas de la utilización del compost de cachaza y vinaza en el cultivo de caña de azúcar

Para corregir la falta de nutrimentos en el suelo se utilizan normalmente fertilizantes. Sin embargo, algunos fertilizantes nitrogenados causan acidez (sulfato de amonio) en el suelo y contaminación del agua por nitratos y nitritos (Galaviz *et al.*, 2010). Otra opción es el uso de abonos de origen animal y vegetal, los cuales permiten el aporte de materia orgánica, que actúa como un depósito de nutrimentos que se suministran en forma lenta y regular a las plantas en crecimiento (Salgado *et al.*, 2006). La cachaza es un residuo de la industria azucarera que se forma a partir de los lodos formados por las impurezas, ceras, hidrocarburos y azúcares que aporta la caña (Hernández *et al.*, 2008). La vinaza es el resultado de la destilación del alcohol etílico, produciéndose de 10 a 15 litros por cada litro de alcohol, y contiene principalmente material orgánico disuelto (Bautista, 1998).

En México, el transporte de la cachaza del ingenio a las áreas de cultivo se realiza mediante el uso de camiones de volteo; mientras que la vinaza se traslada en asperpapas y vinazoductos. Estos residuos se han aplicado individualmente o en combinación con la dosis NPK 160-80-80 para potenciar su efecto (Salgado *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2008). La cachaza en forma fresca contiene 70% de humedad, lo cual dificulta su transporte y aplicación en campo. Sin embargo, el compostaje y vermicompostaje de este subproducto reduce significativamente las desventajas al momento de transportarlo y aplicarlo.

while preserving the health of the environment (Arshad and Coen, 1992; Parr *et al.*, 1992). The concept is inclusive and covers more than the simple definition of soil fertility (Altieri, 1999). Intensive production of sugarcane depleted soil fertility and mainly affects the content of organic matter and N in the soil (Ribón *et al.*, 2003).

Compost is a compound produced with materials of animal or plant origin, which is intended to supply nutrients to the plants (Salgado *et al.*, 2006). For this reason, the sugarcane sludge and vinasse, sugar-industry wastes, due to its mostly organic composition have been used as amendments in the cane fields. The aim of this research note was to analyze the effects on physical, chemical and biological properties of the soil after the application of vinasse and sugarcane sludge compost. And to determine the advantages and disadvantages of using these two products in the cultivation of sugarcane.

Advantages and disadvantages of the use of sugarcane sludge compost and vinasse on sugarcane cultivation

In order to address the lack of nutrients in the soil fertilizers are commonly used. However, some nitrogen fertilizer may cause acidity (ammonium sulfate) in the soil and water pollution by nitrates and nitrites (Galaviz *et al.*, 2010). Another option is the use of animal and plant manure, which allows the input of organic matter, which acts as a reservoir of nutrients that are available in regular and slow growing plants (Salgado *et al.*, 2006). Sugarcane sludge is a residue of the sugar industry which is formed from the sludge formed by the impurities, waxes, hydrocarbons and sugars (Hernández *et al.*, 2008). The vinasse is the result of the distillation of ethyl alcohol, producing 10 to 15 liters per liter of alcohol, and containing mainly dissolved organic material (Bautista, 1998).

In Mexico, the transportation of sugarcane sludge is done by using dump trucks; while vinasse moves in asper-pipes and vinazo-ducts. These residues were applied individually or in combination with doses of 160-80-80 NPK to enhance their effect (Salgado *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2008). Fresh sugarcane sludge contains 70% moisture, which makes it difficult to transport and apply. However, the composting and vermicomposting of this byproduct significantly reduces the disadvantages when transporting and applying.

On the other hand, there are several uses of vinasse. Subirós and Molina (1992) indicated that its primary use is in animal feed in the production of methane gas and an amendment on

Por otro lado, existen varios usos de la vinaza. Subirós y Molina (1992) indican que su uso principal es en la alimentación animal, en la producción de gas metano y como enmienda en la fertilización de los suelos. En algunos ingenios las vinazas son vertidas a la red de drenaje para su posterior utilización como agua de riego o fertirriego en el cultivo de la caña de azúcar. Aunque este tipo de aplicación presenta la desventaja de utilizar agua para diluir la vinaza y efectos colaterales de contaminación de cauces naturales.

Debido a que la composición química de la vinaza varía en función del material utilizado (guarapo o mieles finales) para destilar el alcohol, Subiros y Molina (1992), indican que en algunos casos la vinaza ha sido aplicada al cultivo en combinación con fertilizantes minerales. Por ejemplo, es posible agregar a la vinaza hasta 60 kg de N ha⁻¹ con la finalidad de enriquecer su contenido de nutrientes.

Desde el punto de vista social, existe cierto rechazo en el uso de la vinaza y compost de cachaza en el cultivo de caña de azúcar. Quiroz *et al.* (2011) señalan para la zona de abasto del Ingenio La Gloria, Veracruz, que los productores perciben negativamente el precio y la cantidad de compost de cachaza aplicado por hectárea, y prefieren comprar fertilizante, ya que el compost de cachaza no tiene efectos a corto plazo, por lo que la actitud de éstos hacia el uso de compost es negativa. Respecto a la vinaza, los productores la perciben negativamente por su olor desagradable y la forma de aplicarla, ya que consideran que cuando las pipas entran al campo de cultivo dañan el suelo y a la caña.

Efecto sobre las características físicas del suelo

Cuando se compostea la cachaza en fresco y se aplica al suelo, esta beneficia su estructura y aireación y promueve el desarrollo de raíces y la penetración del agua en su interior (Elsayed *et al.*, 2007). Este material al ser aplicado en el campo disminuye la compactación causada por la maquinaria que se utiliza al momento de la cosecha. Así, Sánchez *et al.* (2005) determinaron que la aportación de vermicomposta derivada de cachaza y estiércol de bovino disminuyó la densidad aparente del suelo, fomentó la formación de agregados estables en agua y promovió una estructura granulada y menos compacta del suelo. Cuando el suelo dispone de material orgánico en forma de cachaza, éste aumenta su capacidad de almacenaje de agua (Romero *et al.*, 2002).

soil fertilization. In some places, the vinasse is discharged to the drainage system for later use as irrigation water or fertigation in the cultivation of sugarcane. Although this type of application has the disadvantage of using water to dilute vinasse and side effects of contamination of natural waterways.

Since the chemical composition of vinasse varies depending on the material used (cane juice or molasses) to distill the alcohol, Subiros and Molina (1992) indicated that in some cases the vinasse has been applied to the crop in combination with mineral fertilizers. For example, adding to the vinasse 60 kg N ha⁻¹ in order to enrich their nutrient content.

From the social point of view, there is some reluctance in the use of vinasse and sugarcane sludge compost in sugarcane crop. Quiroz *et al.* (2011) point out to the supply area of Ingenio La Gloria, Veracruz, that the producers perceive negatively the price and quantity of sugarcane sludge compost per hectare applied, and prefer to buy fertilizer, because the compost has no effect in short term, so that their attitude towards the use of compost is negative. Regarding the vinasse, the producers perceived negatively by their unpleasant odor and the way to apply it, because they believe that when the trucks enter into the field, they damage the soil and the cane.

Effect on the physical characteristics of soil

When composting fresh sugarcane sludge and then is applied into the soil, this benefit its structure and aeration and promotes root development and water penetration (Elsayed *et al.*, 2007). This material when applied in the field diminishes the compaction caused by the machinery used at the time of harvest. Thus, Sánchez *et al.* (2005) found that, the contribution of vermicompost derived from sugarcane sludge and bovine manure decreased the soil's bulk density, encouraging the formation of water-stable aggregates and promoted a less compact granular structure. When the soil has organic material in the form of sugarcane sludge, it increases its water storage capacity (Romero *et al.*, 2002).

With respect to vinasse, Goncalves *et al.* (2013) by applying 200 m³ ha⁻¹ of vinasse, found no significant differences in bulk density of the soil at different depths. However, it is likely that changes on some physical properties of the soil are observed over time.

Por lo que se refiere a la vinaza, Goncalves *et al.* (2013) al aplicar 200 m³ ha⁻¹ de vinaza, no encontró diferencias significativas en la densidad aparente de suelo a diferentes profundidades. Sin embargo, es probable que los cambios sobre algunas propiedades físicas del suelo se observen a largo plazo.

Efecto sobre las características químicas del suelo

Después de un año de aplicar cachaza composteada, la cantidad de fósforo (P) y materia orgánica en el suelo se incrementa. Sin embargo, es necesario llevar a cabo estudios a largo plazo para determinar el beneficio real de este subproducto (Hernández *et al.*, 2008). La mezcla de cachaza y bagazo de caña con 90 días de compostaje presenta una relación carbono-nitrógeno (C/N) estable, así como una baja cantidad de nitrógeno amoniacal (NH₄), lo cual permite que exista una cantidad de nitratos disponibles para la planta (Meunchang *et al.*, 2005). Los efectos favorables para el suelo también fueron reportados por Elsayed *et al.* (2007) quienes indicaron que la aplicación de cachaza estimula el aumento de las reservas de materia orgánica del suelo, el carbono orgánico, el nitrógeno total y la cantidad de fósforo.

Por lo que se refiere a los efectos de la vinaza, la obtenida a partir de melaza, aporta el doble de nutrimentos que la obtenida directamente de jugo de caña de azúcar, aunque estas tienen un bajo contenido de P y nitrógeno (N), al irrigar con vinazas y agregar un complemento 60 kg ha⁻¹ de N estas aumentan el nivel de potasio (K), hierro (Fe) y P (Subirós y Molina, 1992), así como el pH (Bautista *et al.*, 2000). Sin embargo, la aplicación de vinaza recién salida de la destilería a suelos acrisoles y fluvisoles constituye un riesgo de salinización y de contaminación por zinc (Zn) y manganeso (Mn), así como una pérdida ligera de cristalinidad de la hallosyta (Bautista *et al.*, 2000).

Para reducir los riesgos antes mencionados, la vinaza debe aplicarse en forma sistematizada. Bautista y Durán (1998) recomiendan aplicar 564 m³ ha⁻¹ de vinaza cruda; 956 m³ ha⁻¹ de vinaza con tratamiento aerobio y 1618 m³ ha⁻¹ de vinaza con tratamiento aerobio - anaerobio en suelo del tipo acrisol. Asimismo, para suelo del tipo fluvisol, se recomienda aplicar 611 m³ ha⁻¹ de vinaza cruda; 1 036 m³ ha⁻¹ de vinaza con tratamiento aerobio y 1 753 m³ ha⁻¹ de vinaza con tratamiento aerobio-anaerobio.

Effect on the chemical characteristics of soil

After a year of applying composted sugarcane sludge, the amount of phosphorus (P) and organic matter in the soil increases. However, it is necessary to conduct long-term studies to determine the actual benefit of this product (Hernández *et al.*, 2008). Sugarcane sludge and bagasse mixture composting for 90 days has a carbon-nitrogen ratio (C/N) stable and a small amount of ammonia nitrogen (NH₄), which allows the existence of a number of nitrates available for the plant (Meunchang *et al.*, 2005). The favorable effects for the soil were also reported by Elsayed *et al.* (2007) who indicated that the application of sugarcane sludge stimulates the enhancement of organic matter, organic carbon, total nitrogen and phosphorus into the soil.

Regarding the effects of vinasse obtained from molasses, provides nutrients twice of that obtained directly from sugarcane juice, but these have a low content of P and nitrogen (N), the irrigation with vinasse adding 60 kg N ha⁻¹ increase the level of potassium (K), iron (Fe) and P (Subirós and Molina, 1992) and pH (Bautista *et al.*, 2000). However, the application of fresh vinasse directly from the distillery into the fluvisoles and acrisols soils constitutes a risk of salinization and pollution by zinc (Zn) and manganese (Mn), and a slight loss of crystallinity of the hallosyta (Bautista *et al.*, 2000).

To reduce the above risks, the vinasse should be applied in a systematic way. Bautista and Duran (1998) recommend applying 564 m³ ha⁻¹ of raw vinasse; 956 m³ ha⁻¹ aerobic treatment and 1618 m³ ha⁻¹ of vinasse with aerobic-anaerobic treatment in acrisol soils. Also, for the type fluvisol soil, applying 611 m³ ha⁻¹ of raw vinasse; 1 036 m³ ha⁻¹ aerobic treatment and 1753 m³ ha⁻¹ of vinasse with aerobic-anaerobic treatment.

Effect on the biological characteristics of soil

Sugarcane sludge compost has 59.8% organic matter (Hernández *et al.*, 2008), which is the food of a multitude of microorganisms and promotes mineralization processes, development of plant cover and stimulates plant growth in an ecological balanced system (Julca *et al.*, 2006). Some effects after applying vinasse and sugarcane sludge compost are that favors the number and length of the

Efecto sobre las características biológicas del suelo

El compost de cachaza presenta 59.8% de materia orgánica (Hernández *et al.*, 2008), que es el alimento de una multitud de microorganismos y favorece procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Julca *et al.*, 2006). Algunos efectos después de aplicar cachaza y vinazas son que la cachaza favorece el número y longitud de las raíces de la caña de azúcar, el área de exploración de la raíz, diámetro del tallo y la absorción de nitrógeno y potasio (Villanueva *et al.*, 1998). Asimismo, Tenorio *et al.* (2000) encontraron tasas de mineralización alta con dosis de cachaza (10 y 20 t ha⁻¹) y en el caso de la aplicación de vinaza la mayor tasa de mineralización se encontró en la dosis con 30 m³ ha⁻¹. En ninguno de los casos anteriores se inhibió la actividad biológica al añadir las enmiendas directamente sin previo compostaje.

En un ensayo con maíz (*Zea mays* L.) sobre suelo molisol, la actividad y biomasa microbiana-C durante la prefloración de las plantas fue significativamente mayor en el tratamiento donde se aplicó vinaza al 100% comparado con la dosis de fertilización KCl (Montenegro *et al.*, 2009).

La vinaza es rica en materia orgánica, en algunos casos hasta 17 kg m⁻³ (Hernández *et al.*, 2008) lo que es suficiente para que los microorganismos edáficos se desarrollen y mineralicen dichos compuestos (Julca *et al.*, 2006). Por ejemplo, después de aplicar vinaza, la cantidad de CO₂-C m⁻² h⁻¹ puede presentarse hasta 683.6 mg lo que supera notablemente el flujo de CO₂ cuando el suelo es regado con agua (368.5 mg). La diferencia en flujo de CO₂ se debe a la degradación rápida de la materia orgánica contenida en la vinaza mediante los microorganismos del suelo.

Por ello, después de siete años la vinaza por su característica líquida promueve la lixiviación de K, Ca, Mg y S alcanzando profundidades de 0.7-3.5 m. Rodríguez *et al.* (2012), determinaron la mayor cantidad de K y lixiviados a 10 cm y 23 cm de profundidad, esto favoreció el desarrollo profundo de las raíces del cultivo (Penatti *et al.*, 2005 citado por Hernández *et al.*, 2008).

Conclusiones

La aplicación de cachaza al suelo tiene efectos positivos en su calidad principalmente en la estructura, infiltración y retención de agua. Estimula la formación de agregados,

roots of sugarcane, the exploration area of the roots, stem diameter and the absorption of nitrogen and potassium (Villanueva *et al.* 1998). Also, Tenorio *et al.* (2000) found high rates of mineralization with sugarcane sludge doses (10 and 20 t ha⁻¹) and in the case of the application of vinasse as mineralization rate was found in the dose 30 m³ ha⁻¹. In none of these the biological activities were inhibited by adding the amendments directly without composting.

In a study of maize (*Zea mays* L.) on mollisol soil, the activity and microbial biomass-C during the flowering of plants was significantly higher in the treatment where vinasse was applied at 100% compared to KCl fertilization (Montenegro *et al.*, 2009).

Vinasse is rich in organic matter; in some cases up to 17 kg m⁻³ (Hernández *et al.*, 2008) which is quite enough for the soil microorganisms to develop and mineralize the compounds (Julca *et al.*, 2006). For example, after applying vinasse, the amount of CO₂-C m⁻² h⁻¹ to 683.6 mg can occur which significantly exceeds the flow of CO₂ when soil is irrigated with just water (368.5 mg). The difference in the flow of CO₂ is due to the rapid degradation of the organic matter contained in the vinasse through the soil's microorganisms.

For this reason, after seven years, the vinasse by its liquid trait promotes the leaching of K, Ca, Mg and S reaching depths of 0.7-3.5 m. Rodríguez *et al.* (2012) determined the highest amount of K and leachates at 10 cm and 23 cm deep, which favored the deep root development of the crop (Penatti *et al.*, 2005 cited by Hernández *et al.*, 2008).

Conclusions

The application of sugarcane sludge into the soil has positive effects on their quality mainly in the structure, infiltration and water retention. Stimulates the formation of aggregates, recycling of N, P, K, Ca, Mg, root development and microbiological activity. Additionally, vinasse benefits the soil by bringing a large amount of K and organic matter. Promoting the deepness growth of the root system, water infiltration, increasing the microbiological activity and subsurface gas exchange. The advantages of using sugarcane sludge compost are mainly due to the positive effects on the physical, chemical and biological traits of the soil. The best results are obtained by mixing sugarcane sludge with

el reciclaje de N, P, K, Ca, Mg, el desarrollo radical y la actividad microbiológica. Además, la vinaza beneficia al suelo al aportar una gran cantidad de K y materia orgánica. Estimula el crecimiento profundo del sistema radical, favorece la infiltración de agua, aumenta la actividad microbiológica y el intercambio gaseoso del subsuelo. Las ventajas del uso del compost de cachaza se deben principalmente al efecto positivo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los mejores resultados se obtienen mezclando el compost de cachaza con otros abonos orgánicos o con fertilizantes. Sin embargo, es importante informar previamente al productor sobre los efectos del compost de cachaza, debido a que estos consideran que es similar a los fertilizantes. Cabe señalar que la cantidad de compost de cachaza no es suficiente para satisfacer la demanda en la zona de abasto de los ingenios. Por otro lado, la vinaza, presenta la ventaja de ser líquida, satisfacer necesidades hídricas, contenido de materia orgánica y K, principalmente. Pero presenta la desventaja de que debe ser enfriada antes de ser aplicada al campo, su uso en exceso puede aumentar la salinización del suelo, y si no se informa al productor este puede rechazar su uso.

Agradecimiento

Al Tecnológico Superior de Zongolica, en especial al área de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. A la LPI4 (Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje) y al *Campus* Veracruz del Colegio de Postgraduados.

Literatura citada

- Altieri, A. M. 1999. Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan Comunidad. Montevideo, Uruguay. 292-293 pp.
- Arshad, M. A. 1992. Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *Am. J. Alter. Agric.* 7:25-31.
- Arreola, E. J. D.; Palma, L. S.; Salgado, G. W.; Camacho, C. J. J.; Obrador, O. J. F.; Juárez, L. y Pastrana, A. L. 2003. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana* 22:351-357.
- Bautista-Zuñiga, F. y Durán-de-Bazúa, M. C. 1998. Análisis del beneficio y riesgo potenciales de la aplicación al suelo de vinazas crudas y tratadas biológicamente. *Rev. Int. Contaminación Ambienta.* 14:13-19.
- Bautista, Z. F.; Durán-de-Bazúa, M. C. y Lozano, R. 2000. Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinazas. *Rev. Int. Contaminación Ambiental* 16:89-101.
- composted manure or with other fertilizers. However, it is important to first inform the producer about the effects of sugarcane sludge, because they may feel that is similar to the fertilizer. It should be noted that, the amount of sugarcane sludge is not enough to meet the demand in the supply of the mills. Furthermore, vinasse has the advantage of being liquid, satisfying water needs, organic matter content and K, mainly. But it has the disadvantage that it must be cooled before being applied into the field, its overuse can increase the soil salinization, and if not reported to the producer might reject its use.
- End of the English version*
-
- Elsayed, M. T.; Babiker, H. M.; Abdelmalik, E. M.; Mukhtar, N. O. and Montage, D. 2007. Impact of filter mud applications on the germination of sugarcane and small-seeded plants and on soil and sugarcane nitrogen contents. *Bio. Technol.* 99:4164-4168.
- Forero, F. E.; Fernández, J. P. y Álvarez, H. J. P. 2010. Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (*Zea mays*) 13:77-86.
- Galaviz, V. I.; Landeros, S. C.; Castañeda, C. M.; Martínez, D. J.; Pérez, V. A.; Nikolskii, G. I. and Lango, R. F. 2010. Agricultural contamination of subterranean water with nitrates and nitrites: an environmental and public health problem. *J. Agric. Sci.* 2(2):17-30.
- Goncalves, O. B.; Nunes, C. J. L.; Pellegrino, C. C. E.; Clemente, C. C. and Josefinae, F. B. 2013. Soil greenhouse fluxes from vinasse application in Brazilian sugar cane areas. 14:77-84.
- Hernández, M. G. I.; Salgado, G. S.; Palma, L. D.; Lagunes, E. L. C.; Castelán, E. M. y Ruiz, R. O. 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.; Meneses, F. L.; Blas, S. R. y Bello, A. S. 2006. La materia orgánica, usos y experiencias de su uso en la agricultura. *Rev. Cien. Suelo Nut. Veg.* 24:49-61.
- Meunchang, S. S.; Panichsakpatana, R. Weaver, W. 2005. Co-composting of filter cake and bagasse, by-products from a sugar mill. *Biores. Technol.* 437-443.
- Montenegro, G. S. P.; Menjivar, F. J. C.; Bonilla, C. C. R. y Madriñan, M. R. 2009. Influencia de la aplicación de vinaza en actividad y biomasa microbiana en un entic dystropept y un fluventic haplustoll del valle del Cauca Colombia 58:41-45.
- Parr, J. F.; Papendick, R. I.; Hornick, S. B. and Meyer, R. E. 1992. Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *Am. J. Altern. Agric.* 7(31): 5-10.
- Quiroz, G. I.; Pérez, V. A.; Landeros, S. C.; Morales, R. V. y Zetina, L. R. 2011. Percepción y actitud de productores cañeros sobre la composta de cachaza y vinaza. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 14:847-856.
- Ribón, C. M. A.; Salgado, G. S.; Palma, L. D. J. y Lagunes, E. L. C. 2003. Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar. *Interciencia* 28:154-159.
- Rodríguez, P. F.; Gavi, R. F.; Torres, B. E. y Hernández, A. E. 2012. Lixiviación de potasio y contenidos nutritivos en suelo y alfalfa en respuesta a dosis de vinaza. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3:833-846.

- Romero, E. R.; Scandalaris, R.; Rufino, M.; Pérez, F.; Rufino, R. y Alonso, L. 2002. Efecto de los factores de manejo en la emergencia de caña planta. *Avance Agroindustrial* 23:7-11.
- Salgado, G. S.; Bucio A. L.; Riestra, D. D. y Lagunes-Espinoza, L. C. 2003. Caña de azúcar hacia un manejo sustentable. Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. Villahermosa Tabasco. 367 p.
- Salgado, G. S.; Palma, L. D. J.; Lagunes, E. L. C. y Castelán, M. E. 2006. Manual para el muestreo de suelos, plantas, y aguas e interpretación de análisis. ISPROTAB. Colegio de Postgraduados *Campus*- Tabasco, México. 90 p.
- Sánchez, H. R.; Ordaz C. V. M.; Benedicto, V. G. S.; Hidalgo, M. C. I y Palma, L. D. P. 2005. Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompuesto de cachaza y estiércol. *Interciencia* 30:775-779.
- Subirós, J. F. y Molina, E. 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.
- Tenorio, Z. O.; Silveira, C. O. R.; Ribeiro- F. S.; Gascó, M. y Guerrero, L. F. 2000. Estudio de la actividad biológica de dos suelos de los tableros costeros del NE de Brasil enmendados con residuos agrícolas: vinaza y torta de caña de azúcar 4:70-74.
- Villanueva, R. E. P.; Sánchez, G. N.; Rodríguez, M. E.; Villanueva, N. E.; Ortiz, M. y Gutiérrez, E. J. A. 1998. Efecto de reguladores del crecimiento y tipo de sustrato en el enraizamiento de *kalanchoe*. *Terra Latinoamericana* 16:33-41.