

COMPOSTA, CENICHAZA Y BOCASHI DE SUBPRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA

COMPOST, CENICHAZA AND BOCASHI FROM SUGAR INDUSTRY BYPRODUCTS

Noé Aguilar-Rivera, David Martínez-Belmonte, Juan Carlos Bonilla-Cabañas, Raúl Armando Sánchez Martínez, Agustín Herrera Solano.

Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Km. 1 Carretera Peñuela Amatlan de los Reyes S/N. C.P. 94945, Córdoba, Veracruz México. naguilar@uv.mx

Resumen

La agroindustria azucarera de Veracruz ha disminuido su productividad agrícola por encima del 10 %, derivado de prácticas convencionales de manejo del cultivo como la cosecha con quema y requema de residuos en el 88 % de la superficie cosechada. La incorporación de materia orgánica procedente de subproductos de la agroindustria azucarera (cachaza, bagacillo, cenizas, tlazole) ha sido una opción para restablecer la fertilidad, sin embargo, al no estar degradados en su totalidad no permiten su incorporación efectiva al suelo. Mediante las técnicas de compostaje el abono obtenido favorecerá la estructura del suelo, disponibilidad de nutrientes y fertilidad, amortiguará el pH, fomentando el buen desarrollo de cultivos y la productividad. Se evaluaron las propiedades nutrimentales de diversos abonos orgánicos tipo composta, lombricomposta, cenichaza y bokashi producidos a base de subproductos de la agroindustria de la caña de azúcar (bagazo, cachaza, vinazas, cenizas de calderas) y la combinación de estiércol de caballo, vacunos y gallinaza y sustratos gastado de la producción de hongo seta, usando cachaza como testigo. Los tratamientos y diversas combinaciones de subproductos de la agroindustria azucarera, estiércol y otros insumos como melazas, levaduras, cal agrícola y lombrices se llevaron a cabo en contenedores plásticos mediante un diseño experimental. Los abonos obtenidos presentaron variación en sus propiedades químicas como materia orgánica de 37 a 55 %, materia inorgánica de 45 a 95 %, carbono total de 8.6 a 32 %, N de 0.17 a 2 %, relación C/N de 13 a 57, K de 0.15 a 0.475 %, P de 0.875 a 4%, pH de 5.5 a 12.8, lo que los convierte en adecuados para diversas aplicaciones agrícolas como caña, hortalizas, frutales etc. y para mejorar diversos tipos de suelos ácidos y alcalinos bajos en fertilidad y puede ser una alternativa para generar ingresos en las zonas de abasto

Palabras Clave: Abono orgánicos, subproductos agroindustriales, fertilidad de suelos

Keywords: Organic manures, byproducts, soil fertility

Abstract

Raw material productivity in sugar industry of Veracruz has declined over 10%, it is derived from conventional crop management practices such as burning and reburning harvest residues in 88% of the harvested area. The incorporation of organic matter from by-products of the sugar industry (filter mud, bagasse, ash and trash) is an option to restore fertility, however, the organic wastes not is being degraded as a whole do not allow their effective soil incorporation. Using the techniques of composting and vermicomposting, the obtained manure favor the soil structure, nutrient availability and fertility, pH, promoting good crop development and productivity. The nutritional properties of various organic fertilizers such compost, vermicompost, cenichaza and Bokashi manufactured from by-products of sugar industry (bagasse, filter cake, vinasse, ash boiler) and the combination of horse, cattle and chicken manure and substrates from spent mushroom production mushroom were evaluated, using filter mud as control. Treatments of combinations of sugar industry by-products, manure and other inputs such as

molasses, yeast, agricultural lime and worms were carried out in plastic containers using an experimental design. Fertilizers obtained showed variation in chemical properties as organic matter from 37 to 55%, inorganic material 45 to 95%, total carbon 8.6 to 32%, N 0.17 to 2%, C/N 13 to 57, K 0.15 to 0.475%, P 0.875 to 4%, pH 5.5 to 12.8, which makes them suitable for various agricultural applications such as cane, vegetables, fruit etc. and to improve various types of acid and alkaline soils and can be an alternative to generate income in the sugarcane supply areas

Introducción

Ante el crecimiento de la superficie sembrada con caña de azúcar para satisfacer la creciente demanda interna de azúcar, la competencia con otros edulcorantes calóricos y no calóricos y la necesidad de combinarlo con la sostenibilidad socio ambiental de la agroindustria, surge la necesidad de nuevas tecnologías que garanticen, entre otras cosas, la seguridad alimentaria en este carbohidrato básico, el aumento y los retos de productividad ante el cambio climático, el uso eficiente de insumos de la naturaleza (agua, sol, viento etc.) y la economía (fertilizantes y agroquímicos diversos), la eliminación de las quemas que anteceden a la cosecha, innovación en la agricultura sustentable, la utilización de los residuos y subproductos (bagazo, melazas, cenizas, vinazas y cachazas) y una mayor eficiencia en la generación de energía (cogeneración) y metodologías multidisciplinarias de abordaje para el análisis de estrategias para la permanencia y sostenibilidad del sector; por lo que el objetivo actual para la agroindustria azucarera es evaluar la capacidad de establecer estrategias de reconversión productiva mediante el incremento de la productividad de la cadena agroindustrial en el contexto del desarrollo sostenible y la competitividad incrementado la productividad en campo, ingenios azucareros, destilerías y trapiches empleando los subproductos del proceso (residuos de cosecha, bagazo, cachazas, vinazas, cenizas, melazas y aguas residuales) como materias primas en otros procesos (Aguilar-Rivera, 2012). (Figura 1)

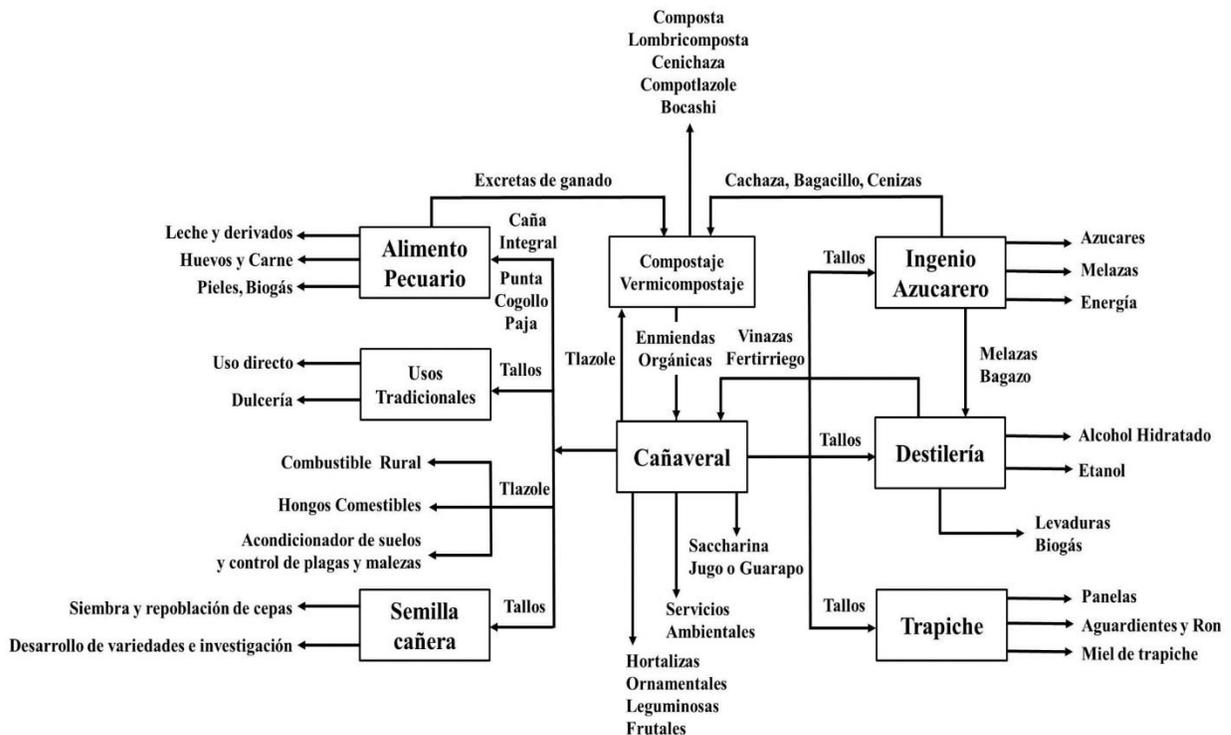


Figura 1. Cadena de valor de la agroindustria de la caña de azúcar

Suelos cañeros

El suelo es una parte fundamental de los ecosistemas cañeros, contiene agua y elementos nutritivos que la caña de azúcar utiliza. En él se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona, por tanto, todo el desarrollo del ecosistema. Resulta de la descomposición de la roca madre, por factores climáticos y la acción de los seres vivos. Esto implica que el suelo tiene una fracción mineral y otra biológica. Es en esta condición de compuesto organomineral lo que le permite ser el sustento del cultivo de la caña de azúcar. Sin embargo, los agricultores cañeros, en la medida que han conocido qué componentes minerales y orgánicos tiene el suelo, así como la aireación y permabilidad, han desarrollado mejoras en la producción del cultivo de caña de azúcar como parte de los programas de conservación del medio ambiente, donde un manejo racional de los recursos naturales y un nuevo enfoque de la producción industrial, buscando la sostenibilidad de cada sistema en el mediano y largo plazo, son los desafíos más importantes para la agroindustria azucarera mexicana. Así surge el reto de buscar sistemas industriales diversificados, integrados y sostenibles que generen una mayor productividad, basada en la utilización de los recursos propios y residuos de la producción que, sin provocar la transformación de los ecosistemas, permitan satisfacer las necesidades de una industria en crisis y el papel fundamental del medio ambiente al lograr estos objetivos (Quiroz Guerrero et al., 2011).

En este sentido, los abonos orgánicos obtenidos por el proceso de compostaje y lombricompostaje y bocashi pueden tener mayor contenido nutrimental al de la cachaza de la industria azucarera debido a los tratamientos de conversión, inclusive estos abonos se pueden enriquecer en contenido de materia orgánica y demás elementos al agregar en las mezclas vinazas, residuos de caña tales como bagazo de ingenio o trapiches, punta cogollos y hojas, y excretas de animales y así pueden favorecer el incremento de nutrimentos en los suelos cañeros e inclusive el composteo de la cachaza es una alternativa que permite reducir las dosis de aplicación, facilitando su transporte y aplicación en campo, por lo que favorece el proceso de mineralización, lo cual a su vez permite una mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo al trabajar de forma sinérgica a la fertilización mineral convencional incrementando su desempeño y extrapolarse a la producción de hortalizas en la unidad cañera.

Durante las últimas zafas se produjeron en promedio en el estado de Veracruz 1,004,773 t. de cachaza equivalente al 5.1 % de la caña procesada en ingenios azucareros y el 88.3 % de los residuos de cosecha de la superficie productora fueron quemados previo a la cosecha. Por lo tanto, el empleo de la quema y la requema para la cosecha de la caña (Figura 2), han contribuido en México junto al monocultivo a disminuir el contenido de materia orgánica de las áreas de abasto cañero, así mismo el uso intensivo de la fertilización química ha impactado en la respuesta del cultivo al mismo, por lo que son necesarias opciones para incrementar la fertilidad de los suelos. Sin embargo, la aplicación de cachaza, residuos de cosecha y cenizas de caldera del ingenio azucarero e inclusive excretas de ganado o gallinaza, como a la fecha lo llevan a cabo la mayoría de los ingenios, es poco rentable por el gran volumen que hay que transportar, por su alto contenido de humedad y al aplicar la materia orgánica de estos subproductos sin descomponer la relación C/N, es alta, por lo tanto tiene poco efecto en el incremento de la productividad en TCH y TSH y en la recuperación de suelos cañeros (Saleh-e-In et al, 2012, George et al.,2010).

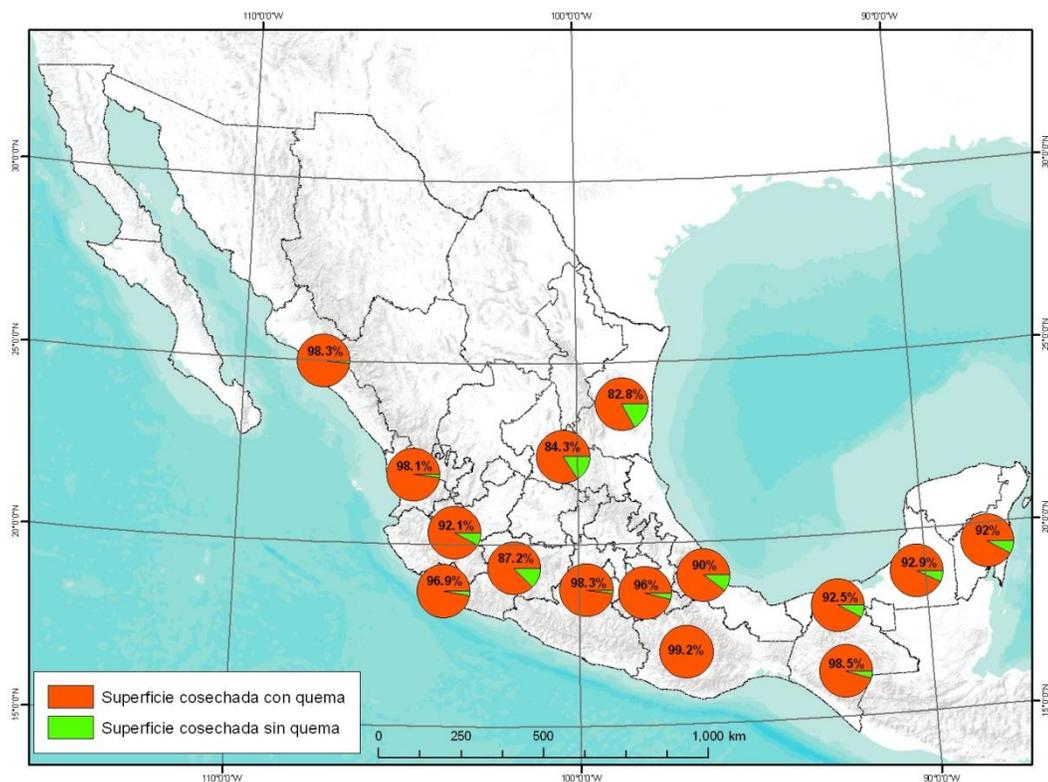


Figura 2. Quema de cañaverales en México

Es necesario crear conciencia a los ingenios azucareros en cuanto que la operación de quema debe ser eliminada debido a que la cobertura del suelo por la paja de caña provocará cambios significativos en el manejo del cultivo y la dinámica del N, influyendo directamente en las prácticas de fertilización de las cañas ciclo planta, socas y resocas, principalmente con relación a la fertilización nitrogenada, ya que el N es el nutriente que más limita la productividad de los cañaverales (Melchor et al.,2008).

Debe considerarse que la periodicidad de las quemas de cañaverales es un factor que agrava año tras año la pérdida de nutrientes en el suelo, especialmente de materia orgánica, por esto las políticas gubernamentales deben considerar prohibir la quema intensiva de cañaverales para evitar el impacto ambiental de estas y lograr alcanzar con el paso de los ciclos agrícolas un balance nutricional estable en los suelos; al mismo tiempo los industriales deben considerar el empleo alterno de hojas verdes y cogollo que acompañan a la planta de caña más fresca, la nueva recuperación de sacarosa, costos de molienda en verde, y practicar la cogeneración con estos residuos para obtener un valor agregado e introducir en las evaluaciones técnico-económicas tradicionales de la cosecha y el procesamiento de la caña quemada, las nuevas concepciones de la Economía, Ecología, Gestión Ambiental, Reingeniería de Procesos y Desarrollo Social como herramientas fundamentales para la sostenibilidad de la industria azucarera (Balakrishnan, 2011, Dee, 2002).

Al eliminar la quema y requema de los cañaverales, e implementando las practicas de manejo agroecológico en el agrosistema cañero, como la incorporación de abonos orgánicos, se generaran beneficios económicos superiores al manejo convencional al promover la producción de bienes y servicios ambientales y sociales. A parte de esto, las diferencias entre los dos manejos radicara en la no aplicación de herbicidas, menores consumos de agua, menores costos de maquinaria como resultado

fundamental de reducir la dependencia especialmente en agroquímicos y maquinaria, los impactos ambientales y sociales de este cultivo.

Materiales y métodos

La investigación se llevara a cabo en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias ubicada A 18°31'38" N y 96°54'96" O perteneciente a la localidad de Peñuela, Amatlan de los Reyes Ver., con objetivo de evaluar la factibilidad de producir composta, lombricomposta y bocashi con residuos de cosecha de caña de azúcar, cenizas de combustión, vinazas, melazas, estiércol y cachaza

Los abonos (composta, lombricomposta y bocashi) se obtendrán de acuerdo a la técnica de contenedor plástico y se adaptaran al uso de subproductos cañeros con un diseño experimental para realizar diversas formulaciones de los residuos cañeros y en los producto finales se evaluaran de acuerdo a la NMX-FF-109-SCFI-2007 humus de lombriz (lombricomposta) -especificaciones y métodos de prueba y NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis de acuerdo a la técnicas reportadas por Romero-Yam et al., (2015), Ramos Agüero *et al.* (2014), Cifuentes *et al.* (2013) y Garg y Gupta (2009). Una vez terminado el proceso de conversión (3 meses), se tomó una muestra compuesta de cada tratamiento y se analizaron para determinar humedad, pH, conductividad eléctrica, cenizas, materia orgánica, carbono total, nitrógeno total, relación C/N, calcio (CaO), magnesio (MgO), sodio (Na₂O), potasio (K₂O), fósforo (P₂O₅), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) por triplicado.

Tratamientos evaluados fueron: T1 Cachaza (Testigo), T2 Composta de cachaza, T3 Lombricomposta de cachaza, T4 Lombricomposta de cachaza más tlazole de caña de azúcar, T5 Bocashi de cachaza y estiércol de gallina, T6 composta de cenichaza, T7 Composta Cenichaza–Vinaza, T8 Bocashi de cenichaza, vinaza y estiércol de vaca

Los equipos empleados fueron: Molino para reducción de tamaño de la biomasa cañera, balanza granataria electrónica, bascula de 10 kg, potenciómetro digital, termómetro; como material biológico se empleo melaza, cachaza, cenichaza¹, vinazas, bagazo integral, tlazole, estiércol de vacuno, ovino, caballo y gallinaza, lombriz y levadura de panadería.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan las propiedades de los abono orgánicos obtenidos con subproductos de la agroindustria azucarera.

Cuadro 1. Contenido nutrimental promedio de abonos orgánicos composta y lombricomposta derivados de diferentes residuos agroindustriales cañeros y otros.

¹ La cachaza es un subproducto del proceso de clarificación del guarapo que está compuesta por alto contenido de MO, N, P y Ca; mientras que la ceniza es un residuo de la quema del bagazo con alto contenido de K, P y Na, la combinación de estos dos subproductos en diversas proporciones origina la cenichaza. Tanto la cachaza como la ceniza frescas pueden ser aplicadas directamente al suelo; sin embargo, por su gran volumen resulta no rentable cuando se transporta a sitios con distancias mayores a los 10 Km. Otra desventaja, sería la sedimentación de las sales insolubles y parte de la MO en el agua durante los riegos; por otro lado, la alta relación C/N cuando no están descompuestos produce deficiencia de N. Por esta razón, el compostaje reduciría estos impactos negativos (Salazar et al., 2006).

Análisis químico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Humedad (%)	24.76	38.05	60.92	61.56	35.78	38.51	43.31	57.17
pH	7.52	5.49	7.32	7.79	8.97	8.55	8.67	12.20
Conductividad eléctrica dsm ⁻¹	0.958	2.374	1.079	1.105	3.04	0.630	1.329	2.133
Cenizas (%)	47.67	45.850	56.96	55.03	57.69	96.33	95.14	62.72
Materia orgánica (%)	52.33	54.150	43.04	44.97	42.31	3.67	4.86	37.28
Carbono total (%)	30.354	31.409	24.965	26.085	24.542	2.129	2.819	21.624
Nitrógeno total (%)	0.678	1.680	1.99	1.45	0.99	0.26	0.17	0.69
Relación C/N	44.77	18.69	12.55	17.98	24.78	8.19	16.58	31.34
Calcio (CaO) (%)	5.030	2.756	5.266	5.388	18.212	4.245	3.973	31.299
Magnesio (MgO) (%)	0.773	0.290	0.635	0.662	0.776	0.552	0.646	0.968
Sodio (Na ₂ O) (%)	0.0314	0.0300	0.029	0.040	0.337	0.172	0.195	0.058
Potasio (k ₂ O) (%)	0.211	0.150	0.184	0.179	1.282	1.388	1.589	0.475
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	3.947	2.796	3.384	3.956	1.712	0.877	0.879	1.444
Hierro (Fe) (%)	0.5465	0.8961	1.088	0.898	0.3647	0.3488	0.4483	0.0860
Cobre (Cu) (%)	0.0078	0.0055	0.0156	0.0204	0.004	0.0055	0.0057	0.0028
Zinc (Zn) (%)	0.0216	0.0238	0.0227	0.0224	0.0178	0.0079	0.0064	0.0190
Manganeso (Mn) (%)	0.1659	0.1415	0.2227	0.2502	0.0685	0.0820	0.0800	0.0530

Como alternativa a la aplicación de fertilizantes, constituye el empleo de abonos orgánicos (compost, biosólidos, vermicompost, entre otros) u órgano-minerales, que presentan parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas en este mismo sentido se indica que la fertilización orgánica sustituye en gran medida del uso de fertilizantes minerales.

La producción de abonos obtenidos de subproductos de la agroindustria azucarera (cachaza, cenizas, melaza, bagacillo, vinazas, tlazole) puede ser una alternativa para generar ingresos en las zonas de abasto. El abono favorecerá la estructura del suelo, disponibilidad de nutrientes y fertilidad para las plantas, amortiguará el pH, fomentando el buen desarrollo de los cultivos y la productividad. La calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes

a un cultivo. Éste está directamente relacionado con las concentraciones de esos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración (Castro *et al.*, 2009).

Los tratamientos evaluados, y las distintas mezclas evidenciaron que cumplieron con el proceso de compostaje, con lo que se ha formado un material que puede ser aplicado al cultivo, favoreciendo el crecimiento de las plantas. De esta manera, la cenichaza por sus propiedades químicas se constituye en una alternativa de fertilización especialmente para suelos ácidos, característicos de la producción de caña de azúcar, rica en nutrientes que requiere la planta debido a que el nitrógeno, fósforo y potasio se encuentran en forma disponible o residual.

Los abonos orgánicos obtenidos presentan un incremento del material inorgánico, conductividad eléctrica, fósforo y manganeso y un adecuado contenido nutricional en relación a la cachaza original, ya que un abono de calidad debe tener una relación C/N menor que 20 y un contenido de N mayor que 1.0 % (Prado *et al.*, 2013). En relación al pH, Zambrano *et al.* (2014) y Salazar *et al.*, (2006) señalan que un material orgánico estable presenta un pH entre 7 y 8 como la mayoría de los tratamientos, a excepción de T2 (composta de cachaza). Sin embargo, éste último presentó el mayor contenido de materia orgánica. Esta opción de diversificación para las zonas de abasto cañero es muy promisoría para la producción de alimentos directamente por los productores y/o comercialización y aunque se requiere de conocimiento científico y tecnológico para su optimización, este estudio aporta evidencia cuantitativa de la potencial disponibilidad de nutrientes.

Conclusiones

Las tendencias marcan que las compostas en la mayoría de las variantes resultaron mejor que composta de cachaza, dado que es mejor para suelos que tienen pH ácidos y debido a la relación carbono nitrógeno serían para cultivares de mayor estancia.

Los resultados sugieren que el tipo de materia prima utilizada para la elaboración y producción de los Bocashi determinara en mucho las características finales del producto.

Resulta una alternativa costeable para los productores cañeros la realización del abono fermentado tipo Bocashi debido a su bajo costo y fácil manejo.

Referencias

Aguilar-Rivera, N. (2012). Paradigma de la diversificación de la agroindustria azucarera de México. *Convergencia*, 19(59), 187-213.

Balakrishnan, M., & Batra, V. S. (2011). Valorization of solid waste in sugar factories with possible applications in India: A review. *Journal of environmental management*, 92(11), 2886-2891.

Cifuentes, R., De León, R., Porres, C., Rolz, C. 2013. Windrow Composting of Waste Sugar Cane and Press Mud Mixtures. *Sugar Tech* 15:406-411.

Dee, B. M., Haynes, R. J., & Meyer, J. H. (2002). Sugar mill wastes can be important soil amendments. In *Proc S Afr Sug Technol Ass* (Vol. 76, pp. 51-60).

Garg, V. K., Gupta, R. 2009. Vermicomposting of agro-industrial processing waste. In *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation* (pp. 431-456). Springer Netherlands.

George, P. A. O., Eras, J. J. C., Gutierrez, A. S., Hens, L., & Vandecasteele, C. (2010). Residue from sugarcane juice filtration (filter cake): energy use at the sugar factory. *Waste and Biomass Valorization*, 1(4), 407-413.

Melchor, G. I. H., García, S. S., López, D. J. P., Espinoza, L. D. C. L., Estrada, M. C., & Rosado, O. R. (2008). Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia*, 33(11), 855-860.

Prado, R. D. M., Caione, G., Campos, C. N. S. 2013. Filter Cake and Vinasse as Fertilizers Contributing to Conservation Agriculture. *Applied and Environmental Soil Science*, <file:///C:/Users/Noel%20AR/Downloads/581984.pdf>

Quiroz Guerrero, I., Pérez Vázquez, A., Landeros Sánchez, C., Morales Ramos, V., & Zetina Lezama, R. (2011). Percepción y actitud de productores cañeros sobre la composta de cachaza y vinaza. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 847-856.

Ramos Agüero, D., Terry Alfonso, E., Soto Carreño, F., Cabrera Rodríguez, J. A. 2014. Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales* 35:90-97.

Romero-Yam, L. A., Almaraz-Suárez, J. J., Velasco-Velasco, J., Galvis-Spinola, A., & Gavi-Reyes, F. (2015). Microbial dynamics during composting of filter cake reactivated with chicken manure. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 21(1), 21-31.

Salazar, M., Sánchez, M. A., & Aucatoma, B. (2006). Uso de cachaza descompuesta y porcentaje de sustitución de fertilización química en un lote del ingenio Valdez. *Manejo de suelos y fertilizantes. CINCAE. Informe Anual, 2005*, 40-46.

Saleh-e-In, M. M., Yeasmin, S., Paul, B. K., Ahsan, M., Rahman, M. Z., & Roy, S. K. (2012). Chemical Studies on Press Mud: A Sugar Industries Waste in Bangladesh. *Sugar Tech*, 14(2), 109-118.

Zambrano, A., Paolini, J., Contreras, F., Rivero, C. 2014. Caracterización enzimática de enmiendas orgánicas. *Venesuelos* 21: 73-81