



Revista *Márgenes*. Vol.6, No.2, Mayo-Agosto, 2018. RNPS: 2460

¿Cómo citar este artículo?

Obregón-Luna, J. de J. (mayo-agosto, 2018). Producción de compost con vinazas para mitigar su impacto ambiental y aprovecharlas como fertilizante: minirrevisión. Revista *Márgenes*, 6(2), 60-73. Recuperado de <http://revistas.uniss.edu.cu/index.php/margenes/issue/view/698>

TÍTULO: PRODUCCIÓN DE COMPOST CON VINAZAS PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL Y APROVECHARLAS COMO FERTILIZANTE: MINIRREVISIÓN

TITLE: COMPOST PRODUCTION FROM VINASSES TO MITIGATE THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT AND USE THEM AS FERTILIZER: A MINIREVIEW

Autor: Dr. C. Ing. Joaquín de Jesús Obregón-Luna

Colaborador del Centro de Estudio de Energía y Procesos Industriales. Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez", Cuba. Correo electrónico: jobrelu@nauta.cu

Recibido: 12/04/2018

Aceptado: 30/04/2018

RESUMEN

En el presente artículo se analizó la elaboración de compost por fermentación aerobia en estado sólido, factible de forma técnica y económica, con vinazas de destilerías de bioetanol, que mitiga el impacto ambiental de estas y se utilizan como biofertilizante. Empleado como abono o enmienda orgánica de los suelos, aumenta la fertilidad de los mismos, al enriquecerlos con humus y sustituye fertilizantes químicos. Se describe la macrocomposición de los componentes del sustrato inicial de caña de azúcar, cuya formulación es variable. Fueron caracterizados los parámetros recomendados para su elaboración, los métodos empleados en Cuba y en otros países con tecnologías de nave cerrada, sus ventajas y desventajas, donde se evidenció que la selección del procedimiento es multifactorial. Por tanto, se declara como objetivo: realizar un análisis de la elaboración de compost como restaurador de la fertilidad de los suelos, con

60

REVISTA MÁRGENES. VOL.6, NO.2, MAYO-AGOSTO, 2018. RNPS: 2460

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

vinazas originadas de la producción de alcohol agrocombustible a partir de la caña de azúcar, forma mitigante del riesgo de impacto ambiental negativo.

Palabras clave: bioetanol; caña de azúcar; vinazas; compost; buenas prácticas de producción.

ABSTRACT

This paper analyzed compost production by aerobic fermentation in solid state, - technically and economically feasible- from vinasses of bioethanol distillery, which mitigates their environmental impact and are used as biofertilizer. Used as fertilizer or organic amendment, soil fertility increases as it is enriched with humus; besides, chemical fertilizers are substituted. The macro composition of the components of the initial sugar cane mash is described, whose formulation is variable. There were characterized the parameters recommended for their elaboration, the methods used in Cuba and in other countries with closed chamber technologies, their advantages and disadvantages. It was evidenced that the selection of the procedure is multicausal. Thus, this paper aims to carry out an analysis of compost production as a soil fertility restorer and environmental impact mitigating resource from vinasses originated from agro-combustible alcohol production from sugar cane.

Key words: bioethanol; sugar cane; vinasses; compost; good production practices.

INTRODUCCIÓN

El compostaje ocurre de forma espontánea en la naturaleza, en la descomposición de la materia orgánica sólida por degradación biológica, hasta la formación del humus, que restablece la fertilidad de los suelos (Quiroz Guerrero, & Pérez Vázquez, 2013).

Una de las formas viable de empleo útil de las vinazas procedentes de la fermentación-distilación de sustratos de la caña de azúcar, es su empleo como componente para la elaboración del biofertilizante compost, que logra tres propósitos básicos: La producción de un producto beneficioso, aumento del valor añadido y la mitigación del impacto ambiental (Obregón-Luna, 2009; 2012).

Las vinazas solas no son aptas para producir compost, si no forman parte como componentes nutritivos del sustrato a fermentar (Conil, 2008; NYC, 2012).

Las formulaciones para elaborar este fertilizante orgánico, está compuesto de cachaza, bagazo, cenizas de las calderas que queman bagazo, nutrientes (de requerirse) y

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

vinazas. Mediante un proceso de fermentación aerobia en estado sólido, con microorganismos que acompañan los componentes o inoculados con excretas de animales o cultivos mixtos desarrollados; se transforma en una fuente balanceada de carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), adecuadas para los suelos de cualquier cultivo. Este proceso ocurre de 60 días a 120 días. Debido a las bacterias patógenas, en Cuba para su utilización en los canteros de la agricultura urbana, si la inoculación es con excreta animal conlleva a una caracterización microbiológica según regulaciones sanitarias (Gómez, 2004).

Existen tres formas ingenieras generales de instalaciones para su producción masiva industrializada: en platos asfaltados a cielo abierto vulnerable a las lluvias, naves cerradas en vías de predominar (REZA, 2011) y tambores rotatorios.

Por lo antes expuesto, el objetivo de este artículo es: realizar un análisis de la elaboración de compost como restaurador de la fertilidad de los suelos, con vinazas originadas de la producción de alcohol agrocombustible a partir de la caña de azúcar, forma mitigante del riesgo de impacto ambiental negativo.

DESARROLLO

El enfoque hecho hasta ahora a la disposición final de las vinazas de destilerías de bioetanol de la caña de azúcar, mediante empleos útiles, comprobados en la práctica como viables; han sido: beneficios financieros y de mitigación del impacto ambiental. Cuando su manejo es para la elaboración y uso del biofertilizante compost, se agrega un nuevo aporte ambiental-productivo tan importante como los anteriores: el rescate de la fertilidad de los suelos agrícolas en dependencia de la calidad del compost empleado, de acuerdo a las características edáficas del terreno (Bohórquez Páez, 2013; Bohórquez Páez, Puentes, & Menjivar, 2014).

Para mieles y melazas de caña de azúcar fermentadas, el compostaje asimila la vinaza que no es posible recircular al proceso fermentativo, lo que completa el ciclo de cero vinazas al medio ambiente, que representa producir etanol agrocombustible como Producciones Más Limpias (PML) (Oficina Nacional de Normalización, 2000; Obregón-Luna, 2017).

Su empleo como componente en la elaboración de compost por fermentación aerobia en estado sólido, se realiza de forma directa de la columna destiladora, previo

enfriamiento, o concentradas a 30% Brix, 55% Brix y 60% Brix. Ello es casuísticamente lugar por lugar, que incluye el tipo de tecnología de la destilería en cuestión y el entorno socio productivo donde está ubicada.

La Figura 1 muestra un esquema general de una destilería de alcohol con producción de compost para alcanzar PML (Concha, 2006; Ximena; 2006; Obregón-Luna, 2012).

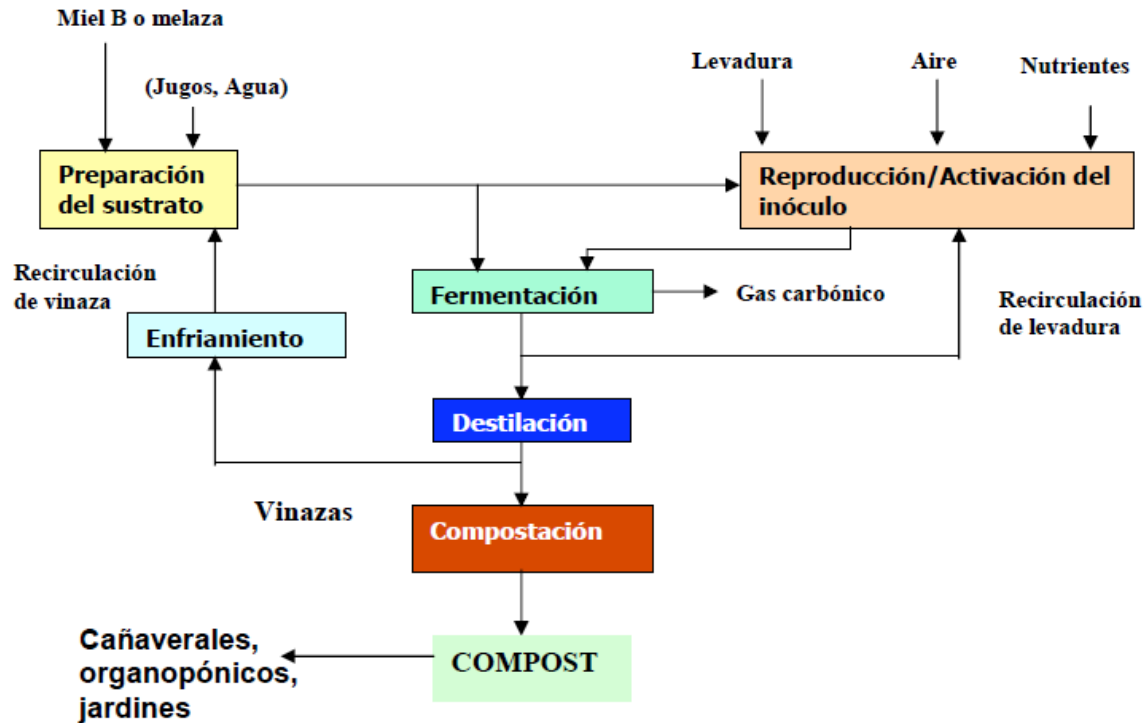


Figura 1. Esquema de una destilería de alcohol con PML

Fuente: Concha (2006), Ximena (2006), Obregón-Luna (2012)

La Figura 1 no es una destilería ideal, sino que existen actualmente varias que operan de esta forma (Concha, 2006; Ximena; 2006; Martínez, 2012; Elia Neto, 2017). La recirculación de vinaza no pocas veces hay que reducirlas e incluso eliminarlas por problemas que se presentan en el proceso fermentativo alcohólico en particular con los ácidos volátiles. Ello explica el porqué en la Figura 1 aparece el agua entre paréntesis. En el caso de los jugos de caña de azúcar no admiten recirculación de vinazas al estar diluidos (Obregón-Luna, 2017).

La Figura 2 ilustra una foto *in situ* de una instalación de este tipo (Concha, 2006; Ximena; 2006).



Figura 2. Foto de una planta de compost moderna en una destilería de alcohol

Fuente: Concha (2006), Ximena (2006)

La Figura 2 muestra una planta volteadora móvil tipo nave cerrada (Ximena, 2006), incluida en las ofertas de firmas para la PML de bioetanol (TPCC, 2007; PRAJ, 2011).

La producción de compost con empleo de vinazas puede llegar a lo sumo a un m^3/t de cachaza en la mezcla inicial (Conil, 2008), lo que evidencia por un sencillo balance de materiales, que es una solución parcial a la disposición final de la misma. La elaboración de compost no puede asimilar toda la vinaza que genera una destilería grande hasta el momento (Obregón-Luna, 2009).

Es ejecutada con tres tecnologías básicas actuales existentes que a veces se combinan (Obregón-Luna, 2012): Platos asfaltados a cielo abierto -el más utilizado en Cuba- que presentan sus riesgos (López Villalobos, Muñoz, & Muñoz, 2016); en nave cerrada y con biorreactores rotatorios de tambor que acelera considerablemente el proceso productivo.

El procedimiento completo al margen de la tecnología que se utilice, lleva varias etapas aerobias que se puede sintetizar como sigue: Preparación del sustrato → Fermentación mesófila (35°C a 40°C) → Fermentación termófila (50°C a 75°C) → Enfriamiento → Semimaduración y maduración. En esta última se forman el humus y ácido húmico, etapa más lenta de todo el proceso, puede tomar ocho meses o más, presenta aspecto de tierra negruzca, esponjosa, de grano fino con olor a tierra de bosque (Anónimo, 2012). En la etapa mesófila, se eliminan el 99,9% de las bacterias patógenas, en la

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

termófila se reduce hasta el 99,999%, lo que prácticamente pasteuriza el compost (The Biosolids Report, 2000).

Para la preparación del sustrato inicial con vinazas se recomienda (ICIDCA, 1991):

- Tamaño de las partículas sólidas: 1,5 cm a 5,0 cm para obtener más área de contacto superficial.
- Tiempo total para su obtención: 60 días a 120 días según la tecnología.
- Humedad (H) inicial 60% para circulación natural y hasta 80% si es forzada, al final del proceso se reduce a alrededor del 30%.
- Aeración a toda la masa que suministra oxígeno, facilita la degradación microbiana, controla temperatura y reduce la humedad.
- Fermentación con microorganismos que acompañan a los componentes, con excreta de animales o cultivos de microorganismos desarrollados que controla y reduce el tiempo de fermentación y disminuye olor.
- Relación carbono/nitrógeno (C/N): 25 a 35, al final desciende de 15 a 18. Relación inicial C/N < 25 origina pérdidas de N en forma de amoníaco.

La Tabla 1 brinda las características de los componentes usados en Cuba (Valdés, 2010).

Tabla 1. Composición inicial promedio de los materiales para compost

Material	% H	Contenido base seca en % peso					C/N
		MO	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Cachaza	80,0	80	44,4	1,50	1,80	0,30	29,60
Bagazo	50,0	90	50,0	0,39	1,02	0,87	128,20
Vinaza	94,5	76	42,2	12,70	2,70	36,5	3,33
Estiércol vacuno	70,0	82	45,5	1,70	1,50	2,0	23,94
RAC	40,0	94	52,2	0,35	0,20	1,25	149,14

RAC: Residuos agrícolas cañeros

MO: Materia orgánica

Fuente:(Valdés, 2010)

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La selección del material lignocelulósico de la caña de azúcar a emplear, implica conocer más detalles de algunos de sus macro componentes. La Tabla 2 muestra una síntesis de un reporte al respecto (Núñez, 2008).

Tabla 2. Composición de material lignocelulósico de la caña de azúcar

Componente en peso	Bagazo integral	Fibra de bagazo	Médula	RAC
% Celulosa	46,6	47,7	41,2	45,1
% Hemicelulosa	25,2	25,0	26,0	25,6
% Lignina	20,7	19,5	21,7	12,7

Fuente: Núñez (2008)

La lignina es de difícil metabolización por los microorganismos y según la Tabla 2, la médula es la que más contiene; sin embargo, las cachazas empleadas para elaborar compost, tienen cantidades significativas de este componente, por tal motivo no siempre se emplean solas en el sustrato inicial, pues alarga el tiempo de fermentación entre otros. Si esto último no es limitante, como ocurre hace años en su producción rústica no industrial (Obregón-Luna, 2012), en el sustrato inicial predomina la mezcla de vinazas y cachaza en proporción de 2:1 (Gómez et al., 2004). En la propia Tabla 2 se constata que los RAC son los que menos lignina contienen, no obstante, las formulaciones del sustrato inicial con vinazas, deben tener identificados los intereses de los clientes, por lo que no existe una norma general, sino los parámetros anteriormente recomendados. Las propiedades específicas del compost son las siguientes, (Anónimo, 2012):

- Es a la vez humus y fertilizante, esto último origina utilizarlo como tal.
- Al ser humus no se entierra, sino se esparce superficialmente en una capa de unos 2 cm de espesor, variable de un cultivo a otro.

En Cuba se elabora en platos asfaltados a cielo abierto, se remueve el sustrato cada cierto tiempo para la aireación, con un tractor que posee un aditamento empleado para la mezcla inicial y para este propósito. El dibujo de la Figura 3 lo ilustra.



Figura 3. Sistema A: compostaje de vinazas en Cuba

Existen otras tecnologías de compostaje con vinazas, como la mostraba antes en la Figura 2, conlleva más ingeniería en los diseños. En las Figuras 4, 5 y 6 expuestas a continuación, se muestran también las principales de naves cerradas (REZA, 2011):

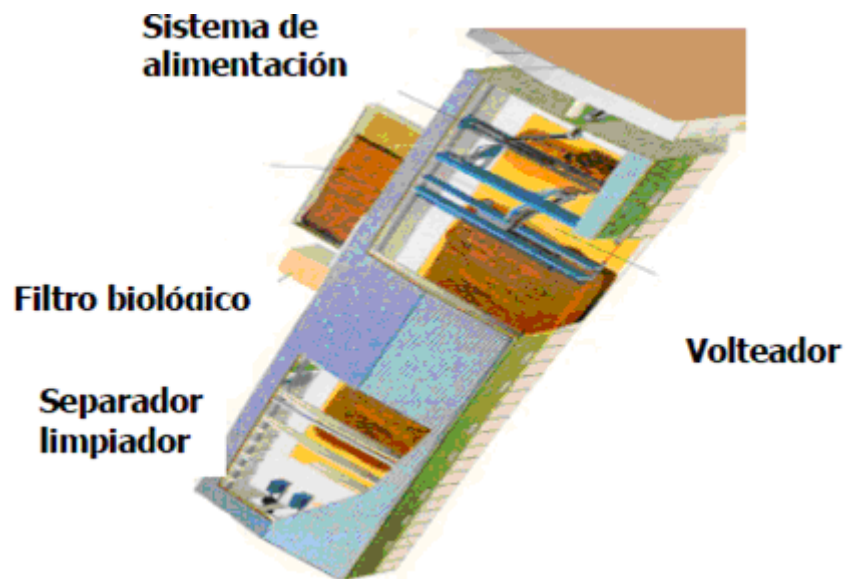


Figura 4. Sistema B: Volteador automático sobre carro

Fuente: REZA (2011)

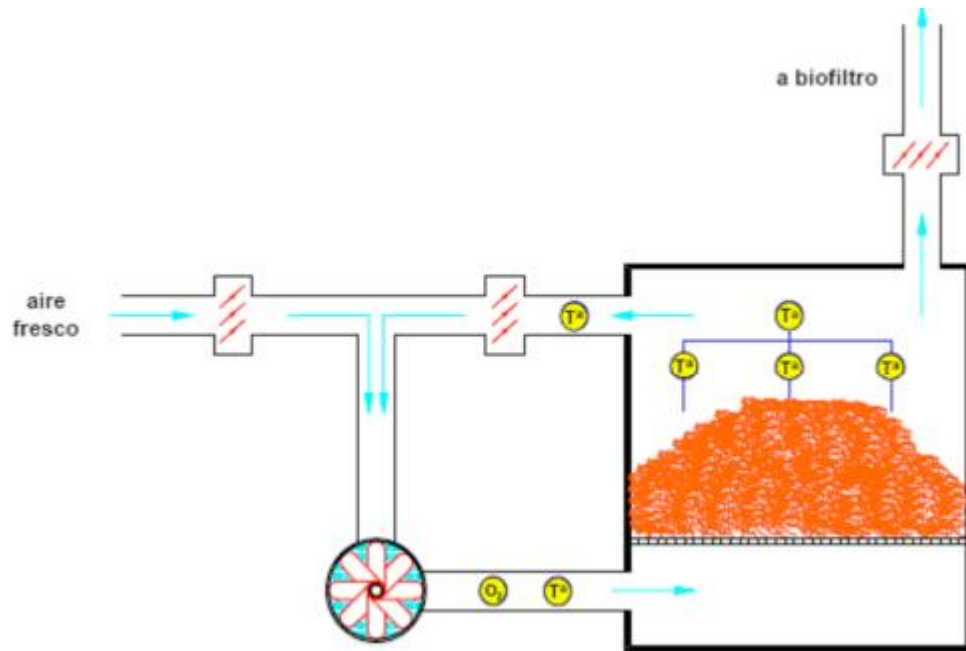


Figura 5. Sistema C: Túneles de fermentación intensiva

Fuente: REZA (2011)



Figura 6. Sistema D: Biorreactores de tamboretes

Fuente: REZA (2011)

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los diseños de nave cerradas de las Figuras 2, 4, 5 y 6 no son exclusivos para producir compost con vinazas, sino que responden a desarrollos ingenieros estándares de equipos y tecnologías de procesos (Perry et al., 1997). Se ajustan a casos específicos de procedimientos productivos e intereses de los clientes en las características del compost (Martínez, 2012; Rico Hernández, 2017). Todos presentan sus lados positivos y negativos, en la Tabla 3 se muestra una síntesis al respecto (REZA, 2011).

Tabla 3. Tecnologías de compost con vinaza en naves cerradas

Sistema	Ventajas	Desventajas
A	Menores consumos eléctricos y costos de explotación. Aceptable número de referencias.	Difícil control del proceso. Atmósfera agresiva a las personas. Alta influencia del tipo de residuo. Menor control generación de lixiviados. Necesidad de mucha superficie. Sistema no flexible ni modular.
B	Sistema cerrado. Traslado automático de sólidos Menos equipos móviles y mano de obra. Buena homogeneización del residuo, del control del proceso y número de referencias.	Altos costes de inversión, de consumo eléctrico, de mantenimiento y reposición de partes móviles. Empleo de filtros biológicos. Sistema no modular. Extracción de aire en toda la nave.
C	Proceso muy flexible y modular. Elevada competencia en el sector. Biofiltro sólo para túneles.	Alto consumo eléctrico Menor homogeneización del residuo

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

	Buen control del proceso. Alto número de referencias.	
D	Alta flexibilidad y control del proceso. Proceso modular. Biofiltro sólo para tambor. Menor influencia del tipo de residuo. Bajos costes de explotación. Requiere menos aire y agua. Aceptable número de referencias.	Discreto mayor coste de inversión que el sistema C.

Fuente: REZA (2011)

El criterio de selección de uno u otro sistema es multifactorial, en lo fundamental pueden sintetizarse en los siguientes aspectos:

- Capital disponible para la inversión.
- Demandas reales del mercado.
- Legislaciones ambientales del país.
- Características de la tecnología de la destilería de bioetanol.
- Escenario geográfico y social de ubicación de la usina.

CONCLUSIONES

El compost de vinazas originadas en destilerías de bioetanol de la caña de azúcar, diluidas o concentradas como componente del sustrato; es una tecnología disponible no generalizada. Se produce un biofertilizante que restaura la fertilidad de los suelos agrícolas y protege al medio ambiente. Su modo de producción en Cuba por el campesinado lleva muchos años de forma rústica, su elaboración masiva hasta el momento, se ejecuta en período de bajo régimen de lluvias (diciembre-abril), con tecnología de plato asfaltado a cielo abierto. Existen firmas que ofertan plantas completas de bioetanol agrocombustible con Producciones Más Limpias, que combinan recirculación de vinazas al proceso fermentativo y el excedente concentrados o no para producir compost. No obstante, cada destilería debe disponer de otras alternativas de

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

disposición final de las vinazas. El criterio de selección es multifactorial basado en opciones contextualizadas a escenarios específicos, donde la ingeniería química tiene un papel protagónico trascendental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo. (2012). *Uso y aplicaciones del compost*. Blog de ingeniería y sostenibilidad para el siglo XXI.

Bohórquez Páez, A. (2013). *Evaluación de la calidad del compost producido a partir de la molienda de caña de azúcar en la compañía Riopaila Castilla, Valle del Cauca, Colombia*. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia.

Bohórquez, A., Puentes, Y. J. & Menjivar, J. C. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Corpoica Ciencia Tecnológica Agropecuaria*, 15(1), 73-81, enero-junio.

Concha, A. M. (2006). *Experiencia en el arranque de una planta de alcohol carburante*. Jornada Internacional CYTED Cali, Colombia.

Conil, P. (2008). *Manejo de Vinazas: Metanización y Compostaje, Aplicaciones Industriales*. Colombia. Nota Técnica.

Elia Neto, A. (2017). *Impactos y desafíos ambientales del sector sucroalcoholero en Brasil*. XIV Congreso de Técnicos Azucareros de Guatemala (atagua). Presentación Power Point.

Gómez, Y. T. et al. (2004). Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario. Laboratorio de Microbiología de Aguas, Vicedirección Salud Ambiental. *Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología*, 4(7). ISSN: 1683-8904. Recuperado de <http://www.medioambiente.cu/revistama/>

ICIDCA. (1991). *Instructivo para elaboración de COMPOST a partir de la agroindustria azucarera*. Cuba: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Dirección Agrotecnia del Ministerio del Azúcar.

López Villalobos, I. D., Muñoz, A. M. & Muñoz, M. (2016). Riesgos biológicos y químicos en planta de compostaje de ingenio azucarero, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(2), 51-72, enero-junio.

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Martínez, G. I. (2012). *Procedimiento para obtener un producto sólido fertilizante y biocombustible a partir de vinazas de caña de azúcar y producto sólido fertilizante y biocombustible obtenido mediante dicho procedimiento*. Patente WO2012069665 A1.

Nuñez, J. P. (2008). *Etanol como combustible*. Diplomado Práctico en Energía Alternativas. Santo Domingo: Secretaría de Estado de Industria y Comercio (SEIC). Documento en pdf.

NYC. (2012). *New York city department of sanitation*. New York City Master Composter Manual. NYC: Department of sanitation NYC.

Obregón-Luna, J. J. (2009). *Vinazas de sustratos fermentados y destilados de caña de azúcar: estado del arte de utilidades*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos71/vinazas-sustratos-fermentados-cana-azucar/vinazas-sustratos-fermentados-cana-azucar.shtml>

Obregón-Luna, J. J. (2012). *Manual del bioetanol de la caña de azúcar*. Sancti Spíritus, Cuba: Universidad de Sancti Spíritus. Proyecto autofinanciado en ejecución.

Obregón-Luna, J. J. (2017). Recirculación de vinazas al proceso de fermentación alcohólica para reducir volúmenes generados e impacto ambiental. *Revista Márgenes*, 5(3), 29-38, julio-septiembre. Recuperado de: <http://revistas.uniss.edu.cu/index.php/margenes/issue/view/638>

Oficina Nacional de Normalización. (2000). *Guía para la implementación de la NC-ISO 14001*. Cuba: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Perry, R. H. et al. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7th Ed. USA: McGraw Hill Book Company, Inc. ISBN 0-07-115448-5.

PRAJ. (2011). *El Poder De Cinco*. Recuperado de www.praj.net

Quiroz Guerrero, I. & Pérez Vázquez, A. (2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 4(5), 1-9, mayo-junio.

REZA (2011). *Comparación de tecnologías de compostaje en nave cerrada*. Recuperado de <http://www.resa-bcn.com>

Rico Hernández, J. R. (2017). *Estudio de la viabilidad a nivel físico-químico y físico de diferentes compost de origen agroindustrial para su uso como medios de cultivo*. Tesis en opción al título académico de Máster. Universitat Miguel Hernández, España.

ARTÍCULO DE MINIRREVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

The Biosolids Report. (2000). A technical bulletin prepared by the GVRD to provide B.C. medical and environmental health officers with information about biosolids. Report No1.

TPCC. (2007). *Planta de producción de alcohol etílico*. Recuperado de <http://www.turkey.taiwantrade.com.tw>

Valdés, A. (2010). *Los residuales de la producción de alcohol*. Cuba: Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Documento en pdf.

Ximena, C. (2006). *Programa de Producción de Alcohol Carburante en la Industria Azucarera Colombiana*. Evento Diversificación 2006, Ciudad de La Habana, Cuba. Presentación Power Point.