



Revista *Márgenes*. Vol.4, No.2, abril-junio, 2016.

TÍTULO: MINIRREVISIÓN SOBRE EL FERTIRRIEGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR CON VINAZAS DE BIOETANOL

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

Centro de Estudio de Energía y Procesos Industriales. Universidad de Sancti Spiritus “José Martí Pérez”, Cuba. E-mail: obregón@uniss.edu.cu

RESUMEN

La masiva producción de alcohol agrocombustible, en particular, a partir de la primera crisis del siglo XX con los combustibles fósiles, ha motivado un incremento significativo de las vinazas que, de forma inevitable, se originan, a las cuales se les ha buscado varias utilidades como mitigación ambiental. En tal sentido, se realizó una minirrevisión con énfasis en Brasil y Cuba, sobre las experiencias con la utilización de las vinazas originadas de la producción de bioetanol, en fertirriego de la caña de azúcar, forma más generalizada en los países sucro alcoholero, que logra mitigar su impacto ambiental. Se demostró su viabilidad por sustitución de fertilizantes químicos de formulación nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), con aumento del rendimiento agrícola cañero y ahorro de agua al cerrar un ciclo hídrico. En épocas lluviosas, al estar saturados de humedad los suelos, se originan peligros de escorrentías para ríos, arroyos y presas, entre otros, por lo que no es conveniente utilizar esta alternativa en este período, al menos en países del Caribe y Centro y Suramérica. Su aplicación estará previamente avalada mediante estudios de contención de riesgos, legislación de viabilidad ambiental, evaluación de costos-beneficios y contexto socio-cultural de las áreas agrícolas cañeras.

Palabras clave: destilerías de alcohol; bioetanol de la caña de azúcar; vinazas; fertirriego; impacto ambiental.

TITLE: A MINIREVIEW ABOUT SUGAR CANE FERTIGATION WITH BIOETANOL VINASSES

ABSTRACT

The massive production of agrofuel alcohol, in particular, starting from the first crisis of the XX century with the fossil fuels, has motivated a significant increase of the vinasses that are originated in an unavoidable way. Besides, vinasses have several uses such as the environmental mitigation. In such sense, a minireview with emphasis in Brazil and Cuba was carried out about the experiences in the use of the vinasses originated from bioethanol production, in fertigation of the sugar cane. This fertigation is the most generalized way in the sucro – alcohol countries and makes possible to mitigate its environmental impact. Its viability was demonstrated by substitution of chemical fertilizers of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) formulation, with increase of the cane agricultural output and saving of water when closing a hydric cycle. In rainy season, because of the soils are saturated of humidity, dangers of free drainage for rivers, streams and dams among other are originated. Therefore, it is not convenient to use this alternative in this season, at least in countries from the Caribbean, Center and South America. The application of the fertigation proposed in this article will be previously approved by means of containment of risks' studies, legislation of environmental viability, evaluation of cost-benefits and socio-cultural context of the areas of cane agricultural.

Key words: distillery of alcohol; bioetanol from sugar cane; vinasses; fertigation; mitigation of the environmental impact.

INTRODUCCIÓN

La explosión actual de producción de alcohol a partir de la caña de azúcar (ATAC, 2006; Porcell, 2006), tuvo sus inicios en Brasil en la década del 70 del siglo XX, para contrarrestar los altos precios de la gasolina automotor en la primera crisis con los agotables combustibles fósiles (PROALCOOL, 1988). Aun en esa fecha no se percibía con profundidad, sobre bases científicas fundamentadas, el riesgo real que implicaba su impacto ambiental, al no ser hoy día razonable el tratamiento de las vinazas que de forma inevitable se originan, por el método predominante en esa época: el empleo de lagunas de oxidación, pues aportan a la atmósfera el metano (CH₄), segundo gas de efecto invernadero (GEI) responsable del 16% del calentamiento global,

MINIRREVISIÓN

después del 50 % de GEI originado por el dióxido de carbono (CO₂) (Paneque y Mazón, 2004; Obregón-Luna, 2012). No obstante, sí aportó el dominio de la forma de utilizarlas para el riego de la gramínea, que continúa con mejoras aun en la actualidad, para aplicarla a distancias de decenas de km del lugar donde se originan (Valsechi, 2007). Las formas empleadas de fertirriego con sus ventajas y desventajas, viables de acuerdo al escenario real local y forma de aplicación donde se ejecuta, han sido objeto de estudio y divulgación científica. La Tabla 1 compila una síntesis al respecto.

Tabla 1. Sumario de algunas publicaciones revisadas

Efectos	Fuente
Fertirriego como mitigación ambiental	(Lezcano y Mora, 2004)
Experiencias favorables colombianas	(Briceño, 2006)
Describe diferentes modo de actuación en suelos	(García y Roja, 2006)
Detalla como fuente antioxidante	(Caderby <i>et al.</i> , 2013)
Refiere propicio cachaza+vinazas	(De Mello Prado <i>et al.</i> , 2013)
Beneficios y peligros. Varios usos.	(Moreno y Teixeira, 2013)
Revisión: riesgos de salinización de suelos, ahorro de agua y fertilizantes	(Fuess & Garcia, 2014)
Revisión: consenso favorable	(Ragajopal <i>et al.</i> , 2014)
Aumenta productividad de la caña	(Silva <i>et al.</i> , 2014)
Evalúa fitotoxicidad de microorganismos efectivos en suelos	(Karthick Raja <i>et al.</i> , 2014)
Efectos favorables en suelos brasileños	(Joy <i>et al.</i> , 2015)

En opinión del autor, la Tabla 1 ilustra que un balance de los pro y los contra del fertirriego de la caña de azúcar con vinazas, favorecen de forma holística los resultados positivos de esta práctica. Identifica que no existe un procedimiento único para cualquier caso, que origine suficiente reducción de riesgos, utilidades que amortice los gastos e incluso brinde utilidades; sino, un conjunto de metodologías. Tienen en común el acatar las leyes ambientales de cada país, mitigar el impacto ambiental de las vinazas, externalidad de la producción de alcohol, ahorrar agua y aportar nitrógeno (N₂), fósforo en forma del óxido (P₂O₅) y potasio también como el óxido (K₂O); que sustituye

MINIRREVISIÓN

fertilizantes químicos de formulación nitrógeno-fósforo- potasio (NPK), como los principales.

Lo antes expuesto permitió precisar el objetivo de este trabajo, realizar una minirrevisión para actualizar el estado de las experiencias de fertirriego de la caña de azúcar, con vinazas procedentes de la producción de alcohol.

DESARROLLO

El fertirriego de la caña de azúcar con vinazas logra varios efectos favorables por el contenido identificado de ácidos láctico, succínico, málico, aspártico, aconítico, cítrico y quínico al reaccionar con el calcio, originan sales solubles en agua. Al ser estas de carácter quelantes unido a los polímeros floculantes de la vinaza, lo hacen apto para la enmienda orgánica de suelos ácidos y básicos. En suelos sódicos estas sales cálcicas pueden desplazar al sodio del complejo iónico con reducción de la relación de absorción de sodio (RAS) (Berón, 2007), muy deseado por cualquier agricultor (Luís, 2008). La obtención de sales de calcio e incluso magnesio se ejecuta por adición a las vinazas de dolomita, cal viva, hidrato de cal, cal agrícola o yeso, entre otros; cuyo criterio de selección es más de índole económica que de otra naturaleza. Dado el poder buffer de este residual líquido, el cambio de pH no es brusco sino lentamente, lo que facilita regular correctamente el pH final.

Como sustituto de fertilizante químico del tipo NPK para la caña de azúcar, la Tabla 2 muestra un estudio cubano realizado al respecto (Otero *et al.*, 2006).

Tabla 2. Balance de NPK

INDICADOR	Demanda en kg/m ³ de etanol			% de la Demanda		
	N	P	K	N	P	K
Demanda para la producción	30	5	30	100	100	100
Contenido en las vinazas	4	3	20	13	60	67

En la Tabla 2 se evidencia que el K seguido del P, son los elementos químicos, nutrientes principales que aportan las vinazas empleadas en fertirriego a los suelos cañeros. Para su utilización es requisito fundamental, determinar las necesidades reales de cada uno de estos en las áreas agrícolas cañeras donde se aplicarán, incluidas las características edáficas. En Cuba está demostrado su beneficio en el rendimiento agrícola cañero (Paneque y Mazón, 2004). Se regula esta utilización, según una metodología elaborada como

MINIRREVISIÓN

norma nacional mostrada en la Tabla 3, general para aguas residuales de la industria azucarera.

Tabla 3. Criterios de evaluación para las aguas residuales de la industria azucarera que se utilizarán en el riego de la caña de azúcar

Criterios	Conductividad Eléctrica (CE) mmhos/cm)	Sales Solubles Totales (SST) ppm	RAS	pH
Buena	< 1,50	< 960	< 4	6,0-7,0
Regular	1,50-1,80	960-1 150	4-7	5,0-6,0 7,0-7,8
Mala	1,80-2,40	1 150-1 530	7-10	4,0-5,0 7,8-8,4
No se debe utilizar	> 2,4	> 1 530	> 10	< 4,0 > 8,4

Fuente: MINAZ, 1998

Los criterios están avalados por resultados de investigaciones científicas nacionales y extranjeras, realizadas desde la década del 60 del siglo pasado, con alto grado de minuciosidad en su aplicación práctica y evaluación. Se diluyen con agua de riego de 1:6 a 1:10, aunque si lo que se fermentaron fueron jugos de caña la misma puede ser de 1:4. Esta metodología específica la rotación el primer año, de dos a tres fertirriego con vinazas diluidas y dosis de 220 m³/ha a 430 m³/ha, seguido de dos años de riego con agua de regadío. Al tercer año, determinar mediante análisis químico de los suelos, necesidades de NPK, aplicar de nuevo fertirriego o esperar otro año más. Esto conlleva un exhaustivo estudio de contención de riesgos y análisis de costo-beneficios área por área agrícola. No siempre ha sido estricta esta forma de aplicación, sino que se han empleado con mayor frecuencia lo cual explica que en algunos territorios cubanos, los suelos agrícolas cañeros estén saturados y sobresaturados de K, aspecto también reportado en otros países (Paneque y Mazón, 2004; Luís, 2008; Obregón-Luna, 2009; Fuess & Garcia, 2014). En Sao Paulo, Brasil, desde 2006 la norma P4.231 regula la cantidad de potasio a utilizar por hectárea. (Moreno y Teixeira, 2013). Estudios en fertirriego de maíz han demostrados sus efectos beneficiosos para la microbiótica de los suelos (Montenegro, 2008). Sin embargo, en la germinación de semillas de sorgo dulce los resultados han sido desfavorables (Mijangos-Cortes, *et al.*, 2014).

Las vinazas no tienen idénticas características con el mismo sustrato en cada destilería, y mucho menos con sustratos diferentes. En la Tabla 4 se compila

MINIRREVISIÓN

las medias de rangos de macrocomposición reportadas en Cuba hasta 2009 (Obregón-Luna; 2009; Obregón-Luna y Hernández-León, 2009).

Tabla 4. Características medias de vinazas de diferentes sustratos

INDICADOR	Melaza de caña azucarera	Jugos de caña azucarera	Mezcla de jugos de caña energética y melaza de caña
pH	4,2- 5,0	3,7- 4,6	4,0- 4,8
Demanda biológica de oxígeno (DBO), mg/L	25 000- 30 000	6 000-16 500	10 000- 13 000
Demanda química de oxígeno (DQO), mg/L	65 000- 70 000	15 000- 33 000	30 000- 42 000
Sólidos Totales, mg/L	81 500	23 700	45 500
Sólidos Volátiles, mg/L	60 000	20 000	38 000
N, mg/L	450- 1 610	450- 1 610	300- 900
P, mg/L	180-290	10-210	100- 180
K, mg/L	450- 5 100	130- 1 540	350- 2 100
Relación carbono C/N	16,0- 16,3	19,7- 21,1	17,3- 18,6
Materia orgánica, mg/L	63 400	19 500	42 000
Azúcares Reductores, (AR) mg/L	9 500	7 900	11 000

Las vinazas originadas cuando se fermenta jugos de caña energética mezclados con melaza de caña azucarera, registran el mayor contenido de AR, pues dichos jugos traen azúcares infermentables (A.I.) naturales desde los campos agrícolas cañeros y la relación A.I./% Brix es mayor que el de la melaza (Obregón – Luna, 2008).

La Tabla 5 muestra las dosis a emplear según el tipo de suelo (Valdés, 2010).

Tabla 5. Fertirriego de vinazas por tipo de suelos

TIPO DE SUELO	Normas Parciales Netas (m ³ / ha)
Ferralítico Rojo	320
Sialítico cálcico	400
Ferralítico carcítico	220
Sialítico no cálcico	330
Vertisuelos	430

La Tabla 5 es una guía general preliminar, ya que hay que caracterizar los suelos, determinar el N, P y K requeridos, realizar los balances de materiales para determinar dosis y aplicar el fertirriego.

MINIRREVISIÓN

La Tabla 6 muestra las principales formas de fertirriego empleadas en Brasil (Valsechi, 2007) y en Cuba (Obregón-Luna, 2009).

Tabla 6. Formas de fertirriego

Forma de fertirriego	Ventaja	Desventaja
Por canales*	Menor costo de operación. Utilizable para riego con agua y por lluvias.	Elevado costo inicial Difícil cuando hay que cruzar áreas con otros cultivos o de terceros.
Transporte con camiones	Aplicable a pequeñas áreas. Otros cultivos no originan dificultades.	Mayor costo de operación. Limitado uso en época de lluvia. Compacta suelos.
Aplicación por gravedad*	Menor costo de operación.	Baja uniformidad Alto volúmenes a emplear. Topografía adecuada Mayor mano de obra. Riegos de fugas o escorrentía.
Por aspersión**	Mejor control de la dosis. Utilización más racional. Versátil al poder utilizar canales, camiones y desplazarse por las áreas.	Requiere bombeo y desplazamiento por las áreas agrícola. Utiliza mangueras y otras conexiones hidráulicas.
Por goteo	Mejor control de la dosis. Utilización más racional. Menor riesgo ambiental.	Alto costo. Problemas por tupiciones.
Combinaciones	Varias.	Varias.

* Muy utilizadas en Cuba

** Muy utilizada en Brasil

Lo mostrado en la Tabla 5 no son las únicas formas, ya que el empleo de una u otra alternativa obedece a la legislación ambiental del país de que se trate; a las características topográfica, edáficas y pluvial entre otras, específicas de cada lugar en particular. En Cuba el período lluvioso de mayo a noviembre, pone límites al fertirriego de la caña de azúcar con vinazas cuando el régimen de lluvias es normal, ya que generalmente los suelos están muy húmedos o saturados. Cualquier fertirrigación puede escurrir superficialmente hacia arroyos, ríos y presas que origina serias contaminaciones en las aguas. Si se

MINIRREVISIÓN

presenta sequía no hay objeción. Sin embargo, a diferencia de la zafra azucarera de diciembre a abril, la elaboración de alcohol no está sujeta al clima, debido a que la fuente de carbono está acumulada en tanques de almacenamiento en forma de mieles B y melazas de caña de azúcar; por lo que no es cíclico, sino, que la producción es durante todo el año.

Las Figuras 1 a 7 mostradas a continuación, son fotos tomadas *in situ*. En Cuba las tres primera (Luís, 2008) y Brasil el resto (Valsechi, 2007).



Figura 1. Estación de bombeo
Fuente: Luís, 2008



Figura 2. Cañón asperjador de vinazas

Fuente: Luis, 2008



Figura 3. Enrollador de manguera del asperjador vinazas

Fuente: Luis, 2008



Figura 4. Canales de drenajes revestido y desnudo de distribución de vinazas

Fuente: Valsechi, 2007



Figura 5. Camión cisterna de riego de vinazas

Fuente: Valsechi, 2007



Figura 6. Riego por goteo con vinazas

Fuente: Valsechi, 2007



Figura 7. Riego por aniego con vinazas
Fuente: Valsechi, 2007

La Figura 1 muestra la estación de bombeo de la Empresa Agrícola “Melanio Hernández” de Cuba, que toma las vinazas enfriadas de la laguna utilizada al respecto. De la tubería metálica que sale de la misma, se fertirriega con las tobera y manguera ilustradas en las Figuras 1 y 2. El empleo mayor de estas últimas es con agua convencional de regadío. Dada la significativa distancia de muchos campos agrícolas cañeros de esta empresa por su ubicación geográfica, se acumulan vinazas a cierta distancia en obras hidráulicas ejecutadas para ello, para después fertirrigar por gravedad, similar al de los canales mostrados en la Figura 4. Implica emplearse en aquellos terrenos con buen drenaje, debido a que la acumulación y evaporación de las vinazas, origina la salinización de los terrenos (Fuess & Garcia, 2014).

Más del 60% de las vinazas originadas en las destilerías cubanas se emplean en fertirriego, con el doble propósito de ahorro de agua y enmienda orgánica a los suelos agrícolas cañeros. Han demostrado resultados efectivos en mejorar las propiedades físicas y químicas de las tierras. También en otros países se ha informado, la mejora de la actividad de la microbiótica en los suelos, lo cual favorece la formación del humus (Valsechi, 2007; Montenegro, 2008). En Brasil se ha reportado el aumento de la productividad de los campos

MINIRREVISIÓN

agrícolas cañeros con penetración del K hasta 0,4 m de profundidad (Da Silva; J. Bono & Pereira, 2014). No obstante, en Cuba se ha determinado que el exceso de K en los suelos, si bien aumenta la productividad agraria de la caña de azúcar, sus jugos se comportan difíciles de procesar en la industria y el azúcar cristalizable (Az. C.) disminuye calculada por la ecuación:

$\% \text{ Az. C.} = \% \text{ Pol (Sacarosa polarimétrica)} - 5 * \% \text{ cenizas}$ (de León-Ortiz, *et al.* 2014).

CONCLUSIONES

El fertirriego de la caña de azúcar con vinazas procedentes de la producción de alcohol por fermentación con sustratos originados por la propia gramínea, es la forma más generalizada viable de mitigación del impacto ambiental. En la reducción de riesgos de salinización de los suelos agrícolas cañeros, se recomienda para aquellas tierras con buen drenaje. Varias son las formas de aplicación, contextualizadas a las particulares de cada lugar en específico, leyes ambientales de cada país, características edafo-climáticas de los suelos y la región. Su viabilidad viene dada por las respuestas productivas agrícolas de la caña de azúcar, ahorros de fertilizantes químicos y agua entre otros; que amortizan los gastos y pueden originar utilidades de forma holística. La producción de alcohol es durante todo el año, por lo que para países del Caribe y Centroamérica esta variante en condiciones normales del comportamiento de la época de lluvia, incluido los huracanes propios de la zona; origina el riesgo de la no posible utilización, al menos durante ese período de meses al año. Deben existir otras formas implementadas que eviten la paralización de la producción. La mitigación del impacto ambiental que origina la producción de alcohol, forma parte de las externalidades de esta tecnología química-fermentativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ATAC. (Julio/Diciembre 2006). Diversificación 2006. IX Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados. Taller Internacional de producción y usos del etanol. *Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba (ATAC)*, (2). ISSN 0138-7553.

Berón, G. (2007). *Usos alternativos de las Vinazas de Acuerdo con su Composición Química*. Nota Técnica: técnicaña. Colombia. p. 5

MINIRREVISIÓN

- Briceño, C. (2006). *Disposición de las vinazas producidas en las destilerías del sector azucarero colombiano*. Recuperado de: <http://www.cengicana.org>
- Caderby, E. et al. (2013). Sugar Cane Stillage: A Potential Source of Natural Antioxidants. *J. Agric. Food Chem* 61(47),11494–11501
- Da Silva, A.P.M.; Bono, J. A. M. & Pereira, F de A. R. (2014). Fertigation with vinasse in sugarcane crop: Effect on the soil and on productivity. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 18 (1), 38-43. ISSN 1415-4366. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100006>.
- De León-Ortiz, M. E. et al. (2014). Efecto de la fertilización potásica sobre la calidad del jugo de la caña de azúcar. *Revista ATAC*, (1) enero-abril, p. 4-7. ISSN 0138-7553.
- De Mello Prado, R; Caione, G.& Silva Campos, C. N.. (2013). Filter Cake and Vinasse as Fertilizers Contributing to Conservation Agriculture. *Applied and Environmental Soil Science*. Article ID 581984, 8 p.
- Fuess, L. T. & Garcia, M. L. (2014). Implications of stillage land disposal: A critical review on the impacts of fertigation. *Journal of Environmental Management*. (145) 210-229. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.003>
- García, A. y Rojas, C. (2006). *Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo con su Modo de Acción en los Suelos*. Recuperado de: <http://www.tecnicana.com>
- Joy, A. E.; Johnson, M. S. & Guimaraes Couto, E. (2015). Biochar decreases dissolved organic carbon but not nitrate leaching relation to vinasse application in a Brazilian sugarcane soil. *Journal of Environmental Management* (149)
- Karthick Raja, S. et al. (2014). Evaluation of Phytotoxicity of Effective Microorganism (EM) Treated with Distillery Industry Effluent. *Bioscience Biotechnology Research Asia*. 11(2), 587-592.
- Lezcano, L. y Mora, L. (2004). *Las vinazas de destilerías de alcohol. Contaminación ambiental o tratamiento para evitarlo*. Recuperado de: <http://www.avpa.ula.ve/eventos>
- Luis, J. (2008). *Propuestas de mejoras al manejo de residuales líquidos de la Empresa Azucarera Melanio Hernández para mitigar daños al medio ambiente*. (Tesis en la opción del título de Ingeniero Industrial). Sede Universitaria Municipal de Taguasco “Enrique José Varona”, Sancti Spíritus, Cuba.

MINIRREVISIÓN

Mijangos-Cortes, J. O. *et al.* (2014). Fertigation of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench.) in Laboratory and Nursery Assays with treated Vinasses of Hydrated Alcohol of UASB Reactor. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 13 (3), p. 713-722. ISSN 1665-2738.

Ministerio de la Industria Azucarera. (1998). *Utilización de los residuales de la industria azucarera en fertirriego de la caña de azúcar*. Metodología. Folleto impreso, 17 pp.

Montenegro, S. (2008). *Influencia de la aplicación de vinaza sobre la presencia, actividad y biomasa microbiana del suelo en el cultivo del maíz dulce*. Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ciencias Agrarias Énfasis en Suelos. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.digital.unal.edu.co:8080/>

Moreno, M. y Teixeira, S. (2013). Viñaza como fuente de energía en Brasil. *Bioenergy International* (22) octubre. Edición en Español- 983 188 540.

Obregón-Luna, J. J. (2008). *Estudio para la obtención de bioetanol a partir de jugos de caña energética como componente del sustrato*. (Tesis doctoral). Recuperada de la base de datos: <http://revistas.mes/elibro/tesis/ciencias tecnicas>

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. y Hernández-León, R. A. (2009). Jugos de caña energética para producir bioetanol (y II). Caracterización de calidades, vinazas y Rendimiento alcohólico. *Revista Ingeniería Química*. (472). ISSN 0210-2064.

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

Otero, M., Martínez-Valdivieso, J. & Saura, G. (2006). *Las vinazas de destilería: ¿Un subproducto de la producción de etanol más que un residual?* 49 Congreso de la ATAC.

Paneque, V. M. y Mazón, B. (2004). Fertirriego, vía económica y eficiente para la descontaminación ambiental. *Revista CubaAzúcar*, (1), 40-42. ISSN 0590-2916.

Porcell, J. (2006). Este es el momento del etanol y el azúcar. Entrevista a Peter Baron, Secretario Ejecutivo de la Organización Internacional del Azúcar (OIA).

MINIRREVISIÓN

Revista ATAC, (2) Julio/Diciembre. ISSN 0138-7553.

PROALCOOL (1988). *Economia política e avaliação sócio-econômica do programa brasileiro de biocombustíveis*, Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, Brasil.

Ragajopal, V. *et al.* (2014). Significance of vinasses waste management in agriculture and environmental quality- Review. *African Journal of Agricultural Research*, 9(38), 2862-2873. ISSN 1991- 637X.

Valdés, A. (2010). *Los residuales de la producción de alcohol*. Centro de Gerencia de Programas y Proyectos. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba. Documento en pdf, 128 p.

Valsechi, O. (2007). *Manejo de vinaza en Brasil: experiencias y lecciones aprendidas*. Seminario de Vinazas: Usos y Tratamientos. Guatemala.

Recuperado de: www.cca.ufscar.br

Recibido: 18/03/2016

Aceptado: 29/05/2016