



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 11. N° 33
Diciembre 2018
www.eumed.net/rev/delos/33/index.html

APROVECHAMIENTO DE VINAZA PARA OBTENCIÓN DE BIOFERTILIZANTES COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL PARA EL SECTOR AGROPECUARIO

USE OF VINASSE FOR OBTAINING BIOFERTILIZERS AS A NUTRITIONAL ALTERNATIVE FOR THE AGRICULTURAL SECTOR

Allan Alvarado Aguayo¹
Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias
aalvarado@uagraria.edu.ec
ingallan33@gmail.com

Mayra Leticia Abad Sánchez²
Unidad Educativa Temporal Virgilio Urgilés Miranda
leticia.abad@educacion.gob.ec
mayra.f5@hotmail.com
Ecuador

CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	4
1.1 Objetivos	5
2. Materiales y métodos	5
2.1 Detalle del área de estudio	6
3. Resultados y discusión	6
3.1 Impacto ambiental de la vinaza	6
3.2 Tratamientos que se dan a la vinaza	7
3.3 Manejo de la vinaza en el cantón La Troncal	8
3.4 Importancia de la vinaza para el sector agropecuario	11
4. Conclusiones y recomendaciones	12
4.1 Conclusiones	12
4.2 Recomendaciones	12
5. Agradecimientos	12
6. Referencias	13

¹ Ingeniero Agrónomo; Diplomado Superior en Investigación; Magister en Docencia Superior; Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Agraria del Ecuador, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, Guayas, Ecuador; Comité de Investigación Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil, Ecuador

² Tecnóloga en Economía y Administración de Empresas Agropecuarias; Economista Agrícola, Máster Universitario en Direcciones de Operaciones y Calidad; Unidad Educativa Temporal Virgilio Urgilés Miranda, La Troncal, Cañar Ecuador

RESUMEN

El presente estudio define el impacto ambiental de la vinaza en la industria de la caña de azúcar, utilizando como área de estudio el cantón La Troncal, Cañar, Ecuador, caracterizando la vinaza como materia prima en la obtención de biofertilizantes y su importancia en diferentes sectores de la producción agropecuaria. Para el desarrollo del trabajo se recurrió al análisis de datos obtenidos de diversas fuentes bibliográficas nacionales e internacionales, con el objetivo de presentar alternativas de uso de la vinaza obtenida en la industria de la caña de azúcar. Desde sus inicios, la industria azucarera en el cantón La Troncal, viene produciendo un elevado impacto ambiental; una característica de esta industria es que cuando se diversifica con el objeto de obtener subproductos y energía se generan residuos secundarios, entre los cuales la vinaza es uno de los que tienen mayor impacto por su gran carga contaminante. Pero al mismo tiempo, la vinaza tiene gran potencial para la producción de biofertilizantes debido a su efectividad como acondicionador y recuperador de suelos, potenciador de microflora y complemento nutricional en las plantas. En el cantón La Troncal, las políticas conservacionistas están lideradas por dos empresas; el ingenio azucarero Coazúcar utiliza los residuos sólidos de la caña, como la cachaza, para generar energía, mientras que los residuos líquidos, la vinaza, son receptados por la productora de alcoholes Producargo para la elaboración de un biofertilizante con importante distribución en la zona.

Palabras claves: abono orgánico, agroindustria, biofertilizante, caña de azúcar, demanda química de oxígeno, ingenio azucarero, nutrición vegetal, vinaza.

ABSTRACT

The present study defines the environmental impact of the vinasse in the sugarcane industry, using as a study area the canton La Troncal, Cañar, Ecuador, characterizing vinasse as a raw material in obtaining biofertilizers and its importance in different sectors of agricultural production. For the development of the work, was used the analysis of data obtained from various national and international bibliographic sources, with the objective of presenting alternatives for the use of vinasse obtained in the sugarcane industry. Since its inception, the sugar industry in the canton La Troncal has been producing a high environmental impact; a characteristic of this industry is that when it is diversified in order to obtain sub-products and energy, secondary waste is generated, among which the vinasse is one of those that have the greatest impact due to its high contaminant load. But at the same time, the vinasse has great potential for the production of biofertilizers due to its effectiveness as a soil conditioner and recuperator, microflora enhancer and nutritional supplement in plants. In the canton La Troncal, conservationist policies are led by two companies; Coazúcar sugar mill uses the solid residues of the cane, such as the cachaça, to generate energy, while the liquid waste, the vinasse, is received by producer of alcohols Producargo for the elaboration of a biofertilizer with important distribution in the area.

Keywords: Organic fertilizer, agroindustry, biofertilizer, sugarcane, chemical oxygen demand, sugar mill, vegetable nutrition, vinasse.

Clasificación JEL: E23, C93, Q01, Q57, Y10

1. INTRODUCCIÓN

La especie *Saccharum officinarum* L. es el cultivo más importante en la producción de azúcar a nivel mundial. A nivel global el área total cultivada comprende 19.24 millones de hectáreas, que están distribuidas en Asia 42.5%, América 47.7%, en África 7.4% y Oceanía 2.4%. Además de la producción de azúcar, este cultivo genera varios subproductos de importancia energética como el etanol (con 4 o 5% de agua), el cual es utilizado para motores de explosión y generación de energía eléctrica (Díaz & Portocarrero, 2002).

Las labores de cosecha de caña de azúcar producen altas cantidades de residuos (hojas y cogollos). Esto representa un problema para los ingenios azucareros debido a la necesidad de disponer de estos residuos de modo que no contaminen el entorno, sea por presencia de plagas, olores fétidos y generación de gases de efecto invernadero. La vinaza es uno de estos residuos, y resulta de la fermentación y la destilación implicadas en la producción de alcohol; es un líquido de color marrón, con un gran contenido de sólidos suspendidos, olor a miel final y sabor a malta (Zúñiga & Gandini, 2013).

La vinaza se produce a partir de la destilación de la melaza fermentada o de la fermentación directa del jugo de caña. Contiene, por lo tanto, impurezas procedentes del procesamiento de los tallos de caña de azúcar, y en modo alguno incluye elementos extraños, tóxicos o metales pesados (Molina & Quiñónez, 2012). No obstante, las vinazas constituyen un serio problema medio ambiental por el gran volumen en que se producen, el cual es de 15 a 18 veces mayor que el alcohol producido (Chanfón & Lorenzo, 2014). Estudios realizados en diversas destilerías permiten conocer que por cada litro de alcohol destilado se producen de 12 a 15 litros de vinazas. Estas se caracterizan por su pH ácido (de 3 a 4) y su alta demanda química de oxígeno (DQO), de hasta 100 000 mgL⁻¹, dependiendo del origen del sustrato empleado en la fermentación alcohólica (Jiménez, Borja, Martín, & Raposo, 2006).

Los desechos orgánicos de la agroindustria pueden utilizarse para la producción de abonos orgánicos, reduciendo significativamente el impacto al ambiente, el riesgo a la salud de productores, trabajadores agrícolas y la población en general (Félix, Sañudo, Rojo, Martínez, & Olalde, 2008). Cuando la agricultura depende del excesivo uso de fertilizantes inorgánicos se altera el equilibrio de la comunidad de organismos del suelo. De ahí, la necesidad de complementar la fertilización orgánica con la química (Nieremberg, 2011).

En la actualidad los cultivos agrícolas dependen en gran medida de la fertilización química, la cual se impone sobre los abonos orgánicos. Esto disminuye el nivel de materia orgánica en el suelo, afectando su fertilidad y exigiendo mayor incremento en dosis de fertilizantes. La escasa aplicación de abonos orgánicos tiende a desarrollar una agricultura no sostenible. Mientras que, la complementación de la fertilización química con la orgánica, activa la microflora nativa de la materia orgánica presente en el suelo mejorando la disponibilidad de los nutrientes (Catalá, Pía, Martínez, Forés, & Tomás, 2012).

La diferencia entre fertilizantes químicos y los abonos orgánicos radica principalmente en su solubilidad en el suelo y el tiempo de asimilación por parte de las plantas. Los fertilizantes químicos son tomados por las plantas en menor tiempo y con más facilidad, pero ocasionan acidificación del sustrato, etc. Por su parte, la nutrición orgánica, aunque actúa de forma indirecta y lenta tiene la ventaja de mejorar la textura y estructura del suelo, favoreciendo la capacidad de retención de elementos nutritivos, pues los libera progresivamente a la medida de la necesidad de las plantas (Pérez, 2009).

Al ser un material de naturaleza orgánica, la vinaza tiene un gran potencial para la producción de abonos orgánicos. Su implementación resulta práctica, pues constituye una forma de aprovechar la gran cantidad de desechos generados por la industria de la caña de azúcar. El empleo de la vinaza en sistemas de aportes nutricionales en el sector agropecuario se relaciona directamente con la disminución del impacto ocasionado por la dependencia exclusiva de fertilizantes químicos.

El presente trabajo plantea un análisis situacional del aprovechamiento de la vinaza como una alternativa nutricional del sector agropecuario mediante la producción de biofertilizantes obtenidos de los desechos de caña de azúcar. El contexto espacial del estudio se sitúa en la zona del cantón La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador.

1.1 Objetivos

- Definir el impacto ambiental de la vinaza en la industria de la caña de azúcar
- Caracterizar la vinaza como materia prima para la obtención de biofertilizantes
- Analizar la importancia del uso de la vinaza en diferentes sectores de la producción agropecuaria

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente artículo se muestran los resultados y discusión de un análisis sobre el aprovechamiento de vinaza para obtención de un biofertilizante. En correspondencia a la naturaleza del estudio, se procedió al análisis de información bibliográfica de fuentes fidedignas, verificables y actualizadas en el contexto que implica la utilización de la vinaza como alternativa nutricional para el sector agropecuario. Para el análisis documental se utilizaron herramientas de estadística descriptiva (Pedroza & Diczovsky, 2007) y (Anderson, 2008). La comparación analítica de relación existente entre biofertilizantes-vinaza-aplicaciones permitió estructurar un marco teórico detallado, explicativo y analítico, tomado como referencia el sector agrícola del cantón La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. Los resultados se muestran como tablas descriptivas que analizan varios aspectos del uso de vinaza para obtener biofertilizantes, acompañadas de comentarios que se conectan con el marco teórico para construir la discusión.

2.1 Detalle del área de estudio

El cantón La Troncal se encuentra ubicado en la zona costanera occidental de la provincia del Cañar, Ecuador, con las coordenadas 2°28'22" y 2°30'05" de latitud sur y 79°14'14" y 79°31'45" de longitud oeste. La superficie calculada de la zona es de unas 32.780 hectáreas, que corresponden como sigue (GAD La Troncal, 2017):

- La Troncal (su parroquia), 12.483,4 has
- Manuel J. Calle, 3. 746,8 has
- Pancho Negro, la parroquia más extensa, 16.549, 8 has.

En base a distribución geográfica de Ecuador, La Troncal se ubica en la zona 6, la cual abarca las provincias Azuay, Cañar y Morona Santiago, ocupando un área total de 35,023.28 km², que según el Instituto Geográfico Militar (IGM) corresponde al 13.62% de la superficie total del país (Sinagap, 2016).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Impacto ambiental de la vinaza

Considerando que la vinaza se extrae de la caña de azúcar, uno de los factores limitantes de este cultivo se centra en las características del suelo. De acuerdo con los estándares de producción agrícola de caña de azúcar en Ecuador, la forma de manejar el cultivo disminuye la materia orgánica, pues existe una notable dependencia de fertilizantes químicos, así como también la susceptibilidad de los suelos a este tipo de influencia ambiental (Castro, Prado, Paladines, & Cervantes, 2017).

Los sistemas de transformación de residuos de la caña reducen el impacto ambiental producido por el procesamiento de subproductos de la industria azucarera. El objetivo de la reutilización de residuos derivados de la agroindustria es la generación de subproductos para reducir el impacto ambiental (Armengol, Lorenzo, & Fernández, 2003). Además, el subproducto obtenido puede ser potencialmente comercializable con alguna finalidad como sustrato de cultivo, como abono orgánico o como fuente de sustancias húmicas (Cacua, 2008).

Tabla No 1
Riqueza nutricional de residuos de la industria azucarera

Composición (%)	Jugo de caña	Melaza	Vinaza
Proteína bruta (N* 6.25)	46,0	47,0	45,0
Fósforo (P ₂ O ₅)	3,0-3,3	3,5-4,0	3,0-3,3
Cenizas	5-8	6-8	8-11
Fibra bruta	0,70	0,57	0,63
Aminoácidos			
Isoleucina	1,87	2,00	1,95
Leucina	3,87	4,06	3,90
Lisina	4,00	4,05	4,07
Moetionina+cistina	0,95	0,99	1,08
Treonina	2,21	2,13	2,19
Triptófano	--	1,12	1,07
Valina	2,15	2,17	2,29

* Materia nitrogenada total, calculada multiplicando el nitrógeno total (N) por el factor de Kjeldahl y el resultado se expresa como «Proteína N x 6.25» (Lanza, Churión, & Gómez, 2016).

Fuente: Basado en Chanfón & Lorenzo (2014)

La composición de la vinaza depende de las características de la materia prima usada para la producción de alcohol, sea este de melaza, jugo de caña, o la combinación de ambos; también depende del sustrato empleado en la fermentación, del tipo y eficiencia de la fermentación y destilación, y de las variedades y maduración de la caña (Molina & Quiñónez, 2012).

En la industria de la caña de azúcar la gestión no eficiente de las vinazas conlleva muchas emisiones de CH₄, H₂S, CO₂, y muchos otros compuestos contaminantes de los suelos. Esta contaminación afecta enormemente las especies vegetales circundantes en el área y además constituye una fuente reproducción para insectos u otros organismos nocivos. En otro nivel, los desechos de la vinaza afectan en el aspecto socioeconómico y urbanístico de las zonas circundantes a los ingenios azucareros (Chanfón & Lorenzo, 2014).

Tabla No 2

Composición media de los componentes de las vinazas en la industria del azúcar y alcohol

Determinación	Vinaza miel	Vinaza jugo
DQO* (g/l)	71,20	35,06
DBO** (g/l)	30,00	18,00
pH	4,47	3,78
Sulfatos (g/l)	2,90	1,56
Nitrógeno (g/l)	0,21	0,38
Potasio (g/l)	2,5-4,3	0,13-1,5
Fósforo (g/l)	0,21	0,27
Calcio (g/l)	0,55	0,59
Volumen (m ³ /ton)	1,2	1,2

* Demanda química de oxígeno; ** Demanda biológica de oxígeno
Fuente: Tomado de Chanfón & Lorenzo (2014)

3.2 Tratamientos que se dan a la vinaza

La gestión adecuada de los residuos de vinaza procedentes de los ingenios azucareros consiste en una combinación de procesos anaeróbicos, seguidos de procesos aeróbicos, o físico químicos. De esta manera se consiguen buenos resultados en la remoción de la carga orgánica y las propiedades físico-químicas de las vinazas (Rodríguez, A, Polanco, Stams, & García, 2012).

Entre los métodos de tratamiento más aplicados para manipular la vinaza están la quema, ultrafiltración; evaporación, producción de proteína unicelular, compost y alimento animal. El inconveniente de todos estos procesos es su alto costo de producción, gran demanda energética, como en el caso de la evaporación o la producción de proteína unicelular. Otro problema es el tiempo que requiere la producción y la incertidumbre en lo referente a la utilización de la vinaza obtenida. Estas desventajas han ocasionado que las alternativas mencionadas no se practiquen generalizadamente (Cabrera & Díaz, 2013).

Las vinazas generalmente se tratan con procesos anaerobios de efluentes con alto contenido de materia orgánica biodegradable. Este tipo de proceso presenta diversas ventajas, pues alcanza eficiencia de remoción alimentando altas cargas, presenta bajos requerimientos de nutrientes, genera pequeñas cantidades de lodos y produce un biogás combustible (Houbron,

Sandoval, & Hernández, 2015). Esto puede reducir significativamente los costos de operación comparado con el alto consumo de energía de los procesos aerobios (Fernández, y otros, 2008).

Entre las alternativas industriales de tratamiento para las vinazas procedentes de los ingenios azucareros, una solución adecuada desde el punto de vista técnico-económico es un sistema integrado por digestión anaerobia de la materia orgánica para generación de una fuente renovable de energía (biogás) y posteriormente disponer de los efluentes líquidos y sólidos (lodos) para la elaboración de enmiendas orgánicas. Estas últimas pueden emplearse en las mismas plantaciones de caña de azúcar, cerrando así el ciclo de los residuales (González & Barrera, 2015).

Tabla No 3
Caracterización de los procesos de recirculación de vinazas

Autor	Tratamiento previo	% recirculación	Número de reciclos	Observaciones
Shojaosadati (1996)	No	50	<10	Aumenta rendimiento de alcohol (2 a 7%), reduce el consumo de agua (33.3%), de sustrato (6%) y de producción de afluentes (32-33%)
Kim (1999)	Ultrafiltración con membrana cerámica	100	8	Rendimiento de alcohol se reduce (9% a 8.8%); aumenta el tiempo de fermentación (70 - 80 horas)
Yeoh (1999)	No	40	>3	Rendimientos alcanzados de 222.79 a 263 lt. alcohol/ton molasa
Navarro (2000)	No	60	0	Ahorro del 66% de nutrientes, 46.2% de agua y 50% de ácido sulfúrico
Phisalaphong (1998)	No	30	0	Notable descenso (50 y 70%) en la biomasa y producción de etanol
Egg (1985)	No	50-70	3-5	Vinaza se separa en 2 fracciones: vinaza ligera y sólidos húmedos. Aumento de sólidos en el caldo de fermentación

Fuente: (Castro G. , 2009)

3.3 Manejo de la vinaza en el cantón La Troncal

El cantón La Troncal la principal industria es Coazúcar (Corporación Azucarera Ecuatoriana), activo desde 1963. Anualmente produce tres millones de sacos de azúcar (50 kg), provenientes de la molienda de 1.500.618 toneladas de caña, obtenidas en 23.262 hectáreas; desde 2004 genera energía eléctrica de los residuos del procesamiento de la caña de azúcar, entregando 30 millones de watios/hora (MWH) al mercado eléctrico ecuatoriano. En 2009 el Ingenio fortaleció relaciones comerciales con los cañicultores recuperando más de mil hectáreas y logrando un incremento de 16% en la producción de caña en la zona (Coazúcar, 2013).

Aprovechando estas políticas de expansión, la empresa productora de alcoholes Producargo S.A., se estableció sobre la base de normativas para el desempeño ambiental de los procesos productivos. A través de sus tres departamentos de producción (división alcohol, división gas carbónico y división agrícola) le da un valor agregado a los residuos procedentes de la industria de la caña de azúcar (Producargo, 2014).

Tabla No 4
Tipos y usos potenciales del alcohol producido en Producargo S.A. a partir de los residuos de la caña de azúcar

Producto y mercado	Extra neutro	Alcohol crudo	Alcohol industrial anhidro	Tafias pesadas de ron	Tafias livianas de ron
Bebidas alcohólicas finas	x				
Licores finos	x				
Bebidas alcohólicas	x	x		x	x
Cosméticos	x				
Industrial	x				
Tinta flexo gráfica	x	x	x		
Solventes			x		
Carburantes			x		
Oxigenantes comb.			x		
Biogasolina			x		
Biodiesel			x		

Fuente: Producargo S.A. (2014)

La división de CO₂ de Producargo S.A. produce gas carbónico líquido, sólido y gaseoso de una pureza del 99,998%, bajo los parámetros de calidad de la International Society Beverage Technologists (Pérez C. , 2015), en lineamiento con las especificaciones de la Compressed Gas Association, Inc. (SeGob, 2017), y cumpliendo con las normativas documentadas de la European Industrial Gases Association (Cylinders, 2014). De esta manera en Producargo se aprovecha en forma eficiente el CO₂ otorgándole un valor comercial, con lo que se logra salvaguardar la liberación de este gas a la atmósfera, que incide negativamente en los cambios climáticos, frecuencia y severidad de sequías, inundaciones y tormentas, además de afectar la producción agrícola global (Marticorena, Mandagarán, & Campanella, 2010).

En base al potencial utilizable de la vinazas en la producción alimentos para animales de granja, en la producción de biogás y enmiendas orgánicas para suelos (Zúñiga & Gandini, 2013), la división agrícola de Producargo ha centrado sus esfuerzos en la producción de un potenciador de la nutrición vegetal, que al mismo tiempo es un promotor, coadyuvante, bioestimulante con altos contenidos de ácidos fúlvicos, húmicos, azúcares, carbohidratos proteínas y aminoácidos. Este residuo natural fue denominado Fertivin, un líquido denso y oscuro que se obtiene en el proceso de extracción de azúcar de *Saccharum officinarum*; los componentes de Fertivin actúan sobre el suelo, sustrato y área foliar, potenciando la nutrición vegetal sirve de fertilizante y enmienda para suelos frágiles (Producargo, 2014).

Tabla No 5
Contenido de elementos del Fertivin producido en Producargo S.A. a partir de los residuos de la caña de azúcar

Contenidos	Resultado	Unidad
Materia orgánica en % (de materia seca)	74,0	%
Carbono en % (de materia seca)	43,0	%
Relación Carbono/ Nitrógeno	32:1	
CIC en meq/100 g (en materia seca)	4,09	meq/100 g
pH	4,3	
Nitrógeno total Kjeldahl (en %)	1,34	%
Fósforo (P) en % P ₂ O ₅	0,18-0,41	%
Potasio (K) en % K ₂ O	9,64-11,60	%
Magnesio (Mg) en % MgO	0,95-1,58	%
Calcio (ca) en % CaO	2,05-2,87	%
Azufre (S) en % SO ₄	4,31-12,9	%

Fuente: Producargo S.A. (2014)

En el cantón La Troncal y su área inmediata de influencia, el producto Fertivin ha experimentado una demanda creciente (Proalco, 2013). Se caracteriza por su versatilidad para ser empleado como potencializador y promotor de microorganismos, para uso en controles biológicos y en programas de nutrición vegetal. Sus formulaciones comerciales, con 74% de materia orgánica, contenido de Carbono 43%, relación C/N=32:1, azúcares y reductores, han sido diseñadas para adaptarse a la agricultura con criterios agroecológicos (Rivera, 2013). Los ácidos húmicos, fúlvicos carboxílicos que contiene este producto poseen la capacidad de quelatar, captar, liberar y disponer los nutrientes en el suelo, incrementando la Capacidad de Intercambio Catiónico. Esto equilibra las reacciones químicas del suelo, mejorando microflora y fauna en el sustrato (Olivo & Colina, 2017).

Tabla No 6
Contenido del 74% de materia orgánica del Fertivin producido en Producargo S.A. a partir de los residuos de la caña de azúcar

Parámetros	Resultado	Unidad
Extracto húmico total	17,21	%
Ácidos fúlvicos	16,65	%
Carbohidratos totales	16,56	%
Ácidos carboxílicos	14,13	%
Ácido láctico	7,38	%
Azúcares totales	5,32	%
Proteína verdadera	2,75	%

Fuente: Producargo S.A. (2014)

Estudios realizados por INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) han comprobado que productos como Fertivin abren el camino para aprovechar los residuos de la industrialización de la caña de azúcar como paquete tecnológico en la mejora de las propiedades químicas (alta acidez de sales), físicas (porosidad-filtración de agua) y biológicas (contenido orgánico) en los suelos calcáreos en la Península de Santa Elena. En dosis adecuadas y en combinación con fertilizantes químicos (urea) y agentes benéficos (bacterias) baja la acidez de 8 a 7,7, aumenta el potasio de 818 a 841 partes x millón (40 kg), incrementa el aporte de azufre (12 kg), suministra materia orgánica y beneficia a los microorganismos descomponedores de residuos orgánicos que mantienen la porosidad del suelo (Mite, 2012). El uso de programas combinados de Fertivin con NPK 120-50-80 kg/ha aumentan el desarrollo vegetativo de hortalizas; pueden lograrse incrementos de hasta 291% de producción comparados con testigos sin fertilización (Olivo & Colina, 2017).

Tabla No 7
Volumen de ventas de Fertivin (USD) en distintos sectores de la producción en Ecuador

Aplicación	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*	Total
Acuicultura	6.250	173.680	23.680	387.825	348.125	414.350	231.633	591.435
Arroz	29.030	1.000	48.520	-	-	-	-	78.550
Banano	6.240	-	180	-	-	-	-	6.420
Cacao	19.590	12.280	20	-	-	-	-	31.890
Caña de azúcar	-	-	-	-	-	-	-	-
Prep. fertilizante	5.790	32.234	31.150	40.675	48.075	45.225	72.884	109.849
Maíz	-	2.600	80	-	-	-	-	2.680
Sector industrial	172.500	314.600	403.370	652.500	575.500	575.459	304.476	1.542.970
Industrial exportación	64.524	-	42.214	115.688	97.208	78.640	25.240	222.426
Total	303.924	536.394	549.214	1.196.688	1.068.908	1.113.674	634.233	2.586.220

* Datos de junio, 2017

Fuente: Producargo S.A. (2017)

3.4 Importancia de la vinaza para el sector agropecuario

En la actualidad, el sector agropecuario se enfrenta a serios desequilibrios naturales vienen acaeciendo en las últimas décadas. La degradación acelerada del suelo agrícola por la falta masiva de criterios conservacionistas, el detrimento de la calidad de los alimentos y el excesivo uso de agroquímicos en el ambiente natural hacen muy necesaria la implementación de alternativas sustentables para la producción. Una gestión para reducir el impacto es el empleo de fertilización balanceada, la cual logra incrementar el rendimiento de las cosechas y mejorar su calidad (Olivo & Colina, 2017).

La utilización de la vinaza en la agricultura tiene efectos positivos como acondicionador para suelos de texturas pesadas, también se ha comprobado su eficiencia en la recuperación de suelos afectados por alta saturación, o suelos con problemas de salinidad, o en programas de manejo fitosanitario (Santos, y otros, 2012).

La reducción de fertilizantes químicos y el aumento de productos orgánicos permiten obtener una mejor calidad de la planta con respecto a los estándares de la agricultura convencional. Con abonos a base de vinaza se logran mejores frutos, se fortalece el sistema radicular de las plantas, incrementa la microbiota fúngica del suelo (Santos, y otros, 2012). No obstante, las vinazas en su estado puro y sin ningún tipo de procesamiento, pueden ocasionar un impacto negativo en el ambiente cuando no son tratadas o dispuestas adecuadamente; sus efectos mayores se dan en la calidad del agua, flora y fauna de los cuerpos receptores, así como en la atmosfera y la población urbana colindante al foco de contaminación (Chanfón & Lorenzo, 2014); pueden citarse dos ejemplos de esto: emana fuertes olores por la descomposición de la materia orgánica que la conforma, y además consume el oxígeno del agua provocando mortandad de peces (Silva, 2016).

En los sectores productivos donde la caña de azúcar es una fuente importante de la actividad agrícola, el impacto por la generación de grandes cantidades de residuos es alto, pero así mismo, pueden utilizarse dichos residuos sólidos como la cachaza o los tallos de caña, por ejemplo, en el compostaje y las vinazas líquidas para la elaboración de biofertilizantes (López, Andrade, Herrera, González, & García, 2017), siendo el Fertivin un ejemplo significativo en la zona agrícola de La Troncal. La importancia de este tipo de gestión de residuos radica en la posibilidad de reincorporar la materia orgánica a los procesos naturales, al mismo tiempo que se obtienen productos con potencial comercializable para la producción agropecuaria (Producargo, 2014).

Las vinazas obtenidas de los residuos de caña de azúcar tienen pH ácido, y alto contenido de sólidos disueltos (3.400 - 3.700 mg/l) y suspendidos (3.800 - 5.300 mg/l), mientras que las concentraciones de DQO varían entre 35.000 a 42.300 mg/l. Estas características le otorgan una mejor calidad, en términos de contaminación, que abonos generados a partir de sustratos sintéticos. El empleo de vinazas integradas a los procesos de producción agropecuaria reduce el

impacto al ambiente, ya que la materia orgánica se incorpora de manera adecuada al entorno físico químico del suelo (Zúñiga & Gandini, 2013).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La vinaza es un producto contaminante derivado de la industrialización de la caña de azúcar. En estado puro, sin procesamiento, contiene una gran carga contaminante, por lo cual representa un potencial peligro en la conservación del medio ambiente si no es empleada adecuadamente.

Por su composición nutricional, química y biológica, la vinaza es un desecho con potencial para la producción de biofertilizantes de uso agropecuario. Tiene gran efectividad biológica, pudiendo emplearse como acondicionador de suelos, recuperador de tierras que han perdido sus atributos de fertilidad por acción de sales, equilibrador de reacciones químicas del suelo y potenciador de microflora.

En el cantón La Troncal, que se caracteriza por su actividad económica netamente agropecuaria, la gestión de residuos de la industria de caña de azúcar liderada por empresas como Coazúcar y Producargo, le han dado a la vinaza y a residuos sólidos como la cachaza, una utilidad para el aprovechamiento generando energía y como un complemento a los fertilizantes en la nutrición de los cultivos y especies animales, esta última mediante la potenciación de la producción de forrajes y granos.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda la asesoría de un técnico especialista en suelos en caso de utilización de la vinaza en estado puro sin procesamiento como fuente de nutrición en los cultivos agrícolas, ya que es un producto ácido y debe combinarse adecuadamente con agua; se sugiere una mezcla en proporción de 30 partes de agua por una de vinaza.

Los productos elaborados a partir de la vinaza, como el analizado en esta publicación, son insumos seguros y armónicos con la naturaleza. Se recomienda su utilización en programas sistematizados de nutrición vegetal, como potenciadores de fertilidad de los suelos agrícolas.

En base los datos analizados en la presente investigación, se recomienda una combinación armónica de fertilizantes químicos con abonos obtenidos de vinaza, diversificando los criterios de manejo, ya sea como quelatante de suelos, acondicionador-desalinizante, fertilizante foliar, coadyuvante potenciador de mezclas o solución nutritiva para microorganismos.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la valiosa cooperación del Ing. Javier Baquerizo Alcívar, MSc., anteriormente Gerente del Departamento de Calidad de la productora de alcoholes Producargo S.A., km. 71 1/2 vía Naranjal, La Troncal, Cañar, Ecuador & actual Analista Financiero-

Administrativo de Totem Ecuador-Humanitas S.A., Guayaquil, Guayas, Ecuador, por su valiosa cooperación con información especializada para la elaboración del presente artículo.

6. REFERENCIAS

- Anderson, D. (2008). *Estadística para administración y economía*. ISSN: 1665-2673. México, D.F.: Cengage Learning.
- Armengol, J., Lorenzo, R., & Fernández, N. (2003). Utilización de la vinaza como enmienda orgánica y su influencia en las propiedades químicas de vertisoles y en los rendimientos de la caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*. ISSN 1819-4087, 24(3), 67-71.
- Cabrera, A., & Díaz, M. (2013). Tratamiento de vinazas en un filtro anaerobio empacado de flujo ascendente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. ISSN 1680-0338, 34(2).
- Cacua, L. (2008). *Producción de abonos orgánicos aplicando porcesos de compostaje y lombricompostaje a residuos de las cadenas agrícolas y pecuarias enfocado al bio-mejoramiento del agro colombiano*. Pamplona, Colombia: Universidad de Pamplona. Programa de Especialización en Transformación de Residuos Agroindustriales.
- Castro, C., Prado, E., Paladines, R., & Cervantes, A. (2017). Factores que afectan al cultivo de caña de azúcar para producción de bioetanol en Ecuador. *European Scientific Journal*. ISSN: 1857 - 7881. On-line ISSN 1857- 7431, 3(24), 58-63.
- Castro, G. (2009). El tratamiento de las vinazas - la recirculación. *Revista Publicaciones e Investigación*. ISSN: 1900-6608, 3(1), 51-56.
- Catalá, M., Pía, E., Martínez, M., Forés, V., & Tomás, N. (2012). *Fertilización de arroz con gallinaza, una alternativa en alza*. Amposta, Tarragona, España: Estación Experimental del Ebro.
- Chanfón, J., & Lorenzo, Y. (2014). Alternativas de tratamiento de las vinazas de destilería. Experiencias nacionales e internacionales. *Revista Centro Azúcar*. ISSN: 2223-4861, 42(2), 56-67.
- Coazúcar. (2013). *Somos el ingenio azucarero mas importante de Ecuador*. Obtenido de Corporación Azucarera del Perú S.A.: http://www.coazucar.com/esp/latroncal_nosotros.html
- Cylinders, W.-2. (2014). *Safe Use of Aerosols in the Industrial Gases Industry*. Obtenido de EIGA Safety information: <https://www.eiga.eu/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=184&token=1329d8f99a0cd0264b4b516dc9dbdeb9f3157be1>
- Díaz, L., & Portocarrero, E. (2002). *Manual de producción de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)*. El Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Félix, J., Sañudo, R., Rojo, G., Martínez, R., & Olalde, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Revista Ra Ximhai*. Universidad Autónoma Indígena de México, 4(1), 57-67.
- Fernández, N., Montalvo, S., Borja, R., Guerrero, L., Sánchez, E., Cortés, I., . . . Raposo, F. (2008). Performance evaluation of an anaerobic fluidized bed reactor with natural zeolite as support material when treating high strength distillery wastewater. *Renewable Energy*. ISSN: 0960-1481(11), 2458-2466.
- GAD La Troncal. (2017). *Ciudad de La Troncal*. Obtenido de Gobierno Autónomo Descentralizado Minicipal La Troncal: <http://www.latroncal.gob.ec/WEB17/VARIOS/CIUDAD.PHP>
- González, L., & Barrera, C. (2015). *Evaluación de un sistema de codigestión anaerobia de residuos agropecuarios*. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Programa de Maestría en Ciencias Ambientales.
- Houbron, E., Sandoval, M., & Hernández, A. (2015). Tratamiento de vinazas en un reactor de lecho fluidizado inverso anaerobio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. ISSN 0188-4999, 32(3).
- Jiménez, A., Borja, R., Martín, A., & Raposo, F. (2006). Kinetic analysis of the anaerobic digestion of untreated vinasses and vinasses previously treated whit *Penicillium decumbens*. *Journal of Environmental Management*. ISSN: 0301-4797(80), 303-310.
- Lanza, J., Churión, P., & Gómez, N. (2016). Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (N CUBE) para la determinación de proteínas en distintas

- clases de alimentos. *Saber. Revista Multidisciplinaria. Universidad de Oriente. ISSN 2343-6468*, 28(2).
- López, E., Andrade, A., Herrera, M., González, O., & García, A. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola. ISSN 0253-5785*, 44(3).
- Marticorena, A., Mandagarán, B., & Campanella, E. (2010). Análisis del impacto ambiental de la recuperación de metanol en la producción de biodiesel usando el algoritmo de reducción de desechos WAR. *Información Tecnológica. On-line ISSN 0718-0764*, 21(1), 23-30.
- Mite, F. (2012). Los suelos de la Península son propensos a la salinidad. *Diario El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/2012/02/04/1/1416/suelos-peninsula-son-propensos-salinidad.html>
- Molina, C., & Quiñónez, W. (2012). *Biodegradación anaeróbica de vinaza generada en la destilería Soderal y aprovechamiento energético del biogás como medio para bajar el impacto de gases de efecto invernadero*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Unidad de Postgrado: Maestría en Sistemas Integrados de Gestión de la Caidad, Ambiente y Seguridad.
- Nieremberg, D. (2011). *Fertilidad tóxica*. Washington, DC: World Watch, Ecological Society of America.
- Olivo, J., & Colina, E. (2017). *Efectos de programas de fertilización balanceada con la aplicación complementaria de Calcio y Boro foliar, en el rendimiento de cultivo de pimienta*. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica.
- Pedroza, H., & Dicovskyi, L. (2007). *Sistema de análisis estadístico con SPSS*. ISBN: 13; 978-92-9039-790-8. Managua, Nicaragua: IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura).
- Pérez, C. (2015). *Análisis sanitario*. México, D.F.: Canales de Información de México. CFA-I II Edición.
- Pérez, M. (2009). *Fertilización orgánica*. Quito, Ecuador: Fundación Maquita Cushunchic, MCCH.
- Proalco. (2013). *Catalogo de productos y servicios*. Obtenido de Proalco Cia. Ltda. Alimentación y bebidas: <http://www.proalco.com.ec>
- Producargo. (2014). *División Agrícola - Ficha Técnica*. Obtenido de Producargo S.A. Productora de alcoholes: <http://www.producargo.com/es/nuestros-productos/división-agrícola/ficha-técnica>
- Rivera, H. (2013). *Efecto de la aplicación de programas de fertilización con Agrofeed en combinación con el potencializador Fertivin, en variedades de arroz (Oryza sativa) en la zona de Babahoyo*. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agropecuaria.
- Rodríguez, E., A, L., Polanco, M., Stams, A., & García, P. (2012). Molecular analysis of the biomass of a fluidized bed reactor treating synthetic vinasse at anaerobic and micro-aerobic conditions. *Appl Microbiol Biotechnol. ISSN: 0175-7598 (Print) 1432-0614 (Online)*, 93(5), 2181–2191.
- Santos, M., Martín, F., Diánez, F., Carretero, F., García, M., De Cara, M., & Tello, J. (2012). *Efecto de la aplicación de vinaza de vino como biofertilizante y en el control de enfermedades en el cultivo de pepino*. Almería, España: Universidad de Almería. Departamento de Producción Vegetal.
- SeGob. (2017). *Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-K-663-NORMEX-2017*. Obtenido de SEGOB. Diario Oficial de la Federación: http://www.diariooficial.segob.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5490785&fecha=19/07/2017
- Silva, A. (2016). *Vinaza, el veneno silencioso de la caña de azúcar*. Obtenido de Télam - Agencia Nacional de Noticias: <http://www.telam.com.ar/notas/201609/163396-vinaza-el-veneno-silencioso-de-la-cana-de-azucar.html>
- Sinagap. (2016). *Boletines zonales, integrales y temáticos - Zona 6*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Zúñiga, V., & Gandini, M. (2013). Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol. *Revista de Ingeniería Dyna. ISSN: 0012-7353*, 80(177), 124-131.