

Parámetros de calidad de un material orgánico obtenido a partir de vinaza con el uso de un activador multienzimático

Quality parameters of an organic material obtained from vintage with multienzymatic activator

Hilaydeé Pimentel, Carmen Rivero¹

¹Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV

RESUMEN

En Venezuela la producción de alcohol etílico genera enormes cantidades de aguas residuales, denominadas *vinazas* que poseen una considerable cantidad de material orgánico biodegradable, que las convierten en un efluente de alto riesgo de contaminación ambiental. Investigaciones realizadas señalan que es posible tratar biotecnológicamente estos residuos industriales con el uso de complejos enzimáticos para convertirlos en abonos orgánicos. En este trabajo se evaluó la estabilización y biotransformación de la materia orgánica contenida en la vinaza. Se realizó un ensayo, en una planta piloto, con aplicación de un complejo multienzimático. Se usaron seis tratamientos: 0, 110 y 147 g por cada 150 L de vinaza y dos niveles de pH. Se extrajo la materia orgánica y se evaluaron las siguientes variables: Relación carbono/nitrógeno (C/N), Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, Índice de humificación (IH), Grado de Humificación (GH). Los resultados mostraron una disminución de la relación C/N y un efecto positivo sobre la formación de las sustancias húmicas. Para el IH el valor más bajo (0,78) fue alcanzado en el tratamiento T₃, lo que sugiere la mayor estabilización del material. Los demás tratamientos produjeron materiales que clasifican como "sustratos parcialmente madurados". La planta piloto diseñada proporcionó las condiciones de aireación óptimas para el procesamiento de la vinaza.

Palabras clave: vinaza, multienzima, abonos orgánicos, índice de humificación

ABSTRACT

In Venezuela the ethylic alcohol production generates colossal quantities of residual dark waters, denominated *vinazas* that composed of a considerable quantity of biodegradable organic material that it may transform into a sludge of high risk of environmental contamination. Investigations carried out point out that it is possible to treat these industrial residuals biotechnically with the use of complex enzymatic to transform them into organic fertilizer. In this work the stabilization and biotransformation of the organic matter contained in the vinaza was evaluated. It was carried out it an assay in a plant pilot with the application of a complex enzymatic. Six treatments were used: three enzyme dose and two pH levels. The organic matter was extracted with base in its difference of solubility in alkalis and acids. The evaluated variables were: carbon/nitrogen ratio (C/N), humic and fulvic acids content, Humification Index (IH), and Humification Degree. The results showed a decrease of the C/N ratio and a positive effect on the formation of humic substances. In the fulvic fraction the values observed were similar to the initials. For the Index of Humification, the lower value (0.78) it was reached in the treatment T₃. It suggests the biggest stabilization in the material. The other treatments produced materials that classify as "partially matured substrates". The designed plant pilot provided the conditions of good air supply for the vinaza treatment.

Key words: vinaze, complex enzymatic, organic fertilizer, humification index

INTRODUCCIÓN

En Venezuela la producción de alcohol etílico se da exclusivamente a través del proceso de fermentación biológica de melazas provenientes de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) seguido de un proceso de destilación donde se concentra la corriente alcohólica de 8 al 96 % del volumen de alcohol. En este proceso productivo se generan enormes cantidades de aguas residuales de color oscuro, denominadas *vinazas* que poseen una considerable cantidad de material orgánico biodegradable, que las convierten en un efluente de alto riesgo de contaminación ambiental, si no son tratadas adecuadamente al ser descargadas al medio y que como todos los efluentes de industria alimenticias son de difícil disposición (Mohaibes y Heinonen-Tanski, 2004).

Sin embargo, también presentan en su composición altos contenidos de potasio, nutrimento requerido para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, por lo que se ha utilizado como enmienda orgánica en suelos destinados a esta actividad agrícola (Gómez, 1995).

En la destilería ubicada en la Compañía Anónima Ron Santa Teresa se generan diariamente 450.000 L de vinaza que son aprovechadas a través de técnicas de riego en el cultivo de caña de azúcar. No obstante, esta alternativa solo es posible en épocas de sequía por lo que es necesario almacenar el material producido en época de lluvia para su posterior utilización, lo que se constituye en una limitante en el proceso de producción de alcohol, pues la destilería debe operar solo en un 60% de su capacidad para no generar excedentes de vinaza que superen los límites de almacenamiento.

Sin embargo, se ha señalado la necesidad de pre-tratamientos adecuados antes de poder aprovechar los elementos nutritivos que este tipo de material contiene (Amir *et al.*, 2005). Al respecto, Pande y Sinha (1997) recomiendan diferentes formas de emplear la vinaza como enmienda orgánica para complementar la fertilización del suelo: i) En compost con bagazo, cascarilla de arroz y cachaza; ii) Convertida en humus; iii) mezclada con cal a valores de pH entre 10,5 y 12,5 con adición de cachaza carbonatada y/o ácido fosfórico para precipitar los sólidos que pueden usarse como fertilizante, mientras que la fase clarificada sería usada como riego; iv) mezclada con residuos vegetales de alto en contenido celulosa (ej. bagazo) y por último v) tratada en lagunas, para su posterior aplicación al suelo como agua de riego.

Ahora bien, investigaciones realizadas en Italia señalan que es posible tratar biotecnológicamente los residuos industriales, entre ellos la vinaza, para lo cual se plantea el uso de complejos enzimáticos que permiten convertir efluentes orgánicos industriales en abonos orgánicos susceptibles de ser conservados por largos periodos de tiempo sin que se alteren sus características y su poder fertilizante (Brignoli, 1993).

En estudios realizados por Madrid y Castellanos (1998) se indica que la adición de multienzimas, para el compostaje de materiales orgánicos provenientes de la agroindustria de la caña de azúcar, mejora la solubilidad de fósforo, calcio y magnesio, y provoca un incremento del nitrógeno total del compost sólido obtenido, se refieren específicamente a la cachaza y el bagazo. En este marco de ideas se inscribe la realización de este estudio cuyo objetivo fue evaluar la posibilidad de convertir la vinaza, mediante compostaje con uso de activador multienzimático, en un abono líquido. En el proceso se pretende lograr la estabilización y biotransformación de la materia orgánica contenida en la vinaza, en sustancias "similares al humus", lo cual fue evaluado a través de la determinación de parámetros considerados indicadores de calidad de materiales compostados. El trabajo incluyó una fase inicial de diseño de una planta piloto para la realización del compostaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de este proyecto se llevó a cabo en la Destilería Ron Santa Teresa ubicada en la Hacienda Santa Teresa (El Consejo, estado Aragua) durante un periodo de 45 días. Para su ejecución se diseñó e instaló una planta piloto, constituida por tuberías cribadas de PVC con 1/2 pulgada de diámetro, 18 recipientes plásticos de 200 L y un compresor.

Una vez construida la planta se efectuó el proceso de compostaje con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 3 x 2, cuyos factores en estudio fueron: tres dosis de multienzima (0, 110 y 147 g por cada 150 L de vinaza contenidos en cada unidad experimental) y dos condiciones de pH (4,2 y 5,0). Cada tratamiento (Cuadro 1) contó con tres repeticiones.

Durante el ensayo se tomaron muestras a los 0, 6, 15, 30 y 45 días, para detectar la presencia de fracciones orgánicas con características de ácidos húmicos o fúlvicos.

En cada muestra se extrajo la materia orgánica por aplicación de su diferencia de solubilidad en álcalis y ácidos y posteriormente se aplicó el método de Ciavatta *et al.*, (1990), que usa la polivinilpirrolidona sólida insoluble para separar los ácidos Fúlvicos de las sustancias no húmicas.

En cada fracción se determinó el carbono orgánico (método de Walkley y Black descrito por Heanes, 1984). El nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl modificado por Jackson (1968) Estos valores permitieron calcular índices que informan acerca de la calidad del material obtenido. Las variables evaluadas fueron: Relación carbono/nitrógeno (C/N), Contenido de ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF), Índice de humificación (IH), Grado de Humificación (GH) y sustancias no húmicas (SNH). Las expresiones de cálculo para los índices de humificación fueron las siguientes:

$$IH = \frac{SNH}{(AH + AF)}$$

$$GH(\%) = \frac{(AH + AF)}{Cextraible} 100$$

El procesamiento estadístico de la información se realizó con el uso del paquete Statistix versión 7.0 para PC (2003).

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el ensayo

Tratamiento	Vinaza (L)	Multienzima (g)	pH
T ₀	150	0	4,2
T ₁	150	0	5,0
T ₂	150	110 ¹	4,5
T ₃	150	110	5,0
T ₄	150	147 ²	4,5
T ₅	150	147	5,0

1= Dosis: 6:1000 con base al 11,63 % de los sólidos totales de la vinaza.

2= Dosis: 8:1000 con base al 11,63 % de los sólidos totales de la vinaza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la planta piloto construida (Figura 1) se colocó el sistema de tuberías cribadas de tal forma de garantizar la circulación constante de aire a través de los mismos.

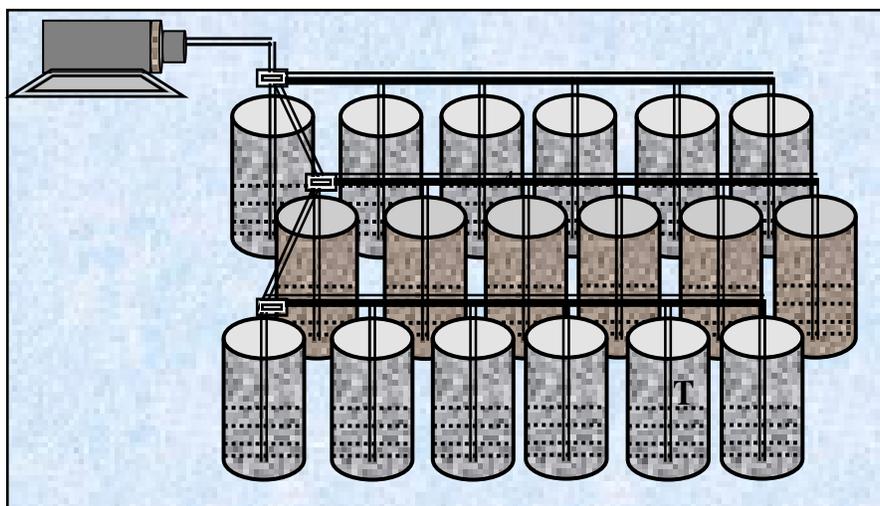


Figura 1. Esquema de la planta piloto para biotransformación de vinaza (T= Tratamiento testigo)

El aire fue impulsado desde el compresor, con una presión promedio de 90 libras, permitió agitar y airear la vinaza contenida en cada recipiente. Esto aseguró la no ocurrencia condiciones de anaerobiosis que pudieran afectar el desarrollo de la microflora natural y la acción de la multienzima sobre el sustrato. Previo al inicio del ensayo se realizó caracterización de la vinaza, los resultados permitieron detectar la alta acidez del material, así como su importante contenido de carbono orgánico (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización de la vinaza al inicio del ensayo

Variable	Valores Promedios
pH	4,2
Taninos (mg. L ⁻¹)	2.500
Carbono orgánico (g. L ⁻¹)	311,52
Sustancias húmicas (g. L ⁻¹)	70,68
Ácidos húmicos (g. L ⁻¹)	68,22
Ácidos fúlvicos (g. L ⁻¹)	2,46
Sustancias no húmicas (g. L ⁻¹)	226,25
Índice de humificación	3,24
Grado de humificación (%)	22,79
C/N	139,75

Relación carbono:nitrógeno (C/N).

Todos los tratamientos resultaron estadísticamente diferentes al final del tiempo evaluado, con una tendencia a la disminución de dicha relación, hasta obtener en 45 días las relaciones más bajas (Figura 2), Por otra parte, los sustratos en los que se añadió multienzima conformaron un grupo homogéneo separado de los testigos (T₀ y T₁). T₃ y T₅ fueron los tratamientos que alcanzaron los valores más bajos; 50,93 y 59,52; respectivamente. La disminución de la relación C/N en los materiales orgánicos, refleja que hubo una alta acción microbiana en los mismos, favorecida no solo por la acción activadora del complejo multienzimático, sino también por las condiciones de pH cercano a 5 que presentaban estos tratamientos (Girón *et al.*, 2001).

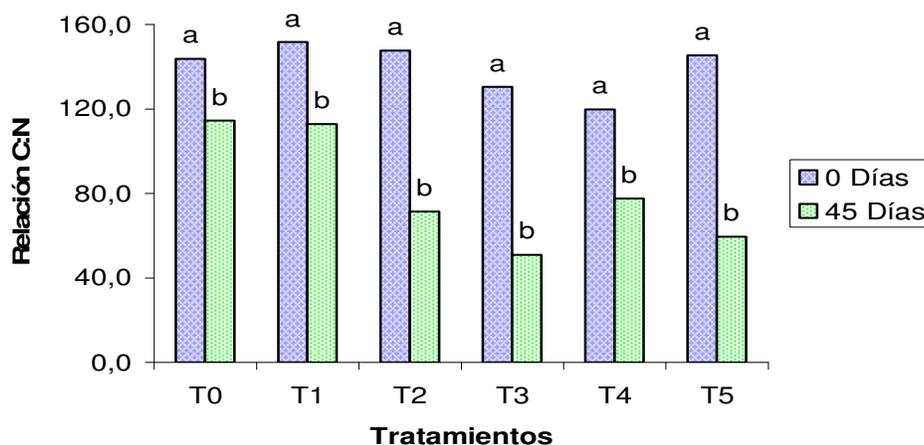


Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre la relación carbono:nitrógeno (Letras iguales indican medias iguales para un mismo tratamiento)

Determinación de ácidos húmicos y fúlvicos

Durante los primeros 6 días del ensayo hubo una disminución con relación al contenido de ácidos húmicos detectados inicialmente en cada sustrato (Figura 3). Sin embargo, a medida que transcurrió el tiempo se incrementó la producción de ácidos húmicos en cada tratamiento, llegando a aumentar significativamente en los tratamientos T₃ y T₄ en el período de 30 días y en los tratamientos T₂ y T₃ en el periodo de 45 días.

Por otro parte, en la figura 3 se ilustra que los tratamientos T_2 y T_3 alcanzaron a los 15 días de ensayo contenidos de ácidos húmicos similares a los obtenidos en los tratamientos que no tenían multienzima a los 45 días. Esto indica que los activadores enzimáticos tuvieron un efecto positivo sobre la velocidad de formación de las sustancias húmicas en el sustrato evaluado, lo cual se confirma por la obtención, al final del ensayo, de valores más elevados de estas sustancias que en los tratamientos testigos (T_0 y T_1).

En cuanto a la fracción de ácidos fúlvicos se observó que, aun cuando en los tiempos intermedios se produjeron incrementos, los valores comenzaron a descender hacia niveles similares a los iniciales (Figura 4), esto estaría relacionado con el incremento de las fracciones húmicas debido a procesos de síntesis y condensación de materiales de menor tamaño molecular.

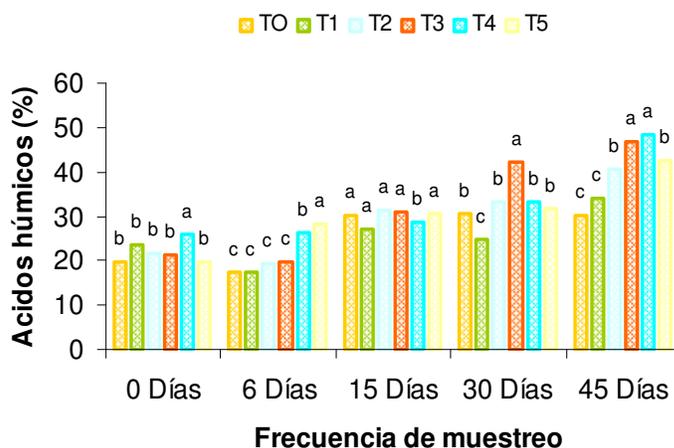


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de ácidos húmicos (Letras iguales indican medias iguales para un mismo tratamiento)

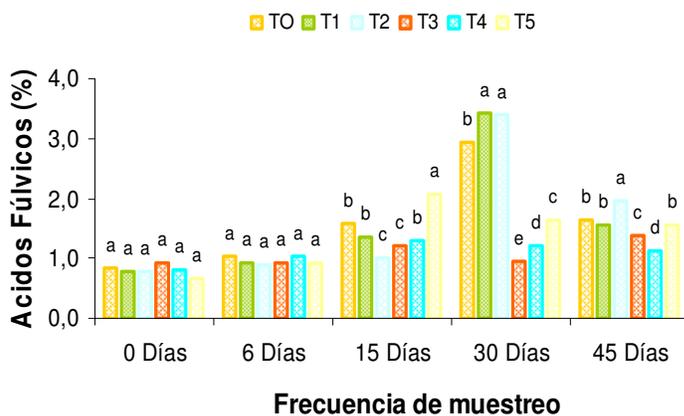


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de ácidos fúlvicos (Letras iguales indican medias iguales para un mismo tratamiento)

Índice de humificación (IH) y grado de humificación (GH)

El IH para cada uno de los tratamientos evaluados durante el ensayo, disminuyó a medida que este avanzó, lo que refleja que la vinaza tuvo un comportamiento favorable frente al proceso de estabilización de su material orgánico (Figura 5). En tal sentido, Rivero (1999) señala que se ha establecido una clasificación para determinar la madurez de compost: en el caso de compost bien maduros los valores de este índice deben ser menores a 1, para compost parcialmente madurados deben oscilar entre 2 y 1, y para compost inmaduros los valores son mayores a 2. En este estudio el valor mas bajo (0,78) fue alcanzado por el tratamiento T₃ a los 30 días del ensayo, lo que sugiere que este tratamiento logró ser estabilizado en ese periodo de tiempo. En lo que se refiere a los demás tratamientos se podrían clasificar como “sustratos parcialmente madurados” que posiblemente requieren de más tiempo para alcanzar el punto de estabilización esperada.

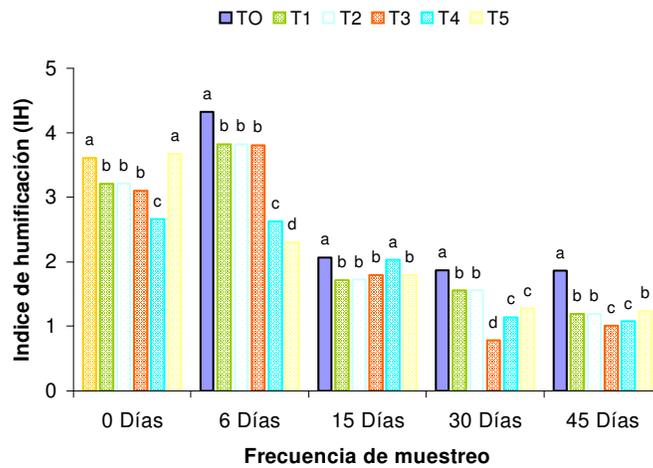


Figura 5. Índice de humificación obtenido para cada tratamiento (Letras iguales indican medias iguales para un mismo tratamiento)

En cuanto al grado de humificación (Figura 6) se observaron mayores valores en los tratamientos que recibieron multienzimas lo cual es lógicamente producto de la presencia de mayores niveles de ácidos húmicos, es decir materiales con mayor grado de policondensación

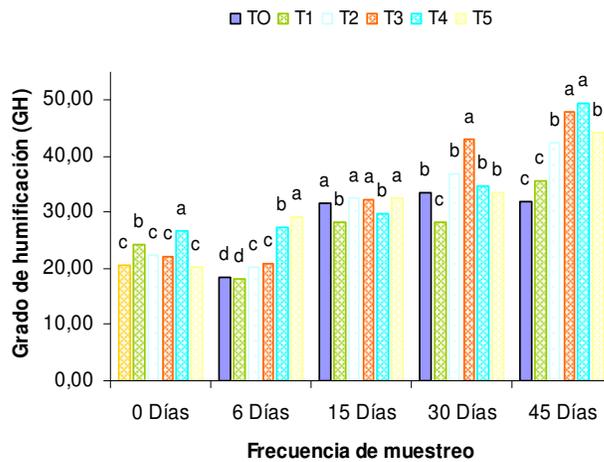


Figura 6. Grado de humificación obtenido para cada tratamiento (Letras iguales indican medias iguales para un mismo tratamiento)

CONCLUSIONES

La planta piloto diseñada proporcionó las condiciones de aireación óptimas para el procesamiento de la vinaza sin que se produjeran condiciones indeseables de anaerobiosis que ocasionaran resultados adversos con el consecuente deterioro de la calidad del producto final. La afirmación anterior está basada en que los valores de los índices de calidad obtenidos (ácidos húmicos y fúlvicos, Índice de humificación y grado de humificación) demuestran que se obtuvo un material de calidad aceptable que puede ser eventualmente usado como fertilizante orgánico con menores riesgos de impacto ambiental.

LITERATURA CITADA

- Amir S., M. Hafidi, G. Merlina y J.C. De Revel.** 2005. Structural characterization of fulvic acids during composting of sewage sludge *Process Biochemistry* 40(5):1693-1700.
- Brignoli, P.** 1993. *Biotechnologie*. Quaderni Andrómeda. Dimensión Natura. 3(4). Italia.
- Ciavatta, C., Govi, M., Vittori Antisari, L. y Sequi, P.** 1990. Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. *J. Chromatogr.* 509: 141-146.
- Girón, C.; Tortolero, J.; Hermoso, D y González, I.** 2001. Efectos de diferentes residuos vegetales en la composición de cáscaras de cacao. *Agronomía Tropical* 51(4):549-562.
- Gómez, J.** 1995. Efecto de la vinaza sobre la producción de caña de azúcar bajo tres regímenes de fertilización mineral. *Bioagro* 7(1):22-28.
- Heanes, D.** 1984. Determination of total organic-C in soil by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 15:1191-1213.
- Jackson, M. L.** 1968. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs. N. J. pp. 32-36.
- Madrid, C. y Castellanos, Y.** 1998. Efecto de activadores sobre la calidad de compost elaborados con cachaza y bagazo de la caña de azúcar. *Venesuelos*. 6(1-2):22-28.
- Mohaibes, M. y H. Heinonen-Tanski.** 2004. Aerobic thermophilic treatment of farm slurry and food wastes *Bioresource Technology* 95(3):245-254.
- Pande, H. P. y Sinha, B. K.** 1997. Uso de los desechos de la destilería como fertilizantes. Sugarce, agroindustrial alternatives. New Delhi: Oxford & IBH publishing. Co.Pvt. Ltd. (Resumen tomado de *International Sugar Journal*. 99(1180): 201.
- Rivero, C.** 1999. La materia Orgánica del Suelo. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Alcance 56. Universidad Central de Venezuela. XX p
- Statistix** versión 7.0 para PC (2003).