

# Vermicompost enriquecido en calcio obtenido a partir de la ceniza de bagacillo de caña de azúcar y comportamiento biológico de *Eisenia fetida*

## Vermicompost enriched in calcium from the ash of sugar cane bagasse and biological behavior of *Eisenia fetida*

L. Bastardo, R. Sánchez, L. Marcó Parra, Y. Ríos, Y. Segura y G. Torres

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía, Núcleo Tarabana, Cabudare, estado Lara, Venezuela.

### Resumen

Se evaluó la factibilidad del uso de la ceniza de bagacillo de caña de azúcar como materia prima para producir un fertilizante orgánico rico en calcio y el comportamiento biológico de *Eisenia fetida*. Se usaron los sustratos estiércol vacuno (Ev) y ceniza de bagacillo (Cb) en las proporciones T1 (100% Ev); T2 (87,5% Ev; 12,5% Cb); T3 (75% Ev; 25% Cb); T4 (62,5% Ev; 37,5% Cb); T5 (50% Ev; 50% Cb), junto a la acción de *Eisenia fetida*. Se determinó el aumento de la biomasa de esta especie al inicio y al final del ensayo. A los vermicompostes obtenidos se le determinaron: N, P, K, Ca y pH. El tratamiento T1 presentó los mayores valores de N y P con 1,83 y 1,24% respectivamente; los niveles de K, Ca y pH más altos se encontraron en T5 (2,83% K; 6,46% Ca y 9,1 de pH). La ceniza de bagacillo puede ser utilizada en la lumbricultura, reciclando estos desechos para producir fertilizantes orgánicos enriquecidos en calcio.

**Palabras clave:** *Eisenia fetida*, sustratos, fertilizante orgánico, vermicompost, bagacillo de caña de azúcar.

### Abstract

The feasibility of the use of the ash from sugar cane bagasse as row material for organic fertilizer production enriched in calcium was evaluated, as well as the biological behavior of *Eisenia fetida*. The substrates cow manure (Ev) and ash of sugar cane bagasse (Cb) were used in the following proportions: T1 (100% Ev); T2 (87.5% Ev; 12.5% Cb); T3 (75% Ev; 25% Cb); T4 (62.5% Ev; 37.5% Cb); T5 (50% Ev; 50% Cb), joined to the action of *Eisenia fetida*. The biomass increment

---

Recibido el 22-11-2012 • Aceptado el 30-6-2014

Autores de correspondencia e-mail: luisanabastardo@ucla.edu.ve; mparra@ucla.edu.ve; luemerumarco@yahoo.es, yríos@ucla.edu.ve; lunasegura@yahoo.es; gosmyrt@ucla.edu.ve

of this specie was determined at the beginning and at the end of the assay. N, P, K, Ca and pH were determined to the obtained vermicompost. The treatment T1 presented the highest levels of N and P with 1.83 and 1.24% respectively; The highest levels of K, Ca and pH corresponded to T5 (2.83% K, 6.46% Ca and 9.1 of pH). The ash of sugar cane bagasse can be used in vermiculture, while recycling these wastes to produce organic fertilizers enriched in calcium.

**Key words:** *Eisenia fetida*, substrate, organic fertilizer, vermicompost, sugar cane bagasse.

## Introducción

La industria azucarera es una de las que genera mayores volúmenes de residuos sólidos. El compostaje es una alternativa para que los desechos agroindustriales sean transformados en materiales útiles que pueden ser reincorporados al sistema de producción de donde se originaron. La cachaza y el bagazo de caña son los principales residuos que genera esta industria (Pérez *et al.*, 2011).

En Venezuela los desechos sólidos de la industria azucarera, son empleados en la producción de abonos orgánicos como una alternativa para la solución de un problema ambiental que se origina por la acumulación de un volumen grande de estos desechos que contaminan el ambiente. Además, constituye una actividad productiva que genera ingresos a las empresas que los producen reduciendo los costos de fertilización química y mejorando las condiciones del suelo (Matheus, 2004).

De los diferentes métodos de compostaje, uno de los más usados es la lumbricultura, definida como una técnica biotecnológica donde se descomponen y transforman distintos residuos o materiales orgánicos (Loh *et al.*, 2005) en un compuesto conocido como vermicompost en nutrimentos, fácilmente asimilable por las plantas

## Introduction

The sugar industry generates the highest volumes of solid waste. Composting is an alternative so agro-industrial wastes are transformed into useful materials that can be reinstated to the production system where they originated. Cachaça and the sugar cane bagasse are the main waste generated by this industry (Pérez *et al.*, 2011).

In Venezuela the solid waste from the sugar industry are employed in the production of organic fertilizers as an alternative to the solution of an environmental problem that is caused by the accumulation of a large volume of these wastes that pollute the environment. In addition, it is a productive activity which generates incomes to the companies that produce them by reducing the costs of chemical fertilizer and improving the soil conditions (Matheus, 2004).

Out of the different methods of composting, one of the most widely used is the earthworm composting, defined as a technique where biotechnology will break down and transform various residues or organic materials (Loh *et al.*, 2005) in a compound known as vermicompost in nutrients, easily assimilated by plants and when applied to the soil helps to improve the physical, chemical and

y que al aplicarlo al suelo permite mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Es una de las nuevas técnicas de la agricultura orgánica, en la que por medio del manejo de procesos naturales en el suelo, permiten favorecer su dinámica y como consecuencia, obtener un impacto benéfico en lo agrícola, social y económico (Morales *et al.*, 2009).

La lumbricultura permite recuperar los nutrientes a partir de distintos desechos, con su consecuente aprovechamiento (Pattnaik y Vikram, 2010). Por lo anterior se propone aprovechar la ceniza (producida en las calderas por medio de la combustión del bagacillo de caña de azúcar) en la producción de vermicompost enriquecido en calcio.

## Materiales y métodos

Para la fabricación del vermicompost se empleó lombrices de tierra (*Eisenia fetida*). Los residuos utilizados en el ensayo, fueron: estiércol vacuno (Eva) y ceniza de bagacillo (Cb) provenientes de potreros de la región de Manzanita y las calderas de central azucarero Río Turbio, localizados en el estado Lara, Venezuela. Estos sustratos se utilizaron, obteniéndose los siguientes tratamientos (80% humedad): T1: 60 g de estiércol vacuno (Eva); T2: 52,5 g estiércol + 7,5 g de ceniza de bagacillo (Eva+Cb1); T3: 45 g estiércol de vaca + 15 g ceniza de bagacillo (Eva+Cb2); T4: 37,5 g estiércol de vaca + 22,5 g ceniza de bagacillo (Eva+Cb3); T5: 30 g estiércol de vaca + 30 g ceniza de bagacillo (Eva+Cb4).

La humedad de todos los tratamientos se mantuvo en el orden del

biological properties. It is one of the new techniques of organic agriculture, in which by means of the management of natural processes in the soil, favors its dynamics and as a result, obtain a beneficial impact in the agricultural, social and economic aspects (Morales *et al.*, 2009).

The earthworm vermicompost allows recovering the nutrients from different wastes with its consequent use (Pattnaik and Vikram, 2010). Because of the latter, it is intended to take advantage of ash (produced in the boilers through the burning of sugar cane bagasse) in the production of vermicompost enriched in calcium.

## Materials and methods

In the manufacture of the vermicompost earthworms are employed (*Eisenia fetida*). Waste used in the trial, were: cow manure (CM) and ash bagasse (AB) from pastures in the region of Manzanita and the boilers of "Río Turbio" located in Lara state, Venezuela. These substrates were used obtaining the following treatments (80% humidity): T1: 60 g of cow manure (CM); T2: 52.5 g of manure + 7.5 g of ash bagasse (CM + AB1); T3 g of cow manure + 15 g of ash bagasse (CM+AB2); T4: 37.5 g of cow manure + 22.5 g of ash bagasse (CM+AB3); T5: 30 g of cow manure + 30 g of ash bagasse (CM+AB4).

The moisture content of all the treatments maintained in the order of 80%, which was achieved by performing irrigation twice per week. The fist test was used for verifying the moisture, which consists on taking with the fist a quantity of the substrate

80%, lo cual se logró realizando riego dos veces por semana. Para la verificación de la humedad se utilizó la prueba del puño, la cual consiste en tomar con el puño una cantidad del sustrato, al cual se le aplica fuerza, la normal del brazo y se cuentan las gotas; de 8 a 10 gotas indican una humedad aproximada de 80%. Para el desarrollo de las lombrices se colocaron 60 g de cada uno de los diferentes sustratos, previamente humedecidos, en recipientes plásticos de 360 cm<sup>3</sup>. Se pesaron e introdujeron cuatro lombrices cliteladas en cada uno de ellos. Se registró el peso inicial de cada lombriz y se realizaron pesajes durante ocho semanas.

Se realizaron tomas de muestras del sustrato al momento de preparar las diferentes mezclas para los tratamientos. Posteriormente, cada 4 semanas a cada unidad experimental se le extrajeron 5 g de sustrato con deyecciones de las lombrices para su posterior análisis químico. Se realizó la digestión ácida de las muestras con ácido sulfúrico. El potasio fue determinado por medio de un fotómetro de llama modelo CORNING 410 y el calcio mediante un espectrofotómetro de absorción atómica modelo PERKIN-ELMER 2280. Las determinaciones de nitrógeno y fósforo, fueron realizadas a través de la técnica de espectrofotómetro U.V-Visible (Thermoscientific, Genesys 10 uv).

Se usó un diseño completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo, con 5 tratamientos y 15 repeticiones, con cinco combinaciones del sustrato, de acuerdo a lo especificado anteriormente. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza al 5% de nivel de confianza y prueba

applying the strength and counting the drops; 8 to 10 drops indicate a moisture content of approximately 80%. For the development of the worms were placed 60 g of each of the different substrates, previously moistened, in plastic containers of 360 cm<sup>3</sup>. They were weighed and 4 worms were introduced in each of them. The initial weight of each worm was recorded and weightings were carried out for 8 weeks.

Samples of the substrate were performed to prepare different mixtures for the treatments. Subsequently, every 4 weeks 5 g of substrate with excrement of earthworm were extracted from each experimental unit for further chemical analysis. The acid digestion of the samples with sulfuric acid was done. Potassium was determined by means of a flame photometer model CORNING 410 and the calcium by using an atomic absorption spectrophotometer model Perkin-Elmer 2280. The determinations of nitrogen and phosphorus were carried out through the U.V-visible spectrophotometer technique (Thermoscientific, Genesys 10 uv).

A completely randomized design was used with repeated measurements over the time, with 5 treatments and 15 replications, with five combinations of the substrate, as specified above. The data obtained was subjected to the variance analysis at 5% accuracy level and Tukey test, subject to compliance with the assumptions of normality, additively and homogeneity. The data was analyzed using the statistical package STATISTIX v.7 and v.8.

de medias por Tukey, previo cumplimiento de los supuestos de normalidad, aditividad y la homogeneidad. Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico Statistix v.7 y v.8.

## Resultados y discusión

**Biomasa de *Eisenia fetida* en los diferentes sustratos:** En el tratamiento T1 se observó la mayor biomasa ( $P \leq 0,05$ ), seguido por T2 y T3 los cuales se comportaron de manera similar. Por otro lado T4 y T5 presentaron los valores más bajos del ensayo sin diferencias significativas entre ellos ( $P \leq 0,05$ ) (cuadro 1). Todos los tratamientos siguieron un patrón similar con relación a la ganancia de peso. Los menores pesos al final del ensayo se registraron en los tratamientos T4 y T5 los cuales contenían las mayores proporciones de ceniza. Estos tratamientos presentaron los mayores valores de pH 8,8 (T4) y 9,2 (T5). Edwards (1998), considera que valores de pH superiores o cercanos a nueve, son un factor limitante en el desarrollo de esta especie, por lo cual se puede atribuir que la menor ganancia de peso en estos tratamientos se debió en parte al pH.

**Composición química de los vermicompostes obtenidos en los diferentes tratamientos:** las diferentes mezclas correspondientes a cada tratamiento fueron analizadas al inicio (cuadro 2) y al final del ensayo (cuadro 3). En todos los tratamientos al final del ensayo las concentraciones de nitrógeno fueron mayores ( $P \leq 0,05$ ), en relación a los del inicio del ensayo (cuadro 2).

Los vermicompost provenientes de los tratamientos T1 y T2, fueron

## Results and discussion

Biomass of *Eisenia fetida* in different substrates: the largest biomass was observed in treatment T1 ( $P \leq 0.05$ ), followed by T2 and T3 which behaved similarly. On the other hand T4 and T5 presented the lowest values of the test without significant differences between them ( $P \leq 0.05$ ) (table 1). All treatments followed a similar pattern in relation to the weight gain. The lower weights at the end of the test were recorded in the treatments T4 and T5 which contained higher proportions of ash. These treatments had the highest values of pH 8.8 (T4) and 9.2 (T5). Edwards (1998), considers that pH values above or close to 9, are a limiting factor in the development of this species, thus, the lower weight gain in these treatments could be to the pH.

**Chemical composition of the vermicomposts obtained in the different treatments:** different mixtures for each treatment were analyzed at the beginning (table 2) and at the end of the essay (table 3). In all treatments at the end of the test, the nitrogen concentrations were higher ( $P \leq 0.05$ ), in relation to the beginning of the essay (table 2).

The vermicompost coming from treatments T1 and T2, were those that presented the highest nitrogen values, which could indicate that the main source of this element is cow manure (treatments that had the highest percentage of cow manure), while the amount of manure is increased in the mixture also increases the nitrogen percentage, this agrees to Hernández *et al.* (2010).

**Cuadro 1. Biomasa de E. fetida durante un periodo de ocho semanas, en estiércol vacuno solo o mezclado con ceniza de bagacillo de caña de azúcar (n=15).**

**Table 1. Biomass of E. fetida during eight weeks in cow manure alone or mixed with ash baggase of sugar cane (n=15).**

Tratamiento	Peso inicial $\pm$ SD (g.lomb <sup>-1</sup> )	Peso final $\pm$ SD (g.lomb <sup>-1</sup> )	Peso max. $\pm$ SD (g.lomb <sup>-1</sup> )	Peso prom. $\pm$ SD (g.lomb <sup>-1</sup> )
T1	0,247 $\pm$ 0,006	0,488 $\pm$ 0,008 <sup>a</sup>	0,497 $\pm$ 0,007	0,400 $\pm$ 0,008 <sup>a</sup>
T2	0,247 $\pm$ 0,009	0,442 $\pm$ 0,007 <sup>b</sup>	0,448 $\pm$ 0,007	0,361 $\pm$ 0,006 <sup>b</sup>
T3	0,239 $\pm$ 0,006	0,454 $\pm$ 0,007 <sup>b</sup>	0,454 $\pm$ 0,007	0,356 $\pm$ 0,007 <sup>b</sup>
T4	0,241 $\pm$ 0,005	0,396 $\pm$ 0,004 <sup>c</sup>	0,396 $\pm$ 0,004	0,316 $\pm$ 0,004 <sup>bc</sup>
T5	0,286 $\pm$ 0,009	0,410 $\pm$ 0,008 <sup>c</sup>	0,410 $\pm$ 0,008	0,338 $\pm$ 0,004 <sup>c</sup>

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas estadísticamente según prueba de medias de Tukey (P $\leq$ 0,05).

**Cuadro 2. Análisis químico de las diferentes mezclas de los tratamientos al inicio del ensayo.****Table 2. Chemical analysis of the different treatment mixtures at the beginning of the essay.**

Tratamientos	Porcentaje de los elementos (n=3)					pH
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)		
T1	0,73 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,56 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,04 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,042 ± 0,007 <sup>a</sup>	6,8 ± 0,1 <sup>a</sup>	
T2	0,64 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,09 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,54 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,93 ± 0,01 <sup>b</sup>	7,2 ± 0,1 <sup>b</sup>	
T3	0,59 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,87 ± 0,01 <sup>c</sup>	2,85 ± 0,05 <sup>c</sup>	3,331 ± 0,007 <sup>c</sup>	7,5 ± 0,1 <sup>c</sup>	
T4	0,237 ± 0,002 <sup>c</sup>	0,67 ± 0,02 <sup>d</sup>	3,31 ± 0,02 <sup>d</sup>	3,67 ± 0,02 <sup>d</sup>	8,1 ± 0,1 <sup>d</sup>	
T5	0,194 ± 0,006 <sup>d</sup>	0,66 ± 0,04 <sup>d</sup>	4,07 ± 0,09 <sup>e</sup>	4,745 ± 0,007 <sup>e</sup>	8,6 ± 0,1 <sup>e</sup>	

Letras diferentes en columnas indican diferencias estadísticamente según prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Cuadro 3. Características químicas del vermicompost en las diferentes mezclas utilizadas. (n=3).

Table 3. Chemical characteristics of the vermicompost in the different mixtures used (n=3).

Tratamientos	Porcentaje de los elementos					pH
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)		
T1	1,834±0,004 <sup>a</sup>	1,24±0,09 <sup>a</sup>	0,74±0,04 <sup>d</sup>	2,43±0,03 <sup>d</sup>		7,2 <sup>c</sup>
T2	1,26 ±0,02 <sup>b</sup>	0,69±0,04 <sup>b</sup>	0,86±0,03 <sup>d</sup>	3,79±0,01 <sup>c</sup>		7,8 <sup>b</sup>
T3	0,93±0,02 <sup>c</sup>	0,54±0,01 <sup>c</sup>	2,05±0,01 <sup>c</sup>	4,62±0,01 <sup>b</sup>		8,1 <sup>b</sup>
T4	0,764±0,008 <sup>d</sup>	0,35±0,02 <sup>d</sup>	2,38±0,04 <sup>b</sup>	4,92±0,02 <sup>b</sup>		8,8 <sup>a</sup>
T5	0,69±0,02 <sup>e</sup>	0,15±0,02 <sup>e</sup>	2,83±0,03 <sup>a</sup>	6,46±0,02 <sup>a</sup>		9,1 <sup>a</sup>
*Valores recomendados	1-2,6%	2-8%	1-2,5%	2-8%		6,8-7,2%

Medias con igual letra dentro de una misma columna no presentan diferencias significativas según la prueba de Scheffé ( $P \leq 0,05$ ).

\*Fuente: Ravera y De Sanso (2000).



los que presentaron los valores de nitrógeno más altos, lo que pudiera indicar que la principal fuente de este elemento es el estiércol de vacuno (tratamientos que presentaban el mayor porcentaje de estiércol vacuno), mientras se aumenta la cantidad de estiércol en la mezcla aumenta el porcentaje de nitrógeno, coincidiendo con lo señalado por Hernández *et al.* (2010).

El tratamiento T1 presentó el valor más alto de fósforo siendo éste el que tiene la mayor proporción de estiércol de vacuno en la mezcla inicial, pudiendo atribuirle al estiércol de vacuno el aporte de fósforo al vermicompost obtenido. Por su parte, CINCAE (2006), al compostar durante 55 días ceniza y cachaza de caña de azúcar mezclados en diferentes proporciones, obtuvieron una disminución del porcentaje del fósforo en el compost obtenido, comportamiento que se puede evidenciar en este ensayo, al observar que los menores porcentajes de fósforo corresponden a los tratamientos que presentan cenizas en la mezcla inicial.

El porcentaje de potasio disminuyó durante el compostaje (cuadro 3). El mayor valor encontrado para el potasio fue en T5 (2,83), siendo este tratamiento el que presentaba mayor cantidad de ceniza de bagacillo de caña de azúcar, pudiendo inferir que éste fue la fuente del aporte de este elemento al vermicompost, resultados que coinciden con los obtenidos por CINCAE (2006), quienes al compostar cachaza, ceniza y vinaza de un ingenio azucarero, demostraron que la ceniza es una fuente de potasio por excelencia.

Para el calcio el tratamiento T5 presentó el mayor valor con 6,46%,

Treatment T1 presented the highest value of phosphorus being this treatment the one with the highest proportion of cattle manure in the initial mixture, and maybe the cattle manure contributed to the phosphorus content to the retrieved vermicompost. On the other hand, CINCAE (2006), when composting for 55 days ash and sugarcane cachaça mixed in different proportions, obtained a decrease in the phosphorus percentage in the retrieved compost, behavior that can be observed in this essay, noting that the lower percentages of phosphorus correspond to treatments presenting ashes in the initial mixing.

The potassium percentage decreased during composting (table 3). The highest value found for potassium was at T5 (2.83), being this treatment the one with higher quantity of ash bagasse of sugar cane, it could be inferred that this was the contribution source of this element to the vermicompost, results that agree to those obtained by CINCAE (2006), when composting cachaça, ash and vinasse of a sugar mill, showed that ash is an excellent potassium source.

For the calcium, treatment T5 presented the highest value with 6.46%, followed by a second group formed by T4 treatment with 4.92% and T3 with 4.62% being these statistically equal, followed by the T2 with 3.79% and finally with the lowest value T1 treatment with 2.43% of calcium. When comparing the percentages of calcium for all the treatments at the beginning and at the end of the composting an increment in the calcium percentage was observed (tables 2 and 3), which can

seguidos por un segundo grupo conformados por los tratamientos T4 con 4,92% y T3 con 4,62% siendo estos estadísticamente iguales, seguido por el T2 con 3,79% y por último con el valor más bajo el tratamiento T1 con 2,43% de calcio. Al comparar los porcentajes de calcio para todos los tratamientos al inicio y al final del compostaje se observó un aumento del porcentaje de calcio (cuadros 2 y 3), el cual puede obedecer a los aportes de calcio provenientes del agua de riego, la cual contenía concentraciones de carbonato de calcio en el rango de 400-600 mg.L<sup>-1</sup>. Dado que el mayor valor se encontró en el tratamiento T5 con la mayor proporción de ceniza de bagacillo de caña de azúcar, se infiere que este residuo, fue el que contribuyó mayormente al aporte de este elemento al vermicompost.

Con respecto al pH la prueba de medias mostró diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos, observándose que los tratamientos T5 con 9,1 y T4 con 8,8 quienes se agruparon estadísticamente iguales, fueron los que registraron el mayor valor, seguidos por un segundo grupo los tratamientos T3 con 8,1 y T2 con 7,8 y con el menor valor de pH el tratamiento T1 con 7,2 (cuadro 2). En cuanto al pH, para cada tratamiento se encontraron diferencias significativas, según la prueba de medias pareadas hubo diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) en los tratamientos al comparar pH inicial y pH final, demostrando que los vermicompostes obtenidos en este ensayo poseen pH final mayor que el inicial en todos los tratamientos evaluados. Los tratamientos T5 y T4, los cuales registraron los mayores

obey to the calcium contributions coming from irrigation water, which contained concentrations of calcium carbonate in the range of 400 - 600 mg.L<sup>-1</sup>. Given that the highest value was found in the T5 treatment with the highest proportion of ash bagasse of sugar cane, it can be inferred that this waste mostly contributed to the contribution of this element into the vermicompost.

Regarding the pH, the mean test showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ) between the different treatments, observing that the treatments with T5 and T4 9.1 with 8.8 grouped statistically equal, were the ones that recorded the highest value, followed by a second group the treatments T3 and T2 8.1 with 7.8 and with the lowest pH value treatment T1 with 7.2 (table 2). In regards to the pH, significant differences were found for each treatment, according to the mean test there was significant difference ( $P \leq 0.05$ ) in the treatments when comparing the initial pH and final pH, demonstrating that the vermicomposts obtained in this test have final pH greater than the initial in all treatments. The treatments T5 and T4, which registered the highest pH values, have the highest ash proportions on the initial mixture. The T1, which introduced the lower value of pH in its composition, was the only one that did not have waste of ash, which could be inferred that the ash bagasse from sugar cane was the waste that increased the pH levels in the vermicompost produced.

Comparing the values obtained from the chemical elements of vermicompost with the appropriate

valores de pH, contenían las mayores proporciones de ceniza en la mezcla inicial. El tratamiento T1, que presentó el menor valor de pH, en su composición era el único que no poseía residuos de ceniza, lo cual pudiera inferirse que la ceniza de bagacillo de caña de azúcar, fue el residuo que incrementó los niveles de pH en el vermicompost producido.

Al comparar los valores obtenidos de los elementos químicos del vermicompost, con los rangos adecuados de los elementos (Ravera y De Sanso, 2000), (cuadro 3), se puede observar que para los tratamientos T1 y T2 los valores de nitrógeno, calcio y pH se encuentran en los porcentajes aceptables mientras que los valores de fósforo y potasio presentan porcentajes bajos. Para los tratamientos T3, T4 y T5, los porcentajes de potasio y calcio están en los rangos adecuados para un vermicompost; en cuanto a los valores de nitrógeno, fósforo se observa que no se encuentran dentro de los rangos aceptados para este abono orgánico.

Según estudios realizados por Menjivar y Gómez (1994) en vermicompostes de bovinaza, cachaza, pulpa de café, residuo prado y por Kostecka y Kaniuczak (2008) en *Lemna minor* fresca y *Lemna minor* con estiércol de peces, se puede observar que existen diferencias en algunas propiedades químicas. Los porcentajes de potasio obtenidos en esta investigación son bajos comparados a los de bovinaza y pulpa de café y altos con relación a los de cachaza, residuo prado (Menjivar y Gómez, 1994), *Lemna minor* fresca y *Lemna minor* con estiércol de peces Kostecka y Kaniuczak

ranges of elements (Ravera and Sanso, 2000) (table 3), it can be observed that for treatments T1 and T2 the values of nitrogen, calcium and pH are in the acceptable percentages while the values of phosphorus and potassium have low percentages. For the treatments T3, T4 and T5, the percentages of potassium and calcium are in the proper ranges for a vermicompost; regarding the values of nitrogen, phosphorus is seen that those are not within the accepted range for this organic fertilizer.

According to studies performed by Menjivar and Gomez (1994) in vermicomposts of bovine, cachaça, coffee pulp and by Kostecka and Kaniuczak (2008) in fresh *Lemna minor* and *Lemna minure* with fish manure can be seen that there are differences in some chemical properties. The potassium percentages obtained in this research are low compared to those of bovine and coffee pulp and high relative to those of cachaça (Menjivar and Gomez, 1994), fresh *Lemna minor* and *Lemna minor* with fish with manure, Kaniuczak Kostecka (2008). In relation to calcium, the percentages reported are also high with respect to all the vermicomposts mentioned (Menjivar and Gomez, 1994; Kostecka and Kaniuczak, 2008). The pH values are close to those reported in cachaça, bovine and coffee pulp (Menjivar and Gomez, 1994) and significantly different from those obtained from *Lemna minor* (Kostecka and Kaniuczak, 2008). The values obtained in treatments T3, T4, T5 have concentrations of nitrogen and phosphorus lower than all the

(2008). En cuanto al calcio los porcentajes reportados también son altos con respecto a todos los vermicompostes mencionados (Menjívar y Gómez, 1994; Kostecka y Kaniuczak, 2008). Los valores de pH, se encuentran cercanos a los señalados en cachaza, residuo prado, bovinaza y pulpa de café (Menjívar y Gómez, 1994) y significativamente diferentes a los obtenidos a partir de *Lemna minor* (Kostecka y Kaniuczak, 2008). Los valores obtenidos en los tratamientos T3, T4, T5 poseen concentraciones de nitrógeno y fósforo menores a todos los vermicompostes (Menjívar y Gómez, 1994; Kostecka y Kaniuczak, 2008).

Cabe señalar que las propiedades nutricionales del vermicompost pueden variar entre sí. Esto se debe a los tipos de desechos utilizados, las proporciones de cada uno, el estado de descomposición de estos materiales, las condiciones en las cuales se lleve a cabo el proceso de vermicompostaje y el tiempo de almacenamiento.

## Conclusiones

El tratamiento con estiércol vacuno solamente (T1) permitió el mayor desarrollo de biomasa por parte de *Eisenia fetida*, sin embargo, los tratamientos T2 y T3 que incorporan la ceniza de bagacillo permiten un desarrollo de biomasa adecuado y no mucho menor al tratamiento control T1 junto a la obtención de vermicompost enriquecido con los elementos calcio y potasio.

El estiércol vacuno contribuyó al mayor aporte de nitrógeno y fósforo al vermicompost obtenido y las cenizas de bagacillo de caña de azúcar contri-

vermicomposts (Menjívar and Gomez, 1994;) Kostecka and Kaniuczak, 2008).

It should be noted that the nutritional properties of the vermicompost can vary among it. This is due to the types of waste used, the proportions of each one, the decomposition phase of these materials, the conditions where the vermicompost process were carried out and the storage time.

## Conclusions

The treatment with cow manure only (T1) allowed the further development of biomass of *Eisenia fetida*; however, the treatments T2 and T3 that incorporated the ash bagasse allowed a suitable biomass development and not too low than the control treatment T1, along to the obtaining of vermicompost enriched with calcium and potassium.

The cow manure contributed to the highest contribution of nitrogen and phosphorus to the vermicompost obtained and the ashes bagasse of sugar cane contributed to the greater contribution of potassium, calcium, and increment of the pH.

The results show that the ash bagasse can be used in vermiculture, recycling these wastes in a composed with higher quality than the original, enriched with calcium and potassium.

## Acknowledgment

The authors thank the Scientific, Humanistic and Technological Board of the Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", project N° RAG-

buyeron al mayor aporte de potasio, calcio y aumento del pH.

Los resultados demuestran que la ceniza de bagacillo puede ser utilizada en la lombricultura, logrando reciclar estos desechos en un compuesto de mejor calidad que el de origen, enriquecido con calcio y potasio.

## Agradecimiento

Al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Proyecto RAG-001-2007 y al IAEA Proyecto ARCAL RLA 010 por el soporte financiero de esta investigación.

## Literatura citada

- CINCAE. 2006. Subproductos de la industria azucarera para uso en la fertilización de la caña. Centro de investigación de la caña de azúcar en el Ecuador. Carta informativa. Año 8, N° 1. 12 p.
- Edwards C. 1998. The use of earthworm in the breakdown and management of organic wastes. pp. 327-354. En: Edwards, CA (ed), Earthworm Ecology. St. Lucie Press, Boca Ratón.
- Hernández J., L. Mármol, F. Guerrero, E. Salas, J. Bárcenas, V. Polo y C. Colmenares. 2010. Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 27: 491-520.
- Kostecka, J. y J. Kaniuczak. 2008. Vermicomposting of duckweed (*Lemna minor* L.) biomass by *Eisenia fetida* (sav.) earthworm. *Journal Elemental* 13: 571-579.
- Loh, T., Y. Lee y J. Liang. 2005. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia fetida* and their growth and reproduction performance. *Bioresource Technology*. 96: 111-114.
- Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*. 16:219-224.
- Menjivar, J.C. y J. Gómez. 1994. Evaluación de la calidad de cuatro lombricompostos. En *Memorias 7 Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo*. SCCS. Bucaramanga. p. 181-183.
- Morales J.C., M.V. Fernández, A. Montiel y B.C. Peralta. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia*, 11(1):19-26.
- Pattnaik S. y M. Vikram Reddy. 2010. Nutrient Status of Vermicompost of Urban Green Waste Processed by Three Earthworm Species-*Eisenia fetida*, *Eudrilus eugeniae*, and *Perionyx excavates*. *Applied and Environmental Soil Science*. Article ID 967526, doi:10.1155/2010/967526. p. 13. Disponible en <http://www.hindawi.com/journals/aess/2010/967526/>. Consultado el 10 de julio de 2014.
- Pérez, M., R. Sánchez, D. Palma, y S. Salgado. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interciencia* 36:45-52.
- Ravera, A. y C. De Sanso. 2000. Como criar lombrices rojas californianas. Disponible en: [http://www.bajatec.net/pdfs/manual\\_lombricultura.pdf](http://www.bajatec.net/pdfs/manual_lombricultura.pdf). Consultado el 10 de julio de 2014.

*End of english version*