



LA LOMBRIZ ROJA COMO ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DE BASURA URBANA Y PRODUCIR ABONO NATURAL *

THE RED WORM AS AN ALTERNATIVE FOR THE MANAGEMENT OF URBAN WASTE AND PRODUCTION OF NATURAL FERTILIZER

HUMBERTO R., PÉREZ-FIGUEREDO ⁽¹⁾

RESUMEN

El uso de abono orgánico es una alternativa agroecológica para impulsar la producción agroalimentaria en el estado Barinas, además favorece la conversión de suelos. Cada día se generan toneladas de basura orgánica urbana que se acumula y trae problemas de salud pública y generan enfermedades al ser humano. La lombricultura aprovecha estos residuos orgánicos y los transforma en humus, que es usado como fertilizante agrícola en huertos comunitarios, técnica que ha tomado auge en la solución a los problemas de contaminación por residuos orgánicos. La investigación tuvo como objetivo evaluar el manejo de la basura urbana orgánica en la producción de lumbricompost con la lombriz roja. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado unifactorial para un análisis de varianza con 5 repeticiones y 3 tratamientos en cajas ecológicas, en caso de significancia se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,01$). Resultando un abono natural producto de las excreciones de la lombriz con alto contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, C/N, Ca/Mg). Se concluye que la lombriz roja transforma la basura urbana orgánica en abono natural no contaminante, con alto contenido de nutrientes esenciales para la nutrición de las plantas.

Palabras clave: lombricultura, abono orgánico, basura doméstica, reciclaje de basura, lombriz roja.

ABSTRACT

The use of organic fertilizer is an agroecological alternative to boost agrifood production in the state of Barinas, also favors the conservation of soils. Every day tons of urban organic waste are generated that accumulate and bring public health problems and generate diseases to the human being. The lumbriculture takes advantage of this organic waste and transforms it into humus, which is used as agricultural fertilizer in community orchards, technique that has taken boom in the solution to the problems of contamination by organic waste. The objective of the research was to evaluate the management of urban organic waste in the production of lumbricompost with the red worm. A completely randomized, unifactorial design was used for an analysis of variance with 5 replications and 3 treatments in ecological boxes, in case of significance, the Tukey test was applied ($p \leq 0.01$). Resulting a natural fertilizer product of the excretions of the earthworm with high content of nutrients (N, P, K, Ca, Mg, C / N, Ca / Mg). It is concluded that the red worm transforms the urban organic waste into non-polluting natural fertilizer, with a high content of essential nutrients for the nutrition of the plants.

Keywords: lumbriculture, organic fertilizer, domestic organic garbage, garbage recycling, red worm.

(*) Artículo enviado: 08-02-18

Aprobado: 19-03-18

(1) Complejo Agroindustrial Azucarero "Ezequiel Zamora" S.A. (CAAEZ, S.A.). Sabaneta, estado Barinas, Venezuela.
Email: humbertoPérezf@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Según el Instituto Nacional de Estadística (2013), el crecimiento de los niveles de urbanización en nuestro país y la formación de grandes áreas metropolitanas, en donde se concentra una gran cantidad de población que genera grandes volúmenes de residuos sólidos, aunado a los cambios de patrones de consumo, en especial el uso de productos de carácter desechables, son los principales causantes del incremento per cápita de residuos y desechos sólidos a nivel nacional. Ante esta afirmación, cabe mencionar, que la generación de desechos urbanos está íntimamente relacionada con las condiciones económicas relacionado con el nivel de ingresos; sociológicas vinculado a los hábitos de consumo, así como el desarrollo tecnológico, culturales y los estándares de calidad de vida de los habitantes de cada país implicando una alta generación de residuos orgánicos e inorgánico.

El volumen de residuos sólidos urbanos generado depende de factores tales como el nivel de vida de la población, ya sea rural o urbana y del nivel de consumo entre otros factores como lo indica Bonmatí (2008), es decir de manera general y tomando las palabras del autor, se puede afirmar que la generación de residuos es mayor en zonas urbanas, en zonas con mayor nivel de consumo elevado y en áreas de gran desarrollo industrial, debido que en su investigación sobre la generación de residuos sólidos urbanos, encontró valores per cápita, en países altamente industrializados, que van desde 1,6 kg/hab/día hasta un 0,37 kg/hab/día en países con un nivel de industrialización bajo y población mayoritariamente rural.

Venezuela no escapa de esta realidad y las cifras sobre la generación de residuos sólidos urbanos son altas como lo es indicado por el Instituto Nacional de Estadística (2013), donde en el año 2011, se recolectó un total de 28.274.286 kg/día de residuos sólidos para una población aproximada de 27.406.838 habitantes indicando una tasa de recolección per cápita de 1,032 kg/hab/día. Es importante señalar, que las ciudades, ubicadas geográficamente en el centro del país, generaron mayores residuos sólidos superando la tasa de recolección por habitantes del país.

Según el mencionado Instituto, el estado Barinas se ubicó entre 85.901 a 450.000 kg/día de residuos sólidos urbanos, lo que indica una tasa de recolección per cápita que va desde 0,01 a 0,40 kg/hab/día. Sin

embargo, Unshelm (2013), reporto para este mismo año en el estado Barinas la generación de 645.386,89 kg/día con una tasa per cápita de 0,78 kg/hab/día. En este mismo contexto el Instituto Nacional de Estadística (2013), afirma que el estado Barinas aumento considerablemente, en un año, la generación de desechos sólidos ubicándose entre 905.021 a 2.777.603 kg/día y una tasa per cápita entre 1,31 a 1,91 kg/hab/día.

Los residuos se recogen mezclados, sin que haya una selección en origen, y normalmente tampoco una selección posterior, en este sentido Bonmatí (2008), expresa que cuando la recolección de residuos no cubre a toda la población, los residuos no recolectados suelen ser vertidos sin ningún tipo de controles en lugares tan inapropiados como los cauces de los ríos o las zonas baldías, o bien son quemados al aire libre.

Cabe indicar que, en estos casos, existe un reciclaje informal de gran parte de los residuos como son latas, plásticos, vidrios, aluminios entre otros, en los lugares de origen o en el propio contenedor, de una manera no normada y con los consiguientes riesgos sanitarios para las personas que lo realizan. Por otra parte la existencia de restos de comida atrae animales como perros, ratas y gatos que deambulan por las calles ocasionando un problema de salud pública al municipio.

En este caso, se disponen de contenedores en las calles, de tal manera que la población ha de llevar los residuos generados en su domicilio hasta los puntos donde están dispuestos los contenedores (Figura 1). El número de contenedores y la tipología de los residuos que se recolectan en ellos dependen del modelo de gestión que lleven en Servicios Públicos de la Alcaldía, el Consejo Comunal u organización no gubernamental que trate este tipo de problema ambiental.

Las sustancias orgánicas que forman parte de los residuos municipales, domésticos o comerciales, se pueden descomponer biológicamente bajo condiciones controladas, hasta llegar a un estado suficientemente estable que permita su almacenamiento y utilización sin efectos secundarios indeseables, como lo expresa Bonmatí (2008), y sugiere que las condiciones controladas confieren una mayor velocidad al proceso y consiguen un producto final homogéneo.

Una alternativas para el tratamiento de descomposición de estos residuos sólidos orgánicos, es emplearlos como sustratos para criar lombrices, y de esta manera,

contribuir a mitigar la contaminación afirmaciones hechas por varios autores, tales como Pattnaik y Reddy (2009); Félix-Herrán *et al.* (2010) citado en López-Méndez *et al.* (2013); Gheisari *et al.* (2010) y Pramanik y Chung (2010). Este proceso no solo elimina al desecho, sino que del mismo modo se pueden generar ingresos, debido a que la lombriz es utilizada como alimento en la avicultura y piscicultura según lo expresa López-Méndez *et al.* (2013). Además se puede producir un material útil como abono que pueda ser empleado en los cultivos, huertos familiares o en los jardines de las comunidades rurales y urbanas, afirmaciones expresadas por Dimas *et al.* (2008); Cruz-Lázaro *et al.* (2010) y Hatti *et al.* (2010).



Fuente: Unshelm (2013).

Figura 1. Contenedor para la recolección de desechos sólidos urbanos en el estado Barinas, distribuidos en diferentes lugares en las calles a disposición de los habitantes.

La utilización de las lombrices para procesar estos desechos se denomina lumbricultura y Morales-Munguía (2009) la define como una tecnología que utiliza una especie de lombriz domesticada para transformar todo tipo de material orgánico en humus, carne y harina de lombriz, como productos finales. En los últimos años, esta técnica ha tomado gran importancia como una solución más a los problemas de los residuos orgánicos, y en base a esto han surgido trabajos de investigación encaminados a estudiar el efecto de diferentes tipos de residuos orgánicos en el

desarrollo de la lombriz y en la producción de lumbricompost (López-Méndez *et al.*, 2013).

Entre estos residuos orgánicos se encuentran los desechos de animales como las excretas vacunas, gallinaza, porcínaza y equinaza (Morales-Munguía, 2009); los sólidos municipales y residuos domésticos (Durán y Henríquez, 2009; Gheisari *et al.*, 2010); los residuos agroforestales como la broza de café, residuos de banano, restos de follaje ornamentales, aserrín y residuos de pastos (Durán y Henríquez, 2009; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2009).

Debido a esta gran diversidad de materia orgánica generada que puede emplearse como sustrato en la alimentación de las lombrices, es de esperarse que haya variación en las propiedades del humus de la lombriz, por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia de la basura urbana orgánica en la producción de lumbricompost con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*, SAV.).

Por esta razón se considera el cumplimiento de las disposiciones legales en referencia a la gestión de la basura urbana establecida en la Ley de Gestión Integral de la Basura, publicada en Gaceta Oficial el 30 de diciembre de 2010, la cual tiene por objeto establecer las disposiciones regulatorias para la gestión integral de la basura, con el fin de reducir su generación y garantizar que su disposición final sea realizada en forma sanitaria y ambientalmente segura. Así mismo, la Sección sexta sobre aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; señala que el aprovechamiento de residuos es el proceso mediante el cual se obtiene un beneficio de los residuos sólidos, como un todo o parte de él y considera como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos, el reciclaje, la recuperación, la reutilización y otros que la ciencia y tecnología desarrollen.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la ciudad de Barinas, municipio Barinas del estado Barinas. Se obtuvieron los datos de los elementos climáticos de la Estación Barinas Planta Sede; Tipo Agrometeorológica Serial 3805; Longitud: 70°08'80,9" Latitud: 08°33'591" Altitud: 183 msnm según INIA, (2007), citado en Pérez-Figueroa (2013).

Con el registro climatológico del periodo de 10 años (1996 a 2006), se elaboró el Balance Hídrico-Edáfico según Thornthwaite (1978), citado en Pérez-Figueroa

(2013), para la zona, determinando una precipitación anual promedio de 1415,02 mm, evaporación promedio anual de 1896,41 mm y temperatura promedio mensual de 26,95 °C. La zona de vida según Holdridge (1987), Bosque Seco Tropical.

Se utilizó lombrices de la especie *Eisenia foetida* SAV. (lombriz roja californiana), en estado juvenil, provenientes de un lumbricultivo tratado con mezclas de sustratos, previendo se encuentren en buen estado sanitario. Las mismas fueron colocadas en cajas de madera (cajasecológicas) construidas con medidas de 0,35 m de ancho por 0,46 m de largo por 0,24 m de alto, para un volumen de 0,04 m³, que conformaban una sola estructura en bloques, techado y cubiertos con mallamilimétrica en la parte superior de cada unidad. Paco *et al.* (2011), utilizó cajas de 6,0 m largo x 3,5 m de ancho x 2,0 m de alto, construida de listones de madera y Chicaiza (2007) utilizó cajas de madera de 1,0 m de largo por 0,5 m de ancho por 0,3 m de alto.

Las cajas ecológicas se cubrieron con malla para protegerlas de los enemigos naturales, se dispusieron en un diseño completamente aleatorizado para un análisis de varianza unifactorial con 5 repeticiones y 3 tratamientos, siendo estos T1: basura + estiércol (T2 y T3 mezclados con estiércol animal), T2: basura de cocina (restos vegetales, restos de comida, restos de carnes, cascara provenientes de la cocina), T3: basura doméstica (residuos sólidos, papel, cartón, tierra, polvo provenientes de la casa al hacer la limpieza general), para una comprobación a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0,01$).

Se utilizaron 25 cajas ecológicas en las cuales se colocaron 27,50 kg de sustrato alimenticio por unidad experimental, estos sustratos fueron representados por los tratamientos experimentales.

El material para el sustrato de basura orgánica urbana se obtuvo con la recolección de los residuos provenientes de las viviendas ubicadas en la Urbanización Manuel Palacio Fajardo, ciudad de Barinas, municipio Barinas, estado Barinas. La misma fue seleccionada para separarla de los desechos sólidos como plásticos, vidrios, latas entre otros materiales no orgánicos.

El riego de las cajas ecológicas fue cada dos días con la finalidad de mantener el sustrato húmedo para que la temperatura interna no sobrepasara los 50 °C. No se realizaron volteos del sustrato de manera que las

lombrices realizaran su trabajo de descomposición y las mismas dispusieran la necesidad de voltear el sustrato, en la medida que lo consumía. El registro de la información se realizó semanalmente.

Se tomó una muestra al humus de lombriz producido al final de la investigación para realizar análisis de fertilidad al sustrato procesado por la lombriz roja californiana (humus de lombriz), y determinar en el laboratorio de suelos, de la UNELLEZ, materia orgánica (%), fósforo (ppm), potasio (ppm), nitrógeno (%), carbono (%), magnesio (ppm), calcio (ppm), sodio (meq/100 g), hierro (ppm), manganeso (ppm), cobre (ppm), azufre (%), zinc (ppm), pH y conductividad eléctrica. Los métodos utilizados en el laboratorio para determinar los nutrientes fósforo Olsen-Bray, potasio acetato de amonio y fotometría de llama, materia orgánica Walkley-Black, calcio y magnesio acetato de amonio pH 7 absorción atómica.

Para clasificar el material orgánico obtenido en humus fino y humus grueso se pasó por una tela metálica de malla con orificios de 2 x 2 mm de manera de diferenciar las partículas de humus fino < 2 mm y humus grueso > 2 mm, luego se empaquetó en bolsas plásticas de 1 kg.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados derivados de los tratamientos evaluados con respecto al manejo de los residuos sólidos urbanos orgánicos tratados, en la investigación, se muestran en la Tabla 1. Al compararlos se encontró que existen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio y en el pH. Sin embargo, los resultados indican que los tres tratamientos presentan un material orgánico para la fertilización de los cultivos con alto contenido en nutrimento.

En este sentido, el pH es el factor más importante que hay que tener en cuenta, según lo expresado Bonmatí (2008), quien considera que un valor de pH alejado de la neutralidad puede limitar el crecimiento de los microorganismos, en la Tabla 1 se observa, que el pH presentado en los tratamiento está cerca a la neutralidad por lo tanto favorece el crecimiento de la lombriz roja californiana.

El humus producido a través de sustrato de basura doméstica presentó un pH menos alcalino ($7,68 \pm 0,21$) con respecto a la basura en combinación estiércol y

Tabla 1. Comparación de los nutrientes provenientes de los tratamientos de sustratos orgánicos tratados con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Tratamiento	Materia Org (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Magnesio (ppm)	Calcio (ppm)	pH (1:2)
Basura + Estiércol	22,10 a	686,60 a	3314,49 a	1817,17 a	1303,69 a	8,68 a
Basura de Cocina	10,99 b	526,73 b	2315,04 b	923,58 b	949,21 b	8,10 b
Basura Domestica	8,99 c	496,99 c	1214,25 c	817,27 c	847,71 c	7,68 c
R2	0,99	0,92	0,99	0,99	0,98	0,97
CV	2,43	4,41	0,15	3,15	2,88	3,65
E.E.	0,09	0,91	0,91	10,57	7,69	0,08
D.E.	0,28	22,43	3,29	39,04	27,92	0,28

Medias con una letra común no son significativamente diferentes Tukey (p≤ 0,01).

residuos de cocina (8,69 ± 0,42 y 8,10 ± 0,21 respetivamente). Sin embargo, Reinés et al. (2004), ha reportado que pH superior a 9,5, del sustrato, afecta negativamente el desarrollo, reproducción y la actividad de las lombrices por esta razón se debe mantener el pH cerca de la neutralidad, condición lograda en esta investigación.

Este fenómeno de la influencia del pH en el desarrollo y crecimiento de la lombriz lo observó Badui (1993), donde registró pH muy alcalino, lo que afecto la sobrevivencia de lombrices y la producción de las ootecas en su investigación, es decir los pH de los tratamientos basura más estiércol y basura de cocina tuvieron pH superior a los obtenidos con basura doméstica (Figura 2).

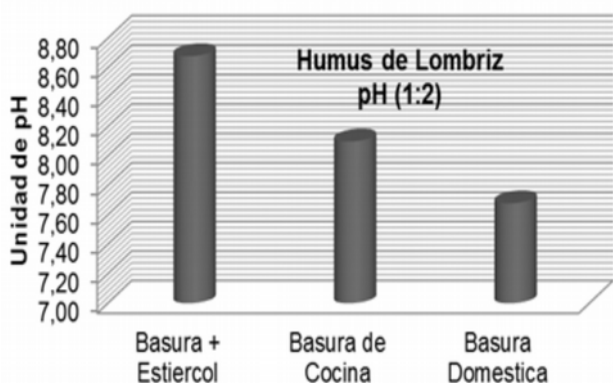


Figura 2. Comportamiento del pH en diferentes tipos de humus de lombriz, al final del experimento.

Tal como se puede apreciar en el figura 3, el compostaje se aplica a residuos con características

muy diversas, es decir de diferentes relaciones C/N, contenidos de humedad, nutrientes, acidez, entre otros.

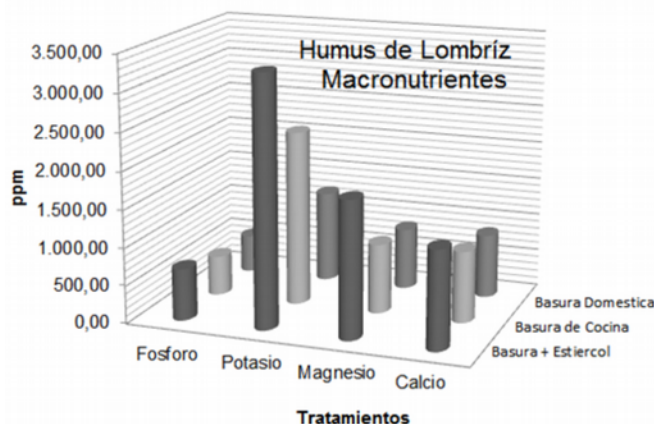
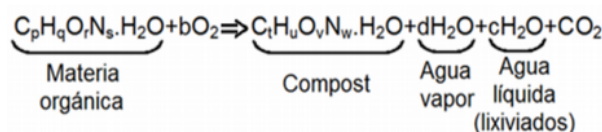


Figura 3. Comportamiento de los macronutrientes en diferentes tipos de humus de lombriz, al final del experimento.

En muchos casos, no obstante, es necesario mezclar residuos con propiedades complementarias para que el proceso se desarrolle adecuadamente y acelerar su descomposición, tal como se muestra en la ecuación general del proceso de compostaje presentada por Bonmatí (2008).



En este caso la materia orgánica es transformada por la especie *foetida* y obtiene un producto sólido (compost) pero con cierta cantidad de humedad y un

producto líquido que lixivia que es denominado humus líquido también aprovechado para la fertilización de cultivos.

A pesar de que cada uno de los microorganismos (bacterias) o macroorganismos (lombrices) que toman parte en el proceso anaerobio de descomposición tienen un rango propio de pH óptimo el cual está entre 6,8 y 7,2, así pues, la lombriz *Eisenia foetida* tiene su rango donde se desenvuelve mejor y este proceso se desarrolla mejor cuando el pH está cerca a la neutralidad (pH 7,0), afirmación dada por Bonmatí (2008) y respaldadas por Badui (1993); Reinés *et al.* (2004); Paco *et al.* (2011); Durán y Henríquez (2009) y Hernández-Rodríguez *et al.* (2009), quienes manifiestan que además se produce un poder tampón el cual es un sistema de amortiguar la modificación del pH. Siendo el CaCO_3 (bicarbonato), producido por la lombriz *Eisenia foetida* que tiene un poder tampón superior al $1,5 \text{ g}^{-1} \text{ CaCO}_3$.

En cuanto al contenido de fósforo y potasio intercambiables se observa una reducción en la mezcla basura de cocina y basura doméstica, reflejando una alta conductividad eléctrica, esto se observa en la Tabla 2. Sin embargo, la mezcla basura más estiércol mostró esta tendencia, aunque presentó la mayor cantidad de fósforo ($686,60 \pm 7,05$), potasio ($3.314,49 \pm 3,91$), magnesio ($1.817,17 \pm 30,30$) y calcio ($1.303,68 \pm 14,18$) al igual que el mayor contenido de materia orgánica (Figura 4), lo cual pudo deberse al alto contenido de estos elementos en el estiércol animal con respecto a la basura como lo expresa Badui (1993). Así mismo, menciona que como todo proceso biológico, es imprescindible la presencia de macronutrientes tales como N, P, K, Ca, Mg y por supuesto los micronutrientes en concentraciones adecuadas, donde el exceso de nitrógeno en forma amoniacal provoca problemas por inhibición de las bacterias metanogénicas y es aquí donde la lombriz *Eisenia foetida* regula la presencia del nitrógeno a niveles asimilables para las especies de plantas en el proceso de humificación de la materia orgánica.

En la figura 4, se observa que el tratamiento de mezcla de basura con estiércol presentó un mayor promedio de materia orgánica ($22,10\% \pm 0,55$) con respecto a la basura de cocina ($10,99\% \pm 0,15$) y la basura doméstica ($8,99\% \pm 0,15$). La materia orgánica, además de tener una influencia directa sobre la fertilidad del suelo, es un factor importante en la

presencia y disponibilidad de micronutrientes (Roca *et al.*, 2007). Por lo que en la mezcla basura más estiércol presentó un mayor contenido de materia orgánica probablemente sean más disponibles los micronutrientes. Esto se traduce en un abono más rico en términos de contenido de materia orgánica humificada, y con nutrientes más disponibles para que la planta pueda aprovecharlos (López-Méndez *et al.*, 2013).

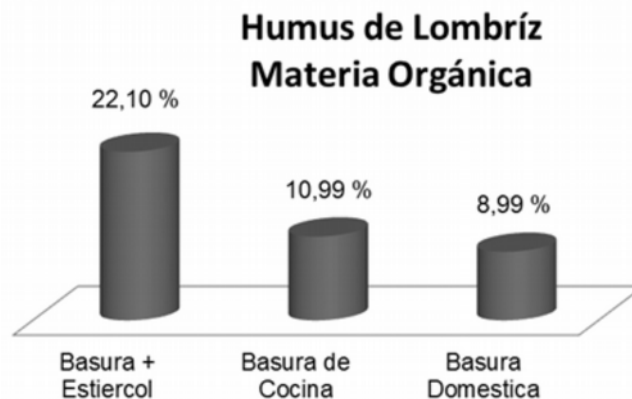


Figura 4. Comportamiento de la materia orgánica en diferentes tipos de humus de lombriz, al final del experimento.

Según la investigación realizada por García *et al.* (2013), el humus de lombriz contiene humedad de 30% a 40%; magnesio 0,5% a 2%; pH 6,8 a 7,2; hierro 0,5% a 1,5%; materia orgánica 40% a 70%; manganeso 250ppm a 700 ppm; nitrógeno 1,5% a 4%; cobre 150ppm a 400 ppm; fósforo 1% a 3%; zinc 350ppm a 1600 ppm; potasio 1% a 2,5%; cobalto 9 ppm a 40 ppm; calcio 5% a 11% y carga bacteriana 3×10^8 a 6×10^{11} unidades de bacterias (colonia). López-Méndez *et al.* (2013), obtuvieron valores de contenido de nutrientes del humus de lombriz pH 9,47; CE 5,49 mmhos/cm; MO 22,41%; fósforo 496,52 ppm; potasio 25,82 ppm; calcio 50,12 ppm; magnesio 477,00 ppm; sodio 9,16 ppm; hierro 13,44 ppm; cobre 6,58 ppm; zinc 6,58 ppm; manganeso 3,26 ppm.

En la Tabla 2 se presentan los valores promedio estadístico general del material orgánico obtenido (humus de lombriz), proveniente del sustrato de basura orgánica (con estiércol, residuos de cocina y doméstico) tratados con la lombriz roja californiana de manera de ofrecer un producto con una información unificada del contenido de nutriente.

Esto indica que indistintamente del sustrato que se utilice para alimentar a las lombrices para producir el abono orgánico natural y no contaminante, los resultados nutricionales son excelentes para la fertilización de los cultivos de una forma sana y ecológica.

Además, de los componentes químicos mencionados, García *et al.* (2013), manifiesta que la lumbricompost también contiene azufre, silicio, cloro, boro, sodio, níquel y molibdeno, que constituyen 100% de los requerimientos minerales con una función comprobada en las plantas para cumplir su ciclo vital, y lo que es más importante, al provenir la composta de materiales orgánicos, los nutrientes se encuentran en proporciones equilibradas que por el trabajo de la lombriz y otros microorganismos, los minerales se encuentran con una elevada solubilización y rápida asimilación.

Tabla 2. Resultados del análisis de nutrientes de una muestra completa de humus proveniente del sustratos orgánicos (basura), tratado con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), al final del experimento.

Parámetro	Valor
Materia orgánica	14,02 %
Potasio	2.281,26 ppm
Fósforo	570,11 ppm
Calcio	1.033,53 ppm
Magnesio	1.186,01 ppm
Hierro	83,00 ppm
Zinc	77,00 ppm
Manganeso	105,00 ppm
Cobre	8,00 ppm
pH (1:2)	8,15
C. E.	alta

Cada caja ecológica de 0,04 m³, con un peso inicial de 28,29 kg de sustrato de mezcla de basura orgánica produjo 16,94 kg de humus de lombriz, por lo que la lombriz consume el 40,12% del sustrato para su propio organismo y excreta el 59,89% en forma de humus. Esto indica que fue producido en un área de 0,16 m², un equivalente a 103,13 kg/m² de humus, en 30 días bajo las condiciones de esta investigación, por lo que se estima que en un año se obtendría 1.237,50 kg/m²/año de humus de lombriz, suficiente para establecer un huerto en una comunidad. De este análisis se deduce que en una pequeña área de un metro cuadrado se puede producir suficiente abono orgánico natural y no

contaminante para las plantas ornamentales, hortícolas o frutales existentes en el jardín o patio de la vivienda, en la urbanización o el sector urbano (barrio).

Ahora bien, si relacionamos los resultados obtenidos en la investigación con los valores de residuos urbanos reportados por el Instituto Nacional de Estadística (2013), órgano oficial del Estado, tenemos que en Barinas se produjo para 2011 un total de 85.901 kg/día de basura orgánica, si esta es tratada a través de la lombriz *Eisenia foetida*, quien excreta el 59,89% en forma de humus, tomando como factor de conversión 0,5989, estaríamos hablando de 51.446,11 kg de humus por día, por 30 días, es decir una producción mensual de fertilizantes de 1.543.383,30 kg, lo que indica 1.543,38 toneladas de fertilizantes por mes. En 2012 la generación de basura, en la ciudad de Barinas, se incrementó en 905.021 kg/día, lo que indica la producción de 542.017,08 kg/día de abono orgánico, 16.260.512,31 kg/mes, es decir 16.260.51 toneladas de abono natural no contaminante para el ambiente.

En la Tabla 3, encontramos los valores estadísticos de la generación de basura y desechos por municipio en el estado Barinas reportados por Unshelm (2013), y en la Tabla 4, se muestra el estimado al convertir estos desechos sólidos en abono orgánico por municipio y el estado Barinas.

Una vez producido el humus de lombriz y separarlo según la granulometría a través de la malla se obtuvo 12,61 kg de humus fino equivalente al 74,44% y 4,33 kg de humus grueso equivalente al 25,56% del humus total producido en la caja ecológica.

El análisis bromatológico de la lombriz indico que contiene 63,63 % de proteína cruda con un 83,00% de humedad, 8,50% de grasa, 11,50% de minerales y un 17,00% de materia seca por lo que con el peso promedio obtenido de 0,500 g solo se obtiene 0,085 g de carne de lombriz. Resultando este un valor importante si se trata de utilizar estas para el consumo animal, es decir la alimentación de aves de corral, cerdos o peces.

CONCLUSIÓN

La lombriz roja La lombriz roja transforma la basura urbana orgánica en abono natural no contaminante, con alto contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, C/N, Ca/Mg), esenciales para la nutrición de las plantas.

Tabla 3. Estadísticas de desechos, residuos sólidos y tasa per cápita de residuos por municipio del estado Barinas, según Censo de Población 2011.

Municipios del estado Barinas	Superficie (km ²)	Población Censo 2011 (habitantes)	Residuos y Desechos Sólidos (kg/día)	Tasa Generación Per Cápita (kg/hab/día)
Alberto A. Torrealba	769,00	41.232	30.099,36	0,73
Andrés E. Blanco	1.493,00	16.144	12.511,60	0,78
Antonio J. Sucre	2.975,00	81.665	63.290,38	0,78
Arismendi	7.209,00	23.727	949,08	0,04
Barinas	3.304,00	353.851	274.234,53	0,78
Bolívar	1.047,00	52.872	40.975,80	0,78
Cruz Paredes	778,00	26.042	20.182,55	0,78
Ezequiel Zamora	4.042,00	53.580	41.524,50	0,78
Obispos	1.753,00	37.493	44.991,60	1,20
Pedraza	6.693,00	65.390	50.677,25	0,78
Rojas	1.591,00	40.126	31.097,65	0,78
Sosa	3.546,00	30.843	34.852,59	1,13
Total	3.5200,00	822.965	645.386,89	0,78

Fuente: Unshelm (2013).

Tabla 4. Producción estimada de abono orgánico, por municipio del estado Barinas, producido a partir de desechos sólidos procesados por *Eisenia foetida* SAV.

Municipios del estado Barinas	Residuos y Desechos Sólidos Producido (kg/día)	Producción Estimada de Abono Orgánico (kg/día)	Producción Estimada de Abono Orgánico (kg/mes)	Producción Estimada de Abono Orgánico (kg/año)
Alberto A. Torrealba	30.099,36	18.026,51	540.795,20	6.489.542,41
Andrés E. Blanco	12.511,60	7.493,20	224.795,92	2.697.551,01
Antonio J. Sucre	63.290,38	37.904,61	1.137.138,26	13.645.659,09
Arismendi	949,08	568,40	17.052,12	204.625,44
Barinas	274.234,53	164.239,06	4.927.171,80	59.126.061,61
Bolívar	40.975,80	24.540,41	736.212,20	8.834.546,38
Cruz Paredes	20.182,55	12.087,33	362.619,88	4.351.438,51
Ezequiel Zamora	41.524,50	24.869,02	746.070,69	8.952.848,30
Obispos	44.991,60	26.945,47	808.364,08	9.700.368,93
Pedraza	50.677,25	30.350,61	910.518,15	10.926.217,81
Rojas	31.097,65	18.624,38	558.731,48	6.704.777,73
Sosa	34.852,59	20.873,22	626.196,48	7.514.357,81
Total	645.386,89	386.522,21	11.595.666,25	139.147.995,03

Fuente: Datos experimentales calculados según las estadísticas de Unshelm (2013), el valor de conversión de basura a abono usado 0,5989.

La lombriz roja al consumir el sustrato (basura urbana orgánica), el 59,89% lo transforma en humus y el restante 40,12%, lo digiere para sus propias necesidades fisiológicas del organismo.

En un área pequeña de la vivienda familiar urbana se produce 103,13 kg/m², en 30 días y 1.237,50 kg/m²/año de humus de lombriz, utilizando cajas ecológicas, suficiente para abonar las plantas ornamentales, hortícolas o frutal existente en el jardín o patio de la vivienda familiar en la comunidad.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la especie de lombriz roja *Eisenia foetida* SAV., que incondicionalmente se ofrecen para someterse al cautiverio en experimentos a cambio de aportar información para la ciencia.

REFERENCIAS

- Badui, S. (1993). Química de los alimentos. México: Editorial Alhambra Mexicana, S.A.
- Bonmatí, A. (2008). Gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos. Capítulo 8. En: Evaluación y prevención de riesgos ambientales en Centroamérica. Andrés, P. y Rodríguez, R. (Eds.). Girona, España: Documenta Universitaria.
- Chicaiza, J. (2007). Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Zamorano. Honduras.
- Cruz-Lázaro, E.; Osorio-Osorio, R.; Martínez-Moreno, E.; Lozano, A.; Gómez-Vázquez, A. y Sánchez-Hernández, R. (2010). Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* (35), 363-368.
- Dimas, N.; Cano-Ríos, P.; Figueroa-Viramontes, U.; Palomo-Gil, A.; Favela-Chávez, E.; Álvarez-Reyna, V.; Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez, A. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3), 265-272.
- Durán, L. y Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 33(2), 275-281.
- García, M.; Navarro, M.; Velázquez, C. y Velázquez, J. (2013). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. México: Edita Procuraduría Agraria.
- Gheisari, S.; Danesh, S. and Mousavi, S. (2010). Growth and Reproduction of *Eisenia foetida* in Vermicomposting of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. *Asian Journal of Chemistry* 22(2), 1266-1274.
- Hatti, S.; Londonkar, R.; Patil, S.; Gangawane, A. and Patil, C. (2010). Effect of *Eisenia foetida* vermiwash on the growth of plants. *Journal of Crop Science* 1(1), 6-10.
- Hernández-Rodríguez, O.; Vences-Contreras, C.; Ojeda-Barrios, D.; Barrios-Burrola, M. y Chávez-González, C. (2009). Tasa de emergencia de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) bajo tres enmiendas orgánicas. *Tecnociencia Chihuahua* 3(3), 147-153.
- Holdridge, R. (1987). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Instituto Nacional de Estadística (2013) Generación y manejo de residuos y desechos sólidos en Venezuela para los años 2011-2012. Gerencia General de Estadísticas Sociales y Ambientales. Caracas, Venezuela: Instituto Nacional de Estadística.
- López-Méndez, C.; Ruelas-Ayala, R.; Sañudo-Torres, R.; Armenta-López, C. y Félix-Herrán, J. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia Chihuahua* 7(2), 81-87.
- Morales-Munguía, J.; Fernández-Ramírez, M.; Montiel-Cota, A.; Peralta-Beltrán, B. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotechnia* 11(1), 19-26.
- Paco, G.; Loza-Murguía, M.; Mamani, F. y Sainz, H. (2011). Efecto de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivian*. All rights reserved 2(2), 24-39.
- Pattnaik, S. y Reddy, M. (2009). Vermi-composting of Municipal (Organic) Solid Waste and its implications. In: Singh, S. (Ed.), *Earthworm ecology and environment*. Lucknow, India: International Book Distributing Co.
- Pérez-Figueredo, H. (2013). Fertirrigación nitrogenada reducida en rendimiento de caña de azúcar. *Revista Investigaciones Interactivas* 3(20), 94-114.
- ramanik, P., and Chung, Y. (2010). Efficacy of vermicomposting for recycling organic portion of hospital wastes using *Eisenia foetida*: standardization of cow manure proportion to increase enzymatic activities and fungal biomass. *Earth and Environmental Science the Environmentalist* 30(3), 267-272.
- Reinés, M.; Loza, J. y Contreras, S. (2004). Lombricultura una biotecnología para la sustentabilidad. Editado por Fundación Produce Jalisco A. C. y la Universidad de Guadalajara, México. 60 p.
- Roca, N.; Pazos, M. y Bech, J. (2007). Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del no argentino. *Ciencia Suelo* 25(1), 31-42.
- Unshelm, C. (2013). Estadísticas sobre los residuos y desechos sólidos en Venezuela. Estimaciones y proyecciones. 2011-2021. En *Material Didáctico de Mis Redes*. Recuperado de http://misredes.com.ve/pdf_doc/estudios_verdes/estudio_pdf/estudio_13.1.pdf.