

# CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOMBRICOMPUESTOS EN SISTEMAS AGROPECUARIOS RURALES DEL MUNICIPIO DEL ATRATO, CHOCÓ, COLOMBIA

*Ariel Castro-Beltrán<sup>1</sup>, Jhon Fredy Betancur-Pérez<sup>2</sup>, Javier Orozco-Avila<sup>2</sup>,  
Leider Palacios-Palacios<sup>3\*</sup>*

<sup>1</sup> Posgrado en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Línea de investigación en Biosistemas Integrados, Universidad de Manizales, Grupo de investigación Actividad Farmacológica (DARIEN). Grupo de investigación Tecnosalud, Universidad Tecnológica del Chocó

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo, Grupo de investigación en Ciencias Biomédicas, Universidad de Manizales.

<sup>3</sup> Grupo de Investigación en Biosistemática, Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luís Córdoba".

\* Autor para correspondencia: aricasbel09@hotmail.com

Recibido: enero 22 de 2014 ; aprobado: febrero 13 de 2014

## RESUMEN

Los biosistemas integrados son sistemas de producción orgánica sostenible que minimizan la producción de desechos y evidencian la disminución del impacto ambiental que estos generan; igualmente son una alternativa comercial por medio de la producción de lombricultivos, bioabonos, biofertilizantes, biocombustibles y alimentos. A partir del empleo de los sustratos gallinaza, vacaza y porquinaza se caracterizó su desempeño en la obtención de lombricompostos en el Centro Multipropósito "Monte Las Palmas" (municipio del Atrato, Chocó, Colombia). Para la evaluación de la calidad de los lombricompostos producidos se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: gallinaza, vacaza y porquinaza mezcladas con residuos agrícolas; además, se determinó la composición bromatológica de la harina de lombriz en los tres sustratos. Los resultados expresan que la composta obtenida presenta diferencias significativas particulares en el contenido de carbono orgánico, cenizas y nitrógeno orgánico; mientras que a nivel de lombricompostos el mejor resultado fue para la gallinaza, seguido de porquinaza y en tercer lugar por el de vacaza; sin embargo no se presenta diferencia significativa entre los sustratos en su composición fisicoquímica antes de su procesamiento mediante lombricultivo, reflejando una calidad un tanto homogénea en el uso de cualquiera de ellos para la nutrición vegetal. Entre las harinas de lombriz, en su composición fisicoquímica, no presentaron diferencias significativas; la mejor fue la resultante del lombricompost de porquinaza con el 68 % de proteína, seguido de vacaza y gallinaza con el 59 % y 48 % respectivamente; aunado a la presencia de lípidos, carbohidratos y sales minerales (materia seca, extracto etéreo y ceniza) que permiten dar valor nutricional agregado para el uso y aprovechamiento en sistemas agropecuarios a escala local y regional en el Chocó.

**Palabras clave:** biosistemas integrados, Chocó, lombricultura, residuo sólido, sistemas agroforestales.

## CHARACTERIZATION OF THE QUALITY OF VERMICOMPOST IN RURAL FARMING SYSTEMS IN THE MUNICIPALITY OF ATRATO, CHOCÓ, COLOMBIA

### ABSTRACT

Integrated biosystems, are sustainable organic production systems that minimize production of waste and evidence reduction of the environmental impact they generate. Also this systems are a commercial alternative through the production of vermiculture, compost, bio-fertilizers, biofuels and food. From the use of chicken manure, cowpat and pig slurry substrates, their performance in obtaining vermicompost was characterized in the Multipurpose Center "Monte Las Palmas" (Municipality of Atrato, Choco-Colombia). For the evaluation of the quality of the vermicompost produced, an experimental design in randomized complete block with three replications was established. The treatments were: chicken manure, cowpat and pig slurry mixed with agricultural waste. In addition, the bromatological composition of the worm meal in the three substrates was determined. The results show that the compost obtained presents particular significant differences in the content of organic carbon, ash and organic nitrogen while, at the level of vermicompost, the best result was for chicken manure, followed by pig slurry and in third place was cowpat. However, there is no significant difference between the substrates in their physicochemical composition before their processing through vermiculture composting, reflecting a somewhat homogeneous quality in the use of any of them for vegetal nutrition. Among worm flours in their physicochemical composition there were no significant differences; the best was the resultant of the vermicompost of pig slurry protein with 68%, followed by cowpat and chicken manure with 59% and 48% respectively, coupled with the presence of lipids, carbohydrates and minerals (dry matter, ether extract and ash) that allow giving added nutritional value to the use and exploitation in agricultural systems at local and regional level in Chocó.

**Key words:** integrated biosystems, Chocó, vermiculture, solid waste, agroforestry systems.

## INTRODUCCIÓN

Es evidente que los residuos en su conjunto amenazan contaminar la calidad de vida del hombre en el planeta, la supervivencia de miles de especies y el agotamiento de los recursos naturales; en cambio, los residuos que se generan en la naturaleza son asimilados y transformados biológicamente para provecho y afianzamiento del ecosistema (Washington *et al.*, 2008). Washington *et al.* (2008) manifiestan que, en el cometido de avanzar en una gestión sostenible e integrada de los residuos, es necesario que el esfuerzo este dirigido a la prevención por medio de la educación ambiental (“reducir-reutilizar-reciclar”).

La lombricultura tuvo su origen en California (Estados Unidos), luego se extendió a Europa y finalmente hacia el resto del mundo; aplicando normas y técnicas de producción a la especie *Eisenia foetida*, más comúnmente conocida como “lombriz roja californiana”. En la lombricultura se utilizan lombrices para digerir la materia orgánica provocando su degradación. El producto final es el ‘lombricompuesto’; caracterizado por su excelente calidad como abono orgánico, acondicionador de suelos o sustrato de cultivos (Díaz, 2002; Smith *et al.*, 2001; Evers, 1998).

Hoy en día, la lombricultura es una práctica utilizada por los productores dedicados a la agricultura orgánica. A nivel mundial su interés y trabajo se evidencia en los siguientes países: Argentina, Bolivia, Canadá, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, Francia, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay, Estados Unidos y Venezuela. Para buscar el desarrollo de una agricultura eficiente y sustentable, una población sana y la conservación de los fundamentos de la vida, se exige favorecer la opción de una agricultura que fomente prácticas y técnicas amigables con el medio ambiente; donde los

agroquímicos sintéticos, todos tóxicos, en mayor o menor grado, son excluidos (Cabanillas *et al.*, 2011; Díaz, 2002).

Por su parte, en Colombia solo llega al 30 % de los productores (AGROMEAT, 2014); en departamentos como Quindío, Cundinamarca, Bolívar, Risaralda, Guajira, Sucre, Santander, San Andrés, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Tolima, Norte de Santander, Atlántico y ciudades como Bogotá, se presenta producción y comercialización de lombrices con el ánimo de promover e implementar las técnicas y prácticas de la agricultura orgánica en beneficio de la salud humana y animal, así como la protección del medio ambiente. Siendo, por lo general, una alternativa para el reciclaje y procesamiento de los desechos de cultivos agrícolas, animales, al igual que de residuos sólidos derivados de las fincas agropecuarias (Ayedde *et al.*, 2004; Díaz, 2002). La lombricultura es una técnica respetuosa de la naturaleza, que genera ingresos y mejora el nivel de vida de las familias que practican dicha actividad (Fraire, 2003).

La producción de lombricompuestos en el trópico húmedo es importante como alternativa de manejo a la producción de residuos orgánicos que se presentan en algunas ciudades, fincas o unidades productivas, ya que permite el enriquecimiento del suelo (fertilidad) en la producción agrícola y la utilización de proteína animal (carne de lombriz) como potencial para la alimentación de peces, de manera pura y/o combinada, propiciando un mejor crecimiento y desarrollo de la piscicultura que con el empleo del concentrado comercial (Marshall, 2000; Pugh *et al.*, 1994; Guerrero, 1983; Tacón *et al.*, 1983; Sabine, 1978).

Sin embargo la lombricultura en los productores del departamento del Chocó (Colombia) es incipiente, escasa y en cierta medida desconocida. Paralelo a esto no hay una gestión ambiental local en el manejo de los residuos orgánicos, que

van a parar en su mayoría a un botadero a cielo abierto y no a un relleno sanitario, facilitando la proliferación de plagas y enfermedades; adicionalmente la contaminación producida por las excretas en fincas privadas y particulares, matadero municipal, entre otras, generan: de las actividades derivadas de la producción avícola 0,1 y 0,5 kg de heces/día, en la producción porcina de 4 a 8 kg de heces/día y en la producción vacuna 30 y 40 kg de heces/día (Navarro *et al.*, 1995). El estiércol que se deposita en el suelo da como resultado la contaminación del agua (fenómenos de eutrofización), la generación de gases de efecto invernadero, metano eructado y sustancias contaminantes tales como el sulfuro de hidrógeno y azufre los cuales ocasionan problemas de polución. Por ello se hace necesario conocer el potencial productivo del material biológico adaptado en las condiciones tropicales por lo que, en tal sentido, se planteó como objetivo de la presente investigación: evaluar la calidad de los lombricompuestos producidos a partir del uso de tres sustratos generados en sistemas agropecuarios rurales del municipio del Atrato, Chocó, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se desarrolló en el Centro Multipropósito “Monte Las Palmas” ubicado en la vía que conduce al corregimiento de San José de Purre, municipio del Atrato, departamento del Chocó; donde existe un sistema de producción agropecuario característico de la región del pacífico colombiano; la zona se encuentra a una altura de 60 msnm, presenta una temperatura promedio a 26 °C y una precipitación promedio anual de 7250 mm. El sector se caracteriza por su dedicación a la explotación agrícola y minera; así como al aprovechamiento forestal, agropecuario y recreacional con tierras cultivadas para el pan coger (Castro & Barajas, 2004).

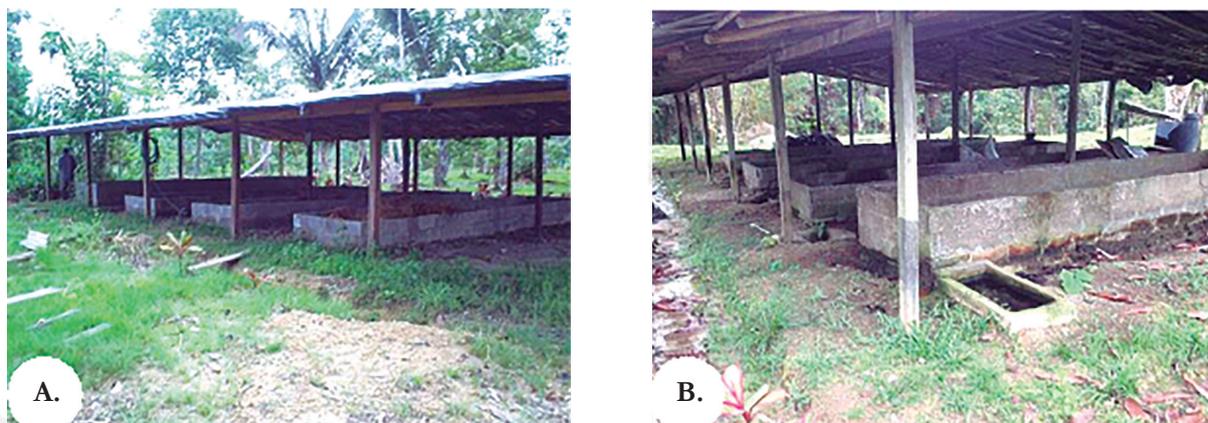
### Metodología

Se valoraron los sustratos estiércol de gallinaza, boñiga de vacaza y de porquinaza que fueron mezclados con restos agrícolas generados de las actividades agropecuarias del Centro Multipropósito “Monte Las Palmas”. Se realizó un análisis del contenido organoléptico y fisicoquímico de la composta y los lombricompuestos a partir de los resultados de la caracterización de las muestras enviadas al laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia.

Para la evaluación de la calidad del lombricompuesto resultante de cada sustrato se desarrolló un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde los tratamientos fueron los siguientes:

1. Gallinaza + residuos agrícolas (restos de podas, cosechas y derivados).
2. Vacaza + residuos agrícolas (restos de podas, cosechas y derivados).
3. Porquinaza + residuos agrícolas (restos de podas, cosechas y derivados).

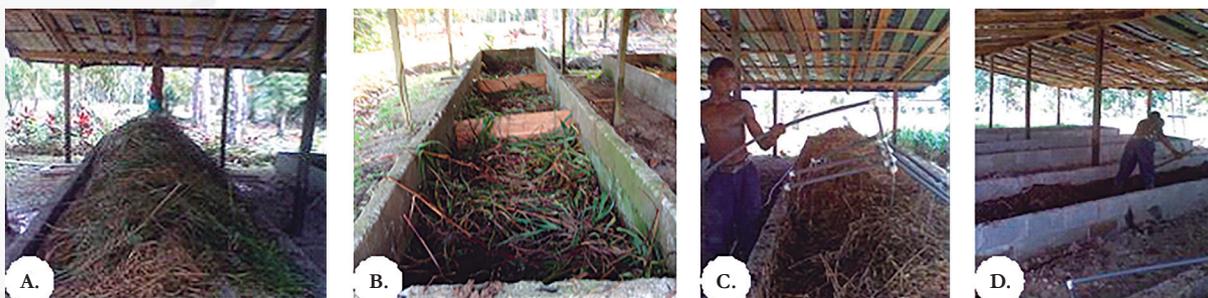
Los tratamientos fueron establecidos en canoas con piso de concreto y paredes de ladrillo con una longitud de 8,0 m de largo, 1,50 m de ancho por 0,40 m de alto, con una pendiente sobre el piso de 5,0 cm, para una capacidad aproximada de 4,8 m<sup>3</sup>; las cuales estuvieron provistas por tuberías de PVC en la parte externa con el fin de recoger los lixiviados allí producidos, al igual que su conducción a un pozo para cada canoa con dimensiones de 60 cm de profundidad por 50 cm de ancho y 60 cm de alto (Figura 1).



**Figura 1.** A. Registro exterior de la lombricera; B. Registro de cubeta de depósito de lixiviados. Centro Multipropósito “Monte Las Palmas” Municipio del Atrato, Chocó.

*Elaboración de la composta.* una vez construidas las canoas para compostar se procedió a: (i) disponer en cada canoa los estiércoles avícola, vacuno y porcícola, junto con los restos vegetales producto de la actividad agrícola (Figura 2a); (ii) realizar el volteo periódicamente (día/medio) con el fin

de airear los residuos orgánicos allí depositados y su humedecimiento constante (evitando la saturación por exceso de agua); proceso realizado durante 30 días en aras de llevar el sustrato a temperaturas entre 20 y 25 °C y un pH ligeramente neutro (Figura 2b).



**Figura 2.** A. Canoa con restos vegetales y estiércoles producto de la actividad agropecuaria; B. Actividades de riego y volteo de los sustratos en el proceso de maduración de la composta.

*Producción de lombrices:* una vez compostados los sustratos se trasladaron a nuevas canoas para la reproducción de la lombriz; caracterizadas por contar con tres divisiones y un volumen a albergar de 1,6 m<sup>3</sup> de la composta resultante de cada sustrato. Luego, se sembró en cada compartimiento un kilo de la semilla de lombriz roja californiana adquirida de la empresa Biopec Ltda. (Medellín, Colombia). A partir

de lo anterior, se realizaron observaciones de seguimiento durante tres meses (tiempo en el cual, las lombrices transforman la composta en lombricompost); además, a través del conteo aleatorio de lombrices en un kilogramo de muestra, se midió el número y la talla alcanzada en cada sustrato (Figura 3 a, b, c).

*Obtención de la harina de lombriz:* se desarrolló empleando el método Sabac (1987) el cual consiste en recolectar parte de las lombrices producidas en cada uno de los lombricompuestos, así como efectuar el lavado con agua, pesaje e introducción en solución de salmuera al 4 % por 10 minutos y de nuevo lavado; seguidamente, se secaron a estufa con termostato a una temperatura controlada de 25 °C y finalmente se desarrollo molienda

manual (Figura 4 a, b, c). De igual manera, de la harina de lombriz obtenida, se analizaron a nivel organoléptico y fisicoquímico los siguientes parámetros: proteína estimada, materia seca, cenizas, extracto etéreo, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, sodio, cobre y hierro; arrojados por los resultados de laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia.



Figura 3. A. Lombricompuesto a base de gallinaza; B. Lombricompuesto a base de vacaza; C. Lombricompuesto a base de porquinaza.



Figura 4. Apariencia de la harina de lombriz procedente de los lombricompuestos: A. Gallinaza; B. Vacaza; C. Porquinaza.

*Análisis de datos:* para la estimación estadística de los resultados se aplicó una prueba de varianza y una de comparación de medias usando la prueba de Tukey HSD (diferencias-honestamente-significativas), teniendo en cuenta el valor de significancia de  $p < 0,05$  el cual fue estimado a través del programa Past.exe (versión 2,17c) (Hammer & Harper, 2001). También se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el mismo programa para hallar las causas de la variabilidad de los datos y ordenarlas por importancia en la relación lombricompuestos contra parámetros fisicoquímicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la composta

En la Tabla 1 se evidencia la variabilidad significativa en el contenido de los parámetros evaluados para la composta. En el contenido de carbono orgánico se presentó un valor significativamente alto en el sustrato vacaza con un 29 % frente al 20 % de porquinaza y el 19 % de gallinaza; a diferencia del contenido de nitrógeno (porquinaza 2,0 %, gallinaza 1,8 % y vacaza 1,5 %); en cuanto a la relación carbono/nitrógeno

el comportamiento arrojado muestra una mayor relación para el sustrato vacaza en el orden de 19 %, seguido de porquinaza y vacaza con el 10 % respectivamente.

Este comportamiento en los sustratos, se deduce, se debe a la cantidad y tipo de alimentación de los animales: en el caso de los bovinos su alimentación se basa en grandes volúmenes de pastos y forrajes además del uso adecuado de residuos de cosechas tales como arroz, yuca, fríjol y maíz los cuales generalmente se desperdician en las fincas; igualmente forrajeras como la caña, el matarratón, el guandul y otras leguminosas que son alimentos ricos en nutrientes, carbohidratos y que a veces se intentan destruir en vez de conservar y aprovechar (Gómez-Solano, 2008); en el caso de las aves y porcinos, estos se crían en galpones por su interés comercial y su base alimentaria son concentrados comerciales que contienen altos contenidos de proteínas para facilitar su rápido crecimiento, desarrollo y aprovechamiento.

El comportamiento de parámetros como la humedad muestra un contenido mayor en el sustrato vacaza (81 %) frente a porquinaza (75 %) y gallinaza (70 %); lo cual se relaciona con la capacidad de retención de agua de los sustratos. El potencial de hidrógeno en los tres sustratos se presentó óptimo (gallinaza 7,5, en porquinaza y vacaza 7,1 respectivamente); es decir que se encuentran dentro del valor fisiológico normal que es de 7,5, lo que facilita el desarrollo de las lombrices; aunado a que visualmente todos los sustratos presentaban coloración café oscuro, ausencia de mal olor y evidenciándose al tacto como semipastosos.

Las cenizas mostraron un contenido importante en el sustrato de gallinaza del 54 %, para porquinaza del 44 % y en vacaza del 38 %; es decir fueron contenidos variables que demarcaron la presencia de minerales esenciales.

**Tabla 1.** Parámetros fisicoquímicos evaluados de la composta de gallinaza, vacaza y porquinaza (muestras 1301,1302 y 1303) en fracción de base seca del 96,3 %, 97,7 % y 94,3 % (tamaño de partícula > 2 mm)

Parámetro	Técnica	Norma	Unidad	Compost		
				Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Cenizas	Gravimetría	NTC 5167	%	54,1	37,7	44,3
Carbono orgánico oxidable total	Titulometría	NTC 5167	%	18,8	29,3	19,9
Densidad (20 °C)	Gravimetría	NTC 5167	g/cm <sup>3</sup>	0,21	0,17	0,21
Humedad	Gravimetría	NTC 5167	%	70,4	80,8	75,5
Nitrógeno orgánico total	Kjeldahl	NTC 370	%	1,83	1,55	2,05
pH (10 %)	Potenciometría	NTC 5167	-	7,56	7,11	7,13
Relación C/N	No Aplica	No Aplica	-	10,2	18,9	9,7
Conductividad eléctrica (1/200)	Potenciometría	NTC 5167	dS/m	0,048	0,026	0,097

Convenciones: NTC (norma técnica colombiana).

### Caracterización del lombricompuesto

A nivel general el contenido de cenizas fue del 40 al 57 % en los lombricompuestos, siendo significativo (Tabla 2); estos, se encuentran asociados al conjunto de minerales esenciales presentes en cada lombricompuesto ya sean de origen vegetal (potasio, calcio, magnesio) aportados por los restos vegetales y de origen animal (sodio, fósforo, zinc) aportados por la lombriz; a su vez, la descomposición en la

formación del humus hace a los minerales más biodisponibles.

A nivel particular los comportamientos de los lombricompuestos muestran poca variabilidad en su contenido de nutrientes por lo que para gallinaza, vacaza y porquinaza se presentan altos contenidos de cenizas, seguidos de carbono orgánico, calcio, fósforo, nitrógeno orgánico y magnesio; mientras que potasio, sodio y zinc poseen valores de participación menores al 1 % (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros fisicoquímicos evaluados del lombricompuesto de gallinaza, vacaza y porquinaza (muestras 1417, 1418 y 1419) en fracción de base seca del 98 %, 90 % y 69,2 % (tamaño de partícula > 2 mm)

Parámetro	Técnica	Norma	Unidad	Lombricompuesto		
				Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Calcio total (CaO)	A.A	SM 3111B	%	8,81±0,01	5,846±0,003	8,56±0,02
Magnesio total (MgO)	A.A	SM 3111B	%	1,792±0,003	0,968±0,006	1,519±0,009
Potasio total (K <sub>2</sub> O)	A.A	SM 3111B	%	0,989±0,002	0,273±0,009	0,1813±0,0004
Sodio total (Na)	A.A	SM 3111B	%	0,1279±0,0004	0,3513±0,0004	0,0334±0,0004
Zinc total (Zn)	A.A	SM 3111B	%	0,0536±0,0001	0,04467±0,00006	0,1166±0,0007
Cenizas	Gravimetría	NTC 5167	%	57,3	45,7	38,9
Carbono orgánico oxidable total	Titulometría	NTC 5167	%	13,5	22,9	30
Densidad (20 °C)	Gravimetría	NTC 5167	g/cm <sup>3</sup>	0,39	0,42	0,24
Humedad	Gravimetría	NTC 5167	%	71,2	79,1	74,5
Nitrógeno orgánico total	Kjeldahl	NTC 370	%	1,85	1,27	2,63
Fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Espectrofotometría	NTC 234	%	4,944	1,665	4,566
pH (10 %)	Potenciometría	NTC 5167	-	6,86	6,84	6,15
Relación C/N	No Aplica	No Aplica	-	7,31	18,1	11,4
CIC	Volumetría	NTC 5167	meq/100g	65,3	67,3	66,3
CIC/CO	No Aplica	No Aplica	meq/100g	484	294	221
Conductividad eléctrica (1/200)	Potenciometría	NTC 5167	dS/m	0,25	0,21	0,30

**Convenciones:** A.A: absorción atómica; ±: desviación estándar; NTC: norma técnica colombiana; SM: métodos estándar; CIC: capacidad de intercambio catiónico; CO: carbono orgánico; meq: miliequivalentes.

El análisis de varianza para lombricompuestos estadísticamente significativa entre los lombricompuestos evaluados en relación a su composición fisicoquímica. (Tabla 3) estima un valor de  $p = 1$ , siendo este resultado mayor al nivel de significación  $\alpha$  (alfa) de 0,05; es decir no hay una diferencia

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA — modelo lineal) para lombricompuestos

	Suma de cuadrados	Distribución	f	Media cuadrados	F	p (misma)
Entre los grupos:	0,0647817	2	0,0323908	4,416E-05	1	
Dentro de grupos:	26406,4	36	733,51			
Total:	26406,438					
Omega <sup>2</sup> :	-0,05405					

Niveles de prueba para la homogeneidad de varianza, basado en los promedios,  $p$  (misma) = 0,9889.

Sobre la base de las medianas:  $p$  (misma) = 0,9986.

Prueba F (Welch) en el caso de varianzas desiguales:  $F = 4,331E-05$ , distribución  $f = 23,99$ ,  $p = 1$ .

Comparaciones por pares (Tukey): Q debajo de la diagonal,  $p$  (misma) por encima de la diagonal.

	Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
gallinaza		1	1
Vacaza	0,005208		1
porquinaza	0,007986	0,01319	

El análisis de componentes principales para los lombricompuestos muestra que la causa de la no variabilidad se debe a la homogeneidad de los valores en los parámetros fisicoquímicos evaluados, los cuales son comunes entre los lombricompuestos. Según la Figura 5, en orden de importancia: el componente 1 tiene el 98 % de varianza y muestra una influencia común en la mayoría de los parámetros evaluados para los tres lombricompuestos; sin embargo, en el

componente 2 (2 %), la varianza denota que para el lombricompuesto de gallinaza se presenta mayor influencia del parámetro cenizas; mientras que para porquinaza, la mayor influencia la muestra el contenido de carbono orgánico; en cuanto al lombricompuesto vacaza, el parámetro sobresaliente lo constituye la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de humedad.

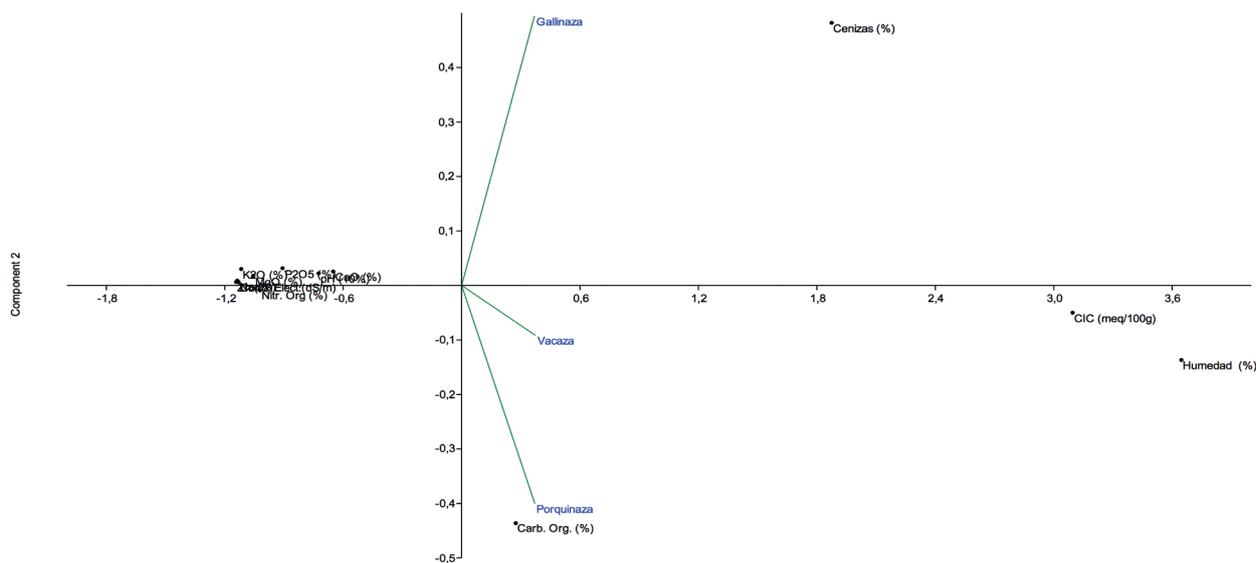


Figura 5. Diagrama de dispersión de componente principal para los lombricompostos.

La buena calidad de los lombricompostos obtenidos se evidencia por la presencia de macro y micronutrientes propios para la nutrición vegetal entre ellos se encuentran: carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn) y cenizas. Constituyendo elementos esenciales que se encuentran en distintas concentraciones en la materia seca y que se reflejan en las cantidades exigidas, contenidas o agregadas en los lombricompostos evaluados (Ortega y Malavolta, 2012).

Al comparar en términos de calidad los lombricompostos estudiados frente a algunos lombricompostos que gozan de aceptación en el comercio (Tabla 4), es evidente destacar que estos lombricompostos desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo presentan excelentes características para su uso como fertilizante debido a la presencia significativa y completa de macro y micronutrientes con respecto a los de uso comercial: Novaterra FO-E02, Humus lombrisol y Forza, donde su presencia nutricional no es completa y significativa.

La interpretación de parámetros individuales muestra la presencia común para todos los lombricompostos analizados de elementos tales como cenizas, carbono orgánico oxidable, humedad, nitrógeno y fósforo; sin embargo, hay variabilidad significativa en su contenido. Es así que el contenido de *cenizas* para lombricompostos estudiados oscila entre el 39 y el 57 %, mientras que para los lombricompostos comerciales considerados oscilan entre el 33 y el 49 %. El *carbono orgánico* para los lombricompostos estudiados está entre el 13 y el 30 % y en los lombricompostos comerciales representa el 19 %. El contenido de *humedad* es superior al 70 % para los lombricompostos estudiados, mientras que para los lombricompostos comerciales tan solo llega al 30 %. El *nitrógeno orgánico* para los lombricompostos estudiados oscila entre el 1,3 y el 3 % y en los lombricompostos comerciales oscila entre el 1,2 y el 2,5 %. El contenido de *fósforo* para los lombricompostos estudiados está entre el 2 y el 5 % y para los lombricompostos comerciales oscila entre el 1 y el 3 %.

**Tabla 4.** Comparación de los parámetros de los lombricompuestos estudiados frente a algunos de distribución comercial en Colombia

Parámetro	Unidad	Lombricompuesto Estudiados			Lombricompuesto Comerciales		
		Gallinaza	Vacaza	Porquinaza	Novaterra FO-E02 <sup>(1)</sup>	Hum Lombrisol <sup>(2)</sup>	Forza <sup>(3)</sup>
Calcio total (CaO)	%	8,81	5,846	8,56	2,41	1,62	NA
Magnesio total (MgO)	%	1,792	0,968	1,519	0,73	0,67	NA
Potasio total (K <sub>2</sub> O)	%	0,989	0,273	0,1813	5,01	1,01	1,0
Sodio total (Na)	%	0,1279	0,3513	0,0334	0,03	NA	NA
Zinc total (Zn)	%	0,0536	0,04467	0,1166	16,18	NA	NA
Cenizas	%	57,3	45,7	38,9	47,75	32,6	48,9
Carbono orgánico oxidable total	%	13,5	22,9	30	19,35	19,50	18,6
Densidad (20 °C)	g/cm <sup>3</sup>	0,39	0,42	0,24	0,831	0,55	0,46
Humedad	%	71,2	79,1	74,5	30	25,0	6,0
Nitrógeno orgánico total	%	1,85	1,27	2,63	2,5	1,19	1,56
Fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	4,944	1,665	4,566	0,7	1,21	3,2
pH (10 %)	-	6,86	6,84	6,15	7,5	7,4	6,5
Relación C/N	-	7,31	18,1	11,4	7,74	16,0	NA
CIC	meq/100g	65,3	67,3	66,3	65	41,0	71,3
CIC/CO	meq/100g	484	294	221	3,36	NA	NA
Conductividad eléctrica (1/200)	dS/m	0,25	0,21	0,30	7,85	NA	NA

### Composición fisicoquímica de la harina de lombriz

El valor nutricional reflejado en la harina de lombriz procedente de los lombricompuestos a base de gallinaza, vacaza y porquinaza se caracteriza por presentar contenidos importantes de proteína del 48 %, 59 % y 68 % respectivamente (Tabla 5); a lo anterior se le une la presencia de otras sustancias indispensables tales como lípidos, carbohidratos y sales minerales (materia seca, extracto etéreo y cenizas); permitiendo inferir que constituye un buen suplemento alimenticio.

A nivel particular la harina de lombriz resultante del sustrato *gallinaza* presentó contenidos de

proteína del 48 % seguido de carbono orgánico 26,3 %, cenizas 10,8 %, nitrógeno orgánico 7,69 %, extracto etéreo 6,45 %, fósforo 1,68 %, calcio 1,51 %; por su parte, el resto de los parámetros presentaron valores de participación menor al 1 %.

Para la harina de lombriz resultante del sustrato *vacaza* se exhiben contenidos de proteína del 59 % seguido de carbono orgánico 40,5 %, extracto etéreo 9,59 %, nitrógeno orgánico 9,43 %, cenizas 7,6 %, calcio 1,11 %, fósforo 1,09 %; mientras que los demás parámetros presentan valores de participación menor al 1 %.

La harina de lombriz resultante del sustrato *porquinaza* exhibió el mayor contenido de proteína

con un 68 % seguido de carbono orgánico con 37,5 %, nitrógeno orgánico 10,8 %, cenizas 8,5 %, extracto etéreo 6,76 %, fósforo 1,46 %, sodio 1,04 %; los parámetros restantes presentaron valores de participación menor al 1 %.

**Tabla 5.** Parámetros fisicoquímicos evaluados de la harina de lombriz producida en gallinaza, vacaza y porquinaza (muestras 1420, 1421 y 1422) en fracción de base seca

Parámetro	Técnica	Norma	Unidad	Harina de Lombriz		
				Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Calcio total (CaO)	A.A	SM 3111B	%	1,51±0,01	1,1188±0,0005	0,977±0,004
Magnesio total (MgO)	A.A	SM 3111B	%	0,565±0,003	0,383±0,003	0,428±0,003
Potasio total (K <sub>2</sub> O)	A.A	SM 3111B	%	0,6457±0,0009	0,661±0,001	0,7433±0,0004
Sodio total (Na)	A.A	SM 3111B	%	0,999±0,005	0,241±0,002	1,042±0,005
Zinc total (Zn)	A.A	SM 3111B	%	0,02038±0,0009	0,01164±0,00006	0,0244±0,0001
Cobre (Cu)	A.A	SM 3111B	%	0,003213±0,000002	0,00068±0,00001	0,001564±0,000002
Hierro (Fe)	A.A	SM 3111B	%	0,176±0,001	0,0589±0,0001	0,04583±0,00003
Manganeso (Mn)	A.A	SM 3111B	%	0,010161±0,000002	0,00675±0,00001	0,004355±0,000005
Cenizas	Gravimetría	NTC 5167	%	10,8	7,6	8,5
Carbono orgánico oxidable total	Titulometría	NTC 5167	%	26,3	40,5	37,5
Densidad (20 °C)	Gravimetría	NTC 5167	g/cm <sup>3</sup>	0,49	0,45	0,41
Humedad	Gravimetría	NTC 5167	%	11,6	11,3	11,8
Materia seca	Gravimetría	NTC 5167	-	88,4	88,7	82,2
Nitrógeno orgánico total (N total)	Kjeldahl	NTC 370	%	7,69	9,43	10,8
Fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Espectrofotometría	NTC 234	%	1,682	1,094	1,460
Proteína estimada (N total)	Kjeldahl	NTC 370	%	48,1	58,9	67,6
Extracto etéreo	Gravimetría	Método de Soxhlet SM 5520D	%	6,45	9,59	6,76
pH (10 %)	Potenciometría	NTC 5167	-	5,83	5,38	5,27
Relación C/N	No Aplica	No Aplica	-	3,41	4,30	3,47

**Convenciones:** A.A: absorción atómica; ±: desviación estándar; NTC: norma técnica colombiana; SM: métodos estándar.

El análisis de varianza para las harinas de lombriz (Tabla 6) estima un valor de  $p = 0,97$ , siendo mayor al nivel de significación  $\alpha$  (alfa) de 0,05;

es decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las harinas evaluadas en relación a su composición fisicoquímica.

**Tabla 6.** Análisis de varianza (ANOVA — modelo lineal) para la harina de lombriz

	Suma de cuadrados	Distribución	f	Media cuadrados	F	p (misma)
Entre los grupos:	34,4458	2	17,2229	0,03035		0,9701
Dentro de grupos:	28941,3	51	567,476			
Total:	28975,7	53				
Omega <sup>2</sup> :	-0,03725					

Niveles de prueba para la homogeneidad de varianza, basado en los promedios, p (misma) = 0,9077.

Sobre la base de las medianas: p (misma) = 0,9624.

Prueba F (Welch) en el caso de varianzas desiguales: F= 0,03098, distribución f= 33,96, p= 0,9695.

Comparaciones por pares (Tukey): Q debajo de la diagonal, p (misma) por encima de la diagonal.

	Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Gallinaza		0,969	0,9843
vacaza	0,3386		0,9974
porquinaza	0,2404	0,09824	

En el análisis de componentes principales para la harina de lombriz se evidencia que no hay variabilidad en la composición fisicoquímica de las harinas. En orden de importancia el componente 1 (98 % de la varianza) muestra la influencia común de la mayoría de los parámetros evaluados para las tres harinas; sin embargo, para el componente 2 (2,0 % de la

varianza), se denota que la harina proveniente del lombricompuesto de gallinaza presenta mayor influencia del parámetro materia seca; para la harina proveniente del lombricompuesto porquinaza la influencia del parámetro proteína y en la harina proveniente del lombricompuesto vacaza el parámetro sobresaliente lo constituye el contenido de carbono orgánico (Figura 6).

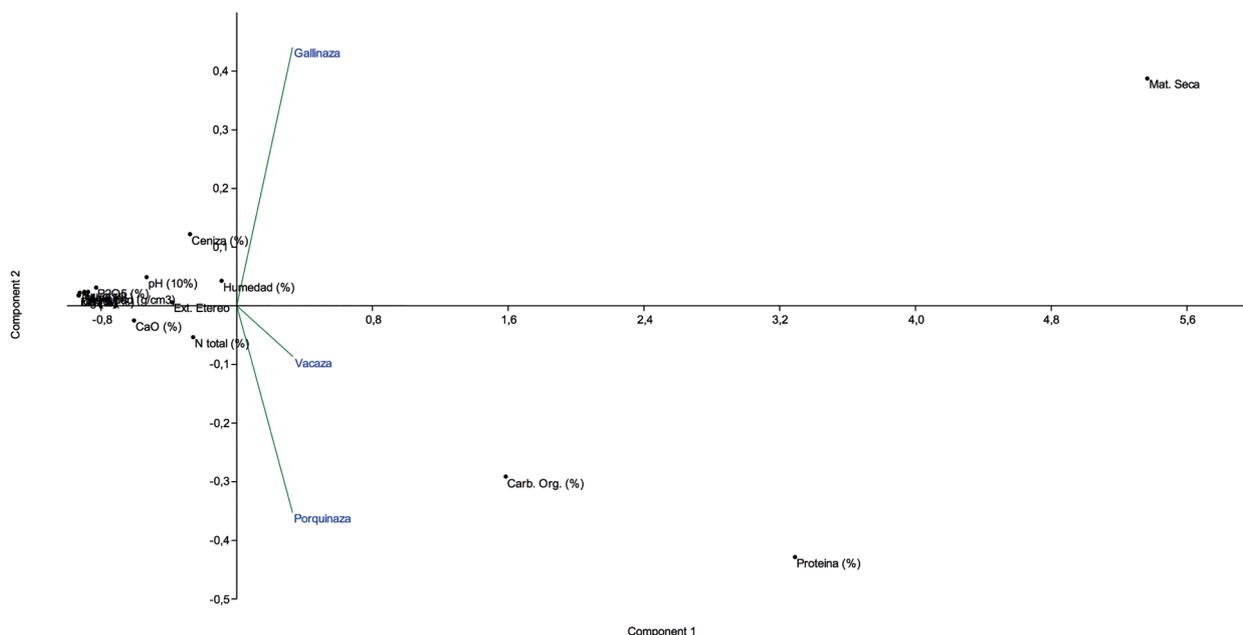


Figura 6. Diagrama de dispersión de componente principal para las harinas de lombriz.

## CONCLUSIONES

El análisis de la composta resultante de los sustratos presentó diferencias significativas en el contenido de carbono orgánico, cenizas y nitrógeno orgánico que hacen variable la consideración de cuál sustrato es el mejor; comportamientos en la composta que se aluden a las características de los sustratos empleados, así como la cantidad y tipo de alimentación de los animales asociados al sistema agropecuario rural, hacen importante la presencia de minerales esenciales.

El contenido de macro y micronutrientes propios para la nutrición vegetal ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Zn}$ , Cenizas, Carbono orgánico,  $\text{N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) en el lombricompuesto resultante del sustrato gallinaza lo convierten en el mejor en términos de cantidad y calidad seguido del lombricompuesto a base del sustrato porquinaza y finalmente el a base de vacaza. Sin embargo, no hay diferencias

significativas entre los lombricompuestos asociadas a su composición fisicoquímica. En estas condiciones, el uso de cualquiera de los tres lombricompuestos se recomienda para la fertilización de suelos en sistemas de producción agrícola del Chocó.

La mejor harina de lombriz la constituye la resultante del lombricompuesto porquinaza por su contenido alto de proteína en un 68 % seguido de vacaza con el 59 % y de gallinaza con el 48 %, lo cual permite considerar un valor nutricional importante de la harina de lombriz para uso alimentario; sin embargo, la composición fisicoquímica para las harinas estudiadas mostró que no hay diferencia significativa entre ellas por lo que los parámetros presentaron valores cercanos entre los sustratos de procedencia; siendo el caso del extracto etéreo entre 7 y 9 %, cenizas entre 8 y 11 % y calcio y fósforo con el 1,7 % de contenido.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Manizales por los conocimientos brindados a través del posgrado y los mecanismos para el desarrollo de la presente investigación hoy resultante en este artículo científico. A los miembros del grupo de investigación Actividad Farmacológica (DARIEN), quienes con su aporte contribuyeron significativamente a la culminación de este trabajo; finalmente, al Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia en la caracterización fisicoquímica de las muestras en laboratorio.

## REFERENCIAS

- AGROMEAT. 2014. Lombricultura, una alternativa que solo llega a 30% de los productores. Consulta: junio de 2014. <http://www.agromeat.com/151237/lombricultura-una-alternativa-que-solo-llega-a-30-de-los-productores>.
- Ayedde, O.J., Fraire, L., Cortés, C.C.J. 2004. Lombriz *Eisenia andrei* como alternativa de manejo de subproductos pecuarios en el CECAF, Macuspana, Tabasco. Memoria de Residencia Profesional. 28: 48.
- Betancur, P.J.F., Rodríguez, R.N., Murillo, A.W., Fernando, G.M.O. & Orozco, A.J. 2013. Anteproyecto: los biosistemas integrados como solución al manejo de residuos vegetales de los centros de acopio y de abasto de productos vegetales: alternativa práctica para atenuar los efectos del cambio climático. Documento Marco.
- Cabanillas, C., Stobbia, D. & Ledesma, A. 2011. Tecnologías limpias alternativas (biofertilizantes) a la urea en la producción de albahaca en estación y contraestación. Córdoba (Argentina). 3rd International Workshop. Advances in Cleaner Production, São Paulo, Brasil.
- Castro, B.A. & Barajas, P.A. 2004. Avalúo comercial Monte Las Palmas (municipio del Atrato-Chocó).
- Centro de desarrollo de Lombricultura SABAC-CHILE. 1987. Lombricultura un amplio horizonte. Centro de desarrollo de Lombricultura SABAC-CHILE, Santiago de Chile.
- CONPES 3553. 2008. Política de promoción social y económica para el departamento de Chocó. Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.
- COMPORENSE. 2001. Composición bioquímica de la lombriz roja de california. Consulta: junio de 2014. <http://www.humusina.com/cblrc.html>.
- Dávila, F.S. 1996. Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. Folia Amazónica. 8 (2): 77-90.
- Díaz, E. 2002. Guía de lombricultura: una alternativa de producción para emprendedores y productores del agro. Consulta: junio de 2014. <http://www.manualdelombricultura.com/index.html>.
- Eastman, B.R. et al. 2001. The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. Compost Sci & Utilization. 9 (1): 38-49.
- Evers, G.W. 1998. Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for Coastal Bermudagrass Production in the Southeastern US. J. Sustainable Agriculture. 12 (4): 55-77.
- Ferruzzi, C. 1987. Manual de lombricultura. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- Fraire, S.L. 2003. Lombricultura ecológica alternativa sustentable para la producción agropecuaria en Tabasco. Revista Diálogos. 12: 21-28.
- Gómez-Solano, M. 2008. Nutrición y alimentación bovina. Consulta: septiembre de 2014. <http://adapecuarias.blogspot.com/>.
- García, C. & Solano, F. 2005. Cría de la lombriz de tierra una alternativa ecológica y rentable. Universidad de Cundinamarca, Ubaté.
- García, Y., Ortiz, A. & Lon Wo, E. 2010. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Consulta: septiembre de 2014. <http://www.fertilizando.com/articulos/efecto%20residuales%20avicolas%20ambiente.asp>.

Guerrero, R.D. 1983. Tilapia farming in the Philippines: practices, problems and prospects. pp. 3-15. En: Smith, I.R., Torres, E.B. & Tan, E.O. (eds.). Philippine Tilapia Economics. Philippine Council for Agriculture and Resources Research and Development, Manila.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).

Hidalgo-Gato, G., Silín, A., Fraga, L.M., Castellón, J. & Alfonso, O. 1988. Producción y uso de biogas en instalaciones avícolas. Rev. Cienc. Téc. Agrop. 1: 47.

Jimeno, S.M., Sotomayor, M.L. & Valderrama, L.M. 1995. Chocó: diversidad cultural y medio ambiente. Fondo FEN Colombia, Bogotá.

Juárez, J.A. 2005. Producción de lombricompuesto con residuos de frigorífico y polvo de tabaco. Consulta: septiembre de 2014. <http://www.produccion-animal.com.ar>.

Laissus, B.V. 1985. La lombricultura. Montfermeil, Paris.

Marshall, W.A. 2000. Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza. Tesis de Doctorado en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

McInroy, D.M. 1979. Evolution of *Eisenia foetida* as a food for man and domestic animals. Feedstuffs. 37-46.

Navarro, S. & Navarro, G. 2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Mundi-Prensa Libros, Madrid.

Navarro, P., Moral, H., Gómez, L. & Mataix, B. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante, Murcia.

Ortega, E.A. & Malavolta, E. 2012. Los más recientes micronutrientes vegetales. IAH. 7: 16-25.

Pugh, D.G., Wenzeland, G. & D'Andrea, G. 1994. Feeding broiler litter to beef cattle. Veterinary Medicine. 89: 661-665.

Sabine, J.R. 1978. The nutritive value of earthworms meal pp. 112130. En: Hartenstein, R. (ed.). Proceedings of Conference on Utilization of soil organism in sludge management. State University of Syracuse, New York.

Sierra, L.F. 2009. Evaluación de la lombriz *Eisenia foetida* en cuatro sustratos orgánicos en el Centro, Tabasco. Consulta: septiembre de 2014. <http://www.itzonaolmeca.edu.mx/difusion/INV4.PDF>.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2011. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia —diagnóstico 2011—. Consulta: septiembre de 2014. <http://www.superservicios.gov.co/content/download/901/13765>.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2013. Informe Ejecutivo de Gestión Aguas Nacionales EPM S.A E.S.P. Consulta: septiembre de 2014. <http://www.superservicios.gov.co/content/download/867/13562/version/1/file/AGUAS+NACIONALES+EPM+SA+ESP.pdf>.

Smith, K.A., Brewer, A.J., Crabb, J. & Dauven, A. 2001. A survey of the production and use of animal manures in England and Wales. II. Poultry manure. Soil Use and Management. 17 (1): 48-56.

Sztern, D. & Pravia, M.A. 1999. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Montevideo.

Tacon, A.G., Sttafford, E.A. & Edwards, G.A. 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbric worms for rainbow trout. Aquaculture. 35: 187-189.

Vielma-Rondón, R., Ovalles-Durán J.F., León-Leal, A. & Medina, A. 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA). *Ars Pharmaceutica*. 44 (1): 43-58.

Washington, L.J. et al. 2008. Capacitación para el reciclado de residuos orgánicos: fuente de sustratos, abonos y acondicionadores de suelos degradados. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires.