
EFECTO PERJUDICIAL DE *Moringa oleifera* (Lam.) COMBINADA CON OTROS DESECHOS AGRÍCOLAS COMO SUSTRATOS PARA LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia* spp.)

Luis José Cova, Danny Eugenio García, Alexander Rafael Castro
y María Gabriela Medina

RESUMEN

Se estudió el comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en cinco sustratos alimenticios a base de follaje de *Moringa oleifera* (Lam.), por sus potencialidades nutritivas, y otros desechos agrícolas en el estado Trujillo, Venezuela. Se utilizó un diseño aleatorizado con medidas repetidas y tres réplicas. Inicialmente se inocularon 1,16kg de biomasa en 0,5m³ de sustrato y posteriormente fueron contabilizadas en el tiempo la cantidad de biomasa, lombrices adultas, lombrices jóvenes, lombrices bebés y cápsulas. Los componentes de cada sustrato exhibieron una composición química adecuada para la cría de este anélido. Sin embargo, en *M. oleifera* se observaron cantidades sus-

tanciales de terpenos, lectinas, saponinas y taninos. Se observó un efecto significativo de sustratos x tiempo de medición en todas las etapas medidas ($P < 0,05$). Cuando los sustratos incluyeron follaje de *M. oleifera* no se observó la presencia de lombrices ni de cápsulas a partir del segundo mes de evaluación. Con el sustrato que solo contenía estiércol bovino se obtuvieron los mejores resultados (20g de biomasa, 133 lombrices totales y 29 cápsulas en 1900cm³) a los cuatro meses. El efecto negativo del follaje de *M. oleifera* en la alimentación de la lombriz roja pudiera estar condicionado por la presencia de metabolitos secundarios con propiedades antinutritivas y/o tóxicas.

DETRIMENTAL EFFECT OF *Moringa oleifera* (Lam.) COMBINED WITH OTHER AGRICULTURAL WASTES AS SUBSTRATES FOR THE RED WORM (*Eisenia* spp.)

Luis José Cova, Danny Eugenio García, Alexander Rafael Castro and María Gabriela Medina

SUMMARY

An experiment was carried out to study the behavior of the red worm (*Eisenia* spp.) fed with 5 nutritious substrates based in *Moringa oleifera* (Lam.) foliage, for the nutritional potentialities, and other agricultural wastes in Trujillo state, Venezuela. A randomized design with repeated measurements and three replicates was used. Initially, 1.16kg of biomass in 0.5m³ of substrate were inoculated and biomass, mature worms, young worms, baby worms and capsules were determined. The components of each substrate exhibited an appropriate chemical composition for the breeding of this annelid. However, *M. oleifera* showed

substantial quantities of terpenes, lectins, saponins and tannins. A significant effect substrates x time of measure in all stages was observed ($P < 0,05$). When the substrates contained *M. oleifera* foliage, the presence of worms and capsules was not observed from the second month of evaluation onwards. With bovine manure substrate the best results (20g of biomass, 133 total worms and 29 capsules in 1900ml) were obtained after four months. The negative effect of *M. oleifera* foliage in the feeding of the red worm could be due to the presence of secondary metabolites with anti-nutritional and/or toxic properties.

Introducción

La lombriz roja (*Eisenia* spp.) forma parte de las herramientas biotecnológicas actuales para el reciclaje de desechos orgánicos, obteniéndose como productos el vermicompost (abono orgánico) y la

carne (fuente óptima para la alimentación animal; Ferruzzi, 1987). Este anélido se caracteriza por ser hermafrodita y puede llegar a producir grandes cantidades de lombrices por año. El abono producto de sus deyecciones contiene una gran riqueza bacteriana

(2×10^{12} bacterias/g). La lombriz desarrolla su ciclo biológico en pequeños espacios (50×10^3 cm³ de sustrato) y se adapta a un amplio rango de condiciones edafoclimáticas (Flores y Alvira, 1988).

En un hábitat con características adecuadas de tempera-

tura, humedad, pH, vitaminas y nutrientes este invertebrado crece y se reproduce aceleradamente, si se compara con otros organismos del suelo (Satchell, 1983).

En la actividad agrícola el uso del vermicompost produce en los cultivos mejoras

PALABRAS CLAVE / Lumbricultura / Metabolitos Secundarios / Toxicidad / Residuos Agrícolas / Sustratos Alimenticios /

Recibido: 02/04/2007. Modificado: 25/09/2007. Aceptado: 27/09/2007.

Luis José Cova. Licenciado en Biología, Universidad Central de Venezuela. Doctor en Ciencias Naturales, Université Paris XI, Francia. Profesor, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes (NURR-ULA), Venezuela. Dirección: Avenida Medina Angarita, Sector Car-

mona, NURR-ULA, Trujillo, Estado Trujillo, Venezuela. e-mail: covaordaz@yahoo.es

Danny Eugenio García. Licenciado en Química, Universidad de la Habana, Cuba. M.Sc. en Pastos y Forrajes, Universidad de Matanzas (UM), Cuba. Investigador, Estación Experimental y de Producción Agrí-

cola "Rafael Rangel", ULA, Venezuela. e-mail: dagamar8@hotmail.com

Alexander Rafael Castro. Técnico Superior Universitario Pecuario, NURR-ULA, Venezuela. Inspector, Instituto Nacional de Tierras, Venezuela. e-mail: pecuario83@latinmail.com

María Gabriela Medina. Ingeniera Agrónoma, Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos", Venezuela. M.Sc. en Pastos y Forrajes, UM, Cuba. Investigadora, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela. e-mail: mgmedina@inia.gob.ve

EFEITO PREJUDICIAL DA *MORINGA OLEIFERA* (LAM.) COMBINOU COM OUTRO DESPERDÍCIO AGRICULTURAL COMO CARÇAÇAS PARA O SEM-FIM VERMELHOS (*EISENIA* SPP.)

Luis José Cova, Danny Eugenio García, Alexander Rafael Castro e María Gabriela Medina

RESUMO

Uma experiência foi realizada estudando o comportamento do Sem-fim Vermelho (*Eisenia spp.*) com as 5 carcaças baseadas no folhaje da *Moringa oleifera* (Lam.), por seus potencialidades nutritivas, e outro desperdício agrícola no estado de Trujillo, Venezuela. Foi usado um projeto totalmente randomizado com das medidas repetidas no tempo. Inicialmente 1,16 kg do biomass em 0,5 m³ da carcaça foram inoculados e mais tarde do contados a quantidade o biomass, os sem-fins maduros, os sem-fins novos, os sem-fins do bebê e as cápsulas. Os componentes de cada carcaça exibiram uma composição química apropriada para produzir destes anelídeos. Entretanto, *M. oleifera* mostradas quantidades subs-

tanciais dos terpenos, dos lectinas, dos saponinas, e do taninos. Foi observada efeito significativo das carcaças x da medida em todo o estágio ($P < 0,05$). Quando os sem-fins foram alimentados com *M. oleifera*, começar do segundo mês da avaliação a presença dos sem-fins e das cápsulas não foi observada. Em todos os casos, com manure dos bovídeos os mais melhores resultados foram obtidos aos quatro meses da medida (20 g de biomass, 133 sem-fins totais e 29 cápsulas em 1900 ml). O efeito negativo do *M. oleifera* na alimentação do Sem-fim Vermelho podia ser condicionado pela presença dos metabolites secundários com característica antinutricional e/nossa tóxica.

importantes en su productividad y sanidad. Algunas investigaciones han demostrado que las aplicaciones de este material en combinación con otros fertilizantes incrementan la absorción de nutrientes, la producción neta de cultivos prioritarios (trigo, arroz y caña) y disminuye drásticamente la pérdida de nitrógeno del suelo por volatilización (Zhao y Fun-Zhen 1992).

La carne de la lombriz, transformada en harina, se caracteriza por un elevado valor nutricional en función de sus altos niveles de aminoácidos (Vielma *et al.*, 2003), digestibilidad y degradabilidad, siendo utilizable en animales monogástricos, rumiantes e inclusive para la dieta humana (Flores y Alvira, 1987). Esta fuente de nitrógeno de elevada calidad biológica satisface los requerimientos para niños entre dos y cinco años exigido por la FAO/OMS (Segovia, 1996).

En la naturaleza, el principal enemigo de las lombrices es el hombre, puesto que con el uso indiscriminado de agroquímicos envenena su hábitat, ocasionando el empobrecimiento del suelo y su consecuente infertilidad. Para las lombrices de cría el peligro en el medio natural se encuentra centrado en insectos, pájaros y aves de corral. Sin embargo, se ha demostrado que la presencia de biocidas, inclusive en concentraciones muy bajas,

producen una mortalidad elevada (Satchell, 1983).

Con el objetivo de mejorar la calidad del vermicompost producido por el anélido, se ha estudiado la adición a los sustratos convencionales de otras fuentes vegetales que provean minerales importantes tales como N; P y K (Hernández *et al.*, 1996a, 2002). Los follajes de especies arbóreas y arbustivas, previamente tratados, constituyen una alternativa viable para aumentar el valor agregado de este producto orgánico; habiéndose obtenido resultados exitosos con el uso de algunos desechos agrícolas, pero con una pobre calidad del vermicompost obtenido (Castillo *et al.*, 2000). Sin embargo algunas de estas plantas, aunque presentan aceptable composición química, contienen compuestos que pueden beneficiar el desarrollo del anélido o causar trastornos a mediano o largo plazo en condiciones (García, 2004).

Dado que *Moringa oleifera* Lam. (*Moringa* o Ben) es una especie multipropósito y una planta promisoría para los sistemas agroforestales contemporáneos, por su elevado valor nutritivo y amplia distribución geográfica en Venezuela, el objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de cinco sustratos alimenticios a base de follaje de *M. oleifera* y otros desechos agrícolas en el comportamiento de la lombriz roja a mediana escala.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El experimento fue realizado en la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" (EEPARR) de la Universidad de los Andes, en la parroquia La Paz, municipio Pampán del Estado Trujillo, Venezuela, 9°35'00"N y 70°27'00"O, a 300msnm. La zona presenta características típicas de bosque seco tropical con temperaturas relativamente uniformes durante todo el año (22-37°C) y precipitación media anual acumulada de 1480 mm.

Unidad experimental

El ensayo se realizó en 5 canteros individuales de 2,5x1m y 0,6m de profundidad que conformaban una sola estructura de bloques techada. Una parte considerable del fondo inclinado (2m²) fue cubierto por bloques de arcilla (16x20x15cm) recubiertos con sacos de fibra de nylon para permitir el drenaje. La parte superior fue protegida con una armazón de madera y tela fina de alambre.

Componentes alimenticios

Las formulaciones para la obtención de los cinco sustratos alimenticios se calcularon a partir de los pesos secos de cada componente.

Estos fueron determinados previamente a la formulación de los sustratos. Los porcentajes de materia seca (MS) de cada componente fueron 70,32% de estiércol bovino; 15,76 de cepa de plátano (*Musa sp.*); 70,20 de cepa de caña (*Saccharum officinarum*); 40,76 de residuos de comederos de bovinos; y 23,54 de follaje de *M. oleifera*.

El estiércol bovino provino del rebaño lechero de la EEPARR, donde las vacas productoras (Pardo Suizo x Holstein) pastorearon en área de gramíneas mejoradas (*Panicum maximum* y *Cynodon nlemfuensis*) y eran suplementadas diariamente en comederos colectivos con una mezcla consistente (por animal) de 0,8kg de sal mineral; 0,05kg de melaza; 10kgMS de pasto de corte (*Pennisetum purpureum*); y 4kgMS de forraje de *Leucaena leucocephala*.

Las cepas de *Musa sp.* y *S. officinarum* se obtuvieron a partir de desechos de cosechas en plantaciones comerciales de la EEPARR con tres años de establecidas.

El residuo de los comederos contenía el rechazo de los bovinos después de su alimentación diaria, formado aproximadamente por 70% de partes lignificadas de gramíneas, 25% de hojas pequeñas y tallos maduros de *L. leucocephala* y 5% de melaza.

El follaje de *M. oleifera* se recolectó de plantas adultas de cinco años de establecidas, las cuales se encontraban sometidas a un régimen de corte cada 90 días a 0,5m sobre el nivel del suelo en la época de lluvias.

Después de fraccionado mediante una troceadora de pastos cada componente, exceptuando al estiércol bovino, fue mezclado en las proporciones indicadas, para luego compositarlos durante 1 mes, removiendo las capas formadas cada 15 días. En cada operación los sustratos se regaron semanalmente con 250L de agua y se mantuvieron recubiertos con un plástico negro de polietileno con abertura en el centro para permitir el escape de gases.

Unidades utilizadas

Tanto para las mediciones relacionadas con el pie de cría, las labores de siembra y la toma de muestras se empleó el volumen como unidad básica de medición, por ser esta más práctica en las condiciones experimentales.

Pie de cría

El inóculo para la siembra inicial provino de la Finca Barroso, en el poblado de Betijoque, estado Trujillo, a 654msnm con temperatura mínima de 21 y máxima de 28°C y precipitación media acumulada de 1200mm/año. Las lombrices fueron criadas inicialmente en sustrato de estiércol de ovino, bagacillo de caña, mantillo y residuos de cocina. Se adquirieron 19L de inóculo total para ser repartidos a razón de 3,8L de pie de cría por cantero.

Inicialmente, en el inóculo se contabilizó el número de lombrices adultas, jóvenes, bebés y cápsulas por triplicado en muestras de 0,1L de inóculo, medidas en un cilindro graduado de 1000cm³. Los valores obtenidos fueron de 16,67 ±1,24 adultas; 97,33 ±9,53 jóvenes; 135,0 ±12,25 bebés y 28,67 ±2,87 cápsulas.

Labores de siembra

Se inocularon en cada cantero 2 volúmenes equivalentes de 1,9L (2,9kg de peso), tomando como referencia el instrumento de muestreo, equivalentes a 1,16kg de biomasa (40% peso biomasa/peso inóculo).

Como cada tratamiento se inició en una superficie de 2,5m² con 0,2m de profundidad, el sustrato inicial ocupó un total de 0,5m³. El inóculo inicial correspondió a 4g de biomasa en 1,9L de sustrato que contenía aproximadamente 2,4 lombrices adultas; 14,1 lombrices jóvenes; 19,5 lombrices bebés; y 4,1 cápsulas.

Procedimiento de muestreo

A las lombrices de cada cantero se les comenzó a ofrecer alimento 15 días después de iniciado el ensayo. Semanalmente se les proporcionó 50L de cada sustrato durante 4 meses, lo que hizo un volumen total, incluido el inicial, de 1150L.

El muestreo, no destructivo, se realizó mensualmente por triplicado, antes de alimentar, tomando la muestra con un cilindro de policloruro de vinilo de 40cm de largo y 11cm de diámetro, introducido en el sustrato hasta una profundidad de 20cm (volumen de muestreo de 1,9L). Las muestras se tomaron al azar en cuadrículas numeradas de 625 cm² (25x25cm) enmarcadas con cordeles en la parte superior del cantero. Después de cada medición las lombrices y las cápsulas fueron reincorporadas a sus tratamientos respectivos.

Las muestras se colocaron sobre bandejas plásticas y se procedió al conteo de la biomasa total (usando balanza digital), lombrices adultas, jóvenes, bebés y cápsulas. Se consideraron como adultas aquellas rojas con *clitellium*, como jóvenes las rosadas sin *clitellium* y como bebés las lombrices blancuzcas o transparentes. En el caso de las cápsulas no eclosionadas, éstas se detectaron visualmente como estructuras oblongas de color amarillo-verdoso.

Composición química de los componentes de la alimentación

El contenido de N se determinó mediante el método Kjeldahl; los niveles de P, K, Ca y Mg utilizando absorción atómica; la ceniza se cuantificó mediante incineración de las muestras; y la fibra detergente neutro (FDN) empleando tensoactivo sódico. Todas las determinaciones se hicieron mediante las metodologías clásicas de análisis descritas por la AOAC (2000). La materia orgánica (MO) se calculó por diferencia a partir de los valores de ceniza.

El estudio de los metabolitos secundarios en cada componente se realizó empleando pruebas cualitativas para detectar la presencia de compuestos con actividad biológica (De Marcano y Hasegawa, 2002). La cuantificación de los polifenoles mayoritarios se realizó por métodos colorimétricos estandarizados para fuentes nutricionales utilizadas en la alimentación animal (Makkar, 2003).

Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño al azar con mediciones repetidas en el tiempo y tres réplicas. Los cinco sustratos (A-E) evaluados fueron:

- A: estiércol bovino (control)
- B: estiércol bovino (96%) + cepa de *S. officinarum* (3%) + *M. oleifera* (1%)
- C: estiércol bovino (96%) + residuo de comederos de bovinos (3%) + *M. oleifera* (1%)
- D: estiércol bovino (96%) + cepa de *S. officinarum* (1%) + cepa de *Musa* sp. (1%) + residuo de comederos de bovinos (1%) + *M. oleifera* (1%)
- E: estiércol bovino (96%) + cepa de *Musa* sp. (2%) + *M. oleifera* (2%)

Métodos estadísticos

Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows® (Visauta, 1998). Para la realización del ANOVA se empleó la prueba de comparación de Student-Newman-Keuls (SNK) y las medias fueron comparadas al 5% de probabilidad.

Resultados y Discusión

En la Tabla I se muestra la composición bromatológica de los componentes utilizados. Aunque la composición química de un mismo componente puede variar marcadamente con las condiciones en que es cultivado, la época del año y la parte de la planta, en todos los casos los niveles de macroelementos y fracción fibrosa fueron adecuados para la alimentación de la lom-

TABLA I
COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) DE LOS COMPONENTES UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE *Eisenia* SPP.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	Ceniza	FDN	MO
Estiércol bovino	1,43	0,75	0,43	1,67	0,43	7,54	16,15	92,46
Cepa de <i>Musa</i> sp.	0,92	0,99	0,73	0,34	0,53	5,73	12,10	94,27
Cepa de <i>S. officinarum</i>	1,00	1,02	0,88	1,89	0,35	4,95	64,12	95,05
Residuo de comederos	2,11	1,40	1,02	1,64	0,86	8,58	69,92	91,42
Follaje de <i>M. oleifera</i>	3,28	0,20	2,43	2,45	0,57	11,53	32,61	88,47

FDN: fibra detergente neutro, MO: materia orgánica

TABLA II
METABOLITOS SECUNDARIOS EN LOS COMPONENTES UTILIZADOS
PARA LA FORMULACIÓN DE LOS SUSTRATOS

Componente	Terp	Lect	Sap	Alc	FT* (%)	TPP* (%)	TC** (%)
Estiércol bovino	+	-	B	+	0,23	0,15	nd
Cepa de <i>Musa</i> sp.	+	-	B	-	0,96	0,52	nd
Cepa de <i>S. officinarum</i>	+	-	-	-	0,14	nd	nd
Residuo de comederos	+	-	B	+	0,42	0,04	0,03
Follaje de <i>M. oleifera</i>	++	++	M	++	3,36	0,85	1,06

-: ausencia, +: presencia leve, ++: presencia moderada, +++: presencia cuantiosa, B: contenido bajo, M: contenido moderado, nd: no detectado en el análisis cuantitativo. Terp: terpenos, Lect: lectinas, Sap: saponinas, Alc: alcaloides, FT: fenoles totales, TPP: taninos que precipitan proteína. TC: taninos condensados, *: como equivalente de ácido tánico (Merck), *: como equivalente de leucocianidina.

briz y coinciden, en buena medida, con la composición de algunos alimentos utilizados con éxito en la cría de *Eisenia* spp. bajo diferentes condiciones edafoclimáticas (Hernández *et al.*, 1997; Hernández *et al.*, 1999).

Por otra parte, los niveles de minerales y de FDN en el follaje de *M. oleifera* son similares a los informados por García *et al.* (2006) en una evaluación nutricional realizada en esta especie.

Considerando las características bromatológicas de cada fuente, éstas pueden enriquecer notablemente la cantidad de minerales y MO de los sustratos para la alimentación de las lombrices, y consecuentemente la calidad del vermicompost producido.

La Tabla II muestra el contenido de metabolitos secundarios en los componentes utilizados para la formulación de los sustratos. Los terpenos (Terp) se detectaron en pequeñas cantidades en todos los componentes, mientras que las lectinas (Lect), las saponinas (Sap), los alcaloides (Alc), los fenoles totales (FT), los taninos que precipitan proteínas (TPP) y los taninos condensados (TC) se encontraron cuantiosamente en el follaje de *M. oleifera*. En la cepa de *Musa* sp. los niveles de FT y TPP fueron intermedios, y en el resto de los componentes se consideran bajos. Los resultados obtenidos con la cepa de plátano coinciden con lo reportado por Restrepo *et al.* (2000) con relación a que el seudotallo de las especies del

género *Musa* también contienen niveles importantes de taninos.

Las concentraciones de TC fueron bajas en el residuo de comederos y en el follaje de *M. oleifera*. En el resto de los componentes utilizados no se detectaron concentraciones de este tipo de tanino empleando el método de n-butanol-HCl-Fe³⁺. Además, los niveles encontrados son muy bajos si se comparan con los informados en otras fuentes forrajeras tradicionales, considerándose de poca importancia nutricional (García y Medina, 2006).

El grado de presencia (pruebas cualitativas) y las concentraciones observadas de todos los metabolitos secundarios en los componentes fueron bajas, aun si se comparan con los encontrados en otros desechos agrícolas que sirven como fuente suplementaria para animales domésticos, en los cuales estos compuestos no causan daños a la fisiología digestiva y la salud (García *et al.*, 2006).

Asimismo es conocida la inocuidad de los compuestos detectados en la alimentación de monogástricos y rumiantes relativamente grandes cuando las concentraciones son similares a las obtenidas en este estudio. No obstante, en algunos ensayos se ha informado que la lombriz roja es susceptible a concentraciones bajas de algunos compuestos tóxicos ocasionalmente presentes en el suelo (Satchell, 1983).

Con relación al comportamiento de los estadios de *Eisenia* spp. alimentada con los

sustratos experimentales, la mayor cantidad de biomasa, lombrices totales, adultas, juveniles y bebés se observaron con el sustrato A en el cuarto mes de muestreo. No obstante, la mayor producción de cápsulas se observó en el tercer mes (Tabla III).

A partir de la segunda medición en todos los sustratos que contenían *M. oleifera* no se observó biomasa, cápsulas, lombrices totales y sus componentes.

Respecto a la biomasa de *Eisenia* spp., las menores cantidades se obtuvieron en el primer conteo para los sustratos C, D y E. Luego del primer mes de evaluación en el tratamiento E no se encontró biomasa. En cuanto a las menores cantidades de lombrices totales, éstas se obtuvieron en el primer conteo con el sustrato E y a partir de dicha medición no se observó lombrices con ese sustrato. El resto de los tratamientos presentaron comportamientos intermedios respecto a esta variable.

La menor proporción de lombrices adultas se observó para los sustratos C y D en la primera medición. Con el tratamiento E no se observaron lombrices adultas durante el periodo de evaluación.

La proporción más baja de lombrices juveniles se observó con los sustratos D y E en el primer mes de muestreo, el resto de los tratamientos presentaron comportamientos intermedios. Con el tratamiento E a partir del primer mes, no se observaron lombrices juveniles.

La menor cuantía de lombrices bebés se obtuvo con el sustrato E en el primer mes. En todos los casos, con el sustrato D, tratamiento formado por estiércol bovino (96%) + cepa de *S. officinarum* (1%) + cepa de *Musa* sp. (1%) + residuo de comederos de bovinos (1%) + *M. oleifera* (1%), no se observó la presencia de esta categoría.

La menor deposición de cápsulas se observó con los sustratos C y D en la primera medición; el resto de los tratamientos presentaron comportamientos intermedios. Con el tratamiento E no ocurrieron deposiciones durante los cuatro meses de experimentación.

Considerando que el sistema digestivo de *Eisenia* spp. es simple, similar al de los monogástricos comunes (cerdo, aves, roedores) y que el consumo de alimento de este anélido con relación a su peso es muy elevado, con un consumo diario equivalente a su peso vivo, es posible que la acción deletérea de los metabolitos perjudiciales presentes en los follajes se haya acentuado si estos organismos no fueron capaces de detectar sensorialmente los compuestos nocivos.

A pesar de que en otros trabajos se ha estudiado el efecto nutricional de algunos desechos agrícolas y su interacción con las condiciones edafoclimáticas en la alimentación de *Eisenia* spp. (Hernández *et al.*, 1996a, b, 1999), en pocos casos se ha estudiado la repercusión de fuentes alimenticias con perfil nutricional variado en el comportamiento productivo y la reproducción de estos organismos en condiciones tropicales. En este sentido, las interacciones significativas observadas entre los sustratos evaluados así como los mejores resultados obtenidos con el control con relación al resto, los que presentaban cantidades pequeñas de otros desechos y especialmente follaje de *M. oleifera* como componente común, demuestra la influencia determinante de este último aditivo en el comportamiento del anélido y que porcentajes

TABLA III
EFECTO DEL SUSTRATO ALIMENTICIO EN ESTADÍOS
DE LA LOMBRÍZ ROJA (*Eisenia* spp.)*

Sustrato	Mes			
	1	2	3	4
	Biomasa (g)			
A	8,17 ±4,12c	12,90 ±3,13bc	15,97 ±3,14b	20,70 ±4,20a
B	7,53 ±4,22c	4,03 ±2,09d	0	0
C	1,33 ±0,08e	4,13 ±2,00d	0	0
D	0,36 ±0,11e	4,00 ±2,01d	0	0
E	0,23 ±0,10e	0	0	0
	Lombrices totales			
A	72,67 ±15,87c	69,66 ±14,21c	97,67 ±14,76b	133,01 ±16,43a
B	29,33 ±3,87d	35,73 ±7,43d	0	0
C	10,00 ±3,82e	40,67 ±6,65d	0	0
D	4,00 ±1,12f	33,67 ±4,48c	0	0
E	2,67 ±1,07g	0	0	0
	Lombrices adultas			
A	4,33 ±1,73d	31,00 ±6,39b	29,67 ±7,34b	53,00 ±10,23a
B	14,67 ±3,73c	8,70 ±2,87c	0	0
C	2,67 ±1,03e	9,33 ±3,09c	0	0
D	1,33 ±0,20e	10,00 ±4,27c	0	0
E	0	0	0	0
	Lombrices juveniles			
A	39,67 ±5,86b	28,33 ±7,45c	49,67 ±2,09b	56,67 ±6,48a
B	9,33 ±3,23de	13,70 ±4,83d	0	0
C	6,00 ±2,15e	14,67 ±3,59d	0	0
D	2,67 ±1,04f	7,00 ±2,89de	0	0
E	2,33 ±1,01f	0	0	0
	Lombrices bebés			
A	28,67 ±5,98a	10,33 ±4,02c	18,33 ±3,63b	23,34 ±3,60a
B	5,33 ±2,23d	13,33 ±3,26c	0	0
C	1,33 ±0,67e	16,67 ±2,93c	0	0
D	0	0	0	0
E	0,33 ±0,04f	0	0	0
	Cápsulas			
A	8,33 ±2,48c	10,67 ±4,32c	51,67 ±11,21a	29,00 ±7,48b
B	12,67 ±3,78c	35,33 ±6,34b	0	0
C	2,67 ±1,01d	29,00 ±7,45b	0	0
D	4,00 ±1,62d	24,33 ±6,32b	0	0
E	0	0	0	0

*referido a 1900ml de muestra

Medias ± desviación estándar con letras diferentes en cada estadio muestran diferencias significativas a $P < 0,05$. Los sustratos son A: estiércol bovino (100%), B: estiércol bovino (96%) + cepa de *S. officinarum* (3%) + *M. oleifera* (1%), C: estiércol bovino (96%) + residuo de comederos de bovinos (3%) + *M. oleifera* (1%), D: estiércol bovino (96%) + cepa de *S. officinarum* (1%) + cepa de *Musa* sp. (1%) + residuo de comederos de bovinos (1%) + *M. oleifera* (1%), E: estiércol bovino (96%) + cepa de *Musa* sp. (2%) + *M. oleifera* (2%).

tan bajos como el 1% causan un efecto negativo en la fisiología del animal.

Desde el punto de vista integral, el incremento de biomasa, lombrices y cápsulas hasta los dos meses de evaluación en la mayoría de los sustratos fueron sustanciales. El mejor comportamiento se observó siempre en las lombrices alimentadas solamente con estiércol bovino, aspecto que ha sido señalado en numerosos estudios con este tipo de lombriz y está relacionando con las características químicas de esta fuente, que la convierte en un sustrato ideal para la cría del invertebrado, aún cuando la incorporación de restos

vegetales adecuados enriquece el sustrato (Hernández *et al.*, 1999).

Si bien es conocido que el estiércol vacuno presenta adecuada fracción fibrosa y de minerales, algunos estudios han indicado el efecto nocivo en la población de lombrices cuando al estiércol se le ha adicionado algunos componentes tales como leguminosas forrajeras (*Stizolobium* (Mucuna), *Erithryna* (Bucare) e *Inga* (Guamo)) y estiércol de cerdo, atribuido fundamentalmente a los elevados tenores proteicos de estos materiales, sin haber considerado la posible influencia de los metabolitos presentes (García *et al.*, 1995; Hernández *et al.*, 1996a).

Considerando que *M. oleifera* constituyó el componente con la mayor cantidad de N, ha sido demostrado que alimentos con elevadas concentraciones de proteínas pueden afectar la conversión de alimentos en *Eisenia* spp. (Satchell, 1983). Este factor también pudo haber influido en el comportamiento poblacional del anélido. Por otra parte, estudios bioquímicos han planteado la importancia determinante del peso metabólico y la superficie corporal en los mecanismos de detoxificación inherentes a los animales monogástricos (García *et al.*, 2005).

Asimismo, la ausencia en estos invertebrados de defensas fisiológicas primarias obtenidas por otros organismos durante la evolución, tales como la secreción de proteínas con elevada proporción de aminoácidos específicos (prolina e hidroxiprolina) capaces de inactivar compuestos tóxicos, y la fermentación de algunas estructuras químicas complejas por bacterias endógenas, puede ser otra de las causas relacionadas con la susceptibilidad de la lombriz a alimentos que contienen compuestos con propiedades deletéreas (Satchell, 1983).

Se ha demostrado que *Eisenia* spp. es capaz de asimilar elevadas concentraciones de algunos compuestos protóxicos y metales (Cu, Fe, Cd, Pb, Zn), sin observarse síntomas aparentes de intoxicación a corto plazo (Irelan, 1983). Es posible que algunos de los metabolitos

secundarios presentes en los sustratos utilizados en el presente trabajo se hayan concentrado en el tejido hasta niveles intolerables para las lombrices. Muchos de estos compuestos secundarios han surgido precisamente como mecanismos de defensa de algunas plantas para evitar la herbivoría en condiciones naturales. En el caso de los compuestos fenólicos (FT, TPP, TC) la elevada afinidad por moléculas proteicas endógenas presentes en la saliva, en el resto del sistema digestivo o en la piel de los animales constituye la forma por la cual estos metabolitos causan su efecto perjudicial (Makkar, 2003).

En el caso de los anélidos, donde la respiración se realiza a través de la cutícula de la piel hasta el peritoneo, pasando por la epidermis y las capas musculares, quizás pudo existir un acopleamiento irreversible entre los taninos presentes en el follaje de *M. oleifera* y la cepa de *Musa* sp. y las proteínas externas, interfiriendo en el transporte de O_2 a la célula, provocando anoxia (Satchell, 1983).

Por otra parte, muchos de los taninos vegetales inactivan enzimas digestivas, encargadas de hidrolizar las fracciones nutritivas mayoritarias y también pueden causar deterioro de la fauna intestinal, impidiendo la asimilación de aminoácidos y minerales (García, 2004).

Según Kumar (1992) las lecninas, compuestos proteínicos de origen secundario, pueden reaccionar con los carbohidratos de la dieta y aquellos presentes en las membranas, además de que se unen a los eritrocitos e impiden el transporte efectivo de estas células por el sistema circulatorio. En el caso de los Terp y las Sap, cuando no son biotransformados en el tracto gastrointestinal pueden causar interferencias debido al impedimento estérico que ocasionan en el tejido intestinal. Los alcaloides presentan una amplia diversidad en cuanto a su potencial farmacológico, pero en invertebrados la toxicidad se agudiza sustancialmente por no contar con mecanismos

enzimáticos capaces de eliminarlos, aun cuando las pruebas clásicas toxicológicas no se han realizado en el caso de la lombriz roja (García, 2004).

En otros invertebrados, incapaces de diversificar su dieta en condiciones de laboratorio, se ha demostrado la inhibición del consumo en presencia de alimentos ricos en metabolitos tánicos, lo que pudiera constituir otra de las causas de la mortalidad total de las lombrices a partir del segundo mes de evaluación. Al respecto, en moluscos e insectos se ha demostrado la influencia selectiva de algunos metabolitos secundarios en etapas específicas del ciclo de vida (Hostettmann y Wolfender, 1997), lo cual indica la posibilidad de que alguno de los compuestos presentes haya influido en una u otra etapa, aspecto que se observó numéricamente en la dinámica poblacional de cada estadio y su correspondencia en el tiempo.

Adicionalmente, los fitoestrógenos, fenoles presentes en muchas plantas utilizadas en la alimentación animal, causan inhibición de la reproducción por mimetizar la acción de algunas hormonas (García y López, 2004). En este sentido, la presencia de lombrices adultas y poca cantidad de cápsulas en algunos tratamientos pudiera ser un indicador que explique el efecto antireproductivo de los polifenoles en estos organismos; considerando que en el trópico una lombriz en condiciones óptimas es capaz de producir más de dos cápsulas semanalmente (Hernández *et al.*, 1996b).

También se ha demostrado que existe un efecto supresor en la reproducción de *Eisenia* spp. cuando los anélidos no se encuentran bien alimentados debido al pobre valor nutritivo del sustrato, por escasez de alimento o por trastornos nutricionales inducidos (Ferruzzi, 1987).

Conclusiones

La inclusión de *M. oleifera* en pequeñas proporciones (1 y 2%) en sustratos alimenticios para la cría de *Eisenia* spp. a base de elevadas cantidades de

estiércol bovino (96%) y porcentajes inferiores de cepa de *S. officinarum*, cepa de *Musa* sp. y residuos de comederos de bovinos, provoca una mortalidad total en las lombrices adultas, jóvenes y bebés e inhibe la deposición de cápsulas a partir de los dos meses de ser alimentadas.

Con la adición al estiércol de *M. oleifera* (2%) y cepa de *Musa* sp. (2%) se obtienen los peores resultados. En todas las variables medidas las mejores respuestas se observaron cuando las lombrices fueron alimentadas solamente con estiércol.

El efecto nocivo del follaje de *M. oleifera* en la alimentación de la lombriz roja pudiera encontrarse relacionado con la concentración de metabolitos polifenólicos (FT y TPP) y/o la presencia de terpenos, lectinas, saponinas y alcaloides con propiedades antinutricionales o por la incidencia externa de alguno de estos compuestos.

Para evitar la acción deletérea de este follaje en las lombrices, se recomienda emplear mayor tiempo de compostaje o la deshidratación natural para eliminar el efecto negativo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CDCHT-ULA el financiamiento parcial de esta investigación, realizada como parte del proyecto CDCHT-NURR-C-337-03-01-C.

REFERENCIAS

- AOAC (2000) *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemist Arlington, VA, EEUU. 500 pp.
- Castillo A, Guarín S, Iglesias MC (2000) Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agric. Téc.* 60: 74-79.
- De Marcano D, Hasegawa M (2002) *Fitoquímica Orgánica*. 2^a ed. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 450 pp.
- Ferruzzi C (1987) *Manual de lombricultura*. Mundi Prensa. Madrid, España. 138 pp.
- Flores MT, Alvira P (1987) Composición químico-bromatológica y

proporción de aminoácidos de la harina de la lombriz de tierra (*E. foetida* Sav. y *L. rubellus* Hoff.). *An. Edaf. Agrobiol.* 7-8: 785-798.

Flores MT, Alvira P (1988) The earthworm (*E. foetida* Sav. and *L. rubellus* Hoff.). Biology and uses. *An. Edaf. Agrobiol.* 7-8: 771-778.

García DE (2004) Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. *Pastos y Forrajes* 27: 1-12.

García DE, López O (2004) Los fitoestrógenos: ¿mitos o amenaza para la alimentación animal en el trópico?. *Pastos y Forrajes* 27: 303-316.

García DE, Medina MG, Soca M, Montejo IL (2005) Toxicidad de las leguminosas forrajeras en la alimentación de animales monogástricos. *Pastos y Forrajes* 28: 279-289.

García DE, Medina MG (2006) Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop.* 24: 233-250.

García DE, Medina MG, Domínguez C, Baldizán A, Humbría J, Cova L (2006) Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 24: 401-415.

García MD, Reinés M, Domínguez PL, Mederos CM, Gutiérrez A (1995) Utilización de excretas porcinas en la cría de lombrices de tierra. Inclusión de lombrices frescas en dietas para cerdos. *Rev. Comput. Prod. Porcina* 2: 45-52.

Hernández JA, Rincón ML, Jiménez R (1997) Comportamiento de la lombriz roja (*E. foetida*) bajo condiciones de clima cálido. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 14: 387-392.

Hernández JA, Ramírez N, Bracho B, Faría A (1999) Caracterización del crecimiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) bajo condiciones de clima cálido. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 25: 1-7.

Hernández JA, Contreras C, Palma R (2002) Efecto de los restos de la palma aceitera sobre el desarrollo y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia* spp.). *Rev. Fac. Agron.* 19: 304-311.

Hernández JD, Montes de Oca P, Villalobos C (1996a) Comportamiento de la lombriz de tierra *Eisenia foetida* en seis sustratos a base de estiércoles y leguminosas. *Mem. X Cong. Nac. Agronómico*. San José, Costa Rica. pp. 34.

Hernández JD, Montes de Oca P, Villalobos C (1996b) Estudio reproductivo de la lombriz de

tierra *E. foetida* en cuatro sustratos en la finca experimental Santa Lucía. *Mem. X Cong. Nac. Agronómico*. San José, Costa Rica. pp. 33.

Hostettmann K, Wolfender JL (1997) The search for biologically active secondary metabolites. *Pest. Sci.* 51: 471-482.

Irelan MP (1983) Earthworm and soil pollution. En Satchell JE (Ed.) *Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture*. Chapman & Hall, New York, EEUU. pp. 247-265.

Kumar R (1992) Antinutritional factors. The potential risks of toxicity and the methods to alleviate them. En Speedy AW, Pugliese PL (Eds.) *Legumes Trees and other Fodder Trees as Protein Source for Livestock*. FAO Animal Production and Health Paper N° 102. pp. 145-160.

Makkar HPS (2003) *Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. A Laboratory Manual*. Kluwer. Dordrecht, Holanda. 102 pp.

Restrepo AM, Tobón SI, Valencia JA (2000) Extracción, caracterización y aplicación industrial del licor tánico a partir del seudotallo del clon de plátano 'África 1' (*Musa* AAB). En Cayón DG, Giraldo GA, Arcila MI (Eds.) *Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia*. CORPOICA. Bogotá, Colombia. pp. 199-205.

Satchell JE (1983) *Earthworm ecology from Darwin to vermiculture*. Chapman & Hall, Nueva York, EEUU. 485 pp.

Segovia E (1996) *Análisis físico-químico de la harina de lombriz Eisenia foetida*. Tesis. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 70 pp.

Vielma R, Ovalles JF, León 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 pre-columna con oftalaldehído (OPA). *Ars Pharm.* 44: 43-58.

Visauta B (1998) Análisis Estadístico con SPSS para Windows. En Visauta B (Ed) *Estadística Multivariante*. Mc-Graw-Hill-Interamericana. Madrid, España. 200 pp.

Zhao SW, Fun-Zhen H (1992) The nitrogen uptake efficiency from N¹⁵ labelled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). En Veeresh GK, Rajagopal D, Viraktamath CA (Eds.) *Advances in management and conservation of soil fauna*. New Dehli, India. pp. 539-542.