

# EFFECTO DEL SUSTRATO ALIMENTICIO EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EL VALOR NUTRITIVO DE LA HARINA DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia spp.*)

## Effect of the Nutritional Substrate in the Chemical Composition and Nutritives Value of Red Worm (*Eisenia spp.*) Meal

Danny Eugenio García<sup>1</sup>, Luis José Cova<sup>2</sup>, Alexander Rafael Castro<sup>3</sup>, María Gabriela Medina<sup>1</sup> y José Rafael Palma<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Trujillo, Venezuela. E-mail: dagamar8@hotmail.com.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Parasitológicas "José Witremundo Torrealba", Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de los Andes, estado Trujillo, Venezuela. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Tierras, Valera, estado Trujillo, Venezuela.

<sup>4</sup>Laboratorio de Nutrición, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, estado Aragua, Venezuela

### RESUMEN

Se evaluó la composición química y el valor nutritivo de la harina deshidratada de la Lombriz Roja (*Eisenia spp.*) alimentada previamente en 4 sustratos caracterizados en base seca (BS) [S<sub>0</sub>: estiércol bovino 100%; S<sub>1</sub>: estiércol bovino 97% + cepa de plátano 1% + residuo de comederos de bovinos 2%; S<sub>2</sub>: estiércol bovino 95% + cepa de caña 3% + residuo de comederos de bovinos 2%; S<sub>3</sub>: estiércol bovino 96% + cepa de caña 3% + cepa de plátano 1%]; el ensayo se realizó en el estado Trujillo, Venezuela, utilizando un diseño totalmente aleatorizado y cinco réplicas por tratamiento. Las variables químicas cuantificadas fueron: materia seca (MS), proteína cruda (PC), proteína verdadera (PV), proteína soluble (PS), grasas totales (GrT), ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos mono-insaturados (AGI), ácidos grasos poli-insaturados (AGP), energía bruta (EB), fracción fibrosa (FDN y FDI), perfil aminoacídico, minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn) y ceniza (Cz). La estimación del valor nutritivo se realizó en términos de digestibilidad con pepsina y pancreatina (MS, PC y MO), digestibilidad ruminal *in vitro* (MS, PC y MO) y degradabilidad ruminal *in situ* (MS, PC y MO). Entre las harinas solamente se observaron diferencias significativas en los contenidos de ceniza, Fe y Mn a favor de S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub> (P<0,05). Todas presentaron niveles proteicos superior al 53 %BS, elevada fracción energética, de aminoácidos y minerales. Los resultados permiten afirmar que los sustratos ensayados no causan variaciones importantes en la composición química y el valor nutritivo de la harina de *Eisenia spp.*, a excepción de los contenidos de algunos microelemen-

tos. Esta fuente de nutrimentos pudiera utilizarse satisfactoriamente como suplemento esencialmente proteico en la alimentación animal.

**Palabras clave:** Composición química, valor nutritivo, harina de lombriz, *Eisenia spp.*, lombricultura.

### ABSTRACT

Chemical composition and nutritive value of Red Worm (*Eisenia spp.*) dehydrated meal were evaluated previously fed with 4 substrates characterized in dry base (BS) [S<sub>0</sub>: bovine manure 100%; S<sub>1</sub>: bovine manure 97% + banana cook stump 1% + remainder of bovines feed 2%; S<sub>2</sub>: bovine manure 95% + cane stump 3% + remainder of bovines feed 2%; S<sub>3</sub>: bovine manure 96% + cane stump 3% + banana cook stump 1%]; an experiment was carried out in Trujillo State, Venezuela, using a randomized design and five replicates per treatment. The quantified chemical variables were: dry matter (MS), crude protein (PC), true protein (PV), soluble protein (PS), total fats (GrT), saturated fatty acids (AGS), mono-unsaturated fatty acids (AGI), poly-unsaturated fatty acids (AGP), gross energy (EB), fibrous fraction (FDN and FDI), aminoacidic profile, minerals (Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn) and ash (Cz). Pepsin and pancreatin digestibility (MS, PC and MO), *in vitro* ruminal digestibility (MS, PC and MO) and *in situ* ruminal degradability (MS, PC and MO) were determined. Only significant differences were observed in ash, Fe and Mn contents (P<0.05). High protein concentrations (>53% MS), energetic fraction and amino acids levels were observed. Not important variations in the chemical composition and nutritive value of *Eisenia spp.* meals

with tried substrates were observed. This source could be satisfactorily used as proteinic supplement in animal nutrition.

**Key words:** Chemical composition, nutritive value, worm meal, *Eisenia spp.*, vermiculture.

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda incesante de recursos alimenticios que sean capaces de proveer al ganado de adecuadas proporciones de proteína y energía, con el requerimiento de mínimos insumos, es uno de los objetivos fundamentales que se persiguen para la producción animal en los países tropicales.

La suplementación con concentrados comerciales a base de oleaginosas de elevada calidad y valor nutritivo; así como con la inclusión del follaje de árboles forrajeros constituyen las estrategias más utilizadas en los sistemas de alimentación en Latinoamérica [12].

Por otra parte, la utilización de dietas no convencionales en la alimentación animal ha tomado un papel preponderante en los últimos años por los buenos resultados productivos que se han obtenido [10]. Al respecto, la utilización de harinas de carnes, específicamente de anélidos, en la suplementación de roedores, aves, peces, reptiles, anguilas, anfibios, mascotas domésticas y pequeños rumiantes constituye una estrategia viable en el manejo de estos animales [21]. En este sentido, la harina deshidratada de *Eisenia spp.*, conocida comúnmente como Lombriz Roja, es una de las soluciones a dicha problemática [6]. Los análisis químicos de su carne han mostrado una elevada concentración de proteínas (>60% BS) y de aminoácidos esenciales para la dieta [28]. No obstante, existe poca información disponible sobre la cantidad de otros nutrimentos importantes presentes en la biomasa, su valor nutritivo y el efecto que pudiera ocasionar el sustrato en la calidad de la harina de lombriz en condiciones de clima cálido.

Por tales motivos el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de cuatro sustratos alimenticios, a base de estiércol bovino *Bos taurus - indicus*, en la composición química y el valor nutritivo de la harina deshidratada de *Eisenia spp.* en condiciones tropicales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características de la zona experimental

El experimento se realizó en la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" (EEPARR) de la Universidad de los Andes en el sector La Catalina, Vega Grande, parroquia La Paz, municipio Pampán del estado Trujillo, Venezuela, situada entre los paralelos 09° 35' 00" y 09° 37' 19" de latitud norte y entre los meridianos 70° 27' 00" y 70° 31' 39" de longitud oeste, a una altitud entre 270 y 300 msnm [10].

El clima en el área de experimentación está caracterizado por presentar una precipitación media mensual no menor de 45,7 mm en el mes más seco (junio). La región presenta características típicas del trópico con temperaturas relativamente uniformes durante la mayor parte del año, las mínimas no son menores de 22°C y las máximas no mayores a 37°C. El valor de la humedad relativa promedio anual es de 63%. La vegetación presente está conformada predominantemente por la perteneciente a la zona de vida del bosque seco tropical [10].

### Infraestructura de la unidad experimental

La producción de *Eisenia spp.* se realizó en 4 canteros de 2,5 m de largo, 1 m de ancho y 0,6 m de profundidad. Los compartimentos conformaban una sola estructura de bloques techados separados en 4 partes por delgados tabloncillos de cemento armado; 0,15 m del fondo inclinado fue cubierto por bloques de arcilla (16 x 20 x 15 cm) con sacos de fibra de nailon para permitir el drenaje; la parte superior de los canteros se protegió con un armazón de madera y tela fina de alambre, encima se colocaron láminas aislantes para protección tanto de las aves como del sol.

### Formulación de los sustratos

Se prepararon 4 mezclas de sustratos de 1300 L cada una. Las formulaciones se calcularon en base seca. Los sustratos alimenticios correspondieron con: S<sub>0</sub>: estiércol de bovino (100%), S<sub>1</sub>: estiércol de bovino (97%) + cepa de plátano (1%) + residuo de los comederos de los bovinos (2%), S<sub>2</sub>: estiércol de bovino (95%) + cepa de caña (3%) + residuo de los comederos de los bovinos (2%), S<sub>3</sub>: estiércol de bovino (96%) + cepa de caña (3%) + cepa de plátano (1%). Estos fueron compostados durante 1 mes, se removieron una vez a los 15 días, se regaron semanalmente y se recubrieron con un plástico negro de polietileno con abertura en el centro para permitir el escape de gases.

La composición química de los componentes de cada sustrato se muestra en la TABLA I.

### Fuente de inóculo y siembra

El inóculo para la siembra provino de una finca ovejera. Con anterioridad al experimento, las lombrices fueron criadas en sustrato de estiércol de ovejas *Ovis aries*, bagacillo de caña, hojarasca y residuos urbanos. Se sembraron 2,9 kg de inóculo con 1,16 kg de biomasa.

### Cría de las lombrices

*Eisenia spp.* fue alimentada durante cuatro meses con los sustratos formulados. A las lombrices de los canteros se les comenzó a suministrar alimento a los 15 días después de iniciado el ensayo, y después semanalmente con 50 L de cada sustrato, lo que hizo un volumen total, incluido el inicial, de 1250 L.

TABLA I  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA (% BS) DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE *Eisenia spp.*** / **CHEMICAL COMPOSITION (% BS) OF USED SUBSTRATES IN *Eisenia spp.* FEEDING.**

Componente	MS	N	P	K	Ca	Cz	MO
Estiércol	70,32	1,43	0,75	0,43	1,01	7,54	92,46
Cepa de plátano	15,76	0,92	0,99	0,73	0,75	5,73	94,27
Cepa de caña	70,20	1,00	1,02	0,88	1,21	4,95	95,05
Residuo	40,76	2,11	1,40	1,02	1,32	8,58	91,42

Después del periodo establecido para la obtención de la biomasa, una parte de ésta se dejó en el cantero original, otra se pasó a nuevos canteros y otra se utilizó para la determinación de la composición química y el valor nutritivo.

#### Obtención de las harinas

Se utilizaron 3 Kg. de biomasa por tratamiento para la confección del material harinoso. Las lombrices se lavaron profusamente con agua durante 15 minutos y fueron depositadas en un beaker de 5 L con suficiente agua hasta la evacuación total del bolo alimenticio. Se sacrificaron mediante tratamiento térmico (0°C) por 18 horas; al día siguiente se colocaron en bandejas plásticas y se expusieron al sol para su presecado durante 8 horas. Después fueron colocadas en una estufa analógica (YRH 02-3, Kaltein, Venezuela) con ventilación forzada a 60°C por 12 horas. Posteriormente la biomasa fue molida en un molino tipo corona (04/249, marca Royal Triumph de pitones, Reino Unido) y se colocó en frascos ámbar herméticos de 250 mL y se almacenaron a 0°C hasta el momento del análisis.

#### Mediciones analíticas

Todos los resultados se expresaron en materia seca. A cada harina por quintuplicado se le determinó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), proteína verdadera (PV), proteína soluble (PS) (método de Lowry), grasas totales (GrT), energía bruta (EB) en una bomba calorimétrica Parr en condiciones adiabáticas, minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn) en un espectrofotómetro de adsorción atómica (Accusys, marca Buck 211-VGP, EUA) y ceniza (Cz), todas según la AOAC (Association of Official Analytical Chemist) [1]. La proporción de ácidos grasos saturados (AGS), mono-insaturados (AGI) y poli-insaturados (AGP) se cuantificaron mediante un cromatógrafo de gases (marca Hewlett Packard, modelo 6890 Plus, EUA) acoplado a espectrometría de masa y previa derivatización con diazometano [29]. La fibra detergente neutro (FDN) se determinó mediante el procedimiento tradicional con el uso de detergente se cuantificó [24]. La fibra dietética insoluble (FDI) mediante el método enzimático-gravimétrico [2,9] y el perfil aminoacídico (dos muestras por tratamiento), a excepción de los niveles de triptófano, mediante hidrólisis ácida previa y análisis por cromatografía de columna HPLC (marca Shimadzu, modelo LC-10AT, Japón) [16].

#### Valor nutritivo

La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), digestibilidad *in vitro* de la MO (DIVMO) y digestibilidad *in vitro* de la PC (DIVPC) se determinó mediante el método de pepsina-pancreatina empleando un tamaño de partícula de 1 mm [4, 5]. La digestibilidad ruminal *in vitro* a las 72 h de la MS (DRIVMS), digestibilidad ruminal *in vitro* de la PC (DRIVPC) y digestibilidad ruminal *in vitro* de la MO (DRIVMO) se determinó mediante la técnica clásica utilizada para estimar estas variables [23]. La degradabilidad ruminal *in situ* de la MS (DgISMS), degradabilidad ruminal *in situ* de la PC (DgISPC) y degradabilidad ruminal *in situ* de la MO (DgISMO) a las 72 h se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nailon en rumen [18], empleando tres bolsas (50 micra) por tratamiento y tres repeticiones en el tiempo. Aproximadamente 2g de cada harina fueron incubados en el rumen de tres ovinos de la raza West African (39,4 ± 2,48 kg de peso vivo) previamente sometidos a un régimen constante de alimentación, basado en heno (*Cynodon spp.*) *ad libitum*, concentrado comercial (80 g/animal/día) y agua a voluntad.

#### Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño totalmente al azar con cuatro tratamientos (sustratos) y cinco réplicas.

Los sustratos fueron: S<sub>0</sub>: estiércol bovino 100% (Testigo); S<sub>1</sub>: estiércol bovino 97% + cepa de plátano 1%, residuo de comederos de bovinos 2%; S<sub>2</sub>: estiércol bovino 95% + cepa de caña 3% + residuo de comederos de bovino 2%; S<sub>3</sub>: estiércol bovino 96% + cepa de caña 3% + cepa de plátano 1%.

No se utilizó ningún sustrato que no contuviera estiércol vacuno; ya que en las condiciones semi-comerciales de la EE-PARR, la cual es eminentemente ganadera, resulta poco práctico alimentar a estos anélidos en un sustrato sin estiércol, además de que las heces de diferentes animales son reconocidas como el sustrato idóneo en la lumbricultura [6, 21]. Dada las condiciones experimentales, tampoco se diseñaron tratamientos donde las lombrices solo se alimentaran con los desechos de forma independiente, ya que para garantizar la biodisponibilidad de los nutrimentos para las lombrices, se debe adicionar estiércol que favorece la descomposición del resto de los componentes.

### Métodos estadísticos

El procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 8,0 para Windows [30]. Inicialmente se realizó análisis de normalidad y homogeneidad de varianza. Para comparar la composición de las harinas según los tratamientos se llevó a cabo un ANOVA simple empleando la dócima de comparación de Student-Newman-Keuls (SNK) y las medias fueron comparadas al 5 % de probabilidad.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis inicial, considerando las repeticiones utilizadas, exhibió normalidad de los datos y homogeneidad de varianza para todas las variables cuantificadas en esta investigación.

En general, no se encontraron diferencias significativas en la composición bromatológica y los niveles de minerales entre los tratamientos (TABLAS II y III). Sin embargo, las harinas obtenidas con S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub> presentaron concentraciones significativamente superiores de Fe, Mn y ceniza con respecto al resto (P<0,05).

Al analizar los resultados de la composición química de la harina de lombriz según los sustratos alimenticios, en todos los casos los niveles de PC fueron superiores al 53% BS concentraciones ligeramente menores a las informadas por algunos autores en la cría de *Eisenia spp.* bajo diferentes condiciones edafoclimáticas [25, 26]. Adicionalmente, los valores de PC son similares al obtenido con lombrices alimentadas con

desechos orgánicos en el trópico [8, 22]; aunque inferior al encontrado en Latinoamérica bajo condiciones nutricionales óptimas (64-67%) [7].

No obstante, la concentración proteica en estos anélidos puede variar con el tipo de alimento suministrado durante el periodo experimental, el nivel de nitrógeno en la dieta, la frecuencia de consumo y la cantidad de éste que sea asimilado por la lombriz [28].

La elevada proporción de PC (N x 6,25) en todos los casos, denota las características esencialmente proteicas de estas fuentes alimenticia, aspecto que ha sido señalado en investigaciones en las cuales se ha comparado la cantidad de nitrógeno de *Eisenia spp.* con las de otros tipos de lombrices terrestres [22]. Estas características son las que determinan la inclusión de este alimento no convencional dentro de un numeroso grupo de ingredientes para raciones destinadas a animales en Venezuela, tales como la harina de carne, pescado, soya, girasol y algodón [12].

Dado que el sustrato utilizado presentó como componente fundamental estiércol bovino y proporciones diferenciadas de cepa de plátano, caña, y residuos de los comederos, estos componentes no afectan la calidad de la biomasa de la lombriz en términos de su calidad en las condiciones descritas.

Por otra parte, los elevados valores de PV denotan la gran proporción de nitrógeno aminoacídico en esta fuente de alimento. Los considerables niveles de PS muestran la elevada solubilidad de la fracción nitrogenada; aspecto que pudiera

**TABLA II**  
**COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA (% BS) DE LA HARINA DE *Eisenia spp.* SEGÚN LOS SUSTRATOS ALIMENTICIOS/**  
**BROMATOLOGICAL COMPOSITION (% BS) OF *Eisenia spp.* MEAL ACCORDING TO THE NUTRITIONAL SUBSTRATES.**

Sustrato	MS	PC	PV	PS	GrT	EB•	AGS	AGI	AGP	FDN	FDI
S <sub>0</sub>	19,92	57,29	51,16	90,26	4,81	19,74	3,12	1,32	1,43	2,82	8,12
S <sub>1</sub>	20,21	56,67	50,91	91,00	5,75	20,08	3,89	1,87	1,85	2,91	7,96
S <sub>2</sub>	21,62	53,98	48,62	88,78	4,37	18,91	3,01	1,98	1,85	3,13	8,86
S <sub>3</sub>	19,69	56,59	49,96	91,78	5,75	18,09	3,10	1,79	1,37	2,82	8,58
EE±	6,13	9,23	6,96	5,76	1,07	2,54	0,17	0,10	0,21	0,21	0,42

•kJ/kg MS.

**TABLA III**  
**COMPOSICIÓN DE MINERALES Y CENIZA (% BS) DE LA HARINA DE *Eisenia spp.* SEGÚN LOS SUSTRATOS**  
**ALIMENTICIOS/ MINERAL AND ASH CONTENTS (% BS) OF *Eisenia spp.* MEAL ACCORDING TO THE NUTRITIONAL SUBSTRATE.**

Sustrato	P	K	Ca	Mg	Na	Fe•	Cu•	Mn•	Zn•	Cz
S <sub>0</sub>	0,79	0,69	0,31	0,20	0,53	1158b	18	33b	125	9,61b
S <sub>1</sub>	0,83	0,72	0,41	0,25	0,57	1278b	18	35b	114	10,68b
S <sub>2</sub>	0,79	0,69	0,38	0,23	0,50	2059a	20	54a	116	16,44a
S <sub>3</sub>	0,81	0,70	0,38	0,25	0,50	1915a	20	50a	115	15,45a
EE±	0,07	0,08	0,09	0,04	0,10	102*	4	15*	32	3,32•

(a,b) medias con letras no comunes en una misma columna muestran diferencias significativas a P<0,05. •ppm.

contribuir a una mayor asimilación de aminoácidos en el intestino de los animales monogástricos y mayor proporción de proteína sobrepasante en rumiantes [3].

Los niveles de GrT oscilaron entre 4,37 y 5,75% BS valores que coinciden, en buena media, con los obtenidos para esta variable en Lombrices Rojas alimentadas con desechos de la producción porcina [9]. La fracción de ácidos grasos individuales (AGS, AGI y AGP) coincide con investigaciones desarrolladas en Venezuela, donde los AGS forman la proporción más cuantiosa de dichos metabolitos [29].

Los contenidos de EB fueron elevados y similares a los obtenidos en otras investigaciones, encontrándose en el mismo orden de los concentrados comerciales para la alimentación animal a base de oleaginosas y harinas de carne [14, 19].

Por otra parte, la fracción de FND y FDI en todos los casos fue baja. Este último indicador resulta ser más preciso para indicar las características fibrosas de los alimentos de origen animal y por sus bajos valores, las harinas pueden ser utilizadas en considerables proporciones en la alimentación de animales monogástricos tales como aves y reptiles.

Los niveles de macroelementos se encuentran en el rango reportado por algunos autores [27], aunque las diferencias en las concentraciones de Fe y Mn entre las harinas, pudieran encontrarse condicionadas por las características químicas de los sustratos, los porcentajes de cada componente y la asimilación de cada ración por parte del anélido.

Los porcentajes de Cz obtenidos en las harinas de *Eisenia spp.* alimentadas con S<sub>0</sub> y S<sub>1</sub> fueron similares a los infor-

mados en evaluaciones integrales realizadas en esta fuente de nutrimentos 7;25. No obstante, las elevadas concentraciones de Cz obtenidas con S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub> son similares a las reportadas en muestras de *E. foetida* alimentadas bajo condiciones nutricionales similares a las prevalecientes en este experimento [27]. En ese sentido, los valores de Cz son relativamente altos para alimentos destinados al consumo animal y esto se debe quizás a que las lombrices pudieron adsorber cuantiosamente estos minerales en el proceso de biotransformación de los desechos orgánicos que consumieron en cada caso [9].

Al comparar los niveles de PC y EB cuantificados en esta investigación con otras fuentes de origen vegetal, se demuestra la superioridad de *Eisenia spp.* como alimento de elevada calidad para su utilización en la producción animal. No obstante, este material tiene como desventaja fundamental su bajo contenido de MS por lo cual es recomendado solamente como suplemento dietético, en pequeñas relaciones, para sistemas de producción a pequeña y mediana escala, que consideren animales que presenten consumos relativamente bajos.

Debido a los elevados valores de EB y GrT, los alimentos derivados de este anélido se han recomendado tradicionalmente como suplementos para peces (tilapias), los cuales reciben bajos contenidos de esta fracción en las dietas tradicionales y tienen la característica de oxidar con mayor eficiencia los lípidos que los carbohidratos [13].

En la TABLA IV se presentan los datos del contenido de aminoácidos esenciales, excepto el triptófano.

El perfil aminoacídico de las harinas mostró un predominio de los ácidos glutámico (12,07 ± 0,22) y aspártico (9,09 ±

**TABLA IV**  
**CONTENIDO AMINOACÍDICO (%) DE LA HARINA DE *Eisenia spp.* SEGÚN LOS SUSTRATOS ALIMENTICIOS/ AMINOACÍDICO**  
**CONTENT (%) OF *Eisenia spp.* MEAL ACCORDING TO THE NUTRITIONAL SUBSTRATE.**

Aminoácidos (g/100g MS)	Sustrato				EE±
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	
Alanina	3,62	3,59	3,12	3,18	0,48
Arginina	4,15	4,09	4,21	3,96	0,26
Acido aspártico	9,16	9,29	8,89	9,01	0,36
Cistina	2,02	2,12	2,09	1,96	0,18
Acido glutámico	12,11	12,00	11,96	12,19	0,22
Glicina	3,15	3,16	3,21	3,11	0,15
Histidina	2,96	3,02	2,99	3,15	0,14
Isoleucina	4,01	4,01	4,21	4,06	0,36
Leucina	6,82	6,59	6,77	6,91	0,30
Lisina	6,32	6,12	6,09	5,99	0,24
Metionina	1,12	0,97	1,12	1,01	0,24
Fenilalanina	1,15	1,25	1,19	1,17	0,12
Serina	3,19	3,30	3,21	3,16	0,34
Treonina	4,10	4,15	4,08	3,95	0,48
Tirosina	0,09	0,12	0,16	0,10	0,09
Valina	5,13	5,21	5,36	5,19	0,40

0,36), leucina ( $6,77 \pm 0,30$ ) y lisina ( $6,13 \pm 0,24$ ). Los porcentajes de valina ( $5,23 \pm 0,40$ ), arginina ( $4,10 \pm 0,26$ ), treonina ( $4,07 \pm 0,48$ ), alanina ( $3,38 \pm 0,48$ ), serina ( $3,22 \pm 0,34$ ), glicina ( $3,16 \pm 0,15$ ) e histidina ( $3,03 \pm 0,14$ ) fueron inferiores y los valores más discretos correspondieron con los niveles de fenilalanina ( $1,19 \pm 0,12$ ), metionina ( $1,06 \pm 0,24$ ) y tirosina ( $0,12 \pm 0,09$ ). No obstante, no se observaron diferencias significativas en la composición de aminoácidos entre las harinas estudiadas ( $P < 0,05$ ).

Los resultados en cuanto a la proporción de aminoácidos coinciden con los de otros autores [9, 28] donde se han utilizado técnicas analíticas similares. Adicionalmente, esta fuente presenta un perfil balanceado si se compara con otros alimentos tradicionales empleados en la nutrición animal en condiciones comerciales en países tropicales [17].

En sentido general, las harinas evaluadas presentan una composición en aminoácidos esenciales que confirma la potencialidad de este recurso proteico para que sea destinado a la alimentación animal en condiciones intensivas. No obstante, la literatura científica informa la deficiencia de las harinas de lombriz en triptófano y metionina [25], lo cual coincide con los resultados de este ensayo para este último importante aminoácido.

En cuanto al valor nutritivo de las harinas la TABLA V muestra los resultados obtenidos.

La DIVMS, DIVPC, DIVMO (pepsina y pancreatina), la DRIVMS, DRIVPC y DRIVMO (incubación *in vitro* con líquido ruminal) y la DgISMS, DgISPC y DgISMO (incubación en el rumen), no presentaron diferencias estadísticas entre las harinas ni tampoco entre las repeticiones para cada caso ( $P < 0,05$ ). En todos los tratamientos, los valores de digestibilidad y degradabilidad para las fracciones medidas oscilaron entre 50 y 90%.

Los valores de DIVMS, DIVPC, DIVMO, DRIVMS, DRIVPC, DRIVMO, DgISMS, DgISPC y DgISMO obtenidos son muy elevados si se comparan con otras fuentes proteicas de alta calidad usadas tradicionalmente en la producción animal [15,19,20,26]; lo cual demuestra la factibilidad de uso de este material en la alimentación, siempre que la proporción de inclusión en las dietas sea la correcta.

Los porcentajes de degradabilidad ruminal coinciden en buena medida con los obtenidos al evaluar harinas a base de productos animal y vegetal con elevados contenidos de proteínas y energía, utilizados exitosamente en la alimentación de rumiantes tales como la soya, harina de pescado y leguminosas forrajeras tropicales [3]; aunque la mayor parte de la información disponible sobre la calidad y degradabilidad ruminal *in situ* de los alimentos destinados a animales se refieren a pastos y forrajes [10,11], y en el mejor de los casos a harinas de pescado, carne y vísceras [12]. En el presente caso, los valores obtenidos son superiores a los informados en dichas investigaciones por varias unidades porcentuales, lo cual denota la mejor calidad de la harina de lombriz comparada con la de pescado y carne. Estas harinas de desecho animal presentan bajas DgISMS y DgISPC y un aporte considerable de proteína sobrepasante a las partes bajas del tracto gastrointestinal. En dichos casos, los resultados han sido atribuidos a la elevada solubilidad de estos materiales en el licor ruminal. También es posible que la considerable solubilidad de la MS y la PC de las harinas haya influido en los resultados, y no necesariamente la desaparición de estas fracciones en el rumen se deba al ataque efectivo de los microorganismos. No obstante, desde el punto de vista integral, esta fuente de alimento es superior, en cuanto a calidad y valor nutritivo, a las harinas de carne y los hidrolizados a base de desechos animal de uso actual en la producción animal contemporánea.

**TABLA V**  
**VALOR NUTRITIVO (%) DE LA HARINA DE *Eisenia spp.* SEGÚN LOS SUSTRATOS ALIMENTICIOS/ NUTRITIVE VALUE (%)**  
**OF *Eisenia spp.* MEAL ACCORDING TO THE NUTRITIONAL SUBSTRATE.**

Variable	Sustrato				EE±
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	
DIVMS	79,20	81,15	77,36	80,26	5,50
DIVPC	88,57	82,12	89,19	82,98	9,20
DIVMO	81,16	88,98	80,01	80,90	9,80
DRIVMS	85,85	84,84	78,69	79,23	11,52
DRIVPC	62,13	60,92	61,16	61,06	3,19
DRIVMO	89,78	88,84	87,98	86,91	6,28
DgISMS	79,19	88,13	81,15	85,18	9,30
DgISPC	52,14	58,15	63,16	62,02	12,8
DgISMO	51,12	55,90	52,60	56,38	9,30

## CONCLUSIONES

Los sustratos utilizados en la alimentación de *Eisenia spp.*, en sentido general, no produjeron cambios sustanciales en la calidad de las harinas en términos de la composición bromatológica, aminoacídica y valor nutritivo. Las diferentes concentraciones de Fe, Mn y Cz obtenidos con S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>, comparados con S<sub>0</sub> y S<sub>1</sub>, se encuentran condicionados por las características de cada fuente de alimento y la asimilación de estos por parte de las lombrices.

## IMPLICACIONES

Dado la elevada calidad de la harina deshidratada de *Eisenia spp.*, esta fuente de nutrimentos pudiera utilizarse, sin ningún impedimento, como suplemento de alto valor nutritivo en la alimentación de animales con bajo índice de consumo, debido a su buen perfil de aminoácidos.

## AGRADECIMIENTO

Al CDCHT-Mérida por el financiamiento parcial para la realización de esta investigación (CDCHT-NURR-C-337-03-01-C). A la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" por el apoyo recibido en el desarrollo del ensayo. Al laboratorio de Nutrición Animal del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-Maracay) por su colaboración en algunas de las determinaciones analíticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). Official Methods of Analysis. Ed. Arlington. Virginia. EUA. 500 pp. 2000.
- [2] ASP, N.G.; JOHANSSON, C.G.; HALLNER, H.; SILJESTION, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **J. Agric. Food Chem.** 31: 476-482. 1990.
- [3] BENITO, M.; SAN MARTÍN, F.; CARCELEN, F.; ARBAIZA, T. Proteína sobrepasante en ovinos alimentados con residuo de cosecha amonificado. **Rev. Inv. Vet. Peru.** 12(1): 212-215. 2001.
- [4] BOISEN, S.; FERNANDEZ, J.A. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by *in vitro* analysis. **Anim. Feed Sci. Technol.** 51: 29-43. 1995.
- [5] DIERICK, N.; VERVAEKE, I.; DECUYPERE, J.; HENDERICKX, H.K. Protein digestion in pigs measured *in vivo* and *in vitro*. In: Just. A., Jorgensen, H.; Fernández, J.A. (Eds). **Digestive Physiology in the Pig.** 580 Beret Stat Husdyrbrugsfors Kobenhavn. Germany, 329-332 pp. 1985.
- [6] FERRUZZI, C. **Manual de lombricultura.** Editorial Mundi Prensa. Madrid-Castelo 37. Madrid, España. 138pp. 1987.
- [7] FLORES, M.T.; ALVIRA, P. 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. 1987.
- [8] FLORES, M.T.; ALVIRA, P. The earthworm (*E. foetida* SAV. and *L. rubellus* HOFF.). Biology and uses. **An. Edaf. Agrobiol.** 7(8): 771-784. 1988.
- [9] GARCÍA, M.D.; MACÍAS, M.; MARTÍNEZ, V.; RODRÍGUEZ, M.; MASTRAPA, L.; DOMÍNGUEZ, P.L. Composición química de dos especies de lombrices de tierra (*Eisenia foetida* y *Eudrilus eugeniae*) obtenidas a partir de residuales porcinos Instituto Nacional de Investigaciones porcinas La Habana, Cuba. 2007. En línea. [Http://www.Sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev42/maridia.htm](http://www.Sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev42/maridia.htm) Consulta: 10/08/2007.
- [10] GARCÍA, D. E.; MEDINA, M. G. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. **Zoot. Trop.** 24(3): 233-250. 2006.
- [11] GARCÍA, D.E.; MEDINA, M.G.; DOMÍNGUEZ, C.; BALDIZÁN, A.; HUMBRÍA, J.; COVA, L. Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. **Zoot. Trop.** 24(4): 401-415. 2006.
- [12] GODOY, S.; CHICCO, C. Degradación ruminal *in situ* de diferentes fuentes de proteína **Zoot. Trop.** 9(1): 3-24. 1991.
- [13] GONZÁLEZ, B.; TOLEDO, J.; RUBIO, M. *Influencia del nivel y fuentes de lípidos en la dieta sobre el crecimiento de alevines de O. aureus.* Folleto de investigación. Empresa Nacional de Acuicultura, La Habana, Cuba. 4-6 pp. 1988.
- [14] GONZÁLVO, S.; NIEVES, D.; LY, J.; MACÍAS, M.; CARÓN, M., MARTÍNEZ V. Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos 2001. **Livestock Res. Rural Develop.** 13(2). En Línea:[www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/gonz132.htm](http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/gonz132.htm). Consulta: 10/ 08/2007.
- [15] MACÍAS, M. Estudios de métodos de evaluación del nitrógeno de follaje de árboles y arbustos para cerdos. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, Cuba. Tesis de Maestría. 69 pp. 1999.
- [16] MASON, V.C., BECH, S.; RUDEMO, M. Hydrolyzed preparation for amino acid determination in feed constituents. Studies of oxidation condition for stream lined

- procedures. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. Soc.** 43: 146-164. 1980.
- [17] MEDINA, A.; ARAQUE, J. Obtención, composición química, funcional, perfiles electroforéticos y calidad bacteriológica de la carne de lombriz (*Eisenia foetida*). **Rev. de la Fac. de Farm. (ULA-Mérida)** 37: 31-38. 1999.
- [18] MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **J. Agric. Sci.** 88: 645-649. 1977.
- [19] NIEVES, D. Forrajes promisorios para la alimentación de conejos en Venezuela. Valor nutricional. 2007. En línea: [http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii\\_encuentro/duilio.htm](http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/duilio.htm). Consulta: 10/08/2007.
- [20] SAFIYÉ, G.; NIEVES, D.; LY, J.; MACÍAS, M.; CARÓN, M.; MARTÍNEZ, V. Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. **2001. Livestock Res. Rural Develop.** (13)2. En línea: <Http://www.cipav.Org.co/lrrd/lrrd13/2/gonz132.htm>. Consulta: 10/08/2007.
- [21] SATCHELL, J.E. Use of earthworm. **Earthworm ecology from Darwing to vermiculture**. Satchell, J.E. (Ed). Chapman & Hall LTD. 485 pp. 1983.
- [22] TACÓN, A.G.; STAFFORD, A.; EDWARD, C.A. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricides worms for ranbow trant. **Aquacult.** 35:187-199. 1983.
- [23] TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forages crops. **J. Brit. Grass. Soc.** 18: 104-111. 1963.
- [24] VAN SOEST, P.J.; ROBERSON, J.; LEWIS, B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74: 3583-3597. 1991.
- [25] VELÁSQUEZ, L.; HERRERA, C.; IBÁÑEZ, I. Harina de lombriz I Parte: Obtención composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. **Aliment.** 11(1): 15-21. 1986.
- [26] VELÁSQUEZ, L. Consideraciones nutricionales, bioquímicas y físicas de la harina de lombriz en la alimentación de especies acuícola. Folleto editado por Velásquez, L. Alto Jahuel, Chile, 9 pp. 1987.
- [27] VIELMA-RONDÓN, R.; CARRERA, P.; RONDÓN, C.; MEDINA, A. Contenido de minerales y elementos traza en harina de lombriz californiana *Eisenia foetida*. **LI Convención. Anual de ASOVAC**. Universidad del Táchira Venezuela. San Cristóbal 18 pp. 2001.
- [28] VIELMA-RONDÓN, R.; OVALLES-DURÁN, J.F.; LEÓN-LEAL, A.; MEDINA, A. 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 o-ftalaldehído (OPA). **Ars. Pharma.** 44(1): 43-58. 2003.
- [29] VIELMA-RONDÓN, R.; USUBILLAGA, A.; MEDINA, A. Estudio preliminar de los niveles de ácidos grasos de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. **Rev. de la Fac. de Farm.** (ULA-Mérida). 45(2): 39-44. 2003.
- [30] VISAUTA, B. Análisis Estadístico con SPSS para Windows. En: **Estadística Multivariante**. Visauta, B. (Ed). Mc-Graw-Hill-Interamericana de España. Universidad de Valladolid. Madrid, España. 200 pp. 1998.