

Efecto de dietas proteicas a base de harina de lombriz roja (*Eisenia spp.*) en el comportamiento del hámster dorado (*Mesocricetus auratus* L.). I. Dinámica de peso y digestibilidad

Effect of protein diets based on red worm (*Eisenia spp.*) meal in the behavior of golden hamster (*Mesocricetus auratus* L.). I. weight dynamic and digestibility

D.E. García¹, L.J. Cova², J.V. Scorza D.², M.E. González³, P. Pizzani⁴,
M. G. Medina¹, F. Perea¹ y D. González¹

¹Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (NURR), Universidad de Los Andes (ULA), estado Trujillo, Venezuela

²Instituto Experimental “José Witremundo Torrealba”, ULA, estado Trujillo, Venezuela

³Departamento de Biología y Química, Núcleo Universitario NURR, ULA, estado Trujillo, Venezuela

⁴Área Agronomía, Universidad Nacional Experimental “Rómulo Gallegos”, estado Guárico, Venezuela.

Resumen

Se evaluó el consumo de agua, dinámica del peso vivo y metabólico, y digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) en 72 Hámsters Dorados (*Mesocricetus auratus* L.) que consumieron dietas (n=12 cada una) elaboradas a base de harina de Lombriz Roja (*Eisenia spp.*; HL) y descritas de la forma siguiente: D₁: PB=13,5% (HL: 21%); D₂: PB=15,4% (HL: 24%); D₃: PB=17,6% (HL: 27%); D₄: PB=19,6% (HL: 30%) y dos alimentos convencionales (D₀: Conejarina®; PB11,4% y D₅: Ratarina®; PB=21,1%). El estudio se realizó en el Vivario del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” de la Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela. Los datos se analizaron mediante un diseño totalmente aleatorizado para medidas repetidas en el tiempo. El mayor consumo diario de agua se observó a los 9 días en el grupo alimentado con D₄ (16,33 mL/animal), mientras que en el resto de los grupos la mayor ingestión de agua ocurrió el día 18 del experimento. Los hámsters del grupo D₄ fueron luego retirados del ensayo y sacrificados por exhibir signos de intoxicación. La mayor ganancia de peso (>1g/animal/día) se

Recibido el 27-1-2010 ● Aceptado el 30-1-2012

Autor de correspondencia e-mail: dagamar8@hotmail.com

observó a partir de los 15 días de iniciado el experimento en los animales alimentados con D₁ y D₅, siendo estos mismos tratamientos lo que presentaron la mayor DAMS promedio (73,03 y 77,61%, respectivamente). La alimentación con D₃ y D₄ afectó drásticamente la ganancia de peso y la DAMS en los animales (P<0,05). Con D₁ se logró una ganancia de peso y una digestibilidad similar a la obtenida sólo con Ratarina®. La HL constituyó un suplemento proteico de buena calidad nutritiva para el hámster dorado cuando fue incluida en la dieta en una proporción del 21%.

Palabras clave: Harina de lombriz, composición nutricional, *Eisenia* spp., hámster dorado, digestibilidad.

Abstract

It was evaluated the water intake, dynamics of body and metabolic weight and apparent digestibility of dry matter (DAMS) in 72 Golden Hamster (*Mesocricetus auratus* L.) that consumed diets (n=12) made with red worm (*Eisenia* spp.; HL) meal and describe as: D₁: PB=13,5% (HL: 21%); D₂: PB=15,4% (HL: 24%); D₃: PB=17,6% (HL: 27%); D₄: PB=19,6% (HL: 30%) and two commercial feeds (D₀: Conejarina®, PB=11.1% and D₅: Ratarina®, PB=21,1%). The study was conducted at the vivarium of the Núcleo Universitario "Rafael Rangel, Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela. The data were analyzed by a completely randomized design with repeated measures. The main water intake was observed in animals fed with D₄ (16.33 mL.animal⁻¹) on day 9 of the experiment, while in the rest of the groups the maximum water consumption was on day 18. The hamsters of D₄ group were later removed of the assay and sacrificed because exhibited food intoxication symptoms. Starting from day 15 of the experiment, the animals fed with D₁ and D₅ presented the greater weight gain (>1g.animal.day⁻¹); also animals from D₁ and D₅ groups had the greater DAMS average (73.03 and 77.61%, respectively). Animals that consumed D₃ and D₄ affected drastically the weight gain and DAMS in the animals (P<0.05). However, with D₁ a similar weight gain and DAMS were obtained compared with Ratarina®. The HL represented a protein supplement of good nutritional quality for the Golden Hamster when was included in a proportion of 21% in the diet.

Key words: earthworm meal, nutritional composition, *Eisenia* spp., golden hamster, digestibility.

Introducción

La evaluación de fuentes de alimentos no convencionales para animales es, en la actualidad, uno de los principales objetivos de los profesionales que trabajan en el área de la nutrición

Introduction

The evaluation of non conventional food sources for animals is nowadays one of the main objectives of professionals who work in the nutrition area in Latin America,

en los países Latinoamericanos, donde la disponibilidad de ingredientes de elevado valor nutricional es limitada. Si bien es conocido que existen numerosos forrajes y residuos agroindustriales que constituyen alternativas para la suplementación de los rumiantes (García *et al.*, 2009), la evaluación de alimentos no tradicionales que sean factibles para no rumiantes constituye un reto más difícil, considerando los elevados requerimientos que presentan estos animales y algunos aspectos intrínsecos asociados con los sistemas intensivos de producción (Savón *et al.*, 2008).

Una de las principales limitantes en la búsqueda de alimentos adecuados para estos animales radica en la concentración y la calidad de la proteína presente en dichas fuentes, la cual en todos los casos no es adecuada para mantener los estándares de producción a escala comercial. En este sentido, la harina de la Lombriz Roja (*Eisenia* spp.) se perfila como una importante fuente de proteínas de calidad (>50% en base seca) y de aminoácidos de elevada disponibilidad, para ser utilizada en la nutrición animal (Morón-Fuenmayor *et al.*, 2008). Sin embargo, existen pocas evaluaciones en las cuales se ha estudiado su viabilidad como material suplementario (Cova *et al.*, 2009).

Por otra parte, los animales de laboratorio constituyen no solo modelos biológicos idóneos para realizar estudios de fisiología y farmacología aplicada, sino también para desarrollar investigaciones relacionadas con otras áreas del conocimiento (De Jesús y Quintero, 2001; De Jesús y Quintero, 2008); prescindiendo del uso de otros

where the availability of ingredients with high nutritional value is limited. It is well known that there are numerous fodder and agro industrial residues that are alternatives for feeding the ruminants (García *et al.*, 2009), the evaluation of nontraditional food feasible for monogastric constitute a difficult goal, considering the elevate requirements that these animals have, and some intrinsic aspects related to intensive production systems (Savón *et al.*, 2008).

One of the main limiting factors searching the adequate food for these animals relies on the concentration and quality of protein present in such sources, which in all cases is not adequate to keep the standards of production at a commercial scale. In the sense, flour of red worm (*Eisenia* spp.) seems to be as an important source of high-quality protein (>50% in dry base) and of amino acids with high availability to be used in the animal nutrition (Morón-Fuenmayor *et al.*, 2008). However, there are few researches where has been studied its variability as supplementary material (Cova *et al.*, 2009).

On the other hand, the laboratory animals do not only constitute suitable biological models to carry physiology and applied pharmacology researches, but also to develop researches related to other knowledge areas (De Jesús and Quintero, 2001; De Jesús and Quintero, 2008); excluding the use of bigger animals that require higher quantity of food in their diets for the realization of nutritional tests. In this matter, Gold Hamster (*Mesocricetus auratus* L.) constitutes an adequate alternative

animales más grandes que requieren mayor cantidad de alimento en sus dietas para la realización de pruebas nutricionales. En este sentido, el Hámster Dorado (*Mesocricetus auratus* L.) constituye una alternativa adecuada para evaluar preliminarmente las potencialidades de alimentos experimentales por su fácil manejo, baja capacidad ingestiva y docilidad (Llewellyn *et al.*, 1985; Carr *et al.*, 1996; Campbell *et al.*, 2009).

Por tales motivos, el objetivo de esta investigación fue estudiar el uso de dietas a base de harina deshidratada de *Eisenia* spp., y otras fuentes de alimentos convencionales, sobre el comportamiento de *M. auratus* en términos de dinámica de peso vivo y metabólico, consumo de agua y digestibilidad aparente del alimento.

Materiales y métodos

Localización del ensayo

El estudio se desarrolló en el Vivario del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (NURR) de la Universidad de Los Andes (ULA), Trujillo, estado Trujillo, Venezuela, que se encuentra localizado a 800 msnm, con una temperatura media anual de 25,2°C y 69% de humedad relativa.

Condiciones de experimentación

Se utilizaron 72 hámsters hembras (*M. auratus*) con un peso promedio de 81,45 ± 8,5 g, provenientes del Bioterio de la Facultad de Ciencias de la ULA, Mérida, Venezuela; los cuales fueron divididos en 12 grupos de seis animales y distribuidos de forma aleatoria en jaulas de acero inoxidable de 45,5 cm de largo, 40,0 cm de

for evaluating the potentialities of experimental food by the easy handle, low digestive capacity and docility (Llewellyn *et al.*, 1985; Carr *et al.*, 1996; Campbell *et al.*, 2009).

For such reasons, the objective of this research was to study the use of diets based on dehydrated flours of *Eisenia* spp., and other sources of conventional food, on the behavior of *M. auratus* in terms of dynamic of alive and metabolic weight, consumption of water and apparent digestibility of the food.

Materials and methods

Location of the essay

The research was developed at the vivarium of the University campus “Rafael Rangel” (NURR) of Universidad de los Andes (ULA), Trujillo, Trujillo state, Venezuela, located at 800 masl with an annual mean temperature of 25.2°C and 69% of relatively humidity.

Experiment conditions

72 female hamsters (*M. auratus*) were used with an average weight of 81.45±8.5 g, coming from the Botanic of the Science Faculty of ULA, Mérida, Venezuela; which were divided in 12 group of six animals distributed at random in stainless steel cages of 45.5 cm of length and 40.0 cm of width and 22 cm of height with interchangeable metallic trays in the inferior part for collecting the excrements. During all the essay phase, the animals were submitted to light-darkness cycles of 12 h, with supply of water and daily offer of food 20% superior to the indicated by hamsters using maintenance diets (NRC, 1995).

ancho y 22 cm de altura, con bandejas metálicas intercambiables en la parte inferior para la recolección de excretas. Durante todas las etapas del ensayo los animales fueron sometidos a ciclos de luz-oscuridad de 12 h, con suministro de agua a voluntad y una oferta diaria de alimento de un 20% superior a lo indicado para hámsteres usando dietas de mantenimiento (NRC, 1995).

Para la adaptación a las condiciones de experimentación los animales fueron confinados una semana previa al inicio del experimento, en las condiciones descritas anteriormente; en dicho periodo se les suministró diariamente una dieta peletizada constituida por 11,4% de proteína bruta (PB); 1,2% de grasas; 44,0% de fibra detergente neutro (FDN); 64,4% de extracto libre de nitrógeno (ELN), 8,6% de cenizas y agua *ad libitum*. Posteriormente al periodo pre-experimental, todos los días a las 7:00 am, y por 21 días, se les ofertaron las dietas en los comederos de cada jaula, después de la respectiva dosificación diaria; retirándose el remanente del día anterior, que fue pesado para determinársele el contenido de materia seca (MS) (AOAC, 1990).

Ingredientes, formulación de dietas y tratamientos

Para la formulación de las raciones, de acuerdo a los tratamientos, se usaron varios ingredientes; estos fueron: pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*), granos de maíz (*Zea mays* L.), gelatina tratada (Pandock, Distribuidora Valera, Trujillo, Venezuela), carbonato de calcio (CaCO_3), fosfato monocálcico ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) y melaza. La composición química de los

For the adaptation to experimental conditions, the animals were confined a week prior to the experiment, in the conditions previously described, in such period were daily provided with a pelleting diet constituted by 11.4% of raw protein (PB); 1.2% of fats; 44.0% of neutral detergent fiber (FDN); 64.4% of extract free of nitrogen (ELN), 8.6% of ashes and *ad libitum* water. Consequently to the pre experimental period, all days at 7:00 am and for 21 days, were given the diets on each cage, after their respective daily dose, retiring the remnant the day after, which was weighted to determine the content of dry matter (MS) (AOAC, 1990).

Ingredients, formulation of diets and treatments

For formulating the portions, according to the treatments, different ingredients were used, these were: *Cynodon nlemfluensis*, grains of corn (*Zea mays* L.), treated gelatin (Pandock, Distributor Valera, Trujillo, Venezuela), calcium carbonate (CaCO_3), monocalcium phosphate ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) and molasses. The chemical composition of the ingredients and the formulated diets are in table 1.

Restructuring of the food and obtaining of the pellet

Considering that Ratarina® and Conejarina® presented different pellet sizes, these food were initially restructured with comparative purposes. Initially were grinded using a crown-type grinder (14/249, Royal Triumph brand), which was also used for the rest of the components of the diets.

The ingredients of each diet were homogenized sequentially, employing

ingredientes y las dietas formuladas se muestra en el cuadro 1.

Reestructuración del alimento y obtención de los pellet

Considerando que la Ratarina® y la Conejarina® presentaban tamaños de pellet diferentes, estos alimentos fueron inicialmente reestructurados con fines comparativos. Inicialmente se molieron usando un molino tipo corona (14/249, marca Royal Triumph), que también se utilizó para el resto de los componentes de las dietas.

Los ingrediente de cada dieta se homogenizaron, de forma secuenciada, empleando un homogenizador eléctrico (Equifarm, marca ULTRATURRAX). Para la reestructuración se usó una peletizadora de 8 cuchillas de corte con variador electrónico de velocidad y motor de 3HP. Los pellet formados fueron secados en una estufa con ventilación forzada (YRH 02-3, marca Kaltein) durante 48 horas y después de enfriarse se mantuvieron a temperatura ambiente (25°C). Se dosificaron las cantidades a ofertar en los comederos según cada tratamiento.

Las características físicas de los pellet de cada dieta fueron las siguientes: peso = $1,40 \pm 0,2$ g/pellet; largo = $1,83 \pm 0,5$ cm; ancho = $1,03 \pm 0,2$ cm. Parámetros de dureza: absorción de agua a los 15 minutos = $66,30 \pm 0,2\%$ (p/p); distancia de fracturabilidad = $0,35 \pm 0,02$ cm y tiempo de fracturabilidad = $0,08 \pm 0,002$ s.

Mediciones analíticas en los alimentos

Se determinaron los contenidos de PB, calcio (Ca) y fósforo (P), mediante las metodologías tradicionales para análisis de alimentos (AOAC, 1990). La

an electrical homogenizer (Equifarm, ULTRATURRAX brand). For the restructuration was used a pellet press with 8-cut knives with electrical variator of velocity and a motor of 3HP. The pellet forms were let dried in a stove with forced ventilation (YRH 02-3, Kaltein brand) for 48 hours and once cold were kept at environment temperature (25°C). The quantities to be offered were dosed in the feed hopper according to each treatment.

The physical characteristics of the pellet of each diet were the following: weight= 1.40 ± 0.2 g/pellet; length = 1.83 ± 0.5 cm; width = 1.03 ± 0.2 cm. Hardness parameters: absorption of the water at 15 minutes = $66.30 \pm 0.2\%$ (p/p); fracturability distance = 0.35 ± 0.02 cm and fracturability time = 0.08 ± 0.002 s.

Analytical measures in food

The contents of PB, calcium (Ca) and phosphorus (P) were determined, using the traditional methodologies for the analysis of food (AOAC, 1990). The neutral detergent fiber (FDN) quantified according to the neutral detergent and subsequent filtration (Van Soest *et al.*, 1991). The apparent metabolizable energy values (EM) of HL, as well as the rest of the ingredients, were taken after the estimations done in *M. auratus* por Cova and García (2006) in a previous research.

Measures in animals

The daily consumption was estimated by difference between the quantity of liquid offered at 7:00 am (1 liter) and the remnant the following day. The correction was done in function of the daily evaporation in the laboratory using additional bottles. In

Cuadro 1. Composición química y porcentual de los ingredientes utilizados en el periodo experimental.

Table 1. Chemical and percentage composition of the ingredients used in the experimental period.

Ingrediente (%)	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
Conejarina®	100	-	-	-	-	-
HL	-	21,00	24,00	27,00	30,00	-
Pasto estrella	-	24,90	25,0	23,00	22,62	-
Gelatina	-	38,50	34,48	26,68	20,58	-
Carbonato de calcio	-	0,10	0,12	0,02	-	-
Fosfato monocalcico	-	0,50	0,40	0,40	0,40	-
Maíz (granos)	-	10,00	11,00	17,90	22,00	-
Melaza	-	5,00	5,00	5,00	5,00	-
Ratarina®	-	-	-	-	-	100
Variable						
PB (g.kg ⁻¹)	114,2	135,0	154,0	176,0	196,0	210,9
EM (kcal.kgMS ⁻¹)	1254	1359	1465	1746	1944	2003
FDN (g.kg ⁻¹)	440,6	450,8	437,2	412,4	400,2	420,3
Ca (g.kg ⁻¹)	2,6	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
P(g.kg ⁻¹)	1,8	2,0	1,9	2,0	2,1	2,0

HL: harina de lombriz, relación EM:PB = 1:10

fibra detergente neutro (FDN) se cuantificó según el tratamiento con detergente neutro y filtraciones subsecuentes (Van Soest *et al.*, 1991). Los valores de energía metabolizable aparente (EM) de la HL, así como del resto de los ingredientes, se tomaron a partir de las estimaciones realizadas en *M. auratus* por Cova y García (2006) en una investigación previa.

Mediciones en los animales

El consumo diario de agua se estimó por diferencia entre la cantidad de líquido ofertado a las 7:00 am (1 litro) y el remanente del siguiente día. Se realizó la corrección en función de la evaporación diaria dentro del laboratorio usando frascos adicionales. Para determinar el peso

order to determine the alive weight, was weighted individually the totality of animals with a plate balance (Precision Locknuts Expert); while the apparent digestibility of the dry matter (DAMS) was estimated using the following formula:

$$\text{DAMS} = \frac{\text{DM consumed (g)} - \text{DM excrements (g)}}{\text{DM consumed (g)} \times 100}$$

The assimilation level was calculated deducing the weight of stools to the quantity of the aliment consumed after doing the correspondent correction in function of the percentages of dry matter of food and excrements, for each case. The quantity of the food consumed, was

vivo se pesó de forma individual la totalidad de los animales con una balanza de plato (Precision Locknuts Expert); mientras que la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{DAMS} = \frac{\text{Consumo de MS(g)} - \text{peso seco de las heces(g)}}{\text{Consumo de MS(g)} \times 100}$$

El nivel de asimilación se calculó restando el peso de las heces a la cantidad de alimento consumido, luego de realizar la corrección correspondiente en función de los porcentajes de materia seca del alimento y las excretas, en cada caso. La cantidad de alimento consumido se estimó por la diferencia entre la oferta y el rechazo en cada jaula, dividiendo el valor resultante entre el número de animales presentes al momento de cada evaluación. El manejo, los cuidados y el mantenimiento de los hamsters se realizaron siguiendo las normas vigentes para el cuidado de animales de laboratorio (Home Office, 1989).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado para medidas repetidas en el tiempo, en el cual las dietas evaluadas constituyeron los tratamientos. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows® (Visauta, 1998). Para comparar los tratamientos en función de las variables medidas se empleó la prueba de comparación de SNK (Student-Newman-Keuls) para un 5% de probabilidad.

estimated by the difference between the offer and the rejection on each cage, dividing the resultant number between the numbers of animals present at the moment of each evaluation. The handle, cares and maintenance of the hamster were done following the current norms for the handle and care of laboratory animals (Home Office, 1989).

Experimental design and statistical analysis

A completely randomized design was applied for repeated measures, where the evaluated diets constituted the treatments. For processing the information, statistical software SPP, version 10.0 for Windows® was used (Visauta, 1998). In order to compare the treatments in function of the variables measured, the SNK comparison test (Student-Newman-Keuls) was used, for 5% of probability.

Results and discussion

The water consumption by hands of animals in the different experimental groups is shown in figure 1. Until the third day of the experiment the water consumption did not present significant differences in function of the diets ($P > 0.05$). After the sixth day, the animals fed conventionally (D_0 and D_5) consumed less water, however, in group D_4 was observed a higher consumption ($P < 0.05$), compare to the rest of the treatments. In the ninth and twelfth day, the consumption of water was similar between the animals fed with D_1 , D_2 and D_3 , even though in both moments the hamsters that consumed D_0 and D_5 drank less quantity of liquid compare to the rest of the groups.

Resultados y discusión

El consumo de agua de los animales en los diferentes grupos experimentales se muestra en la figura 1. Hasta el tercer día del experimento el consumo de agua no presentó diferencias significativas en función de las dietas ($P>0,05$). A partir del sexto día los animales alimentados convencionalmente (D_0 y D_5) consumieron menos agua; sin embargo, en el grupo D_4 se observó un mayor consumo ($P<0,05$), comparado con el resto de los tratamientos. En el noveno y duodécimo día el consumo de agua fue similar entre de los animales alimentados con D_1 , D_2 y D_3 , aunque en ambos momentos los hamsters que consumieron D_0 y D_5 ingerieron menor cantidad de líquido, comparado al resto de los grupos.

After removing the hamsters correspondent to treatment D_4 (by showing signs of intoxication), the ones fed with D_1 , D_2 and D_3 consumed a significant quantity of water until day twelve of the experiment. However, after the tenth day, and until the final day of the experiment, the consumption of the animals die not present differences among treatments, with an average ingest of 15.08 ml/animal/day. Generally, between the sixth and twelfth day was observed the highest variation in the intake of liquid; at the end of the essay the hamsters of all treatments duplicated the intake of water in relation of the beginning.

On the other hand, the dynamic of alive weight in function of each treatment is shown in figure 2. In the third day the animals feed with D_3 and

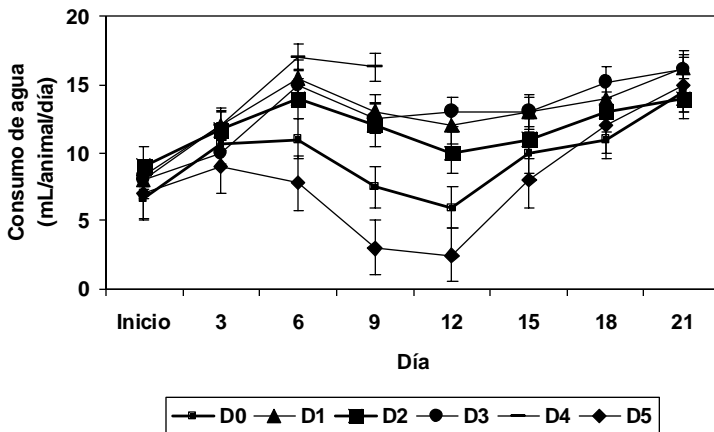


Figura 1. Consumo de agua realizado por hámsters alimentados con dietas a base de harina de *Eisenia* spp. y fuentes convencionales.

Figure 1. Water intake done by hamsters fed with diets based on *Eisenia* spp. meals and conventional sources.

Después de retirar los hámsters pertenecientes al tratamiento D₄ (por exhibir signos de intoxicación), los alimentados con D₁, D₂ y D₃ consumieron una significativa cantidad de agua hasta el día doce del experimento. Sin embargo, a partir del décimo quinto día, y hasta el final de la evaluación, el consumo de los animales no presentó diferencias entre tratamientos, con una ingesta promedio de 15,08 mL/animal/día. De forma general, entre el sexto y el décimo segundo día se observó la mayor variación en el consumo de líquido; y al final del ensayo los hámsters de todos los tratamientos duplicaron el consumo de agua respecto al inicio.

Por otra parte, la dinámica del peso vivo en función de cada tratamiento se muestra en la figura 2. En el tercer día los animales alimentados con

D₄ gained less weight compare to the gains obtained by the rest of the treatments. In group D₀ D₁ and D₂ was observed an intermediate gain, while the hamsters fed with D₅ exhibited a higher increment of weight. Likewise, after the sixth day, the animals fed with D₃ started showing inferior gains of weight, compare to the rest of experimental diets (P<0.05).

In the case of hamsters fed with D₄, was observed that they lost weight from the third day to the ninth day of the evaluation, moment where were removed from the essay. During the ninth day until the twelfth day, the alive and metabolic weight of animals fed with D₀, D₁, D₂ and D₅ did not shown statistical differences in between (P>0.05). Nevertheless, after that moment and until the end of the experiment, the animals fed with

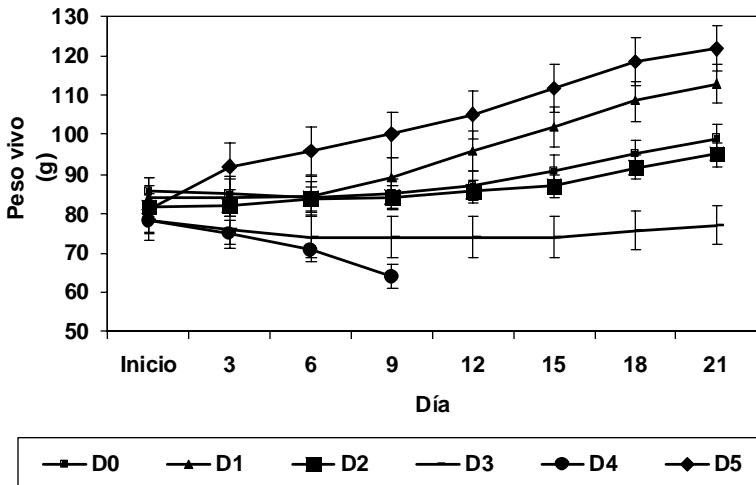


Figura 2. Dinámica del peso vivo de hámsters alimentados con dietas a base de harina de *Eisenia* spp. y fuentes convencionales.

Figure 2. Dynamic of alive weight of hamsters fed with diets based on *Eisenia* spp. meals and conventional sources.

D₃ y D₄ ganaron menos peso, comparado con las ganancias obtenidas con el resto de los tratamientos. En los grupos D₀, D₁ y D₂ se observó una ganancia intermedia; mientras que los hámsters alimentados con D₅ exhibieron un mayor incremento de peso. Asimismo, a partir del sexto día los animales alimentados con D₃ comenzaron a exhibir ganancias inferiores de peso, comparado con el resto de las dietas experimentales (P<0,05).

En el caso de los hámsters alimentados con D₄, se observó pérdida de peso desde el tercer al noveno día de evaluación, momento en el cual fueron retirados del ensayo. Durante el noveno y el duodécimo día el peso vivo y metabólico de los animales alimentados con D₀, D₁, D₂ y D₅ no mostraron diferencias estadísticas entre sí (P>0,05). No obstante, a partir de ese momento, y hasta el final del experimento, los animales alimentados con Ratarina® (grupo D₅) presentaron mayor tasa de crecimiento, seguido por los hámsters que consumieron D₁ (P>0,05). Las ganancias de peso de los animales alimentados con D₀ y D₂ no exhibieron variaciones significativas entre sí (P>0,05), aunque fueron inferiores a los animales de los grupos D₁ y D₅.

En general, las tendencias indican una ganancia de peso superior en el grupo D₅, secundado por D₁, que fueron seguidos por los grupos D₀ y D₂. En el caso de D₃, no se observó aumento sostenido de peso, mientras que los animales alimentados con D₄ tendieron a perder masa corporal desde el comienzo del experimento. Asimismo, cuando los datos fueron corregidos a peso metabólico (kg^{0.75}) se observó la misma tendencia en cada punto de

Ratarina® (group D5) presented a higher growth rate, followed by hamsters who consumed D₁ (P>0.05). The weight gains of animals fed with D₀ and D₂ did not show significant variations among them (P>0.05), though were inferior to animals of group D₁ and D₅.

In general, the tendencies indicate a superior weight gain in group D₅, followed by D₁, which were followed by D₀ and D₂. In the case of D₃, it was not observed a steady increment of weight, while the animals fed with D₄ tended to lose corporal mass from the beginning of the experiment. Likewise, when the data was corrected to metabolic weight (kg^{0.75}) was observed the same tendency on each point of analysis, showing that the best gains of weight were detected in the animals of group D₁ and D₅.

DAMS of the diets throughout the experimental period are shown in figure 3. At the beginning of the essay, the digestibility of all diets were similar in between (P0.05). However, the third day of the evaluation D₅ exhibited higher apparent digestibility compare to the rest of the formulas. In the sixth day, DAMS of groups D₁ and D₅ were statistically superior to the rest of the diets (P<0.05); while in the fourth and fifth evaluation (days 9 and 12) the digestibility with Conejarina® was inferior to the rest of the treatments. After the fifteenth day D₀ D₂ and D₃ exhibited less apparent digestibility until the end of the experiment, without observing significant differences among them (P>0.05). Generally, was observed an increment tendency of DAMS between the sixth and fifteenth day of the evaluation,

análisis, demostrándose que las mejores ganancias de peso se detectaron en los animales de los grupos D₁ y D₅.

La DAMS de las dietas durante el período experimental se muestra en la figura 3. Al inicio del ensayo la digestibilidad de todas las dietas fueron similares entre sí (P>0,05). Sin embargo, al tercer día de evaluación D₅ exhibió mayor digestibilidad aparente, comparada con el resto de las formulaciones. En el sexto día, la DAMS de los grupos D₁ y D₅ fueron superiores estadísticamente al resto de las dietas (P<0,05); mientras que en la cuarta y quinta evaluación (días 9 y 12) la digestibilidad de la Conejarina[®] fue inferior a los demás tratamientos. A partir del décimo quinto día D₀, D₂ y D₃ exhibieron la menor digestibilidad aparente hasta el final del experimento, sin observarse diferencias significativas entre sí (P>0,05). En sentido

moment where the percentages of digestible MS reduced for D₂ and D₃. The averages of DAMS for each diet during the experimental period were D₀: 42.81 ± 6.5; D₁: 73.03 ± 4.3; D₂: 54.55 ± 7.5; D₃: 50.19 ± 9.7; D₄: 42.68 ± 9.9; D₅: 77.61 ± 6.5%.

Water is an essential element for living beings, and in all the cases the percentage of corporal composition is superior to 56%, which might indicate that the consumption level is related to a great quantity of vital activities. On this matter, is known that in animals the highest intake of water occurs immediately after the consumption of food, likewise, the volume of water drank is determined by the quality and quantity of the aliment eaten (De Vries, 1996). On this sense, different researches have been done in different types of experimental animals, where is informed an

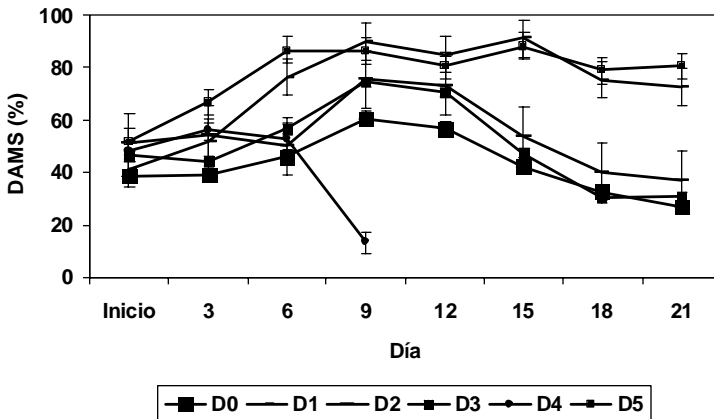


Figura 3. Digestibilidad aparente de la materia seca de hámsters alimentados con dietas a base de harina de *Eisenia* spp. y fuentes convencionales.

Figure 3. Apparent digestibility of dry matter of hamsters fed with diets based on *Eisenia* spp. meals and conventional sources.

general, se observó una tendencia de incremento de la DAMS entre el sexto y el décimo quinto día de evaluación; momento en el cual los porcentajes de MS digestible disminuyeron para D_2 y D_3 . Los promedios de DAMS para cada dieta durante el periodo experimental fueron: D_0 : $42,81 \pm 6,5$; D_1 : $73,03 \pm 4,3$; D_2 : $54,55 \pm 7,5$; D_3 : $50,19 \pm 9,7$; D_4 : $42,68 \pm 9,9$; D_5 : $77,61 \pm 6,5\%$.

El agua es un elemento esencial para los seres vivos, y en todos los casos el porcentaje de composición corporal es superior al 56%, lo cual presupone que el nivel de consumo se encuentre relacionado con una gran cantidad de actividades vitales. Al respecto, se conoce que en los animales la mayor ingesta de agua ocurre inmediatamente después del consumo del alimento; asimismo, el volumen de agua consumido está determinado por la calidad y la cantidad de alimento ingerido (De Vries, 1996). En este sentido, se han realizado numerosos estudios, en diferentes tipos de animales experimentales, en los cuales se informa una relación importante entre la composición de las dietas y el consumo de agua (De Vries, 1996; Rees y Watson, 2000; Ferreira *et al.*, 2002). Sin embargo, algunas investigaciones han mostrado resultados divergentes; ya que el comportamiento animal se encuentra influenciado por elementos innatos y aprendidos, por la preferencia específica por un tipo de alimento y por el estrés fisiológico y metabólico, tanto de animales en producción como de laboratorio (Misra y Singh, 2002). Por lo tanto, el comportamiento en el consumo de líquidos cuando se suministran dietas experimentales, podría estar sujeto a las

important relation between the composition of diets and the intake of water (De Vries, 1996; Rees and Watson, 2000; Ferreira *et al.*, 2002). However, some researchers have shown divergent results, since the animal behavior is influenced by innate and learned elements, by the specific preference by a type of food and by the physiological and metabolic stress in production animals and laboratory animals (Misra and Singh, 2002). Therefore, the behavior in the intake of liquids when are supplied experimental diets, might be subjected to learning experiences of the animal used on each essay (Campbell *et al.*, 2009) or due to immediate responses to regulate the osmotic balance in the intestine as a result of the food eaten (Mora *et al.*, 2009).

Additionally, the behavior of animals regarding the water and food consumption was strongly influenced by the breed and category of the animal, the particularities of the digestive system and of the excretion metabolism and, in a great way, by the level and energy-protein relation of the portion (Ferreira *et al.*, 2002). However, it was also proved that in some cases the water intake was not related to the voluntary consumption, the retention of nitrogen, the digestibility and ingest capacity (Hadjigeorgiou *et al.*, 2000).

From the biochemical point of view, has been determined that in many monogastric animals, there is a direct association between the leptin concentration, hormone produced by the adipocytes in proportion of its size with the water intake, which is

experiencias de aprendizaje del animal utilizado en cada ensayo (Campbell *et al.*, 2009) o debido a respuestas inmediatas para regular el balance osmótico en el intestino, como resultado del alimento consumido (Mora *et al.*, 2009).

Adicionalmente, el comportamiento de los animales en cuanto al consumo de agua y de alimento se encuentra influenciado de forma notable por la raza y la categoría animal, las particularidades del sistema digestivo y del metabolismo de excreción y, en gran medida, por el nivel y relación energía-proteína de la ración (Ferreira *et al.*, 2002). Sin embargo, también fue demostrado que en algunos casos la ingesta de agua no se asoció con el consumo voluntario, la retención de nitrógeno, la digestibilidad y la capacidad ingestiva (Hadjigeorgiou *et al.*, 2000).

Desde el punto de vista bioquímico, se ha determinado que en muchos animales no rumiantes existe una asociación directa entre la concentración de Leptina, hormona producida por los adipositos en proporción a su tamaño, con el consumo de agua, lo cual está regulado por el sistema nervioso (estimulación del centro de saciedad), en respuesta al tipo de dieta y la proporción de los principales nutrientes que la componen (Grunfeld *et al.*, 1996; Kuo *et al.*, 2005). En estos animales también se relacionó el consumo de agua con la tonicidad plasmática, la osmolaridad, el efecto de llenado del sistema digestivo, el estrés calórico, la concentración del ión sodio (Na^+) y otros electrolitos presentes en el agua y la dieta, así como con la compatibilidad del tipo de alimento y la bebida ofrecida.

regulated by the nervous system (stimulation of the satiety center) in response to the type of diet and the proportion of the main nutrients that compose them (Grunfeld *et al.*, 1996; Kuo *et al.*, 2005). In this animals, was also related the water intake to the plasmatic tonicity, osmolarity, the filling effect of the digestive system, caloric stress, concentration of sodium ion (Na^+) and other electrolytes present in the water and the diet, as well as the compatibility of the food's type and the beverage offered.

On the other hand, in adults rats Sprague-Dawley were observed substantial variations in the water intake related to physiological changes during different production cycles, in which case, the depression of the food and water intake was related to neuro-endocrine events (Tartelin and Gorski, 1971).

However, in the Syrian hamster, was reported that the water intake was not affected by the injection of electrolytes and other chemical compound (Na^+ and Cl^- ; polyethylene glycol, isoproterenol, serotonin and angiotensin II and III), which might indicate that the variations in the consumption of liquid in this specie might be related to specific components of the diets (Neil, 1988). This behavior was also informed for rats and degus (*Octodon degus*), which might indicate that in these rodents is a direct relation between the chemical characteristics of the food consumed and the acceptance of liquids.

In this sense, the ingest behavior of liquids in non ruminant animals also seems to be related specifically to the protean content of the diets; since the elevated levels of proteins must be

Por otra parte, en adultos de ratas Sprague-Dawley se observó variaciones sustanciales en el consumo de agua asociado a cambios fisiológicos durante varios ciclos de producción; en cuyo caso la depresión de la ingesta de alimentos y agua fue asociada con eventos neuroendocrinos (Tarttelin y Gorski, 1971).

Sin embargo, en el hámster Sirio, se reportó que el consumo de agua no fue afectado por la inyección de electrolitos y otros compuestos químicos (Na^+ y Cl^- ; polietilenglicol, isoproterenol, serotonina y angiotensina II y III), lo cual parece indicar que las variaciones en el consumo de líquido en esta especie podrían estar asociados a componentes específicos de las dietas (Neil, 1988). Este comportamiento también se informó para ratones y Degús (*Octodon degus*), lo cual podría indicar que en los roedores existe una relación directa entre las características químicas del alimento consumido y la aceptabilidad de líquidos.

En este sentido, también el comportamiento ingestivo de líquidos en algunos animales no rumiantes parece relacionarse específicamente con el contenido proteico de las dietas; ya que los niveles elevados de proteínas deben ser catabolizados y excretados, en parte como urea y ácido úrico, vía transformaciones mediadas por el sistema renal. Este proceso hace que el animal requiera mayor volumen de agua y que en algunas especies de laboratorio, con requerimientos proteicos bajos, un incremento de 1% en el nivel proteico aumente el consumo de agua aproximadamente en 3% (De Vries, 1996).

catabolised and excreted, in part as urea and uric acid, via transformations of the renal system. This process makes that the animal requires higher volume of water and that some laboratory species, with low protean requirements, an increment of 1% in the protean level increased the water intake in approximately 3% (De Vries, 1996).

In this experiment, the volume of the water consumed by hamsters was more related to the presence of HL in the food portion than with the net protean content of each diet, since the animals that ate diets formulated with HL (D_1 , D_2 , D_3 and D_4) exhibited higher average intake of water (13.90 mL.animal.day⁻¹; PB: 14-22%) than those fed with Conejarina® (9.67 mL.animal.day⁻¹; PB: 11%) or with Ratarina® (8.03 mL.animal.day⁻¹; PB: 21%). This behavior can be explained considering the asseverations pointed by García *et al.*, (2008) and Mora *et al.*, (2009), who suggested that when animals are submitted to nutritional regimes to which are not associative history at medium or long term, the higher intake of water in the initial phase occurs due to the adaptation process, where the animal familiarizes with the offer, not only from the organoleptic point of view; but also, by emetic signs that derive from the interaction of the animal with the food.

On the other hand, the protean requirements and of other nutriments for *M. auratus*, were studied in different researches (Arrington *et al.*, 1966; Arrington *et al.*, 1979), where was proved that rodents might consume diets with a PB content from 11 to 28%, as long as the ingredient do not

En este experimento el volumen de agua consumida por los hámsters se relacionó más con la presencia de HL en la ración alimenticia que con el contenido proteico neto de cada dieta; ya que los animales que consumieron las dietas formuladas con HL (D₁, D₂, D₃ y D₄) exhibieron mayor consumo promedio de agua (13,90 mL.animal.día⁻¹; PB: 14-22%) que los alimentados con Conejarina® (9,67 mL.animal.día⁻¹; PB: 11%) o con Ratarina® (8,03 mL.animal.día⁻¹; PB: 21%). Este comportamiento se puede explicar considerando las aseveraciones señaladas por García *et al.* (2008) y por Mora *et al.* (2009), quienes sugirieron que cuando los animales son sometidos a regimenes nutricionales con los cuales no existen antecedentes asociativos a mediano o largo plazo, el consumo de agua mayor en la etapa inicial ocurre debido al proceso adaptativo que tiene lugar, en el cual el animal se familiariza con la oferta, no solamente desde el punto de vista organoléptico; sino también por las señales eméticas que se derivan de la interacción del animal con el alimento.

Por otra parte, los requerimientos proteicos, y de otros nutrimentos, para *M. auratus* fueron estudiados en numerosas investigaciones (Arrington *et al.*, 1966; Arrington *et al.*, 1979), en las cuales se demostró que estos roedores pueden consumir dietas con un contenido de PB entre 11 y 28%; siempre que los ingredientes no contengan compuestos que perjudiquen los procesos fisiológicos digestivos (De Vries, 1996).

Asimismo, se demostró que cuando el alimento se encuentra compues-

have compounds that might harm the physiological digestive process (De Vries, 1996)

Likewise, was proved that when the food is composed by proteins of similar nature, the requirements are covered more effectively, due to the higher efficiency in the utilization of nitrogen, different when the hamsters are fed with portions containing proteins of different complexity and different sources (Banta *et al.*, 1975).

The weight lost (1.56 g.animal.day⁻¹) experimented by group D₄ might had occurred by different causes. Such diet had the highest proportion of HL, which has been indicated as an appropriate food source for the animal alimentation due to its high content of amino acids (Morán-Fuenmayor *et al.*, 2008; Cova *et al.*, 2009). However, the dehydrated of the worm has toxic celomatic liquid caused by a high bacterial concentration in the digestive tract of the annelid. On this matter, has been informed that these endogenous microorganisms of *Eisenia* spp. generate a series of toxic metabolites when the annelid dies, which affect numerous uni and multicellular (Satchell *et al.*, 1983); such compounds are steady and might keep alive during the dehydration process of the material, causing toxicity when the HL content in the diet is considerable. Sin However, the toxic effect mentioned depends on the type and category of the animal that consumes the flour, the quantity and the structure of the toxic present in the diet, the additive and food components used, and the particularities of the digestive systems of the anima that eat it (García *et al.*, 2005).

to por proteínas de naturaleza similar, los requerimientos son cubiertos de una forma más efectiva, debido a la mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno, a diferencia de cuando los hámsters son alimentados con raciones que contienen proteínas de diferente complejidad y de diversas fuentes (Banta *et al.*, 1975).

La pérdida de peso ($1,56 \text{ g.animal.día}^{-1}$) experimentada por el grupo D_4 puede haber ocurrido por diferentes causas. Dicha dieta contenía la mayor proporción de HL, la cual se ha indicado como una fuente alimenticia apropiada para la alimentación animal debido a su elevado contenido de aminoácidos (Morán-Fuenmayor *et al.*, 2008; Cova *et al.*, 2009). Sin embargo, el deshidratado de lombriz contiene líquido celomático tóxico, a causa de una elevada carga bacteriana en el tracto digestivo del anélido. Al respecto, se ha informado que estos microorganismos endógenos de la *Eisenia* spp. generan una serie de metabolitos tóxicos cuando el anélido muere, los cuales afectan a numerosos organismos uni y pluricelulares (Satchell *et al.*, 1983); dichos compuestos son estables y quizás podrían mantenerse activos durante el proceso de deshidratación del material, causando toxicidad cuando el contenido de HL en la dieta es considerable.

Sin embargo, el efecto tóxico mencionado depende del tipo y la categoría del animal que consume la harina, la cantidad y la estructura del tóxico presente en la dieta, los aditivos y componentes alimenticios usados y las particularidades del sistema digestivo del animal que los ingiere (García *et al.*, 2005).

Likewise, Cova *et al.*, (2009) based on the degradation dynamic of the lipid profile of HL, indicated that during its obtaining and storing spontaneous degradable processes occurred, which affected the nutritious quality of this food compound. Likewise, is known than in the storing of meat flours and derived for animal consumption, generates a wide variety of non protein nitrogen substances named biogenic amines (such as histamine, tyramine, phenylethylamine, putrescine, cadaverine, and tryptamine) which act as antinutritional factors in animals and human beings (Izquierdo *et al.*, 2006). Even though have not yet been found reports of the presence of these metabolites in HL, the biogenic amines might constitute a cause of the weight's lost observed with D_4 and D_3 ($0.06 \text{ g.animal.day}^{-1}$), and the low gain of hamsters fed with D_2 ($0.63 \text{ g.animal.day}^{-1}$), compare to the obtained with Conejarina® of low nutritional value, ($0.64 \text{ g.animal.day}^{-1}$), D_1 ($1.37 \text{ g.animal.day}^{-1}$) and Ratarina® ($1,94 \text{ g.animal.day}^{-1}$).

Thus, the consumption of food with high concentrations of monoamines represent an intoxication risk since the proteins and the amino acids of meat flours might suffer biochemical changes during the dehydration and storing, which make them in harmful compounds. These can be formed by the enzymatic activity of the dietary tissues of the microorganisms that contaminate them by means of enzymes that descarboxyle the precursor amino acids (Izquierdo *et al.*, 2006). Even when is known that not all the

Asimismo, Cova *et al.* (2009) basados en la dinámica de degradación del perfil lipídico de la HL, indicaron que durante su obtención y almacenamiento ocurrieron procesos degradativos espontáneos que afectaron la calidad nutritiva de este compuesto alimenticio. Asimismo, se conoce que en el almacenamiento de harinas de carnes y derivados para consumo animal, se genera una amplia variedad de sustancias nitrogenadas no proteicas denominadas aminas biogénicas (tales como histamina, tiramina, feniletilamina, putrescina, cadaverina y triptamina) que actúan como factores antinutricionales en animales y humanos (Izquierdo *et al.*, 2006). Aunque no se han encontrado reportes de la presencia de estos metabolitos en la HL, las aminas biogénicas pudiera constituir una causa de la pérdida de peso observada con D₄ y D₃ (0,06 g.animal.día⁻¹), y de la baja ganancia de los hámsters alimentados con D₂ (0,63 g.animal.día⁻¹), comparado con la obtenida con Conejarina[®] de poco valor nutritivo, (0,64 g.animal.día⁻¹), D₁ (1,37 g.animal.día⁻¹) y Ratarina[®] (1,94 g.animal.día⁻¹).

De manera que el consumo de alimentos con elevadas concentraciones de monoaminas representa un riesgo de intoxicación debido a que las proteínas y los aminoácidos de las harinas de carne pueden sufrir cambios bioquímicos durante la deshidratación y almacenamiento, que las convierten en compuestos nocivos. Éstas pueden formarse por la actividad enzimática de los tejidos alimenticios o de los microorganismos que los contaminan, por medio de enzimas que descarboxilan los aminoácidos pre-

microorganismos that pollute the food may form amines, those with a high protean concentration or elevate bacterial concentration, as in HL, might form these compounds.

In this sense, the symptoms observed in the animals submitted to D₄ during the essay are consistent to the strong intoxication described in animals submitted to diets with presence of biogenic amines (Fusi *et al.*, 2004). On this matter, has frequently been used *M. auratus* as a model for studies of applied toxicology, since these animals rapidly develop toxic symptoms, depressing the consumption of food and losing weight consistently (Llewellyn *et al.*, 1985; De Vries, 1996; García *et al.*, 2005).

Considering that the production of HL with supplementary purposes is done in a craftwork way, the formation of biogens constitutes an important aspect to study in this type of food to avoid risks at commercial scale. This would make possible establishing viable strategies of preservation of the food source; for example, the storing at low temperature, that has proved might constitute an adequate option in some cases (Cova *et al.*, 2009).

The lower weigh gain obtained with D₀ might has been that Conejarina[®] had a low protean content (PB: 11-13%) and could not cover the requirements of adult hamsters at medium term (NRC, 1995). The highest requirement was reached with D₅ and D₁; in the first case because Ratarina constitute the most used conventional food for the nourishment and maintenance of these animals by its high content of PB (21-26%, secondly, because was used the HL

cursores (Izquierdo *et al.*, 2006). Aún cuando se conoce que no todos los microorganismos que contaminan los alimentos pueden formar aminas; los que presentan una elevada concentración proteica o elevada carga bacteriana, como en el caso de la HL, pudieran ser más propensos a la formación de estos compuestos.

En este sentido, los síntomas observados en los animales sometidos a D₄ durante el ensayo son consistentes con la intoxicación aguda descrita en animales sometidos a dietas con presencia de aminas biogénicas (Fusi *et al.*, 2004). Al respecto, se ha utilizado frecuentemente a *M. auratus* como modelo para estudios de toxicología aplicada, ya que estos animales desarrollan cuadros tóxicos rápidamente, deprimiendo el consumo de alimento y perdiendo peso de forma consistente (Llewellyn *et al.*, 1985; De Vries, 1996; García *et al.*, 2005).

Considerando que la producción de HL con fines de suplementación se realiza de forma artesanal, la formación de biogénos constituye un aspecto importante a estudiar en este tipo de alimento para evitar riesgos a escala comercial. Esto haría posible establecer estrategias viables de conservación de esta fuente alimentaria, como por ejemplo el almacenamiento a baja temperatura, que se ha demostrado podría constituir una opción adecuada, en algunos casos (Cova *et al.*, 2009).

La menor ganancia de peso lograda con D₀ quizás se debió a que la Conejarina® tenía un contenido bajo en proteínas (PB: 11-13%), y pudo no cubrir los requerimientos de los hamsters adultos a mediano plazo (NRC, 1995). Mientras que el mejor comportamien-

proportion (21%) which is apparently less harmful, from the point of view of the content of biogenic substances and with a protean content, though inferior to D₅, appropriate to stimulate a growth compare to the obtain with Ratarina. This suggests that the inclusion of HL in the portion in a proportion of 21% is adequate for feeding these rodents.

In this sense, the daily gains of weight obtained with D₁ (PB: 13.5%) and D₅ (PB: 21.1%) are similar to the ones informed by Banta *et al.*, (1975), who after a food elaborated with corn, soy, casein and a content of 13.7% of PB obtained gains from 1.8 to 2.0 g.animal.day⁻¹ in Syrian hamsters of both sexes, while, with 20% of PB the gain oscillated from 1.8 to 1.9 g.animal.day⁻¹. This emphasizes that the components of the diet are very important to improve the corporal condition of these rodents more than the net value of PB. This tendency was also described by Birt and Conrad (1981) who incremented from 18 to 22% the PB content in the portion, without improving the weight gains that oscillated from 1.8-1.9 g.animal.day⁻¹.

Nevertheless, the results obtained with D₁ and D₅ were superior to the reported by Feldman *et al.*, (1982), who using an essentially protean diet (PB: 24%) achieved a growth rate of 1.2 g/animal/day in adults, while with other of 18% of PB obtained gains of 2.0 g.animal.day⁻¹ in weaned animals. These results show that the requirements of these animals, in occasions, vary in function to the physiological phase, the growth phase and sex; and the nature of the

to se alcanzó con D₅ y D₁; en el primer caso porque la Ratarina constituye el alimento convencional utilizado para la alimentación y el mantenimiento de estos animales por su elevado contenido de PB (21-26%), y en el segundo caso porque se utilizó la proporción de HL (21%) aparentemente menos nociva, desde el punto de vista del contenido potencial de sustancias biogénicas, y con un contenido proteico que aunque inferior a D₅, fue apropiado para estimular un crecimiento comparable al logrado con la Ratarina. Esto sugiere que la inclusión de HL en la ración en un proporción de 21% es adecuado para la alimentación de estos roedores.

En este sentido, las ganancias diarias de peso obtenidas con D₁ (PB: 13,5%) y D₅ (PB: 21,1%) son similares a las informadas por Banta *et al.* (1975), quienes a partir de un alimento elaborado con maíz, soya, caseína y con un contenido de 13,7% de PB obtuvieron ganancias entre 1,8 y 2,0 g.animal.día⁻¹ en hamsters Sirios de ambos sexos; mientras que con una de 20% de PB la ganancia osciló entre 1,8 y 1,9 g.animal.día⁻¹. Esto enfatiza que los componentes de la dieta son muy importantes para mejorar la condición corporal de estos roedores, más que el nivel de PB neto. Esta tendencia también fue descrita por Birt y Conrad (1981) quienes incrementaron de 18 a 22% el contenido de PB en la ración sin mejorar las ganancias de peso que oscilaron entre 1,8-1,9 g.animal.día⁻¹.

No obstante, los resultados obtenidos con D₁ y D₅ fueron superiores a los reportados por Feldman *et al.* (1982), quien utilizando una dieta esencialmente proteica (PB: 24%) logró una tasa de crecimiento de 1,2

protean source is an important variable to consider when formulating non conventional diets for *M. auratus*.

On the other hand, Arrlinton *et al.*, (1966) with a diet of 18% of PB used to feed six-week adults of *M. auratus*, achieved a gain of 1.49 g.animal.day⁻¹, while with other portion elaborated with casein or soy and 16% of PB, the weight gain was similar (1.40-1.50 g.animal.day⁻¹). This indicates that not only the protean source, but also the type and degradation capacity of the protein, is of great importance in the weight gain of these rodents. Likewise with diets based on casein and growing contents of PB (9, 18 and 25%), Horowitz and Waisman (1966) obtained a maximum weight gain of 1.4 g.animal.day⁻¹ only with the portion that had 18% of PB. Thus, the results obtained in the experimental conditions of this research indicate that the requirements of adult female hamsters were covered with the proportion of nutriment presented in D₁, and such diet constitutes the best option to be included in the alimentation of animals with a similar digestive metabolism to *M. auratus*.

Additionally, is well known the high digestibility of HL when is used as unique diet for ruminants as for non ruminants, aspect that has been proved employing in vitro and in vivo techniques (García *et al.*, 2009; Cova *et al.*, 2009). However, when this is used as component of more complex food, the digestibility of this fraction is influenced by the rest of the components included in the portion and by the type of animal used on the test. The digestibility of D₁ (21% lower

g.animal.día⁻¹ en adultos; mientras que con otra de 18% de PB logró ganancias de 2,0 g.animal.día⁻¹ en animales destetados. Estos resultados ponen de manifiesto que los requerimientos de estos animales, en ocasiones, son variables en función del estado fisiológico, la etapa de crecimiento y el sexo; y que la naturaleza de la fuente proteica es una variable importante a considerar cuando se formulan dietas no convencionales para *M. auratus*.

Por otra parte, Arrligton *et al.* (1966) con una dieta de 18% de PB utilizada para alimentar adultos de *M. auratus* seis semanas de edad se logró una ganancia de 1,49 g.animal.día⁻¹, mientras que con otra ración elaborada a base de caseína o soya y un 16% de PB la ganancia de peso fue similar (1,40-1,50 g.animal.día⁻¹). Lo cual indica que no sólo la fuente proteica, sino también el tipo y la capacidad de degradación de la proteína, es de vital importancia en la ganancia de peso en estos roedores. Asimismo, con dietas a base de caseína y contenido crecientes de PB (9, 18 y 25%), Horowitz y Waisman (1966) obtuvieron una ganancia de peso máxima de 1,4 g.animal.día⁻¹ solamente con la ración que tenía 18% de PB. De modo que, los resultados obtenidos en las condiciones experimentales de este estudio indican que los requerimientos de las hembras hámster adultas quedaron cubiertos con la proporción de nutrimentos presentes en D₁, y que dicha dieta constituye la mejor opción para ser incluida en la alimentación de animales con metabolismo digestivo similar al de *M. auratus*.

proportion of HL) was similar to the observed for the alone HL (García *et al.*, 2009). While DAMS of D₄ (30% higher proportion of HL) was much inferior to the reported by such authors, which show that there is not a lineal behavior of the digestibility of the portion to the percentage of HL included in the diet, which is probably related to the harmful effects of high proportions of HL in the portion and/or metabolic interactions of compounds or components of it.

The digestibility of D₁ considered the best diet formulated with HL, as well as D₅ included as conventional food, was similar to the informed by Hasdai and Liener (1983) when feeding Gold hamsters for 32 days with portions of raw and treated soy. In such experiment, conditioned by the presence of some toxic compounds in the diets, the digestibility oscillated from 77.1 to 84.6% with a consumption of food inferior (5.5-7.6 g.animal.day⁻¹) to the registered in the current research and variable weight gains (0.33-1.57 g.animal.day⁻¹). The inferior productive behavior of hamsters fed with D₃ and D₄ in terms of weight and DAMS in the current essay, was similar to the obtained by the last author with diets that had an elevated concentration of anti nutritional metabolites, which affected the digestive physiology of rodents; indicating the harmful effect in the development of *M. auratus* by possible harmful compounds presented in HL.

Conclusions

From all the diets formulated with red worm flour for the

Adicionalmente, es muy conocida la elevada digestibilidad de la HL cuando es utilizada como dieta única tanto para rumiantes como para no rumiantes, aspecto que se ha comprobado empleando técnicas *in vitro* e *in vivo* (García *et al.*, 2009; Cova *et al.*, 2009). Sin embargo, cuando es usada como componente de alimentos más complejos, la digestibilidad de esta fracción se encuentra influenciada por el resto de los componentes incluidos en la ración y por el tipo de animal que se utiliza en la prueba. La digestibilidad de D₁ (21%; menor proporción de HL) fue similar a la observada para la HL sola (por García *et al.*, 2009). Mientras que la DAMS de D₄ (30%; mayor proporción de HL) fue muy inferior a la reportada por dichos autores, lo cual demuestra que no existe un comportamiento lineal de la digestibilidad de la ración con el porcentaje de HL incluida en la dieta; lo cual está probablemente relacionado con los efectos perjudiciales de proporciones elevadas de HL en la ración y/o con interacciones metabólicas de compuestos o componentes de la misma.

La digestibilidad de D₁, considerada la mejor dieta formulada con HL, así como de D₅, incluido como alimento convencional, fue similar a la informada por Hasdai y Liener (1983) al alimentar hamsters dorados durante 32 días con raciones a base de soya cruda y tratada. En dicho experimento, condicionado por la presencia de algunos compuestos tóxicos en las dietas, la digestibilidad osciló entre 77,1 y 84,6%, con un consumo de alimento inferior (5,5-7,6 g.animal.día⁻¹) al registrado en este estudio y ganancias de peso variables (0,33-1,57

alimentation of *M. auratus*, the one that included 21% of this component in the portion was the best in terms of weight's dynamic and digestibility of the food. Likewise, the behavior of animals assigned to this diet was similar to those fed with a conventional diet (Ratarina) with a superior content of PB, which emphasizes that the inclusion of HL in these proportions was adequate as supplementary protean source for the growing of these animals.

In the diets where HL was included in superior proportions (24, 27 and 30%) the performance of the gold hamster was affected, maybe because of the presence of compounds that were naturally in HL or by the bacterial degradation of some nutritional components of it, which might reduce the nutritional quality of HL or generate toxic substances. It is recommended to carry qualitative and quantitative determinations of biogenic amines in the annelid flour, with the aim of proving or not this theory.

Acknowledgement

The authors want to thank the Council for Scientific, Humanistic, Technological and Arts Development (CDCHTA) of Universidad de los Andes, by financing this research (NURR-C-355-04-03-A). The Experimental station and Agriculture Production "Rafael Rangel" by the support received for obtain the worm flour used in this research. The National Center laboratory of Agriculture Researches (CENIAP-Maracay), by the collaboration in some

g.animal.día⁻¹). El comportamiento productivo inferior de los hámsters alimentados con D₃ y D₄ en términos de peso y DAMS en el presente ensayo, fue similar al obtenido por estos ultimo autores con dietas que tuvieron una elevada concentración de metabolitos antinutricionales que afectaron la fisiología digestiva de los roedores; indicando el efecto perjudicial en el desempeño del *M. auratus* por posibles compuestos nocivos presentes en la HL.

Conclusiones

De las dietas formuladas con harina de lombriz para la alimentación del *M. auratus*, la que incluyo un 21% de este componente en la ración fue el mejor en términos de dinámica de peso y digestibilidad del alimento. Asimismo, el comportamiento de los animales asignados a esta dieta fue similar a los que se alimentaron convencionalmente (Ratarina[®]) con un contenido superior de PB, lo cual enfatiza que la inclusión de HL en estas proporciones fue adecuada como fuente proteica suplementaria para el crecimiento de estos animales.

En las dietas en las que la HL fue incluida en proporciones superiores (24, 27 y 30%) el desempeño del hámster dorado se vio afectado, quizás por la presencia de compuestos que se encontraban de forma natural en la HL o por la degradación bacteriana de algunos componentes nutricionales de la misma, lo cual pudo reducir la calidad nutricional de la HL o generar sustancias toxicas. Se recomienda realizar determinaciones cualitativas y cuantitativas de aminos biogénicas en la harina del anélido, con el fin de comprobar o no esta teoría.

analytical determinations. The Vivarium of the University campus "Rafael Rangel" in Trujillo state, Venezuela, especially Mr. Javier Moncayo, by his collaboration in the maintenance of the animals during the experimental period.

End of english version

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de los Andes por el financiamiento de esta investigación (NURR-C-355-04-03-A). A la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" por el apoyo recibido para la obtención de la harina de lombriz utilizada en el ensayo. Al laboratorio del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-Maracay) por su colaboración en algunas de las determinaciones analíticas. Al Vivario del Núcleo Universitario "Rafael Rangel" del estado Trujillo, Venezuela, en la persona del Sr. Javier Moncayo, por su colaboración en el mantenimiento de los animales durante el periodo experimental.

Literatura citada

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official. 500 p.
- Arrington L.R., J.K. Platt y R.L. Shirley. 1966. Protein requirements of growing hamster. Lab. Anim. Sci. 16: 492-496.

- Arrington L.R., C.B. Anunerman y D.E. Franke. 1979. Protein requirements of hamster fed a natural diet. *Lab. Anim. Sci.* 29: 469-471.
- Banta C.A., R.G. Warner and J.B. Robertson. 1975. Protein nutrition of the golden hamster. *J. Nutr.* 150: 38-45.
- Campbell M.A., M.S. Golub, P. Iyer, F.L. Kaufman, L. Ling-Hong, F. Moran-Messen, J.E. Morgan y J.M. Donald. 2009. Review Article: Reduced water intake: Implications for rodent developmental and reproductive toxicity studies. *Birth Defects Research Part B: Developmental and Reproductive Toxicology* 86(3): 157-175.
- Carr T.P., D.D. Gallaher, C.H. Yang y C. A. Hassel. 1996. Increased intestinal contents viscosity reduces cholesterol absorption efficiency in hamsters fed hydroxypropyl methylcellulose¹2'3. *J. Nutr.* 126: 1463-1469.
- Cova L.J. y D.E. García. 2006. Evaluación de parámetros nutricionales utilizando harina de lombriz (*Eisenia* spp.) en la alimentación del hamster (*Mesocricetus auratus* L.). *Jornada Técnica, Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" (EEPARR)-Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Trujillo, Venezuela* 12 p.
- Cova L.J., D.E. García, J.V. Scorza D., M.G. Medina, T. Clavero, F. Perea y D. González. 2009. Efecto de la estrategia de conservación en la calidad nutritiva de la harina de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) a mediano plazo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 26(1): 107-128.
- De Jesús R. y Z. Quintero. 2001. Influencia de diferentes niveles de intensidad de la luz sobre algunos parámetros reproductivos en ratones NMRI. *Rev. Cient. FCV. LUZ IX*: 403-407.
- De Jesús R. y Z. Quintero. 2008. Comparación del crecimiento, parámetros reproductivos y de hematología y glicemia en hámsters (*Mesocricetus auratus*) alojados a diferentes niveles de intensidad de luz. *Zootecnia Trop.* 26(1): 19-26.
- De Vries. J. 1996. Food safety and toxicity. De Vries. J. (Ed) 338 p.
- Feldman D.B., E.E. Mc Connell and J.J. Knapka. 1982. Growth kidney disease and longevity of Syrian hamsters (*Mesocricetus auratus*) fed varying levels of proteins. *Lab. Anim. Sci.* 32: 613-618.
- Ferreira, V., L.C. Hoffman, S.J. Schoeman and R. Sheridan. 2002. Water intake of Boer goats and Mutton merinos receiving either a low or high energy feedlot diet. *Small Rum. Res.* 43(3): 245-248.
- Fusi E., L. Rossi, R. Rebutti, F. Cheli, A. Di Giancamillo, C. Domeneghini, L. Pinotti, V. Dell'Orto and A. Baldi. 2004. Administration of biogenic amines to Saanen kids: effects on growth performance, meat quality and gut histology. *Small Rum. Res.* 53(1): 1-7.
- García D.E., L.J. Cova, A.R. Castro, M.G. Medina y J.R. Palma. 2009. Efecto del sustrato alimenticio en la composición química y el valor nutritivo de la harina de la lombriz roja (*Eisenia* spp.). *Revista Científica FCV-LUZ XIX*(1): 55-62.
- García D.E., M.G. Medina, L.J. Cova, J. Humbría, A. Torres y P. Moratinos. 2008. Preferencia caprina por especies forrajeras con amplia distribución en el estado Trujillo, Venezuela. *Arch. Zootecnia*, 57(220): 403-413.
- García D.E., M.G. Medina, M. Soca y I.L. Montejo. 2005. Toxicidad de las leguminosas forrajeras en la alimentación de animales monogástricos. *Pastos y Forrajes* 28: 279-289.
- Grunfeld C., C. Zhao, J. Fuller, A. Pollock, A. Moser y J. Friedman. 1996. Endotoxin and cytokines induce expression of leptin, the ob gene product, in hamsters. *Clin. Invest.* 97: 2152-2157.
- Hadjigeorgiou I., K. Dardamani, C. Goulas y G. Zervas. 2000. The effect of water availability on feed intake and digestion in sheep. *Small Rum. Res.* 37(2): 147-150.

- Hasdai A. y I.E. Liener. 1983. Growth, digestibility and enzymatic activities in the pancreas and intestines of hamsters fed raw and heated soy flour. *J. Nutr.* 113(3): 662-668.
- Home Office. 1989. Code of practice for the housing and care of animals used in scientific procedure. 2da ed. HM&O, Londres.
- Horowitz I. y H.A. Waisman. 1966. Some biochemical changes in the hamster fed excess phenyl alanine diets. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 132: 750-755.
- Izquierdo P., M. Allara, A. García, G. Torres, E. Rojas y M.Y. Piñero. 2006. Aminas biógenas y bacterias en salchichón tipo milano: Efecto del tiempo de almacenamiento. *Rev. Cient. FCV-LUZ XVI(2)*: 186-194.
- Kuo A., M.A. Cline, E. Werner, P.B. Siegel y D.M. Denbow. 2005. Leptin effects on food and water intake in lines of chickens selected for high or low body weight. *Physiology & Behavior* 84(3): 459-464.
- Llewellyn G.C., E.A. Floyd, G.D. Hoke, L.B. Weekley y T.D. Kimbrough. 1985. Influence of dietary aflatoxin, zinc, and copper on bone size, organ weight, and body weight in hamsters and rats. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 35(1): 149-156.
- Misra, A.K. y K. Singh. 2002. Effect of water deprivation on dry matter intake, nutrient utilization and metabolic water production in goats under semi-arid zone of India. *Small Rum. Res.* 46(3): 159-165.
- Mora N., M. Casas, A. Marín, R.N. Águila, I. Sánchez, H. Hernández y L. Sanginés. 2009. The kelp *Macrocystis pyrifera* as nutritional supplement for goats. *Revista Científica FCV-LUZ, XIX(1)*: 63-70.
- Morón-Fuenmayor O.E., D. Diaz, S. Pietrosemoli, R. Barrera, N. Gallardo, J. Peña y M. Leal. 2008. Efecto de la inclusión de harina de lombriz sobre el rendimiento en canal, en cortes y calidad físico-química de la carne de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 25: 674-685.
- Neil, E.R. 1988. Water intake of Djungarian and Syrian hamsters treated with various dipsogenic stimuli. *Physiology & Behavior* 43(6): 851-854.
- NRC. 1995. Nutrients Requirements of Laboratory Animal. Hamster. Fourth revised edition. National Academy Press. 138 p.
- Rees N. and D. Watson. 2000. International standards for food safety. Aspen Publishers, Inc. 256 p.
- Satchell J.E. 1983. Earthworm ecology from Darwin to vermiculture. Chapman & Hall. Nueva York, EEUU. 485 pp.
- Savón L., L.M. Mora, L.E. Dihigo, V. Rodríguez, Y. Rodríguez, I. Scull; Y. Hernández y T.E. Ruíz. 2008. Efecto De la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba. *Zootecnia Trop.,* 26(3): 387-390.
- Tarttelin M.F. and R.A. Gorski. 1971. Variations in food and water intake in the normal and acyclic female rat. *Physiology & Behavior* 7(6): 847-852.
- Van Soest, P.J., J. Robertson y B. Lewis. 1991. Symposium: Carbohydrate, methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.,* 74: 3583-3597.
- Visauta B. 1998. Análisis Estadístico con SPSS para Windows. En Visauta B (Ed) *Estadística Multivariante*. Mc-Graw-Hill-Interamericana. Madrid, España. 200 pp.