

DINÁMICA DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida Sav.*) EN CUATRO SUSTRATOS A BASE DE ESTIÉRCOL BOVINO.

GROWTH AND PRODUCTION DYNAMICS OF THE RED CALIFORNIAN EARTHWORM (*Eisenia foetida Sav.*) IN FOUR SUBSTRAT BASED ON BOVINE MANURE

Doraida Díaz¹, Luis J. Cova²; Alexander Castro³; Danny E. García³ y Fernando Perea¹

1Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA) NURR, Departamento de Ciencias Agrarias, Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela do7881@gmail.com, ferromi@ula.ve. 2Instituto de Investigaciones "José Witremundo Torrealba", NURR, Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela. 3Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela

Inicio de la investigación: año 2004. final: año 2007.

Recepción por el Comité Editorial: 05-03-09.

Aceptación para su publicación 10-12-09.

RESUMEN

Se evaluó la dinámica de crecimiento y producción de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida Sav.*) en 4 sustratos caracterizados en base seca (BS) [S0: estiércol bovino (Eb) 100%; S1: Eb 97% + cepa de plátano (Cp) 1% + residuo de comederos de bovinos 2%; S2: Eb 95% + cepa de caña (Cc) 3% + residuo de comederos de bovino 2%; S3: Eb 96% + Cc 3% + Cp 1%]. Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con arreglo factorial 4 x 4 y tres réplicas. Las variables medidas fueron peso de la biomasa, número de lombrices totales, lombrices adultas, lombrices jóvenes, lombrices bebés, cápsulas y lombrices extranjeras. Al final del ensayo se determinó la composición química de la harina obtenida en términos de proteína bruta (PB), grasa (Gr), energía bruta (EB), calcio (Ca), fósforo (P) y cenizas (Cz). Se observó interacciones significativas sustrato x medición en todos los indicadores medidos, a excepción de la cantidad de lombrices extranjeras ($P < 0,05$). En sentido general, las lombrices alimentadas con S3 a los 3 y 4 meses presentaron un mejor comportamiento. Mediante el análisis de correlación se encontró una fuerte relación positiva entre la producción de biomasa con la población de lombrices totales ($r^2=0,82^{**}$), adultas ($r^2=0,84^{**}$) y jóvenes ($r^2=0,67^{**}$). Las ecuaciones cúbicas fueron las mejores regresión que se ajustaron a las curvas de crecimiento para la producción de biomasa, las lombrices totales y las cápsulas. Con relación a la calidad de las harinas, solamente se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de Cz a favor de S2 y S3. Todas presentaron niveles proteicos superior al 50% MS, adecuada fracción energética y considerables niveles de macroelementos. Los resultados permiten afirmar que el sustrato que contenía Eb (96%) + Cc (3%) + Cp (1%) presentó los mejores resultados.

Palabras claves: Lombricultura, sustratos, residuos agrícolas, dinámica de crecimiento.

ABSTRACT

It was evaluated the growth and production dynamics of the Red Californian Earthworm (*Eisenia foetida Sav.*) in four substrata characterized in dry base (DB) [S0: bovine manure (Bm) 100%; S1: Bm 97% + banana free stump (Bfs) 1% + bovine frough residues 2%; S2: Bm 95% + cane stump (Cs) 3% + bovine frough residues 2%; S3: Bm 96% + Cs 3% + Bfs 1%]. It was used a totally random design with factorial arrangement 4 x 4 and three replies. The measured variables were bio-mass weight, number of total earthworms, adult earthworms, young earthworms, infant earthworms, capsules and foreign earthworms. At the end of assay it was determined the chemical composition of the flour obtained in terms of gross protein (GP), fat (F), gross energy (GE), calcium (Ca), phosphorus (P) and cinders (Ci). It was observed significant interactions substratum x measurement in all the measured pointers, but the quantity of foreign earthworms ($P < 0,05$). In a general sense, the earthworms supplemented with S3 at the age of 3 and 4 months presented a better behavior. By means of the correlation analysis it was found a strong positive relation between the bio-mass production with the total earthworm population ($r^2 = 0,82^{**}$), adults ($r^2 = 0,84^{**}$) and young ($r^2 = 0,67^{**}$). The cubic equations were the best regression functions that fit the growth curve for the production of bio-mass, The total of earthworm and capsules. Related to the quality of the flour, it was just found statistical differences in the content of Ci a favor of S2 and S3. All of them presented proteic levels superior to 50 % DM, proper energetic fraction and considerable macro-elements levels. The results permit to affirm that the substratum containing Bm (96 %) + Cs (3 %) + Bfs (1 %) presented the best results.

Key words: earthworms culture, substrata, agricultural residues, growth dynamic.

INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombrices (*Eisenia foetida Sav.*) como una herramienta de trabajo. Bajo ciertas condiciones, recicla todo tipo de materia orgánica y se obtiene como fruto de ésta, fundamentalmente dos productos: el humus y la carne (Recalde, 2008).

Esta técnica, utilizada en un sistema de producción agropecuario en donde se hace necesario el reciclaje de los residuos sólidos, trae beneficios económicos al transformarlos en abono orgánico de gran calidad; así como biomasa de lombriz que puede ser aprovechada en la nutrición de aves y peces (Velásquez et al., 1985) y cerdos (García et al., 1995).

La lombriz utilizada generalmente en lombricultura es la Californiana (*Eisenia foetida Sav.*), la cual se logró en la Universidad Agrícola de California, Estado Unidos de Norte América (Ferruzzi, 1987).

La lombriz roja californiana (LRC) es un anélido que se adapta a un amplio rango de temperaturas, siendo su óptimo 22 °C; altas y bajas temperaturas cercanas a 42 y 0°C, reducen drásticamente su ingesta de alimentos y reproducción (Galvis,1991). Un hábitat con características adecuadas de temperatura, humedad, pH, vitaminas, proteínas, carbohidratos y minerales, favorece en su desarrollo y adecuada reproducción (Lee,1985)..

Este anélido es hermafrodita, su cruce es recíproco, se aparea cada 7 días, desde los 3 meses de edad cuando alcanza la madurez sexual, observándose un anillo de mayor diámetro que el resto del cuerpo llamado *clitellium*, lugar donde se conforma la cápsula que contiene los embriones (Fuentes, 1982).

Durante la cópula cada lombriz recibe el esperma de la otra y lo retiene en su espermateca hasta el momento de la reproducción (Salazar y Rojas, 1992). La madurez sexual se alcanza de un mes a mes y medio en la medida que la temperatura sobrepasa los 25 °C (Hernandez et al., 1996).

La mayoría de las investigaciones realizadas sobre el cultivo de la LRC reportan como producto de la fecundación, una cápsula por semana con 1 a 21 lombrices por cápsula (Ferruzzi, 1987); Galvis (1991) informó 12 lombrices por cápsula; Hernández et al. (1997) encuentra, que a temperatura promedio de 29 °C se obtienen de 4 a 6 cápsulas por semana con promedio de 2,3 lombrices por cápsula.

Experimentos realizados con diferentes sustratos con estiércol de bovino, cabra y gallinazo no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la población de lombrices y número de cápsulas (Hernandez et al., 1996), igualmente ocurrió con diferentes sustratos con estiércoles y leguminosas. Ensayos realizados con estiércol de bovino mezclados con restos de silo de maíz, sorgo y cachaza (desperdicios de la industria azucarera) mostraron que a los 24 días iniciales, se incrementó al doble la biomasa de lombrices más no el número de lombrices (Fogar y Cracogua 2007).

Los análisis químicos de la harina de *E. foetida* han mostrado un alto contenido de proteínas (>60 p/p en base seca (BS)), la cual es de interés nutricional y considerables contenidos de aminoácidos esenciales para la dieta humana (Flores y Alvira, 1987; Flores y Alvira, 1988; Garcia et al.,1995 y Vielma-Rodón et al., 2001). Por otra parte, no se han encontrado diferencias significativas en el contenido proteico de la harina de algunas especies de lombrices (*E. foetida* y *Endrilus eugeniae*) (Garcia et al., 2007). No obstante, se carece de información relacionada con el comportamiento en el tiempo de los estadios poblacionales de este tipo de anélido cuando se usan sustratos con diferencias acentuadas en cuanto a su composición nutricional en grandes volúmenes.

Por tales motivos el objetivo del siguiente trabajo fue el estudio de la dinámica de crecimiento y producción de la LRC alimentada con cuatro sustratos a base de estiércol bovino en cantidades apreciables y la determinación de la calidad de las harinas producidas en una finca experimental de la Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela.

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 situada entre los paralelos 09° 35' 00" y 09° 37' 19" de LN y entre los meridianos 70° 27' 00" y 70° 31' 39" de LO, a una altitud entre 270 y 300 msnm.

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), siendo el régimen bimodal el patrón de distribución característico para esta zona. La región presenta características típicas del trópico (zona cálida) con temperaturas relativamente uniformes durante todo el año, con mínima de 22 °C y máxima de 37 °C. Los índices de evaporación más altos se presentan en febrero y marzo y el resto del año se observa de manera relativamente uniforme. 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.

Infraestructura

El ensayo se realizó en 4 canteros de 2,5 m de largo, 1 m de ancho y 0,6 m de profundidad; valores efectivos para contener el volumen total de sustratos (1.500 L). Los canteros conformaban una sola estructura de bloques techados (parte alta 2,50 m, baja 2,15 m) separados en 4 partes por delgados tablonces de cemento armado; 0,15 m del fondo inclinado fue cubierto por bloques de arcilla (16 x 20 x 15 cm) recubiertos con sacos de fibra de nylon 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 de Acerolit®, para protección tanto de las aves como del sol.

Formulación de los sustratos

Se prepararon 4 mezclas de sustrato de 1.300 L cada una.

Las formulaciones se calcularon a partir de sus pesos secos. Los sustratos correspondieron con: S0: estiércol de bovino (100%), S1: estiércol de bovino (97%) + cepa de plátano (1%) + residuo de los comederos de los bovinos (2%), S2: estiércol de bovino (95%) + cepa de caña (3%) + residuo de los comederos de los bovinos (2%), S3: estiércol de bovino (96%) + cepa de caña (3%) + cepa de plátano (1%). Estos fueron compostados en 1 mes, se voltearon una vez a los 15 días, se regaron semanalmente y se recubrieron con un plástico negro de polietileno con abertura en el centro de la pila para permitir el escape de gases. La composición química de los componentes de cada sustrato se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS EN EL PERIODO EXPERIMENTAL.

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

MS: materia seca MO: materia orgánica BS: base seca

Fuente de inóculo

El inóculo para la siembra provino de una finca ovejera (Finca Barroso) cercana a la población de Betijoque, estado Trujillo (654 msnm) con temperatura mínima de 21 °C y máxima de 28 °C y precipitación media de 1200 mm/año.

Las lombrices fueron criadas en sustrato de estiércol de ovejas, bagacillo de caña, hojarasca y residuos de cocina. Se adquirieron 15,2 L de inóculo total para ser repartidos a razón de 3,8 L de inóculo por cantero. Previamente se calculó la biomasa en peso (763 ± 32 g/L) con 305 ± 25 g de biomasa/L. Inicialmente se contabilizó el número de lombrices adultas, jóvenes, bebés y cápsulas por triplicado en muestras de 0,01 L de inóculo ($16,67 \pm 1,24$; $97,33 \pm 9,53$; $135,0 \pm 12,25$ y $28,67 \pm 2,87$, respectivamente).

Procedimiento de siembra

Como dato medio en 3,8 L (2,9 kg) de inóculo había 1,16 kg de biomasa (40% peso biomasa / peso inóculo; 30,5 % en peso biomasa / volumen de inóculo).

Dado que se utilizó un instrumento de muestreo con un volumen de 1,9 L, se inoculó en cada cantero 2 volúmenes equivalentes de inóculo (3,8 L) con 1,16 kg de biomasa.

Como cada ensayo se inició en una superficie de 25 L con 0,2 m de profundidad para un total de 500 L, el inóculo inicial correspondió a 0,004 kg de biomasa en 1,9 L de sustrato; correspondiendo con 2,4 lombrices adultas; 14,1 lombrices jóvenes; 19,5 lombrices bebés y 4,1 cápsulas.

Procedimiento de muestreo

Los canteros se comenzaron a alimentar 15 días después de iniciado el ensayo, semanalmente se aplicaron 50 L de cada sustrato durante 4 meses, lo que hizo un volumen total, incluido el inicial, de 1150 L.

El muestreo no destructivo se realizó mensualmente por triplicado (antes de alimentar) tomando la muestra con un cilindro de PVC (policloruro de vinilo) de 40 cm de largo y 11 cm de diámetro. Fue introducido en el sustrato hasta una profundidad de 20 cm, realizando un movimiento de torsión con un madero de 40 cm de longitud que atravesaba al cilindro perpendicularmente a la altura de 30 cm. Las muestras se tomaron al azar en cuadrículas numeradas de 625 cm² (25 cm x 25 cm) realizadas con cordeles en la parte superior del cantero.

Las muestras se colocaron sobre un plástico y se procedió al conteo de lombrices adultas, jóvenes, bebés, cápsulas y lombrices extranjeras. Se consideraron las adultas aquellas rojas con *clitellium*, jóvenes rosadas sin *clitellium*, bebés con apariencia blancuzca o transparente y extranjeras aquellas con características diferentes a *E. foetida* (coloración negruzca y actividad saltarina).

Una vez contabilizadas se colocaron juntas en un tamiz fino y se lavaron abundantemente con agua común. Inmediatamente se colocaron en un elermeyer de 50 ml, se decantó al máximo el agua residual, se secaron adecuadamente con papel adsorbente y se pesaron en una balanza analítica con 0,01g de apreciación. Luego fueron devueltas a sus canteros de origen. Una vez finalizado el ensayo, una parte de la biomasa se dejó en el cantero original, otra parte se pasó a nuevos canteros y otra se utilizó para la determinación de la composición química.

Obtención de la harina para el análisis

Se utilizó 1 kg de biomasa 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. Posteriormente se sacrificaron mediante tratamiento térmico (0 °C) por 18 horas y al día siguiente se colocaron en bandejas plásticas y se expusieron al sol para su presecado durante 8 horas. Después se colocaron en un desecador con ventilación forzada a 60 °C por 12 horas. Posteriormente la biomasa fue molida en un molino casero tipo corona, la harina se colocó en frascos ámbar hermético de 250 mL y se almacenaron a 0 °C hasta el momento del análisis químico.

Mediciones analíticas

Se determinó el contenido de proteína bruta (PB) mediante el método Kjeldahl la proporción de grasa (Gr) a través de la extracción con solventes hidrofóbicos y la ceniza (Cz) mediante la combustión del material de partida, la energía bruta (EB) se cuantificó mediante bomba calorimétrica Parr en condiciones adiabáticas empleando ácido benzoico como patrón interno y los niveles de calcio y fósforo se determinaron mediante absorción atómica (AOAC, 2000).

Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño totalmente al azar con arreglo factorial 4 x 4 y tres réplicas.

Los niveles utilizados para cada factor fueron: Sustratos: S0: estiércol bovino 100% (Testigo); S1: estiércol bovino 97% + cepa de plátano 1% + residuo de comederos de bovinos 2%; S2: estiércol bovino 95% + cepa de caña 3% + residuo de comederos de bovino 2%; S3: estiércol de bovino 96% + cepa de caña 3% + cepa de plátano 1%

Mediciones: 1, 2, 3 y 4 meses.

Métodos estadísticos

Para el procesamiento de la información sobre la dinámica poblacional se utilizó la opción GLM (General Lineal Model) del paquete estadístico SPSS versión 8,0 (SPSS,2007). Se empleó la dócima de comparación de Student-Newman-Keuls (SNK) y las medias fueron comparadas al 5 % de probabilidad.

En el análisis de correlación se empleó el coeficiente de Pearson y la obtención de las ecuaciones de regresión para cada sustrato mediante el mejor ajuste obtenido (r^2); ambas empleando el mismo paquete.

Mediciones analíticas

Se determinó el contenido de proteína bruta (PB) mediante el método Kjeldahl la proporción de grasa (Gr) a través de la extracción con solventes hidrofóbicos y la ceniza (Cz) mediante la combustión del material de partida, la energía bruta (EB) se cuantificó mediante bomba calorimétrica Parr en condiciones adiabáticas empleando ácido benzoico como patrón interno y los niveles de calcio y fósforo se determinaron mediante absorción atómica (AOAC, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 2, 3 y 4 se muestra la cantidad de biomasa, el total de lombrices y las lombrices adultas respectivamente. Se visualiza en general, que los mayores comportamientos se observan para S3 en la cuarta medición significativamente ($P < 0,05$), quizás se deba a que es el sustrato que tiene la más alta concentración de minerales. En términos de la composición química, los componentes que presentan considerables niveles de materia seca y adecuadas fracción fibrosa, de minerales y moderadas o bajas concentraciones de nitrógeno, constituyen buenos alimentos para *E. foetida* (Hernández et al., 2002). Por otra parte, resulta tóxico para el anélido cuando sus concentraciones de nitrógeno son superiores a 2,5 %BS (Satchell, 1983), este sustrato tiene la más alta concentración de nitrógeno aunque no pasa de 2,5 %, por lo que se puede considerar como un nivel adecuado.

La menor cantidad de biomasa se obtuvo en el primer conteo para todos los sustratos ensayados incluyendo el testigo en la segunda y la tercera medición; la menor cantidad del total de lombrices se obtuvo en el primer conteo para S₀, S₁ y S₂; en lo que respecta a las lombrices adultas, la menor cantidad se obtuvo en el primer conteo para S₀; el resto de los tratamientos presentaron comportamientos intermedios.

TABLA 2. INTERACCIÓN SUSTRATO X MEDICIÓN EN LA CANTIDAD DE BIOMASA (G/1,9 L).

Sustrato	Medición (mes)			
	1	2	3	4
S ₀	8,17 ±4,21c	12,90 ±5,91bc	15,97 ±6,34bc	20,70 ±5,98b
S ₁	9,13 ±3,86c	17,07 ±6,33b	22,80 ±5,93b	23,77 ±4,28b
S ₂	9,40 ±2,42c	19,33 ±4,48b	19,87 ±4,87b	20,50 ±5,35b
S ₃	14,33 ±3,65bc	22,33 ±5,26b	43,40 ±9,87a	43,23 ±7,37 ^a

(a,b,c) medias ± desviación estándar con letras no comunes muestran diferencias significativas a P<0,05.

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

TABLA 3. INTERACCIÓN SUSTRATO X MEDICIÓN EN EL TOTAL DE LOMBRICES EN 1,9 L

Sustrato	Medición (mes)			
	1	2	3	4
S ₀	73,67 ±15,87e	70,00 ±14,21e	98,33 ±14,76e	133,67 ±16,43cd
S ₁	71,33 ±13,32e	15,33 ±13,82d	280,33 ±42,76a	169,67 ±22,87c
S ₂	87,00 ±17,43e	124,33±18,41d	159,33 ±20,43c	169,00 ±17,49c
S ₃	155,33 ±26,54c	155,67 ±24,87c	225,33 ±48,58b	301,33 ±45,32a

(a,b,c,d,e) medias ± desviación estándar con letras no comunes muestran diferencias significativas a P<0,05.

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

TABLA 4. INTERACCIÓN SUSTRATO X MEDICIÓN EN LA CANTIDAD DE LOMBRICES ADULTAS EN 1,9 L.

Sustrato	Medición (mes)			
	1	2	3	4
S ₀	4,33 ±1,76g	31,00 ±3,39e	29,67 ±2,49e	53,00 ±5,98c
S ₁	10,00 ±3,06f	33,67 ±4,38e	58,67 ±4,73c	67,33 ±7,54c
S ₂	8,00±2,84f	31,67 ±3,48e	43,33 ±5,32d	83,33 ±8,65b
S ₃	11,67 ±3,65f	48,00 ±5,98c	100,00 ±10,43a	96,33 ±12,32a

(a,b,c,d,e,f,g) medias \pm desviación estándar con letras no comunes muestran diferencias significativas a $P < 0,05$.

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

Las tablas 5, 6 y 7 muestran el comportamiento de las lombrices juveniles, el comportamiento de las lombrices bebés y la producción de cápsulas. La mayor cantidad se observó en S₃ en la cuarta medición. Las menores cantidades se generalizan en los tratamientos S₀ y S₂, el resto de los tratamientos presentaron comportamientos intermedios. Aún cuando el S₀ fue uno de los tratamientos que produjo menores valores se denota un buen desarrollo de estos organismos en el estiércol bovino, aspecto aseverado por algunos autores en condiciones similares de experimentación y clima cálido (Águila, 2007; Carrión, 2007; García et al., 2007; Jiménez, 2007). Asimismo, esta fuente de alimento, de forma comparativa, presentó la menor cantidad de P y K, elementos nutritivos importantes para la nutrición de las lombrices.

TABLA 5. INTERACCIÓN SUSTRATO X MEDICIÓN EN LA CANTIDAD DE LOMBRICES JUVENILES EN 1,9 L.

Sustrato	Medición (mes)			
	1	2	3	4
S ₀	4,33 ±1,76g	31,00 ±3,39e	29,67 ±2,49e	53,00 ±5,98c
S ₁	10,00 ±3,06f	33,67 ±4,38e	58,67 ±4,73c	67,33 ±7,54c
S ₂	8,00±2,84f	31,67 ±3,48e	43,33 ±5,32d	83,33 ±8,65b
S ₃	11,67 ±3,65f	48,00 ±5,98c	100,00 ±10,43a	96,33 ±12,32a

(a,b,c,d,e) medias \pm desviación estándar con letras no comunes muestran diferencias significativas a $P < 0,05$.

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

TABLA 6. INTERACCIÓN SUSTRATO X MEDICIÓN EN LA CANTIDAD DE LOMBRICES BEBÉS EN 1,9 L.

Sustrato	Medición (mes)			
	1	2	3	4
S ₀	28,67 ±4,27e	10,33 ±2,84f	18,33 ±5,63e	23,34 ±3,83e
S ₁	20,33 ±3,19e	29,00 ±8,99e	48,00 ±6,84c	29,33 ±2,36e
S ₂	37,33 ±4,94d	36,67 ±3,4d	51,00 ±7,76c	19,67 ±3,18f
S ₃	60,67 ±6,97b	24,33 ±5,25e	40,33 ±4,78c	94,00 ±7,98 ^a

(a,b,c,d,e,f) medias ± desviación estándar con letras no comunes muestran diferencias significativas a P<0,05.

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

TABLA 7. INTERACCIÓN SUSTRATO X MEDICIÓN EN LA CANTIDAD DE CÁPSULAS EN 1,9 L.

Sustrato	Medición (mes)			
	1	2	3	4
S ₀	8,33 ±2,38e	10,67 ±2,87e	51,67 ±6,98b	29,00 ±5,35c
S ₁	7,67 ±1,73e	19,00 ±3,74d	66,33 ±6,93a	19,67 ±4,3d
S ₂	17,67 ±2,47d	27,33 ±7,22c	39,33 ±4,39c	6,00 ±2,87e
S ₃	6,67 ±3,83e	16,33 ±3,98d	74,33 ±7,38a	21,67 ±8,28c

(a,b,c,d,e) medias ± desviación estándar con letras no comunes muestran diferencias significativas a P<0,05.

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

En la tabla 8 muestra el efecto de los factores principales en la cantidad de lombrices extranjeras. Se observó significativamente una mayor cantidad para S₀ y S₃, seguido de S₁. En S₂ no se constató esta categoría de anélido. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas entre las mediciones realizadas, con valores bajos que fluctuaron entre 0,13 y 0,34 lombrices.

Las diferencias observadas en cuanto a la población de las lombrices extranjeras con respecto a los sustratos, quizás se deba a la preferencia que pudieron tener éstas por algún nutrimento o nicho ecológico. En este sentido, se ha planteado que otros tipos de lombrices de tierra (*Eudrilus* spp. y *Lumbricus* spp.) presentan un comportamiento diferenciado en cuanto a su habitat, tipo de alimentación, adaptación y características reproductivas con respecto a *E. foetida* (Satchell, 1983).

Por otra parte, el aumento poblacional en todos los estadíos medidos con respecto al tiempo, denota la adaptación y desarrollo de *E. foetida* alimentada con estos sustratos en las condiciones experimentales. Al respecto Toccalino *et al.* (2007) informa que *E. foetida* presenta gran adaptabilidad a condiciones variantes de temperatura, tipos de sustratos, pH y humedad.

TABLA 8. EFECTO DEL SUSTRATO Y LA MEDICIÓN EN LA CANTIDAD DE LOMBRICES EXTRANJERAS EN 1,9 L.

Tratamiento		Cantidad de lombrices
Sustrato	S ₀	0,77 ^a
	S ₁	0,25 ^b
	S ₂	0,00 ^c
	S ₃	0,85 ^a
	EE±	0,22*
Medición (mes)	1	0,28
	2	0,34
	3	0,18
	4	0,20
	EE±	0,11

(a,b,c) medias ± desviación estándar con letras no comunes muestran diferencias significativas a $P < 0,05$.

EE±: error estándar

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

La tabla 9 muestra el grado de relación entre las variables medidas empleando el coeficiente de correlación de Pearson. En el caso de la biomasa y las lombrices totales, presentaron una fuerte relación positiva con el resto de las variables con excepción de las lombrices extranjeras. Las lombrices adultas se relacionaron principalmente con las juveniles. Sin embargo, éstas últimas solamente presentaron una relación sustancial con las lombrices bebés.

Al analizar la relación entre las variables medidas, correlación positiva de la biomasa con las lombrices totales, las adultas y las juveniles se debe fundamentalmente a que éstas últimas aportan el mayor peso a la biomasa por los estadios más avanzados en este tipo de organismo, aspecto que coincide con lo planteado por Hernández *et al.* (1997) y Hernández *et al.* (1999). La débil relación negativa entre la biomasa y la población de lombrices extranjeras denota su poca relevancia en la investigación y su contraposición con el desarrollo de *E. foetida* debido a que este tipo de lombriz no se reprodujo en las condiciones experimentales descritas.

TABLA 9. CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES MEDIDAS.

	Biomasa	T. lombrices	Adultas	Juveniles	Bebés	Cápsula	Extranjeras
Biomasa	-	0,82**	0,84**	0,67**	0,46**	0,37**	- 0,19**
T. lombrices	-	-	0,83**	0,85*	0,66**	0,58*	-0,07
Adultas	-	-	-	0,62**	0,31*	0,40**	-0,22
Juveniles	-	-	-	-	0,57**	0,28	0,04
Bebés	-	-	-	-	-	0,12	0,07
Cápsula	-	-	-	-	-	-	-0,09
Extranjeras	-	-	-	-	-	-	-

T.: total *(P<0,05) ** (P<0,01)

Teniendo en cuenta que el total de lombrices presentó una vinculación lógica con sus miembros, y que la relación matemática con las cápsulas fue inferior pero no despreciable, denota la importancia de éstas como el paso previo al nacimiento de las lombrices bebé.

La relación más fuerte de las lombrices adultas fue con las juveniles. Este aspecto resulta interesante por el hecho que ambas se encuentran muy relacionadas en el tiempo, puesto que, en el ciclo biológico del anélido ésta constituye la transformación más rápida (Satchell, 1983).

En el mismo orden, la relación entre las lombrices bebé y las juveniles, aunque fue significativa, fue inferior a la encontradas entre las juveniles y las adultas, quizás porque el paso entre el primer tránsito en términos de tiempo sea superior.

Al analizar las ecuaciones matemáticas de mejores ajustes para la dinámica en cada sustrato, la tabla 10 muestra las relaciones obtenidas. En este sentido, en todos los casos, las mejores funciones que se ajustaron a los datos experimentales fueron las cúbicas ($y=a+bx+cx^2+dx^3$). Dichas ecuaciones exhibieron r^2 considerables. En el caso de la producción de biomasa, las ecuaciones que describieron los fenómenos asociados a S1 y S3 matemáticamente presentaron características similares.

Considerando el ajuste de los datos a las ecuaciones cúbicas las dinámicas obtenidas para cada sustrato fueron crecientes en todos los casos. Al respecto, Hernández *et al.* (1999) informaron un ajuste significativo a ecuaciones exponenciales en la producción de biomasa y parámetros morfológicos de las lombrices, tales como largo y ancho. No obstante, la estabilización en la mayoría de los indicadores medidos en esta investigación a partir del tercer mes, trajo consigo tendencias cúbicas más definidas. Por otra parte, la mayor frecuencia y período de medición utilizado por dichos autores pudieron influir en la obtención de la mejor función en cada caso.

Al analizar los resultados de la composición química de la harina de lombriz según los sustratos alimenticios (Tabla 11) no se observaron diferencias significativas para los contenidos de PB, Gr, EB, Ca y P ($P>0,05$). En todos los casos los niveles de PB fueron superiores al 53 % BS, concentraciones ligeramente menores a las reportadas por algunos autores (Velásquez *et al.*, 1986; Velásquez, 1987)) en diferentes condiciones edafoclimáticas. No obstante, la concentración proteica en estos anélidos también puede variar con la metodología de análisis para determinar su contenido, el tipo de alimento, su nivel de nitrógeno y la cantidad de éste que sea asimilado por la lombriz (Vielma-Rondón, 2003).

TABLA 10. ECUACIONES DE REGRESIÓN RELACIONADAS CON LOS SUSTRATOS EXPERIMENTADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA, LA CANTIDAD DE LOMBRICES TOTALES Y CÁPSULAS.

Sustrato	Ecuación	r ²	EE±
Biomasa (B)			
S ₀	$B=3,9599+5,0012M-0,5624M^2+0,0883M^3$	0,85***	0,42
S ₁	$B= 4,9310-8,1647M+12,5738M^2-2,3306M^3$	0,81***	0,36
S ₂	$B=4,0595+5,9837M+1,1214M^2-0,4028M^3$	0,59**	0,21
S ₃	$B=5,2471-4,5726M+12,7119M^2-2,4417M^3$	0,88***	0,46
Lombrices totales (LT)			
S ₀	$LT=39,5048+24,3016M+4,9524M^2-0,7778M^3$	0,83***	0,39
S ₁	$LT=41,4762-71,286M+106,738M^2-19,833M^3$	0,83***	0,38
S ₂	$LT=37,3190+54,8452M+11,3095M^2-4,0833M^3$	0,62**	0,22
S ₃	$LT=42,5095+104,575M -12,095M^2+0,9722M^3$	0,85***	0,42
Cápsulas (C)			
S ₀	$C=6,1414-30,629M+29,8024M^2-5,1472M^3$	0,62**	0,22
S ₁	$C=6,3605-45,534M+46,2786M^2-8,4806M^3$	0,70**	0,27
S ₂	$C=4,8652-0,8988M+14,0643M^2-3,4250M^3$	0,56**	0,20
S ₃	$C=6,9605-56,367M+54,4452M^2-9,8139M^3$	0,72**	0,28

***($P<0,001$) **($P<0,01$) M: Medición (mes) EE±: error estándar

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

TABLA 11. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE LOMBRIZ SEGÚN LOS SUSTRATOS ALIMENTICIOS.

Sustrato	PB (% BS)	Gr (MJ/kg MS)	EB (% BS)	Ca (% BS)	P (% BS)	Cz (% BS)
S ₀	57,29	4,81	19,74	0,31	0,79	9,61b
S ₁	56,67	5,75	20,08	0,41	0,83	10,68b
S ₂	53,98	4,37	18,91	0,38	0,79	16,44a
S ₃	56,59	5,75	18,09	0,38	0,81	15,45a
EE±	9,23	1,07	2,54	0,09	0,07	3,32*

(a,b) medias con letras no comunes entre una misma columna muestran diferencias significativas a $P < 0,05$. EE±: error estándar

S₀: Estiércol (100%), S₁: Estiércol (97%) + cepa (1%) + residuo (2%), S₂: Estiércol (95%) + caña (3%) + residuo (2%), S₃: Estiércol (96%) + cepa (3%) + caña (1%)

PB: Proteína Bruta, Gr: Grasa, EB: Energía Bruta, BS: Base Seca, MJ: Mega Joule, EE: Error Estándar

Los niveles de grasa (Gr) oscilaron entre 4,37 y 5,75 %BS, valores que coinciden, en buena media, con los obtenidos para el total de ácidos grasos informado por Vielma-Rondón et al. (2003) en LRC en Venezuela.

Los contenidos de EB son 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 (Gonsálvo et al., 2001; Nieves, 2007).

Los niveles de minerales (Ca y P) se encuentran en el rango reportado por algunos autores (Vielma-Rondón *et al.*, 2001). Sin embargo, la mayor proporción de Cz en la harina de las lombrices alimentadas con S₂ y S₃ se debe quizás a la presencia de otros macro o microelementos asimilados, los cuales no fueron cuantificados en esta investigación. Adicionalmente, las diferencias también pudieran encontrarse condicionadas por las características químicas de cada sustrato.

En general se describe la poca variación en las poblaciones de lombrices bajo condiciones experimentales controladas cuando éstas son alimentadas con desechos agrícolas (Hernández *et al.*, 1996b) En este caso se presentan interacciones significativas ($P < 0,05$) observadas entre los sustratos utilizados y los tiempos de medición en casi todas las variables medidas excepto la cantidad de lombrices extranjeras, así como los mejores resultados obtenidos con S₃ con relación al resto, demuestran la influencia determinante de la matriz de alimento en el comportamiento de estos anélidos a mediano y largo plazo. Aún cuando los incrementos en todos los sustratos fueron sustanciales, el mayor aumento se observó en las lombrices alimentadas con estiércol, cepa de plátano (3 %BS) y caña (1 %BS).

CONCLUSIONES.

1. Durante el periodo experimental la dinámica de crecimiento y producción de la lombriz roja se vio favorecida con el sustrato S3: estiércol de bovino (96%) + cepa de caña (3%) + cepa de plátano (1%).
2. La dinámica del desarrollo y reproducción de las lombrices en este experimento se ajustaron a ecuaciones cúbicas, lo que indica la posible interacción entre algunos factores no dilucidados.
3. Los sustratos utilizados en la alimentación de las lombrices no produjeron cambios sustanciales en la calidad de las harinas en términos de PB, Gr, EM, Ca y P. Sin embargo, los diferenciados niveles de Cz obtenidos en S2 y S3, comparados con S0 y S1, se encuentran condicionados por las características de cada fuente de alimento y la asimilación de estos por parte de las lombrices.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación fue posible por el apoyo del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la universidad de los Andes bajo el código NURR-C-356-04-03-C.

BIBLIOGRAFÍA.

- Águila, F.2007. Estudio del incremento poblacional de la Lombriz doméstica (*Eisenia foetida* Sav.) bajo condiciones de ambiente protegido y semi protegido en Tingo María. En línea: www.fao.org/ag/AGL/agll/rla128/unas/uncis10/unas10-30.htm. Consulta: Enero, 2007.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemist. Ed. Airlington. Virginia. USA. 500 p.
- Carrión, S.2007. Efecto de mezclas del sustrato en el crecimiento y producción de humus de lombriz roja (*Eisenia foetida* Sav.) en Tingo María. En línea: www.fao.org/ag/AGL/agll/rla128/unas/uncis10/unas10-30.htm. Consulta: Enero, 2007.
- Ferruzzi, C.1987. Manual de lombricultura. Editorial Mundi Prensa. Madrid-Castelo 37. Madrid, España. 138p.
- Flores, M.T.; Alvira, P.1987. Composición químico-bromatológica y proporción de aminoácidos de la harina de la lombriz de tierra (*E. foetida* Sav. y *L. rubellus* Hoff.). An. Edof. Agrobiol., 785-798.
- Flores, M.T.; Alvira, P.1988. The earthworm (*E. foetida* Sav. and *L. rubellus* Hoff.). Biology and uses. An. Edof. Agrobiol., 771-778.
- Fogar, M.N.; Cracogua, M.F.2007; Iglesias, M.C. Respuesta de la lombriz roja (*E. foetida*) frente a diferentes alimentos. En línea: <http://www.unne.edu.al/cyt/agrarias/a.058.pdf> Consulta: Enero, 2007.

- Fuentes, J.1982. La crianza de la lombriz roja. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Colombia. Hojas divulgadoras No-1/87 HD.
- Galvis, A.1991. Un auténtico reciclaje natural. La lombricultura. Caja Agraria. Dpto. Risararlda. Pereira, Colombia, 4p.
- García, M.D.; Reinés, M.; Domínguez, P.L.; Mederos, C.M.; Gutiérrez, A.1995. Utilización de excretas porcinas en la cría de lombrices de tierra. Inclusión de lombrices frescas en dietas para cerdos. Rev. Comput. Prod. Porcina, 2(1): 45-52.
- García, D.E.; Medina, M.G. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Zootecnia Tropical. 24(3): 233-250.
- García, D.E.; Medina, M.G.; Domínguez, C.; Baldizán, A.; Humbría, J.; Cova, L.2006 Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical, 24(4): 401-415.
- García, M.D.; Macías, M.; Martínez, V.; Rodríguez, M.; Mestraba, L; Domín guez, P.L.; Mederos, C.M. 2007.Composición química de dos especies de lombrices de tierra (*Eisenia foetida* y *Eudrilus Eugeniae*). En línea: www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev42/maridia.htm. Consulta: Enero, 2007.
- García, S.2007. Estudio biológico y evaluación de sustrato (estiércol vacuno x rastrojo de maíz) en la reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida* Sav.) en Tingo María. En línea: www.fao.org/ag/AGL/agll/rla128/unas/uncis10/unas10-30.htm. Consulta: Enero, 2007.
- Gonzálvo, S.; Nieves, D.; Ly, J.; Macías, M.; Carón, M., Martínez V.2001. Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. Livestock Res. Rural Devel., 13(2). Revista en Línea: www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/gonz132.htm.
- Hernández, J.A.; Rincón, M.L.; Jiménez, R.1997. Comportamiento de la lombriz roja (*E. foetida*) baja condiciones de clima cálido. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 14: 387-392.
- Hernández, J.A.; Ramírez, N.; Bracho, B.; Faría, A.1999. Caracterización del crecimiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) bajo condiciones de clima cálido. Rev. Fac. Agro. UCV., 25(2): 1-7.
- Hernández, J.A.; Contreras, C.; Palma, R.; Saría, J.; Pietrosevoli, S.2002. Efecto de los restos de la palma aceitera sobre el desarrollo y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia* spp.). Rev. Fac. Agro. LUZ., 19(4): 304-311.
- Hernández, J.D.; Montes de Oca, P., Villalobos, C. 1996b.Estudio reproductivo de la lombriz de tierra *E. foetida* en cuatro sustratos en la finca experimental Santa Lucía. Universidad Nacional. Memorias X Congreso Nacional Agronómico. San José de Costa Rica. 08/12/07.
- Jiménez, J. 2007.Evaluación de diferentes sustratos orgánicos en la crianza de la lombriz roja (*Eisenia foetida* Sav.) y la producción de humus en Tingo María. En línea: www.fao.org/ag/AGL/agll/rla128/unas/uncis10/unas10-30.htm. Consulta: Enero, 2007.

- Lee, K.I. 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press. Orlando, Florida, USA. 423. 1985.
- Nieves, D. 2007. Forrajes promisorios para la alimentación de conejos en Venezuela. Valor nutricional. En línea: http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/duilio.htm. Consulta: Enero, 2007.
- Recalde, 2008. L. Proyecto: Lombrices Californianas (*Eisenia foetida*). <http://www.getiopolis.com> Investigado el 30 de Mayo de 2008. 8p
- Salazar, E.; Rojas, C. 1992. Conferencia curso fundamental de lombricultura. Aspectos generales. Teoría. Asociación Colombiana de Lombricultores. Asolombríz. 8p.
- Satchell, J.E. 1983. Earthworm ecology from Darwing to vermiculture. (Satchell, J.E. Ed.). Chapman & Hall LTD. 485 p.
- SPSS. SPSS versión 8.0. 2007. Guía Técnica. En línea: <http://www.spss.com/la>. Consulta: Enero, 2007.
- Toccalino, P.A.; Roux, J.P.; Agüero, C.M. 2007. Comportamiento reproductivo de *Eisenia foetida* (Lombriz Roja de California) durante las cuatro estaciones del año y alimentadas con distintos compostajes. En línea: www1.unne.edu.ar/cyt/2001/4-Veterinarias/V-040.pdf. Consulta: Enero, 2007.
- Velásquez, L.; Delgado, M.J.; Herrera, C.; Ibáñez, I. 1985. Estudio preliminar de la utilización de harina de lombriz (*Eisenia foetida*) en nutrición de broilers. Univ. Católica de Chile, 12p.
- Velásquez, L.; Herrera, C.; Ibáñez, I. 1986. Harina de lombriz I Parte: Obtención composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. Alimentos, 11(1): 15-21.
- Velásquez, L. 1987. Consideraciones nutricionales, bioquímicas y físicas de la harina de lombriz en la alimentación de especies acuícolas. Alto Jahuel. Chile, 9p.
- Vielma-Rondón, R.; Carrera, P.; Rondón, C.; Medina A. 2001. Contenido de minerales y elementos traza en harina de lombriz californiana *Eisenia foetida*. LI Convención. anual de ASOVAC. Universidad del Táchira Venezuela.
- Vielma-Rondón, R.; Ovalles-Durán, J.F.; León-Leal, A.; Medina A. 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización pre-columna con o-ftalaldehído (OPA). Ars. Pharmaceutica, 44(1): 43-58.
- Vielma-Rondón, R.; Usubillaga, A.; Medina A. 2003. Estudio preliminar de los niveles de ácidos grasos de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Revista de la Facultad de Farmacia, 45(2): 39-44.