



EVALUACIÓN BIOMÉTRICA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA FOETIDA*. SAV.) EN CONDICIONES AMBIENTALES SEMICONTROLADAS *

BIOMETRIC EVALUATION OF THE CALIFORNIAN RED WORM (*EISENIA FOETIDA*. SAV.) IN SEMICONTROLLED ENVIRONMENTAL CONDITIONS

HUMBERTO R., PÉREZ-FIGUEREDO⁽¹⁾ Y MARITZA, GAVIRIA⁽²⁾

RESUMEN

El ensayo se realizó con el objetivo de evaluar la biometría (peso, longitud, diámetro) de la lombriz *Eisenia foetida* SAV., en diferentes sustratos orgánicos provenientes de basura orgánica y estiércol animal, bajo condiciones ambientales semicontroladas en el municipio Barinas. La metodología consiste en un diseño completamente aleatorizado unifactorial con 5 repeticiones y 4 tratamientos, T1: Basura Orgánica, T2: Estiércol Bovino, T3: Estiércol Equino, T4: Estiércol Conejo. En caso de significancia se aplicó las pruebas de Tukey ($p \leq 0,01$), resultando la ecuación $\hat{y} = L (0,03) + D (0,60) + 0,05$, para estimar el peso de la lombriz expresada en gramos, donde las variables longitud (L) y diámetro (D), están altamente correlacionadas con el peso ($R^2 = 0,92$). Los promedios de longitud y diámetro de la lombriz expresado en cm, para el estiércol bovino $7,40 \pm 0,54$ CV 7,28 y $0,41 \pm 0,02$ CV 5,24; estiércol equino $6,75 \pm 0,62$ CV 9,14 y $0,38 \pm 0,02$ CV 6,46; estiércol conejo $6,52 \pm 0,87$ CV 13,32 y $0,36 \pm 0,03$ CV 7,84; finalmente para basura orgánica $4,80 \pm 0,40$ CV 8,30 y $0,37 \pm 0,02$ CV 6,06. Se concluye que alimentando la lombriz con cualquier sustrato orgánico su peso promedio alcanza 0,5000 g.

Palabras clave: Eisenia fétida, lombriz roja californiana, biometría de la lombriz, sustratos orgánicos.

ABSTRACT

The test was carried out with the objective of evaluating the biometry (weight, length, diameter) of the earthworm *Eisenia foetida* SAV., in different organic substrates coming from organic waste and animal manure, under semicontrolled environmental conditions in the Barinas municipality. The methodology consists of a completely randomized, unifactorial design with 5 repetitions and 4 treatments, T1: Organic Garbage, T2: Cattle Manure, T3: Equine Manure, T4: Rabbit Manure. In case of significance, the Tukey tests were applied ($p \leq 0.01$), resulting in the equation $\hat{y} = L (0.03) + D (0.60) + 0.05$, to estimate the weight of the earthworm expressed in grams, where the variables length (L) and diameter (D), are highly correlated with the weight ($R^2 = 0.92$). The average length and diameter of the earthworm expressed in cm, for bovine manure 7.40 ± 0.54 CV 7.28 and 0.41 ± 0.02 CV 5.24; equine manure 6.75 ± 0.62 CV 9.14 and 0.38 ± 0.02 CV 6.46; rabbit manure 6.52 ± 0.87 CV 13.32 and 0.36 ± 0.03 CV 7.84; finally for organic waste 4.80 ± 0.40 CV 8.30 and 0.37 ± 0.02 CV 6.06. It is concluded that feeding the earthworm with any organic substrate its average weight reaches 0.5000 g.

Keywords: *Eisenia foetida*, californian red worm, biometry of the worm, organic substrates.

(*) Artículo enviado: 25-01-18

Aprobado: 19-03-18

(1) Complejo Agroindustrial Azucarero "Ezequiel Zamora" S.A. (CAAEZ, S.A.). Sabaneta, estado Barinas, Venezuela.
Email: humbertoPerezf@gmail.com.

(2) Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Barinas (INIA). Barinas, estado Barinas, Venezuela.
Email: maritzagaviria@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la lombricultura fue introducida hace poco más de 25 años, pero sólo hasta ahora está teniendo un auge importante, ayudado, quizás, por las investigaciones realizadas por grupos o entidades que fomentan la actividad agrícola en el país. (Polo *et al.*, 2011).

La lombricultura es una técnica que consiste en la elaboración de abono orgánico a través de la utilización de varias especies de lombrices. Las especies de lombrices más comúnmente utilizadas para lombricultura son las pertenecientes al género *Eisenia*, por ser de amplia distribución, tener una prolongada longevidad y tolerancia a amplios rangos de condiciones de temperatura y humedad, además de ser resistentes a la manipulación, presentar altos índices reproductivos y crecimiento rápido según Aquino y Nogueira(2001) y confirmado por Polo *et al.* (2011), quienes manifiestan que la más conocida y usada es *Eisenia foetida* SAV., conocida también como "lombriz roja californiana", la cual se logró en la Universidad Agrícola de California, Estado Unidos de Norte América según Ferruzzi (1987) y Díaz *et al.* (2008). También existen otras especies que son utilizadas con fines comerciales como *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* y *Helodrilus caliginosus* mencionadas por Ferruzzi (1987), Alvares (2004), Bollo (1999), Durán y Henríquez (2009), las cuales son muy poco conocidas en Venezuela y es muy escasa la información referente a estas otras especies de lombriz.

La lombriz roja californiana 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; Díaz *et al.*, 2008).

La crianza de estos animales requiere de un esfuerzo mínimo por parte de quienes se interesan en su manejo y reproducción, ya que, en ausencia de los riesgos que habitualmente enfrentan los organismos dentro de los hábitats naturales, estas lombrices crecen más rápido, se mantienen más saludables, viven más tiempo, y se reproducen a una mayor velocidad (Butt, 1999; Paoletti, 1999; Moreno-Reséndez y Cano-Ríos, 2002).

Mediante el uso de la lombricultura, es posible convertir casi cualquier tipo de desecho orgánico en un producto final denominado genéricamente como lombricompost el cual es utilizado en la agricultura. Según Henríquez y Cabalceta (1999), los abonos orgánicos, mejoran tanto las propiedades químicas del suelo, como las propiedades físicas y biológicas, contribuyendo igualmente a la solución del problema de la contaminación del ambiente.

La literatura menciona que a pesar de la adaptabilidad que presentan las diferentes especies de lombriz, las características del sustrato o material de crecimiento, afectan directamente el estado y multiplicación de este organismo (Bollo, 1999). Por lo que, Ferruzzi (1987), manifiesta que los sustratos orgánicos que ingiere *Eisenia foetida* los pasa por su aparato digestivo y el 60% de su propio peso corporal lo transforma en humus.

En este sentido Castillo *et al.* (2000), Durán y Henríquez (2009) sugieren que se requiere tener el conocimiento del peso de la lombriz para establecer los cálculos de humus necesario a producir según el requerimiento que se tenga y así mismo, la cantidad de alimento a suministrar. Siendo prioridad el conocimiento de los aspectos biológicos (biometría) de las especies utilizadas en lombricultura, dejando un poco de lado los aspectos sobre selección de sustratos de cría y calidad del abono obtenido según estos sustratos.

En base a lo anterior, se llevó a cabo esta investigación con el objetivo de evaluar los parámetros biométricos, longitud, diámetro y peso, de la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida* SAV.), en diferentes sustratos orgánicos bajo condiciones ambientales semicontroladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el periodo de 26 semanas (180 días), en el municipio Barinas estado Barinas. Se obtuvieron los datos de los elementos climáticos de la Estación Barinas, Planta Sede; Tipo Agrometeorológica Serial 3805; Longitud: 70°08'80,9" Latitud: 08°33'591" Altitud: 183 msnm según INIA (2012), citado en Pérez-Figueredo (2013), para el registro climatológico del periodo 1996 a 2006, elaborando el Balance Hídrico-Edáfico según Thornthwaite (1978) citado en Pérez-Figueredo (2013)

para la zona, determinando una precipitación anual promedio de 1415,02 mm, evaporación promedio anual de 1896,41 mm y Temperaturas promedio mensual de 26,95 °C. La zona de vida según Holdridge (1987), citado en Pérez-Figueroa (2013), es Bosque Seco Tropical.

Se utilizó lombrices de la especie *Eisenia foetida* SAV., lombriz roja californiana, en estado juvenil, provenientes de un lumbricultivo tratado con mezclas de sustratos previendo se encuentren en buen estado sanitario.

Las lombrices fueron distribuidas a razón de 150 individuos por tratamiento, para un total de 600, lombrices, colocadas en cajas de madera (cajas ecológicas) construidas con medidas de 0,30 m de ancho por 0,60 m de largo por 0,40 m de alto para un volumen de 0,072 m³ y un equivalente a 0,18 m², que conformaban una sola estructura en bloques, techado y cubiertos con malla milimétrica en la parte superior de cada unidad dispuestas en un diseño completamente aleatorizado.

Se utilizaron 24 cajas ecológicas en las cuales se colocaron 29 kg de sustrato alimenticio por unidad experimental, estos sustratos fueron representados por cada tratamiento. T1; Basura Orgánica, T2: Estiércol Bovino, T3: Estiércol Equino, T4: Estiércol Conejo. Se usaron mangueras de jardín para mantener húmedas las cajas y una tela de zaranda sobre las cajas y fosas que proporcionó sombra y protección a las lombrices.

Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente para un valor de análisis de varianza completamente aleatorizado unifactorial con 5 repeticiones y 4 tratamientos. Para la evaluación de los resultados experimentales se utilizó el Software Statistica V-8, en caso de significación se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,01$).

El estiércol de bovino, equino y conejo se obtuvo de la unidad de producción agropecuaria perteneciente al señor Raúl Parada, ubicada en la localidad de La Acequia, municipio Pedraza, estado Barinas. Este se dejó en las mismas condiciones de campo y no fue lavado, compostado o curado antes de aplicarlo a las lombrices, aunque Loza-Murguía *et al.* (2010), recomienda el lavado con agua potable en una relación 1:2, a fin de eliminar la urea y regular el pH hasta aproximadamente cerca al neutro, en este experimento

se evaluó el estiércol en condiciones iniciales sin tratarlo tal cual como se recolecto en el campo.

Se midió semanalmente la longitud de la lombriz en cm (LL) con una regla graduada milimétrica marca Faber Castell de precisión 1 mm, diámetro de la lombriz en mm (DL) con un vernier marca Ohaus Metric Teaching Aids PN 1350-05 precisión 1 mm y peso de la lombriz en gramos (PL) con una balanza analítica marca Ohaus Explorer Pro precisión 0,1 mg. La frecuencia de medición de las variables fue semanalmente. Para determinar las mediciones las lombrices se seleccionaron tomando aquellas adultas que presentan visible el clitelo, luego fueron lavadas con agua destilada para eliminar todo residuo de sustrato adherido al cuerpo.

Se tomaron mediciones semanales de número de lombriz (NL) y numero de ootecas (NO) para estimar la reproducción de lombrices por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Tabla 1, la tendencia en los valores promedios de las variables biométricas (peso, longitud y diámetro) de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Tabla 1. Comparación de las variables biométricas de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos en condiciones semicontroladas.

Tratamiento	Variable		
	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)
Estiércol Bovino	7,40 a	0,41 a	0,5313 b
Estiércol Equino	6,75 b	0,38 b	0,5770 a
Estiércol Conejo	6,52 b	0,36 c	0,4245 c
Basura Orgánica	4,80 c	0,37 c	0,4122 c
R ²	0,92	0,93	0,90
CV	9,88	6,40	8,00
DE	1,15	0,03	0,08
EE	0,08	0,02	0,01

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, prueba de Tukey ($p \leq 0,01$).

Para la variable peso de la lombriz (PL), existen diferencias entre las lombrices tratadas con estiércol bovino y equino no así al ser tratadas con estiércol de

conejo y basura orgánica los cuales presentaron un peso estadísticamente igual pero diferente a los otros dos. Sin embargo, en ningún caso las lombrices llegaron a pesar un gramo como lo asegura Ferruzzi (1987).

Polo *et al.*, (2011), señala que al someter las lombrices a un tratamiento con cadmio (Cd), reporto un peso de 0,6900 g/individuo al final del ensayo acercándose este valor al peso producido en las lombrices tratadas con estiércol de equino 0,5770 g/individuo, siendo este el de mayor peso promedio en comparación con los restantes tratamiento, en donde se muestra que el menor peso promedio fue de 0,4122 g/individuo, con basura orgánica estadísticamente igual a 0,4245 g/individuo, con estiércol conejo. Álvarez y Agustín (2004), presento valores de 0,3530 g/individuo a 0,4500 g/individuo tratados con estiércol. Encontrándose en los rangos obtenidos en este experimento. Sin embargo investigadores como Duran y Hernández (2009) reportaron peso de 0,3700 g/individuo.

En la Figura 1, muestra el comportamiento del peso de la lombriz roja californiana, tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos (estiércol bovino, equino, conejo, basura orgánica) en condiciones semicontroladas, al aplicar la prueba de Tukey ($p \leq 0,01$), el análisis estadístico, reveló que no existen diferencias significativas para la biomasa de las lombrices entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, al comparar la biomasa inicial con la biomasa final se encuentran diferencia estadística significativa, evidenciando un incremento importante en la biomasa total de la especie, el cual no fue afectado por el tipo de sustrato utilizado en el experimento (estiércol bovino, equino, conejo, basura orgánica).

El resultado concuerda con lo descrito por León *et al.* (1992) y Aquino *et al.* (1994) citados en Duran y Hernández (2009) que lo relacionan directamente con el alimento disponible. Esta tendencia se observó más visiblemente en el tratamiento doméstico, basura orgánica. En el punto máximo de peso promedio de los individuos a los 180 días, los tratamientos se ubicaron estadísticamente en 2 grupos: estiércol y basura siendo estos grupos distintos en la procedencia del sustrato.

Un primer grupo relacionados con los estiércol que presentaron promedios de 0,5313 g/individuo bovino, 0,5770 g/individuo equino, 0,4245 g/individuo con diferencias significativas en el peso de la lombriz, y el

segundo grupo con los tratamientos que relaciona estiércol con el sustrato domestico donde se evidencia una diferencia significativa 0,4122 g/individuo basura orgánica con el menor peso, quizás por el alto contenido de celulosa y poco contenido de proteína. Muñoz-Pedrerros *et al.* (1997), registro peso promedio de $0,375 \pm 0,315$ a de $0,369 \pm 0,585$ g/lombriz valores por debajo, quizás se deba a las condiciones climáticas a las cuales sometió las lombrices.

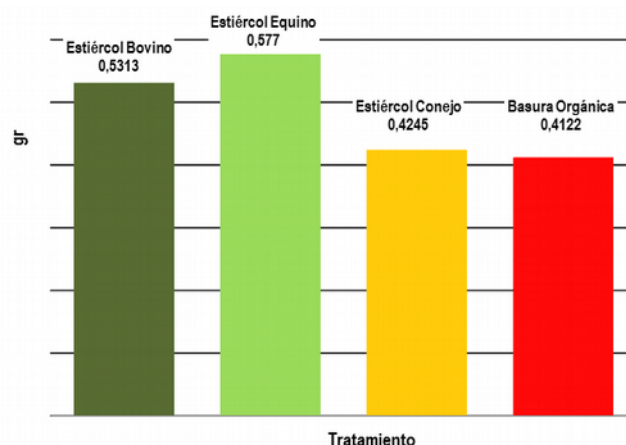


Figura 1. Comportamiento del peso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos en condiciones semicontroladas.

En estudios realizados se han registrados pesos de 0,1370 g/lombriz (Alastre, 1995), aunque también se han presentado pesos entre 0,2260 g/lombriz y 0,3430 g/lombriz (Álvarez y Agustín, 2004), Hernández *et al.* (1999) refiere peso de 1,0500 g/lombriz mientras que otros autores han señalado pesos entre 0,5600 g/lombriz y 0,6400 g/lombriz. Es importante resaltar que el peso está influenciado por la densidad de población, es decir a mayor densidad menor será el peso promedio de la lombriz, por lo tanto es posible que los resultados varíen al aumentar el número de lombrices por metros cuadrados.

Los promedio de longitud (L) y diámetro (D) de la lombriz expresada en cm para cada tratamiento fueron estiércol bovino $7,40 \pm 0,54$ CV 7,28 y $0,41 \pm 0,02$ CV 5,24; estiércol equino $6,75 \pm 0,62$ CV 9,14 y $0,38 \pm 0,02$ CV 6,46; estiércol conejo $6,52 \pm 0,87$ CV 13,32 y $0,36 \pm 0,03$ CV 7,84; basura orgánica $4,80 \pm 0,40$ CV 8,30 y $0,37 \pm 0,02$ CV 6,06, respectivamente.

Hernández *et al.* (1999), señala que la lombriz roja californiana puede medir hasta $11 \pm 0,92$ cm/individuo.

Sin embargo, en ninguno de los tratamientos los individuos llegaron a esta longitud (Tabla 1), encontrándose diferencias en los promedios de longitud entre ellos. Mientras que Muñoz-Pedrerros *et al.* (1997), registro longitudes promedio de $4,92 \pm 0,28$ a $5,11 \pm 6,40$ cm en condiciones ambientales diferentes, sin embargo no reporto valores de diámetro para la especie *Eisenia Foetida* SAV.

En la Figura 2, observamos que la lombriz presenta mayor longitud tratada con estiércol que siendo tratada con basura orgánica, mientras que con estiércol bovino engrosa más 0,41 cm/individuo, que los restantes estiércol (equino 0,38 cm/individuo y conejo 0,36 cm/individuo, siendo estos dos estadísticamente iguales).

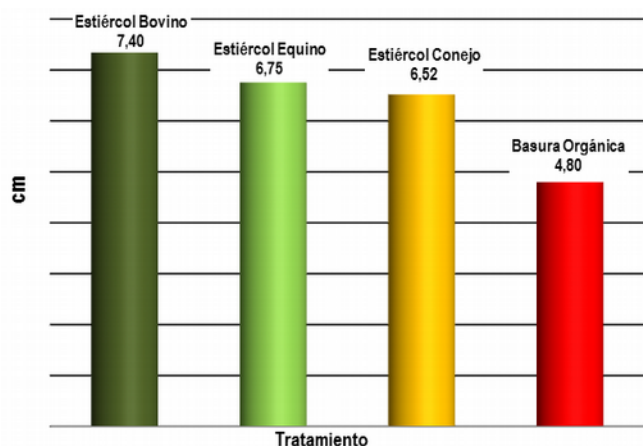


Figura 2. Comparación de la longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos en condiciones semicontroladas.

Sin embargo las lombrices tratadas con basura orgánica lograron un engrosamiento de 0,37 cm/individuo, superior al estiércol conejo (Figura 3), estas diferencias estadísticas se observan en la Tabla 1. Hernández, Rincón y Jiménez (1997), obtuvieron medidas de 0,45 cm/individuo sometidas a un tratamiento con estiércol bovino no siendo significativamente diferente a los 0,41 cm/individuo con estiércol bovino obtenidos en este ensayo.

Los resultados de las variables reproductivas de la lombriz roja californiana criadas en cajas ecológicas de $0,18 \text{ m}^2$, se muestran en la Tabla 2, donde se aprecia que existen diferencias significativas en el número de lombriz/ m^2 , donde el tratamiento con estiércol Bovino

reporta valores superiores a los restantes tratamientos, con $1088,04 \text{ lombrices}/0,18 \text{ m}^2$ ($6044,67 \text{ m}^2$). La basura orgánica reporto el valor más bajo de lombriz/ m^2 con $73,80 \text{ lombrices}/0,18 \text{ m}^2$ ($410,00 \text{ m}^2$). Esto se debe a la combinación de celulosa-proteína componentes en la dieta alimenticia de la especie *Eisenia foetida* según lo expresa Ferruzzi (1987).

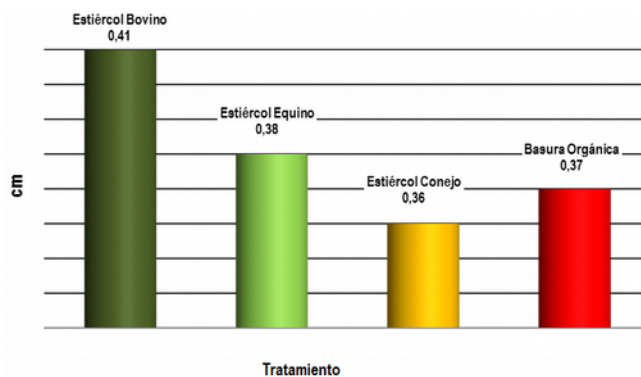


Figura 3. Comparación del diámetro de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos en condiciones semicontroladas

Tabla 2. Comparación de las variables reproductivas de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.), proveniente de las cajas ecológicas tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos en condiciones semicontroladas.

Tratamiento	Variable		
	N° Lombriz por $0,18 \text{ m}^2$ *	N° ooteca por lombriz	N° lombriz por ooteca
Estiércol Bovino	1088,04 a	3,32 a	4,44 a
Estiércol Equino	502,72 b	1,46 c	3,50 b
Estiércol Conejo	280,76 c	1,48 c	2,50 c
Basura Orgánica	73,80 d	2,38 b	3,70 ab
R ²	0,94	0,95	0,92
CV	19,27	34,61	39,79
DE	**	1,07	1,56
EE	13,25	0,08	0,11

* Área de la caja ecológica ($0,072 \text{ m}^3$).

** bovino 178,97; equino 39,18; conejo 36,69; basura 14,84

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, pruebas de Tukey ($p \leq 0,01$).

La literatura menciona que a pesar de la adaptabilidad que presentan las diferentes especies de

lombriz, las características del sustrato o material de crecimiento, afectan directamente el estado y multiplicación de la lombriz (Bollo, 1999; Ferruzzi, 1987), es por ello la variabilidad en la reproducción encontrada en este experimento el cual fue influenciado por el sustrato utilizado (estiércol bovino, equino, conejo, basura orgánica).

Se sabe que la producción de ootecas significa para la lombriz, un gasto energético, necesario para la preservación de la especie (Cluzeau *et al.* 1992, León *et al.*, 1992 citados en Durán y Henríquez, 2009). Al comparar la Tabla 1 con la Tabla 2, se encontró una relación entre los tratamientos que tenían un mayor peso promedio de individuos y que presentaron por otro lado un mayor producción de ootecas. Se encontró que los tratamientos con menor peso promedio fueron los que produjeron una mayor cantidad de ooteca estadísticamente no hubo diferencias entre estos y los que tuvieron mayor peso.

La reproducción es la variable que indica el número de individuos nuevos. Los resultados presentados por Polo *et al.* (2011), en el sustrato testigo (estiércol de bovino) obtuvo 1079 individuos/caja; con sustrato hojas secas + estiércol reportó 483 individuos/caja; con desperdicios de cocina obtuvo 123 individuos/caja y por ultimo desperdicios de cocina presentó 79 individuos/caja, valores estos cercanos a los encontrados en esta investigación. Gastón, Martínez y Enrique (2008) obtuvieron resultados similares en los mismos sustratos, valores estos cercanos a los encontrados en esta investigación.

Las ootecas de *Eisenia foetida* fueron de forma ovoide con extremos aguzados, su color fue marrón claro, tendiendo a amarillo cremoso, que se oscureció al acercarse a la eclosión tornándose en marrón oscuro, estas se pueden observar en la figura 4.

El número promedio de ootecas/semana obtenidas por tratamiento fue para estiércol bovino $3,32 \pm 0,96$ ootecas/lombriz/semana, estiércol equino $1,46 \pm 0,58$ ootecas/lombriz/semana y estiércol conejo $148 \pm 0,50$ ootecas/lombriz/semana, finalmente para basura orgánica $2,38 \pm 0,8$ ootecas/lombriz/semana (Tabla 2), coincidiendo con lo encontrado por Polo *et al.* (2011), que reportan 1,8 ootecas/lombriz/semana y Harstenstein (1981), quien utilizando estiércol equino reportó un promedio de 1,46 ootecas/lombriz/semana representando estos valores los parámetros de reproducción en la especie *Eisenia foetida* SAV.



Figura 4. Ootecas de *Eisenia foetida* SAV, internamente alberga en promedio estadístico 2 a 4 lombricillas según las condiciones climáticas, algunos autores las denominan capullos, cocones, huevos o cápsulas.

La mayoría de las investigaciones realizadas sobre el cultivo de la lombriz roja californiana, como es el caso de Ferruzzi (1987), reportan como producto de la fecundación, una cápsula (ooteca) por semana con 1 a 21 lombrices por cápsula (ooteca) y Galvis (1991) encontró 12 lombrices por cápsula (ooteca); Hernández Rincón y Jiménez (1997) manifiestan que a temperatura promedio de 29 °C se obtienen de 4 a 6 cápsulas (ooteca) por semana con promedio de 2,3 lombrices por cápsula (ooteca) al igual que Díaz *et al.* (2008), Álvarez y Agustín (2004), presentaron valores de ootecas/lombriz/semana de 1,25 ootecas, 2,25 ootecas y 0,75 ootecas.

Sin embargo, autores como Moreno-Reséndez y Cano-Ríos (2002), Durand y Henrique (2009), Díaz *et al.* (2008), han señalado que *Eisenia foetida* es una especie muy prolifera y señalan que una lombriz puede poner desde 1 ooteca/día hasta 1 ooteca cada 3 días. En este trabajo se encontró la postura de 1 ooteca/semana/lombriz, sin embargo la condición de sexualidad cruzada de la especie *Eisenia foetida*, donde al aparearse las dos lombrices quedan fecundadas, permitiendo 2 postura/semana, aunque la fecundación está altamente correlacionada con la dieta de la lombriz, es decir va a depender del sustrato y de la calidad del sustrato que se le suministre. Esto explica la diferencia encontrada en el número de lombrices por ootecas en los tratamientos evaluados; estiércol bovino (4,44 lombriz/ooteca), estiércol equino (3,50 lombriz/ooteca), estiércol conejo (2,50 lombriz/ooteca), basura orgánica (3,70 lombriz/ooteca).

Solamente para el tratamiento estiércol equino se observó una variación en el peso estimado por encima al valor de campo, que podría tomarse como alta (0,0960 g) si comparamos con los otros tratamientos. En estiércol bovino estuvo por encima 0,0151 g, siendo un valor aceptable estadísticamente y los tratamientos basura orgánica y estiércol conejo estuvieron por debajo con valores aceptable, reportando -0,0013 g y -0,0367 g respectivamente (Figura 5).

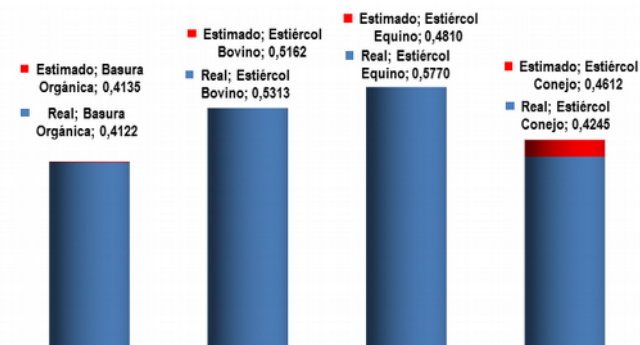


Figura 5. Comparación del peso real y peso estimado en gr, de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida sav.*), tratada con diferentes tipos de sustratos orgánicos en condiciones semicontroladas.

Al aplicar la regresión lineal se determinó la ecuación para estimar el peso de la lombriz roja californiana, y se obtuvo la siguiente expresión para estimar el peso de la especie *Eisenia foetida*:

$$\hat{y} = \beta_1 + \beta_2 X_1 t + \beta_3 X_2 t + \mu t \quad (1)$$

Dónde:

$$\beta_1 = 0,05$$

$$\beta_2 = 0,03$$

$$\beta_3 = 0,60$$

$X_1 t$ = Longitud de la lombriz (L)

$X_2 t$ = Diámetro de la lombriz (D)

\hat{y} = Peso estimado de la lombriz

μt = Error

Sustituyendo los valores en la ecuación (1), se obtuvo la ecuación (2) de estimados del peso de la especie *Eisenia foetida*:

$$\hat{y} = L (0,03) + D (0,60) + 0,05 \quad (2)$$

Para validar la ecuación (2), con los datos tomados en campo, se introdujo cada uno de los valores de longitud (cm) y diámetro (cm) en la ecuación de estimación del peso $\hat{y} = 0,05 + 0,03 (L) + 0,60 (D)$

obteniendo los resultados de promedios por tratamientos presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Validación de los estimados de peso de la especie de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida SAV*) por tratamiento en condiciones semicontroladas.

Tratamiento	y	\bar{x}	\hat{y}	$x_{ }$	$y - \hat{y}$
Basura orgánica	0,3584	0,4122	0,4115	0,4135	-0,0013
Estiércol bovino	0,5415	0,5313	0,5195	0,5162	0,0151
Estiércol equino	0,6300	0,5770	0,4502	0,4810	0,0960
Estiércol conejo	0,3780	0,4245	0,5111	0,4612	-0,0367

$$R^2 = 0,92; EE = 0,01$$

El coeficiente de determinación $R^2 = 0,92$; indica que el método es confiable y preciso y los valores estimados del peso de lombriz roja californiana se pueden utilizar con toda confianza para calcular el alimento requerido (sustrato orgánico), así como la producción de humus.

Experimentos realizados por Hernández Rincón y Jiménez, (1997) con diferentes sustratos utilizando estiércol de bovino, cabra y gallinaza no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la población de lombrices y número de ootecas, igualmente ocurrió con diferentes sustratos con estiércoles y leguminosas. Fogar, Cracogua e Iglesias, (2007) y Díaz *et al.*, (2008) realizaron ensayos con estiércol de bovino mezclados con restos de silo de maíz, sorgo y cachaza (desperdicios de la industria azucarera) donde mostraron que a los 24 días iniciales, se incrementó al doble la biomasa de lombrices más no el número de lombrices.

Estos resultados tienen una aplicación práctica para las y los productores que puedan tener interés tanto en la producción de biomasa de lombriz como pie de cría, ya que el tipo de sustrato tendrá un efecto importante sobre esta variable. Sin embargo hay que tomar en consideración lo expresado por Durán y Henríquez (2009) quienes recomiendan realizar algunas pruebas bromatológicas previas al sustrato orgánico al iniciar una producción comercial.

CONCLUSIONES

Alimentando a la lombriz roja californiana con cualquier sustrato orgánico estiércol equino, bovino, conejo o basura, su peso promedio alcanza los 0,5000 g pero no supera los 0,6000 g, en condiciones semicontroladas en el municipio Barinas.

La longitud promedio de la lombriz roja californiana no supera los 7,50 cm y el diámetro no llega a los 0,50 cm en condiciones semicontroladas del municipio de Barinas.

El peso promedio de la lombriz roja californiana se puede estimar a través de la ecuación de regresión $\hat{y} = L (0,03) + D (0,60) + 0,05$, siendo este un valor estimado confiable y preciso.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la especie de lombriz roja californiana *Eisenia foetida* SAV., que incondicionalmente se ofrecieron para someterse al cautiverio en experimentos a cambio de aportar información para la ciencia.

REFERENCIAS

- Alastre, E. (1995). Lombricultura. Trabajo mimeografiado. Universidad Central de Venezuela. Facultad Cs Vet. y Agro.. Maracay, Venezuela.
- Álvarez M., y Agustín R. (2004). Caracterización del estiércol bovino depositado en fincas ubicadas en zona de Bosque seco Tropical para el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia* spp). Tesis Ingeniero de Producción Animal. Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Maracaibo, Zulia.
- Aquino, M., y Nogueira, E. (2001). Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suino e de aves e influência da densidade populacional das minhocan sua reprodução. Brasil: Embrapa Agrobiologia.
- Bollo E. (1999). Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito, Ecuador: Editorial Soboc Grafic.
- Castillo, A.; Iglesias, M., y Quarin, S. (2000). Caracterización química y física de compost de lombrices elaborado a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura técnica, 60 (1), 74-79.
- Díaz, D.; Cova, L.; Castro, A.; García, D., y Perea, F. (2008). Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* SAV.) en cuatro sustratos a base de estiércol bovino. 15, 39-55.
- Durán, L., y Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. Nota técnica. Agronomía Costarricense 33 (2), 275-281.
- Ferruzzi, C. (1987). Manual de lombricultura. Madrid, España: Editorial Mundi Prensa.
- Fogar, M., Cracogua, M., e Iglesias, M. (2007). Respuesta de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) frente a diferentes alimentos. En Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Recuperado de <http://www.unne.edu.ar/cyt/ agr/a.058.pdf>
- Galvis, A. (1991). Un auténtico reciclaje natural. La lombricultura. Pereira, Colombia: Caja Agraria.
- Harstenstein R. (1981). Production of earthworms as a potentially economical source of protein. Biotech. Bioeng. 23 (8), 1797-1811.
- Henríquez C., y Cabalceta G. (1999). Guía para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. San José. Costa Rica: ACCS.
- Hernández, J.; Rincón, M., y Jiménez, R. (1997). Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) bajo condiciones de clima cálido. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 14, 387-392.
- Hernández, J.; Ramírez, N; Bracho, B., y Faria, A. (1999). Caracterización del crecimiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp) bajo condiciones de clima cálido. *Revista Facultad de Agronomía (Maracay)* 25, 139-147.
- Lee, K. (1985). Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. Orlando, Florida, USA: Academic Press.
- Moreno-Reséndez, A., y Cano-Ríos, P. (2002). Tasa reproductiva de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas*. 3 (1), 41-46.
- Muñoz-Pedrerros, A.; Ruiz, E.; Poblete, C., y Santelices, M. (1997). Aspectos de la biología reproductiva de lombrícidos silvestres (Oligochaeta: Lumbricidae) en el sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 70, 101-108.
- Paoletti, M. (1999). The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, 137-155.
- Pérez-Figueredo, H. (2013). Fertilización nitrogenada reducida en rendimiento de caña de azúcar. *Revista Investigaciones Interactivas* 3 (20), 94-114.
- Polo Hernández, A.; Marcano, L.; Granadillo, M.; Marcano, E.; Cortesía, C., y Hernández, J. (2011). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia andrei*) en sustratos con cadmio. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 45 (2), 123-134.