

## **Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y su Capacidad Reproductiva**

Ing. Ángel Ramón Rodríguez<sup>1</sup>

### **Resumen**

Con el propósito de determinar la calidad y conversión del abono producido por *Eisenia foetida*, así como su capacidad reproductiva, de mayo a agosto de 1996, se estableció un estudio en el Centro de Investigación y Capacitación Ingeniero Carlos A. Bonilla, localizado en el Nance, Campamento, Olancho, con una altitud de 700 msnm. Se utilizaron seis sustratos: vacaza, gallinaza, cerdaza, pulpa de café, hojarasca y pseudotallos de huerta con tres densidades de lombriz: 250, 350 y 450 por m<sup>3</sup> que se adecuó a parcelas experimentales de 20 litros de material fresco. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con arreglo factorial 6<sup>3</sup> balanceado en 4 repeticiones. A los 90 días se procedió a evaluar el experimento con las siguientes variables: Número de individuos, porcentaje de descomposición, conversión y calidad de bioabono. No se observaron diferencias estadísticas (0.05) para densidades ni interacciones, pero sí para sustratos. Prueba de medias realizadas (Duncan 0.05) a sustratos detectó que la vacaza es el mejor para la reproducción de lombrices con un promedio de 17,471 por m<sup>3</sup> y una relación de 50:1. Asimismo la pulpa y la vacaza obtienen los mejores promedios de descomposición (97%) y no difieren entre sí, no así la hojarasca que no presentó descomposición. La cerdaza es el sustrato de mayor conversión a bioabono por m<sup>3</sup> de material fresco inicial con 638.30 Kg. Los análisis químicos comprobaron la alta calidad de los bioabonos con pH de 7.09 a 8.17, materia orgánica de 6.60 a 7.40 %, con alto contenido de fósforo especialmente los sustratos de origen animal, Potasio de 0.42 a 4.77 Meq/100, Calcio de 7.50 a 21.50 Meq/100 y Magnesio de 9.45 a 19.17 Meq/100. Se recomienda utilizar la vacaza y pulpa de café para la reproducción de la lombriz así como también para obtención rápida de bioabono.

**Palabras claves:** *Eisenia foetida*, Densidad, Sustratos, Vacaza, Bioabono

---

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo Jefe del Centro Experimental de Campamento, IHCAFE

## **Introducción**

En Honduras la producción de café es una de las actividades agrícolas de mayor importancia en la vida social, económica y ambiental; es un permanente generador de empleo, acerca de un millón de habitantes principalmente del área rural, lo que mitiga a la vez la emigración a zonas urbanas, así mismo dentro de la captación de divisas necesarias para el desarrollo nacional juega un rol preponderante. Solo en la cosecha 95/96 se generaron 274.9 millones de dólares producto de la exportación de 2,679.569 quintales de café. Asimismo en la cosecha 94/95 se generaron 336.5 millones de dólares producto de la venta de 2,134,725 quintales de café. Además el café obtenido bajo sombra, con prácticas agronómicas, fitosanitarias y nutricionales aplicadas únicamente cuando sean necesarias, es un cultivo conservacionista. Sánchez, J. menciona que en 0.7 ha cultivada con 3,000 plantas de cafeto y 100 árboles de sombra se produce entre 10-13 t de oxígeno por día durante todo el año.

En el beneficiado húmedo del café la armonía con el ambiente puede cambiar sino se hace un adecuado uso de los subproductos, principalmente de la pulpa que representa el 40% del peso fresco del fruto, lo que equivale a decir que por cada cosecha, en el país se producen de 5 a 6 millones de quintales de pulpa. En la práctica este subproducto es almacenado en promontorios después de la cosecha, raras veces es utilizado por lo que pasa a contaminar las fuentes de agua, ocasionando severos daños al ambiente.

Para disminuir el mismo se ha difundido la utilización de lombrices para la transformación de desechos en abonos orgánicos de muy buena calidad, útil para el mejoramiento de los suelos. Sin embargo es necesario conocer el tiempo de descomposición, factores de conversión y el contenido nutricional de sustratos de origen animal y vegetal, como también la capacidad reproductiva de la lombriz en diferentes sustratos en nuestro medio.

El IHCAFE introdujo en octubre de 1993, la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) con el propósito de utilizarla en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. Desde esa fecha se ha realizado estudios, limitándose al uso de la pulpa, razón por la cual se hace necesario incorporar otros sustratos que estén al alcance del productor; ya que las tendencias actuales se orientan a una mayor importancia de productos de tipo ecológico que favorezcan la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y que a su vez permitan a los agricultores obtener mayores ingresos económicos por la creciente demanda de los mismos en el mercado nacional e internacional.

Con el propósito de determinar la eficacia de descomposición a través de *Eisenia foetida* y calidad del abono orgánico producido en diferentes sustratos de origen vegetal y animal a 90 días, se instalo el presente trabajo en el Centro de Investigación y Capacitación “Ing. Carlos A. Bonilla”.

## **Revisión de literatura**

### **Breve historia de la lombricultura.**

Fue Carl Von Linneo (1707-1773), quién en su “Sistema Natural” (1758), por primera vez incluyó una especie de lombriz, *Lombricus terrestris*. Savigny en 1826, describió una serie de especies de la familia lombricide. Posteriormente taxonomistas como Holfmeister (1845) y Righi (1979) publicaron mimeografías sobre las lombrices. La lombricultura como técnica tiene sus orígenes en 1936 (Taylor, 1948) en los Ángeles, EE.UU. con el Doctor Tomas Barret.

Según Compagnoni (1983), el cultivo de lombrices nació y se desarrolló en Norteamérica con Hugh Carter en 1947. Así se va extendiendo por Europa, Asia y América. En 1988 la dedicación de algunas investigaciones permitieron encontrar otra especie de lombriz, con una capacidad superior a la tradicional, esta es la *Eisenia Foetida*.

### **Biología de la lombriz de tierra.**

La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, siendo el agua su principal constituyente (80 a 90 %) de su peso total. Tiene diferentes colores variando de pálidos, rosados, negros, marrones y rojos intensos con franjas amarillentas entre los segmentos, su forma es cilíndrica con secciones cuadrangulares, el tamaño varía de acuerdo a las especies de 5 a 30 cm de largo y su diámetro oscila entre 5 a 25 mm el número de segmento es de acuerdo a la especie, variando de 80 a 175 anillos (Tineo, 1990).

Su taxonomía es la siguiente:

Reino : Animal  
Phyllum : Annelida  
Clase: Oligoqueta  
Familia: Lombricidae  
Género: Lombricus, Eisenia  
Especies: *Terrestris, foetida*

### **Hábitat y alimentación:**

Las lombrices de tierra, corresponden a la macrofauna del suelo, con amplia distribución en el mundo y con mas de 7,000 especies identificadas (Núñez, 1985). Todas las especies terrestres se alimentan de materia orgánica descompuesta en la superficie, pero también utilizan sustancias orgánicas. De acuerdo a los recursos alimenticios que explotan y las condiciones ambientales en que habitan pueden clasificarse en detritíboras, aquellas que comen sobre mantillo vegetal o sobre estiércol animal en los horizontes superficiales del suelo rico en materia orgánica, siendo la pared del cuerpo de pigmentos rojos y las geofagas, las que comen grandes cantidades de suelo con materia orgánica, generalmente de colores pálidos (Satchell, 1971). Las lombrices prefieren sitios húmedos, no toleran las sequías ni las heladas, son más numerosas en suelos frescos (Russell, 1964).

### **Reproducción de la lombriz de tierra:**

Las lombrices de tierra son hermafroditas, cada individuo produce espermatozoides y óvulos, el sistema reproductor consta de órganos masculinos y femeninos dispuestos en la región ventral entre los segmentos 9-14 (Di Persia, 1980).

Adell y Mensua (1989), mencionan que cada individuo después de una cópula produce cocones en número variable. A 20 °C de cada cocon emergen las lombrices después de un

período de 2 a 4 semanas. La madurez ocurre entre 40 – 50 días después de la eclosión. El estado adulto se caracteriza por la presencia del clitelo.

La reproducción de la lombriz tiene lugar durante todo el año. El apareamiento de *E. foetida* ocurre cada 7 días. Entre los principales factores que influyen en la reproducción de cápsulas están: especie, densidad, calidad del alimento, temperatura y humedad del medio. Si la lombriz es periódicamente trasladada a alimentos frescos la producción de cápsulas y fecundidad aumentan. Esta disminuye a medida que pasa el tiempo de crianza, pues las reservas alimenticias disminuyen. La humedad más favorable es de 80%. La temperatura óptima es de 20 °C; sin embargo *E. foetida* vive sin problemas en ambientes con temperaturas que fluctúan entre 10-25 °C. bajo condiciones favorables las cápsulas (cocones) eclosionaron después de 4 a 5 semanas (Lund, 1987).

### **Efecto de las lombrices en el sustrato**

#### **Descomposición**

Aunque en un análisis de suelo, un valor alto de porcentaje de materia orgánica se considera positivo, en los abonos orgánicos es lo opuesto, esto es así porque una alta concentración indicaría que el material es fresco y consecuentemente que la transformación no ha ocurrido, la actividad de las lombrices causa la transformación de la materia orgánica fresca hacia un estado de mineralización., esto es medido por el incremento en la concentración de cenizas. La relación C/N se incrementa con la presencia de lombrices, siendo el valor de 10 el que indica la relación óptima con un grado adecuado de maduración del sustrato. También la *E. foetida* causa un incremento en el PH y en la capacidad de intercambio catiónico (Aranda, 1989).

#### **Rendimientos**

Considerando una reducción del volumen inicial de pulpa del orden de 60% al convertirse en abono orgánico se tiene calculado producir un aproximado a 126 litros de abono orgánico por cada quintal de café cereza (245 Kg) procesado en beneficio húmedo (Aranda, 1989).

Aranda (1989,) obtuvo con *L. rubellus* en pulpa de café, una pérdida de 38.33 % de materia seca, al convertirse en abono orgánico, reduciéndose en un 40% del volumen inicial de la pulpa y un 50% del peso fresco inicial (pasando de una humedad inicial de 89.42% a 85.30% final).

### **Materiales y métodos**

#### **Descripción del Sitio de la Práctica**

El estudio se condujo en las instalaciones del Centro de Investigación y Capacitación Ingeniero Carlos A. Bonilla, ubicado en la aldea El Nance, municipio de Campamento, Olancho, con una altitud de 700 msnm, la temperatura promedio anual es de 23 °C, 1820 mm de precipitación promedio anual, geográficamente a 14° 34' Latitud norte y 86° 40' Longitud oeste.

#### **Práctica de Campo**

Previamente a la instalación del estudio, los sustratos utilizados fueron precomposteados durante cinco a siete semanas. Se construyó una ramada para proporcionar sombra, para luego establecerse las unidades experimentales, que en un total fueron 72. Las dimensiones de estas fueron: Altura 0.20 m, ancho 0.25 m y largo 0.40 m con una capacidad de 20 litros de sustrato en cada una de ellas. Los materiales fueron humedecidos y luego al establecerse el estudio fueron pesados antes de proceder a su depósito en cada unidad, lo que se hizo directamente al suelo. La inoculación de las lombrices fueron realizadas de inmediato depositando 5, 7 y 9 lombrices según las densidades de 250, 350 y 450 lombrices por m<sup>3</sup> respectivamente.

El mantenimiento proporcionado fue de mantener la humedad de los sustratos en un 80%, restablecer el material de sombra y el cuidado de ataques de enemigos de la lombriz como la hormiga (*Solenopsis spp*) y coralillo. (*Elapidae sp*).

A los 90 días fue realizada la evaluación de acuerdo a las variables en estudio.

### **Tratamientos y diseño experimental.**

En el cuadro 1 se describen los tratamientos evaluados utilizándose dos niveles. El nivel 1 (sustratos) esta conformado por Vacaza, Gallinaza, Cerdaza, Pulpa de Café, Hojarasca y Pseudotallo. El nivel 2 (densidades) conformado por inóculos de 250, 350 y 450 lombrices por m<sup>3</sup>. El diseño experimental que se utilizo fue bloques completamente al azar arreglo factorial 6<sup>3</sup>. La parcela útil fue la totalidad del experimento.

### **Variables evaluadas**

#### **Número de Individuos**

A los 90 días en forma manual se contaron las lombrices de cada unidad experimental, haciéndose un registro minucioso de los sustratos, tomando en consideración lombrices jóvenes y adultas. Estos eran depositados en vasos plásticos para facilitar su control y conteo.

4.4.

#### **Porcentaje de descomposición.**

Al final del estudio se tomo el porcentaje de descomposición de cada unidad experimental. Para determinar el mismo, se midió la altura final del sustrato y seguidamente la altura del mismo que había sido descompuesto. Con este dato se hizo la relación necesaria para obtener el dato exacto. La medición fue realizada en centímetros y en forma visual se determino la descomposición del sustrato.

#### **Conversión a bioabono.**

Esta variable se evaluó pesando al inicio de la instalación del estudio cada sustrato de todas las unidades experimentales. Este peso se multiplicó por el porcentaje de descomposición observado en cada unidad al final del experimento obteniendo así los kg de bioabono proveniente de cada sustrato. También se obtuvo los factores de conversión dividiendo el promedio en kg de bioabono obtenido de cada sustrato base húmeda entre el promedio en kg del peso inicial del mismo; a la vez se sometieron al horno los sustratos para obtener el porcentaje de materia seca y conocer la

conversión a bioabono en base seca, multiplicando estos valores por los kg en base húmeda en cada sustrato.

#### **Calidad de bioabono.**

Al final del trabajo se obtuvieron muestras de cada uno de los sustratos sin considerar densidades ni repeticiones. Estas fueron remitidas al laboratorio de suelos del **IHCAFE** para su respectivo análisis químico, en bolsas plásticas rotuladas.

#### **4.5 Análisis estadísticos.**

Se aplicó análisis de varianza y pruebas de Duncan al 0.05 de probabilidad a las variables: número de individuos, porcentaje de descomposición y conversión a bioabono.

El modelo estadístico del diseño fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta del  $i$ -ésimo tratamiento y  $j$ -ésima observación.

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Componente aleatorio, llamado error experimental, para el  $i$ -ésimo tratamiento y la  $j$ -ésima observación.

### ***Resultados y discusión***

En el Cuadro 1 se presentan los promedios de las poblaciones obtenidas según el sustrato ofrecido de acuerdo a cada densidad de lombriz inoculada.

Se observa que entre sustratos, existen poblaciones muy variables de lombrices (19,550 en vacaza 250/m<sup>3</sup> a 562 lombrices en hojarasca 350/m<sup>3</sup>). Dentro de los sustratos evaluados la variación entre las poblaciones encontradas es de 5263, 1638, 975, 4688, 288 y 1525, para vacaza, gallinaza, cerdaza, pulpa de café, hojarasca y pseudotallo respectivamente.

El análisis de varianza realizado con datos transformados  $\sqrt{x}$  (Cuadro 2) detectó diferencias significativas al 0.05 para número de individuos en los sustratos, al contrario de lo ocurrido para densidades de inculo y para interacción de ambos, en los cuales no se encontraron diferencias. Estos resultados coinciden con trabajos realizados anteriormente. (*Pineda et al., 1995*).

La prueba de separación de medias realizada (Duncan 0.05) a los sustratos (cuadro 3 y fig 1) indica que la vacaza es el mejor sustrato para la reproducción de lombrices con promedio de 17,471 por m<sup>3</sup>, seguido de la pulpa de café que produjo 6875 lombrices por m<sup>3</sup>, materiales estos que son los más abundantes en las zonas cafetaleras del país y que están a la disposición del agricultor.

En el caso de la vacaza se debió probablemente a la alta digestibilidad del material por proceder de un rumiante en el cual juega un papel importante la microflora del rumen. Esto

provoca que la lombriz consuma en menor tiempo una mayor cantidad de material lo que produce una mejor nutrición en el anelido y por consiguiente una mayor reproducción. Aranda (1989), reporta valores de 9.2 g de lombriz/110 g de estiércol vacuno en un área de 24 cm<sup>2</sup>.

Cuadro 1. Promedios de individuos, descomposición y conversión por sustrato y densidad estudiada a los 90 días del inóculo.

No.	Tratamiento	Promedios Obtenidos /m <sup>3</sup> de:		
		Individuos	Descomposición	Conversión
		No.	%	Kg
1	Vacaza 250	19,550	99.61	576.07
2	Vacaza 350	14,287	97.25	576.85
3	Vacaza 450	18,575	97.22	559.51
4	Gallinaza 250	4,500	11.23	111.38
5	Gallinaza 350	4,287	16.82	161.32
6	Gallinaza 450	5,925	12.87	111.62
7	Cerdaza 250	4,037	90.81	638.67
8	Cerdaza 350	4,452	90.35	630.28
9	Cerdaza 450	5,012	89.39	645.85
10	Pulpa de café 250	4,187	95.73	476.17
11	Pulpa de Café 350	8,875	95.75	481.61
12	Pulpa de café 450	7,562	99.04	495.39
13	Hojarasca 250	850	0.00	0.00
14	Hojarasca 350	562	0.00	0.00
15	Hojarascas 450	775	0.00	0.00
16	Pseudotallo 250	1,325	45.67	153.95
17	Pseudotallo 350	2,850	56.99	185.27
18	Pseudotallo 450	1,750	43.41	141.4

Cuadro 2. Análisis de Varianza para Número de Lombrices por m<sup>3</sup>

F.V.	G.L.	S.C.	CM.	FC.	PROB.
Repetición	3	881.466	293.82	0.8817	ns
Sustratos	5	79182.243	15836.449	47.5233	*
Densidades	2	493.777	246.888	0.7409	ns
Sust. X Den.	10	2602.035	260.204	0.7808	ns
Error	51	16995.019	333.236		
Total	71	100,154.54			

C.V. = 26.70%

Cuadro 3. Prueba de Duncan 0.05 para la variable reproducción de lombrices/M<sup>3</sup> por sustratos.

Sustratos	Número de lombrices	
Vacaza	17,471	a
Pulpa	6,875	b
Gallinaza	4,904	bc
Cerdaza	4,888	bc
Pseudotallo	1,975	cd
Hojarasca	729	d

1-/ Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre si.

En el caso de la pulpa de café, este es un material con estructura granular por lo que probablemente esta condición facilitó su ingestión por parte de la lombriz con el consecuente efecto reproductivo. Aranda (1989), en condiciones de laboratorio utilizando pulpa de café con *Lombricus rrubellus* en niveles equivalentes de 8.071 kg/m<sup>3</sup> las lombrices se incrementaron en un 273.9% en la cantidad de individuos en 47 días.

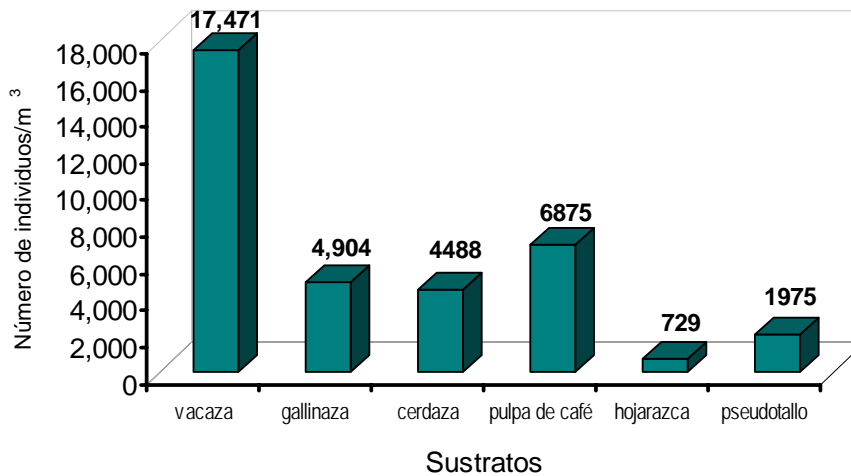


Figura 1. Capacidad reproductiva de *Eisenia foetida* en diferentes sustratos.

La gallinaza, cerdaza y pseudotallo son sustratos de nivel intermedio en la reproducción de lombrices, pero aun así son alternativas. Refiriéndose a la gallinaza pudo haber influido en su consumo por parte de la lombriz su alto contenido de aserrín lo que imposibilitó una alta ingestión con el efecto mencionado, Cabe mencionar de que la alta relación carbono nitrógeno de este material (aserrín) debido a la lignificación del mismo, retarda su descomposición dificultando su consumo. El pseudotallo y la hojarasca por su alto contenido de fibra y por ser materiales lignificados no ofrecieron facilidad de consumo para la lombriz lo que influyo probablemente en su bajo nivel reproductivo, en esos sustratos. Aquí también influye la alta relación carbono nitrógeno de los materiales retardando la descomposición de los mismos y afectando el consumo en la forma descrita. Un aspecto no



evaluado en estos 2 sustratos y que pudo tener un efecto negativo sobre las lombrices fue la presencia de coralillos (*Elapidae sp*) la literatura no informa de presencia y efectos negativo de estas, sobre las lombrices.

La figura 2, Presenta la relación de individuos producidos por cada lombriz inoculada, reflejando que la vacaza registró la mayor tasa de lombrices con una relación 50:1; con la pulpa, gallinaza y cerdaza se obtuvieron valores intermedios de 20:1, 14:1 y 13:1 respectivamente; el pseudotallo y hojarasca presentaron tasas de reproducción muy bajas de 6:1 y 2:1 respectivamente, por lo cual no se consideran alternativas apropiadas en lombricultura.

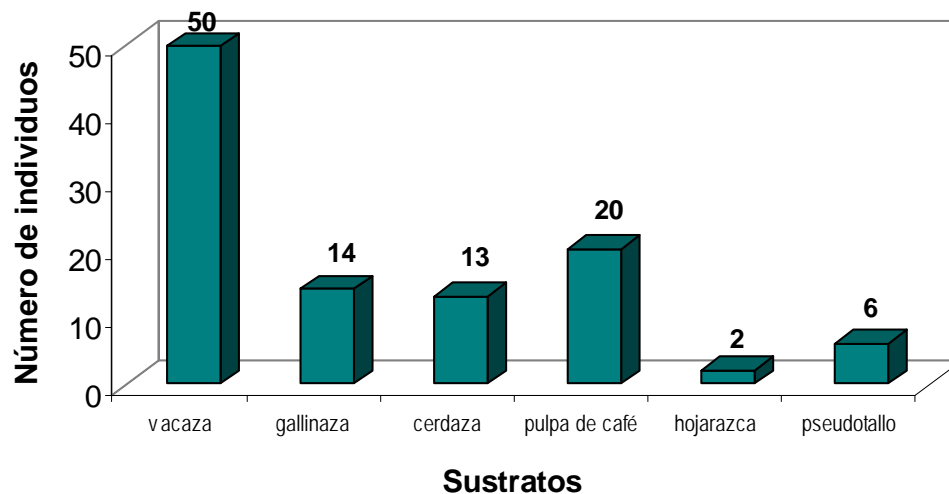


Figura 2. Numero de lombrices producido por individuo inoculado en base a la densidad 350/ m<sup>3</sup>.

También en el cuadro 1 se presenta el porcentaje de descomposición de los sustratos a los 90 días de haber realizado la inoculación en las diferentes densidades, encontrándose desde 0 descomposición para hojarasca hasta 99.61% en vacaza 250/m<sup>3</sup>.

El análisis de varianza realizado (Cuadro 4) a esta variable registró diferencias significativas a 0.05 entre sustratos, no así para densidades ni interacción de los mismos. La prueba de Duncan 0.05 indica que los mejores sustratos respecto a su descomposición son la pulpa y la vacaza que son similares estadísticamente a 0.05 (Cuadro 5).

Cuadro 4 Análisis de varianza para la variable Descomposición de sustratos datos transformados Arco Seno

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Repetición	3.00	134.47	44.82	1.52ns
Sustratos	5.00	65,047.45	13,009.49	439.86*
Densidades	2.00	69.29	34.64	1.17ns
Sust.x densid	10.00	295.02	29.50	1.0ns
Error	51.00	1,508.40	29,576.00	
Total	71.00	67,054.63		

C.V.=10.50%

Cuadro 5. Prueba de Duncan 0.05 para la variable Descomposición de sustratos por *Eisenia foetida*

Sustrato	Promedio(%)
Pulpa	96.75 a
Vacaza	96.67 a
Cerdaza	90.17 b
Pseudotallo	48.67 c
Gallinaza	13.83 d
Hojarasca	00.00 e

En orden decreciente se muestra la cerdaza, pseudotallo, gallinaza y hojarasca con promedios bastante bajos principalmente los dos últimos con 13.83 y 0% de descomposición (Figura 3). Este hecho puede deberse en el caso de la gallinaza, al material de relleno con que se sustrajo de las galpones (aserrín de pino) de difícil descomposición por su alta relación carbono nitrógeno y además por la concentración de amoniaco de la gallinaza.

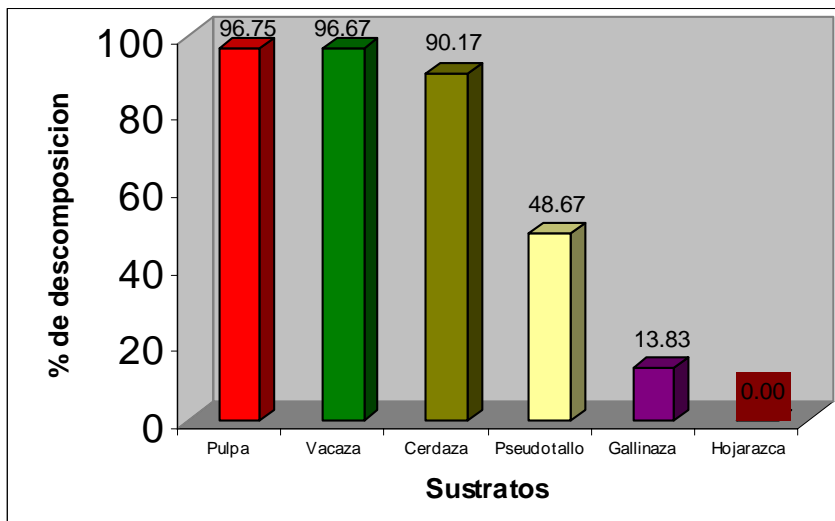


Figura 3. Descomposición por *Eisenia foetida* de diferentes sustratos 90 días de iniciado el cultivo.

La hojarasca está constituida básicamente por material lignificado de consistencia dura, que resulta difícil de succionar por la lombriz, razón por la cual no se descompuso en absoluto. Posiblemente, la vacaza presenta mayor descomposición por la acción de mayor número de lombrices, producto de la alta reproducción que se dio en este sustrato. Lo mismo pudo haber sucedido en el caso de la pulpa. La cerdaza presenta una buena descomposición debido posiblemente a la pureza del estiércol (75%) y a la alta calidad del mismo ya que la alimentación de los cerdos es en un 100% a base de concentrados (proyecto porcino japonés) y que un 30% del consumo alimenticio es excretado por el animal (L. Alvarado, Escuela Nacional de Agricultura. Com. Pers. 1996). Esto favoreció la ingestión del material por la lombriz acelerando su descomposición. El pseudotallo presenta una descomposición

intermedia, probablemente por su consistencia fibrosa lo que dificultó la succión por la lombriz. Además pudo haber influido la baja población existente en el sustrato ya que la reproducción en el mismo fue mínima (6:1). También hay que considerar la posibilidad de fuga de lombrices, lo cual no debe ser raro en camas al aire libre dadas las condiciones de alta humedad en el sustrato. Esto último también puede ser aplicado a la hojarasca y gallinaza. La fuga de lombrices rojas (*Eisenia foetida*) de composteras con desechos de plátano, cacao y café, realizado en una zona tropical húmeda de Colombia ha sido señalado por Vargas (1992).

También en el Cuadro 1 se encuentra la conversión de material fresco a abono orgánico, observándose que la cerdaza 450 es el sustrato con mayor rendimiento con 645.85 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la Hojarasca no presenta ninguna conversión. El análisis de varianza realizado (Cuadro 6) a los datos transformados ( $\sqrt{x}$ ) detectó significancia a 0.05 para sustratos, no así para densidades ni interacción de los mismos.

En el caso de la pulpa de café, este es un material con estructura granular por lo que probablemente esta condición facilitó su ingestión por parte de la lombriz con el consecuente efecto reproductivo. Aranda (1989) en condiciones de laboratorio utilizando pulpa de café con *Lombricus rrubellus* en niveles equivalentes de 8.071 kg/m<sup>3</sup> las lombrices se incrementaron en un 273.9% en la cantidad de individuos en 47 días.

Cuadro 6. Análisis de la varianza para la variable conversión de material fresco a abono orgánico base húmeda.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc.</b>
Repetición	3	12.66	4.22	2.1061 ns
Sustratos	5	5533.18	1106.64	552.399 *
Densidades	2	4.14	2.07	1.0342 ns
Sust. X Densd.	10	10.88	1.09	0.5430 ns
Error	51	102.17	2	
Total	71			

C.V. = 8.99%

La prueba de Duncan 0.05 (Cuadro 7), permitió encontrar diferencia estadística entre los sustratos evaluados, siendo similares únicamente el pseudotallo y gallinaza, posiblemente por la descomposición parcial de ambos para lo cual influyó los factores mencionados en la variable anterior. Así mismo la Cerdaza es el sustrato con mayor conversión a abono orgánico con 638.30 Kg/m<sup>3</sup>, seguido por la Vacaza y Pulpa con 570.81 Kg/m<sup>3</sup> y 4841.39 Kg/m<sup>3</sup> en su orden. A la Hojarasca no se le observó ningún grado de conversión, tal como puede observarse en la Figura 4 esto pudo deberse en el caso de la cerdaza a que el estiércol tiene un mayor peso debido al tipo de alimentación del animal el cual está constituido por elementos sólidos. Además como se dijo en la variable anterior el excremento está libre de

contaminantes lo que influyo posiblemente en su rendimiento. También su materia seca es mayor que los otros sustratos (73.52%).

Cuadro 7. Prueba de Duncan 0.05 para la variable conversión de sustratos a abono orgánico base húmeda.

Sustratos	Promedios(Kg/m <sup>3</sup> )
Cerdaza	638.30 a
Vacaza	570.81 b
Pulpa de café	484.39 c
Pseudotallo	160.21 d
Gallinaza	128.11 d
Hojarasca	0.0 e

1/ medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre si.

En cuanto a la vacaza probablemente influyo a que el estiércol proviene de un rumiante el cual basa su alimentación en pastos, los cuales tienen de un 30 – 35% de fibra lo que hace que el excremento sea mas voluminoso, pero de menor peso. La pulpa de café también es un sustrato fibroso y esponjoso de alto volumen y bajo peso lo que pudo causar su rendimiento intermedio de conversión.

En el pseudotallo la descomposición fue parcial por lo que esto influyó en la conversión a bioabono. Las razones probables se exponen en la discusión de la variable de descomposición. Igual caso sucede en la gallinaza en que, como se dijo anteriormente el sustrato estaba conformado por estiércol y cama de aserrín, lo que pudo influir para que la lombriz no lo apeteciera con el consecuente bajo nivel de descomposición y su efecto proporcional en la conversión a bioabono.

Los factores de conversión a bioabono por sustrato base húmeda, encontrados a los 90 días, son los siguientes:

Vacasa.....	0.9663
Gallinaza.....	0.1736
Cerdaza.....	0.9011
Pulpa de café.....	0.9687
Pseudotallo.....	0.4852
Hojarasca.....	0.0

Esto indica que por cada 100 Lbs. de peso fresco precompostado se obtendrán 96.63 Lbs. De bioabono proveniente de Vacaza y así sucesivamente.

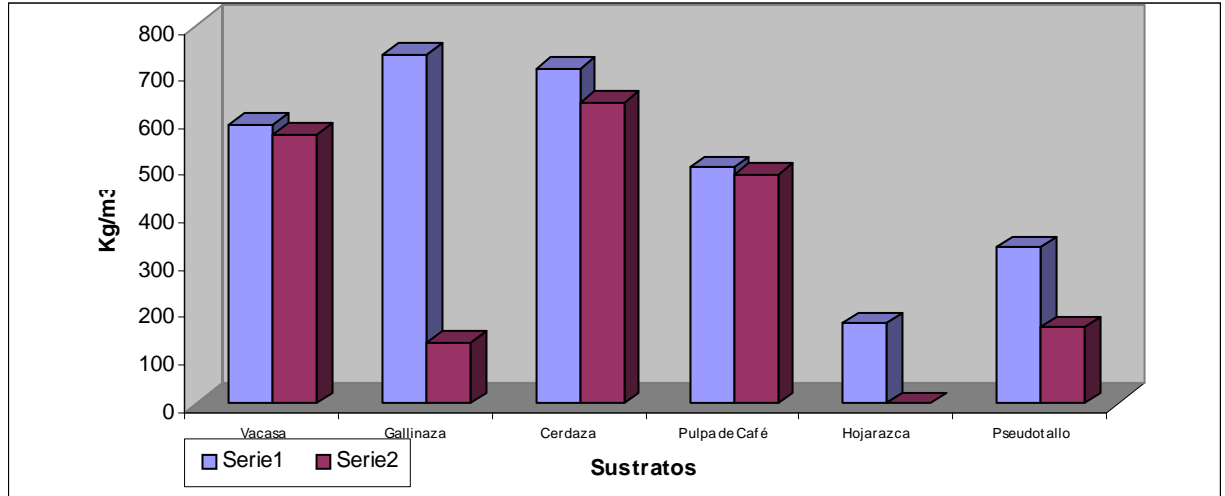


Figura 4. Peso inicial y producción de Bioabono por *E. foetida* en seis sustratos a los 90 días Con base húmeda.

Al horno se determinó la cantidad de materia seca, de cada uno de los sustratos, obteniéndose en porcentaje los siguientes factores:

Vacasa.....	58.62
Gallinaza.....	65.10
Cerdaza.....	73.52
Pulpa de café.....	71.14
Hojarasca.....	34.75
Pseudotallo.....	32.30

En la Figura 5 se observa el efecto de los valores anteriores en la conversión de cada sustrato a bioabono base seca, donde la Cerdaza se mantiene con el promedio mas alto (469.28 Kg/m<sup>3</sup>), pero la Pulpa desplaza a la Vacasa con un rendimiento de 344.59 Kg/m<sup>3</sup> sobre 334.6 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Así también la Gallinaza desplaza al Pseudotallo con 83.39 Kg/m<sup>3</sup> en su orden. En los casos mencionados el desplazamiento ocurre por el volumen de los materiales, principalmente en lo que se refiere a la gallinaza y el pseudotallo.

En el Cuadro 8 se presenta el contenido mineral de bioabono producido por *Eisenia foetida* a los 90 días del inóculo para cada sustrato en evaluación. Se observa que los bioabonos mantienen un pH neutro (7.09 a 7.75), exceptuando el pseudotallo que alcanza 8.17 unidades de pH Según Tineo (1990), *Eisenia foetida* requiere un pH mayor de 5 y menor de 9 para el buen crecimiento y reproducción, por lo que los sustratos evaluados ofrecían las condiciones exigidas en este parámetro. El pseudotallo alcanza valores mas altos de pH probablemente a su alto contenido de agua y su menor porcentaje de materia seca (32.30%).

El porcentaje de materia orgánica es similar entre ellos, variando entre 6.35 a 7.40, lo que indica la actividad de la lombriz en la transformación del material orgánico fresco hacia un estado de humificación. Valores altos de materia orgánica se consideran adecuados en un análisis de suelo, no así en las compostas y abonos orgánicos. Esto es así porque una alta

concentración de materia orgánica indicaría que el material es fresco y consecuentemente la actividad de la lombriz no ha tenido lugar (Aranda 1989).

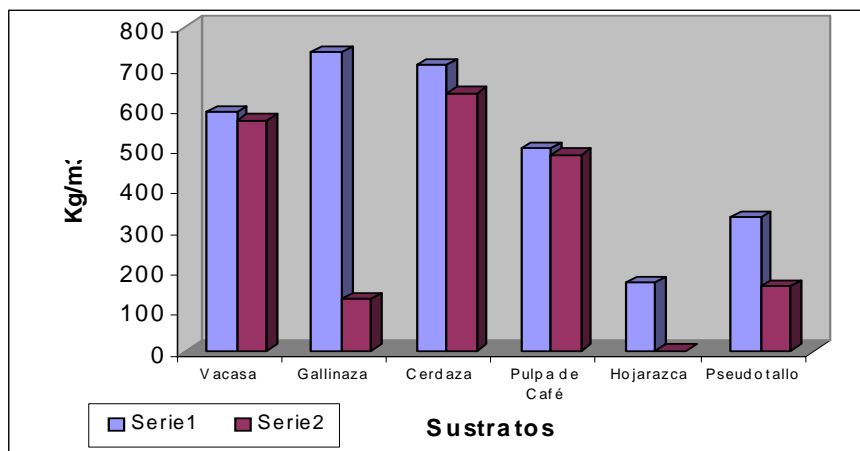


Figura. 5. Conversión de Bioabono en base seca.

El fósforo es el elemento que se presenta en mayores cantidades principalmente en los sustratos de origen animal, alcanzando 1724, 1689 y 1575 ppm para cerdaza, gallinaza y vacaza respectivamente. Esto se debe posiblemente a que las dietas alimenticias para estas especies son altas en el contenido de este mineral el cual sirve para fortalecer el esqueleto y favorecer la reproducción. La pulpa de café alcanza 79.09 ppm debido a la poca extracción de este elemento del suelo por parte del cultivo. Igualmente sucede con el pseudotallo aunque su nivel anda en 165.31 ppm sin embargo para nutrición de plantas estos valores se consideran adecuados.

Cuadro 8. Contenido mineral del abono producido por *Eisenia foetida* a los 90 días del cultivo.

Elemento	Sustratos				
	Vacasa	Gallinaza	Cerdaza	Pulpa	Pseudotallo
pH	7.09	7.75	7.38	7.13	8.17
M.O. %	7.4	6.97	7.16	6.6	6.35
Fósforo ppm	1.574.8	1.688.67	1.7724.25	79.09	165.31
Potasio meg/100	2.36	4.77	0.42	4.87	2.1
Calcio meg/100	16	7.75	7.5	21.5	13.75
Magnesio meg/100	14.17	12.71	19.17	9.45	13.02
Aluminio meg/100	0.7	0.64	1.5	0.01	0.01
Zinc ppm	48	6	81	27	22
Cobre ppm	0.5	0.5	0.5	0.5	2
Manganeso ppm	107	55	101	77	108
Hierro ppm	14	2	10	16	9

En cuanto a potasio la pulpa de café alcanza el valor mas alto (4.87 ppm), debido a la alta demanda de este nutriente por parte de este cultivo, que se refleja en una fuerte exportación del elemento a través de la pulpa. La gallinaza con 4.77 ppm constituye también un valor alto, debido posiblemente a que este estiércol contiene 2.26% de este elemento en su estado fresco; igual sucede con la vacaza y la cerdaza que en estado fresco posee 0.94 y 0.75% respectivamente (Flores, 1977).

Esto indica que las cantidades presentes en el material fresco conservan su proporción y se reflejan en el bioabono en los cuales presentaron cantidades de 2.36 y 0.42 ppm para vacaza y cerdaza respectivamente. Probablemente la actividad de la lombriz conserva los porcentajes presentes de los elementos y si lo modifica es muy poco.

Todos los bioabonos presentan una buena reserva de nutrientes como lo muestran los contenidos totales de los elementos, los cuales podrían permanecer liberándose en el suelo en caso de que el material fuera usado como fertilizante. Muestra altos niveles de Ca y Mg disponibles para las plantas y también, aunque en menor escala de Zn, Cu, Mg y Fe.

### **Conclusiones**

La vacaza es el sustrato donde la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) desarrolla mejor su capacidad reproductiva seguida por la pulpa de café.

No se encontraron diferencias en las densidades de inóculo de *Eisenia foetida* respecto al número de lombrices.

En el sustrato vacaza se obtienen 50 lombrices por cada lombriz inoculada y 20, 14 y 13 lombrices para pulpa, gallinaza y cerdaza respectivamente.

A los 90 días, por cada 100 libras de sustrato precompostado se obtienen, 97, 96, 90, 48, 17 y 0 Lbs. de bioabono proveniente de pulpa de café, vacaza, cerdaza, pseudotallo, gallinaza y hojarasca respectivamente. Y 69, 57, 66, 16, 11 y 0 Libra de materia seca.

Los bioabonos provenientes de sustratos de origen animal presentan cantidades mayores de 1500 ppm de fósforo.

Todos los sustratos evaluados presentan un contenido mineral apropiado para su utilización en cultivos, pero no deben tomarse como sustitutos de los fertilizantes químicos.

### **Recomendaciones**

Utilizar vacaza y pulpa de café preferiblemente para la obtención rápida de bioabono y reproducción eficiente de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), por su riqueza mineral y disponibilidad en las zonas cafetaleras.

Seguir utilizando la densidad de 250 lombrices/ m<sup>3</sup> de sustrato para su descomposición.

Brindar el tiempo necesario para la descomposición total de los sustratos gallinaza y pseudotallo.

La hojarasca debe tener una descomposición in situ y no debe ofrecérsele por sí sola a la lombriz.

Para evaluaciones con *Eisenia foetida* utilizando gallinaza, esta deberá tener un mayor tiempo de descomposición a manera que la cama (aserrín) no ofrezca condiciones adversas a la actividad de la lombriz.

### Bibliografía

- Adeil, J.C.; Mensua, J.L. 1989. Study of Quantitative characters in the Earthnory *Eisenia foetida* (oligochaeta, lumbricidae). Reuve **D** Ecologie et de Biologie on sol 26 (4).p. 439-449.
- Aranda, D.E. 1989. Perspectivas de la utilización de lombrices en la transformación de la Pulpa de café en abono orgánico. INMECAFE. Boletín técnico de café. 7. 7p.
- Compagnoni, L. 1983. Cría moderna de lombrices, el abono más económico, rentable y Eficaz. Editorial de Vecchi S.A., Barcelona.
- Di Persoa , D.H. 1980. Fauna edáfica de la provincia de Santa Fe. III. Oligoquetos(lombrices de tierra), I características generales. CYTA (Argentina) No. 16: 7 – 10.
- Flores, J. 1977. Bromatología animal. Editorial Limusa, México, 679 p.
- Galvis L.A. 1991. La caja agraria y la lombricultura, resumen seminario Internacional de Biotecnología en la agroindustria cafetera Orston – Cenicafé, Manizales, Colombia.
- León, G. 1991. Influencia de la densidad de lombrices en la producción de humus y reproducción. Tesis Ing. Agrónomo Unsch. Ayacucho, Perú. 97 p.
- Lofs-Holmin, A. 1985. Vermiculture. Present knowledge of the art of earthnorm farming. wedish univ. Of agric. Sciences. Sweden. 69 p.
- Lund. *Eisenia foetida* (Savigny 1826). Su descripción y cultivo. Universidad Católica de Chile, 100p.
- Núñez, J. 1985. Fundamentos de edafología. 2ª. Ed. Edit. UNED, San José. 184 p.
- Pineda, C. 1996. Lombricultura. Cosecha del humus y la lombriz. p. 19



- Pineda, C. Ordóñez M., Merlo A., Zúniga M., Zelaya H., Acosta J., 1995, Determinación de densidad poblacional de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) en la producción de abono orgánico de pulpa de café. *In* 6<sup>to</sup>. Seminario nacional de Investigación y transferencia en caficultura, en prensa, IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras.
- Russel, E.J. 1964. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. 3 Ed. Trad. G. González. Editorial Agruilar, Madriz 771 p.
- Satchell, J.E. 1971. Lombrices. En biología del suelo. Editado por Alan Burger, y Frank Raw. Ed. Omega, Barcelona. 307-308p.
- Taylor, F. 1948. Cuanto se debe a la humilde lombriz. Selecciones del Read Digest, Julio 1948.
- Tineo, A.L. 1990. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Vargas, H. A. 1992. Uso de la lombriz roja en la transformación de residuos agrícolas. Manizales, Colombia. Depto. Técnico de Luker. p. 45.
- Velasco J.; Fernández A. 1989. Estudio microbiológico del lombricompostage. La Habana, Cuba. 22 p.