

ADAPTACION TECNOLOGICA DE LA LUMBRICULTURA EN LA ZONA CAFETERA DE ALBAN CUNDINAMARCA

***FELIX RODRIGUEZ P, GUSTAVO VELASQUEZ,
CLARA CHAMORRO & NOHORA MARTINEZ***

Universidad Nacional de Colombia,
Apartado Aéreo 14490 Bogotá, D.E.

RESUMEN

Se experimentó la producción de lombriabono con *Eisenia fetida* y *Glossoscolex sp.* en condiciones de campo, invernadero y laboratorio. Las lombrices fueron alimentadas con estiércol de bovino, cereza de café y basuras biodegradables solos y combinados. Los resultados mostraron que las dietas en las que se incluyó cereza de café producen los mejores efectos en cuanto a obtención de biomasa animal y en las propiedades fisicoquímicas del suelo como la CCC, contenido de bases totales, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y microelementos. La actividad de *Glossoscolex sp.*, sobre las propiedades anteriores es ligeramente inferior a la manifestada por *E. fetida*, cuya producción puede masificarse bajo condiciones ambientales semicontroladas. El uso del lombriabono reporta ahorros cercanos al 50%, con respecto a la fertilización tradicional.

SUMMARY

An experiment was carried out to try the manure production by earthworm activity in field, greenhouse and laboratory conditions. *E. fetida* and *Glossoscolex sp.* were fed by a basic of bovine manure, coffe pulp and biodegradable farm wastes, all of them combinated with each other or alone. The results show that the best effects about animal biomass production and certain soil

conditions, like cation exchange capacity, base saturation, organic matter, total nitrogen and phosphorus and soil micronutrients are obtained when coffee pulp was used.

Glossoscoles sp. activity resulted to be slowly less than that of *E. fetida*, the production of which could be massively obtained under semicontrolled environment conditions. The use of earthworm manure makes savings about 50% as compared to traditional fertilization.

Palabras claves: Lombricultura. Lombriabono. Eisenia fetida. Glossoscolex.

Introducción

Cada día es mayor la demanda de fibras y alimentos por una población creciente y ello requiere intensificar la producción agropecuaria, en procura de lo cual la aplicación excesiva de agroquímicos, la utilización desmesurada de maquinaria agrícola, la dispersión inadecuada de desechos sólidos y el manejo equivocado del agua de riego, desequilibran el ecosistema, degradan el suelo y su capacidad productiva e incrementan los costos de producción.

La utilización de residuos animales y vegetales para aumentar la fase orgánica del suelo y preservar algunas de sus características físico-químicas es una excelente alternativa para la conservación y fertilización del suelo y redundar en beneficio de una mejor productividad y disminución en los costos de producción. Las lombrices de tierra constituyen hoy día el agente más eficaz, no sólo en el proceso de transformación sino también en el incremento de los residuos orgánicos como fuentes fertilizadoras del suelo.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un experimento de producción de lombrices entre marzo de 1990 y julio de 1991 en condiciones de campo, invernadero y laboratorio; el trabajo de campo se realizó en la Hacienda "El Porvenir" en la vereda Namay, municipio de Albán (Cundinamarca), a 70 kilómetros de Santafé de Bogotá, por la vía que conduce a Villeta; la altura en la zona del experimento es de 1640 m.s.n.m., la temperatura promedio 19 0C y la precipitación de 1332 mm. al año. En el experimento se utilizaron 2800 lombrices de las especies *Eisenia* fétida (Romero y Chamorro, 1986) y *Glossoscolex* sp. las cuales fueron alimentadas en grupos de 100, durante seis meses, con las siguientes dietas alimenticias:

Suelo (S), estiércol (E), cereza de café (C), basura biodegradable (B), estiércol-cereza (EC), estiércol-basura (EB) y estiércol-cereza-basura (ECB), con humedad a capacidad de campo y temperatura ambiente. (Fig. 1).

Antes de comenzar el experimento y una vez concluído éste, se establecieron las dos poblaciones de las lombrices estudiadas con su correspondiente biomasa y se realizaron análisis bromatológicos y amino-gramas de la harina obtenida de las lombrices previamente deshidratadas, secadas, molidas y desengrasadas.

Se determinaron las características físico-químicas de las muestras del suelo según IGAC (1982), y de los lombricarbonos correspondientes de cada una de las dietas utilizadas, con el fin de evaluar el aporte de nutrientes derivado de la transformación de los materiales biodegradables (dietas) por la acción metabólica de las dos especies de lombrices utilizadas; los análisis realizados para tal efecto fueron:

- pH del suelo: método potenciométrico en agua 1:1.
- Bases intercambiables Ca, Mg, K, y Na: extracción con acetato de amonio, 1 N a pH 7.0 y titulación, Mg con EDTA, K y Na por absorción atómica.
- Capacidad de intercambio catiónico: método del acetato de amonio 1 N a pH 7.0.
- Fósforo disponible: método Bray II.
- Nitrógeno total: método de Kjeldahl.
- Carbono orgánico: método Walkley Black.
- Textura: método de la pipeta.
- Micronutrientes:
 - cobre: método de Olsen modificado.
 - Zinc: método de doble ácido.
 - Boro: método del monofosfato de calcio
 - Molibdeno: espectrofotometria de absorción atómica
 - Hierro: Método de soluciones estándar.

Análisis estadístico

1. *Producción de Biomasa:* La producción de biomasa por *E. fétida* fue analizada mediante un diseño completamente al azar y se plan-

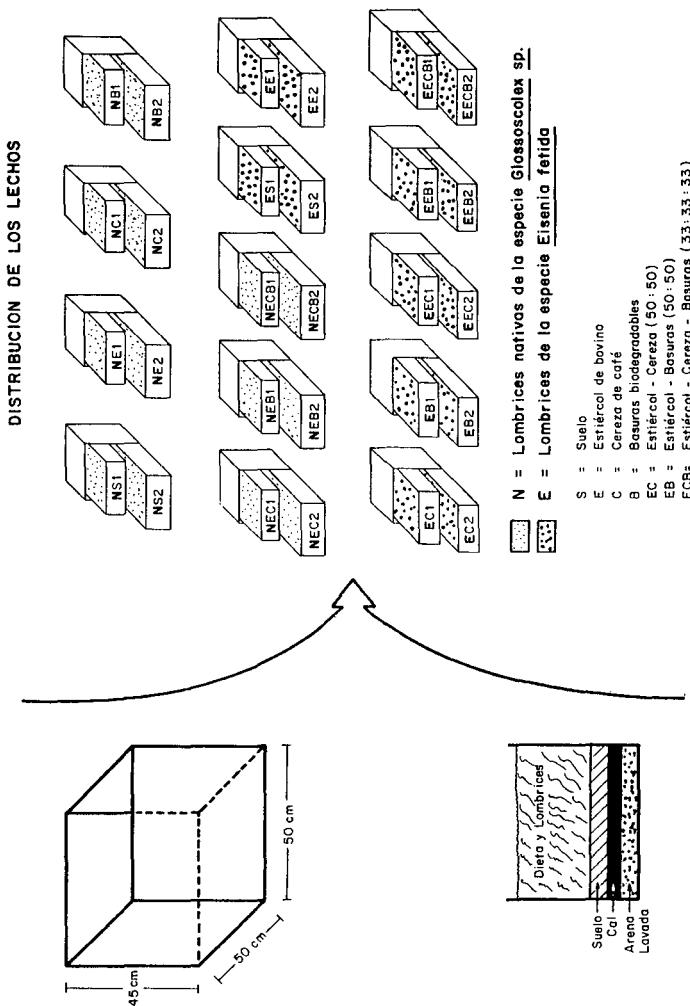


FIGURA No. 1. Distribución y tamaño de las unidades experimentales.

tearon las siguientes hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$ Vs. $H_1 = \mu_i \neq \mu_j ; i \neq j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$.

La variable independiente corresponde a las dietas alimenticias y especie de lombriz, la variable dependiente de aumento de biomasa en gramos y las variables interviniéntes a luz, humedad, temperatura, pH y estado de madurez de las lombrices.

Modelo

Y_{ij}	=	$\mu + I_j + E_{ij}$
Y_{ij}	=	Respuesta de la i -esima unidad experimental a la j -esima dieta
μ_i	=	promedio poblacional
I_j	=	efecto de la j -esima dieta
E_{ij}	=	error experimental al medir el efecto de la i -esima unidad experimental sometida a la j -esima dieta.

2. Análisis fisico-químico.

El análisis estadístico para las pruebas fisico- químicas de las dietas y los lombricomponentes producto de la actividad de *E. fétida* y *Glossoscolex sp.* consistió en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 7×3 , donde:

Factor A es la dieta (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

Factor B es la especie (1, 2, 3)

Tratamientos $7 \times 3 = 21$

Modelo estadístico

Y_{ijk}	=	$\mu + A_j + B_k + (AB)_{jk} + E_{ijk}$
i	=	número de repeticiones = 2
j	=	número de dietas = 7
k	=	número de especies = 3 (la dieta sin procesar se toma como especie).

Para las hipótesis nulas que resultaron significativas se realizó una comparación no planeada (Prueba de Tukey) con el fin de encontrar la(s) dieta(s) y/o la(s) especie(s) de comportamiento diferente. Los datos se procesaron utilizando el programa estadístico SAS.

Aspectos económicos

Se llevó a cabo un análisis económico sobre una área de producción de 1000 metros cuadrados, cultivados con lombrices de tierra durante un período de 5 años; el indicador se estableció en términos de la relación "beneficio-costo" para operaciones a corto, mediano y largo plazo con el propósito de conocer la rentabilidad marginal.

$$\text{Rentabilidad Marginal} = \frac{\text{Ingresos brutos}}{\text{Costos totales}}$$

Tasa interna de retorno TIR.

TIR = (tasa de actualización inferior + diferencia en las dos tasas) por

$$\left[\frac{\text{Valor actual flujo de fondos de tasa de actualidad inferior}}{\text{diferencia entre valores actuales de flujo de fondos a las dos tasas de actualización}} \right]$$

Además, como un aporte de la lombricultura en la explotación cafetera, se realizó una propuesta de fertilización químico- orgánica destacando el aspecto económico; se tomó como punto de partida la fertilización química del café y teniendo en cuenta los aportes del lombriabono (Ver Tabla 4) se hizo un estimativo de la fertilización orgánica suplementada.

Resultados

El análisis de los datos obtenidos permitió determinar la producción de biomasa, las características físico-químicas tanto de *E. fétida* como de *Glossoscolex* sp., así como la calidad del lombricomposto producido por éstas como resultado de la utilización de las siete dietas alimenticias ensayadas.

Producción de biomasa

Los resultados de la producción de biomasa por las dos especies no son comparables, razón por la cual, la Tabla 1 solamente muestra los valores correspondientes a la biomasa producida por *E. fétida* alimentada con las siete dietas suministradas. La mayor producción de biomasa

sa 890, 52 grs se obtuvo con la dieta siete (estiércol-cereza-basura), seguida de la dieta tres (cereza) con 755,45 grs; la dieta 1 (suelo) que produjo 13,22 grs, no fue adecuada para la producción. El mayor peso alcanzado 890,52 grs se atribuye a que la dieta correspondiente (7) ofrece 16,17% de proteína (P), 26,7% de fibra (F) y 38,76% de extracto no nitrogenado (ENN).

Con las dietas en las cuales se incorporó cereza de café (C) se lograron incrementos significativos de biomasa y las mejores tasas de reproducción, medidos en número de capullos por libra de lombricomposto (Figs. 2 y 3).

Al comparar los rendimientos de biomasa obtenidos a partir de cereza de café y estiércol, como únicas fuentes de alimento, resultó mayor la obtenida con cereza, ya que ésta hace el mayor aporte de proteína (25%), frente al estiércol el cual solo contribuye con 11,4%.

Análisis bromatológico de los tejidos animales

El análisis bromatológico (Tabla 2) permitió conocer los contenidos de proteínas, fibra, cenizas, grasa, ENN, fósforo y calcio de las lombrices *E. fétida* y *Glossoscolex sp.*, alimentadas con cuatro de las siete dietas experimentadas. Los valores más altos corresponden a los de las proteínas (entre 54,77% y 68,17%), razón por la cual se efectuaron aminogramas para esta fracción.

El análisis de la calidad de proteínas en los aminogramas reportó 19 de los 20 aminoácidos conocidos en las dos especies estudiadas (Tabla 3); Bouche (1983), registró 17 aminoácidos en *E. fétida* y Florez y Alvira (1988), registraron 16 aminoácidos para la misma especie. Los datos de la tabla 3 muestran que hay diferencias en la calidad de proteínas, según sea la dieta suministrada y las fuentes de carbono y nitrógeno para la síntesis de compuestos orgánicos.

En *E. fétida* la dieta siete produjo los mejores porcentajes de aminoácidos, seguidos por los obtenidos con las dietas tres y cinco. Estos resultados corroboran los postulados de Sabine (1983), en el sentido de que ante la utilización de mayor diversidad de las materias primas, como fuentes de alimento, mayor es la variación de los aminoácidos producidos.

TABLA No.1. Aumento de biomasa (gs) en *E. fétida* cultivada en 7 dietas.

Dietas	Peso inicial gs	Peso final gs	Aumento de peso en gs	Número total de lombrices	X capullos/lb de lumbricom- puesto húmedo	Incremento de biomasa en porcentaje
Suelo	30,1	13,22	-16,88	101	11 *	43,92 %
Estírcol	30,3	430,8	400,5	1072	133	1321 %
Cereza	34,65	755,45	720,8	1907	117	2089 %
Basuras	31,68	321,5	289,87	802	31	914 %
Est - cereza	33,23	618,5	586,27	1304	178	1764 %
Est - basuras	32,1	358,9	325,8	1343	135	1014 %
Est - cer - basu	31,5	890,52	859,02	2870	299	2727 %

* Número total de huevos presentes en el lecho

Los datos son promedios de 2 repeticiones por cada tratamiento

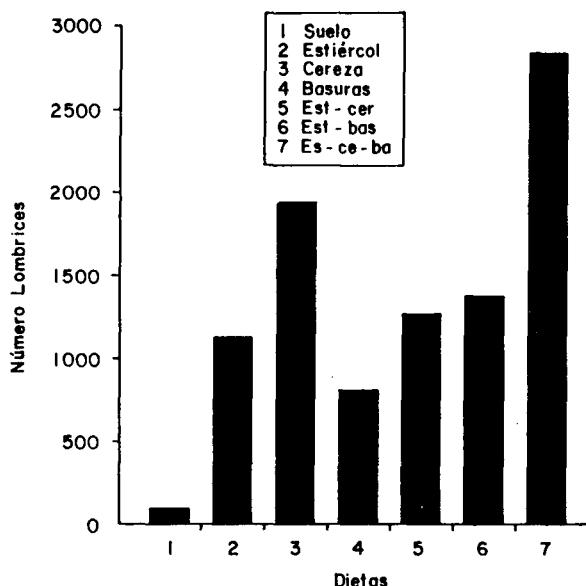


FIGURA No. 2. Número de lombrices *E. fetida* alimentadas con diferentes dietas en Albán Cundinamarca.

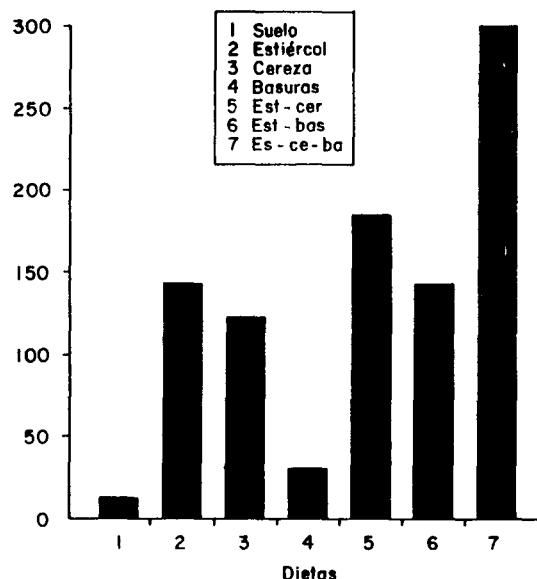


FIGURA No. 3. Número de capullos/lb de lumbricompuesto de *E. fetida* en las diferentes dietas.

TABLA No. 2. Análisis bromatológico de harina de lombrices alimentadas con diferentes dietas.

Especie Dieta	PORCENTAJES					
	Proteína	Fibra	Ceniza	Grasa	ENN	P
<i>Glossos-colex</i> sp	54,77	23,44	22,69	2,63	-	0,69
<i>E. fétida</i> 3	68,52	4,7	8,14	7,27	11,37	1,02
<i>E. fétida</i> 7	68,17	5,02	7,04	6,10	13,67	1,05
<i>E. fétida</i> 5	65,54	4,96	9,3	7,44	12,76	0,89
<i>E. fétida</i> 2	67,12	7,38	5,6	7,54	12,36	0,86
						0,44

realizados en laboratorios particulares

TABLA No. 3. Composición aminoácidos de *E. fétida* en diferentes dietas y *Glossoscolex sp.* (gramos de aminoácidos por 100 g de proteína con base seca).

Aminoácidos	DIETAS PARA EFETIDA					Glossoscolex sp
	Est-car bas	Cereza	Cer-est	Estér	Est-ba	
No esenciales						
Cisteína	1,7517	1,54	1,63	1,43	0,95	1,18
Acid. aspárt.	9,879	7,77	7,71	6,65	7,52	7,26
Serina	4,332	3,490	3,75	2,94	2,88	2,95
Acid. glutam.	12,478	11,25	11,92	8,60	10,11	9,75
Prolina	3,222	3,16	2,69	1,93	2,34	2,31
Glicina	4,6	4,38	4,62	3,42	3,83	4,50
Alanina	5,6	4,82	4,86	3,75	4,24	4,12
Tirosina	5,7	2,76	3,19	2,72	2,70	2,43
Esenciales						
Treonina	4,802	3,76	3,77	3,18	3,39	3,37
Valina	4,4	3,63	3,51	2,84	2,95	3,37
Metionina	1,7	1,43	1,46	1,15	1,26	0,95
Isoleucina	4,2	3,14	2,92	2,58	3,17	2,96
Leucina	8,3	5,63	5,56	4,50	5,25	5,05
Fenilalamina	2,7	1,93	1,96	1,92	2,05	1,75
Histidina	4,3	3,51	3,96	3,18	3,69	3,34
Arginina	10,8	10,71	12,48	7,54	10,84	9,12
Lisina	7,8	7,61	5,51	3,60	7,42	6,30
						4,92

FUENTE: Instituto de Inmunología "Hospital San Juan de Dios"

* muestras procedentes del cultivo de lombrices.

Efecto bioedafico de las lombrices de tierra sobre los sustratos alimenticios

Bout et al., citados por Lee (1985), atribuyen la textura granular del suelo a la acción de las lombrices de tierra. La textura inicial arcillo-limosa (ArL), cambia a franco-arenosa (FA) por la acción de *E. fétida*, a través de la cual los contenidos de arcilla disminuyen de 48% a 38% y los de limo de 46 a 26%; la actividad de *Glossoscolex sp.*, causa disminuciones en el contenido de arcilla hasta un 44% y del limo hasta 33%.

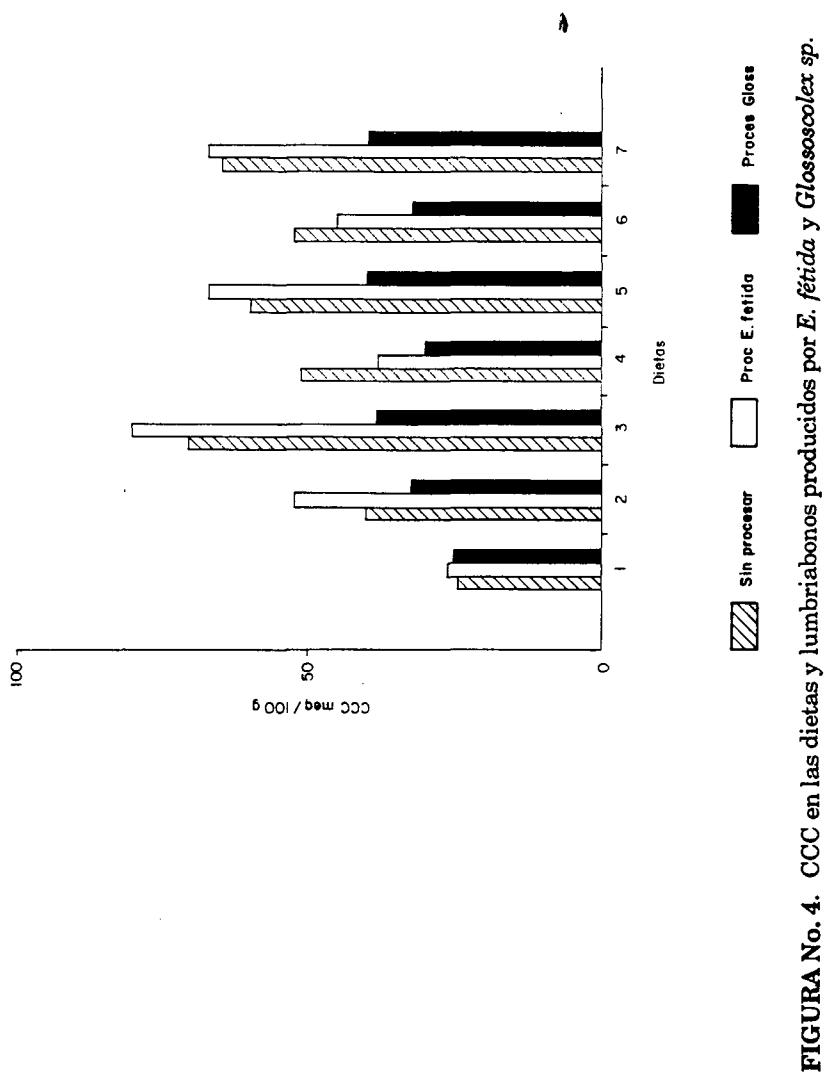
El pH no es significativo en la especie de lombrices de tierra, ni en la interacción dieta-especie, según el análisis de varianza; la prueba de Tukey denota diferencias entre las dos especies en el proceso de neutralización; *Glossoscolex sp.* es mas neutralizadora que *E. fétida*.

La capacidad catiónica de cambio (CCC) se incrementa en forma muy significativa, pues varía de 27 meq/100 gr en el suelo hasta 42,5 meq/100 gr en la dieta siete (Fig. 4); las dietas que contienen cereza de café producen los mejores resultados, seguidos de aquellas que contienen estiércol. Según las pruebas de Tukey, el trabajo de *E. fétida* es más significativo respecto a *Glossoscolex sp.*

Los datos obtenidos concuerdan con los reportados por Eijsackers (1986), quien afirma que la CCC mejora significativamente por el trabajo de las lombrices en el suelo.

El contenido de bases totales se incrementó con las dietas utilizadas a excepción de la 5. El mayor valor (89,9%) correspondió a la dieta 2 procesada por *E. fétida*; le siguieron los valores correspondientes a las dietas 6 y 7 (73,95% y 65,2% respectivamente); el mayor contenido de bases se registró en la dieta 4 (39,2%). Wallwork, citado por Chamorro (1981), atribuye altas densidades de población de lombrices a la presencia de materiales edáficos ricos en bases.

Las proporciones de calcio difieren para cada una de las dos especies hasta un valor máximo de 67 meq/100 gr con el estiércol procesado por *E. fétida*, mientras que solamente con suelo, se reportó el valor mas bajo (23,1 meq/100 gr). El contenido de calcio producido por el metabolismo de *Glossoscolex sp.* disminuyó en todos los tratamientos, a excepción del número 3 (cereza de café), donde el contenido de calcio se incrementa levemente. El aumento de los niveles de calcio por la actividad de *E. fétida* fue reportado por Soto (1986).



Los contenidos de magnesio y potasio, al igual que los del calcio, aumentan especialmente en las dietas que contienen cereza de café. Las dietas trabajadas por *E. fétida* producen contenidos de estos elementos un poco mayores que los procesados por *Glossoscolex sp.*; los mayores contenidos de magnesio (21,4 meq/100 gr) se registraron en la dieta 7 y los de potasio en la dieta 3 (3,9 meq/100 gr) mediante el trabajo de *E. fétida*.

El contenido de la materia orgánica en el suelo patrón es de 3,55%; tanto en la dieta a base de estiércol (tratamiento 2), como en la múltiple (número 7) este contenido es de 86%. Como resultado del trabajo de las lombrices, estos contenidos descienden en la dieta número 2 a 64% por acción de *E. fétida* y a 20% por *Glossoscolex sp.* Y en la dieta número 7 a 45% y 9% respectivamente. Según Soto (1986), los materiales orgánicos de las dietas suministradas a las lombrices, son utilizados por éstas como fuentes de desarrollo de su producción y como base para su acción mineralizadora sobre la materia orgánica; a este respecto, se encontraron valores máximos en la relación C/N de 10 por *E. fétida* y de 13 por *Glossoscolex sp.* que se presentan como apropiados para el adecuado desarrollo de estos procesos.

El contenido de fósforo en el suelo patrón (Tratamiento 1) fue de 14 ppm; en las dietas 2 (estiércol), 4 (cereza-estiércol) y 7 (cereza-estiércol-basuras) fue de 4250, 5500 y 4250 ppm, respectivamente. Tras la acción de las lombrices, en la dieta 2 estos contenidos disminuyeron a 3700 ppm por *E. fétida* y 1350 ppm por *Glossoscolex sp.*; en la dieta 4 disminuyeron a 2200 ppm por *E. fétida* y a 750 ppm por *Glossoscolex sp.*; finalmente, con la número 7 disminuyeron a 1100 ppm por *E. fétida* y a 600 ppm por *Glossoscolex sp.* Según las pruebas de Tukey la especie de lombrices constituye la mayor fuente de variación. (Fig. 5). Resultados similares fueron reportados por Fajardo y Prince (1976) y Chamorro y Romero (1988).

Los contenidos de microelementos y las variaciones que en éstos se presentan son función de la interacción de los factores especie de lombriz y dieta suministrada; sin embargo, es importante resaltar en el caso del hierro el aumento de sus contenidos, especialmente en los tratamientos 3 (cereza) y 4 (basuras). Con base en estos dos casos se considera la acción de *Glossoscolex sp.* mas efectiva que *E. fétida* en la producción de dichos elementos. En el caso del cobre la acción es inversa; a este respecto Romero y Chamorro (1988) encontraron una alta capacidad acumuladora de cobre por los tejidos de las lombrices.

Aspectos económicos

La lombricultura a gran escala permite comercializar lombrices de tierra y lombricomposto con una tasa de retorno financiero (TIR) del 185% anual. Este beneficio se logra muy bien mediante la producción de lombricomposto, en un cultivo de 1000 metros cuadrados programado a 5 años. Además, se realizó un modelo utilizando lombricomposto para remplazar la fertilización química del café que incluye la utilización de 17-6-18-2 en dosis de 150 gr/planta, 3 veces al año, equivalente a la aplicación de 2475 Kg/Ha/año. Esta fertilización se pretende remplazar en parte con lombricomposto producido al alimentar lombrices de tierra *E. fétida* con cereza de café, supliendo la deficiencia de los elementos mayores con algunos fertilizantes químicos simples, como son la úrea el superfosfato triple y cloruro de potasio (Tabla 4). El aporte de N, P, K y Mg tanto de

NUTRIENTE	FERTILIZACION QUIMICA Kg/Ha/año	FERTILIZACION ORGANICA Kg/Ha/año	COMPLEMENTACION Kg/Ha/año
Nitrógeno	420,75	313,5	107,25 (233,15Kg úrea)
Fósforo	148,5	20,63	127,87(277,97Kg P ₂ O ₅)
Potasio	445.5	13,67	431,83(719,7 Kg KCl)
Magnesio	49,5	16,64	

la fertilización química y orgánica como su complementación se muestran a continuación:

Valor económico de la fertilización química y orgánica del café

La producción de lombricomposto, utilizando todos los recursos de la finca cafetera, requiere costos mínimos.

- **Fertilización química:** 150 grs/planta, 3 veces al año de 17-6-18-2, que equivale a aplicar 2475 Kg/Ha/año, para 5500 plantas/Ha.

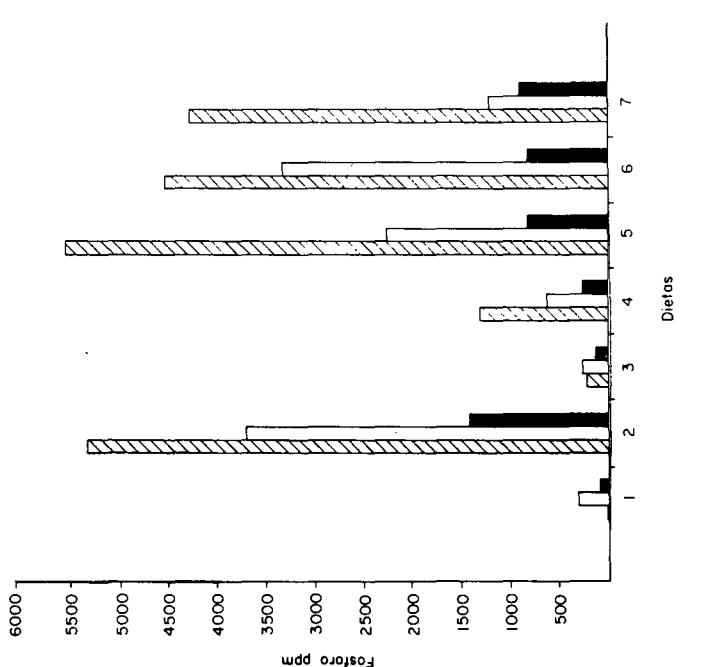


FIGURA No. 5. Fósforo en las dietas y lumbriabones producidos por *E. fetida* y *Glossoscolex* sp.

TABLA No. 4.
APORTE DE ELEMENTOS QUIMICOS EN KG POR TONELADA
DE LUMBRIABONO PRODUCTO DE LA ALIMENTACION
DE *E. FETIDA* CON PULPA DE CAFE

NUTRIENTES	PORCENTAJE	1 TON. (KG)
Materia orgánica	56,48	564,8
Nitrógeno	3,8	38
Fósforo	0,25	2,5
Potasio	0,165	1,65
Calcio	0,648	6,48
Magnesio	0,208	2,08
Hierro	0,010	0,10
Manganoso	0,005	0,05
Zinc	0,014	0,14
Cobre	0,011	0,11

Costos:

2475 Kg X \$200	\$495.000,00
Mano de obra,	
25 jornales X \$2200 c/u	55.000,00
Total aplicación de fertilización	
química/Ha/año	\$550.000,00

- **Fertilización orgánico-química:** 500 grs/planta de lombricom-puesto, más 14, 17 y 43 grs de úrea, superfosfato triple y cloruro de potasio, 3 veces al año, remplazan el fertilizante químico.

Costos:

Lombricomposto 8250 Kg/Ha/año	
KCL 719,71 Kg X \$209	\$150.419,60
P ₂ O ₅ 277, 97 Kg X \$173	48.088,80
Urea 233,15 Kg X \$167	38.936,00
Mano de obra 25 jornales X \$2200	55.000,00
Total costos	292.444,40
Ahorro	46,8%

Conclusiones

1. La dieta 7 (estiércol-cereza-basuras) produce los mejores resultados de biomasa animal; la dieta 3 (cereza) es ligeramente inferior a la anterior.
2. La incorporación de cereza de café como materia prima produce los mejores resultados en las dietas 3, 5 y 7.
3. Las 7 dietas facilitaron la síntesis de 19 de los 20 aminoácidos conocidos; sin embargo, los valores más altos se registraron en las lombrices alimentadas con las dietas 7 y 3.
4. *E. fétida* incrementó significativamente la CCC, bases totales, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y microelementos; los efectos de *Glossoscolex sp* sobre estas mismas propiedades fueron ligeramente inferiores.
5. La producción de *E. fétida* se puede masificar mediante la utilización de cereza de café como fuente primaria de alimento en condiciones de ambientes semicontrolados.
6. El análisis económico reporta un ahorro del 46.8% en una fertilización a base del lombricabono obtenido con la dieta 7.

BIBLIOGRAFIA

- BOUCHE, M. B. 1983. The Establishment of earthworms communities *In: SATCHELL, J. E. ED. Earthworms Ecology. From Darwin to Vermiculture.* London, Chapman and Hall. 431-448 pp.
- CHAMORRO, B. C. 1981. Correlaciones entre la población de lombrices de tierra y las características físico- químicas de tres suelos seleccionados de la Sabana de Bogotá. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia. ICA. Bogotá. 184 p.
- ROMERO, M. & CHAMORRO, C. 1986. Registro de *E. fétida* (Savigny, 1826) en Colombia. Ecotrópica, Boletín No. 5 Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Departamento de investigaciones científicas. Bogotá, Colombia.
- FAJARDO, C. & PRINCE, C. 1976. Ciclo biológico y algunos aspectos ecológicos de las lombrices de tierra en los suelos de la Sabana de Bogotá. Tesis para optar al título de biólogo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 72 p.
- FLOREZ, M. T. & ALVIRA, P. 1988. *E. fétida* y *L. rubellus*, biología y usos más importantes. *En: Anales de Edafología y Agrobiología.* Madrid, España. Facultad de Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Complutense. 771-784 pp.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI IGAC' COLOMBIA. 1982. Métodos Analíticos de laboratorio de suelos. 4a. edición. Bogotá. 664 p.
- LEE, K. E. 1985. Earthworms their ecology and relationships with soils and land use. Academia Press, New York. 411 p.
- ROMERO, M. La lombriz de tierra como bioindicadora de contaminación de suelos. Tesis agrólogo, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 1986. 110 p.
- SABINE, J. R. 1983. Earthworms as a source of food and drugs. *In: SATCHELL, J. E. ed. Earthworms Ecology.* London, Cahpman and Hall. 285-296 pp.
- SOTO, L. M. 1986. Contenido Proteínico de *Andiadrillus bogotaensis* (Michaelsen, 1900) criada en cautiverio. Tesis para optar al título de Biólogo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 110 p.