

## POBLACIONES DE LOMBRICES DE TIERRA EN SITIOS DE ACUMULACION DE DESECHOS ORGANICOS EN EL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA

Sandra León

Nazira González

Departamento de Química

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

Mario Lobo

Julio Fraile

Escuela de Ciencias Biológicas

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

### RESUMEN

Se estudió la abundancia de las lombrices de tierra en áreas del Valle Central de Costa Rica, donde se acumulan excretas de animales, desechos municipales y broza de café. Se determinaron las condiciones edáficas en cada sitio. Cuatro especies de lombrices de tierra fueron encontradas: *Pontoscolex corethrus* (Müller, 1857), *Metaphire californica* (Kinberg, 1867), *Amyntas corticis* (Kinberg, 1867) y *Polypheretima elongata* (Perrier, 1872).

*Pontoscolex corethrus* fue la especie más abundante en los diferentes sitios muestreados y la que mostró un mayor ámbito de tolerancia a las características físico-químicas de los suelos. *M. californica* fue la segunda especie en abundancia y también mostró un amplio rango de tolerancia a las características del medio. *A. corticis* y *P. elongata* fueron menos comunes; la primera presente bajo desechos municipales y de bovino y la segunda en áreas donde se acumula broza de café.

Los suelos donde se vierten excrementos de ganado bovino parecen ser más favorables para el desarrollo de las poblaciones de lombrices de tierra, que aquellos donde se acumula basura municipal o broza de café.

### ABSTRACT

A study was made on the density of earthworms in eight different sites of the Valle Central in Costa Rica, abundant with animal manure, city and coffee bean pulp wastes. Edaphological condition were determined in each site.

Four species were found: *Pontoscolex corethrus*, *Methaphire californica*, *Amyntas corticis* and *Polypheretima elongata*.

*P. corethrus* was the most abundant species found. Soils having abundant cattle manure were the most favorable for this species.

### INTRODUCCION

Las lombrices de tierra son anélidos oligoquetos y uno de los componentes más importantes de la fauna del suelo. Su actividad puede modificar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, y contribuir al aumento de la fertilidad del mismo (Syers et al., 1979; Gerard, 1963). Las poblaciones de lombrices de tierra pueden ingerir y excretar grandes cantidades de suelo. En una recopilación sobre la cantidad de excrementos producidos por las mismas, Lee (1985) informa que esta

cantidad oscila entre 50 y 2.600 ton/Ha/año en las diversas zonas tropicales. Esta actividad deja el material trabajado en una condición granular, fuertemente agregada. Además, las galerías que excavan en el suelo proporcionan mejor aireación, más rápida infiltración del agua y mejor permeabilidad. Estas modificaciones del suelo, a su vez, producen cambios que benefician a otras especies animales y vegetales que en él habitan.

Las lombrices de tierra se alimentan de materia orgánica, en distintos grados de descomposición, que proviene de múltiples fuentes de desechos. Hoy día se las está utilizando en sistemas de conversión de desechos orgánicos, con el fin de controlar la contaminación y como productoras de abono orgánico y proteína lombriciana (Edwards, 1986; Neuhauser y Malecki, 1984).

Es poca la información que se tiene sobre poblaciones de lombrices en suelos de zonas tropicales (Fraile, 1986 a).

Para Costa Rica cabe destacar el aporte de López (1976), quien realizó estudios sobre la in-

fluencia de varias características del suelo en la distribución de poblaciones de oligoquetos en suelos del Valle Central.

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de las lombrices de suelos costarricenses en lugares donde se vierten desechos orgánicos, y estudiar algunas características edáficas de los sitios seleccionados.

#### MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en ocho localidades de la provincia de Heredia, donde se acumulan desechos orgánicos, con condiciones climáticas y tipos de suelo semejantes (origen volcánico e inceptivos). Estos lugares se caracterizan por presentar una precipitación anual de 2.000 a 2.500 mm, temperaturas promedio anuales entre 19-22°C y altitudes entre 1.124 y 1.345 m (Cuadro 1). La época de muestreo fue entre agosto y diciembre de 1987, correspondiente al período lluvioso, cuando las lombrices están activas y en la parte más superficial del suelo.

CUADRO 1

#### ALTITUD, TIPO DE DESECHO ORGANICO DEPOSITADO Y USO DE LA TIERRA EN LOS SITIOS MUESTREADOS

SITIO DE MUESTREO NUMERO	LUGAR	ALTITUD (m.s.n.m.)	TIPO DE DESECHO DEPOSITADO	USO DE LA TIERRA
1	San Luis (Sto. Domingo)	1.345	Excreta de bovino	Potrero
2	Santo Tomás (Sto. Domingo)	1.200	Excreta de bovino	Barbecho
3	San Francisco (Heredia)	1.124	Desechos Municipales	Barbecho
4	San Rafael	1.264	Desechos Municipales	Barbecho
5	Santo Domingo	1.170	Residuos Agrícolas (Broza de café)	Barbecho
6	San Josecito (San Rafael)	1.245	Residuos Agrícolas (Broza de café)	Barbecho
7	Heredia Centro	1.150	Ninguno	Barbecho
8	Heredia Centro	1.150	Ninguno	Barbecho

CUADRO 2

DENSIDAD NUMERICA (N) Y BIOMASA (B) PROMEDIO DE LAS LOMBRICES DE TIERRA ENCONTRADOS SEGUN EL TIPO DE DESECHO ORGANICO ACUMULADO

	TIPO DE DESECHO ORGANICO											
	BOVINO			MUNICIPAL		CAFE			NINGUNO			
	1*	2	$\bar{X}$	3	4	$\bar{X}$	5	6	$\bar{X}$	7	8	$\bar{X}$
N (n/m <sup>2</sup> )	204,4	170,8	187,6	--	102	51	116	--	58	23,2	8,4	15,8
B (g/m <sup>2</sup> )	104,4	82,5	111,4	--	43,5	21,8	72,4	--	36,2	13,2	3,4	8,3

\* Los números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 corresponden a los sitios de muestreo.

En cada uno de los ocho sitios seleccionados se escogió una parcela de 10 x 10 m y en la misma se tomaron al azar, diez muestras de suelo de 50 x 50 cm a 20 cm de profundidad, en las cuales se recogieron manualmente todas las lombrices presentes. Los ejemplares extraídos fueron lavados con agua, fijados en una mezcla, por partes iguales, de alcohol al 95 % y formol al 10 % y se dejaron 20 horas en formol 10 %; luego fueron preservados durante 15 días en formol al 5 %. Pasado este tiempo fueron contados e identificados al estereoscopio.

Para calcular el peso fresco, se hizo una corrección, ya que las lombrices pierden peso al ser preservadas en formol. Dicha pérdida fue determinada experimentalmente y resultó ser de un 22 %.

Las características edáficas se analizaron en una muestra compuesta por parcela, la cual se obtuvo homogenizando y cuarteando diez submuestras del suelo correspondiente. Este fue secado en estufa a 60 °C, molido y pasado por un tamiz de 2 mm de malla, para realizar los siguientes análisis: pH en agua, potenciométricamente, según método descrito en Cervantes y Mojica (1981); textura, según el método del hidrómetro de Bouyoucos (Cervantes y Mojica, 1981); materia orgánica, según Walkey y Black modificado (Scheweizer, 1980); nitrógeno total, por el método micro-Kjeldahl (Cervantes y Mojica, 1981); fósforo total, utilizando la digestión de Wash y Beaton (1973); y humedad gravimétricamente por secado en estufa a 105 °C (Cervantes y Mojica, 1981).

En el Instituto Geográfico Nacional se obtuvo la altitud de los lugares de muestreo. El Institu-

to Meteorológico Nacional aportó los datos de temperaturas y precipitación como promedios anuales de los últimos dieciséis años.

La identificación de las especies estuvo bajo la responsabilidad de J. Fraile.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En las áreas estudiadas se observó la presencia de cuatro especies de lombrices de tierra: *Polypheretima elongata* (Perrier, 1872), *Amyntas corticis* (Kinberg, 1867), *Metaphire californica* (Kinberg, 1867) y *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857). Las tres primeras pertenecen a la familia Megascolecidae, mientras que la última a la familia Glossoscolecidae.

Las densidades numéricas y biomasa total de las lombrices de tierra encontradas en los lugares muestreados aparecen en el Cuadro 2. Los números y biomasa de cada especie se muestran en las Figs. 1 y 2.

Los valores mayores de abundancia (187,6 ind/m<sup>2</sup>) y biomasa (111,4 g/m<sup>2</sup>) de lombrices de tierra se encontraron en las zonas con desechos orgánicos de ganado bovino. Estas densidades fueron algo más de tres veces las encontradas en lugares con broza de café (58 ind) y basura municipal (51 ind) y doce veces las que aparecieron en promedio en los barbechos sin depósito de desechos orgánicos (15,8 ind/m<sup>2</sup>).

La biomasa promedio de lombrices en los lugares donde se depositan excrementos de bovino fue tres veces superior a la encontrada en los lugares

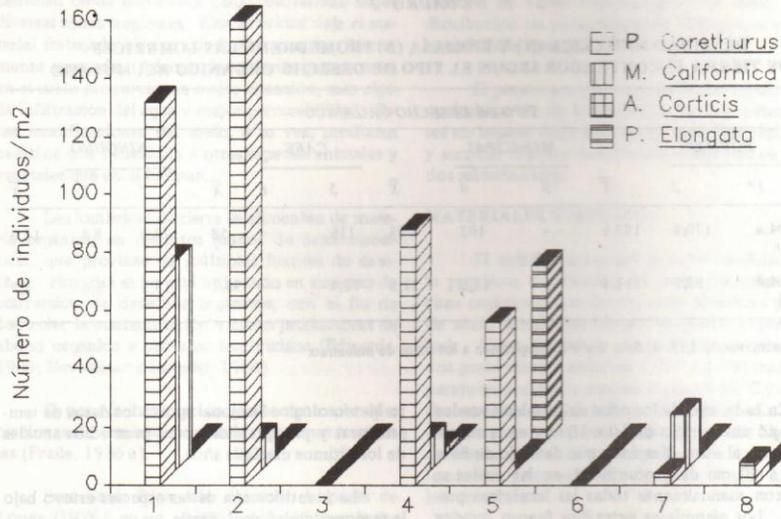


FIGURA 1: Densidad de las poblaciones (ind/m<sup>2</sup>) de las lombrices de tierra en relación con el sitio de muestreo.

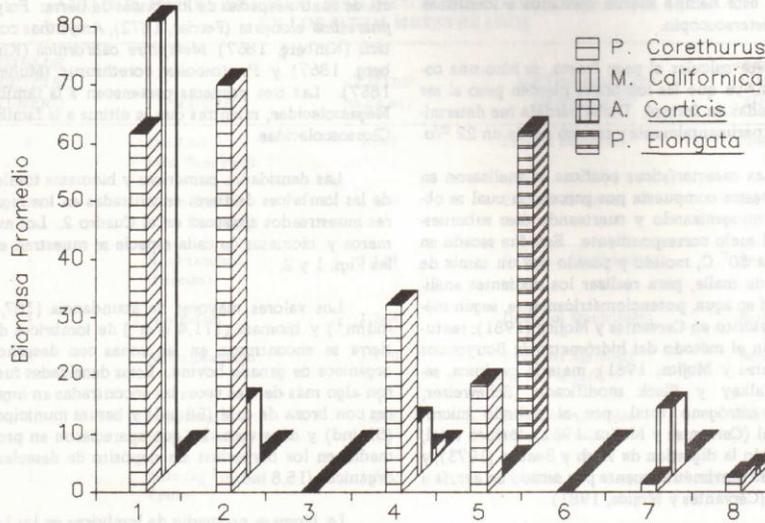


FIGURA 2: Biomasa (g/m<sup>2</sup>) de las poblaciones de lombrices en relación con el sitio de muestreo.

res con residuos de café ( $36,2 \text{ g/m}^2$ ), cinco veces la de zonas con basura municipal ( $21,8 \text{ g/m}^2$ ) y unas catorce veces la de sitios sin desechos acumulados ( $8,3 \text{ g/m}^2$ ).

Las biomásas promedio de lombrices encontradas en los lugares con estiércol de bovino y broza de café son comparables con las halladas por Fraile (1986 b) en suelos con cultivos perennes de Costa Rica. Los datos de las zonas con estiércol de bovino del presente trabajo, son ligeramente superiores a los  $109 \text{ g/m}^2$  obtenidos en pasturas con ganado por Fraile y superan los  $22-41 \text{ g/m}^2$  encontrados por el mismo autor en caña de azúcar y en sistemas agroforestales de café y cacao. En los lugares con broza de café la biomasa obtenida es por tanto semejante a la de los sistemas agroforestales y caña de azúcar y algo inferior a los  $46-73 \text{ g/m}^2$  que Fraile encontró en pasturas de corte con y sin vegetación arbórea.

En los lugares con acúmulo de basura municipal la biomasa de lombrices de tierra fue ligeramente inferior y en los sitios sin desechos muy inferior a las indicadas por Fraile (1986 b), respecto del peso de lombrices presentes en cultivos perennes de Costa Rica.

Las Figs. 1 y 2 muestran que *P. corethrus* fue la especie más abundante en la mayoría de los suelos muestreados, con excepción de dos lugares, uno en un depósito de broza de café (sitio 5) y otro en un suelo sin aporte de desechos orgánicos (sitio 7). En estos últimos sitios las especies más abundantes fueron *P. elongata* y *M. californica*, sin embargo, *P. corethrus* fue la más ampliamente distribuida.

La densidad numérica promedio de *P. corethrus* varió entre  $6 \text{ ind/m}^2$  encontrados en los sitios sin acúmulos de desechos orgánicos y  $146 \text{ ind/m}^2$  de las zonas con excrementos de bovinos. Estas cifras generalmente superan las obtenidas por López (1986) ( $10 \text{ ind/m}^2$ ) sobre lombrices de tierra en suelos del Valle Central de Costa Rica.

*P. corethrus* constituyó el  $77,8 \%$  y el  $86,3 \%$  de las lombrices totales recogidas en las zonas con excretas de bovino y desechos municipales, respectivamente. Esta proporción descendió en sitios con broza de café ( $48,3 \%$ ) y en barbechos sin desechos orgánicos acumulados ( $38 \%$  del total). Estos resultados concuerdan en buen grado con los estudios de Fraile (1986 b), quien indica que *P. corethrus* es la lombriz más común en suelos cultivados del Valle Central de Costa Rica.

La biomasa de *P. corethrus* osciló, en promedio, entre  $2 \text{ g/m}^2$  obtenidos en los lugares sin desechos y  $66 \text{ g/m}^2$  de las zonas con excrementos de bovinos. El porcentaje, en el peso de esta especie con respecto del total fue inferior al porcentaje de su número con respecto del total, debido al peso promedio inferior que tiene esta especie en comparación con las tres restantes (*M. californica*, *A. corticis* y *P. elongata*). La mayor representación de *P. corethrus* se encontró en lugares con basura municipal ( $74 \%$ ) y con estiércol de bovinos ( $59 \%$ ), y en menor grado en zonas con broza de café ( $25,4 \%$ ) y sin desechos ( $24 \%$  de la biomasa total).

Las condiciones físico-químicas de los suelos donde *P. corethrus* fue encontrada variaron ampliamente (Figs. 1 y 2, Cuadros 3 y 4). Esta especie apareció en suelos cuyo rango de pH fue de  $5,50-7,60$ , contenido de materia orgánica de  $5,8-14,7 \%$ , contenido de nitrógeno de  $0,268-0,562 \%$ , humedad de  $26,8-51,6 \%$ , relación C/N de  $11,0-15,2$ , fósforo de  $147-346 \text{ mg/kg}$  suelo y contenido de arcilla de  $14,4$  (franco-arenosa) a  $50,4$  (textura arcillosa).

Estos resultados indican que *P. corethrus* es una especie que presenta un amplio ámbito de tolerancia respecto de las características físico-químicas del suelo. Lo anterior también es confirmado en los estudios de Knapper y Pinto Porto (1979) en Brasil y por Lavelle et al. (1987) en México, quienes indican incluso mayores rangos de tolerancia para la especie que los encontrados en este trabajo.

Los porcentajes más altos de materia orgánica, nitrógeno y humedad se encontraron en áreas que reciben estiércol de bovinos, lo cual coincide a su vez con las mayores densidades de población tanto de *P. corethrus* como de *M. californica* (Figs. 1 y 2, Cuadro 3).

Los resultados anteriores confirman las afirmaciones hechas por Edwards y Lofty (1972), acerca de que aquellos suelos ricos en materia orgánica son los que usualmente soportan un mayor número de lombrices de tierra. Además coincide con los estudios de laboratorio realizados por Nedrick (1985), según los cuales *P. corethrus* se desarrolló mejor en suelos a los que se añadía estiércol de bovinos que en los que se adicionaban otros tipos de desechos. Por otro lado, esto corresponde con lo que suele ocurrir en las zonas templadas, donde las mayores poblaciones de lombrices de tierra se encuentran en las pasturas de alta produc-

CUADRO 3

## ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS MUESTREADOS

SITIO DE MUESTREO	HUMEDAD TOTAL (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	MATERIA ORGANICA (%)	NITROGENO (%)	CARBONO (%)	RELACION C/N	FOSFORO (mg/kg SUELO)
1	51,6	6,20	12,4	0,537	7,20	13,4	279
2	42,3	5,50	14,7	0,562	8,57	15,2	222
3	34,0	5,55	5,2	0,150	3,00	20,0	328
4	31,9	6,10	6,1	0,272	3,55	13,0	147
5	43,2	7,60	8,9	0,472	5,19	11,0	310
6	36,0	8,00	3,1	0,128	1,82	14,2	414
7	26,8	6,40	6,7	0,287	3,92	13,7	171
8	26,9	6,80	5,8	0,268	3,37	12,6	346

CUADRO 4

## CLASES TEXTURALES ENCONTRADAS EN CADA SITIO DE MUESTREO

SITIO DE MUESTREO	TEXTURA			CLASE TEXTURAL
	ARENA (%)	ARCILLA (%)	LIMO (%)	
1	43,6	32,4	24,0	Franco arcilloso
2	57,6	22,4	20,0	Franco arcilloso arenoso
3	33,6	52,4	14,0	Arcilla
4	37,6	50,4	12,0	Arcilla
5	75,6	14,4	10,0	Franco Arenoso
6	15,6	66,4	18,0	Arcilla
7	31,6	40,4	28,0	Arcilla
8	37,6	38,4	24,0	Franco Arcilloso

ción; los excrementos del ganado, sin duda, deben contribuir en buena parte para que aquello ocurra. También en Costa Rica lo último ha sido comprobado por Fraile (1986 a y b) donde las pasturas

con ganado suelen presentar, en promedio anual, unos 100 g/m<sup>2</sup> (1 ton/Ha) de lombrices de tierra.

Los altos porcentajes de nitrógeno (0,537 y

0,562 ‰) de los suelos con desechos de bovinos (sitios 1 y 2), son similares al contenido medio de nitrógeno encontrado por Teuscher y Adler (1976) en el estiércol de vaca, el cual es de aproximadamente 0,55 ‰. El alto contenido en nitrógeno en estos suelos debe favorecer a las lombrices de tierra, pues es bien conocido el papel limitante del N en estos animales (Edwards y Lofty, 1972).

La segunda especie en abundancia fue *M. californica*; su densidad promedio varió desde cero, en suelos con broza de café, hasta 41,4 ind/m<sup>2</sup> en los de excrementos de bovino. Esta especie representó un 22,1, 11,0 y 62,0 ‰ de las lombrices encontradas en las zonas con desechos de bovino, municipal y lugares sin desechos, respectivamente. El porcentaje de peso respectivo en los mismos lugares fue del 40,8, 21,0 y 75,9 ‰. La biomasa promedio de *M. californica* osciló entre 0 y 45,5 g/m<sup>2</sup> en suelos con desechos de café y bovino, respectivamente (Figs. 1 y 2).

La presencia usual de *M. californica* en suelos costarricenses también ha sido mencionada por Fraile (1986 b), quien indica que junto con *A. corticis*, es común encontrarla en pequeños números en lugares donde domina *P. corethrus*. Sin embargo, según el mismo autor, en pastos de altura de Costa Rica, la *M. californica* puede presentar una biomasa de casi 100 g/m<sup>2</sup>.

Las condiciones físico-químicas de los suelos con presencia de *M. californica* mostraron las siguientes variaciones: pH 5,50-6,80, materia orgánica 5,8-14,7 ‰, nitrógeno 0,268-0,562 ‰, humedad 26,8-51,6 ‰, relación C/N 12,6-15,2, fósforo 147-346 mg/kg suelo, contenido de arcilla 22,4-50,4 (textura, de franco arcillo arenosa a arcillosa). La mayor abundancia de esta especie, igual que sucedió con *P. corethrus*, se encontró en aquellos lugares con altos contenidos de materia orgánica, nitrógeno y humedad (Cuadro 3).

Según estos resultados, *M. californica* presenta amplios ámbitos de tolerancia a algunas características físico-químicas del medio. Knapper y Pinto Porto (1979) también encontraron individuos de esta especie en suelos brasileños donde la materia orgánica oscilaba entre 3,9-8,1 y pH entre 4,5-6,6, aunque es importante destacar que estos autores al no reportar otros parámetros no permiten hacer una verdadera comparación.

*M. californica* estuvo ausente en los lugares donde se vierten subproductos de café (sitios 5 y 6) y en uno de los lugares donde se acumulan

desechos municipales (sitio 3). Los sitios se caracterizaron por presentar valores de pH de 5,55 a 8,00 y relación C/N de 11 a 20 (Cuadros 3 y 4, Figs. 1 y 2).

*A. corticis* se presentó en solo dos sitios de los muestreados, que corresponden a los lugares con excrementos de bovinos (sitio 1) y con desechos municipales (sitio 4). La abundancia promedio para la especie en ambos lugares fue de 0,2 y 1,4 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente, y la biomasa de 0,1 y 1,0 g/m<sup>2</sup>. En porcentaje, *A. corticis* representó solamente un 0,1 y un 2,7 ‰ del número total de lombrices y un 0,2 y 5 ‰ de la biomasa de las mismas, en los lugares respectivos (Figs. 1 y 2).

Las características del suelo en los lugares donde *A. corticis* se encontró fueron las siguientes: pH de 6,10-6,20, contenido de materia orgánica de 6,1-12,4 ‰, nitrógeno de 0,272-0,537 ‰, humedad de 31,9-51,6 ‰, relación C/N 13,0-13,4, fósforo de 147-279 mg/kg suelo, contenido de arcilla 32,4 (franco arcillosa) a 50,4 (textura arcillosa) (Cuadros 3 y 4).

Finalmente, la especie de gran tamaño, *P. elongata*, solo se presentó en un sitio de muestreo, donde se había amontonado broza de café (sitio 5). Las características del suelo fueron: pH 7,6, materia orgánica 8,9 ‰, nitrógeno 0,472, humedad 43,2 ‰, relación C/N 11, fósforo 310 mg/Kg suelo, contenido de arcilla 14,4 (textura franco-arenosa) (Cuadros 3 y 4).

En el sitio donde se presentó *P. elongata* constituyó el 51,7 ‰ del número total de lombrices (60 ind/m<sup>2</sup>) y el 74,6 ‰ de la biomasa de las mismas (54 g/m<sup>2</sup>) (Cuadros 1 y 2). Aunque los requerimientos de esta especie son poco conocidos, estudios en Costa Rica realizados por Fraile (no publicados), indican la preferencia de *P. elongata* por suelos con pH cercanos a la neutralidad. Lo último concuerda con los resultados del presente trabajo, en los cuales se puede observar que *P. elongata* abundó en un suelo con pH de 7.

Es necesario notar que hubo dos sitios donde no se encontraron lombrices de tierra, sitios 3 y 6; ambos coinciden en presentar un porcentaje de arcilla mayor (52,4 y 66,4 ‰) y un menor contenido en nitrógeno (0,150 y 0,128, respectivamente) que en los restantes sitios. Además, el lugar 3 (desechos municipales) tiene una mayor relación C/N que los restantes y el lugar 6 (broza de café) presenta un mayor pH (8,0) y menor porcentaje de materia orgánica que los mismos. Aparte de la in-

fluencia de algunos factores edáficos como los mencionados, que pueden ser limitantes, otra causa de la ausencia de las lombrices de tierra puede ser la acción de los desechos orgánicos acumulados por la actividad del hombre; éstos producen, durante la primeras fases de descomposición, condiciones adversas para la sobrevivencia de lombrices de tierra como podrían ser altas temperaturas, des-

censo del pH, carencia de oxígeno, liberación de productos tóxicos como amoníaco, entre otras.

Es importante, una vez conocidas las especies de lombrices nativas y en qué condiciones edáficas se encuentran, estudiar su aptitud para la degradación de desechos orgánicos; así mismo evaluar su contribución a la fertilidad del suelo en lugares donde se vierten materiales degradables.

15 de marzo de 1989.

#### AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento del proyecto 851028 "Problemática de los desechos municipales de la Subregión de Heredia", adscrito a las Vicerrectorías de Investigación y Extensión de la Universidad Nacional.

#### LITERATURA CITADA

- Cervantes, C. y F. Mojica. 1981. Manual de laboratorio de Edafología. Heredia, Costa Rica, EUNA. 64 pp.
- Edwards, C.A. 1986. Earthworms organic waste and food. *Span* 26 (3): 106-109.
- Edwards, C.A. y J.R. Lofty. 1972. *Biology of Earthworms*. London, Chapman. 283 pp.
- Frailé, J. 1986 a. Las lombrices de tierra contribuyen al aprovechamiento de los recursos naturales. *Bioecnosis* 2 (3-4): 46-50.
- Frailé, J. 1986 b. Participación de las lombrices de tierra en el ciclo del nitrógeno, con énfasis en los sistemas agroforestales de Costa Rica. *UNICIENCIA* 3 (1-2): 119-124.
- Gerard, B. 1963. The activities of some species of Lumbricids in Pasture land. In *Soil Organisms*. Ed. by J. Doeksen, J. Van der Drift. Amsterdam. North Holland. pp. 49-54.
- Instituto Geográfico Nacional 1985. División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica. Imprenta Nacional. 118 pp.
- Instituto Meteorológico Nacional 1988. Registro de temperaturas.
- Knapser, C.F.V. y R. Pinto Porto. 1979. Ocorrença de oligoquetas nos solos do Rio Grande de Sul. *Acta Biológica Leopoldensia* 1 (1): 137-166.
- Lavelle, P., I. Barois, I. Cruz, C. Fragoso, A. Hernández, A. Pineda, y P. Rangel. 1987. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. *Biology and Fertility of Soils* 5: 188-194.
- Lee, K.E. 1985. Earthworms their ecology and relationships with soils and land use. Orlando (Fla), Academic Press. 416 pp.
- López, P.E. 1976. Efecto de algunos parámetros edáficos sobre poblaciones de Oligoquetos en Costa Rica. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 255 pp.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, C.R. Metodología para el análisis de suelos, plantas y aguas. Boletín Técnico No. 68. 32 pp.
- Nedrick, Mc. R. 1985. Crecimiento de la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus* en diferentes fuentes de desechos orgánicos. Informe técnico, Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 25 pp.
- Neuhauser, E.F. y R. Malecki. 1984. Earthworms and waste management. *Biocycle* 25 (3): 26-27.
- Schweizer, L.S. 1980. Metodología para el análisis de suelos, plantas y aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Bol. Tec. 68. San José, Costa Rica.
- Syers, J.K.; A.N. Sharpley y D.R. Keeney. 1979. Cycling of nitrogen by surface casting earthworms in a pasture ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 11(2): 181-185.
- Teuscher, J. y R. Adler. 1976. El suelo y su fertilidad. México, Continental. 510 pp.
- Wash, L.M. y J.D. Beaton. 1973. Soil testing and plant analysis. Meidson, Wisconsin. Soil Science Society of American. 455 pp.