

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
Sistema de Estudios de Posgrado

POBLACIONES DE LOMBRICES DE TIERRA (OLIGOCHAETA: ANNELIDAE) EN UNA PASTURA DE Cynodon plectostachyus (PASTO ESTRELLA) ASOCIADA CON ARBOLES DE Erythrina poeppigiana (PORO), UNA PASTURA ASOCIADA CON ARBOLES DE Cordia alliodora (LAUREL), UNA PASTURA SIN ARBOLES Y VEGETACION A LIBRE CRECIMIENTO, EN EL CATIE, TURRIALBA, COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

JULIO FRAILE MERINO

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Departamento de Recursos Naturales  
Turrialba, Costa Rica

1989

## DEDICATORIA

A la memoria de mi madre, Julia

A mi padre, Frutos

A mi esposa, Mayra

A mis hijos, Darío y Pablo

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece sinceramente a las siguientes personas e instituciones:

Al profesor Consejero, Germán Sánchez y a los integrantes del Comité de Tesis, Gustavo Enriquez, Pedro Ferreira y Donald Kass, por su valioso asesoramiento y amable colaboración.

Al Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) de Canadá, por el apoyo financiero que me permitió realizar estos estudios.

Al personal del Proyecto Erythrina (hoy Arboles Fijadores de Nitrógeno) en general, por toda la ayuda prestada.

Al personal técnico, administrativo y de campo del CATIE por las múltiples oportunidades en que me brindaron su apoyo. En particular a Antonio Mora y Asdrúbal Chavarria en trabajos de campo y Carlos Cedeño en laboratorio.

Al sistema de Estudios de Posgrado UCR-CATIE por la oportunidad de realizar estos estudios.

Un reconocimiento muy especial a tres personas cuya ayuda fue fundamental en la realización de la Tesis: Gerardo Arias, en el muestreo de campo, Rita Abarca, en la mecanografía y Jaime Sánchez en el procesamiento de los datos y análisis estadístico.

A las Instituciones de la Universidad Nacional que me brindaron su apoyo y colaboración: Escuela de Ciencias Biológicas, Junta de Becas y Laboratorio de Química y Edafología.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) por la ayuda económica aportada en el periodo final del trabajo de tesis.

A Jesús Gómez (INCIENSA, Costa Rica) por el análisis del tejido de las lombrices.

A Carlos Fragoso por sus enseñanzas taxonómicas y clasificación de los ejemplares y al Instituto de Ecología de México por permitirme realizar allí esta actividad.

A Patrick Lavelle, por su estímulo e ideas aportadas a este trabajo.

A Alonso Baldizón por su colaboración en el trabajo mecanográfico final.

A los compañeros de estudio de Posgrado, en general, por su compañerismo, colaboración y amistad.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Cuéllar (Segovia), España, el 27 de junio de 1950, realizando allí la Secundaria.

Los estudios universitarios los inició en la Universidad de Valladolid y los continuó en la Universidad de Navarra, en Pamplona, España. Se graduó como Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Navarra, en 1973.

Desde 1975 labora en la Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica, donde ha llevado a cabo tareas docentes en la Escuela de Ciencias Biológicas en las cátedras de Biología General y Ecología.

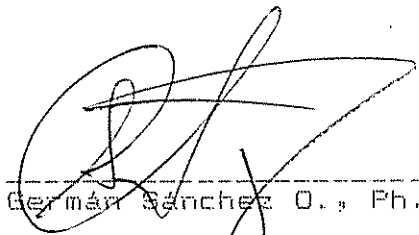
En investigación se inicia en el área de Biología de suelos, realizando estudios de microartrópodos edáficos en Costa Rica (1975-1977) y en España (1978-1980). Posteriormente, a partir de 1983 en lombrices de tierra en Costa Rica.

En 1985 ingresó al Programa de Posgrado UCR-CATIE, en Turrialba, Costa Rica, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en el Departamento de Recursos Naturales Renovables en 1989.

Esta Tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, bajo el Convenio UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de:

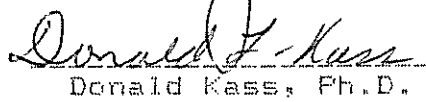
MAGISTER SCIENTIAE

COMITE DE TESIS



-----  
Germán Sánchez O., Ph.D.

Profesor Consejero



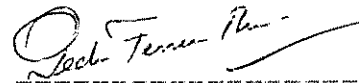
-----  
Donald Kass, Ph.D.

Miembro del Comité



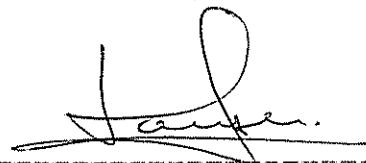
-----  
Gustavo Enriquez, Ph.D.

Miembro del Comité



-----  
Pedro Ferreira, Ph.D.

Miembro del Comité



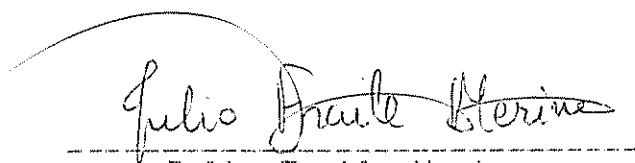
-----  
Ronald Vargas, Ph.D.

Director del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales UCR-CATIE



-----  
Luis Estrada Navas, Ph.D.

Decano del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica.



-----  
Julio Fraile Merino  
Candidato

## CONTENIDO

RESUMEN .....	xi
SUMMARY .....	xiv
LISTA DE CUADROS .....	xvii
LISTA DE FIGURAS .....	xx
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1 Relación de las lombrices de tierra con los factores ambientales.....	5
2.1.1 Humedad del suelo.....	5
2.1.2 Temperatura del suelo.....	8
2.1.3 Materia orgánica.....	10
2.1.4 pH y concentración de electrolitos.....	14
2.1.5 Textura del suelo.....	16
2.1.6 Aireación.....	17
2.2 Efectos físicos de las lombrices de tierra sobre los suelos.....	18
2.2.1 Producción de excrementos.....	18
2.2.2 Estabilización de los excrementos como agregados del suelo.....	21
2.2.3 Excavación de galerías.....	22
2.2.3.1 Porosidad.....	22
2.2.3.2 Infiltración.....	24
2.2.3.3 Capacidad de retención de agua.....	26
2.2.3.4 Aireación.....	26
2.3 Efectos químicos de las lombrices de tierra sobre el suelo.....	27
2.3.1 Incorporación y descomposición de la materia orgánica.....	28
2.3.2 Transformaciones del nitrógeno (N).....	32
2.3.2.1 N en los excrementos.....	33
2.3.2.2 N en orina y mucoproteínas.....	34
2.3.2.3 N derivado del tejido muerto.....	34
2.3.2.4 Significado ecológico del N recirculado por las lombrices de tierra.....	36
2.3.3 Efecto sobre el fósforo (P).....	37
2.3.4 pH y cationes de cambio.....	38
2.4 Efecto de las lombrices de tierra sobre la edafogénesis.....	39

2.5 Efectos de las lombrices de tierra sobre otros organismos edáficos.....	40
2.6 Efectos de las lombrices de tierra sobre la fertilidad de los suelos y el crecimiento de las plantas.....	42
2.6.1 Efectos en el crecimiento de pasturas.....	43
2.6.2 Efectos sobre el crecimiento de cultivos.....	44
2.7 Las lombrices de tierra y las prácticas de uso de la tierra.....	45
2.7.1 Cultivo.....	46
2.7.2 Mulching.....	48
2.7.3 Prácticas de mínima labranza.....	48
2.8 Uso práctico de las lombrices de tierra.....	50
2.8.1 En la agricultura.....	50
2.8.2 Degradación de desechos orgánicos.....	50
2.8.3 Fuente de proteínas.....	51
2.9 Las poblaciones de las lombrices de tierra.....	52
2.9.1 Métodos de muestreo.....	52
2.9.1.1 Métodos pasivos.....	53
2.9.1.2 Métodos etológicos.....	55
2.9.1.3 Métodos de marcado y recaptura.....	57
2.9.1.4 Conteo de excrementos superficiales.....	57
2.9.1.5 Comparación de los métodos de muestreo...	57
2.9.2 Abundancia y biomasa.....	59
2.9.3 Ciclos de vida.....	61
2.9.4 Estructura de edad.....	64
<b>III MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>67</b>
3.1 Características del sitio de estudio.....	67
3.1.1 Localización.....	67
3.1.2 Suelos.....	67
3.1.3 Clima general.....	68
3.1.4 Clima en la época de estudio (abril 1986-marzo 1987).....	69
3.1.5 Antecedentes del experimento.....	70
3.2 Manejo de las pasturas y árboles durante el presente trabajo.....	72
3.3 Diseño del experimento.....	74
3.3.1 Diseño experimental.....	74
3.3.2 Variables evaluadas.....	75
3.4 Lombrices de tierra.....	75
3.4.1 Abundancia y biomasa.....	75
3.4.2 Análisis del tejido de las lombrices de tierra.....	78
3.4.3 Producción de capullos.....	79
3.4.4 Producción anual.....	79
3.4.5 Producción de excrementos superficiales.....	80



3.4.6 Contribución de las lombrices de tierra a la recirculación de N y otros nutrientes.....	82
3.4.6.1 N recirculado por los excrementos.....	82
3.4.6.2 N recirculado por tejido muerto.....	83
3.4.6.3 N recirculado por el mucus.....	83
3.5 Suelo.....	84
3.5.1 Análisis físicos del suelo.....	85
3.5.2 Análisis químico del suelo y excrementos.....	87
3.6 Vegetación.....	88
3.6.1 Producción de biomasa herbácea.....	88
3.6.2 Producción de biomasa arbórea.....	89
3.6.2.1 <i>E. poeppigiana</i> .....	89
3.6.2.2 <i>C. alliadora</i> .....	90
3.6.3 Análisis químico del tejido vegetal.....	90
3.7 Análisis de datos.....	91
<b>IV RESULTADOS.....</b>	<b>93</b>
4.1 Los factores ambientales.....	93
4.1.1 El microclima del suelo.....	93
4.1.1.1 Humedad.....	93
4.1.1.2 Temperatura.....	94
4.1.2 Características físicas del suelo.....	96
4.1.3 Características químicas del suelo.....	98
4.1.4 Las fuentes de alimento.....	101
4.1.4.1 Producción de biomasa herbácea.....	101
4.1.4.2 Producción de biomasa arbórea.....	103
4.1.4.3 Biomasa total aportada por la vegetación.....	104
4.1.4.4 Composición química del material vegetal que llega al suelo.....	106
4.1.4.5 Cantidad de nutrimentos que llega al suelo proveniente de la vegetación..	108
4.2 Las poblaciones de las lombrices de tierra.....	114
4.2.1 Abundancia y biomasa.....	114
4.2.2 Variación estacional.....	116
4.2.3 Correlaciones entre número y biomasa de las lombrices con las variables ambientales.....	123
4.2.3.1 Variables microclimáticas.....	123
4.2.3.2 Variables edáficas.....	124
4.2.3.3 Vegetación.....	125
4.2.4 Producción de capullos.....	127
4.2.5 Producción de excrementos.....	131
4.2.6 Composición química de los excrementos y comparación con el suelo.....	136
4.2.7 Composición de las poblaciones.....	138

4.2.8 Estructura de edad de las poblaciones de <u>Pontoscolex corethrurus</u> .....	143
4.2.9 Demografía y producción anual de <u>P. corethrurus</u> .....	150
4.2.10 Contribución de las lombrices de tierra a la recirculación de nutrimentos.....	153
4.2.10.1 Nitrógeno.....	153
4.2.10.2 Fósforo, potasio, calcio y magnesio.....	159
4.2.11 Lombrices extraídas con formalina.....	161
<b>V DISCUSION</b> .....	164
5.1 Factores ambientales.....	164
5.1.1 Microclima.....	164
5.1.2 Suelo.....	165
5.1.3 Producción vegetal.....	166
5.2 Composición de las poblaciones.....	167
5.3 Abundancia y biomasa.....	169
5.3.1 Densidad numérica y peso.....	169
5.3.2 Lombrices extraídas con formalina.....	177
5.4 Producción de capullos.....	178
5.5 Excrementos superficiales.....	181
5.5.1 Cantidad producida.....	181
5.5.2 Fertilidad de los excrementos comparada con el suelo.....	182
5.6 Ciclo de vida de <u>Pontoscolex corethrurus</u> .....	183
5.7 Estructura de edad de <u>P. corethrurus</u> .....	185
5.8 Demografía y producción anual de <u>P. corethrurus</u> .....	186
5.9 Contribución de las lombrices de tierra a la recirculación de nutrimentos.....	187
5.9.1 Nitrógeno.....	187
5.9.2 P, K, Ca y Mg.....	191
<b>IV CONCLUSIONES</b> .....	193
<b>VII RECOMENDACIONES</b> .....	197
<b>VIII BIBLIOGRAFIA</b> .....	199
<b>IX ANEXO</b> .....	222

FRAILE, J. 1989. Poblaciones de lombrices de tierra (Oligochaeta: Annelidae) en una pastura de Cynodon plectostachyus (pasto estrella) asociada con árboles de Erythrina poeppigiana (poró), una pastura asociada con árboles de Cordia alliodora (laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa UCR/CATIE. 236 p.

Palabras claves: lombrices de tierra, Pontoscolex corethrurus, capullos, excrementos, recirculación de nutrimentos, sistemas agroforestales, pasturas, Erythrina poeppigiana, Cordia alliodora, Typic Humitropept, Costa Rica.

## RESUMEN

Se estudiaron las poblaciones de lombrices de tierra en pasturas con y sin árboles y vegetación a libre crecimiento, entre abril de 1986 y marzo de 1987, en el Campo Experimental La Montaña del CATIE.

Los objetivos fueron: a) Determinar las poblaciones de lombrices de tierra y su actividad en el lugar de estudio y compararlas en los tratamientos estudiados; b) Estimar la participación de las lombrices de tierra en la recirculación de nutrimentos en el lugar de estudio.

Los tratamientos fueron: 1- Pasto sin árboles. 2- Vegetación natural a libre crecimiento (=VLC). 3- Pasto con árboles de poró. 4- Pasto con árboles de laurel.

El experimento corresponde a un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, con arreglo en parcelas divididas donde las subparcelas son los períodos de muestreo.

El pasto fue cortado periódicamente y los árboles de poró recibieron dos podas anuales. Toda la biomasa vegetal caída se dejó descomponer en la parcela.

Las lombrices de tierra fueron muestradas cada dos meses por el método formalina + manual y se estimó su densidad numérica, biomasa, producción de tejido, de capullos y de excrementos superficiales. Se evaluaron además algunos aspectos físicos y químicos del suelo, la producción de biomasa vegetal y el contenido en nutrimentos de la misma.

El suelo de la pastura sin árboles mostró una mayor oscilación diaria de temperatura y una menor humedad que en los restantes tratamientos. No hubo diferencias significativas en la producción de biomasa herbácea, en las pasturas con y sin árboles, pero sí en la total (herbácea + arbórea), donde la pastura con poró aportó 22 t de materia seca/ha/año, de 3 a 4 veces más que los otros dos tratamientos. También, hay una mayor recirculación de nutrimentos en la pastura con poró.

La abundancia de las lombrices de tierra mostró una cierta pauta estacional, lo mismo que la producción de capullos y de excrementos. En el período más seco (febrero-marzo) disminuyeron los números y biomasa de las lombrices y cesó la producción de excrementos. El número de lombrices y su biomasa fue semejante en todos los tratamientos en los meses húmedos, pero en el período seco o al inicio de las lluvias (abril-mayo) la pastura con poró y VLC presentaron mayor número y peso que los restantes.

Las densidades promedio anuales de las lombrices de tierra en el lugar de estudio oscilaron entre 132 ind./m<sup>2</sup> en la pastura sin árboles y 227 ind./m<sup>2</sup> en la VLC, siendo estas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Los pesos frescos promedio anuales variaron entre 45,5 g/m<sup>2</sup> y 68,1 g/m<sup>2</sup> en la pastura sin árboles y pastura con poró, respectivamente, no siendo significativas las diferencias entre tratamientos.

La producción de capullos mostró dos máximos, uno en agosto-setiembre y otro en febrero-marzo y fue significativamente mayor en la VLC (19/m<sup>2</sup>) y en la pastura con poró (12/m<sup>2</sup>) que en las restantes pasturas (8/m<sup>2</sup>).

Los excrementos de las lombrices fueron más fértiles que el suelo subyacente y se produjeron en mayor cantidad en las pasturas con árboles (4 g/m<sup>2</sup>/día) que en la pastura sola (1 g/m<sup>2</sup>/día).

Parece existir una mayor actividad de las lombrices de tierra en las pasturas con árboles, indicado por el mayor porcentaje extraído a formalina en la pastura con poró (31%) y pastura con laurel (28%), que en la pastura sola (18% del total).

La especie dominante en todos los tratamientos fue Pontoscolex corethrurus, que constituyó el 75-93% del número y el 91-99% del peso de todas las lombrices de tierra presentes. Los individuos juveniles de esta especie fueron más abundantes que los adultos (clitelados), de manera que la relación no clitelados:clitelados varió entre 1,5-458 (número) y 0,6-309 (peso).

La producción anual de tejido de P. corethrurus fue igual en la pastura con poró y VLC (147 g), mayor que en la pastura con laurel (128 g) y la pastura sola (110 g Peso vivo/m<sup>2</sup>/año). La tasa de producción fue prácticamente igual en todos los tratamientos y estuvo comprendida entre 2,4-2,5.

Del N recirculado por las lombrices, más de la mitad lo fue por vía de los excrementos, una pequeña parte por el tejido muerto y lo restante por el mucus cutáneo. En la pastura con poró y VLC se estimó el N recirculado en más de 900 Kg/ha/año, en la pastura con laurel, 700 Kg y la menor cantidad recirculada se encontró en la pastura sin árboles, 500 Kg.

También hay una mayor cantidad de P, K, Ca y Mg recirculado por las lombrices en la pastura con poró (6, 98, 198 y 78 kg/ha/año respectivamente), que en la pastura con laurel (6, 48, 118 y 48 Kg) y que en la pastura sin árboles (4, 65, 77 y 37 Kg).

Fraile, J. 1989. Earthworm populations in a pasture (Cynodon plectostachyus) with Erythrina poeppigiana trees, a pasture with Cordia alliodora trees, a plain pasture, and free vegetation growth plots, at CATIE, Turrialba, Costa Rica. M.Sc. Thesis. Turrialba, Costa Rica. URC/CATIE Program. 236 pp.

Key word: earthworms, Pontoscolex corethrurus, cocoons, wormcasts, nutrient recycling, agroforestry systems, pasture Erythrina poeppigiana, Cordia alliodora, Typic Humitropept, Costa Rica.

## SUMMARY

Earthworm populations in pasture with and without trees and in free vegetation growth plots were studied between the months of april 1986 and march 1987, at CATIE's Experimental Station of La Montaña.

Objectives of the study: a) to determine earthworm populations and their activity at the experimental site, and to compare these populations across the different treatments; b) to assess earthworm' role in the recycling of nutrients.

Treatments: 1. pasture without trees; 2. free growth natural vegetation (FGV); 3. pasture with poró trees; 4. pasture with laurel trees.

The desgin used was randomized blocks with four repetitions per treatment, arranged in split plots (subplots being the sampling periods). Pastures were periodically cut and pruning of poró trees was done twice annually. The entire biomass product of pasture cutting and pruning was left on the ground to decompose. Earthworms were sampled every two months using the formaldehyde + manual method. The numerical density, biomass, production of tissue, cocoons and surface wormcasts were measured. Some physical and chemical aspects of the soil, the production of vegetal biomass and its nutrient content were also evaluated.

The soil in the pasture without plot showed greater daily temperature variation and less humidity than the other treatments. There were no significant differences in the production of herbal biomass in the pasture plots with and without trees, but there was a significant difference in total biomasss production (trees and herbal),

with the pasture and poró plot producing 22 t of dry matter per hectarea per year, about 3 to 4 times the amount produced in the other two treatments. The pasture and poró plot also showed more nutrient recycling.

Earthworm density had a seasonal variation, which also occurred in the production of cocoons and wormcasts. During the driest period (february and march) the number of earthworms and biomass density decreased and wormcasts production ceased. The number of earthworms and their biomass was similar for all treatments during the wet months. However, during the dry station and the beginning of the rainy period (april-may) the pasture with poró and the FGV treatments showed an increase in numbers and total weight.

The average annual density of earthworms at the experimental site was between 132/m<sup>2</sup> in the pasture only treatment and 277/m<sup>2</sup> in the FGV plot. This difference was significant ( $p < 0,05$ ). Average annual fresh weight varied from 45.5 g/m<sup>2</sup> to 68.1 g/m<sup>2</sup> in the pasture only and the pasture with poró treatment respectively. This difference was not significant.

The cocoon production had two peaks, one between august and september and the other between february and march. This was significantly greater in the FGV (19/m<sup>2</sup>) and the pasture with poró (12/m<sup>2</sup>) treatments than in the other treatments (8/m<sup>2</sup>).

Wormcasts were more fertile than the soil and they were produced in larger quantities in the pasture with trees (4 g/m<sup>2</sup>/day) than in the pasture only condition (1 g/m<sup>2</sup>/day). There seems to be greater earthworm activity in pastures with trees, as indicated by the greater percentage of the total earthworm quantity extracted via formaldehyde in the pasture with poró (31%) and the pasture with laurel (28%) than in the pasture only condition (18%).

The dominant species in all treatments was Pontoscolex corethrurus with 75-93% of the total number and 91-99% of the weight of all earthworms colleted. There was greater abundance of non-clitellated than clitellated earthworms of the species;

the relation non-clitellated/clitellated varied between 1,5-458 (number) and 0,6-309 (weight).

P. corethrurus annual tissue production was the same for the FGV and pasture with poró conditions (147 g), which were greater than in the pasture with laurel (128 g) and the pasture only treatments (110 g/fresh weight/m<sup>2</sup>/year). Production rate was similar for all treatments and ranged from 2,4-2,5.

From the total earthworm recycled N, more than half was done through wormcasts, a small fraction through dead tissue and the rest through the mucus. In the pasture with poró and in the FGV the recycled N was estimated in over 900 Kg/Ha/year, in the pasture with laurel 700 Kg, and the smallest recycled quantity (500 Kg) occurred in the pasture alone condition. In the pasture with poró there was a greater earthworm recycled quantity of P, K, Ca, and Mg (6, 98, 198, and 78 kg/Ha/year respectively) than in the pasture with laurel (6, 48, 118, and 48 Kg) and in the pasture only condition (4, 65, 77 and 37 Kg).



## LISTA DE CUADROS

En el texto

Cuadro No		Página
1	Cantidad de excrementos superficiales producidos anualmente por las lombrices de tierra en distintos lugares del mundo.....	20
2	Porcentaje de humedad del suelo en los tratamientos estudiados, en el CATIE, Turrialba (abril, 1986-marzo, 1987).....	94
3	Temperatura del aire y del suelo a tres profundidades (2,5 y 10 cm), tomado en un periodo de 24 horas, en el CATIE Turrialba.....	95
4	Características físicas del suelo en los tratamientos estudiados.....	97
5	Características químicas del suelo en los tratamientos estudiados.....	99
6	Producción anual de biomasa herbácea en una pastura sin árboles, pastura asociada con <u>E. poeppigiana</u> y pastura asociada con <u>C. alliodora</u> .....	102
7	Producción anual de biomasa en árboles de <u>E. poeppigiana</u> y <u>C. alliodora</u> asociadas a pasturas.....	104
8	Biomasa vegetal total producida en las pasturas con y sin árboles.....	105
9	Contenido de N, P, K, Ca y Mg en los distintos componentes de la vegetación que llega al suelo en las pasturas con y sin árboles.....	107
10	Cantidad de nutrimentos que llegaron al suelo procedentes de distintos componentes vegetales en las pasturas con y sin árboles.....	108
11	Cantidad de nutrimentos aportados por una pastura sin árboles, una pastura asociada con <u>E. poeppigiana</u> y una pastura asociada con <u>C. alliodora</u> .....	110

12	Densidad numérica, biomasa, número de capullos y excrementos producidos.....	115
13	PRM Duncan ( $p < 0,05$ ) para los valores medios del número, peso, número de capullos y peso seco de excrementos de lombrices de tierra, recogidos por períodos de muestreo.....	122
14	Composición química y textural de los excrementos superficiales de las lombrices de tierra recogidos en las pasturas con y sin árboles.....	137
15	Composición numérica de las lombrices de tierra en los tratamientos estudiados.....	140
16	Composición ponderal de las lombrices de tierra en los tratamientos estudiados.....	142
17	Relación numérica y ponderal de los ejemplares no clitelados y clitelados de <u>P. corethrurus</u> .....	144
18	Producción anual de <u>P. corethrurus</u> en los tratamientos estudiados.....	153
19	Estimación cuantitativa del N recirculado a través de la descomposición del tejido muerto, producción de excrementos y secreción de mucus por las lombrices de tierra.....	156
20	Estimación cuantitativa del P, K, Ca y Mg recirculado a través de la descomposición del tejido muerto y producción de excrementos, por las lombrices de tierra.....	160
21	Porcentaje de lombrices de tierra extraídas con el método de formalina con respecto del total.....	162

En el anexo

1A	Abundancia y biomasa de lombrices de tierra en diversos hábitats y lugares del mundo.....	222
2A	Resumen acumulado de datos agroclimáticos de la estación CATIE, año 1988.....	225
3A	Resumen de datos meteorológicos de la estación La Montaña, año 1986.....	226
4A	Resumen de datos meteorológicos de la estación La Montaña, año 1987.....	227
5A	Temperaturas mínimas y máximas del suelo y mes en que se presentaron, tomadas en suelo desnudo del CATIE.....	228
6A	Modelo estadístico utilizado en el análisis de varianza.....	229
7A	Resultados del análisis de varianza para la producción de biomasa vegetal y los nutrimentos contenidos en la misma en las pasturas con y sin árboles.....	230
8A	Resultados de los contrastes para la producción de biomasa vegetal y los nutrimentos contenidos en la misma en las pasturas con y sin árboles.....	231
9A	Resultados del análisis de varianza para el número, peso, capullos y excrementos de las lombrices de tierra.....	232
10A	Constrastes para número, peso, capullos y excrementos de lombrices de tierra por período de muestreo y anual.....	233
11A	Resultados del análisis de tejido de las lombrices de tierra.....	234

## LISTA DE FIGURAS

En el texto

Figura No	página
1	Variación estacional del número y peso de las lombrices de tierra en los tratamientos estudiados, durante el período abril 1986-marzo 1987..... 117
2	Variación estacional del número de capullos de lombrices de tierra..... 128
3	Variación estacional del peso de excrementos superficiales de lombrices de tierra recogidos en las pasturas con y sin árboles..... 132
4	Variación estacional del número de <u>P. corethrurus</u> clitelados y no clitelados y de los restantes especies..... 145
5	Variación estacional del peso de <u>P. corethrurus</u> clitelados y no clitelados y de las restantes especies..... 146
6	Variación estacional del número de lombrices de tierra pertenecientes a varios grupos taxonómicos..... 147
7	Variación estacional del peso de lombrices de tierra pertenecientes a varios grupos taxonómicos..... 148
8	Distribución de los tamaños de clase de una población de <u>P. corethrurus</u> en una pastura sin árboles en el CATIE, Turrialba, en diferentes épocas..... 151

En el anexo

1A	Balance hídrico mensual de la estación La Montaña, CATIE, Turrialba, durante el período abril 1986-marzo 1987..... 235
2A	Plano general (sin escala) del experimento Central de plantas perennes, 1977. La Montaña, CATIE, Turrialba..... 236