



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES  
DE LOMBRICES DE TIERRA  
(ANNELIDA, OLIGOCHAETA)  
DEL BOSQUE MESÓFILO Y OTROS  
AMBIENTES MANEJADOS EN DOS SITIOS  
DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**B I Ó L O G O**  
P R E S E N T A:  
**IVÁN CHIRINO VALLE**



DIRECTOR DE TESIS: DR. CARLOS ENRIQUE  
FRAGOSO GONZÁLEZ

2005



m. 343546

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:  
"Caracterización de las comunidades de lombrices de tierra (Annelida,  
Oligochaeta) del bosque mesófilo y otros ambientes manejados en dos  
sitios del estado de Veracruz, México."

realizado por Iván Chirino Valle

con número de cuenta 09717894-3 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

**Atentamente**

Director de Tesis

Propietario

Dr. Carlos Enrique Fragoso González

Propietario

Dr. Francisco Javier Alvarez Sánchez

Propietario

Dr. Francisco Javier Villalobos Hernández

Suplente

Dra. Silke Cram Heydrich

Suplente

M. en C. María Guadalupe Barajas Guzmán

**Consejo Departamental de Biología FACULTAD DE CIENCIAS**

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE ECOLOGÍA

Este trabajo fue realizado en el **Instituto de Ecología, A.C.** (INECOL), en el departamento de Biología de Suelos bajo la dirección del Dr. Carlos Enrique Fragoso González y apoyado por una beca-tesis de licenciatura de esta institución.

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a la **Universidad Nacional Autónoma de México** mi formación académica.

Al **Laboratorio de Análisis Físicos y Químicos del Ambiente**, por permitirme el uso de sus instalaciones y brindarme soporte técnico en el análisis de mis muestras de suelo.

A mi asesor el **Dr. Carlos Enrique Fragoso González**, por contribuir en mi formación académica y profesional, así como por enriquecer mi conocimiento sobre la ecología y taxonomía de las lombrices de tierra.

Al comité revisor de este trabajo integrado por el **Dr. Francisco Javier Álvarez Sánchez**, la **Dra. Silke Cram Heydrich**, el **Dr. Francisco Javier Villalobos Hernández** y la **M.C. Guadalupe Barajas Guzmán**, por mejorar este trabajo a través de sus certeras sugerencias y comentarios.

Al **Ing. Ricardo Romero y su amable familia**, por permitir la realización de este trabajo en el rancho Las Cañadas así como por brindarme su hospitalidad durante mi estancia en el lugar.

Al **Comité del Santuario Bosque de Niebla de Veracruz** por el permiso concedido para la realización de este trabajo en el Santuario Bosque de Niebla y el jardín botánico Francisco Javier Clavijero.

A mis **amigos, familiares y todas aquellas personas** que contribuyeron de manera directa e indirecta en la realización del presente trabajo.

**MUCHAS GRACIAS**

Con todo amor para mis papás, mi hermano, mi  
abuelita, mi tío Danton y a Fujur, **POR TODO.**

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
1.1. Generalidades del bosque mesófilo.....	2
1.1.1. Características principales.....	2
1.1.2. Cobertura y distribución del bosque mesófilo de montaña.....	2
1.1.3. Características climáticas y edáficas.....	3
1.1.4. Importancia y conservación.....	4
1.2. Lombrices de tierra.....	5
1.2.1. Generalidades.....	5
1.2.2. Categorías ecológicas.....	7
1.2.3. Estructura de las comunidades.....	9
1.2.3.1. Densidad y biomasa.....	9
1.2.3.2. Diversidad.....	11
1.2.3.3. Distribución espacio-temporal.....	13
1.2.4. Factores estructurales de las comunidades.....	14
1.2.5. Relación entre las lombrices y las propiedades fisicoquímicas del suelo.....	19
1.2.6. Patrones de distribución en México.....	20
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	22
2.1. Objetivo general.....	22
2.2. Objetivos particulares.....	22
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	23
<b>4. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	24
4.1. Las Cañadas.....	24
4.1.1. Localización.....	24
4.1.2. Fisiografía.....	25
4.1.3. Geología.....	25
4.1.4. Hidrología.....	26
4.1.5. Clima.....	26
4.1.6. Suelo.....	27
4.1.7. Vegetación.....	27

4.2.	Santuario Bosque de Niebla.....	28
4.2.1.	Localización.....	28
4.2.2.	Fisiografía.....	29
4.2.3.	Geología.....	29
4.2.4.	Hidrología.....	29
4.2.5.	Clima.....	29
4.2.6.	Suelo.....	30
4.2.7.	Vegetación.....	30
5.	<b>MÉTODOS</b> .....	31
5.1.	Selección y característica de los sitios.....	31
5.2.	Muestreo de lombrices.....	35
5.2.1.	Método cualitativo.....	35
5.2.2.	Método cuantitativo.....	35
5.2.3.	Identificación, conteo y peso de lombrices.....	36
5.3.	Muestreo de suelos.....	36
5.4.	Análisis de laboratorio.....	36
5.4.1.	Parámetros ambientales.....	36
5.4.1.1.	Hojarasca.....	36
5.4.1.2.	Humedad y temperatura.....	37
5.4.2.	Análisis edafológicos.....	37
5.4.2.1.	Físicos.....	37
5.4.2.2.	Químicos.....	38
5.5.	Análisis de datos.....	38
5.5.1.	Curva de acumulación de especies.....	38
5.5.2.	Análisis de varianza.....	39
5.5.3.	Análisis multivariados.....	39
5.5.4.	Índices de diversidad y de comparación de comunidades.....	40
5.5.5.	Análisis de correlación.....	42
6.	<b>RESULTADOS</b> .....	43
6.1.	Las especies y su distribución.....	43
6.2.	La comunidad de lombrices.....	45
6.2.1.	Densidad y biomasa totales y por especie.....	45
6.2.2.	Diversidad.....	50
6.2.3.	Distribución vertical y total por especie.....	51

6.2.4. Estructura funcional.....	54
6.2.5. Similitud de especies entre los sitios.....	56
6.3. Parámetros ambientales y edáficos.....	57
6.4. Relación de las lombrices con los parámetros ambientales y edáficos.....	60
7. <b>DISCUSIÓN</b> .....	63
7.1. Método de muestreo.....	63
7.1.1. Método cuantitativo.....	63
7.1.2. Método cualitativo.....	65
7.2. Patrones de las comunidades.....	65
7.2.1. Patrones por especie.....	65
7.2.2. Densidad y biomasa.....	67
7.2.3. Diversidad.....	70
7.2.4. Distribución vertical y estructura funcional.....	71
7.2.5. El impacto de la perturbación: nativas y exóticas.....	72
7.2.6. Relación con las variables edáficas y ambientales.....	74
7.2.7. Comprobación de las hipótesis planteadas.....	76
8. <b>CONCLUSIONES</b> .....	78
9. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	80
<b>APÉNDICES</b> .....	88



**CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE LOMBRICES DE TIERRA  
(ANNELIDA. OLIGOCHAETA) DEL BOSQUE MESÓFILO Y OTROS  
AMBIENTES MANEJADOS EN DOS SITIOS DEL ESTADO DE VERACRUZ,  
MÉXICO.**

**RESUMEN**

Las comunidades de lombrices de tierra y su relación con ciertas propiedades físicas y químicas del suelo fueron estudiadas en dos sitios del estado de Veracruz (Rancho las Cañadas "C" y Santuario Bosque de Niebla "S") con distinto grado de perturbación, que a su vez estaban compuestos por tres sistemas con diferente uso de suelo: un bosque mesófilo (M), un acahual (A) y un pastizal (P). El muestreo se realizó a finales de la temporada de lluvias (octubre y noviembre) del año 2003. En cada sistema las lombrices se muestrearon en ocho monolitos de 25 x 25 x 40 cm de profundidad, estratificados a cada 10 centímetros de profundidad (método TSBF). Los monolitos se realizaron a intervalos de 5 m a lo largo de un transecto de 40 m; también se realizaron muestreos prospectivos cualitativos en cada lugar.

Se encontraron un total de 13 especies, 4 nativas (*Balanteodrilus pearsei*, *Phoenicodrilus taste*, *Ramielona* sp. 15, *Zapotecia* sp.) y 9 exóticas (*Amyntas corticis*, *Amyntas gracilis*, *Aporrectodea affinis rosea*, *Aporrectodea rosea*, *Eukerria saltensis*, *Octolasion tyrtaeum*, *Onychochaeta windlei*, *Periscolex brachycystis*, *Pontoscolex corethrurus*). Los resultados indicaron una dominancia de las especies exóticas en los sistemas más perturbados, principalmente de la endogea *Pontoscolex corethrurus*, y una comunidad nativa más diversa en el bosque mesófilo de las Cañadas. En este último sitio (C) se encontraron más especies y mayores valores de abundancia que en el santuario (S). Las lombrices se encontraron principalmente en los primeros 20 cm de profundidad, presentando un mayor número de especies endógeas polihúmicas, aunque las endógeas mesohúmicas dominaron en valores de abundancia y biomasa. Los diversos patrones observados entre las Cañadas y el santuario se deben al grado de perturbación de cada sitio. Se concluye que la desaparición de las especies nativas se debe a la perturbación provocada en los bosques mesófilos de la región.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Generalidades del bosque mesófilo**

#### **1.1.1. Características principales**

El nombre de bosque mesófilo de montaña (BMM) o bosque de niebla se le da a un conjunto de ecotipos que se caracterizan por presentar una alta precipitación pluvial y humedad atmosférica durante la mayor parte del año así como por ubicarse en zonas templadas. Estos ecosistemas generalmente se desarrollan en sitios con pendiente inclinada como laderas de montaña y cañadas orientadas al barlovento en donde se condensan y precipitan las nubes cargadas de humedad provenientes de la costa; debido a esto último la presencia de neblina es bastante común (Rzedowski, 1996).

Challenger (1998) menciona que en el BMM es donde se presenta la mayor biodiversidad vegetal por unidad de área a escala nacional. Debido a las características geográficas y orográficas del país, esta rica composición florística y faunística, está integrada por elementos de carácter neártico y neotropical. Después de los sistemas desérticos, el BMM es también el ecosistema donde se encuentra el mayor número de endemismos de flora y fauna a escala nacional.

#### **1.1.2. Cobertura y distribución del bosque mesófilo de montaña en México**

En México, el BMM es el ecosistema montañoso más húmedo; pero al igual que en el resto del continente ha sido destruido y fragmentado (Webster, 1995). Originalmente ocupaba el 1% del territorio mexicano, y hace dos décadas ya estaba reducido a un décimo de su extensión original. El paisaje actual es un mosaico de fragmentos de BMM, cultivos y potreros con árboles aislados (Williams-Linera, 1993)

Generalmente ubicado en las vertientes serranas que dan hacia la costa, el BMM se extiende al este de la Sierra Madre Oriental con la forma de una faja angosta y discontinua que parte del sur del estado de Tamaulipas pasando por los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Veracruz y el norte del estado de Oaxaca, donde se ensancha para terminar en la parte seca del Istmo de Tehuantepec (Rzedowski, 1978). En la vertiente del pacífico se han registrado manchones de BMM en los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, así como en la cuenca del Balsas de Guerrero y en Oaxaca (Rzedowski, 1978); el estado de Chiapas presenta este tipo de vegetación en los dos declives de la Sierra Madre así como en la vertiente norte del Macizo Central (Rzedowski, 1978).

### **1.1.3. Características climáticas y edáficas**

En los BMM se presenta una gran variedad de subtipos climáticos de acuerdo a los valores extremos de temperatura y precipitación pluvial.

El BMM prospera en sitios con temperaturas más cálidas que las que se presentan en el bosque de *Abies*, más frescas que las de la selva alta perennifolia y con mayor humedad que en los bosques de pino. Por tanto y de acuerdo a la clasificación de Koeppen (García, 1978), este ecosistema se desarrolla en climas del tipo Cf, aunque también se puede encontrar en climas Af, Am, Aw, y Cw (Rzedowski, 1978). En el BMM, la precipitación media anual nunca es menor de 1000 mm, el promedio es de alrededor de 2000 mm y solo en algunas ocasiones alcanza los 6000 mm (Rzedowski 1978; Rzedowski y Palacios-Chávez 1977, citado en Challenger, 1998). La temperatura media anual oscila entre los 12 y 23° C (Rzedowski, 1978), aunque se han registrado temperaturas de 0° C y heladas que han tenido serias repercusiones sobre la flora local (Challenger, 1998).

Los suelos en los que se desarrolla el BMM son ácidos (pH de 4 a 6), están conformados por arenas y arcillas y son muy ricos en materia orgánica (Challenger, 1998). Aunque no hay una preferencia específica del BMM por algún tipo de suelo, en México y debido a las características geológicas del país, generalmente se desarrolla en sustratos de origen ígneo debido a las características geológicas del país, aunque también lo podemos encontrar en sustratos de origen marino. La profundidad de los suelos varía de acuerdo a la inclinación pues generalmente son someros en las pendientes y profundos en las barrancas (Challenger, 1998).

#### **1.1.4. Importancia y conservación**

El BMM se ha visto afectado por la deforestación causada por la expansión de las zonas urbanas, la minería, la ganadería extensiva a pequeña escala, la agricultura de roza tumba y quema y, principalmente, por el cultivo de café. Dichas actividades han afectado de manera directa la dinámica hidráulica de toda una región y reducido la diversidad biológica de este sistema (Rzedowski, 1978).

La erosión del suelo es otro resultado colateral grave inducido por la deforestación. Si bien el BMM es capaz de automantenerse creando microclimas de los cuales a su vez se sostiene, al ser deforestado puede perder la capacidad de autoregenerarse. Una vez que el suelo pierde su cobertura vegetal queda expuesto a la erosión por viento y a la pérdida de minerales debido al arrastre por agua.

La importancia del BMM como captador de agua, se debe a que buena parte de la humedad atmosférica se condensa en forma de gotas en las superficies foliares, para luego precipitarse dando lugar al fenómeno conocido como precipitación horizontal, o bien escurre por la superficie del tronco hasta el suelo (escurrimiento caudal). Según Barradas (en Challenger, 1998) gracias al escurrimiento caudal se pueden incorporar al suelo hasta 57.9 litros de agua por

hora por m<sup>2</sup>. En algunos estudios se ha demostrado que la cantidad de agua captada a partir de la neblina en la época mas seca puede ser equivalente al 51 o 100% de la precipitación pluvial total durante la misma época (Vogelmann, 1973 en Challenger, 1998).

Rzedowski (1996) señala que entre el 10 y el 12% de toda la flora nacional se concentra en el BMM. Al ocupar menos del 1% de territorio nacional, este ecosistema resulta ser el más diverso a nivel nacional con relación al espacio que ocupa (Challenger, 1998). A nivel faunístico, el BMM también alberga una gran diversidad de especies animales, siendo la avifauna la más diversa y la de mayor número de endemismos, seguida por reptiles, anfibios y mamíferos. Se calcula que esta fauna representa entre el 30 y 40% del total de especies de vertebrados mesoamericanos endémicos.

## **1.2. Lombrices de tierra**

### **1.2.1. Generalidades**

Las lombrices terrestres son invertebrados que pertenecen al phylum Annelida, subphyla Euclitellata, clase Oligochaeta y orden Opisthopora (Jamieson, 1988).

Los Anélidos incluyen a 12, 000 especies de gusanos celomados que se clasifican dentro de tres grupos: Polyquetos (gusanos marinos), Oligoquetos (lombrices acuáticas y terrestres) e Hirudineos (sanguijuelas) (Barnes, 1977). Una de las principales características del phylum es el metamerismo, es decir, la división del cuerpo en segmentos lineales que van del eje anterior al posterior.

La clase Oligochaeta se caracteriza por presentar un menor número de quetas en comparación con los poliquetos y por tener clitelo (estructura reproductora externa que rodea los segmentos anteriores).

De acuerdo con Edwards y Lofty (1977), el ciclo de vida de las lombrices, que varía entre 3 meses y 8 años dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales, comprende básicamente tres etapas de desarrollo: 1) Capullos: los óvulos de las lombrices se encuentran dentro de capullos que se forman a partir del clitelo y en donde ocurre la fertilización; aunque pueden ser producidos en cualquier temporada del año, se ha observado que las lombrices prefieren hacerlo cuando la humedad y la temperatura del suelo les resultan favorables y mientras el suplemento alimenticio y otros factores ambientales presentan una mayor disponibilidad. El lugar donde se depositan se ve directamente afectado por la cantidad de humedad presente en la tierra, ya que a mayor humedad son depositados más cerca de la superficie o sobre esta; 2) Jóvenes: el tiempo que transcurre entre la eclosión del capullo y la aparición del clitelo varía de acuerdo con la especie, pero por lo general se desarrollan entre 2-8 meses o más; durante este tiempo alcanzan longitudes que pueden variar de algunos cuantos milímetros a más de un metro y medio dependiendo de la especie. La temperatura, la humedad y la riqueza del alimento son factores que determinan de manera directa la velocidad en la que se desarrollan los individuos juveniles; 3) Adultos: un individuo adulto es aquel que ha desarrollado plenamente el clitelo.

Se estima que se han descrito cerca de 4000 especies de lombrices terrestres, agrupadas en 15 familias y 693 géneros, a las que anualmente se añade un promedio de 8 a 68 nuevas especies, estimándose un total real de 7000 especies a nivel mundial (Reynolds, 1994; Fragoso, 2001; Lavelle y Spain, 2001). Habitan en suelos húmedos y se les puede encontrar en casi todos los ambientes con excepción de los desiertos, lugares permanentemente cubiertos por hielo y nieve así como en sitios donde la vegetación es nula (Edwards y Bohlen, 1996).

Las 15 familias de lombrices terrestres (incluyendo cuatro de hábitos semiacuáticos) presentan una distribución geográfica específica. Las familias Megascolecidae y Moniligastridae son originarias de la región Oriental; las familias

Lumbricidae, Almididae, Diporochaetidae y Hormogastridae pertenecen a la región Paleártica; las familias Glossoscolecidae y Ocnerodrilidae a la región Neotropical; las familias Sparganophilidae, Lutodrilidae y Komarekionidae son de la región Neártica; las familias Microchaetidae y Eudrilidae de la región de Etiopía, la familia Acanthodrilidae se ubica en las regiones Australiana, Neártica y Neotropical y la familia Octachaetidae se encuentra en las regiones Oriental, Etiopica y Neotropical (Reynolds, 1994; Edwards y Bohlen, 1996).

### **1.2.2. Categorías ecológicas**

Bouché (1971) clasificó a las lombrices de tierra en tres grandes grupos (epigeas, endogeas y anécicas) basándose en características morfológicas y etológicas, en la distribución espacial y por la respuesta a la humedad del suelo. Estas estrategias reflejan tres tipos de evolución adaptativa que permitieron a las lombrices explotar diferentes recursos alimenticios y hábitats edáficos así como enfrentar las tres limitantes del medio: a) suelos relativamente pobres en recursos alimenticios, b) condiciones microclimáticas adversas y c) medios compactos que dificultan la motilidad (Edwards y Bohlen, 1996; Lavelle y Spain, 2001) .

Epigeas: Son lombrices pequeñas y homocromáticas (con pigmentos de color verde, azul, gris o rojizo) que habitan sobre la superficie del suelo y dentro de la capa de hojarasca. Se alimentan de acumulaciones de materia orgánica como hojarasca y están asociadas a troncos en descomposición y heces de ganado, por lo que desempeñan un papel importante como productoras de composta (aunque no tienen ningún impacto sobre la estructura del suelo). Se encuentran más expuestas a los depredadores, las inundaciones y las fluctuaciones microclimáticas debido al hábitat en que viven, por lo que presentan altos índices de fecundidad, crecimiento rápido y una mortalidad elevada (selección  $r$ ) (Bouché, 1977; Edwards y Bohlen, 1996; Fragoso, 2001; Lavelle y Spain, 2001).

Anécicas: Son lombrices grandes que por lo general presentan una pigmentación oscura en la parte anterodorsal y que se caracterizan por habitar en galerías subterráneas verticales, de donde salen a alimentarse de hojas muertas y materia vegetal en descomposición. Este material mezclado con tierra ingerida del interior de sus galerías, es depositado en forma de turrículos sobre la superficie del suelo. La actividad de estas lombrices afecta de manera directa la estructura del suelo, ya que sus galerías permiten la aireación del suelo y la homogenización de este. Son lombrices que tienen una vida larga, crecimiento lento y bajas tasas de mortalidad (selección *K*) (Bouché, 1977; Edwards y Bohlen, 1996; Fragoso, 2001; Lavelle y Spain, 2001).

Endógeas: Son lombrices de tamaño medio que no presentan pigmentación y que habitan exclusivamente dentro del suelo. Si bien este ambiente es mucho más homogéneo que la superficie, es pobre en nutrientes, motivo por el cual este grupo de lombrices consumen más tierra en comparación con la epigeas y anécicas. Tienen tasas de reproducción intermedias que varían entre *r* y *K* (Bouché, 1977; Edwards y Bohlen, 1996; Fragoso, 2001; Lavelle y Spain, 2001). Lavelle (1983a) a su vez distingue tres subcategorías.

- a) Polihúmicas. Son lombrices pequeñas y delgadas que ingieren de manera selectiva partículas de materia orgánica, por lo que generalmente se ubican en los horizontes O y A1 en donde se aglomeran cerca de las raíces o en la interface suelo – hojarasca. Sus galerías son efímeras. (Lavelle, 1983a; Lavelle y Spain, 2001). Selección “r”.
  
- b) Mesohúmicas. Son lombrices de tamaño medio que ingieren tanto partículas orgánicas como minerales de los primeros 15 cm del suelo; habitan en los horizontes A y B, y construyen galerías horizontales extensas (Lavelle, 1983a; Lavelle y Spain, 2001). Selección “r – k”.



- c) Oligohúmicas. Son lombrices grandes, de movimientos lentos y sin pigmentación que habitan entre los 30 y 40 cm de profundidad (horizontes B y C). Construyen galerías horizontales muy grandes y de poca duración (Lavelle, 1983a; Lavelle y Spain, 2001). Selección "k".

### **1.2.3. Estructura de las comunidades**

La caracterización de las comunidades de lombrices de tierra se hace con diferentes parámetros como la abundancia, biomasa, riqueza y diversidad, distribución espacio-temporal y la categoría ecológica (véase capítulo 2.2.1), los cuales a su vez se ven directamente influidos por factores geográficos, climáticos, edáficos, biológicos y antropogénicos (véase capítulo 2.2.1) (Lavelle, 1983a; Edwards y Bohlen, 1996; Lavelle y Spain, 2001).

#### **1.2.3.1. Densidad y biomasa**

Las poblaciones de lombrices de tierra pueden ser medidas con base en su densidad ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ), y biomasa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Esta última es una referencia indirecta del tamaño de la lombriz que a su vez proporciona una idea de su influencia sobre los procesos del suelo.

De acuerdo con Lavelle y Spain (2001), los patrones de abundancia de las lombrices de tierra varían a distintas escalas espaciales: 1) a una escala geográfica mundial, la densidad de las lombrices tiende a incrementarse siguiendo un gradiente termo-latitudinal, de menos de 2  $\text{ind}/\text{m}^2$  en áreas frías y templadas a más de 2000  $\text{ind}/\text{m}^2$  en los trópicos (Edwards y Bohlen, 1996). 2) A una escala regional, el número de individuos se ve influido por la vegetación y el tipo de suelo, principalmente en respuesta a la calidad de los nutrientes consumidos por las lombrices. Se ha observado que en los pastizales de climas templados y tropicales, la densidad es mayor comparada con los valores encontrados en bosques adyacentes, debido al aporte de materia orgánica del pastizal. 3) A una

escala local son las técnicas de cultivo, el uso del suelo y otras variables edáficas (humedad, pH, M.O., textura, N) los factores que determinan la densidad de las poblaciones de lombrices. Por lo general el tamaño de las poblaciones que viven en hábitats manejados por el hombre es mayor que en bosques de coníferas y menor que en bosques templados de hoja decidua y selvas tropicales, aunque los pastizales son capaces de mantener poblaciones muy grandes (Edwards y Bohlen, *op cit.*). En los agroecosistemas, el uso de nematicidas tiene efectos negativos sobre la abundancia de las lombrices, los herbicidas tienen un efecto inocuo mientras que la presencia de ganado tiene un efecto ambiguo, ya que la compactación del suelo puede afectar de manera negativa, mientras que la aportación de recursos alimenticios, en forma de abono, afecta positivamente (Edwards y Lofty, 1977; Lee, 1985).

Las lombrices de tierra son el grupo de macroinvertebrados que presenta la mayor biomasa por unidad de área en la mayoría de los ecosistemas (exceptuando el desierto y la tundra). Por lo general se encuentra un promedio de 30 a 100 g/m<sup>2</sup>, aunque se han llegado a registrar valores de 200 a 400 g/m<sup>2</sup> en pastizales de climas templados y tropicales (Barois *et al.*, 1999). Al igual que la densidad, la biomasa se ve afectada por los mismos factores mencionados anteriormente, y aunque se comporta de manera similar, hay algunas variaciones. Por ejemplo a una escala geográfica mundial la biomasa es mayor en climas templados si se compara con la encontrada en climas fríos o tropicales.

Atkin y Proctor (1988) realizaron un estudio donde describieron la variación en la densidad y biomasa de la fauna de invertebrados de la hojarasca y suelo a lo largo de un gradiente altitudinal en el Volcán Barva, Costa Rica. El estudio partió de los 100 a los 2600 msnm y se observó que a una altitud media (1500 msnm) la densidad y biomasa de oligoquetos disminuyó notablemente, mientras que a los 500 msnm y a los 2600 msnm se presentó un aumento considerable de estos parámetros. No hay ninguna respuesta concluyente que indique a que se debe este patrón, ya que si bien a los 2600 m había una mayor cantidad de materia

orgánica disponible en el suelo, a los 500 metros ésta era menor que a los 1500 m.

En otro estudio realizado por González y Zou (1996), se comparó la densidad y biomasa de oligoquetos terrestres entre dos plantaciones comerciales y un bosque secundario (acahual) en Puerto Rico. Se observó que estos parámetros duplicaban su valor en el bosque secundario, debido a que el uso de bulldozers en los agroecosistemas limita la disponibilidad de fósforo y agua en el suelo y por ende hay un menor crecimiento de la biomasa vegetal subterránea. La especie exótica *Pontoscolex corethrurus* dominó en los tres sitios, mientras que todas las especies nativas halladas se encontraron en el bosque secundario. González y Zou (*op cit*), señalan que las lombrices nativas se presentan después de 20 años de haberse perturbado los bosques.

Fragoso (1989) estudió las comunidades de lombrices en un gradiente altitudinal en la reserva del Cielo, Tamps. , incluyendo selva mediana, bosque mesófilo, bosque de pino encino y los ecotonos correspondientes. A partir de esta información concluyó que en las selvas, las endogeas dominaron completamente, mientras que en los bosques templados (mesófilo y de pino-encino) las lombrices epigeas llegaron a representar del 37 al 58% y del 9 al 35% de la densidad y biomasa totales, respectivamente.

### **1.2.3.2. Diversidad**

La diversidad de las comunidades de lombrices se ve influida por los factores climáticos locales, por las características del suelo y por el uso que se le da a este.

El número de especies que se ha encontrado dentro de una comunidad varía de 1 a 15, comprendiendo generalmente entre 8 y 10 (Edwards y Bohlen, 1996; Lavelle y Spain, 2001).

La diversidad en las comunidades de lombrices se ve influida por los factores climáticos locales, por las características del suelo y por el uso que se le da a este. De acuerdo con Lavelle y Spain (2001), se destacan tres conclusiones con respecto a las comunidades de lombrices: 1) no hay diferencia en la riqueza local de especies entre los ambientes tropicales y templados; 2) A nivel regional, son el tipo de vegetación y suelo los factores que determinan la diversidad de lombrices, presentándose más especies en los ambientes tropicales, y 3) A nivel local, el tipo de suelo, el uso de la tierra y las técnicas de cultivo son los factores que determinan en mayor medida la riqueza de especies. A una escala geográfica, la diversidad gama se incrementa de los climas fríos a los más cálidos, lo cual se debe básicamente a dos factores: a) Durante la última glaciación las especies de lombrices de tierra se extinguieron en las áreas cubiertas por glaciares y se desplazaron a latitudes menores, por lo que hubo una mayor concentración de estas cerca del ecuador y b) la gran especiación en los trópicos se ha derivado a partir de un amplio desarrollo adaptativo el cual se puede deber a que en los climas más cálidos se favorecen las interacciones mutualistas en el sistema digestivo de las lombrices, lo cual les permite sobrevivir en suelos pobres en nutrientes; además de que en los climas estables la radiación adaptativa generalmente actúa durante mas tiempo.

Fragoso (1989) analizó como variaba la diversidad de lombrices en un gradiente altitudinal en la reserva el Cielo, Tamps., y observó que el BMM presentó un rango de 3-7 especies de lombrices; en este bosque las especies exóticas representaron una cantidad relativamente baja (14 al 31% del total), en contraste con los acahuales y pastizales aledaños, en donde fueron el grupo dominante.

### 1.2.3.3. Distribución espacio-temporal

Durante su evolución, las lombrices de tierra han adquirido una gran variedad de adaptaciones fisiológicas, morfológicas, ecológicas y etológicas que les han permitido sobrevivir en diversos medios así como enfrentar los diversos cambios de las estaciones del año (Fragoso, 1985). Las poblaciones de lombrices no se encuentran distribuidas de manera aleatoria en el suelo, ya que sus densidades se ven determinadas por ciertas propiedades del suelo como la textura, los nutrimentos, la materia orgánica y la microtopografía; de la misma manera, la variabilidad en los procesos demográficos puede determinar la distribución en metapoblaciones independientemente de la heterogeneidad del suelo. Se ha observado que la agregación es mayor cuando la especie es pequeña y presenta altas tasas de fecundidad (Rossi, 1998 en Lavelle y Spain, 2001).

De acuerdo con Murchie (1958), la distribución horizontal está determinada básicamente por cuatro factores: a) fisicoquímicos, b) disponibilidad de alimentos, c) potencial reproductivo y capacidad de dispersión de las especies y c) factores históricos (disturbio y colonización de nuevos hábitats).

En un estudio realizado por Fragoso y Lavelle (1987) en la selva de Chajul, (México), se observó que la heterogeneidad ambiental de la selva influyó directamente en la distribución horizontal de la diversidad  $\beta$ , pues se presentó un solapamiento mayor que el descrito para bosques templados, ya que las lombrices se aglutinaron en torno a suelos ricos en nutrimentos, que a su vez se vieron influidos por la calidad de la hojarasca, con lo cual se reforzó la hipótesis de que la relación entre la distribución de las especies y las propiedades del suelo.

La distribución vertical de las lombrices está en relación directa con las estrategias ecológicas y adaptaciones morfológicas y fisiológicas que presentan. Las epigeas se concentran en la hojarasca, las anécicas a diversas profundidades

(dependiendo de las gradientes térmicos e hídricos del suelo) (Bouché, 1972), mientras que las endógeas pueden presentar patrones de distribución superficiales o profundos (Lavelle y Spain, 2001). En el estudio realizado por Fragoso y Lavelle (1987) en la selva de Chajul, se observó que la distribución vertical de las lombrices no solamente se limitaba a los estratos del suelo y la hojarasca (como ocurre en los ecosistemas templados), sino que incluso se encontraron en la tierra que se acumula en las plantas epífitas así como en troncos de palmera y troncos en descomposición. Las lombrices se trasladan temporalmente a este hábitat debido a varias causas como: i) inundaciones temporales que ocurren en los suelos de los bosques tropicales, ii) respuesta permanente al alto grado de acidez, saturación de agua y baja cantidad de oxígeno contenido en el suelo de los bosques tropicales muy húmedos y iii) como medio de dispersión desde ambientes templados a ambientes tropicales (Fragoso, 1985). La distribución vertical de las especies cambia en relación con la temporada del año (Edward y Bohlen, 1996). Gerard (1967) estudió el cambio en la distribución vertical de diferentes especies de lombrices durante las temporadas del año en pastizales de Inglaterra, y encontró que en las temporadas más frías y húmedas del año, las lombrices se encontraron a una mayor profundidad que aquellas colectadas durante la primavera y el otoño.

La variación estacional de ciertos parámetros ambientales como la humedad, la temperatura y la disponibilidad de alimentos, modifica el microambiente en el que habitan las lombrices determinando sus patrones de actividad y alimentación (Lavelle, 1983b), así como su abundancia y biomasa (las cuales aumentan considerablemente durante la época de lluvias).

#### **1.2.4. Factores estructurales de las comunidades**

La estructura de las comunidades de lombrices se ve afectada por los cambios del entorno en el que habitan, los cuales se pueden deber a factores de carácter biótico o abiótico.

#### 1.2.4.1. Factores abióticos

Las lombrices son organismos que poseen una cutícula delgada a través de la cual respiran, por lo que se ven afectadas por las características físicas y químicas del suelo (humedad, temperatura, tipo de suelo, pH, porosidad, contenido de materia orgánica y luminosidad) (Ewards y Bohlen, 1996).

- a) Humedad: del 75-90% del peso total de las lombrices está constituido por agua, haciéndoles muy susceptibles a la desecación (Reynolds, 1994). Tanto la falta de humedad como un exceso de esta, modifican los patrones de maduración, fecundidad, densidad, biomasa y el número de especies y categorías ecológicas, por lo que han desarrollado una serie de estrategias que les permiten sobrevivir ante condiciones adversas de humedad tales como el desplazarse a sitios que sean más favorables o estar durante la temporada seca (Edwards y Lofty, 1977; Edwards y Bohlen, 1996).
  
- b) Temperatura: Los cambios en la temperatura del suelo determinan en gran medida la naturaleza de las comunidades de lombrices. A lo largo de un gradiente termo-latitudinal, la densidad poblacional incrementa de unas cuantas decenas a varios cientos m<sup>2</sup>, mientras la biomasa alcanza máximos en latitudes templadas. Además, con el incremento de la temperatura, la actividad de las comunidades de lombrices se expande a mayores profundidades, al tiempo que estas son más capaces de explotar recursos de menor calidad (Lavelle y Spain, 2001). La temperatura del suelo también puede afectar la actividad, metabolismo, crecimiento, respiración y reproducción de las lombrices. Se ha observado que a altas temperaturas y con un grado óptimo de humedad, las lombrices producen un mayor número de capullos, se acorta el tiempo de eclosión de estos y se tardan menos en llegar a la madurez

sexual (Edwards y Bohlen, 1996). De acuerdo con Edwards y Lofty (1977), las lombrices de climas templados tienen un mejor desempeño entre los 12 y 20° C.

- c) pH: La concentración de iones hidrógeno (pH) en el suelo, resulta ser un factor limitante para las comunidades de lombrices, las cuales ven afectada su distribución, densidad, riqueza y número de categorías ecológicas debido a que se correlacionan negativamente con los suelos ácidos (Edwards y Lofty, 1977; Edwards y Bohlen, 1996). Generalmente, las comunidades de lombrices tienden a concentrarse en sitios donde las condiciones de pH son más favorables, como en la hojarasca o la rizosfera (Lavelle *et al.*, 1995a). Los rangos de tolerancia cambian de acuerdo con la especie, ya que mientras la mayoría habita en suelos con un pH neutro o ligeramente ácido (4.5-7.5) (Reynolds, 1994), hay algunas que viven en suelos alcalinos (pH de 8) (Rivero-Hernández, 1991) y otras que son tolerantes a suelos muy ácidos (pH de 2.9) (Spiers *et al.*, 1986).
  
- d) Aireación: La disponibilidad de oxígeno en el suelo es un factor limitante para la distribución de las especies, ya que si bien hay algunas que toleran niveles muy bajos, la gran mayoría presenta una clara preferencia por suelos ricos en oxígeno (Edwards y Lofty, 1977; Reynolds, 1994; Edwards y Bohlen, 1996).
  
- e) Nutrientes y textura: La textura del suelo no es un factor que afecte a las poblaciones de lombrices *per se*, sino por el efecto que esta tiene sobre otras propiedades del suelo como la relación suelo/agua, capacidad de intercambio catiónico y la calidad de nutrientes almacenados (Edwards y Bohlen, 1996). En un estudio regional realizado por Fragoso y Lavelle (1992) se demostró que la calidad y disponibilidad de nutrimentos en el suelo (calcio, magnesio y nitrógeno) de selvas tropicales, puede



determinar las categorías ecológicas encontradas en una comunidad, ya que en suelos ricos en nutrientes dominan las especies geófagas mientras que las especies epigeas son características de suelos pobres en nutrientes.

- f) **Materia orgánica:** La distribución de materia orgánica en el suelo determina a su vez la distribución de las comunidades de lombrices. En suelos pobres en materia orgánica se encuentran pocas especies, mientras que en suelos que presentan una abundante capa de hojarasca, sean ricos en biomasa vegetal subterránea o donde se usen abonos orgánicos de origen animal, se registra un notable incremento de la abundancia y biomasa de lombrices (Edwards y Bohlen, 1996).

#### **1.2.4.2. Factores bióticos**

Las comunidades de lombrices presentan interacciones de carácter biótico con miembros de la misma o de diferente especie (incluyendo vertebrados, invertebrados y microorganismos), las cuales determinan su distribución, estructura y dinámica. Dichas interacciones pueden ser: competencia (-,-), depredación (+,-), parasitismo (+,-), mutualismo (+,+) y comensalismo (0,0) (Edwards y Lofty, 1977).

- a) **Depredación:** La lombrices representan parte de la dieta de muchos vertebrados como aves (cuervos, mirlos, gorriones, kiwis), mamíferos (musarañas, topos, ratones, puercoespines), reptiles (serpientes, lagartijas, lagartos), anfibios (rana, sapos, salamandras) y peces. Una gran variedad de invertebrados también se alimenta de lombrices, como escarabajos, ciempiés, hormigas y planarias. Al parecer la depredación no tiene efectos drásticos sobre la estructura de las comunidades de lombrices o el tamaño de las poblaciones de estas, aunque si puede

afectar a la poblaciones bajo ciertas situaciones o durante algunas temporadas del año (Edwards y Bohlen, 1996).

- b) Parasitismo: Las lombrices tienen una gran variedad de parásitos internos, incluyendo protozoarios, platelmintos, nematodos, rotíferos, larvas de díptero, bacterias, mientras que una gran variedad de hongos pueden infectar los capullos de lombrices (Edwards y Lofty, 1977). Actualmente no hay estudios concluyentes que indiquen como es que el parasitismo puede afectar el tamaño poblacional de las lombrices, pero es muy probable que los organismos con un alto grado de infección presenten una menor tasa de fecundidad así como una mayor tasa de mortalidad.
- c) Comensalismo: Interacciones de este tipo se dan entre asociaciones de dos o más especies de lombrices en donde algunas especies grandes facilitan el alojamiento a otras más pequeñas dentro de las galerías que excavan. Este tipo de asociación fue reportada por Lukose en Australia (1960), entre una lombriz gigante (*Moniligastridae*) y algunas pequeñas *megascolecidae* (11-32 mm de largo), donde las pequeñas regresaban a las galerías aún después de haber sido separadas de ésta.
- d) Mutualismo: Esta interacción se presenta entre los microorganismos del suelo (bacterias, protozoarios, algas) y las lombrices. Los microorganismos se alojan dentro del tracto intestinal de las lombrices una vez que estas ingieren el suelo en el que habitan, encontrando dentro del tracto un medio propicio para su desarrollo (Barois y Lavelle, 1986). Por otro lado, se ha observado que algunos actinomicetos hallados dentro del intestino de las lombrices secretan antibióticos que inhiben el crecimiento de hongos y bacterias gram positivas dentro del tracto (Ravaz *et al.*, 1986 en Edwards y Bohlen, 1996). La microflora intestinal también incrementa y hace más eficiente la digestión de

sustratos complejos incapaces de ser asimilados por las lombrices (Lavelle, 1987).

### **1.2.5. Relación entre las lombrices de tierra y las propiedades fisicoquímicas del suelo**

La fertilidad de los suelos se ve influida por su estructura, ya que esta determina los procesos físicos (erosión, filtración, aireación, drenaje, retención de agua, evaporación en el suelo, propiedades térmicas y mecánicas del suelo), los ciclos de nutrientes (mineralización, inmovilización, intercambio de iones), el ciclo del carbono (tasas de respiración orgánica, descomposición, humificación, interacciones entre microorganismos y raíces, localización de materia orgánica) y la actividad biológica (movimientos de la fauna del suelo, actividad microbiológica) que ocurren en el suelo (Blanchart *et al.* 1999).

La mineralización de la materia orgánica se ve incrementada por la actividad de las lombrices. Una de las más importantes contribuciones de las lombrices con respecto a los procesos de descomposición, es que durante la digestión mezclan la hojarasca y suelo dentro de la molleja, sustratos que son digeridos total o parcialmente por la mucosa intestinal de las lombrices así como por la microbiota hallada dentro de su tracto digestivo. También son importantes los efectos posteriores que tienen los turrículos sobre el proceso de descomposición, así como por la microflora que habita dentro de las galerías de las lombrices (Edwards y Lofty, *op cit.*).

Las lombrices aportan una cierta cantidad de nitrógeno al suelo en forma de excreciones secretadas por glándulas de su piel (mucoproteínas, amonio, urea y ácido úrico; 60-70 kg N/ha/año) y el tejido muerto de la propia lombriz (30-40 kg N/ha/año) (Edwards y Bolhen, 1996). El nitrógeno aportado al suelo, está asociado a las proteínas de los tejidos de las lombrices (Edwards y Bohlen, 1996), y llega a representar hasta el 70% del nitrógeno acumulado en sus tejidos; este N se

mineraliza rápidamente (10-20 días) (Edwards y Bohlen, 1996). Varios estudios demuestran que la cantidad de nitrógeno y de algunos macro y micronutrientes como calcio, magnesio, potasio y molibdeno presentes dentro de las galerías de las lombrices es mayor a la hallada en el suelo circundante (Parle, 1963; Lavelle *et al*, 1993).

Finalmente se ha propuesto utilizar a las lombrices como bioindicadores del tipo de suelo, debido a que hay especies que están asociadas a un solo tipo de suelo, sin embargo esto puede variar de acuerdo con la especie y otros parámetros como el pH, la humedad y el contenido de materia orgánica (Edwards y Bohlen, 1996).

#### **1.2.6. Patrones de distribución en México**

México, junto con las islas del caribe y Centroamérica, pertenece a la región neotropical norteña, la cual está delimitada por los grandes desiertos mexicanos al norte y al sur por el bosque Darien, ubicado entre la frontera entre Panamá y Colombia. La heterogeneidad ambiental encontrada dentro de esta gran región se ve reflejada en la diversidad de especies de lombrices que podemos encontrar (Fragoso *et al*, 1999).

México ocupa un área de 1,958,201 km<sup>2</sup> y presenta una orografía compleja que le confiere una gran variedad de climas y tipos de vegetación. Rzedowski (1996), sugiere que alrededor del 50% del área total de México ha sido perturbada. La actividad antropogénica ha tenido un gran impacto sobre la distribución original de las lombrices de tierra. Si bien las lombrices siempre han presentado dinámicas poblacionales de movilidad, el ser humano ha transportado especies de una región a otra región, algunas de las cuales se han logrado adaptar a los nuevos ambientes, convirtiéndose en especies exóticas. En los sitios perturbados estas especies a menudo ocupan el hábitat que originalmente

pertenecía a las nativas, las cuales generalmente son incapaces de adaptarse a las modificaciones que ocurren en su hábitat (Edwards y Lofty, 1977).

Fragoso (2001) señala que en México existen 93 especies descritas de las cuales 46 son nativas y 47 exóticas, así como 36 especies que se encuentran en proceso de descripción, lo cual da un total de 129 especies conocidas, sin embargo se calcula que el total de especies para el país debe ser el doble y con una predominancia de las nativas.

De acuerdo con Fragoso (2001) las lombrices nativas de México se encuentran repartidas en tres familias de la siguiente manera:

- a) Megascolecidae: (45 especies en 13 géneros)- tribus Acanthodrilini (28 especies en 9 géneros) y Dichogastrini (17 especies en cuatro géneros). Dentro de la tribu Acanthodrilini se encuentran los géneros *Balanteodrilus* (restringido al este y sureste de México) y *Zapotecia* (con distribución restringida al este y centro del país), mientras que dentro de Dichogastrini se encuentra *Ramiellona* (distribuida en el sureste de México).
- b) Ocnerodilidae. En México se han encontrado 3 especies, de las cuales solo *Phoenicodrilus taste* se ha descrito, la cual se presenta en casi todo el territorio.
- c) Glossoscolecidae Se han hallado tres especies en dos géneros (en proceso de descripción), todas ubicadas el este y sureste de México.

Debido a que la gran mayoría de los estudios existentes sobre la oligoquetofauna mexicana se han realizado principalmente en el centro y sur del país, es probable que nuevos descubrimientos requieran cambios en los límites geográficos y modificaciones de las interpretaciones biogeográficas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Comparar la estructura (densidad, biomasa, diversidad, categoría ecológica y relación nativas/exóticas) de las comunidades de lombrices de tierra en dos bosques de niebla del estado de Veracruz y en acahuales y pastizales adyacentes.

### **2.2. Objetivos Particulares**

**2.2.1.** Identificar las especies de lombrices de tierra en cada uno de los ecosistemas (bosque mesófilo, acahual y pastizal) de los dos sitios.

**2.2.2.** Estimar la densidad, la biomasa y la distribución vertical, total y por especies de las lombrices de tierra.

**2.2.3.** Determinar la categoría ecológica de las especies.

**2.2.4.** Determinar algunas propiedades físicas y químicas (textura, porcentaje de materia orgánica, pH y color) del suelo.

**2.2.5.** Comparar la estructura de las comunidades de lombrices terrestres y los parámetros edafológicos entre todos los sitios.

### 3. HIPÓTESIS

**Justificación:** De acuerdo con Fragoso (2001), dentro del grupo de los ecosistemas naturales, las selvas altas se caracterizan por presentar la mayor cantidad de especies de lombrices, mientras que los bosques templados se caracterizan por tener menores valores; dentro de los ambientes perturbados, es en los pastizales y acahuales donde se presenta una riqueza mayor. Por otro lado, este autor también señala que en los BMM se presentan relativamente pocas especies exóticas (14-31% del total), y valores bajos para la abundancia y biomasa, mientras que los acahuales y los pastizales son los ambientes perturbados que mayor abundancia y biomasa de lombrices mantienen comparados con cualquier otro ecosistema, predominando además, el grupo de las especies exóticas. Con respecto a lo anterior se derivan las siguientes hipótesis:

**3.1.** En los dos sitios el BMM tendrá una menor abundancia, biomasa y diversidad de lombrices de tierra que el acahual y el pastizal.

**3.2.** Los dos BMM presentarán menores valores de abundancia y biomasa de lombrices de tierra que los valores registrados en la literatura para las selvas tropicales húmedas.

**3.3.** En los dos sitios el BMM tendrá una mayor proporción de lombrices nativas con respecto a los acahuales y pastizales.

**3.4.** En los dos pastizales las lombrices exóticas dominarán sobre las nativas con base en la literatura.

## 4. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el rancho Las Cañadas perteneciente al municipio de Huatusco y dentro del santuario Bosque de Niebla, municipio de Xalapa, ambos en el estado de Veracruz. Cada sitio es un mosaico compuesto por remanentes de bosque mesófilo con diferentes grados de perturbación, pastizales, cafetales y acahuales.

### 4.1. Las Cañadas

#### 4.1.1. Localización

El rancho Las Cañadas cubre un área de 306 ha y se localiza entre las coordenadas 19°10'35.2" Latitud Norte y 96°58'18.8" Longitud Oeste, a una altitud promedio de 1300 +/- 50 msnm ([www.bosquedeniebla.com.mx](http://www.bosquedeniebla.com.mx)).

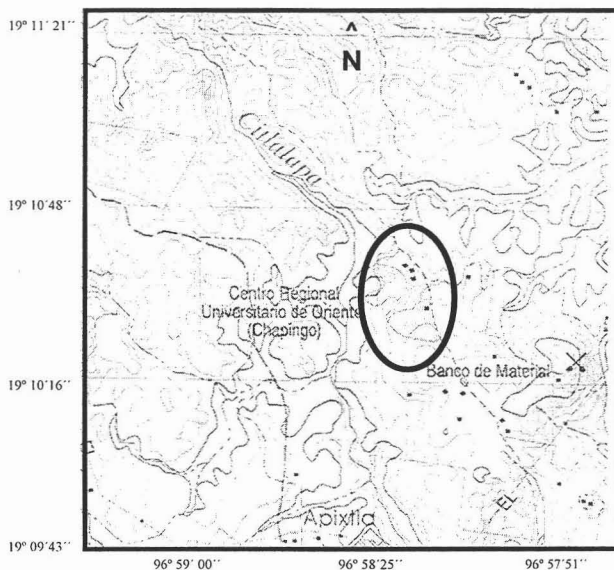


Figura 1. Área de estudio. Las Cañadas



#### **4.1.2. Fisiografía**

Según la carta fisiográfica del INEGI (1:1 000 000), este sitio se encuentra dentro de la Provincia del Eje Neovolcánico Transversal y la Subprovincia de la Sierra de Chinconquiaco.

El Eje Neovolcánico está conformado por una sucesión de volcanes que se extienden sobre el paralelo 19 con dirección oeste-este dividiendo al país en dos, extendiéndose en la parte este desde el sur de Papantla de Olarte hasta el norte de Córdoba. Está compuesto por rocas de origen volcánico de diversos tipos, las cuales se fueron acumulando debido a la sucesiva actividad volcánica que se ha venido presentando desde el Terciario (INEGI, 1988).

La Subprovincia de la Sierra de Chinconquiaco se ubica en el centro del estado de Veracruz y está conformada por una gran variedad de laderas con pendientes abruptas, así como cañadas, colinas y mesetas. También se pueden encontrar mesetas lávicas y prominencias de basalto en la zona costera. La topoforma que predomina en el sitio de estudio es la S3V (sierra de laderas tendidas con cañadas) (INEGI, 1988).

#### **4.1.3. Geología**

Conforme a la carta geológica del INEGI (1:1 000 000), la provincia fisiográfica en la que se encuentra el sitio de estudio está conformada por rocas ígneas extrusivas de composición andesítica, riolítica y basáltica, las cuales fueron depositadas en el Cenozoico Superior debido a derrames, tobas, brechas y acumulación de ceniza volcánica. Las rocas más antiguas pertenecen al Jurásico Superior y las más recientes al Cuaternario. El símbolo que corresponde a las rocas sobre las que se encuentra asentado el sitio de estudio es Qigeb, es decir, rocas ígneas extrusivas básicas del holoceno (INEGI, 1988).

#### **4.1.4. Hidrología**

El rancho Las Cañadas se encuentra ubicado dentro de la región hidrológica Papaloapan de acuerdo a la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales del INEGI (1:1000 000), la cual abarca el centro del estado de Veracruz y está influenciada por las elevaciones del Eje Neovolcánico como el pico de Orizaba y el Cofre de Perote, de donde fluyen una serie de ríos en forma radial y paralela producto del deshielo de los glaciares de dichas elevaciones (INEGI, 1988).

El sitio de estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrológica del Río Jamapa, el cual se origina a partir del deshielo del glaciar Jamapa en el Pico de Orizaba y desemboca a un lado de la ciudad de Boca del Río. Dentro del rancho existen cuatro manantiales que son tributarios del río Dos Puentes- El Castillo ([www.bosquedeniebla.com.mx](http://www.bosquedeniebla.com.mx)).

De acuerdo a la carta de aguas superficiales del INEGI (1:250 000), el rancho las cañadas se encuentra asentado sobre material consolidado al noreste y no consolidado en el resto del predio con bajas posibilidades de presentar corrientes subterráneas ([www.bosquedeniebla.com.mx](http://www.bosquedeniebla.com.mx)).

#### **4.1.5. Clima**

De acuerdo al mapa climático de García (1978) que es una modificación para México de la clasificación climática de Köeppen, la región de Huatusco dentro de la cual se encuentra el rancho Las Cañadas tiene un clima del tipo (A)Cm(f)(i')gw", el cual se interpreta como semicálido húmedo del grupo C (mes más frío por debajo de 18° C), con régimen de lluvias intermedio, poca oscilación térmica, marcha de temperatura tipo ganges y con canícula. La temperatura media anual promedio es de 19.8°C, con una precipitación anual acumulada de 1951.6 mm ([www.bosquedeniebla.com.mx](http://www.bosquedeniebla.com.mx)).

#### **4.1.6. Suelo**

En Las Cañadas se encuentran principalmente tres unidades de suelos y sus respectivas subunidades, el Cambisol eutrico (Be), Feozem háplico (Hh) y Luvisoles crómico (Lc) y férrico (Lf) (inegi.gob.mx).

Los Cambisoles se encuentran en lomeríos de pendiente suave, sierras de ladera tendida y zonas inundables. Son de color pardo amarillento, pardo rojizo o gris oscuro y tienen una textura que puede ir de la arena migajosa al migajón arcilloso, estos suelos se formaron a partir de calizas, conglomerados o rocas ígneas. Los cambisoles eutrícos tienen un pH de medio a moderado, presentan una capacidad de intercambio catiónico media, valores aceptables de calcio y magnesio y pobres en potasio, características que los convierten en suelos fértiles.

Los Luvisoles se formaron en sierras, lomeríos y llanuras a partir de lutitas, calizas y areniscas. Son suelos que se caracterizan por acumular arcilla en el subsuelo y generalmente se desarrollan en zonas de clima templado o tropical con alta precipitación, como en la parte centro de Veracruz. Su pH puede ser moderadamente ácido a ligeramente alcalino, por lo general son de color pardo rojizo y su textura varía de migajón arcilloso a arenisca. Estos suelos son favorables para la agricultura (INEGI, 1988).

Los Feozems háplicos son suelos jóvenes de color pardo grisáceo o gris oscuro, tienen un pH ligeramente alcalino a ligeramente ácido y son ricos en materia orgánica. Su textura puede ser franca, migajón arenosa y arcillosa. Son suelos altamente fértiles (INEGI, 1988)

#### **4.1.7. Vegetación**

De acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (1:1 000 000), el bosque mesófilo de montaña es el tipo de vegetación que predomina en el

rancho Las Cañadas. En Las Cañadas indican se encuentran algunas especies arbóreas como *Quercus elliptica*, *Q. glaucescens*, *Cinnamomum effusum*, *Ocotea psychotrioides*, y *Platanus mexicana* entre otras; otras especies secundarias como *Peperomia* sp., *Piper* sp., *Chamaedorea* sp., *Psychotria* sp., *Solanum nigrum*. Algunas de las plantas epífitas presentes son *Tillandsia imperialis*, *Tillandsia usneoides* y *Tillandsia fasciculata*. Los helechos están representados principalmente por *Mildella intramarginalis*, *Adiantum* sp., *Phlebodium arelatum*, *Pteridium* sp. (Rodríguez, 1998 en [www.bosquedeniebla.com.mx](http://www.bosquedeniebla.com.mx))

## 4.2. Santuario Bosque de Niebla

### 4.2.1. Localización

El Santuario Bosque de Niebla junto con el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero ocupan un área total de 55 ha. ubicadas al sur de la ciudad de Xalapa en el kilómetro 2.5 de la carretera vieja a Coatepec, y se localizan entre las coordenadas 19° 31' 05" latitud norte y 96° 56' 35" longitud oeste a una altitud de 1300 +/- 50 msnm (Delgado-Montoya *et al.*, 1988)

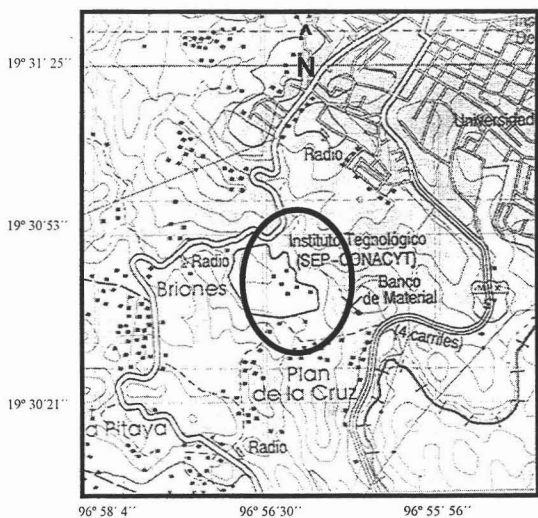


Figura 2. Área de estudio. Santuario Bosque de Niebla

#### **4.2.2. Fisiografía**

De acuerdo a la carta fisiográfica del INEGI (1:1 000 000), el santuario "Bosque de Niebla", se encuentra ubicado dentro de la misma provincia y subprovincia fisiográfica de Las Cañadas (Eje Neovolcánico, Subprovincia de la Sierra del Chinconquiaco), aunque la topoforma que caracteriza al sitio de estudio es L1 (lomerío suave) (INEGI, 1988).

#### **4.2.3. Geología**

De acuerdo a la carta geológica del INEGI (1:1 000 000), las características del sitio de estudio son las mismas que las de Las Cañadas (INEGI, 1988).

#### **4.2.4. Hidrología**

La carta hidrológica de aguas superficiales del INEGI (1:1 000 000), muestra que el santuario Bosque de Niebla se encuentra ubicado dentro de la misma región hidrológica (Río Papaloapan) y cuenca hidrológica (Río Jamapa) de Las Cañadas. Por su parte, la carta de aguas subterráneas nos indica que el sitio de estudio se encuentra asentado sobre materiales no consolidados y presenta una permeabilidad media (INEGI, 1988).

#### **4.2.5. Clima**

La región dentro de la cual se encuentra el santuario Bosque de Niebla, presenta una precipitación media anual de 1 500 mm., y una temperatura media anual de 18° C, presentando un clima del tipo Acf o semicálido húmedo con lluvias todo el año (INEGI, 1988).

#### 4.2.6. Suelo

Según la carta estatal de suelos del INEGI, las unidades y subunidades de suelo que predominan en Xalapa son Luvisol crómico (Lc), Vertisol crómico (Vc) y Andosol húmico (Th).

Los Andosoles se caracterizan por estar directamente determinados por el material de origen, por lo que en la parte centro del estado de Veracruz son derivados de las cenizas volcánicas del Cofre de Perote. Por lo general son suelos sueltos y esponjosos de textura franca o de arenas migajosas que pueden ser de color gris oscuro o negro y que presentan una gran capacidad de intercambio catiónico, una gran acidez y una alta cantidad de materia orgánica. Sobre este tipo de suelo se desarrolla vegetación como bosques de pino, de encino y bosque mesófilo de montaña (INEGI, 1988).

Los Vertisoles son suelos derivados de lutitas, calizas, rocas ígneas básicas, conglomerados y aluviones. Su textura es arcillosa o de migajón arcilloso y presentan un color gris oscuro o pardo. Tienen un pH que varía de ligeramente ácido a moderadamente alcalino y son muy ricos en materia orgánica.

#### 4.2.7. Vegetación

Con base en la carta de uso de suelos y vegetación del INEGI (1:1 000 000), el tipo de vegetación que predomina en el santuario Bosque de Niebla es el bosque mesófilo de montaña. Williams-Linera (1993) señala que en este sitio se encuentran algunas especies arbóreas como *Liquidambar macrophylla*, *Quercus xalapensis*, *Cinnamomum effusum*, especies arbóreas secundarias como *Cnidoscopus aconitifolius*, y *Senecio grandifolius*; plantas leñosas del sotobosque como *Bambusa vulgaris*, *Piper auritum*, *Solanum aphyodendron* y especies introducidas como *Citrus* spp. y *Casuarina cunninghamiana*.

## 5. MÉTODOS

El muestreo se realizó en el año 2003 durante los meses de Octubre y Noviembre, justo al finalizar la temporada de lluvias.

### 5.1. Selección y características de los sitios

Tanto en el rancho Las Cañadas como en el santuario Bosque de Niebla se seleccionaron tres sistemas con distinto grado de perturbación: un bosque mesófilo (**M**), un acahual (**A**) y un pastizal (**P**).

- a) El rancho "Las Cañadas" (**C**), propiedad del Ingeniero Agrónomo Ricardo Romero González, cubre un área total de 306 hectáreas las cuales conservan un remanente de BMM de la zona centro de Veracruz. Hasta 1995 gran parte del terreno, con excepción de una zona que nunca se manejó, se destinaba principalmente a la ganadería extensiva de ganado vacuno; sin embargo, a partir de ese mismo año se cambió el uso tradicional del suelo para dar lugar a cuatro tipos básicos de manejo de los recursos; 1) un área de agroecosistemas dedicada a la producción de cultivos orgánicos (no se utilizan pesticidas ni fertilizantes tóxicos); 2) otra área dedicada a la ganadería no extensiva (número limitado y constante de cabezas de ganado, así como la rotación de este); 3) varias áreas en recuperación natural dedicadas al ecoturismo y 4) un área de conservación absoluta.
  
- b) El santuario Bosque de Niebla (**S**) junto con el jardín botánico Francisco Javier Clavijero, ambos propiedad del Instituto de Ecología A.C., cubren un área total de 30 hectáreas dentro de las cuales se encuentran jardines con diversas especies de plantas locales y exóticas, acahuales de diversas edades y un área con vegetación primaria remanente del bosque mesófilo que cubría esta zona. Hasta 1975, el área que ahora

ocupan el santuario y el jardín botánico, pertenecían al Rancho Guadalupe, dedicado a la producción de café y cítricos (Williams-Linera, 1992). Actualmente, la presión ejercida por la mancha urbana mantiene al bosque en estado de perturbación.



^  
N

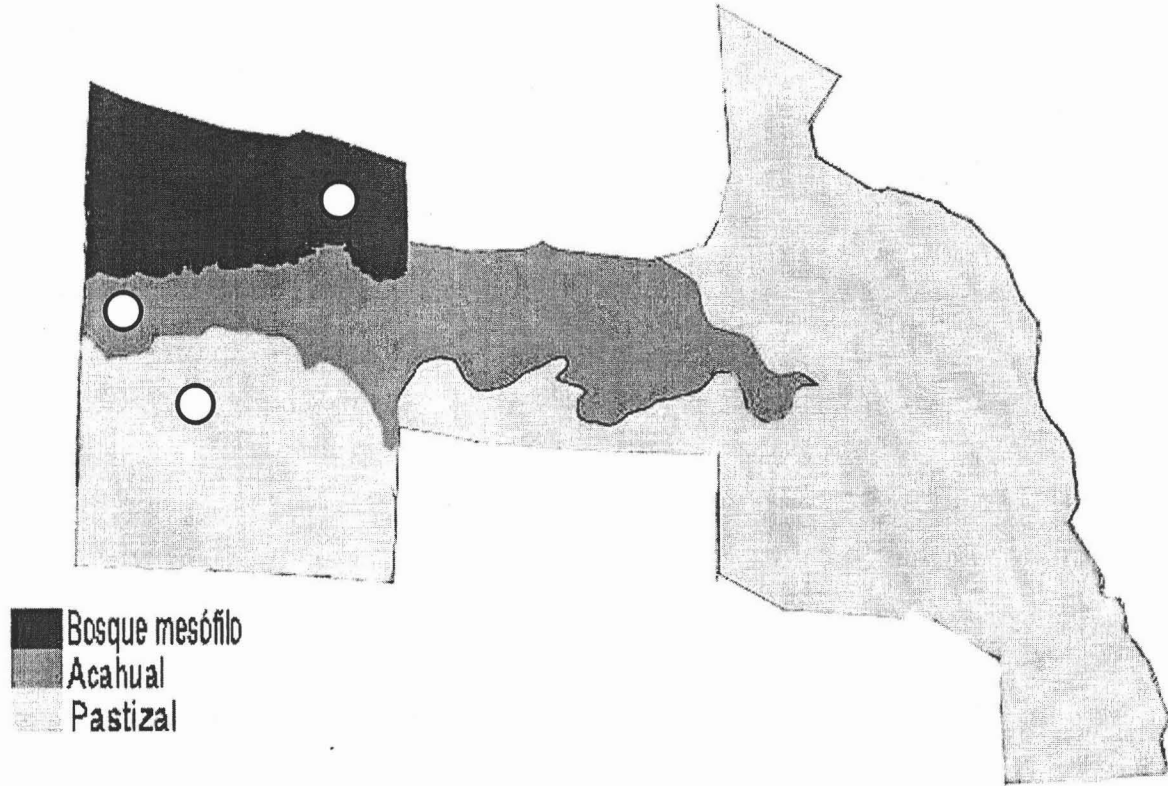


Figura 3. Localización de los puntos de muestreo en cada sistema elegido dentro del rancho Las Cañadas.

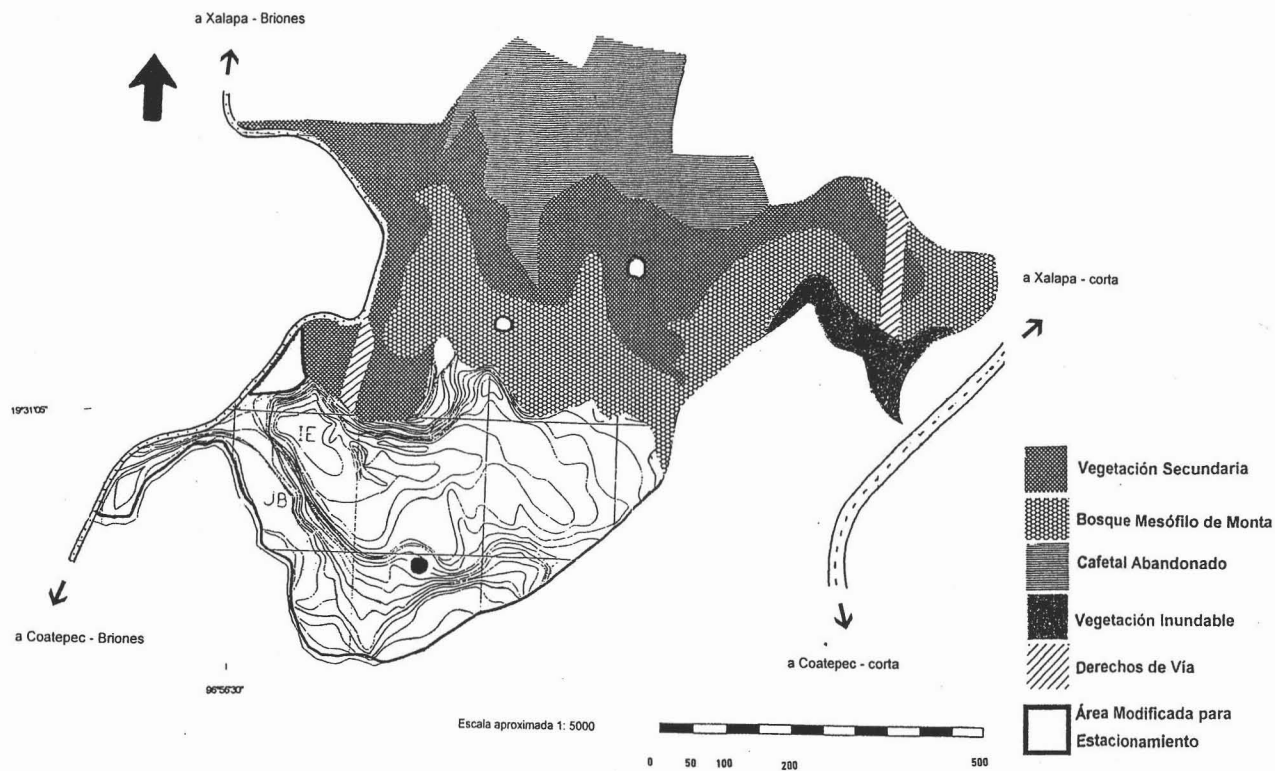


Figura 4. Localización de los puntos de muestreo en cada sistema elegido dentro del el Santuario Bosque de Niebla.

## 5.2. Muestreo de lombrices

### 5.2.1. Método cualitativo

Este método consiste en la simple revisión de terrones de suelo después de cavar un foso irregular y con una profundidad aproximada de entre 20-40 cm, así como una rápida revisión de la hojarasca y en algunos casos de plantas epífitas. Las lombrices colectadas bajo éste método se conservaron en una solución de formol al 4% (dilución 1:10 de solución comercial). El método se aplicó durante dos visitas previas a los sitios de estudio y durante la realización del muestreo cualitativo, llevándose a cabo en cinco sistemas tales como pastizales, cultivos, acahuales y BMM con distinto grado de perturbación.

### 5.2.2. Método cuantitativo

Se utilizó el método propuesto por Anderson e Ingram (1993) del programa TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility). Dicho método consiste en la separación y recolección manual directa de lombrices de tierra para determinar la densidad, biomasa y distribución vertical total y por especie en cada uno de los sistemas: **CM, CA, CP, SM, SA** y **SP**. En cada sistema se realizó un transecto de 40 metros dentro del cual se marcaron 8 puntos correspondientes a 8 monolitos, separados por una distancia de 5 metros entre cada uno. Las dimensiones de cada monolito fueron de 25 x 25 cm de lado y 40 cm de profundidad rodeados de un foso de 20 cm de ancho. Tomando en cuenta los dos sitios, la cantidad total de monolitos realizada fue de 48. En cada monolito se recolectó la hojarasca de la superficie, se revisó y se guardó en bolsas de papel estraza para ser posteriormente secada y pesada en el laboratorio.

Cada monolito se dividió en cuatro estratos de 10 cm de grosor, cada uno de los cuales fue revisado cuidadosamente, desmenuzando la tierra en bandejas de plástico. Las lombrices encontradas se enjuagaron con agua y luego se

depositaron en frascos con formol al 4% para su fijación y conservación. Los frascos fueron etiquetados con los datos correspondientes (fecha, sitio, sistema, número de monolito y estrato).

### **5.2.3. Identificación, conteo y peso de lombrices**

Las lombrices colectadas fueron determinadas al nivel de especie con base en la clasificación de Jamieson (1988) y con la colaboración y supervisión del Dr. Carlos Fragozo Gonzáles, en el departamento de Biología de Suelos del Instituto de Ecología de Xalapa, Ver. Después de su identificación, cada especie fue contada y pesada por separado.

## **5.3. Muestreo de suelos**

En cada uno de los sitios (**CM, CA, CP, SM, SA y SP**), se colectaron en bolsas de plástico alrededor de 500 g de suelo de los primeros 20 cm de cada monolito (48 muestras en total), y se trasladaron al laboratorio para determinar sus propiedades físicas y químicas.

## **5.4. Análisis de laboratorio**

### **5.4.1. Parámetros ambientales**

#### **5.4.1.1. Hojarasca**

La hojarasca colectada en cada uno de los monolitos de los sistemas **CM, CA, SM y SA** (no se encontró hojarasca en los pastizales), se puso a secar en el horno a una temperatura constante de 40° C hasta que el peso no mostró variaciones (peso seco).

#### **5.4.1.2. Humedad y temperatura**

La humedad y temperatura ambientales se tomaron con un termohidrómetro Mannix PTH8708; mientras que la temperatura del suelo del estrato 0-10 cm se tomó con un termómetro de trazo (traceable thermometer) (rango de -50 a 150° C).

#### **5.4.2. Análisis edafológicos**

Para determinar las características físicas y químicas de los suelos, las muestras se pusieron a secar en el horno a una temperatura de 60° C y posteriormente se molieron y tamizaron a través de una malla de 2.25 mm. Todos los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de análisis físicos y químicos del ambiente (LAFQA) del Instituto de Geografía de la UNAM, bajo la supervisión de la Dra. Silke Cram.

##### **5.4.2.1. Físicos**

###### a) Color

Para determinar el color del suelo se realizó una comparación de este en seco y húmedo con las tablas Münsell (Münsell, 1992).

###### b) Textura

Este parámetro se determinó utilizando el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1951)

#### 5.4.2.2. Químicos

##### a) Potencial de Hidrógeno (pH)

El valor de pH se determinó potenciométricamente, en una relación suelo:agua 1:2.5 (10 g de suelo por 25 ml de agua destiladas) según Jackson (1964) realizándose repeticiones cada 12 muestras para tener un control de calidad.

##### b) Materia Orgánica (M.O.)

Para determinar la cantidad de materia orgánica en el suelo se utilizó el método de Walkey y Black (Jackson, 1964), realizándose una repetición por cada muestra para tener un control de calidad.

### 5.5. Análisis de datos

#### 5.5.1. Curva de acumulación de especies

Se analizaron las curvas de acumulación de especies con el programa EstimateS 5 (Colwell, 1999) para conocer la eficiencia del muestreo cuantitativo realizado en cada uno de los sistemas de los dos sitios. Las curvas obtenidas se compararon con los valores teóricos de los índices de Jackknife de primer orden y el estimador de riqueza Bootstrap.

El método Jackknife de primer orden se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra (L) (Palmer, 1990; Krebs, 1989; citados en Moreno, 2001).

$$Jack1 = S + L \frac{m-1}{m}$$

Donde:

m= número de muestras

S= número de especies

L= número de especies que ocurre solamente en una muestra

El estimador de riqueza Bootstrap se basa en la proporción de unidades muestrales que contienen a cada especie  $j$  (Palmer, 1990; Krebs, 1989; citados en Moreno, 2001).

$$Bootstrap = S + \sum(1 - p_j)^n$$

Donde:

S= número de especies

P<sub>j</sub>= proporción de cada especie

n= número de muestras

### **5.5.2. Análisis de varianza**

Mediante una análisis de varianza de una vía (ANOVA's) (Steel y Torrie, 1988), se compararon tanto las variables edáficas y ambientales como las variables de densidad y biomasa de las lombrices de los dos sitios y seis sistemas. Cuando se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) se realizó una prueba de rangos múltiples de Tukey con la finalidad de detectar las sitios que diferían entre sí. Los análisis se realizaron con ayuda de los paquetes estadísticos Statgraphics 6.1 y Microsoft Excel 97.

### **5.5.3. Análisis multivariados**

Se realizó un análisis multivariado de los seis sistemas con una matriz de presencia/ausencia de especies por sistema. Posteriormente se obtuvo la matriz

de asociación utilizando el índice de Bray Curtis (no lineal, de disimilitud, con valores de 0-1 y que excluye los datos 0/0) y se realizó un análisis de agrupación jerárquico (clusters) con el método UPGMA (Unweighted Pairs Groups Method Using Arithmetic Average ó método de agrupación de parejas no ponderadas mediante medias aritméticas) (Gauch, 1982). Los resultados se presentaron en forma de un dendrograma. Estos análisis fueron realizados con ayuda del programa PATN (Belbin, 1986).

#### 5.5.4. Índices de diversidad y de comparación de comunidades

La diversidad se cuantificó con los índices de Simpson y Shannon, mientras que para las comparaciones entre sistemas se utilizó el índice de Morisita, (Brower *et al.*, 1990):

- a) Índice de diversidad de Simpson ( $D_s$ ) (Brower *et. al.* 1990). Expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie ( $i$ ) en una comunidad:

$$I = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

$I$  = Índice de dominancia de Simpson.  $I$  es, además, una medida de dominancia, relación: 0-1. Una colección de especies con una alta diversidad, presentará poca dominancia.

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos



- b) Índice de diversidad de Shannon (Brower et. al. 1990). Si los datos provienen de una muestra aleatoria de la abundancia de especies en una comunidad grande, también podemos utilizar este índice.

$$H' = -\sum p_i \log p_i$$

donde:

$$p_i = n_i / N_i$$

$H'$  = índice de Shanon

$p_i$  = proporción total del número de individuos que ocurren en la especie  $i$ .

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N_i$  = número total de individuos

- c) Índice de Morisita (Brower et. al. 1990): este índice de similitud de comunidades está basado en el índice de dominancia de Simpson. Se utiliza para comparar sitios con base en sus valores de diversidad. Se define como:

$$IM = \frac{2\sum x_i y_i}{(l_1 + l_2)N_1 N_2}$$

En donde:

IM = Índice de Morisita (similitud entre dos comunidades).

$\sum x_i y_i$  = suma del número del total de individuos de la comunidad 1 por la comunidad 2.

$$l_1 = \frac{\sum x_i (x_i - 1)}{N_1 (N_1 - 1)}$$

Donde:

$I_1$  = es el índice de dominancia de Simpson de la comunidad 1

$x_i$  = es el número de individuos de la especie  $i$  en la comunidad 1

$N_1$  = es el número total de individuos de la comunidad 1 ( $N_1 = \sum x_i$ )

$$I_2 = \frac{\sum y_i (y_i - 1)}{N_2 (N_2 - 1)}$$

Donde:

$I_2$  = es el índice de dominancia de Simpson de la comunidad 2

$y_i$  = es el número de individuos de la especie  $i$  en la comunidad 2

$N_2$  = es el número total de individuos de la comunidad 2 ( $N_2 = \sum x_i$ )

El rango de comparación va de 0 (no similar) a 1 (idénticos)

### 5.5.5. Análisis de correlación

Para evaluar las relaciones entre los parámetros ecológicos de las lombrices y los parámetros edáficos se realizaron correlaciones simples con un nivel de significancia del 95% ( $P = 0.05$ ) y un nivel de asociación entre dos variables de  $-1$  y  $+1$  ( $-1 \leq r \leq 1$ ) (Steel y Torrie, 1988). Para este análisis se utilizó el paquete estadístico Statgraphics 6.1 para windows.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Las especies y su distribución

En el presente estudio se encontraron en los dos sitios un total de 13 especies (4 nativas y 9 exóticas). En los tres sistemas del rancho Las Cañadas (**CM**, **CA** y **CP**) se encontraron 8 especies (4 nativas y 4 exóticas) mientras que en los sistemas del Santuario (**SM**, **SA** y **SP**) se encontraron 8 especies, todas exóticas.

En el bosque mesófilo de Las Cañadas (**CM**) se encontraron tres especies (2 nativas y 1 exótica); en el acahual (**CA**) hubo cuatro especies (2 nativas y 2 exóticas), mientras que en el pastizal hubo solo dos especies (1 nativa y 1 exótica). En el Santuario Bosque de Niebla únicamente se encontraron especies exóticas, distribuidas de la siguiente manera: **SM**: 1sp, **SA**: 5 spp y **SP**: 7 spp.

De las especies encontradas, cinco pertenecen a la familia Megascolecidae (tres de ellas nativas), tres a la familia Glossoscolecidae (con un nuevo registro para México, *Onychochaeta windlei*), tres a la familia Lumbricidae y dos a la familia Ocnerodrilidae (una especie nativa).

En el cuadro 1 se muestra la lista de especies, su origen, ubicación, categoría ecológica y el método que se utilizó para su colecta.

Cuadro 1. Especies de lombrices encontradas en cada uno de los sistemas del rancho Las Cañadas y en el Santuario Bosque de Niebla, Veracruz.

FAMILIA	SUBFAMILIA	TRIBU	GÉNERO Y ESPECIE	ORIGEN	Las Cañadas			Santuario		
					Mesófilo	Acahual	Pastizal	Mesófilo	Acahual	Pastizal
Glossoscolecidae			<i>Periscolex brachycystis</i>	Exótica	●					
			<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Exótica			●		●	●
			<i>Onychochaeta windlei</i>	Exótica				●		
Lumbricidae			<i>Aporrectodea rosea</i>	Exótica				●	●	●
			<i>Aporrectodea aff rosea</i>	Exótica				●		
			<i>Octolasion tyrtaeum</i>	Exótica						●
Megascolecidae	Acanthodrilinae	Acanthodrilini	<i>Balanteodrilus pearsei</i>	Nativa		●				
			<i>Zapotecia amecameca</i>	Nativa	○					
	Megascolecinae	Megascolecini	<i>Amyntas corticis</i>	Exótica		○			●	●
			<i>Amyntas gracilis</i>	Exótica				●	●	
		Dichogastrini	<i>Ramiellona sp. Nov. 15</i>	Nativa	○	○				
Ocnerodrilidae	Ocnerodrilinae	Ocnerodrilini	<i>Eukerria saltensis</i>	Exótica		○				
			<i>Phoenicodrilus taste</i>	Nativa			●			

- Muestreo cuantitativo
- Muestreo cualitativo

## 6.2. La comunidad de lombrices

### 6.2.1. Densidad y biomasa totales y por especie

La densidad y biomasa total de lombrices fue significativamente mayor en las Cañadas que en el Santuario (Figuras 5a y 6a); en cuanto al uso de suelo, se observó que el pastizal presentó una densidad y biomasa significativamente mayor de lombrices que el acahual y el mesófilo (Figuras 5b y 6b). A nivel del sistema, el CP presentó la mayor densidad y biomasa en comparación con el resto de los sistemas.

Cuadro 2. Niveles de significancia de la densidad y biomasa de las lombrices de tierra con respecto al sitio, uso de suelo y sistema.

	<b>Abundancia total</b>	<b>Biomasa total</b>
<b>Sitios</b>	F= 4.999 +/- 33.84 P= 0.0303 <b>C&gt;S</b>	F= 6.541 +/- 21.56 P= 0.0139 <b>C&gt;S</b>
<b>U.S.</b>	F= 15.874 +/- 33.81 P= 0.0000 <b>P&gt;A&gt;M</b>	F= 12.665 +/- 22.84 P= 0.0000 <b>P&gt;A&gt;M</b>
<b>Sistema</b>	F= 89.960 +/- 18.93 P= 0.0000 <b>CP&gt;SA&gt;SP&gt; CM&gt;CA&gt;SM</b>	F= 74.451 +/- 13.33 P= 0.0000 <b>CP&gt;SA&gt;SP&gt; CA&gt;CM&gt;SM</b>

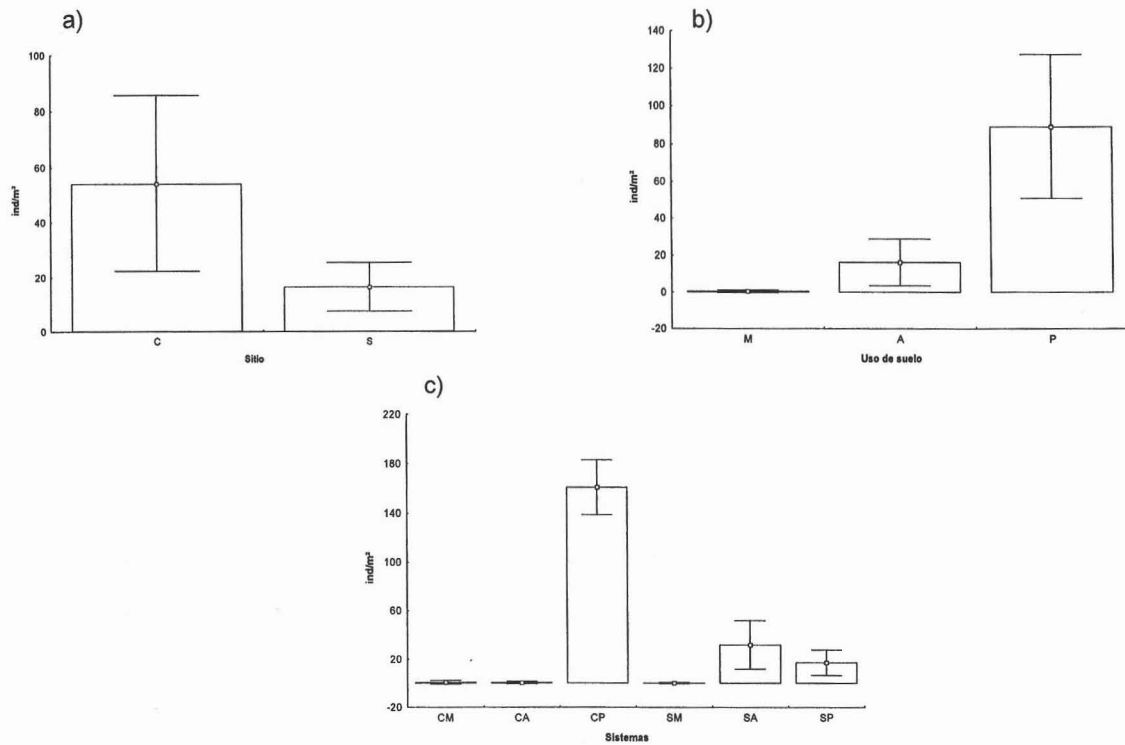


Figura 5. Densidad promedio (ind/m<sup>2</sup>) de las lombrices de tierra en: a) los dos sitios (n=24), b) los tres usos de suelo (n=16) y c) los seis sistemas (n=8).

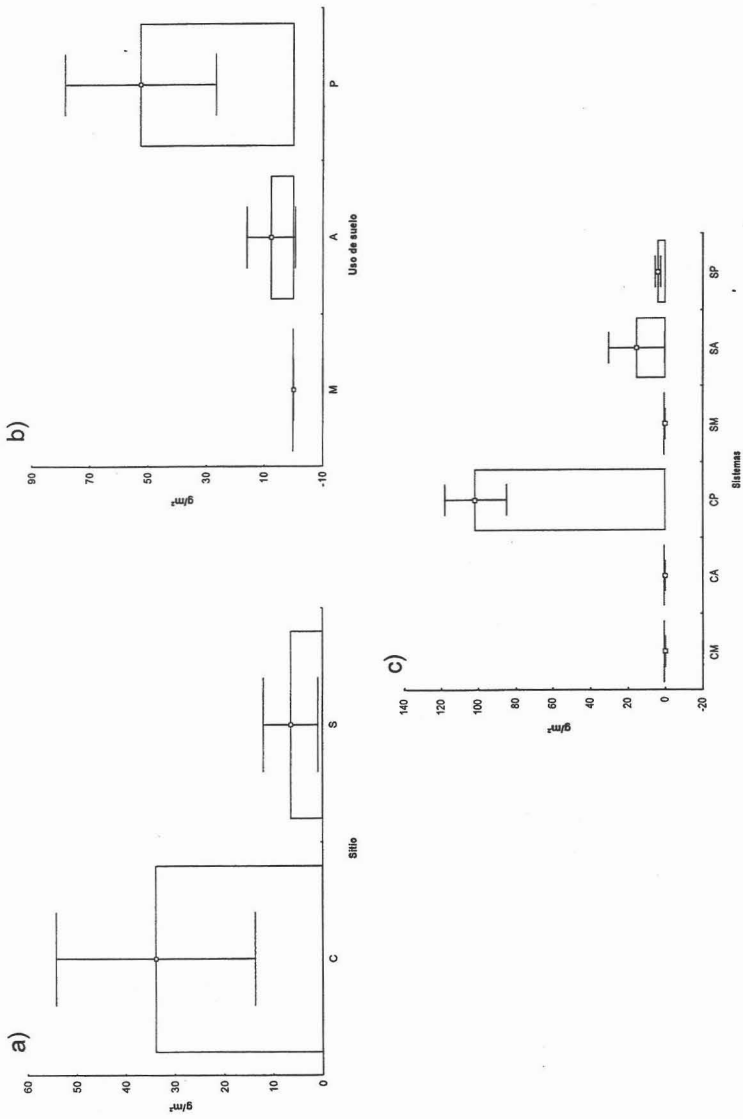


Figura 6. Biomasa promedio (g/m<sup>2</sup>) de las lombrices de tierra en: a) los dos sitios (n=24), b) los tres usos de suelo (n=16) y c) los seis sistemas (n=8).

De los datos del cuadro 3 se puede apreciar que el factor determinante que propició la diferencia significativa entre los dos sitios, el uso de suelo y entre cada sistema fue la lombriz exótica *Pontoscolex corethrurus*. En **CP**, por ejemplo, esta especie presentó un porcentaje de densidad y biomasa de 99.8% y 99.99% respectivamente, mientras que en **SA** y **SP** los porcentajes fueron de 62.5% y 86% para el primero y de 34.0% y 37.5% para el segundo.

Otra especie exótica relevante fue *Onychochaeta windlei*, la que a pesar de haberse encontrado sólo en **SP**, con porcentajes de densidad y biomasa de 40.4% y 46.4% respectivamente, propició una diferencia significativa con respecto a los otros sistemas. Finalmente, las especies *Aporrectodea rosea* y *Aporrectodea aff rosea* fueron las responsables de los valores de densidad y biomasa (18% cada una) en **SA**.



Cuadro 3. Densidad (A, ind/m<sup>2</sup>) y Biomasa (B, g/m<sup>2</sup>) de las especies de lombrices en el BMM, acahual y pastizal de Las Cañadas y el Santuario Bosque de Niebla, Veracruz.

ESPECIES	LAS CAÑADAS						SANTUARIO BOSQUE DE NIEBLA					
	BMM		Acahual		Pastizal		BMM		Acahual		Pastizal	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
<b>Nativas</b>												
<i>Balanteodrilus pearsei</i>	0	0.00	4	0.16	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Phoenicodrilus tastei</i>	0	0.00	0	0.00	2	0.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Ramielona</i> sp. 15	*	*	*	*	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Zapotecia</i> sp.	*	*	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>4</b>	<b>0.16</b>	<b>2</b>	<b>0.03</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>
<b>Exóticas</b>												
<i>Amyntas corticis</i>	0	0.00	*	*	0	0.00	0	0.00	2	2.59	8	5.29
<i>Amyntas gracilis</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	1.41	6	5.07
<i>Aporrectodea affinis rosea</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	46	1.18	0	0.00
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.03	46	2.86	6	0.13
<i>Eucheria saltensis</i>	0	0.00	*	*	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.96
<i>Onychochaeta windlei</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	46	32.90
<i>Perisoclex brachisistis</i>	6	0.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Pontosoclex corethrurus</i>	0	0.00	0	0.00	1286	406.14	0	0.00	160	49.48	36	26.66
<b>Subtotal</b>	<b>6</b>	<b>0.10</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>1286</b>	<b>406.14</b>	<b>2</b>	<b>0.03</b>	<b>256</b>	<b>57.52</b>	<b>106</b>	<b>70.92</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>0.10</b>	<b>4</b>	<b>0.16</b>	<b>1288</b>	<b>406.17</b>	<b>2</b>	<b>0.03</b>	<b>256</b>	<b>57.52</b>	<b>106</b>	<b>70.92</b>

\* Especies encontradas bajo el muestreo cualitativo

## 6.2.2. Diversidad

Para el cálculo de la diversidad (índices de Simpson y Shannon), se utilizaron los valores obtenidos por los métodos cuantitativo y cualitativo, asignándole valores mínimos a las especies encontradas bajo este último método. Ambos índices mostraron que el acahual de las Cañadas (CA) fue el más diverso ( $D_s = 0.7143$ ;  $H' = 1.154$ ); el mesófilo del Santuario (SM), por otro lado no presentó valores de diversidad ( $l = 1$ ;  $H' = 0$ ) debido a que sólo se encontró una especie (*Aporrectodea rosea*).

Cuadro 4. Valores de diversidad en los seis sistemas en las Cañadas (CM, CA, CP) y en el Santuario (SM, SA, SP).  $s$ : número de especies;  $N$ : número total de individuos;  $l$ : índice de dominancia de Simpson;  $D_s$ : índice de diversidad de Simpson;  $H'$ : índice de Shannon.

	CM	CA	CP	SM	SA	SP
$S$	3	4	2	1	5	6
$N$	8	7	1288	2	256	108
$l$	.5356	.2857	.9970	1	.453	.3022
$D_s$	.4644	.7143	.003	-	.547	.6978
$H'$	.735	1.154	.0116	0	.986	1.393

Al compararse cada sistema con el índice de Morisita, se observó que CP y SA fueron muy similares (valor 0.860) debido a que la especie *Pontoscolex corethrurus* fue abundante en los dos sistemas, aumentando así la probabilidad de tomar al azar dos individuos, pertenecieran a esta especie.

Cuadro 5. Valor de similitud entre los 6 sistemas, con base al índice de Morisita

<b>CM</b>	<b>1</b>					
<b>CA</b>	0.043	<b>1</b>				
<b>CP</b>	0	0	<b>1</b>			
<b>SM</b>	0	0	0	<b>1</b>		
<b>SA</b>	0	0.003	0.860	0.247	<b>1</b>	
<b>SP</b>	0	0.045	0.512	0.085	0.581	<b>1</b>
	<b>CM</b>	<b>CA</b>	<b>CP</b>	<b>SM</b>	<b>SA</b>	<b>SP</b>

### 6.2.3. Distribución vertical total y por especie

La distribución vertical por sitio de la comunidad de lombrices se presenta en la figura 7.

En Las Cañadas, las lombrices se distribuyeron hasta los 40 cm, mientras que en el Santuario no se encontraron ejemplares por debajo de los 30 centímetros de profundidad. En los dos sitios, la mayor parte de los individuos se concentraron en el estrato 0-10 (88.75% en las Cañadas y 76.41% en el Santuario), y en el 10-20 (9.55% en **C** y 18.7% en **S**). Los estratos más profundos casi no presentaron lombrices (0.92% en 20-30 y 0.77% en 30-40 en **C**; 4.83% en 20-30 en **S**).

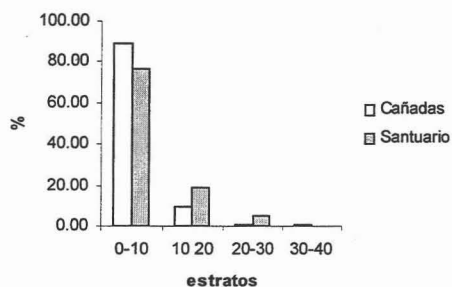


Figura 7. Distribución vertical en porcentaje de densidad de la comunidad de lombrices en los dos sitios de estudio.

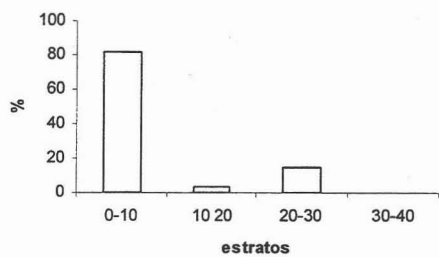
Las especies *Amyntas corticis* y *Amyntas gracilis* se concentraron exclusivamente en el estrato 0-10 de **SA** y **SP**. Algunos individuos de *A. gracilis* también se colectaron cualitativamente en **CA**, en troncos caídos en descomposición.

Todos los individuos de la especie *Aporrectodea aff. rosea* se colectaron en el estrato 0-10 de **SA**. *Aporrectodea rosea*, una de las especies más comunes del santuario, se distribuyó principalmente en el estrato 0-10 y, en menor grado, el 20-30 de los tres sistemas del Santuario (Figura 8a).

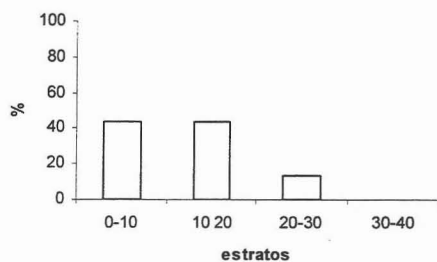
La especie *Onychochaeta windlei* sólo se colectó en **SP**, en donde se distribuyó principalmente en los dos primeros estratos (86.9% en 0-20) y en menor grado en el estrato 20-30 (13%) (Figura 8b).

*Pontoscolex corethrurus* se colectó en **CP**, **SA** y **SP**, caracterizándose por presentar la distribución más amplia de todas las especies, pues se encontró en todos los estratos. Su distribución sin embargo, se concentró en el estrato 0-10 (87.61%) (Figura 8c).

a)



b)



c)

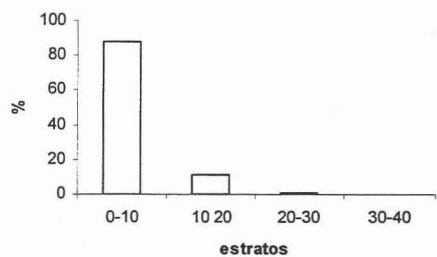


Figura 8. Distribución vertical de: a) *Aporectodea rosea* (sitios **SM**, **SA**, **SP**), b) *Onychochaeta windlei* (**SP**) y c) *Pontoscolex corethrurus* (**CP**, **SA**, **SP**) en porcentaje de densidad.

El resto de las especies encontradas con el método cuantitativo únicamente se presentaron en un solo estrato: i) *Balanteodrilus pearsei*, en el estrato 30-40 de **CA**; ii) *Octolasion tyrtaeum* en el estrato 0-10 de **SP**; iii) *Periscolex brachycystis* en el estrato 10-20 de **CM** y iv) *Phoenicodrilus taste* en el estrato 0-10 de **CP**.

#### 6.2.4. Estructura funcional

Los resultados del cuadro 6 señalan que de las 13 especies encontradas en todos los sistemas, once fueron endógeas y dos epigeas. Dentro de las endógeas, seis especies se encontraron dentro del grupo de las polihúmicas, cuatro en el grupo de las mesohúmicas y una hidrófila.

Cuadro 6. Categoría ecológica de cada especie.

Especie	Categoría ecológica
<i>Amyntas corticis</i>	Epigea
<i>Amyntas gracilis</i>	Epigea
<i>Aporrectodea rosea</i>	Endogea polihúmica
<i>Aporrectodea aff. rosea</i>	Endogea polihúmica
<i>Balanteodrilus pearsei</i>	Endogea polihúmica
<i>Eukerria saltensis</i>	Endogea hidrófila
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	Endogea mesohúmica
<i>Onychochaeta windlei</i>	Endogea mesohúmica
<i>Periscolex brachycystis</i>	Endogea polihúmica
<i>Phoenicodrilus taste</i>	Endogea polihúmica
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea mesohúmica
<i>Ramiellona</i> sp. 15	Endogea polihúmica
<i>Zapotecia</i> sp.	Endogea mesohúmica

La figura 9 muestra la estructura funcional por categorías ecológicas para los seis sistemas, observándose que en **CM**, **CA**, y **SM**, predominaron las especies endógeas polihúmicas; en **CP** se encontró una proporción igual de especies endógeas mesohúmicas y polihúmicas, de la misma manera en que **SA** presentó la misma proporción de especies epigeas y endógeas mesohúmicas, por otro lado, en **SP** dominaron las especies endógeas mesohúmicas y en menor grado las epigeas.

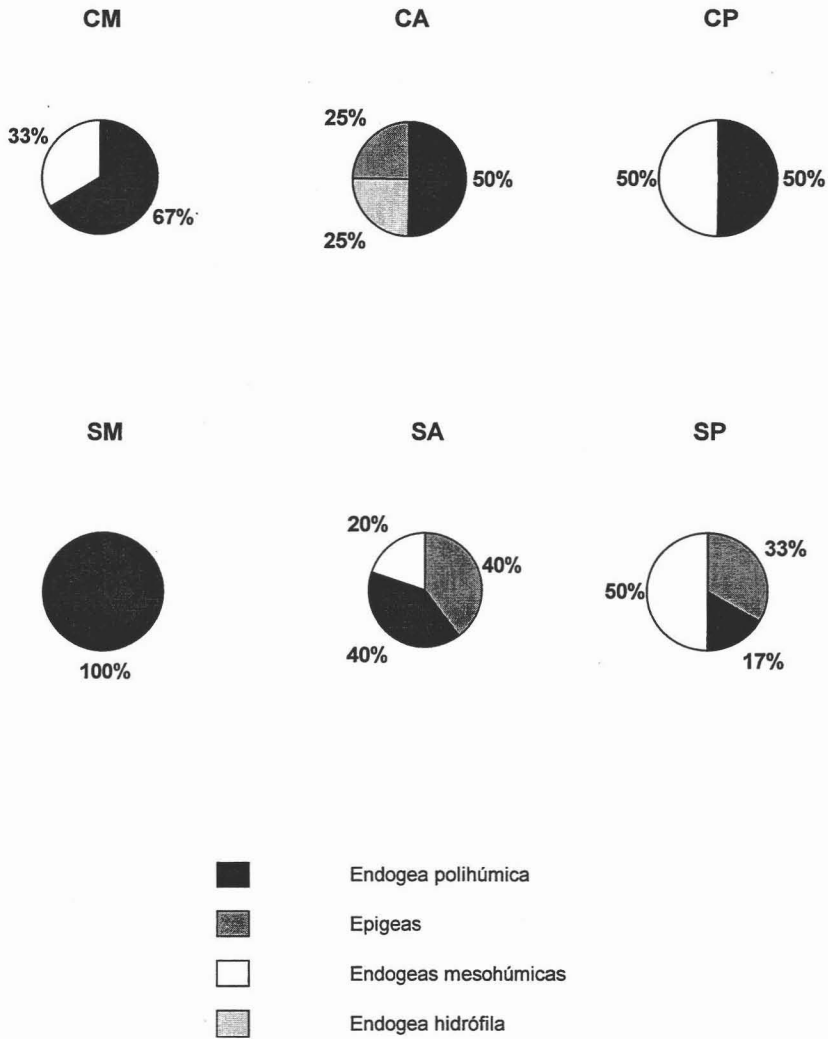


Figura 9. Estructura funcional en porcentaje de especies por categoría ecológica encontradas en los seis sistemas de estudio.

### 6.2.5. Similitud de especies entre los sitios

La similitud de la oligoquetofauna entre los dos sitios (**C** y **S**) se calculó con el índice de asociación de Bray Curtis (programa PATN). El dendrograma de similitudes entre los seis sistemas (realizado con la matriz de presencia/ausencia, índice de similitud de Bray Curtis y el método de aglomeración UPGMA) separó a los sitios en tres grupos.

El primero agrupó al mesófilo y al acahual de las Cañadas (**CM** y **CA**), debido a que en ambos sitios se presentó la nativa *Ramielona* sp 15. En este grupo también se encontraron otras dos especies nativas (*Periscolex brachycystis* y *Zapotecia* sp.). El segundo grupo incluyó únicamente al pastizal de Las Cañadas, (**CP**), en donde se presentaron la exótica *Pontoscolex corethrurus* y la especie nativa *Phonocodrilus taste*. Finalmente, el tercer grupo aglutinó a los tres sistemas del santuario (**SM**, **SA** y **SP**), siendo el pastizal y el acahual los más similares. El factor de agrupación fue la exótica *Aporrectodea rosea* presente en los tres sistemas. Este grupo también se caracterizó por la ausencia de nativas.

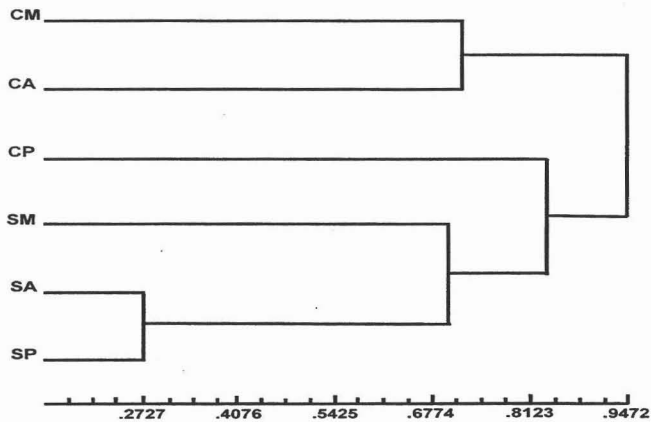


Figura 10. Dendrograma de similitud basado en el índice de asociación de Bray Curtis.



### 6.3. Parámetros ambientales y edáficos

Cuadro 7. Niveles de significancia de las propiedades fisicoquímicas del suelo de los primeros 20 cm con respecto a cada sitio, uso de suelo y sistema.

	pH	M.O.	Arcilla	Arena
<b>Sitios</b>	F= 20.039 +/- 0.27 P= 0.0000 C>S	F= 27.413 +/- 1.89 P= 0.0000 C>S	F= 38.998 +/- 5.13 P= 0.0000 C>S	F= 8.238 +/- 6.02 P= 0.0062 C>S
<b>U.S.</b>	F= 20.909 +/- 0.28 P= 0.0000 M>A>P	F= 1.592 +/- 2.85 P= 0.2140 M>A>P	F= 5.638 +/- 7.72 P= 0.0065 A>M>P	F= 7.992 +/- 6.96 P= 0.0011 P>M>A
<b>Sistema</b>	F= 32.861 +/- 0.26 P= 0.0000 <b>CM&gt;CA&gt;SM&gt; SA&gt;CP&gt;SP</b>	F= 8.56 +/- 3.05 P= 0.0000 <b>CA&gt;CP&gt;CM&gt; SM&gt;CA&gt;SP</b>	F= 24.368 +/- 6.42 P= 0.0000 <b>SA&gt;SM&gt;SP&gt; CA&gt;CM&gt;CP</b>	F= 11.488 +/- 7.73 P= 0.0000 <b>SP&gt;CM&gt;CP&gt; CA&gt;SM&gt;SA</b>

	Humedad	T. ambiente	T. suelo	Hojarasca
<b>Sitios</b>	F= 0.139 +/- 8.11 P= 0.7154 C>S	F= 11.024 +/- 2.29 P= 0.0018 C>S	F= 8.310 +/- 0.97 P= 0.0060 C>S	F= 4.174 +/- 107.86 P= 0.0499 C>S
<b>U.S.</b>	F= 119.934 +/- 4.00 P= 0.0000 M>A>P	F= 17.671 +/- 2.36 P= 0.0000 P>A>M	F= 7.216 +/- 1.17 P= 0.0019 P>M>A	F= 34.749 +/- 78.36 P= 0.0000 M>A
<b>Sistema</b>	F= 55.375 +/- 5.36 P= 0.0000 <b>CM&gt;SM&gt;CA&gt; SA&gt;SP&gt;CP</b>	F= 19.406 +/- 2.55 P= 0.0000 <b>CP&gt;SP&gt;CA&gt; CM&gt;SM&gt;SA</b>	F= 5.978 +/- 1.50 P= 0.0003 <b>CP&gt;SP&gt;CA&gt; CM&gt;SM&gt;SA</b>	F= 19.601 +/- 95.98 P= 0.0000 <b>CM&gt;SM&gt; CA&gt;SA&gt;</b>

#### Humedad:

La humedad ambiental no difirió significativamente entre ambos sitios (C=80.10%, +/-15.43; S=78.6%, +/-1.50); al comparar los tres usos de suelo (M, A, P), los BMM fueron más húmedos (90.78%, +/-2.21); mientras que entre sistemas fue en CM donde se registró el mayor porcentaje de humedad (92.4%, +/-2.51).

#### Temperatura:

Las Cañadas fue más cálido que el Santuario (24.8°C, +/-4.88); con respecto al uso de suelo, fue en los pastizales donde se presentaron las mayores temperaturas (26.9°C, +/-4.73). Entre sistemas fue en **CP** donde se registraron las temperaturas más altas (30.2°C, +/-3.35).

Por otro lado, la temperatura del suelo presentó los mismos patrones que la temperatura ambiente entre sitios (**C**= 19.6°C, +/-1.32), uso de suelo (**P**= 20.2, +/-2.48) y entre sistemas (**CP**= 21.2°C, +/-0.43).

#### Hojarasca:

En Las Cañadas se registró la mayor cantidad de hojarasca (335.7 g/m<sup>2</sup>, +/-129.26). Al comparar entre los usos de suelo, los BMM tuvieron la mayor cantidad (394.9 g/m<sup>2</sup>, +/-111.61), mientras que no se encontró hojarasca en los pastizales. Entre sistemas, **CM** presentó la mayor cantidad (427.8 g/m<sup>2</sup>, +/-101.52).

#### pH:

El suelo de las Cañadas fue ácido (pH= 4.5 - 5.9, +/-0.49), mientras que el del Santuario fue ligeramente ácido (pH= 5.0 - 6.5, +/-0.42). De acuerdo al uso de suelo, los bosques mesófilos fueron los más ácidos (pH= 4.5 - 6.1, +/-0.46); mientras que entre sistemas fue en **CM** donde se registró la mayor acidez del suelo (pH= 4.5 - 5.1, +/-0.15).

#### Materia orgánica (M.O.)

En las Cañadas, el contenido de materia orgánica del suelo fue mayor que el registrado para el Santuario (11.58%, +/-3.54). No se encontró una diferencia significativa de acuerdo al uso de suelo, mientras que entre sistemas fue en **CA** donde se registró el mayor porcentaje de M.O. (12.2%, +/-3.32).

#### Textura:

La clase textural del estrato 0 – 20 cm de las Cañadas estuvo compuesta por migajones arenosos, migajones arcillo arenosos y francos; mientras que el mismo estrato del Santuario estuvo compuesto por migajones arenosos, migajones arcillosos, migajones arcillo arenosos, arcillas y francos.

#### Arcillas:

El porcentaje de arcilla en el suelo fue mayor en el Santuario (30.2%, +/-11.40); mientras que de acuerdo con el uso de suelo, fue en los acahuales donde se presentó la mayor proporción (27.7%, +/-13.44). A su vez, fue en **SA** donde se registró la mayor cantidad de arcillas (38.7%, +/-7.99).

#### Arenas:

El porcentaje de arena en el suelo fue mayor en Las Cañadas (55.3%, +/-5.16), en los pastizales (57.8%, +/-7.27) y en **SP** (59.4%, +/-10.18).

#### Color:

El color del suelo del estrato 0 – 20 cm de ambos sitios estuvo catalogado dentro de la croma 10 YR de la tabla Munsell.

En seco, el color del suelo en Las Cañadas comprendió las tonalidades café amarillento brillante, café amarillento, café, café grisáceo oscuro y café oscuro; mientras que en el Santuario estas tonalidades comprendieron el café amarillento, café claro, café y café grisáceo oscuro.

En húmedo, el color del suelo estuvo compuesto por las tonalidades café amarillento oscuro, café grisáceo oscuro, café oscuro, café muy oscuro y negro; mientras que en el Santuario estas fueron café oscuro, café muy oscuro y negro.

#### 6.4. Relación de las lombrices con los parámetros edáficos

El cuadro 8 muestra que cinco especies exóticas presentaron una correlación moderada, media ó alta con algún parámetro fisicoquímico o ambiental. Debido a que no se encontraron correlaciones con respecto al uso de suelo y sistema, los valores mostrados en el cuadro sólo se consideraron a nivel de sitio.

Materia orgánica: Se correlacionó de manera positiva con la biomasa de *A. rosea* y de *Pontoscolex corethrurus*, así como con la densidad de esta última; por otro lado se correlacionó de manera negativa con las biomasa de *A. gracilis* y con la densidad de *A. corticis*.

pH: se correlacionó positivamente con la biomasa de *A. gracilis* y con la densidad de *A. corticis*. Por otro lado, se correlacionó negativamente con la biomasa de *A. rosea*, *A. corticis* y *O. windlei*.

Humedad ambiental: se correlacionó de manera negativa con la densidad de *A. corticis* y *O. windlei*, así como con la biomasa de *A. gracilis* y *O. windlei*.

Temperatura ambiente: Se correlacionó de manera positiva con la densidad y biomasa de *P. corethrurus*; mientras que se correlacionó de manera negativa con la densidad de *O. windlei* y la biomasa de *A. corticis* y *O. windlei*.

Temperatura del suelo: Se correlacionó de manera positiva con la densidad y biomasa de *O. windlei*, así como con la biomasa de *A. gracilis*.

Cuadro 8. Valores de correlación ( $r = 1$  ó  $-1$ ) de la densidad y biomasa total y por especie de las lombrices, en relación con las propiedades fisicoquímicas y ambientales del suelo. Los valores de  $r$  se determinaron de la siguiente manera:  $r$  moderada (de  $\pm 0.500 - 0.599$ ) =  $\square$ ,  $r$  media (de  $\pm 0.600 - 0.699$ ) =  $\square$ ,  $r$  alta (de  $\pm 0.700 - 0.899$ ) =  $\square$  y  $r$  muy alta ( $> 0.900$ ) =  $\square$ .

	Parámetros fisicoquímicos				Parámetros ambientales			
	pH	% M.O.	% Arcilla	% Arena	Temp. Amb.	Temp. Suel.	Humedad	Hojarasca
<b>Densidad</b>								
<i>A. corticis</i>	0.592	-0.821					-0.860	
<i>A. gracilis</i>								
<i>A. aff.</i>								
<i>A. rosea</i>			0.688	-0.830				-0.780
<i>B. pearsei</i>								
<i>O. tyrtaeum</i>								
<i>O. windlei</i>			0.847	-0.913	-0.785	0.998	-0.832	
<i>P. brachycystis</i>								
<i>P. taste</i>								
<i>P. corethrurus</i>		0.824	-0.567		0.725			
Abundancia total					0.668	0.539	-0.666	
<b>Biomasa</b>								
<i>A. corticis</i>	-0.898				-0.830			
<i>A. gracilis</i>	0.973	-0.995	-0.859	0.900		0.890	-0.896	
<i>A. aff.</i>								
<i>A. rosea</i>	-0.519	0.539	0.500	-0.587				
<i>B. pearsei</i>								
<i>O. tyrtaeum</i>								
<i>O. windlei</i>	-0.532		0.728	-0.811	-0.790	0.963	-0.700	
<i>P. brachycystis</i>								
<i>P. taste</i>								
<i>P. corethrurus</i>		0.776	-0.574		0.742			
Biomasa total					0.693	0.500	-0.642	

% arcilla: Se correlacionó de manera positiva con la densidad y biomasa de *A. rosea* y *O. windlei*, mientras que se correlacionó negativamente con la biomasa de *A. gracilis*, y *P. corethrurus*, así como con la densidad de esta última.

% arena: Se correlacionó positivamente con la biomasa de *A. gracilis* y negativamente con densidad y biomasa de *A. rosea* y *O. windlei*.

Hojarasca: Se correlacionó de manera negativa con *A. rosea*.

Finalmente, la densidad y biomasa total de todas las especies presentaron una correlación moderada y media con la temperatura ambiente ( $r = 0.668$  y  $0.693$  respectivamente), la temperatura del suelo ( $r = 0.539$  y  $0.500$ ) y la humedad ( $r = -0.666$  y  $-0.642$ ). Las demás especies no presentaron ningún tipo de correlación con alguno de los parámetros ya mencionados.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Método de Muestreo

#### 7.1.1. Método cuantitativo

El método utilizado en este estudio para obtener los datos de riqueza, densidad y biomasa de las comunidades de lombrices, fue definido por el programa TSBF (Anderson e Ingram, 1993), y ha sido ampliamente utilizado tanto en México (Fragoso, 1985; Fragoso, 1989; Fragoso, 2001; Uribe, 2004) como en el mundo (Swift y Bigner, 2001; Brown *et al.*, 2004). De acuerdo con Swift y Bignell (2001), es bastante adecuado para el muestreo de la macrofauna del suelo independientemente del tipo de vegetación. Sin embargo existen otros métodos para el muestreo de lombrices. Que deben ser utilizados de acuerdo al tipo de especies.

Para determinar la eficiencia de los muestreos cuantitativos realizados en aquellos sistemas donde se encontró más de una especie (**CP**, **SA** y **SP**), se compararon las curvas de acumulación de especies generadas con el programa EstimateS 5 (Colwell, 1999) con los valores teóricos de los índices de Jackknife (de primer orden) y el estimador de riqueza Bootstrap (Figura 11). Las comparaciones indican que en el pastizal de Las Cañadas (Figura 11a), podría haberse encontrado una especie más aparte de las dos registradas, mientras que en el acahual del santuario se podían haber encontrado dos más de las cinco encontradas (Figura 11b). Por otro lado, el pastizal del santuario estuvo bien muestreado, ya que se colectó el total de especies esperadas (7 especies) (Figura 11c).

No se realizó la curva de acumulación de especies para los otros sitios muestreados, debido a que bajo el método cuantitativo sólo se encontró una especie por sistema, lo cual no permitiría observar algún patrón. En definitiva, podemos concluir que con el método TSBF, en **CP** se capturó el 67% de las especies potenciales, en **SA** el 71% y en **SP** el 100%.

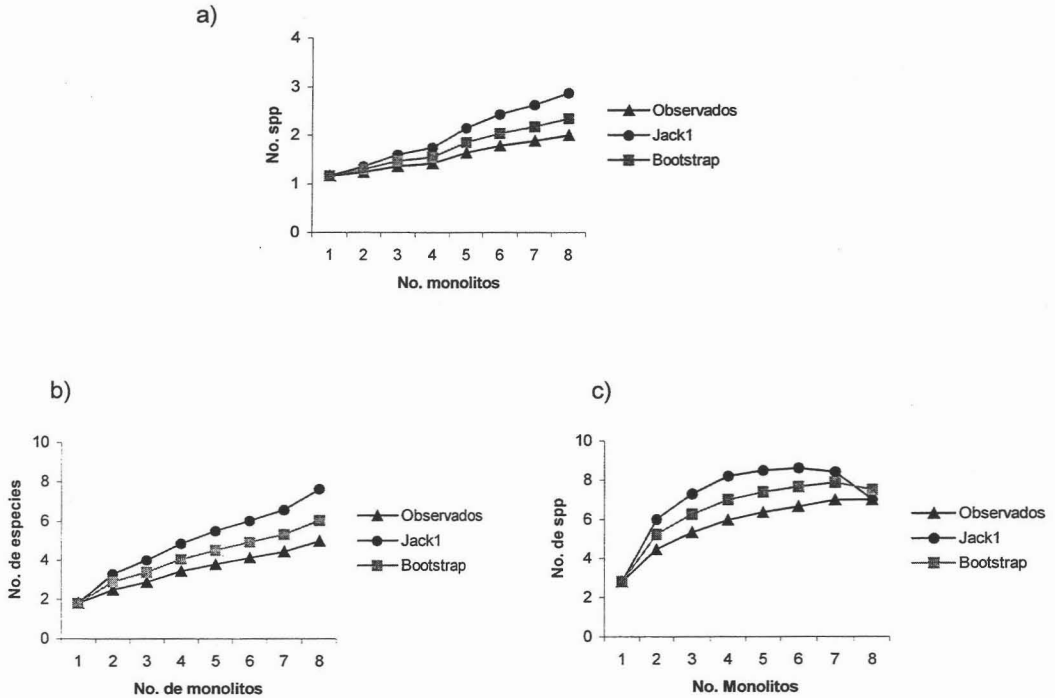


Figura 11. Curvas de acumulación de especies para: a) Pastizal de Las Cañadas, b) Acahual del Santuario y c) Pastizal del Santuario.



### 7.1.2. Método cualitativo

El método cualitativo constituye una forma rápida y que no requiere tanto esfuerzo para obtener información complementaria a la obtenida a través del método cuantitativo. Tiene como ventajas:

- Presentar una visión más integral de la riqueza de especies de la zona.
- Permitir conocer aspectos que bajo el método cuantitativo pudieran ignorarse u omitirse.

Este método se realizó antes y durante el muestreo cuantitativo en el rancho Las Cañadas, y bajo el cual se registraron las especies *Amyntas gracilis*, *Eukerria saltensis*, *Ramiellona* sp. 15 y *Zapotecia* sp., que se incluyeron en los análisis de riqueza y diversidad ( $D_s$  y  $H'$ ), así como en la determinación del porcentaje de categorías ecológicas. Aunque se realizó un mismo esfuerzo de colecta en el Santuario, no se encontraron nuevos registros bajo este método.

Fragoso (1989) utilizó este método en diferentes tipos de vegetación (incluyendo BMM) a lo largo de un gradiente altitudinal en la reserva "El Cielo" Tamps., y también encontró especies no registradas con el método cuantitativo.

## 7.2. Patrones de las comunidades

### 7.2.1. Patrones por especie

A continuación se discuten algunas características de las especies más sobresalientes que se encontraron durante este trabajo.

La lombriz exótica *Pontoscolex corethrurus* fue la especie dominante en CP y SA. De acuerdo con Lavelle (1987) esta especie ha sido ampliamente estudiada en todo el mundo debido a que es muy común; también es una especie muy

común en México pues se tienen 72 registros en 12 estados (Fragoso, 2001). Las características que le han permitido esta amplia distribución son: partenogénesis, gran tolerancia a la variabilidad ambiental y contar con relaciones mutualistas con las bacterias del suelo que le permiten alimentarse de suelos pobres y difíciles de asimilar por otras especies de lombrices (Lavelle, 1987). Esta especie también se encontró en acahuales y pastizales derivados de un bosque mesófilo en la reserva del Cielo, Tamps., (Fragoso, 1989).

*Aporrectodea rosea* se encontró en todos los sistemas del Santuario y presentó el segundo porcentaje más alto de densidad en el acahual del santuario. Esta especie exótica de origen europeo es también común en los bosques fríos de los estados del centro del país (Fragoso y Reynolds, 1997; Fragoso, 2001).

El hallazgo de la exótica, *Onychochaeta windlei* en SP, constituye un importante nuevo registro para México, ya que sólo se había colectado en algunas islas del caribe, Surinam y Venezuela (Reynolds y Fragoso, 2004). Aún más notorio es que se le halla encontrado en pastizales templados, debido a que todos los registros anteriores provienen de bosques tropicales.

*Balanteodrilus pearsei* es una lombriz nativa muy común en el sureste de México, sin embargo (y al igual que la especie anterior), sólo se había registrado por debajo de los 720 msnm (Fragoso, 2001; Ortiz-Ceballos y Fragoso, 2004). Su presencia en el acahual de las Cañadas a 1300 msnm constituye el registro de mayor altitud para esta especie. En México, *B. pearsei* se ha registrado 35 ocasiones en 6 estados (Fragoso, 2001) habitando en selvas altas, medianas, bajas, acahuales, pastizales y cacaotales, entre otros sistemas (Fragoso y Lavelle, 1987; Fragoso *et al.*, 1999; Ángeles, 1996). Esta especie presenta una amplia plasticidad ecológica y un buen potencial de manejo (Fragoso *et al.* 1999; Ortiz-Ceballos y Fragoso, 2004).

En contraste con la especie anterior, la mayoría de los registros por arriba de los 1000 m del género *Zapotecia* en México, corresponde a localidades ubicadas al norte de los 19° de latitud, por lo que la presencia de *Zapotecia* sp. en el mesófilo de las Cañadas, a 1300 m de altitud, representa la altitud más baja y sureña registrada para el género. En México el género *Zapotecia* esta compuesto por tres especies con registros en Veracruz y el Estado de México. *Zapotecia* sp. se ha registrado tres veces en selvas, acahuales y pastizales del estado de Veracruz (Fragoso, 2001).

Otra especie nativa que se colectó en el pastizal de las Cañadas fue *Phoenicodrilus taste*, aunque tan sólo aportó el 0.15% abundancia y el 0.008% de biomasa. Esta especie, es muy común en los ambientes tropicales del sureste de México. Se le ha registrado 35 veces en 14 estados del país en ambientes naturales y perturbados (Fragoso, 2001; Uribe, 2004). Es una especie con amplia plasticidad ecológica, lo cual explica su presencia en un ambiente perturbado, en donde sólo se encontró *Pontoscolex corethrurus*.

En el apéndice 2, se presenta una diagnosis de las demás especies, las cuales aunque no menos importantes, no presentan características relevantes en cuanto a su hallazgo en estos sitios y sistemas.

### **7.2.2. Densidad y biomasa**

Bosques mesófilos:

Los valores de densidad y biomasa registrados por Fragoso (1989) para la comunidad de lombrices de un BMM de la reserva el Cielo, Tamps. (densidad= 22-46 ind/m<sup>2</sup>; biomasa= 6-16 g/m<sup>2</sup>), fueron superiores a los hallados en los bosques mesófilos de las Cañadas y el Santuario (densidad: CM= 6 ind/m<sup>2</sup>, SM= 2 ind/m<sup>2</sup>; biomasa: CM= .096 g/m<sup>2</sup>, SM= .032 g/m<sup>2</sup>, respectivamente). Comparados con los agroecosistemas, los bosques mesófilos de **S** y **C**, también presentaron los

valores más bajos de densidad y biomasa. Estos patrones, se pueden deber a la alta humedad que existe en estos dos bosques (de acuerdo con los resultados de los parámetros ambientales y edáficos), debido a que el exceso de humedad se correlaciona de manera negativa con la densidad y biomasa de lombrices, pero también la perturbación debe de haber influido (Fragoso y Rojas, 1996).

#### Acahuales:

Tanto los acahuales de **S** como de **C** presentaron valores de densidad y biomasa distintos, comparados con los valores promedio obtenidos por Fragoso (2001) para los acahuales en México (densidad= 12-230 ind/m<sup>2</sup>; biomasa= 31 g/m<sup>2</sup>). Mientras que **CA** presentó densidades y biomasa bajas (4 ind/m<sup>2</sup>; 0.160 g/m<sup>2</sup>), **SA** presentó valores muy altos (256 ind/m<sup>2</sup>; 57.518 g/m<sup>2</sup>). Este comportamiento puede deberse a que los dos acahuales presentan distinto grado de perturbación; en **CA**, la perturbación es menor debido a que no se ha intervenido en este sistema desde hace aproximadamente 15 años, por lo que se mantiene un grado de humedad muy similar al del BMM y la compactación del suelo es menor debido a que no existen veredas cercanas al sitio que permitan un alto grado de presión antropogénica, por lo que las comunidades de lombrices en **CA** se comportan de manera similar a **CM**, lo cual contrasta con lo observado en **SA**, donde existe una constante perturbación debido a su cercanía con la zona urbana. Dichos patrones coinciden con las observaciones de Fragoso (2001), quien sostiene que en los ambientes naturales la densidad y biomasa de lombrices es menor, a diferencia de los ambientes perturbados, los cuales alojan una mayor cantidad de especies (casi todas exóticas) y presentan valores mayores de densidad y biomasa. También se ha observado que siempre que se presenta la especie exótica *P. corethrurus*, los valores de densidad y biomasa aumentan (Fragoso, 2001).

## Pastizales:

Al comparar los valores de densidad y biomasa de todos los sistemas, resulta que el pastizal de las Cañadas presenta los valores más altos de densidad y biomasa, seguido por el **SA** y **SP**. Uno de los sistemas que más ha sido estudiado en México son precisamente los pastizales, principalmente los tropicales (Fragoso, 1993; Ortiz-Ceballos y Fragoso, 2004) y cuyos valores promedio (Fragoso, 2001) se encuentran dentro de un rango de 10-653 ind/m<sup>2</sup> y 22-88 g/m<sup>2</sup> respectivamente. Los valores registrados para las Cañadas, duplican estos registros (1286 ind/m<sup>2</sup>, 406.2 g/m<sup>2</sup>) y se acercan más a los de Lee (1959) para Nueva Zelanda (2000 ind/m<sup>2</sup>, 350 g/m<sup>2</sup>), lo cual se puede deber a que la producción de estiércol en estos pastizales de carácter ganadero, aumenta los valores de densidad y biomasa, como se ya dijo en la parte introductoria. Fragoso (1993) reportó los valores de abundancia y biomasa (78 ind/m<sup>2</sup> y 24.4 g/m<sup>2</sup>) de un pastizal derivado de un BMM en la reserva de "el Cielo" Tamps., los cuales fueron incluso menores que los reportados para **SP** (106 ind/m<sup>2</sup> y 90.6 g/m<sup>2</sup>), lo cual puede deberse al uso que se le da a **SP**, ya que al ser parte de un jardín, se le agregan abonos que podrían explicar esta mayor densidad. De nuevo, la presencia de *Pontoscolex corethrurus* fue el factor determinante de los elevados valores de densidad y biomasa en estos sistemas.

Fragoso (2001) reporta para el BMM menores valores de densidad y biomasa, que los acahuales y los pastizales, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio. También es posible que el método utilizado no sea representativo para ciertos sistemas, por lo que posiblemente se pudiera encontrar una mayor riqueza específica y diversidad en el BMM bajo otro método.

### 7.2.3. Diversidad

#### Bosque mesófilo:

En **CM** se encontraron tres especies nativas, dentro del rango observado para los BMM por Fragoso (2001) (3-7 especies). En **SM** por otro lado, tan sólo se encontró una especie exótica, indicando claramente que el BMM de esta localidad está severamente perturbado. Por otro lado, este comportamiento también puede sugerir que la alta humedad del suelo en BMM limita a las comunidades de lombrices, siendo las nativas aquellas que debido a su evolución en este ambiente pueden soportar mejor los altos grados de humedad. De hecho en ninguno de los tres sistemas del Santuario se encontraron especies nativas, lo que parece ser el patrón general en toda la región de Xalapa-Coatepec, posiblemente debido a la influencia urbana y el alto grado de humedad (Fragoso, com. per.) y en general de la ruta comercial Veracruz-México D.F. (Fragoso y Reynolds, 1997).

#### Acahuales:

La cantidad de especies encontradas en **CA** (4 especies, dos nativas) y **SA** (5 especies exóticas) cae dentro o ligeramente por arriba del rango observado para los acahuales (3-4 especies) (Fragoso, *op. cit.*), los dos acahuales resultaron ser sistemas relativamente diversos, lo cual podría deberse al menos a dos razones: 1) influencia de la etapa sucesional de la vegetación, pues en los acahuales se desarrollan más especies herbáceas que contribuyen en mayor medida al aporte de nitrógeno, el cual se correlaciona de manera positiva con la riqueza de especies (Uribe, 2004) y 2) en los acahuales se presentan condiciones más cálidas y secas que en el BMM, lo que podría favorecer la entrada de especies con mayor afinidad tropical, tal como fue en el caso de **CM**, en donde se presentaron las especies *Ramiellona* sp., *B. pearsei* y *P. brachycystis*.

## Pastizales:

En **CP** se encontraron dos especies (una nativa), mientras que en **SP** fueron sólo seis especies exóticas. Aunque los dos pastizales caen dentro del rango de especies encontradas para este sistema (2-9 spp.) (Fragoso, 2001), presentaron diversidades muy distintas, ya que mientras en **CP** se observó una baja diversidad debido a la dominancia de la especie exótica *Pontoscolex corethrurus*, en **SP** se presentó una comunidad diversa y equitativa. El patrón anterior se pudo ver influido por el uso del suelo, ya que mientras el pastizal de las Cañadas es de carácter ganadero, **SP** es un jardín ornamental, en donde el transplante de especies vegetales, seguramente transportó de manera accidental a las especies exóticas, además de que la influencia urbana en este último sistema es mayor.

### 7.2.4. Distribución vertical y estructura funcional

Como en la mayoría de las comunidades de lombrices endogeas de México (Fragoso, 2001), las lombrices de ambos sitios prefirieron el estrato superficial 0-10 cm y en menor medida el 10-20 cm, lo cual coincide con el estudio de Fragoso (1993), quien retomó los datos de Vázquez (1987, citado en Fragoso 2001) y en donde se muestra como en el bosque mesófilo del Cielo, las lombrices se concentraron en el estrato 0-10, sin un cambio muy fuerte entre estaciones. El dominio de las especies endogeas polihúmicas y mesohúmicas, coincide con los patrones generales hallados por Fragoso (2001) para los ambientes perturbados de México (pastizales y acahuales) y donde la gran mayoría de las especies encontradas son endógeas; sin embargo no se ajustan completamente con los registros para bosques templados (mesófilos y pino-encino), en donde, y de acuerdo con el autor anterior, las epigeas pueden llegar a representar del 37 al 58% del promedio de la densidad. La falta de epigeas nativas en los dos bosques mesófilos podría deberse a dos razones principales: 1) Extinción por la perturbación y 2) influencia filogenética.

De las especies encontradas 2 fueron epigeas (exóticas), 6 endogeas polihúmicas, 4 endogeas mesohúmicas y 1 endogea hidrófila, lo cual nos sugiere que en estos dos sitios, las comunidades de lombrices ejercen un mayor efecto sobre la dinámica edáfica de los primeros estratos.

Fragoso y Lavelle (1992) sostienen que la dominancia de lombrices endogeas en México se debe a los patrones de tipo filogenético-geográfico y también en parte a la riqueza de los suelos jóvenes que se presentan en el país.

#### **7.2.5. El impacto de la perturbación: nativas y exóticas**

De acuerdo con Fragoso (1989) y Ortiz (2004), la baja abundancia de especies exóticas en zonas no perturbadas y su dominio en sitios perturbados (aquellos donde han cambiado las características físicas y químicas del suelo), sugieren que este grupo solo recoloniza los sitios alterados; en el mismo sentido, el autor también propone que la ausencia de especies nativas en ambientes perturbados se debe más a la destrucción de su hábitat que al desplazamiento por parte de las especies exóticas.

De la misma manera, Fragoso (1993) y Fragoso y Reynolds (1997), indican que en el sureste mexicano hay en promedio una mayor cantidad de lombrices de tierra nativas en los ecosistemas naturales que en los sistemas perturbados.

La relación entre lombrices nativas y exóticas, es un buen parámetro para estimar el impacto de la perturbación sobre los ecosistemas (Fragoso, 1993; Fragoso *et al.* 1999). Bajo este punto de vista podemos decir que las Cañadas es un sitio menos perturbado (pues fue aquí donde se registraron todas las especies nativas de este estudio), que el Santuario, el cual estuvo compuesto únicamente por especies exóticas.



La mayor perturbación del Santuario, en comparación con el rancho las Cañadas, se podría deber principalmente a que: 1) posee una extensión menor, 2) se encuentra muy cerca de una zona urbana, 3) registra una mayor presión por actividades antropogénicas tales como la extracción de leña (Williams-Linera 1993) y 4) Hay una gran introducción de plantas.

Por lo general se espera que en bosques bien conservados no se presenten exóticas. La información obtenida para ambos sitios (mapas, registros históricos y observación directa), coincide en colocar al BMM de las Cañadas como el bosque menos perturbado. En contraste, en el bosque del santuario, se presenta un evidente grado de perturbación, lo que coincide con la ausencia de nativas y el dominio de la especie exótica *Aporrectodea aff. rosea*.

Con la perturbación cambian drásticamente las condiciones ambientales y muchas de las especies nativas son incapaces de sobrevivir. Bajo las nuevas condiciones y ante la ausencia de nativas, las especies exóticas se logran introducir fácilmente siempre y cuando haya dispersión antropogénica. La presencia de nativas en el acahual de las Cañadas podría deberse a que es más viejo y a que no se ha intervenido tanto en él, lo que permitió la recuperación y/o mantenimiento de parte de su oligoquetofauna nativa (50% de las especies encontradas). Una explicación adicional sería que las especies son nativas pero no endémicas; es decir que estas nativas invadieron los acahuales, debido a que provienen de ambientes más tropicales. Por otro lado, el grado de perturbación en el acahual del Santuario se ve reflejado en su oligoquetofauna completamente exótica.

La casi nula presencia de lombrices nativas en los pastizales (CP y SP), indica que el cambio de las condiciones ambientales fue excesivo.

### **7.2.6. Relación con las variables edáficas y ambientales**

#### **Humedad:**

Los análisis de correlación indican que el alto porcentaje de humedad afectó de manera negativa a las comunidades de lombrices. Si bien es cierto que las lombrices prefieren los suelos húmedos sobre los secos, se ha reportado que en algunas áreas de Ohio, E.U.A., la mayor densidad y biomasa de lombrices se presenta en suelos que contienen entre un 12 y 30% de humedad (Olson, 1928 en Edwards y Bohlen, 1996). En este estudio, el porcentaje de humedad ambiental en cada sistema (que se ve reflejado en el porcentaje de humedad del suelo) nunca fue menor al 47%, mientras que en los BMM siempre se encontró por encima del 88%, lo cual puede explicar la baja diversidad, densidad y biomasa de lombrices en estos sistemas. Como ya se mencionó anteriormente, las lombrices se trasladan temporalmente a otros hábitats para evitar inundaciones temporales y la saturación de agua en los suelos (Fragoso y Rojas, 1996).

#### **Temperatura:**

Por otro lado, la temperatura ambiental y la temperatura del suelo no mostraron algún tipo de efecto sobre las comunidades de lombrices en general. De acuerdo con Edwards y Bohlen (1996), la actividad, metabolismo, crecimiento, respiración y reproducción de las lombrices se ve influida por la temperatura que a su vez se correlacionan con la humedad, es decir, las lombrices por lo general prefieren los suelos húmedos y frescos sobre los secos y cálidos. Sin embargo, en este estudio, el factor que determina en mayor medida a las comunidades de lombrices parece ser el exceso de humedad más que la temperatura.

### Materia orgánica:

De acuerdo con Edwards y Bohlen (1996) los suelos con elevado contenido de materia orgánica son más favorables para las lombrices y presentan mayores valores de densidad y biomasa, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este trabajo. Debido a que el contenido de materia orgánica en los suelos de todos los sistemas estudiados fue alto y este se correlacionó de manera positiva con las comunidades de lombrices. En un experimento realizado en Rothamsted, se observó que la abundancia y biomasa de lombrices era mayor en pastizales donde se utilizó abono animal (Edwards y Bohlen, 1996), lo cual puede explicar el comportamiento observado para la densidad y biomasa en el pastizal de las Cañadas (dedicado a la ganadería) y el pastizal del santuario (abonado con productos de jardinería).

### pH:

La mayor acidez de los suelos de **CM** y **CA** podría también estar relacionada con la baja diversidad y densidad de lombrices, pues como lo menciona Lavelle *et al.* (1993), la diversidad y densidad de los invertebrados del suelo, tiende a decrecer en suelos ácidos. El hecho de que los otros sitios más perturbados (**CP**, **SM**, **SA** y **SP**) presentaron suelos más básicos, podría explicar porqué cuando se manejan prácticas como la de roza tumba y quema para dar lugar a plantaciones y tierras para pastoreo, los niveles de pH aumentan (Lavelle, *et al.* 1995). Sin embargo, para fundamentar este último punto de vista, se tendrían que realizar estudios más puntuales que detallen como es que varía el grado de acidez del suelo en un mismo sistema después de una perturbación, debido a que el pH del suelo se puede deber en mayor medida a la naturaleza misma de los suelos de cada lugar

Textura:

También se observó que la mayoría de las lombrices prefirieron los suelos arcillosos sobre los arenosos, lo que coincide con los datos de un estudio realizado en Suecia, donde se encontró que en algunos bosques, pastizales y llanuras, se presentó una correlación positiva entre la densidad de lombrices y el contenido de arcilla en el suelo (Nordström y Rundgren, 1974 en Edwards y Bohlen, 1996) Sin embargo, la especie *Pontoscolex corethrurus* se encontró en suelos con un alto porcentaje de arenas, lo cual coincide con los datos de Uribe (2004), quien indica que esta especie afecta la dinámica del suelo, pues su producción de turrículos aumenta la densidad del suelo debido a que están compuestos por agregados mayores de 2 mm de diámetro.

#### **7.2.7. Comprobación de las hipótesis planteadas**

Con base en los patrones señalados anteriormente retomamos las hipótesis planteadas originalmente, afirmando lo siguiente:

La hipótesis 3.1. **“En los dos sitios el BMM tendrá una menor densidad, biomasa y diversidad de lombrices de tierra que el acahual y el pastizal”**, se acepta, ya que tanto en el BMM del Santuario como en el de las Cañadas, los valores de densidad, biomasa y diversidad, fueron menores con respecto a los valores observados en los acahuales y pastizales.

La hipótesis 3.2. **“Los dos BMM presentarán valores menores de densidad y biomasa de lombrices de tierra que los valores observados en selvas tropicales húmedas (basados en la literatura)”**, se confirma, pues el BMM presentó una densidad y biomasa de lombrices menor que los valores registrados para las selvas tropicales húmedas (Fragoso, 2001).

La hipótesis 3.3. **“En los dos sitios el BMM tendrá una mayor cantidad de lombrices nativas que los acahuales y pastizales”**, se confirma en el caso del BMM de las Cañadas, ya que todos los ejemplares encontrados, aún bajo el método cualitativo, fueron especies nativas; sin embargo se rechaza en el caso del mesófilo del Santuario en donde sólo se encontró un ejemplar de una especie exótica.

La hipótesis 3.4. **“En los dos pastizales las lombrices exóticas dominarán sobre las nativas”**, es correcta, debido a que las lombrices exóticas dominaron sobre las nativas en los dos pastizales.

## 8. CONCLUSIONES

1. La alta humedad del suelo en los BMM, influyó significativamente en la disminución de la diversidad y número de especies.
2. El BMM de Xalapa, con elementos claros de perturbación, perdió toda su oligoquetofauna nativa.
3. En el BMM de las Cañadas, que está más aislado y menos perturbado, aún fue posible encontrar especies nativas, aunque estas posiblemente estén reflejando colonizaciones de la región tropical.
4. La presencia en el acahual de Las Cañadas de dos especies nativas tropicales indican que el bosque mesófilo es una zona de transición entre elementos de carácter tropical (*Balanteodrilus pearsei*) y elementos de carácter templado (*Zapotecia* sp.).
5. La sustitución del BMM por pastizales en las Cañadas, eliminó a todas las especies nativas e influyó significativamente en la disminución de la diversidad, número de especies y categorías ecológicas.
6. El registro en el pastizal del Santuario de la especie exótica *Onychochaeta windlei*, constituye un nuevo registro para México, y de nuevo señala que la altitud a la cual se presenta el BMM todavía permite la invasión de especies (aunque sean exóticas) de afinidad claramente tropical.
7. Como en muchos otros estudios, la especie dominante en los sistemas perturbados fue la exótica *Pontoscolex corethrus*.

Este estudio complementa la poca información recabada hasta ahora sobre las comunidades de lombrices de tierra de los BMM del sureste mexicano. En general se observó que la pérdida de los BMM y su sustitución por pastizales, conlleva a la extinción local de las especies nativas y a su sustitución por parte de las exóticas. Aún cuando se diera una recuperación natural de los sistemas con una mínima o nula intervención del humano, es poco factible que se logre restituir la oligoquetofauna nativa, pues las especies exóticas, una vez instaladas se adaptan también a las condiciones de bosques, principalmente en los ambientes templados y fríos (Fragoso, 2001). Debido a que el BMM es un ecosistema raro que ha sido poco estudiado tanto en México como a escala mundial y que se encuentra en rápido proceso de desaparición, se sugiere realizar más estudios que enriquezcan su conocimiento y que provean las bases para futuros planes de conservación y restauración.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

## 9. LITERATURA CITADA

- Anderson R. V. y J. S. I. Ingram. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A handbook of methods. (2da. Ed.). CAB International. U. K. 70 pp.
- Atkin, I., Proctor, J. Invertebrates in the litter and soil on Volcán Barva, Costa Rica. 1988. *Journal of tropical Ecology*. 4: 307-310.
- Barois, I., and Lavelle, P. 1986. Changes in respiration rate and some physicochemical properties of a tropical soil during transit through *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). *Soil Biology and Biochemistry* 18, 539-541.
- Barois, I., P. Lavelle, M. Brossard, J. Tondoh, M.A. Martínez, J. Rossi, B. Senapati, A. Angeles, C. Fragoso, J. Jiménez, T. Decaens, C. Lattaud, J. Kanyonyo, E. Blanchart, L. Chapuis, G. Brown, & A. Moreno. 1999. Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions. Pp: 57-58. *En: Lavelle, P., L. Brussaard, y P. Hendrix, (Eds): Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CAB International. Oxford, UK.
- Barnes, R. 1977. Zoología de los Invertebrados. Interamericana, México. 826 pp.
- Belbin, L. 1986. PATN. Pattern Analysis Package. Reference Manual. CSIRO.
- Blanchart, E., A. Albrecht, J. Alegre, A. Duboisset, C. Villenave, B. Pashanasi, P. Lavelle, L. Brussaard. 1999. Effects of Earthworms on Soil Structure and Physical Properties. Pp: 149-172. *En: Lavelle, P., L. Brussaard, y P. Hendrix (Eds). Earthworm Management in Tropical Agroecosystem*. CABI International. Oxford, UK.
- Bouché, M. B. 1971. Relations entre les structures spatiales et fonctionelles des ecosystems, illustrées par le rol pédobiologique des vers de terre. Pp. 187-209.



- Bouché, M. B. 1972. Lombriciens de France. Ecologie et Systématique. *Ann. Sol. Ecol. Anim.* Número especial. 72: 1-671.
- Bouché, M. B. 1977. Strategies Lombriciennes. *Ecoll. Bull.* (Stockholm). 25: 122-132.
- Bouyoucos, G.J.A. 1951. Directions for making mechanical analysis of soils by the Hydrometer. *Soil Sci.* 42: 225-2230.
- Brower, J., J. Zac y C. von Ende. 1990. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Third edition, Wm. C. Brown Publishers. United States America. 237 pp.
- Brown, G., A. Moreno, I. Barois, C. Fragoso, P. Rojas, B. Hernández, J. Patrón. 2004. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. *Agr. Eco. Env.* 103: 313-27.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Instituto de Biología/ UNAM/ Agrupación Sierra Madre S.C., México. 847 p.p.
- Colwell, R.K. 1999. Estimates 5. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 5.0.1.
- Decaëns, T., J. Jiménez, E. Barros, A. Chauvel, E. Blanchart, C. Fragoso, P. Lavelle. 2004. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. *Agr. Eco. Env.* 103: 301-12.
- Delgado-Montoya, J.L., R. Ortega-Ortiz, J. Cadena-Íñiguez y J.G. García-Franco. 1988. Guía del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero. Inireb, Xalapa.

- Edwards, C.A. y J.R. Lofty. 1977. *Biology of earthworms*. 2<sup>nd</sup> edition. Chapman y Hall, London, London, UK. 333 pp.
- Edwards, C.A. y P.J. Bohlen. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3<sup>rd</sup> edition. Chapman y Hall, London, UK. 419 pp.
- Flores, A. y G. I. 1971 *Tipos de vegetación de la Republica Mexicana*. S.R.H., dirección de agroecología, México. (pp)
- Fragoso, C. 1985. *Ecología general de las lombrices terrestres (Oligochaeta: Annelida) de la región Boca de Chajul, Selva Lacandona, Estado de Chiapas*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 133 pp.
- Fragoso, C. 1989. *Las lombrices de tierra de la reserva El Cielo. Aspectos ecológicos y sistemáticos*. *Biotam* 1(1): 38-44.
- Fragoso, C. 1993. *Les peuplements de Vers de Terre dans L'Est et Sud-Est du Mexique*. PhD. Thesis doctoral. Université Paris 6. Paris, France. 225 pp.
- Fragoso, C. 2001. *Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): Diversidad, Ecología y Manejo*. *Acta Zoológica Mexicana*. Instituto de Ecología A.C. México. Número especial 1: 131-171.
- Fragoso, C. y P. Lavelle. 1987. *The earthworm community in a tropical rain forest*, *En: A.M. Bonvicini-Pagliai y P. Omodeo (eds). On Earthworms*. Mucchi Editorial Modena, Italia. pp 281-295.
- Fragoso, C. y P. Lavelle. 1992. *Earthworm communities of tropical rain forest*. *Soil Biol. Biochem.* 24:1397-1408.

- Fragoso, C. y P. Rojas. 1996. Size shift in the mexican earthworm species *Balanteodrilus pearsei* (Megascolecidae, acanthodrilini): a posible case of caracter displacement. *Soil Biol. Biochem.* 29: 237-240.
- Fragoso, C. Y J.W. Reynolds. 2004. The earthworms (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae and Ocnerodrilidae) of Bermuda. *Megadrilogica*. 10 (4): 17-26.
- Fragoso, C., P. Lavelle, E. Blanchart, B.K. Senapati, J.J. Jimenez, M. Martínez, T. Decaëns y J. Tonndoh. 1999. Earthworm Communities of Tropical Agroecosystems: Origin, Structure and Influence of Management Practices. En: Lavelle, P., L. Brussaard, P. Hendrix. (Eds.). *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CABI Publishing, UK, pp. 1-26
- García, E. 1978. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köeppen. Instituto de Geografía. UNAM. México D.F., 246 pp.
- Gauch, H. G. Jr. 1982. *Multivariate análisis in community ecology*. Cambridge University Press. London, New York. Pp 170-205
- Gerard, B.M. 1967. Factors affecting earthworm in pastures. *J. Anim. Ecol.*, 36, 235-52.
- Gonzáles, G., X. Zou., S. Borges. 1996. Earthworm abundance and species composition in abandoned tropical cropland: comparison of tree plantations and secondary forest. *Pedobiología* 40: 385-391.
- INEGI. 1988. Síntesis Geográfica, Noménclator y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 69 pp y mapas.
- Jackson, M.L. 1964. *Análisis químicos del suelo*. Omega, Barcelona. 665 pp.

- Jamieson, G.M. 1988. On the phylogeny and Higher Classification of the Oligochaeta. *Cladistics* 4: 367-400.
- Lavelle, P. 1983a. The structure of earthworms communities. Pp 449-465. En: Earthworm Ecology. From Darwin to Vermiculture. J.E. Sarchell (ed) Chapman and Hall.
- Lavelle, P. 1983b. The soil fauna of tropical savannas. II. The earthworms. Pp. 485-504. En: F. Bourliere (ed.): Tropical savannas. Elsevier.
- Lavelle, P. 1987. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystems function. *Adv. Ecol. Research*. 27: 93-122.
- Lavelle P. y V. Spain. 2001. Soil ecology. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 652 pp.
- Lavelle, P., E. Blanchart, E. Martin, A. *et al.* 1993. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics, en *Myths and science of soils in the tropics*, (eds P.A. Sánchez y R. Lal), SSSA Spec. Publ. 29, Madison, WI, pp. 157-85.
- Lavelle, P., A. Chauvele y C. Fragoso. 1995. Faunal activity in acid soils. En: Date, R.A. Plant Soil Interactions at low Ph. Kluwer Publishers. Netherlands. 201-211.
- Lavelle, P., C. Lattaud., D. Trigo., I. Barois. 1995. Mutualism and biodiversity in soils. En: Collins, H., G. Robertson y Klug, M. The significance and regulation of soil biodiversity. Kluwer Academic Publishers. U.S.A. 292 pp.
- Lavelle, P., I. Barois., E. Blanchart, G. Brown, L. Braussaard, T. Decaens, C. Fragoso, J.J. Jiménez., K.K. Kajondo, M.A. Martínez., A. Moreno, B. Pashanasi, B. Senapati y C. Villenave. 1998. Las lombrices como recurso en los agroecosistemas tropicales. *La Naturaleza y sus Recursos*. 1(34): 28:44.

- Lee, K.E. 1959. The earthworm fauna of New Zealand. N. Z. Dep. sci industry. Res. Bull. 130. New Zealand. 486 pp.
- Lee, K.E. 1983. Earthworms of tropical regions –some aspects of their ecology and relationships with soils. En: J. Satchell (Ed.). Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture. Chapman & Hall, London, pp. 179-194.
- Lee, K.E. 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, Sydney, 411 pp.
- Luckose, J. 1960. A note on an association between two adult earthworms. *Curr. Sci.*, 29, 106-7.
- Moreno, C.E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana, México.
- Munsell. 1992. Soil Color Charts. Macbeth, Division of Kollmorgen. Instruments corp. Newburgh, New York.
- Murchie, W.R. 1958. Biology of oligochaete *Eisenia rosea* (Savigny) in an upland forest soil of Southern Michigan. *Am. Midl. Nat.*, 66(1), 113-131.
- Ortiz-Ceballos, A., C. Fragoso. 2004. Earthworm population under tropical maize cultivation: the effect of mulching with velvetbean. *Biol. Fertil. Soils*. 39: 438-45.
- Parle, J.N. 1963. A microbiological study of earthworms cast. *J. Gen. Microbiol.*, 31, 13-23.
- Reynolds, J. 1994. Earthworms of the world. *Global biodiversity*. 4: 11-16

- Reynolds, J., C. Fragoso. 2004. The earthworms (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae and Ocnerodrilidae) of Bermuda. *Megadrilogica*: 10 (4): 17-26.
- Rivero-Hernández, R. 1991. *Influence of pH on the production of Eisenia foetida*. *Avanc. Aliment. Anim.*, 31(5), 215-17.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*. 35: 25-44.
- Satchell, J.E. 1967. Lumbricidae. En *Soil Biology*, A. Burgess y F. Raw (eds). Academic press, London y N.Y. , pp. 259-322.
- Spiers, G. A., Gagnon, D., Nason, G. E. *et al.* 1986. Effects and importance of indigenous earthworms on decomposition and nutrient cycling in coastal forest ecosystems. *Can. J. For. Res.*, 16, 983-9.
- Steel, R. y J. Torrie. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2ª. Edic. (1era en español) Mc Graw Hill, México. 622 pp.
- Swift, M. y D. Bignell. 2001. *Standard methods for assessment of soil biodiversity and land use practice*. International Centre for Research in Agroforestry, Indonesia, 36 pp.
- Uribe, S. 2004 *Relación entre las comunidades de lombrices terrestres (Annelida, Oligochaeta) y algunas propiedades físicas y químicas del suelo en cacaotales con distinto manejo en Teapa, Tabasco, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 105 pp.

Wiecek, C.S., Messenger, A.S. 1972. Calcite contributions by earthworms to forest soils in northern Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36: 478-80.

Williams-Linera, G. 1993. Vegetación de bordes de un bosque nublado en el Parque Ecológico Clavijero, Xalapa, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 41(3): 443-453

www.bosquedeniebla 1998. Documento base de Las Cañadas. Internet:  
www.bosquedeniebla.com.mx/imagen/linbasde.doc y también  
[www.bosquedeniebla.com.mx/espa/bos02.htm](http://www.bosquedeniebla.com.mx/espa/bos02.htm).

# APÉNDICES



	Ph	M.O.	Textura	% Arcillas	%Arena	%Limo	Color en seco	Color en húmedo	Humedad	TAmb	TSuel
CM1	5.06	9.14	Migajón arenoso	16.00	56.00	28.00	10 YR 6/4 café amarillento brillante	10 YR 3/4 café amarillento oscuro	97.30	19.80	18.40
CM2	4.83	9.32	Migajón arcillo arenoso	20.00	52.00	28.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 3/6 café amarillento oscuro	92.50	19.90	19.00
CM3	4.90	10.50	Migajón arenoso	12.00	60.00	28.00	10 YR 5/3 café	10 YR 3/2 café grisáceo muy oscuro	92.50	20.90	18.70
CM4	4.95	23.66	Migajón arenoso	8.00	60.00	32.00	10 YR 4/2 café grisáceo oscuro	10 YR 2/2 café muy oscuro	90.00	21.40	18.60
CM5	4.84	9.03	Migajón arenoso	16.00	56.00	28.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 3/3 café oscuro	93.30	21.10	18.60
CM6	4.87	6.62	Franco	18.00	50.00	32.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 3/3 café oscuro	90.50	21.80	18.80
CM7	4.54	11.40	Migajón arenoso	16.00	56.00	28.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 3/3 café oscuro	89.70	21.70	18.50
CM8	4.93	9.45	Migajón arenoso	8.00	62.00	30.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 3/2 café grisáceo muy oscuro	90.50	21.90	18.70
CA1	4.70	19.17	Migajón arenoso	16.00	64.00	20.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	86.70	21.60	18.40
CA2	5.02	10.66	Migajón arenoso	8.00	62.00	30.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	88.90	21.00	18.30
CA3	4.80	11.96	Migajón arenoso	8.00	60.00	32.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	87.30	21.60	21.81
CA4	4.99	12.05	Franco	14.00	48.00	38.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/1 negro	85.80	21.20	18.42
CA5	5.26	13.10	Migajón arenoso	16.00	52.00	32.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	84.60	21.60	18.80
CA6	4.89	7.19	Migajón arcillo arenoso	22.00	50.00	28.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 2/2 café muy oscuro	95.30	32.20	18.60
CA7	5.53	11.64	Franco	24.00	46.00	30.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	91.70	22.20	19.00
CA8	5.70	12.10	Franco	26.00	44.00	30.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/1 negro	87.10	23.10	18.90
CP1	5.88	12.48	Migajón arenoso	14.00	58.01	27.99	10 YR 5/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	61.30	29.20	21.50
CP2	5.96	12.87	Migajón arenoso	16.00	56.01	27.99	10 YR 4/2 café grisáceo oscuro	10 YR 2/1 negro	64.80	27.30	21.20
CP3	5.84	12.63	Migajón arenoso	12.00	56.01	31.99	10 YR 4/2 café grisáceo oscuro	10 YR 2/1 negro	65.60	29.10	21.20
CP4	5.91	12.21	Migajón arenoso	12.00	56.01	31.99	10 YR 4/2 café grisáceo oscuro	10 YR 2/1 negro	54.00	29.70	21.30
CP5	5.96	9.98	Migajón arenoso	12.00	56.01	31.99	10 YR 4/2 café grisáceo oscuro	10 YR 2/1 negro	46.10	33.20	20.80
CP6	5.78	11.21	Migajón arenoso	12.00	52.00	36.00	10 YR 4/3 café oscuro	10 YR 2/1 negro	60.40	27.50	20.90
CP7	5.97	9.20	Migajón arenoso	8.00	58.00	34.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	57.50	37.10	21.90
CP8	5.70	10.43	Migajón arenoso	10.00	58.00	32.00	10 YR 4/3 café oscuro	10 YR 2/2 café muy oscuro	69.10	28.30	20.50

Propiedades fisicoquímicas del suelo de los primeros 20 cm. de cada monolito y sistema en Las Cañadas

	Ph	M.O.	Textura	% Arcillas	%Arena	%Limo	Color en seco	Color en húmedo	Humedad	TAmb	TSuel
SM1	5.29	12.54	Migajón arenoso	16.00	66.00	18.00	10 YR 4/2 café grisáceo oscuro	10 YR 2/1 negro	88.30	19.10	18.00
SM2	5.72	9.05	Migajón arcilloso	37.00	42.00	21.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 2/2 café muy oscuro	90.20	19.40	17.90
SM3	6.08	12.67	Migajón arcillo arenoso	28.00	48.00	24.00	10 YR 4/2 café grisáceo oscuro	10 YR 2/1 negro	89.00	20.10	17.90
SM4	5.01	5.91	Arcilla	42.00	34.00	24.00	10 YR 5/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	89.30	19.90	18.10
SM5	5.15	6.08	Arcilla	44.00	36.00	20.00	10 YR 6/3 café claro	10 YR 3/3 café oscuro	90.30	19.90	17.80
SM6	6.02	6.44	Arcilla	40.00	40.80	19.20	10 YR 5/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	88.90	20.00	17.90
SM7	5.59	7.85	Migajón arcillo arenoso	32.00	48.00	20.00	10 YR 5/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	90.10	19.80	17.70
SM8	5.66	9.57	Migajón arcillo arenoso	29.99	54.01	16.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	90.20	19.90	18.10
SA1	5.53	4.66	Arcilla	47.99	24.02	27.99	10 YR 5/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	80.00	19.00	17.70
SA2	5.49	8.23	Arcilla	39.99	30.01	29.99	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	81.60	19.60	17.30
SA3	5.77	8.52	Migajón arcilloso	33.99	38.01	27.99	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	84.60	20.30	17.40
SA4	5.90	7.11	Arcilla	45.99	26.01	27.99	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	87.00	19.80	17.10
SA5	5.45	7.31	Arcilla	45.99	34.01	20.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	81.90	18.90	17.30
SA6	5.78	5.58	Migajón arcilloso	35.99	42.01	22.00	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	80.20	19.70	17.30
SA7	5.91	8.25	Migajón arcilloso	35.99	38.01	25.99	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	82.90	19.60	17.70
SA8	6.18	8.68	Migajón arcillo arenoso	24.00	46.01	29.99	10 YR 4/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	80.90	20.30	17.90
SP1	6.38	4.88	Migajón arenoso	12.00	68.00	20.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 3/3 café oscuro	77.60	23.30	17.80
SP2	6.27	3.37	Migajón arcilloso	27.99	46.01	25.99	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 2/2 café muy oscuro	55.30	17.90	27.60
SP3	6.24	3.98	Migajón arenoso	18.00	62.00	20.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 2/2 café muy oscuro	70.60	23.20	17.70
SP4	6.45	3.22	Migajón arcillo arenoso	19.00	63.00	18.00	10 YR 5/4 café amarillento	10 YR 3/3 café oscuro	68.60	20.60	17.70
SP5	6.54	1.68	Migajón arenoso	18.00	60.01	22.00	10 YR 6/3 café claro	10 YR 3/3 café oscuro	66.70	25.90	18.00
SP6	6.01	3.99	Migajón arcillo arenoso	20.00	58.00	22.00	10 YR 6/3 café claro	10 YR 3/3 café oscuro	66.00	22.50	18.60
SP7	6.17	8.70	Franco	18.00	44.00	38.00	10 YR 5/3 café	10 YR 2/2 café muy oscuro	58.80	26.20	17.70
SP8	6.40	1.99	Migajón arenoso	14.00	74.00	12.00	10 YR 6/3 café claro	10 YR 3/3 café oscuro	47.50	28.90	18.40

**Propiedades fisicoquímicas del suelo de los primeros 20 cm. de cada monolito y sistema en el Santuario**

**APÉNDICE 2.**  
**DIAGNOSIS DE LAS ESPECIES DE LAS LOMBRICES**  
**(Tomado de Frago en preparación)**

**FAMILIA: GLOSSOSCOLECIDAE**

***Periscolex brachycystis* (Cognetti, 1905)**

Diagnosis: 1: 50-64 mm; d: 1.5 mm; pigmentación abundante en la parte anterior del cuerpo; ocho quetas o más por segmento; holonefridios; glándulas calcíferas en el segmento 7; una molleja en el segmento 6; últimos corazones en el segmento 11; holándrico; tubérculos pubertarios en 20-21; con tiflosolis; vesículas seminales en los segmentos 11 y 12; uno o dos pares de espermatecas en los intersegmentos 6/7 y/o 7/8.

Categoría ecológica: Endógea polihúmica

Origen: Exótica

***Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1858)**

Diagnosis: 1: 60-120 mm; d: 4-6 mm; pigmento ausente; 8 quetas por segmento, anteriormente en arreglo regular pero posteriormente dispuestas generalmente al tresbolillo; poros masculinos y tubérculos pubertarios en la región del clitelo; una molleja en 6; tres pares de glándulas calcíferas de estructura tubular-dicotómica en 7-9; holonefridios; metándria; espermatecas simples; clitelo en forma de silla de montar en 15, 16-22, 23; tubérculos pubertarios en 19-22; poros espermatecales pareados en 6/7-8/9.

Categoría ecológica: Endógea mesohúmica

Origen: Exótica

***Onychochaeta windlei* (Beddard, 1890)**

Diagnosis: Longitud aproximada de 7 cm; ausencia de pigmento; ocho quetas irregulares por segmento quicoaxial a partir del clitelo; la región posterior presenta quetas muy conspicuas. Peristomio y segundo segmento invaginados. Clitelo: 14, 15-22, 23. Tubércula pubertatis en 20-22. Poros masculinos intraclitelares en 20/21. Molleja voluminosa en segmento 6. Glándulas calcíferas en 7, 8 y 9 ventrolaterales, muy pequeña y con estructura interna de tipo tubular. Vesículas seminales en 11 y 12. Tres pares de espermatecas en 7,8 y 9 ( $9 > 8 > 7$ ). Holándrica. Últimos corazones en 11.

Categoría ecológica: Endogea mesohúmica

Origen: Exótica

**FAMILIA: LUMBRICIDAE**

***Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826)**

Diagnosis: Longitud 25-85 mm. No presenta pigmentación pero la parte anterior es rosada, clitelo amarillento y flared. Cuerpo cilíndrico. Prostomo epilóbico. Poro dorsal grande en los segmentos 4 y 5. Poros espermatecales en la parte dorsal de los segmentos 9,10 y 11 o ausente. Clitelo en 24,25,26-32,33. Tubérculos pubertarios usualmente en los segmentos 29-½31,31, y algunas veces en 30 y 31; tumescencias alrededor de las quetas 9 a 13 o 15 y 25,26-32,33. Quetas cercanamente pareadas ( $2aa=bc$ ).

Categoría Ecológica: Epigea

Origen: Exótica

***Octolasion tyrtaeum* (Savigny, 1826)**

Diagnosis: l: 25-130 mm; d: 3-8 mm; pigmento ausente; poros espermatecales en

C y D en 9/10 y 10/11; clitelo en forma de silla de montar en 30-35; tubérculos pubertarios en 31-34.

Categoría Ecológica: Endogea mesohúmica

Origen: Exótica

**FAMILIA: MEGASCOLECIDAE**  
**SUBFAMILIA: ACANTHODRILINAE**  
**TRIBU: ACANTHODRILINI**

***Balanteodrilus pearsei* (Pickford, 1938)**

Diagnosis: 35.7-104 mm; d: 1.6-3.3 mm; sin pigmento, de color gris claro; prostomio tanilóbico; 8 quetas por segmento; holonefridios; glándulas clacíferas en los segmentos 7-11 (5); una molleja esofágica en el segmento 5, últimos corazones en el segmento 12; aparato masculino holoándrico; un par de poros espermatecales en los segmentos 7/8; un par de poros prostáticos en el segmento 19; patrón de papilas genitales muy variable; con o sin quetas genitales en los segmentos 6,7,8 y 9; espermatecas provistas de divertículos.

Categoría ecológica: Endógea polihúmica

Origen: Nativa

***Zapotecia amecameca* (Eisen, 1900)**

Diagnosis: l: 80-120 mm; d:2.5 mm; sin pigmentación; últimos corazones en el segmento 12; vesículas seminales en los segmentos 11 y 12; con quetas peniales; divertículo espermatecal bilobulado. Los ejemplares colectados difieren de la descripción original por la ubicación del primer poro dorsal y el clitelo. En tanto no se realice la revisión del género, su determinación deberá considerarse

tentativa.

Categoría ecológica: Endógea mesohúmica

Origen: Nativa

### SUBFAMILIA: MEGASCOLECINAE

### TRIBU: MEGASCOLECINI

#### ***Amyntas gracilis* (Kingerg, 1867)**

Diagnosis: l: 56-156 mm; d: 3-6 mm; pigmento de color generalmente gris o rojo parduzco; poros masculinos superficiales inconspicuos; poros espermatecales ventrales en 5/6, 6/7 y 7/8; pequeñas papilas ovoidales a los lados de los poros espermatecales y en algunos segmentos posteriores; numerosas papilas a los lados de los poros masculinos.

Categoría ecológica: Epigea

Origen: Exótica

#### ***Amyntas corticis* (Kinberg, 1867)**

Diagnosis: l: 45-170 mm; d: 3-6 mm; pigmento de color muy variable, generalmente gris verdoso oscuro o rojo parduzco; poros espermatecales ventrales en 5/6, 6/7, 7/8 y 8/9; pequeñas papilas ovoidales pareadas a los lados de los poros espermatecales; otras papilas a los lados de los poros masculinos.

Categoría ecológica: Epigea

Origen: Exótica

**TRIBU: DICHOGASTRINI**

**ESPECIE: Ramielona sp 15 (sp. aún no determinada)**

Categoría ecológica: Endógea polihúmica

Origen: Nativa

**FAMILIA: OCNERODRILIDAE**

**SUBFAMILIA: OCNERODRILINAE**

**TRIBU: OCNERODRILINI**

***Eukerria saltensis* (Beddard, 1895)**

Diagnosis: l: 25-100 mm; d: 1-2 mm; pigmento ausente; clitelo en 13,14-19,20,21; molleja en 7; 2 pares de vesículas seminales en 9 y/o 11; espermatecas pareadas en 8 y 9.

Categoría ecológica: Endógea hidrófila

Origen: Exótica

***Phoenicodrilus taste* (Eisen, 1895)**

Diagnosis: l: 20-43 m; d: 1-1.5 mm; sin pigmentación; prostomio epilóbico; 8 quetas por segmento; holonefridios; glándulas de Morren en el segmento 9, con muchos canaliculos internos; sin molleja; inicio del intestino en el segmento 12; últimos corazones en el segmento 11; aparato masculino holoándrico; primer poro dorsal 4/5; un par de poros espermatecales en el segmento 8/9; poros femeninos en el segmento 14; embudos seminales iridiscentes en 10 y 11; vesículas seminales en el segmento 9 y 12; con o sin espermatecas en el segmento 17.

Categoría ecológica: Endógea polihúmica.

Origen: Nativa