



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE CIENCIAS

INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN SOBRE LAS  
COMUNIDADES DE LOMBRICES DE TIERRA  
(ANNELIDA: OLIGOCHAETA) DE SELVAS  
TROPICALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES EN  
EL VOLCAN SANTA MARTA, LOS TUXTLAS, VER.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

LUZ MARÍA CAMARENA HERNÁNDEZ



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. CARLOS ENRIQUE FRAGOSO GONZALEZ

MEXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Datos del Jurado

1. Alumna.
  - Camarena
  - Hernández
  - Luz María
  - Tel. 57 40 87 20
  - Universidad Nacional Autónoma de México
  - Facultad de Ciencias
  - Biología
2. Tutor.
  - Dr.
  - Carlos Enrique
  - Fragoso
  - González
3. Sinodal 1.
  - Dr.
  - Francisco Javier
  - Álvarez
  - Sánchez
4. Sinodal 2.
  - Dr.
  - Arcado
  - Monroy
  - Ata
5. Sinodal 3.
  - M. en C.
  - María Guadalupe
  - Barajas
  - Guzmán
6. Sinodal 4.
  - Dr.
  - José Antonio
  - García
  - Pérez
7. Tesis.
  - Influencia de la deforestación sobre las comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de selvas tropicales y sistemas agroforestales en el Volcán Santa Marta, Los Tuxtlas, Ver.
  - 68 pp.
  - 2006

*A mi madre por su valor y fuerza a la vida, por irradiarme las ganas de seguir creciendo y de seguir amando. Te amo madre.*

*A mi padre por la calidad de amor que me brindó, por tan felices recuerdos, por su gran visión a la cual le debo mucho de mi felicidad y libertad.*

*A mis hermanos por las lecciones dadas conciente o inconscientemente sobre la vida.*

*A mis hermanas por todo su apoyo y amor, por saberme afortunada de tenerlas.*

*A mi gran familia... Gracias por todo...! POR TANTO !.*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y profesores, por brindarme la oportunidad de seguir creciendo.

Al Instituto de Ecología A.C., por apoyarme con una beca interna de licenciatura, en el área de Ecología, Taxonomía y Manejo de la Fauna Edáfica, así como por el uso de sus instalaciones.

Al proyecto GEF/PNUMA/CIAT/TSBF: *Conservación y Manejo Sostenible de la Biodiversidad bajo el Suelo* por hacer posible esta investigación.

A los ejidos: López Mateos, San Fernando y Venustiano Carranza, porque sin ellos no hubiera sido posible este estudio. Gracias por su calidez y por su paciencia, por su tiempo y trabajo y sobretodo, gracias por regalarme momentos inolvidables e invaluable.

A mi asesor el Dr. Carlos E. Fragoso González del departamento de biología de suelos, del Instituto de Ecología A.C., por todo el apoyo brindado en la realización de esta tesis, porque sin su apoyo mi estancia en Xalapa no hubiera sido posible.

Al Dr. Javier Álvarez Sánchez, al Dr. Arcadio Monroy Ata, a la M. en C. María Guadalupe Barajas Guzmán y al Dr. José Antonio García Pérez, por sus sugerencias para el mejoramiento de este trabajo, pero sobre todo gracias por brindarme su amistad.

A la Dra. Isabelle Barois responsable en México del proyecto GEF/PUNUMA/CIAT/TSBF, por todo su apoyo.

Al técnico Antonio Ángeles por su paciencia y disponibilidad en la realización del muestreo y por la ayuda brindada en la elaboración de esta tesis.

A mis compañeros del departamento de suelos: Vicky, Benito, Martín, Yadeneiro y Ángel por que sin ellos mi estancia en Xalapa no hubiera sido tan enriquecedora.

A mi familia Xalapeña: Iván, Coy, Miry, Lety, Dan, Regina, Arturo, Carlo y Sheila, por hacerme sentir como en casa, gracias por tantas aventuras y lecciones.

A mis hermanos (as) de la carrera: Diana Conchinchín, Paulynowsky, David-Charolastra, Betus, Nancy, Hunab, Memo y Carlitos, llevo una parte de ustedes conmigo. Didiher gracias por tanto...

A mis nuevos encuentros: Sol, Liber y Jaque, porque a pesar de conocerlos hace poco, estar con ustedes me dio la fuerza que necesitaba para finalizar esta etapa de mi vida.

... “La tierra, madre de la naturaleza, es su tumba también; y el sepulcro de la muerte contiene asimismo gérmenes de vida. Vemos salir de su seno multitud de producciones variadas, hijos numerosos de su gran fecundidad. ¡ Qué poder reside en las plantas, las hierbas y las piedras ! ¡ Qué variaciones en sus propiedades ! En todo cuanto vive y crece en la tierra, no hay nada tan vil que no tenga algo de bueno; nada hay tan bueno, tan perfecto, que, si se desvía de su verdadero objeto, no pierda su naturaleza primitiva y degenera en mal. A veces, la virtud misma se trueca en vicio, si es mal aplicada, y a veces también el vicio se ennoblece por actos virtuosos. En el tierno cáliz de esta florecilla reside el veneno, y en él halla su poder la medicina: si se aspira su perfume, deleita los sentidos; si se prueba, mata sentidos y corazón. Así en el pecho del hombre campan dos enemigos en continua guerra: la gracia y la voluntad rebelde; en cuanto la parte perversa domina y vence, la muerte devora igualmente el pecho del hombre o el seno de una planta”... ¡ que gran fascinación-Dios !

W. Shakespeare

# ÍNDICE

## Resumen

<b>I. Introducción</b> .....	2
<b>II. Antecedentes</b> .....	5
2.1. Las lombrices de tierra.....	5
2.1.1. Generalidades.....	5
2.1.2. Diversidad.....	6
2.1.3. Densidad y Biomasa.....	7
2.1.4. Diversidad Taxonómica y Funcional.....	8
2.1.5. Distribución espacio-temporal.....	10
2.1.6. Efecto de las lombrices en las propiedades fisicoquímicas del suelo.....	11
2.1.7. Influencia de la perturbación: Nativas y Exóticas.....	12
2.1.8. Estudios en los Trópicos.....	13
2.1.9. Estudios en México.....	13
<b>III. Objetivos</b> .....	16
3.1. Objetivo general.....	16
3.2. Objetivos particulares.....	16
<b>IV. Hipótesis</b> .....	17
4.1. Hipótesis a nivel de comunidades.....	17
4.2. Hipótesis a nivel de paisaje.....	17
<b>V. Zona de estudio</b> .....	18
5.1. Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz.....	18
5.1.1. Localización.....	18
5.1.2. Fisiografía.....	18
5.1.3. Edafología.....	19
5.1.4. Hidrología.....	19
5.1.5. Clima.....	20
5.1.5.1. Temperatura.....	20
5.1.5.2. Precipitación.....	21
5.1.6. Vegetación y tipos de suelo.....	21
5.2. Localidades de estudio.....	23
5.2.1. Ejido Adolfo López Mateos.....	23
5.2.2. Ejido San Fernando.....	24
5.2.3. Ejido Venustiano Carranza.....	25

<b>VI. Materiales y Métodos</b> .....	26
6.1. Localidades y tipos de ambiente estudiados.....	26
6.1.1. Paisaje de las localidades.....	26
6.1.2. Tipos de ambiente: Selva y Sistemas Agroforestales.....	26
6.2. Muestreo y cuantificación de lombrices.....	27
6.2.1. Método estratificado.....	27
6.2.2. Monolitos laterales.....	28
6.3. Identificación y peso.....	29
6.4. Análisis estadístico.....	29
6.4.1. Curvas de acumulación de especies.....	29
6.4.2. Índices de diversidad y comparación de comunidades.....	30
6.4.2.1. Índice de diversidad de Simpson.....	30
6.4.2.2. Índice de diversidad de Shannon-Wiener.....	31
6.4.2.3. Índice de Morisita.....	32
6.4.3. Análisis de Varianza de una vía.....	33
6.4.4. Análisis de Agrupamiento.....	33
<b>VII. Resultados</b> .....	34
7.1. Riqueza de especies.....	34
7.2. Curvas de acumulación de especies.....	35
7.3. La comunidad de lombrices.....	38
7.3.1. Diversidad.....	38
7.3.2. Densidad y Biomasa total.....	39
7.3.3. Densidad y Biomasa de Nativas y Exóticas.....	40
7.3.4. Distribución vertical.....	43
7.3.5. Estructura funcional por categoría ecológica.....	43
7.3.6. Similitud entre los sitios.....	46
<b>VIII. Discusión</b> .....	48
8.1. Las comunidades de lombrices.....	48
8.1.1. Riqueza y Diversidad.....	48
8.1.2. Densidad y Biomasa.....	49
8.1.3. El impacto de la perturbación: Nativas y Exóticas.....	51
8.1.4. Distribución vertical y estructura funcional.....	52
8.1.5. Similitud entre los sitios.....	54
<b>IX. Comparación de resultados con hipótesis planteadas</b> .....	55
<b>X. Conclusiones</b> .....	56
<b>XI. Apéndice</b> .....	58
<b>XII. Bibliografía</b> .....	62

## RESUMEN

La reducción de los bosques en México ha resultado en un gran deterioro de éstos. Además de la explotación maderable que conlleva a la deforestación, parte de este daño se debe a la necesidad de satisfacer las demandas agrícolas del país. Asimismo, la sustitución de los ecosistemas naturales por sistemas agrícolas, causan generalmente cambios importantes en las comunidades edáficas. Con el objetivo de determinar los efectos de la deforestación sobre las comunidades de lombrices de tierra, se tomaron muestras de lombrices a finales de la época de lluvias, en selvas y sistemas agroforestales de tres ejidos con distinto grado de deforestación, ubicados en las faldas del volcán Santa Marta, de la Reserva de Los Tuxtlas, Veracruz. Se realizaron monolitos centrales, siguiendo la metodología TSBF (Anderson e Ingram, 1993), y monolitos laterales.

Los resultados muestran que de las diez especies colectadas, seis fueron nativas y cuatro exóticas. Respecto a densidad y biomasa total, los valores más altos se encontraron en el ejido Venustiano Carranza, el cual presenta mayor grado de deforestación (75%), con 219 ind/m<sup>2</sup> y 39 g/m<sup>2</sup> respectivamente, esto se debió al dominio de la especie exótica *Pontoscolex corethrurus*. Por otra parte, los valores de riqueza, diversidad, densidad y biomasa de especies nativas, presentaron los valores más altos en los sitios más conservados, tanto a nivel de ejido como a nivel de ambientes (selvas/sistemas agroforestales). La especie nativa *Phoenicodrilus taste* mostró gran resistencia a niveles altos de perturbación. Los sitios presentaron un dominio de las especies endogeas, y se encontró que las especies epigeas son muy sensibles a las perturbaciones aún en los agroecosistemas de bajo impacto. La comunidad de lombrices se estableció preferentemente en los primeros 10 cm del suelo. La disminución de la cobertura vegetal, influye en el decremento de especies nativas; mientras que las prácticas de manejo de bajo impacto que realizan algunas comunidades locales (como el ejido San Fernando), ayudan a conservar la fauna nativa de lombrices de tierra.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los bosques han sido un recurso natural fundamental. Además de proporcionar madera, una de las fuentes de energía y de materia prima más importantes en el planeta, los bosques son clave en el suministro de lo que hoy se denomina bienes y servicios ambientales, los cuales son de gran importancia utilitaria y económica para el ser humano (Daily *et al.*, 1996; Myers, 1996).

A pesar de ello, durante las últimas décadas, numerosas comunidades y sus diversas especies han sido devastadas por la acción humana, esto se debe a fenómenos de carácter social, cultural y económico (Toledo, 1995).

La principal amenaza para la biodiversidad en los bosques de las regiones intertropicales es la deforestación (Gómez-Pompa, 1998). Según la FAO (2000), cada año se pierden en el mundo unos 11,3 millones de ha de bosques tropicales y la mitad de ésta tiene lugar en Latinoamérica.

En el caso de México, las estimaciones de deforestación varían entre 370,000 y 1,500,000 ha/año, con tasas entre 0.8 y 2% anual, de tal manera que se ha perdido el papel ecológico original (Maser, 1996).

En cuanto a la región de los Tuxtlas, Dirzo y García (1992) encontraron una tasa de deforestación de 4.3% para el periodo 1976-1986, mencionando que para el año 2000 persistiría sólo el 8.7% de la selva original, con la consecuente pérdida probable del 50% de las especies de la región.

La deforestación y el cambio del uso de suelo conducen a drásticas alteraciones en el microclima, lo que afecta a las poblaciones de la macrofauna del suelo (lombrices, termitas, hormigas y larvas de escarabajo). La deforestación no siempre decrece el número de las poblaciones pero generalmente altera el dominio de las especies y disminuye la diversidad (Lal, R. 1987). Por ejemplo, se ha encontrado que las lombrices y los artrópodos del mantillo están fuertemente influenciados por las prácticas de explotación de la tierra y son los primeros en

desaparecer, ya que las especies indígenas no soportan perturbaciones mayores (Lavelle *et al.*, 1998).

En el caso de las lombrices, la influencia de la deforestación conlleva a una reducción en la diversidad de alimento y anidación, debido a que no existe un amortiguador contra las súbitas fluctuaciones del microclima, lo que afecta su actividad (Lal y Cummings, 1979; Lasebikan, 1975; citados en Lal, R. 1987).

Estudios realizados en países tropicales de Asia, África y América, muestran que las lombrices constituyen entre el 15 y el 94% de la biomasa de la macrofauna. Dentro de la macrofauna, Lavelle *et al.* (1998), mencionan que las lombrices de tierra son un grupo con fuerte potencial de manejo debido a su gran influencia en los procesos edáficos; de hecho se les considera como "ingenieros del ecosistema", por su efecto en la dinámica edáfica y sobre otros organismos.

Las lombrices cavan galerías y producen excretas que modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Entre las propiedades físicas se encuentra la agregación, la estabilidad y la porosidad. Las propiedades biológicas y químicas modificadas incluyen el ciclaje de nutrientes, los índices de descomposición, las formas químicas de los nutrientes en el suelo y su disponibilidad para los vegetales, el pH, la calidad y cantidad de materia orgánica, la actividad microbiana y de otros meso y macroorganismos, la abundancia y composición de especies, y la diversidad de la microflora y la microfauna. Tomando en cuenta lo anterior se puede sugerir que la producción vegetal, por encima y por debajo del nivel de la tierra, puede ser afectada por las actividades de las lombrices (Lavelle *et al.*, 1998).

Por todo lo anterior, se puede decir que la deforestación y el cambio de uso de suelo modifican las condiciones microclimáticas, afectan la fauna edáfica y pueden empobrecer la tierra, repercutiendo en costos sociales y económicos. Por ello es cada vez más apremiante contar con nuevos enfoques científicos que maximicen los beneficios sociales y económicos al más bajo costo ambiental. También es indispensable que estos nuevos enfoques tomen en cuenta la importancia del conocimiento campesino, el cual tiene un gran potencial para el

diseño de sistemas productivos integrales y diversificados, adecuados al mosaico ecológico de nuestro país (Peña y Neyra, 1997).

Precisamente bajo este enfoque se está llevando a cabo el proyecto internacional de *Conservación y Manejo Sostenible de la Biodiversidad Bajo el suelo* (BGBD) implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ejecutado por Tropical Soil Biology and Fertility – Centro Internacional de Agricultura Tropical (TSBF – CIAT) y financiado por Global Environmental Facility (GEF). Este proyecto tiene como objetivo proporcionar los conocimientos y las técnicas para manejar y conservar la biodiversidad bajo el suelo en países agrícolas tropicales. Entre los grupos a estudiar están las bacterias nitrificantes, micorrizas, hongos fitopatógenos, termitas, hormigas, coleópteros y lombrices de tierra.

En este proyecto participan siete países de la región tropical: Indonesia, India, Uganda, Kenia, Costa de Marfil, Brasil y México. En nuestro país la institución encargada de ejecutar el proyecto es el Instituto de Ecología, A.C. de Xalapa, Veracruz, con la colaboración de distintas universidades, instituciones y ONG'S; entre ellas están la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad de Veracruz, el Colegio de Posgraduados y La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas.

El presente estudio (dentro del marco del proyecto BGBD) pretende aportar mayor conocimiento respecto a la ecología de las lombrices de tierra y el efecto que tiene la deforestación sobre las comunidades de lombrices, ya que el conocimiento ecológico y taxonómico de organismos claves, como los ingenieros del ecosistema, en este caso particular de las lombrices de tierra, son aspectos fundamentales para implementar proyectos que intenten elevar o mantener la fertilidad de los suelos (Lavelle *et al.*, 1994).

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Las lombrices de tierra

#### 2.1.1. Generalidades

El *phylum Annelida* comprende alrededor de 12,000 especies de invertebrados con forma de gusanos y segmentación bien desarrollada, incluye a los oligoquetos o lombrices, los hirudíneas o sanguijuelas y los poliquetos. Una de las características más notables de este *phylum* es el metamerismo, esto es la división del cuerpo en segmentos, dispuestos en series lineales a lo largo del eje anteroposterior (Barnes, 1985).

Las lombrices de tierra habitan en los suelos húmedos de todo el mundo, miden por lo general 2 cm, pero pueden llegar a medir desde 0.5 mm hasta 3 m de longitud (lombrices gigantes de Australia). Se dividen en 11 familias con una distribución geográfica específica, en gran medida definida por los eventos tectónicos ocurridos hace cerca de 200 millones de años cuando comenzó la desintegración de la Pangea (Jamienson, 1981, en Fragoso, 2001).

El sistema muscular de la lombriz de tierra consiste en una serie de fibras externas circulares que rodean el cuerpo, y una serie interna de fibras musculares longitudinales. El aparato circulatorio está formado por los vasos dorsal y ventral, están conectados entre sí por medio de vasos laterales en cada segmento; el número de corazones es variable dependiendo de la especie. El sistema nervioso central consiste en un par de ganglios suprafaríngeos, generalmente llamados cerebro, y un cordón ventral que pasa debajo del canal alimentario con ganglios en cada segmento. Las lombrices de tierra carecen de órganos sensoriales aparte de los del tacto y tienen un sentido dérmico de la luz; la mayoría de los oligoquetos muestra fototactismo negativo a la luz fuerte y positivo a la débil. El aparato digestivo está formado por una faringe musculosa, un intestino largo y recto, un esófago, un buche o receptáculo de comida de paredes delgadas y una molleja muscular empleada para moler la tierra ingerida (Barnes, 1985).

Las lombrices de tierra son hermafroditas, poseen gónadas definidas y el número de segmentos reproductores es sumamente limitado; los segmentos reproductores se hallan a la mitad anterior del verme y el segmento o segmentos femeninos están situados generalmente después de los segmentos masculinos. Suele producirse una fecundación cruzada mutua. Los capullos protegen a los huevos y están formados con secreciones del clitelo; estos capullos son enterrados en el suelo y dan lugar a pequeñas lombrices desarrolladas del todo. El ciclo de vida de las lombrices varía desde tres meses hasta 8 años dependiendo de la especie (Barnes, 1985; Edwards y Bohlen, 1996).

### **2.1.2. Diversidad**

Reynolds (1994) estimó en 7254 el número descrito de especies de la clase Oligochaeta, señalando alrededor de 3627 como lombrices de tierra, con una tasa de descripción anual de 68 especies de lombrices de tierra. Fragoso *et al.* (1997), calcularon que el número descrito de especies actuales debe ser alrededor de 4300 especies.

En los países templados y tropicales la cantidad de especies varía en proporción directa con el área considerada. También lo hace de acuerdo al tipo de hábitat y la región geográfica, ya sea a una escala local o regional; por ejemplo se pueden encontrar cerca de 20 especies por cada 100,000 km<sup>2</sup> (Fragoso *et al.*, 1997). La diversidad también se ve afectada por la pobreza de los suelos y por acciones antropogénicas, al sustituir los sistemas naturales por agroecosistemas (Fragoso y Lavelle, 1992; Frago y Rojas, 1994; Frago *et al.*, 1999).

En las selvas tropicales el número de especies de lombrices de una comunidad varía de 4 a 14, con un valor promedio de 6.5 spp por sitio (Fragoso y Lavelle, 1992). A una escala geográfica mayor (varias comunidades-tipos de suelo en la misma localidad), el número de especies se incrementa hasta 17 especies, con un valor promedio de 11 especies incluyendo a las lombrices del suelo y de troncos en descomposición (Fragoso, 2003).

En el país existen 93 especies descritas de lombrices de tierra de las cuales 46 son nativas y 47 exóticas, pero si se suman 36 especies nuevas no descritas, el número total de especies para el país se incrementa a 129 con 63.5% de nativas y 36.5% de exóticas (Fragoso, 2001).

Veracruz es el estado que presenta mayor riqueza con 64 especies (35 nativas y 29 exóticas), seguido por Chiapas (34) y Tamaulipas (27); estos estados contribuyen con el 70% del total de las especies nativas y con 85% del total de especies exóticas del país (Fragoso, 2001).

### **2.1.3. Densidad y Biomasa**

Las selvas tropicales presentan en promedio una densidad y biomasa de 68 ind/m<sup>2</sup> y 12.9 g/m<sup>2</sup>, respectivamente (Fragoso, 2003). Fragoso (2001) sintetizó la información sobre las comunidades de lombrices de tierra de 7 selvas bajas y medianas del sureste de México, encontrando una densidad promedio de 200 ind/m<sup>2</sup> y una biomasa de 26 g/m<sup>2</sup>.

A nivel mundial la densidad y biomasa de las lombrices de tierra varían en función del gradiente termo-latitudinal. A nivel regional estas variables cambian de acuerdo a las condiciones climáticas y biológicas (como el tipo de ambiente o los diferentes grados de concentración de polifenoles en las hojas); finalmente a nivel local los cambios se deben a la variación de los suelos y a la intervención humana (manejo de los sistemas de cultivo) (Lavelle, 1983, 1988; Fragoso, 1993, 2003; Lavelle y Spain, 2001).

Ilustrando lo anterior Fragoso (2003) menciona que en una misma localidad los suelos ricos presentan por lo general, mayor densidad y biomasa de lombrices; por ejemplo se registró 1.5 veces mayor cantidad de lombrices en los suelos aluviales ricos que en los suelos pobres ferralíticos de la Selva Lacandona. También menciona que en el ámbito regional los valores máximos se encuentran en selvas con precipitación anual de 2,000 a 4,000 mm. Esto indica que las selvas medianas con valores de precipitación menores de 2,000 mm son demasiado secas para

mantener poblaciones abundantes de lombrices, mientras que las selvas húmedas en exceso (por encima de los 4,000) las lombrices cambian su hábitat hacia ambientes menos saturados, como las bromelias o la corteza de los árboles caídos.

De acuerdo con Curry (1998) en sitios no perturbados o relativamente estables, la diversidad y densidad de las lombrices son determinadas en primer lugar por las interacciones del clima y del suelo; estos factores determinan a su vez los factores fisicoquímicos del suelo, el tipo de ambiente, y la cantidad y calidad de su alimento (como la hojarasca).

Este mismo autor señala distintos factores que influyen en la densidad de las lombrices de tierra como son: a) la exposición de las lombrices a altos grados de depredación y al ataque de parásitos; b) el recurso alimenticio que en situaciones no tan restringidas por factores fisicoquímicos, es el factor que con más frecuencia limita la densidad de lombrices debido a la competencia. La competencia interespecífica es probablemente mínima debido a la diferenciación de nichos; por el contrario la competencia intraespecífica es probablemente común, ya que por los rápidos crecimientos poblacionales puede funcionar como una forma de ajustar la densidad de la población.

#### **2.1.4. Diversidad taxonómica y funcional**

Las lombrices de tierra pueden ser estudiadas bajo el punto de vista funcional y taxonómico (Fragoso *et al.*, 1997). Desde el punto de vista ecológico o funcional, Bouché (1972) clasifica a las lombrices en los tres grupos siguientes, basándose en la actividad, pigmentación, construcción de galerías y hábitos alimenticios de tierra:

I. Epigeas: son habitantes de la hojarasca, pigmentadas (a lo largo de todo el cuerpo), de talla variable (1 a 15 cm), presentan una estrategia de historia de vida tipo "r" (ciclo de vida corto con altas tasas de natalidad, crecimiento y mortandad), no construyen galerías y sus efectos se limitan a unos cuantos centímetros de la capa superior del suelo. Son esencialmente "transformadoras del

mantillo" ya que modifican su estado físico y químico, reducen la proporción de carbono/nitrógeno, haciéndolo más favorable a la actividad microbiana y a la descomposición (Lavelle *et al.*, 1998).

II. Endogeas: son habitantes del suelo, no pigmentadas y consumidoras de tierra. De acuerdo con Lavelle (1983) esta categoría se subdivide en:

1) *polihúmicas*: de tamaño pequeño (1-6 cm), selección "r", humívoras (se alimentan del suelo rico), habitan el horizonte superior del suelo (A), sin pigmentación (a veces se presenta un poco de pigmentación en la parte antero-dorsal), y con galerías horizontales efímeras.

2) *mesohúmicas*: de tamaño mediano (6-18 cm), selección "r" y "K", se alimentan del suelo medianamente rico del horizonte A, habitan los horizontes A y B del suelo, sin pigmentación y constructoras de grandes galerías horizontales efímeras.

3) *oligohúmicas*: de tamaño grande (25-50 cm), selección "K", oligohumívoras (se alimentan de suelos profundos y pobres), habitan en los horizontes B y C y sin pigmentación.

III. Anécicas: habitantes del suelo, pigmentadas anterodorsalmente, de mediano a gran tamaño (10- 100 cm) y consumidoras de hojas, presentan selección "K" y son constructoras de galerías verticales que pueden llegar a varios metros de profundidad. Cuando este grupo de lombrices está presente en una biomasa suficiente, pueden cumplir una importante función en la reducción de los restos superficiales acumulados y en el acrecentamiento de los índices de descomposición y mineralización, gracias al desmenuzamiento y al contacto más estrecho entre el mantillo y el suelo en sus turrículos (Lavelle *et al.*, 1998).

Desde el punto de vista taxonómico el número de especies varía en función de la escala (regional y local) y del origen geográfico. De acuerdo a su origen las lombrices de tierra se pueden dividir en nativas y exóticas.

*Nativas*: especies que se originaron en algún sitio del país bajo estudio y que se han distribuido a otras regiones de ese país de modo natural o por la acción humana (Fragoso *et al.*, 1995).

*Exóticas*: se asume que se originaron en otra región o país y su presencia en ese lugar se puede deber a una introducción intencional o accidental por el ser humano; a este grupo también se les conoce como peregrinas (Lee, 1987).

### **2.1.5. Distribución espacio-temporal**

Edwards y Lofty (1977) y Edwards y Boleen (1996) mencionan que las lombrices tienen tres tipos de distribución espacio temporal:

a) *Distribución vertical*. Se refiere al desplazamiento vertical en diferentes estratos en el suelo, el cual cambia de acuerdo a las estaciones del año. Ciertas especies se limitan a los primeros estratos, otras se localizan en estratos intermedios y finalmente algunas se concentran en los estratos profundos. Este gradiente de estratificación ha sido modelado por las diferentes presiones selectivas; las especies presentan adaptaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas en función del estrato que habitan.

Fragoso y Lavelle (1992) mencionan que en las selvas altas perennifolias las lombrices de tierra se encuentran entre los 0-40 cm de profundidad, con una clara concentración en los primeros 10 cm.

b) *Distribución horizontal*. Entre los posibles factores responsables de la distribución horizontal se encuentran: 1) físico-químicos (temperatura del suelo, humedad, nutrimentos, aeración y textura); 2) disponibilidad de alimento (rastrojo, hojarasca, excremento, materia orgánica); 3) potencial de reproducción y poder de dispersión de las especies; 4) factores históricos (incluyendo los disturbios y nuevos hábitats de colonización).

c) *Distribución temporal*. Lavelle (1983) menciona que las poblaciones de lombrices varían en función de la temporada o época. La densidad y/o biomasa de las poblaciones muestran una variación estacional bien marcada, aumentando considerablemente en la época de lluvias, aún en las regiones tropicales donde la precipitación es muy abundante (Fragoso y Lavelle, 1992; Uribe-López *et al.*, 2003).

### **2.1.6. Efecto de las lombrices en las propiedades fisicoquímicas del suelo**

Lavelle *et al.* (1998) mencionan que las lombrices de tierra, al cavar galerías y al producir excremento, modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Por ejemplo los túneles de las lombrices de tierra, son generalmente más ricos en calcio intercambiable, potasio y fósforo disponible que el suelo que lo rodea; también se ha observado experimentalmente que el tamaño de las partículas del suelo es menor cuando están presentes las lombrices, ya que desintegran el suelo al pasarlo por su tracto digestivo. Las lombrices pueden llegar a ingerir diariamente mucha tierra, que en promedio puede llegar a ser tres veces superior a su propio peso. Se ha calculado que hasta mil toneladas de suelo seco por hectárea pueden transitar por el sistema digestivo de una lombriz en un año, y que entre el 70 y el 90% de las deyecciones se depositan en el suelo (Lavelle *et al.* 1998). Sus excrementos incrementan el número de agregados estables y sus pequeñas galerías mejoran las condiciones de aireación, porosidad y drenaje; estos espacios pueden llegar a constituir hasta el 30% del volumen total de un suelo (Edwards y Lofty, 1977).

Por lo anterior, los excrementos de las lombrices tienen un pH más neutro que el suelo donde viven, por lo que pueden tener una acción neutralizante. También se ha visto que su acción hace disponible elementos como el fósforo y el nitrógeno y favorecen la relación C:N (Satchell, 1971).

En México, Fragoso *et al.* (1993) y Ángeles (1996) han llevado a cabo estudios de producción de turrículos con especies de la selva mediana de Veracruz, observándose en ambos estudios que los turrículos fueron significativamente más ricos en materia orgánica y nitrógeno que el suelo control.

Por otra parte, en la actualidad no existen evidencias directas en selvas tropicales del consumo de hojarasca por lombrices de tierra. En estas selvas el principal efecto de las lombrices de tierra sobre la descomposición es indirecto, mediante el enterramiento de las hojas con sus turrículos superficiales (Swift y Anderson, 1989; en Fragoso, 2003).

Fragoso (2003) sugiere que el tipo de comunidad y, por consiguiente el efecto sobre los procesos edáficos, varía en función del propio ambiente edáfico y de la ubicación geográfica. Por ejemplo, en las selvas tropicales de América del Sur, con suelos extremadamente pobres, la comunidad de lombrices dominada por epigeas y anécicas tendrán un efecto directo (consumo de hojas) sobre la descomposición de la hojarasca, mientras que en las selvas más estacionales o con suelos más ricos y con comunidades de tipo endogeo (como en la mayoría de las selvas de México), el efecto en la descomposición será indirecto (enterramiento de turrículos).

### **2.1.7. Influencia de la perturbación: Nativas y Exóticas**

Desde los estudios de Eisen (1900) y Michaelsen (1903, 1935) se ha observado que las especies exóticas o peregrinas, son comunes en los sistemas perturbados de los trópicos. La mayoría de las especies exóticas toleran un amplio rango de condiciones ambientales y edáficas lo que les da una cierta ventaja en comparación con las nativas, ya que éstas últimas (a excepción de unas pocas especies) son más sensibles a los cambios en el ambiente, provocados en la mayoría de los casos por las acciones humanas. Por lo anterior, se puede decir que la influencia de la perturbación dependerá de la capacidad de las lombrices para tolerar los cambios (Lavelle *et al.*, 1998; Fragoso *et al.*, 1999).

Fragoso *et al.* (1993, 1995), mencionan que la destrucción de los ecosistemas naturales está propiciando la extinción de la mayoría de las especies endémicas de México. Fragoso (1997) señala que en el sureste mexicano, el número de especies nativas en ecosistemas naturales (4 spp por sitio) disminuye notoriamente en ecosistemas perturbados (1 spp por sitio).

De acuerdo con los estudios realizados por Fragoso (2001) en México hay mayor número de especies nativas en ambientes naturales (75 spp) que en perturbados (38 spp), y se invierte en el caso de las exóticas con 31 especies en sitios naturales y 40 en perturbados. Comparando las especies exclusivas en cada

tipo de ambiente encontró que 41 especies nativas y 6 exóticas fueron exclusivas de ambientes no perturbados; 37 especies nativas y 26 exóticas se presentaron tanto en ambientes naturales como en perturbados; por el contrario sólo 4 nativas y 15 exóticas se encontraron exclusivamente en sitios perturbados.

### **2.1.8. Estudios en los Trópicos**

Fragoso y Lavelle (1992) y Lavelle *et al.* (1994), al analizar la macrofauna del suelo de 12 selvas tropicales de México, América Central, África y Asia encontraron que, en términos del porcentaje de biomasa, las lombrices representaron del 15 a 94% ( $X=51.6\%$ ), mientras que respecto a la densidad, las lombrices contribuyeron entre un 2 - 29%. Brown *et al.* (2001) concluyeron que las lombrices de selvas tropicales constituyen el 58% de la biomasa total de los macroinvertebrados edáficos.

Estudios en México, Perú y la India revelan que las comunidades de lombrices de los agroecosistemas tropicales (en comparación con las selvas y sabanas naturales) tienen menor riqueza de especies, menor número de especies nativas, menor número de grupos ecológicos y un predominio de endogeas. Debido a esto último el papel de las especies endogeas en los agroecosistemas "intensificados" es probablemente de gran importancia en el funcionamiento del suelo (Fragoso *et al.* 1997).

### **2.1.9. Estudios en México**

En las selvas tropicales, el número de especies de lombrices de una comunidad varía de 4 a 14 (tomando en cuenta únicamente las lombrices del suelo), con un valor promedio de 6.5 spp por sitio (diversidad alfa). En promedio, estas selvas presentan abundancias y biomasa de lombrices relativamente bajas (68 ind.  $m^{-2}$  y 12.9  $gm^{-2}$ ) (Fragoso 2003). La importancia del tipo de suelo fue demostrada por Fragoso y Lavelle (1987) quienes registraron 1.5 veces mayor

cantidad de lombrices en los suelos aluviales ricos que en los suelos pobres ferralíticos de la Selva Lacandona.

En México la mayoría de los estudios ecológicos con lombrices de tierra se han realizado en el este y sureste del país. Entre estos se encuentran los estudios de comunidades de lombrices en selvas tropicales (Lavelle y Kohlmann, 1984; Fragoso, 1985, 1992, Fragoso y Lavelle, 1987, 1992), pastizales y selvas tropicales subcaducifolias (Lavelle *et al.* 1981), y un estudio altitudinal en selvas subcaducifolias, bosque mesófilo y bosque de coníferas en el este de México (Fragoso, 1989).

Fragoso (2001) resumió la estructura de las comunidades de lombrices por ecosistema y concluyó lo siguiente: i) en los ambientes perturbados y en los bosques tropicales predominan las lombrices endogeas-geófagas, presentando más del 80% de la densidad y biomasa totales; ii) en los bosques templados (mesófilo y de pino encino) las endogeas predominan, pero las epigeas llegan a representar del 37 al 58% y del 9 al 35% de la densidad y biomasa totales, respectivamente; iii) en el grupo de ecosistemas naturales, las selvas altas se caracterizan por tener la mayor cantidad de especies, mientras que los bosques de pino son los más pobres; en ambientes perturbados la mayor y menor riqueza corresponden a los pastizales y a los cultivos, respectivamente; iv) en las selvas y el bosque mesófilo se presentan relativamente pocas especies exóticas (14-31% del total), mientras que en los bosques de pino la cantidad de exóticas se incrementa (78%), observándose la misma tendencia en la abundancia y biomasa; v) los acahuales y los pastizales son (en ese orden) los ambientes perturbados que mayor abundancia y biomasa de lombrices nativas mantienen, mientras que en las plantaciones de árboles las lombrices exóticas son el grupo dominante. Por otra parte Fragoso *et al.* (1997), indican que en el sureste de México la mayor parte de la riqueza regional de especies nativas (40) se concentra en los pocos parches de bosque que quedan y que constituyen menos del 25% de la superficie total de la región; en contraste solamente 15 especies principalmente exóticas, predominan en pastizales que ocupan más del 50% de la superficie total de la región.

El mismo autor (2001), señala que es necesario hacer una evaluación del impacto sobre las lombrices de la conversión de bosques y selvas en agroecosistemas; también señala que debe hacerse un inventario lo más pronto posible sobre la fauna de lombrices de tierra de México, pues hay evidencias de una pérdida importante de especies nativas, aunque hasta la fecha no se tengan estimaciones de la velocidad y gravedad del proceso (Fragoso *et al.*, 1995).

Con base en todo lo anterior, este estudio pretende contribuir al conocimiento de las lombrices de tierra en los trópicos y conocer el efecto que tienen las acciones antropogénicas (distintos grados deforestación y conversión de selvas en sistemas agroforestales) sobre la estructura de las comunidades de estos organismos.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Conocer la estructura (riqueza, diversidad, densidad, biomasa, distribución vertical, estructura funcional y relación nativas/exóticas) de las comunidades de lombrices de tierra en selvas y sistemas agroforestales en tres localidades de la región de Santa Marta, en la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, Veracruz.

#### **3.2. Objetivos particulares**

- 3.2.1. Identificar las especies de lombrices de tierra de selvas y sistemas agroforestales en cada ejido.
- 3.2.2. Estimar la densidad y biomasa (total y por especie) de las lombrices de tierra.
- 3.2.3. Determinar la categoría ecológica o funcional de las especies.
- 3.2.4. Determinar la influencia de la conversión de selvas a sistemas agroforestales sobre la estructura de las comunidades de lombrices de tierra.
- 3.2.5. Determinar cómo cambian los patrones estructurales de las comunidades de lombrices de tierra en función del grado de deforestación en la región de Santa Marta.

## **IV. HIPÓTESIS**

**Justificación:** De acuerdo con Fragoso (2001) en México hay mayor número de especies nativas en ambientes naturales que en perturbados, lo que se invierte en el caso de las exóticas. El mismo autor (1993) señala que en general las comunidades de ecosistemas naturales presentan menor abundancia y biomasa que los sitios perturbados.

Fragoso y Lavelle (1992) señalan que en las selvas estacionales dominan las especies endogeas. También Fragoso (1993) señala que las especies epigeas y polihúmicas son mayormente afectadas por la perturbación que las endogeas.

Por otra parte Fragoso *et al.* (1997) señalan que cuando la vegetación es eliminada, las comunidades de lombrices nativas generalmente también son eliminadas y que la probabilidad de mantener a las especies nativas es mayor mientras menor sea el suministro de insumos externos.

Basado en lo anterior se derivan las siguientes hipótesis:

### **4.1. Hipótesis a nivel de comunidades**

3.1.1. En la selva se registrará mayor número de especies nativas y menor densidad y biomasa total que en sistemas agroforestales.

3.1.2. El número de epigeas en la selva será mayor o igual que en sistemas agroforestales.

### **4.2. Hipótesis a nivel de paisaje**

4.2.1. Habrá mayor invasión de especies exóticas en las selvas y sistemas agroforestales de las localidades más deforestadas.

4.2.2. La localidad más deforestada tendrá menor riqueza y diversidad de especies que las localidades con mayor cobertura vegetal.

## **V. ZONA DE ESTUDIO**

El presente estudio se realizó en los ejidos Adolfo López Mateos, San Fernando y Venustiano Carranza, localizados en la Sierra de Santa Marta, dentro de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz.

### **5.1. Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz**

Esta reserva cuenta con 155,122 hectáreas, de las cuales 125,403 corresponden a la zona de amortiguamiento que envuelve a las tres zonas núcleo de la reserva: a) El Volcán San Martín Tuxtla con 9,805 ha; b) Sierra Santa Marta con 18,031 ha y c) San Martín Pajapan con 1,883 ha (DOF 23 noviembre de 1998) (Figura 1).

#### **5.1.1. Localización**

La sierra de los Tuxtlas está en la planicie costera del golfo de México, al sur del estado de Veracruz, entre 18° 05' y 18° 45' latitud norte y 94° 35' y 95° 30' longitud oeste. Su extensión es cercana a 3,300 Km<sup>2</sup> y se encuentra aislada de cualquier otro sistema montañoso (Guevara *et al.* 2004).

#### **5.1.2. Fisiografía**

El macizo volcánico de Los Tuxtlas es considerado como una unidad independiente del Eje Neovolcánico Transversal. En la sierra de Los Tuxtlas se distinguen siete grandes volcanes parcialmente erosionados, algunos son grandes, con calderas de hasta 24 Km de diámetro y flancos extensos, en tanto que otros, los más numerosos son conos cineríticos (cerca de 300) y adventicios. Destacan tres volcanes en esta sierra: al norte el volcán San Martín Tuxtla, con 1,680 msnm;

hacia el sur el volcán Santa Marta de 1,680 msnm; y al sureste San Martín Pajapan de 1,180 msnm (GEF-PNUD-SEMARNEP, 1999; Meyer, 1962; Paré y Velásquez, 1997; Guevara *et al.* 2004).

### **5.1.3. Edafología**

Existe una notable variedad de tipos de suelo en Los Tuxtlas, variabilidad que esta determinada fundamentalmente por el origen volcánico, así como por la alta diversidad geomorfológica, climática y de tipos de ambiente de la sierra.

Con base a la nomenclatura de la FAO, en la sierra de Los Tuxtlas se encontraron 18 tipos de suelo, agrupados en 9 grupos que van desde aquellos suelos considerados como jóvenes o de reciente formación, constituidos por una capa delgada, hasta aquellos muy profundos, fértiles, con densidad de materia orgánica y ácidos. Entre los grupos más importantes están: Luvisol y Acrisol (34.2% de la superficie de la sierra), Andosol (21%), Feozem (18%), Vertisol (13%) (INEGI, 1980 y Campos, 1998 citados en CONANP, 2004; GEF-PNUD-SEMARNEP, 1999; Campos, 2004).

En el área del volcán Santa Marta los suelos generalmente tienen baja fertilidad; las laderas suroeste, sur y sureste están dedicadas principalmente al cultivo de café y maíz, mientras que hacia el norte predomina la ganadería, que ha provocado una gran compactación del suelo (GEF-PNUD-SEMARNEP, 1999).

### **5.1.4. Hidrología**

De acuerdo con Vázquez *et al.* (2004) la sierra de Los Tuxtlas forma parte de las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos, que están entre las de mayor volumen de descarga del país. En la sierra se pueden distinguir tres grandes vertientes: 1) La vertiente norte y noreste que desemboca hacia el Golfo de México

delimitada por la subcuenca Tecolapilla, que es parte de la cuenca del Papaloapan. 2) La vertiente continental que abarca las subcuencas del río San Juan, de San Andrés y del Lago de Catemaco, que también forman parte de la cuenca del Papaloapan. 3) La vertiente sureste que forma parte de la cuenca del río Coatzacoalcos, incluye la subcuenca de la laguna costera del Ostión y del río Calzadas.

Entre los cuerpos de agua más grandes de la sierra destacan el Lago de Catemaco y la Laguna de Sontecomapan, ambos ubicados entre el volcán San Martín Tuxtla y la serranía de Santa Marta.

#### **5.1.5. Clima**

Soto (2004) menciona que el clima de la sierra está influenciado por su acusado gradiente altitudinal, compleja topografía, así como por su cercanía al mar y localización al sur del golfo de México.

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1974) los subtipos cálido-húmedo son los más extendidos en la región (subtipos Af y Am) (Soto, 2004). Considerando la forma en que se distribuye la precipitación en la Reserva, se presentan 3 subtipos del clima cálido A: **Af(m)** (cálido húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco de 60 mm y un porcentaje de lluvia invernal, menor de 18% con respecto a la anual); **Am** (cálido húmedo con lluvias de verano e influencia de monzón y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10 %); **Aw<sub>2</sub>** (cálido subhúmedo con lluvias de verano) (CONANP, 2004).

##### **5.1.5.1 Temperatura**

En la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas las temperaturas más altas van de los 27 a los 36 °C y las más bajas de 8 a 18 °C. En la Sierra se diferencian tres

zonas térmicas de acuerdo con los límites de temperatura media anual que establece García (1983) (en González Capistrán, 1991):

a) Muy cálida, de más de 26 °C, en la planicie al suroeste de la misma, así como en la planicie costera situada al este de Coatzacoalcos;

b) La zona cálida, cuya temperatura media anual más alta es de 24 °C, se presenta a menos de 300 m por el lado del Golfo y por debajo de 500 en la parte continental;

c) La semicálida, de 18 a 22°C, que puede registrarse a partir de 600 m en las vertientes norte y este del Golfo, y a partir de los 800 – 900 m de altitud en la porción continental.

#### 5.1.5.2. Precipitación

La irregularidad altitudinal en el perfil de la Sierra crea un cambio en el comportamiento y dirección de los vientos locales, lo que influye en una desigual distribución geográfica de la precipitación, que va de 1,253 mm a más de 4,500 mm (Villalpando, 1972; Soto, 1976; González-Capistrán, 1991). Las lluvias se presentan en verano, aunque dependiendo de los ciclones, se extienden hasta el otoño. Los valores máximos de precipitación se registran en septiembre debido a los ciclones que se presentan en la zona, mientras que los mínimos se registran en marzo y abril. Durante las lluvias de verano se registra un descenso de la precipitación en el mes de agosto, que coincide con un aumento de temperatura. Este fenómeno se conoce como "canícula" o sequía intraestival (SEDUVER, 1993; CONANP, 2004).

#### 5.1.6. Vegetación y usos de suelo

Para determinar los tipos de ambiente y tipos de suelo de la sierra de Los Tuxtlas el INEGI realizó un mapa de vegetación y de suelos, basado en la

fotointerpretación de fotografías aéreas tomadas en 1991 (escala 1:75000), el mapa de vegetación incluye 21 categorías; de las cuales nueve son de vegetación primaria: selva alta (11.013 ha), mediana (19,959 ha), y selva baja perennifolia inundable (504 ha), bosque mesófilo de montaña (10,770 ha), pinar (2,034 ha), encinar cálido (1,065 ha), sabana (9,357 ha), manglar (523 ha) y vegetación de dunas costeras (238 ha); tres categorías corresponden a vegetación primaria perturbada por disturbios naturales o antrópicos, en proceso de regeneración: acahuales de selva alta (17,071 ha), acahuales de bosque mesófilo (1,006 ha) y acahuales de encino (1,443 ha); ocho categorías corresponden a algún tipo de uso agropecuario, entre los que sobresalen los pastizales (160,507 ha) y cultivos (81,471 ha); por último se definen a las zonas urbanas o poblados (4,441 ha) (INEGI, 1991 en Instituto de Ecología 1999).

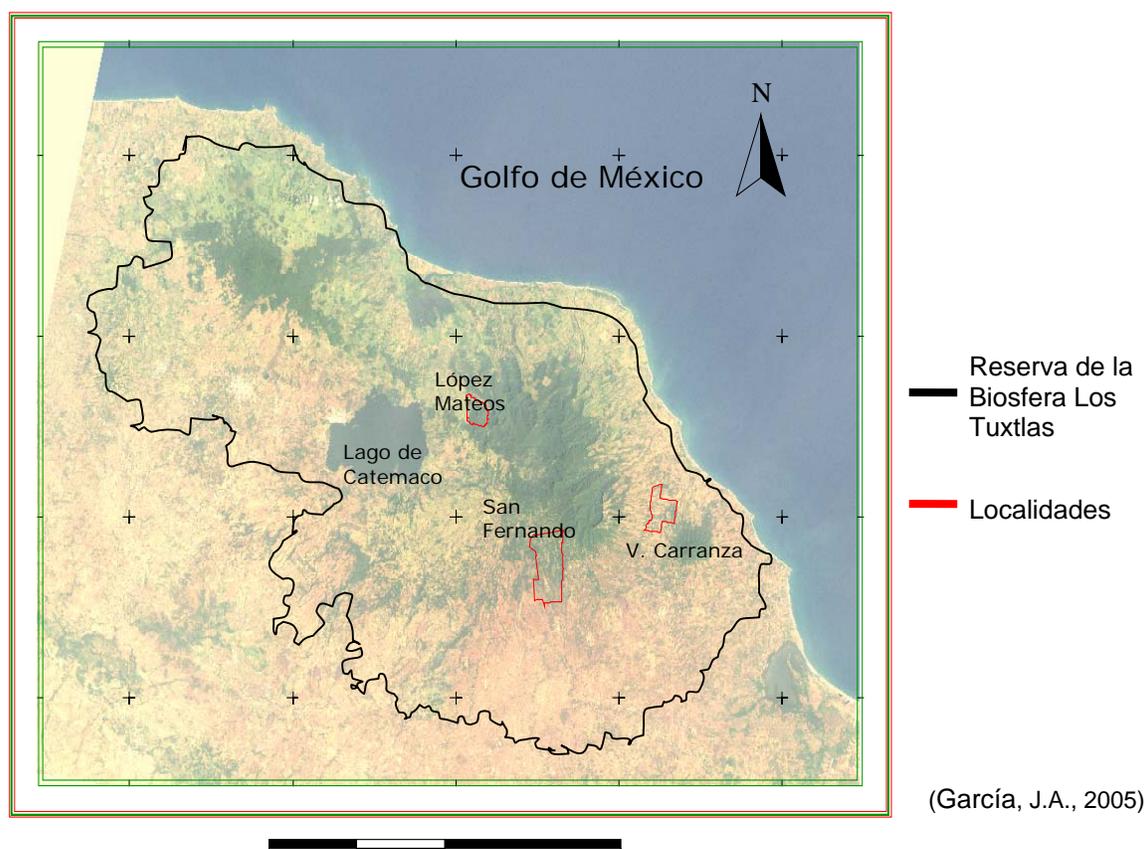


Figura 1. Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz.

## 5.2. Localidades de estudio

### 5.2.1. Ejido Adolfo López Mateos (LM)

*Localización.* Esta localidad pertenece al municipio de Catemaco, se localiza entre los 18° 25' 88" Norte y 94° 57' 16" Sur, con una altitud de 263 msnm (E. Mesa, datos no pub.) (Figura 2).

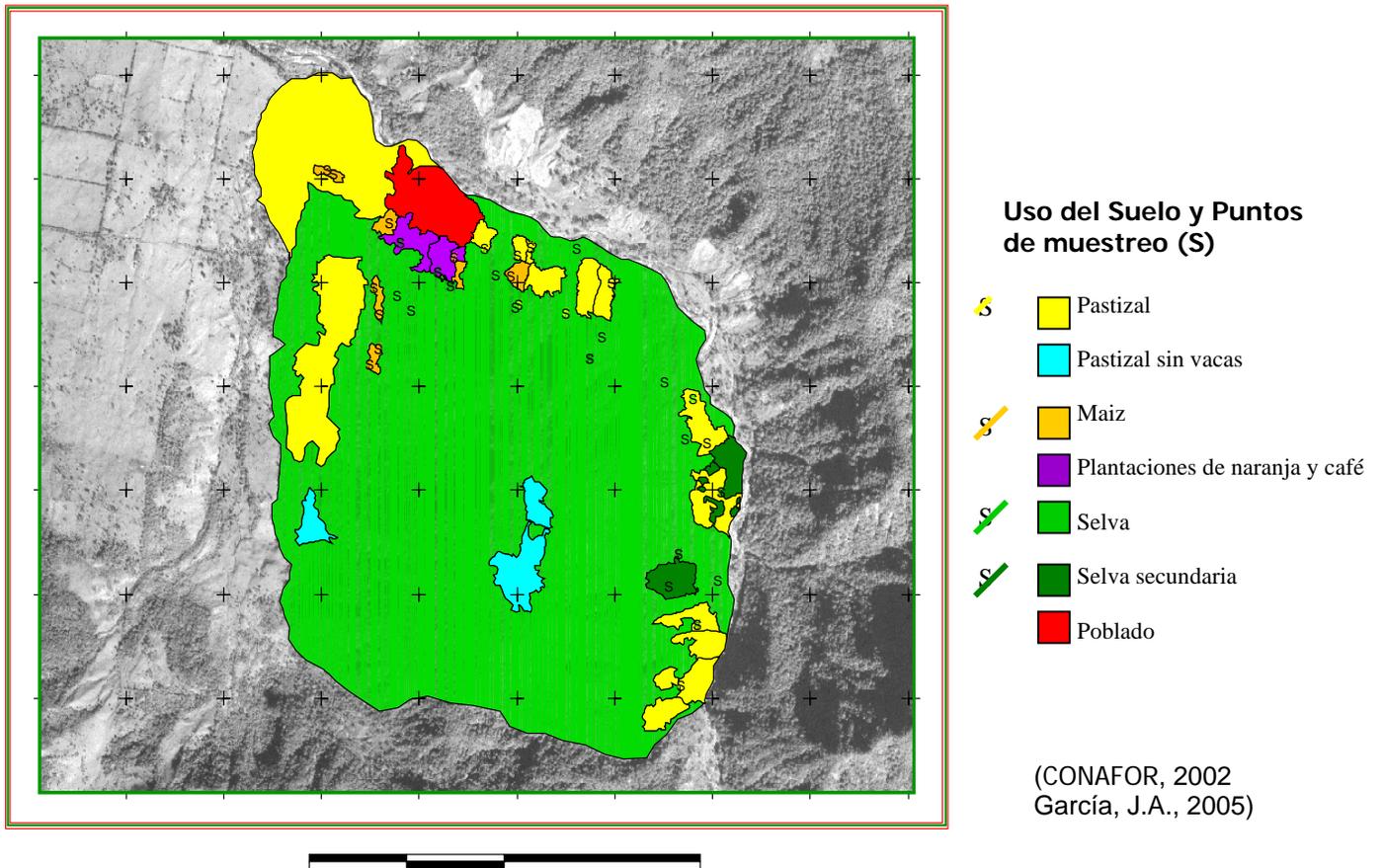


Figura 2. Ejido Adolfo López Mateos.

### 5.2.2. Ejido San Fernando (SF)

*Localización.* Se localiza al sureste de Veracruz entre 18° 19' 08" Norte y 94° 52' 91" Oeste. La topografía es irregular con altitudes que varían de 500 hasta 1100 msnm (E. Mesa, datos no pub.) (Figura 3).

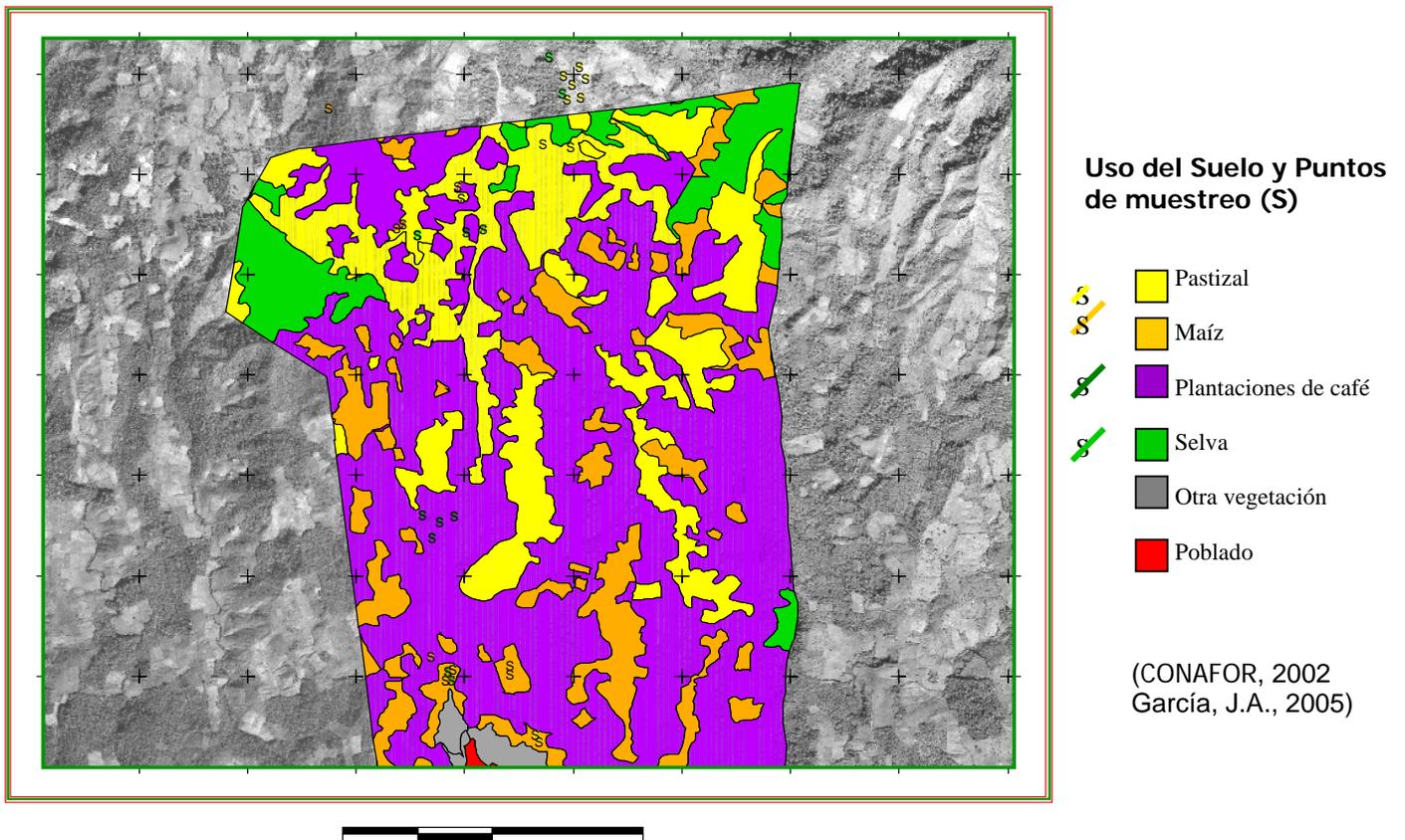


Figura 3. Ejido San Fernando.

### 5.2.3. Ejido Venustiano Carranza (VC)

*Localización.* Venustiano Carranza pertenece al municipio de Tatahuicapan de Juárez. Se localiza en la vertiente norte del volcán San Martín Pajapan y se ubica entre los 18° 19' 09" y 18° 21' 50" Norte y 94° 44' 41" y 94° 46' 44" Oeste. En éste ejido se localizan relieves de laderas medianas y bajas y vertientes de valles fluviales, con altitudes que oscilan entre los 77 - 401 msnm, predominando los sitios a 200 a 300 msnm (SEMARNAP, 1997).

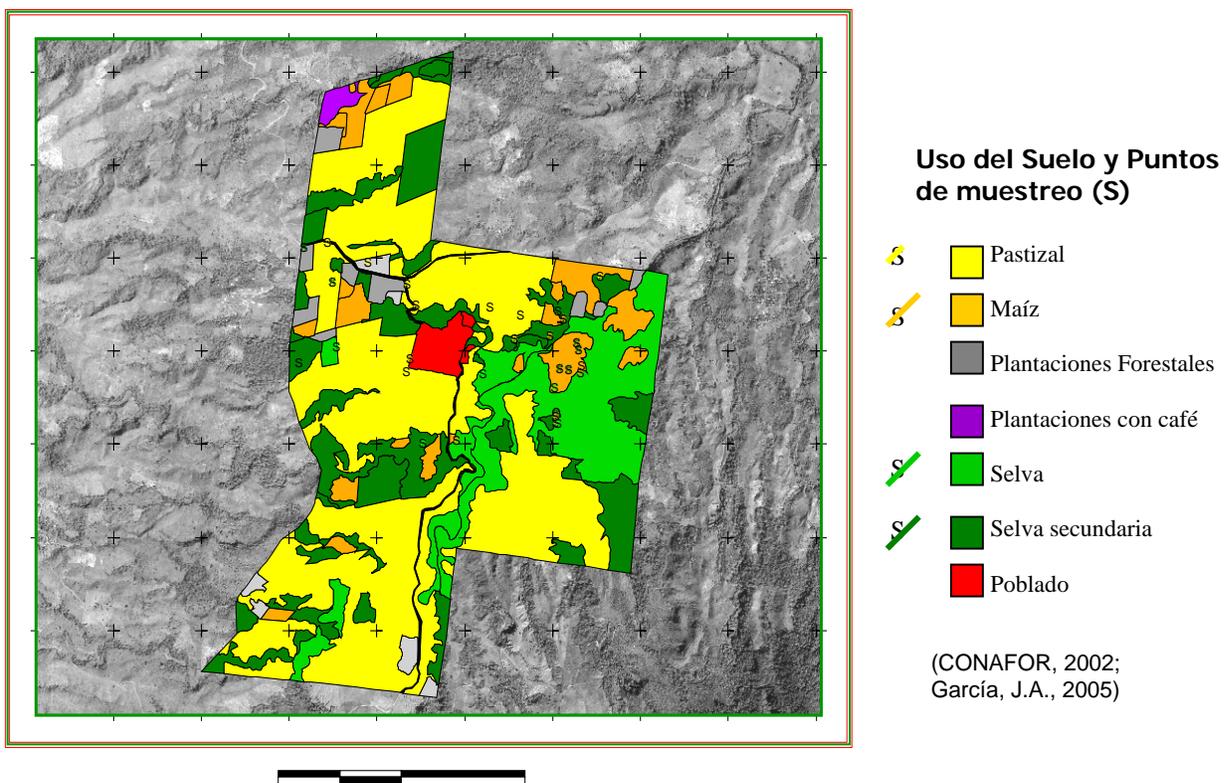


Figura 4. Ejido Venustiano Carranza.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó a finales de la temporada de lluvias, durante el mes de diciembre del 2003.

### 6.1. Localidades y tipos de ambiente estudiados

#### 6.1.1. Paisaje de las localidades

El estudio se realizó en las tres localidades con terrenos que se diferencian a nivel del paisaje por sus diferentes grados de deforestación, lo cual fue determinado de acuerdo a una evaluación cualitativa visual de ortofotos (INEGI, 1996).

- 1) Ejido Adolfo López Mateos (**LM**): Superficie aproximada de selva 75%.
- 2) Ejido San Fernando (**SF**): Superficie aproximada de selva 50%.
- 3) Ejido Venustiano Carranza (**VC**): Superficie aproximada de selva 25%.

#### 6.1.2. Tipos de ambiente: Selva y Sistemas agroforestales

En cada localidad se estudiaron dos tipos de ambiente:

- a) Selvas (**S**). En esta categoría se incluyeron selvas (no taladas en los últimos 45 años) y selvas recuperadas (acahuales con más de 20 años de sucesión).
- b) Sistemas agroforestales (**A**). Aquí se incluyeron aquellos sistemas de uso o manejo del suelo caracterizados por la combinación espacial o en secuencia temporal de árboles maderables o frutales y cultivos alimenticios; y en donde en general se aplican prácticas de manejo que son compatibles con los patrones culturales de la población local (Beal y Côté, 1977; Lundgren, 1987; Goeltenboth, 1990; Quiroga, 1992; Leakey, 1996; en Ospina 2004).

Consecuentemente los tipos de ambiente para cada localidad quedaron identificados del siguiente modo: López Mateos Selva (**LM-S**), López Mateos Agroforestal (**LM-A**), San Fernando Selva (**SF-S**), San Fernando Agroforestal (**SF-A**), Venustiano Carranza Selva (**VC-S**), y Venustiano Carranza Agroforestal (**VC-A**).

## **6.2. Muestreo y cuantificación de lombrices**

Se muestrearon 8 sitios por tipo de ambiente (**S** y **A**) en cada localidad de estudio (**LM**, **SF** y **VC**). Cada punto de muestreo consistió en la realización de un monolito central (**MC**) y dos monolitos laterales (**ML**) ubicados estos últimos al Norte y al Sur del monolito central. La distancia mínima entre punto y punto fue de 100m, lo que garantiza la independencia estadística de cada punto. En total fueron 16 puntos de muestreo por localidad (**LM**, **SF**, **VC**) y 24 por tipo de ambiente (selvas y sistemas agroforestales). En total se realizaron 48 puntos de muestreo a nivel regional o del paisaje del Volcán Santa Marta- Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas.

### **6.2.1. Método estratificado (monolito central MC)**

Siguiendo el método propuesto por TSBF (Tropical Soil Biology & Fertility) (Anderson e Ingram, 1993), se realizó en cada sitio de muestreo un monolito de 25 X 25 de superficie por 30 cm de profundidad (Figura 5). La revisión de cada monolito se realizó de la siguiente forma: la hojarasca se revisó minuciosamente en una charola de plástico para extraer las lombrices. Posteriormente se fueron revisando sucesivamente estratos de 10 cm de profundidad (0-10, 10-20, 20-30); las lombrices extraídas se guardaron en frascos de plástico con formol al 4% para su fijación y conservación. Cada frasco se etiquetó con los datos correspondientes (fecha, tipo de ambiente, monolito, estrato, sitio).

### 6.2.2. Monolito lateral (ML)

Los monolitos laterales se realizaron para completar el registro de especies, pues se ha visto que el monolitos de 25 X25 no es suficiente para registrar todas las especies del sitio (Fragoso, com. pers.). Cada uno de los dos monolitos se ubicaron a 5 m de distancia del monolito central en dirección Norte y el otro al Sur. Éstos corresponden a dos cuadros de 50 X 50 cm de superficie por 10 cm de profundidad. No se excavo foso y en la revisión manual en charolas de plástico no se diferenció la hojarasca del primer estrato (Figura 5).

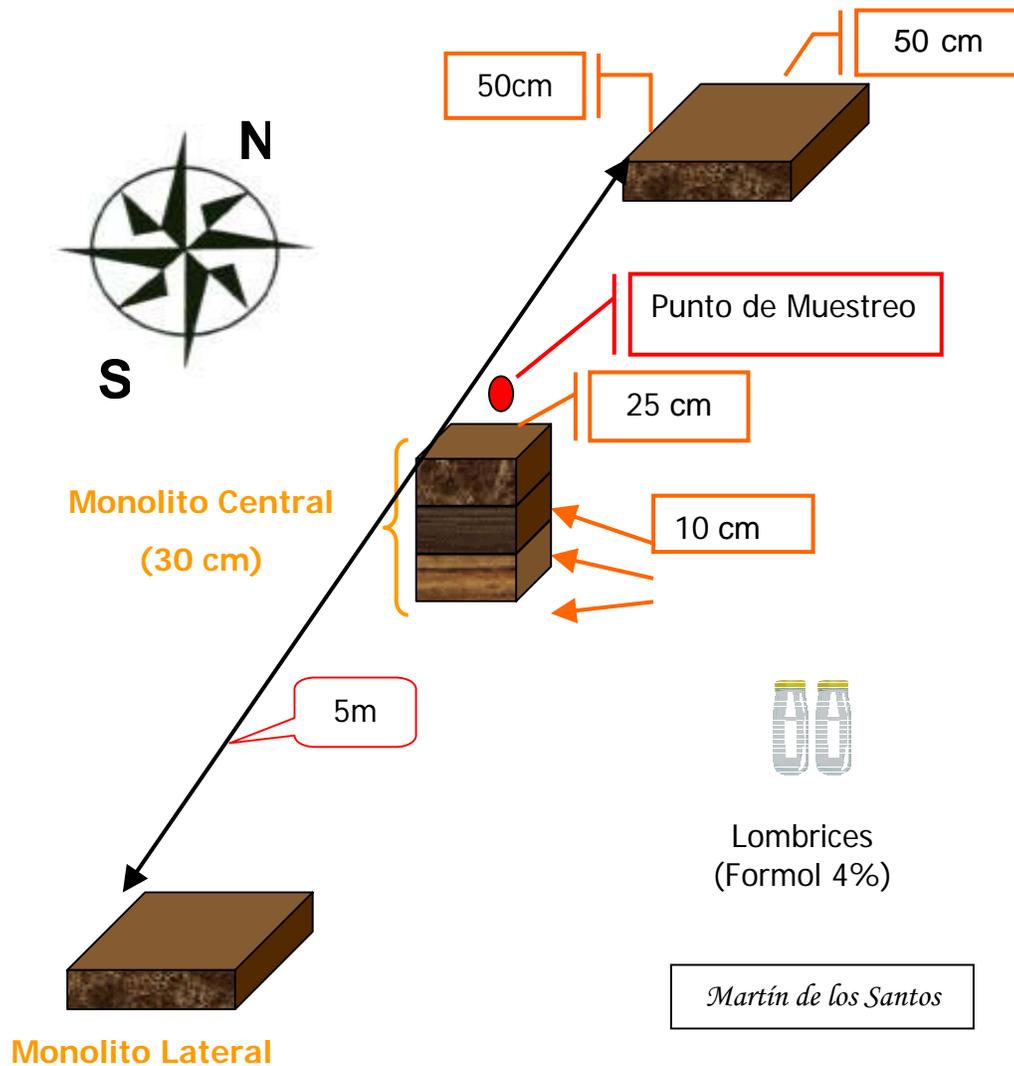


Figura 5. Monolito central y laterales.

### 6.3. Identificación y peso

Las lombrices fueron identificadas a nivel de especie de acuerdo a la diagnosis del Apéndice 1 (Fragoso en prep.). Una vez separados por especie, se contaron y pesaron por cada estrato (en el caso del monolito central) o por monolito (en el caso de los laterales). Para el peso cada lombriz se secó ligeramente con una toalla de papel absorbente, por lo que los pesos corresponden a lombrices conservadas en formol.

### 6.4. Análisis estadísticos

#### 6.4.1. Curvas de acumulación de especies

Se realizaron curvas de acumulación de especies para las tres ventanas y los dos tipos de ambiente utilizando el programa de EstimateS 5 (Colwell, 1999). Para suavizar la curva de acumulación se hicieron 50 iteraciones con los datos observados tomados al azar. La comparación de las curvas se determinaron con los estimadores no paramétricos de Jackknife de 1er. orden y el estimador de riqueza Bootstrap, utilizando los valores de presencia/ausencia de los tres monolitos.

Índice de Jacknife de primer orden: Se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra (L), es decir especies raras. Reduce la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad (Palmer, 1990; Krebs, 1989; citados en Moreno, 2001).

El índice se calculo como:

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

En donde:

$m$  = número de muestras

$S$  = número de especies

$L$  = el número de especies que ocurren solamente en una muestra

Estimador de riqueza Bootstrap: Se basa en  $P_j$ , la proporción de unidades muestrales que contienen a cada especie  $j$ , citado en Moreno, 2001), al parecer es menos preciso que el anterior (Palmer, 1990; Krebs, 1989; Colwell y Coddington, 1994; en Moreno, 2001).

Su formula es:

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

En donde:

$S$ = número de especies

$P_j$  = proporción de cada especie

$n$  = número de muestras

#### **6.4.2. Índice de diversidad y comparación de comunidades**

La diversidad fue cuantificada utilizando los datos de los dos métodos de muestreo (monolitos centrales y laterales), mediante los índices de Simpson y Shannon-Wiener ; la similitud entre las comunidades se evaluó mediante el índice de Morisita de acuerdo a las siguientes formulas (Brower *et al.* 1990):

##### **6.4.2.1. Índice de diversidad de Simpson:**

Considera tanto el número de especies ( $s$ ) como el número total de individuos ( $N$ ), así como la proporción total que ocurre de cada especie.

Este índice muestra que si dos individuos son tomados al azar de una comunidad, la probabilidad de que dos pertenezcan a la misma especie es:

$$l = \frac{\sum ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

En donde:

$l$  = Índice de dominancia de Simpson

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

$N$  = número total de individuos

La relación es de 0 – 1, entre más cercano sea el valor a uno menos diversa es la comunidad.

El valor de  $l$  es por lo tanto una medida de dominancia. A mayor riqueza de especies menor dominancia de pocas especies, por lo que el índice de diversidad se diferencia como:

$$D_s = 1 - l$$

es decir:

$$D_s = 1 - \frac{\sum ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

donde:

$D_s$  = Índice de diversidad de Simpson

En este caso la relación es de 0 – 1, entre más cercano sea el valor a uno más diversa es la comunidad.

#### 6.4.2.2. Índice de diversidad de Shannon- Wiener:

Mide el grado de incertidumbre al predecir a cuál especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra dada (Magurran, 1988, Peet 1974, Baev

y Penev 1995; citado en Moreno, 2001); una elevada diversidad significa una alta impredecibilidad. Este índice toma en cuenta el número de especies y la densidad relativa de éstas y es más sensible a los cambios en el número de especies raras.

Se estima como:

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

Donde:

$$p_i = n_i / N_i$$

$H'$  = Índice de Shannon

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

#### 6.4.2.3. Índice de Morisita:

Este índice de similitud de comunidades esta basado en el índice de dominancia de Simpson. Se utiliza para comparar sitios con base en sus valores de diversidad. Se define como:

$$IM = \frac{2 \sum x_i y_i}{(I_1 + I_2) N_1 N_2}$$

En donde:

$IM$  = Índice de Morisita

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

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

$I_1$  = Índice de Simpson en la comunidad 1

$I_2$  = Índice de Simpson de la comunidad 2

$N_1$  = número total de individuos de la comunidad 1

$N_2$  = total de individuos de la comunidad 2

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

#### **6.4.3. Análisis de varianza de una vía**

Para comparar los patrones de densidad y biomasa entre localidades de estudio (**LM**, **SF** y **VC**), y entre selvas y sistemas agroforestales, se realizaron análisis de varianza (ANOVA's) de una vía (Steel y Torrie, 1998) con un nivel de significancia del 95% ( $P=0.05$ ). Los análisis se realizaron a nivel de cada punto de muestreo, sumando los datos crudos (sin transformar a  $m^2$ ) del monolito central más los monolitos laterales, debido a que cada sitio de muestreo cuenta con el mismo esfuerzo de colecta.

Cuando se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) se realizó una prueba de rangos múltiples de Tukey para detectar los sitios que difirieron entre sí. Estos análisis se realizaron con ayuda de los paquetes estadísticos: Statgraphics 6.1 y Microsoft Excel 97 para Windows 98'.

#### **6.4.4. Análisis de Agrupamiento**

El agrupamiento y clasificación de cada punto de muestreo (48 en total) se realizó con la matriz de presencia/ausencia (1/0) de cada especie. La asociación entre puntos (matriz de asociación) se obtuvo utilizando el índice de Bray Curtis (no lineal, de disimilitud, con valores de 0-1 y que excluye los datos 0/0). Posteriormente se realizó un análisis de agrupación jerárquico con el método UPGMA (Unweighted Pairs Groups Method Using Arithmetic Average ó Método de Agrupación de Parejas no Ponderadas Mediante Medias Aritméticas) (Gauch, 1982) con ayuda del programa de análisis PATN (Belbin, 1986).

## VII. RESULTADOS

### 7.1. Riqueza de especies

En el presente estudio se encontraron en las tres localidades de muestreo un total de 10 especies (6 nativas y 4 exóticas). El ejido que más especies presentó fue San Fernando (**SF**) con 9 especies (6 nativas y 3 exóticas), seguido por López Mateos (**LM**) con 8 especies (5 nativas y 3 exóticas), y Venustiano Carranza (**VC**) con 5 (2 nativa y 3 exóticas) (Cuadro 1).

Considerando las tres localidades, en las selvas se encontraron 10 especies (6 nativas y 4 exóticas), mientras que en sistemas agroforestales se presentaron 9 especies (5 nativas y 4 exóticas) correspondiendo la especie faltante a *Lavello-drilus parvus*. La especie más común fue la exótica *Pontoscolex corethrurus* presentándose en un 58% (28/48) de los puntos de muestreo de selvas y sistemas agroforestales; otras especies importantes fueron la nativa *Kaxdrilus sylvicola* con una frecuencia de 29% (14/48), la nativa *Ramiellona sp 15* con 22.9% (11/48) y la exótica *Periscolex brachycystis* con 20.8% (10/48).

La mayoría de las especies nativas pertenecen a la familia Megascolecidae (tribus Acanthodrilini y Dichogastrini) y solamente una especie se ubicó en la familia Ocnerodrilidae (*Phoenicodrilus taste*). En las exóticas se ubicaron en las familias Megascolecidae y Glossoscolecidae. Esta división de las familias se realizó de acuerdo a la clasificación de Jamieson (1988).

En el apéndice 1 se presenta la clasificación, diagnosis y distribución geográfica de cada una de estas especies en México (Fragoso en prep.).

Cuadro 1. Lista de especies de lombrices encontradas en los ejidos López Mateos, San Fernando y Venustiano Carranza, en selva (S) y en sistemas agroforestales (A) de La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz. (X = monolito central y laterales, ✦ = monolitos laterales)

FAMILIA	SUBFAMILIA	TRIBU	GENERO Y ESPECIE	ORIGEN	López Mateos		San Fernando		Venustiano C.		
					S	A	S	A	S	A	
Megascolecidae	Acanthodrilinae	Acanthodrilini	<i>Kaxdrilus parvus</i>	Nativa		X	X				
			<i>Kaxdrilus sylvicola</i>	Nativa	X	X	X	✦	X		
			<i>Lavello-drilus parvus</i>	Nativa			X				
	Megascolecinae	Dichogastrini	<i>Dichogaster bolau</i>	Exótica						✦	✦
			<i>Dichogaster saliens</i>	Exótica	X	✦	✦				
			<i>Ramiellona sp15</i>	Nativa	X	X	X	X			
			<i>Ramiellona sp18</i>	Nativa	X	X	X				
Ocnerodrilidae	Ocnerodrilinae	Ocnerodrilini	<i>Phoenicodrilus taste</i>	Nativa	✦	X	✦	X		✦	
Glossoscolecidae	Glossoscolecinae		<i>Periscolex brachycystis</i>	Exótica	X	X	X	X		X	
			<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Exótica	X	X	X	X	X	X	
			<b>total</b>	<b>Exótica</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
			<b>total</b>	<b>Nativa</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
			<b>TOTAL por localidad</b>		<b>8</b>		<b>9</b>		<b>5</b>		

## 7.2. Curvas de acumulación de especies

Las curvas teóricas de acumulación de especies por tipo de ambiente señalan que el inventario de especies está casi completo en las selvas pues se encontraron 10 de las 11 especies potenciales. En el caso de los sistemas agroforestales, los modelos indican que aún faltan por encontrar cuatro especies (9/13), por lo que es necesario un esfuerzo mayor de muestreo para obtener el 100% de las especies posiblemente existentes (Figura 6).

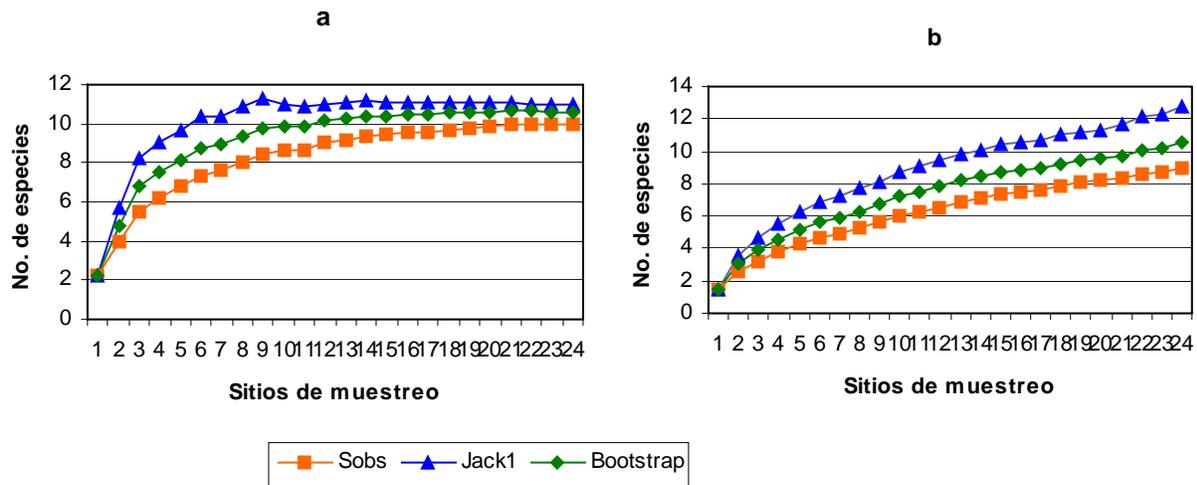


Figura 6. Curva de acumulación de especies para las selvas **(a)** y los sistemas agroforestales **(b)**. Datos observados (Sobs) y datos esperados de acuerdo a los modelos de Jacknife 1 y Bootstrap.

Al analizar las curvas de acumulación por tipo de ambiente y por localidad encontramos lo siguiente: i) en las selvas de López Mateos (**LM-S**) faltaron dos de las siete especies encontradas; ii) en las sistemas agroforestales de López Mateos (**LM-A**) faltaron tres especies de las ocho encontradas; iii) en las selvas de San Fernando (**SF-S**) de las nueve especies faltaron tres; iv) en las plantaciones de San Fernando (**SF-A**) de las cinco especies halladas faltaron tres; v) en las selvas de Venustiano Carranza (**VC-S**) faltaron dos de las tres encontradas y finalmente, vi) en las sistemas agroforestales de Venustiano carranza (**VC-A**) de las cuatro especies faltaron por encontrar dos (Figura 7).

En resumen se puede observar que dentro de cada localidad, el muestreo por cada tipo de ambiente fue insuficiente y sólo se registraron el 60 – 70% de las especies.

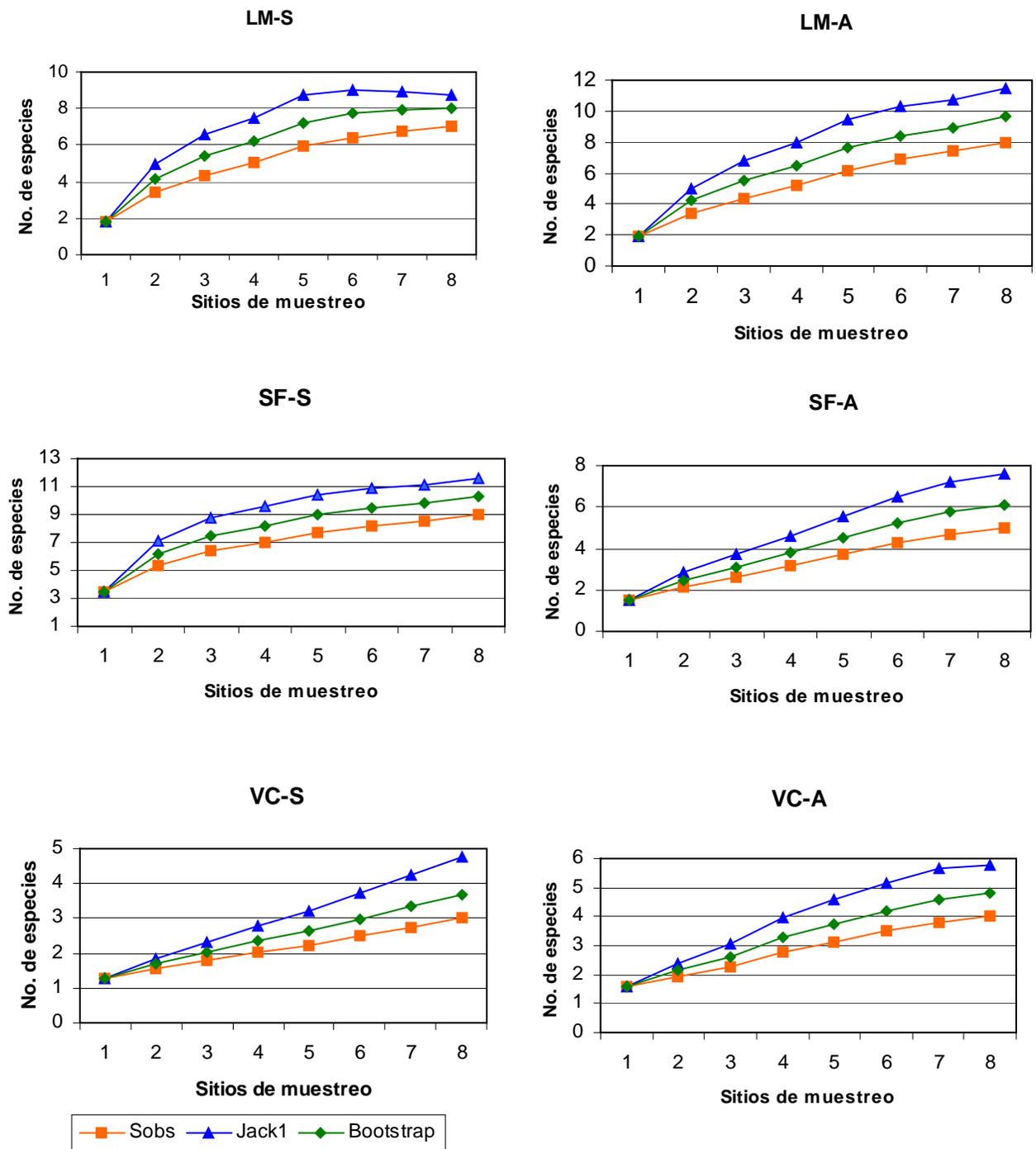


Figura 7. Curvas de acumulación de especies por tipo de ambiente en cada localidad. Datos observados (Sobs) y datos esperados de acuerdo a los modelos de Jackknife 1 y Bootstrap. LM= López Mateos, SF= San Fernando, VC= Venustiano Carranza, S= selva, A= sistemas agroforestales.

### 7.3. La comunidad de lombrices

#### 7.3.1. Diversidad

Los índices de diversidad (Simpson y Shannon) muestran que las selvas de San Fernando fueron los sitios con mayor diversidad. En contraste los sitios de menor diversidad fueron las selvas y sistemas agroforestales de Venustiano Carranza y las plantaciones de San Fernando (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de los índices de Simpson (**Ds**), Dominancia de Simpson (**I**) y Shannon (**H'**), donde **s**= número de especies y **N**= número total de individuos (ver figura 6 para el significado de los sitios).

	LM-S	LM-A	SF-S	SF-A	VC-S	VC-A
<b>s =</b>	7	8	9	5	3	4
<b>N =</b>	82	152	157	334	597	385
<b>I =</b>	0.62	0.73	0.25	0.97	0.97	0.97
<b>Ds =</b>	0.38	0.27	0.75	0.03	0.03	0.03
<b>H' =</b>	0.88	0.66	1.00	0.10	0.09	0.08

Al comparar cada localidad con el índice de Morisita (Cuadro 3), se observa gran similitud entre ellas, con excepción de **SF-S** que difirió notablemente. Esto puede deberse a la baja presencia de la especie *Pontoscolex corethrurus* y a la alta presencia de otras especies como la nativa *Ramiellona sp 15*, y *Lavellodrilus parvus*.

Cuadro 3. Similitud entre los tipos de ambiente de cada localidad con base al Índice de Morisita.

<b>LMS</b>	<b>1</b>					
<b>LMA</b>	0.99	<b>1</b>				
<b>SFS</b>	0.04	0.05	<b>1</b>			
<b>SFA</b>	0.97	0.99	0.01	<b>1</b>		
<b>VCS</b>	0.97	0.99	0.01	1.00	<b>1</b>	
<b>VCA</b>	0.97	0.99	0.01	1.00	1.00	<b>1</b>
	<b>LMS</b>	<b>LMA</b>	<b>SFS</b>	<b>SFA</b>	<b>VCS</b>	<b>VCA</b>

### 7.3.2. Densidad y Biomasa total

La densidad y biomasa total a nivel de localidades, presentaron valores significativamente más altos en **VC** (218.3 ind/m<sup>2</sup> y 38.78 g/m<sup>2</sup> respectivamente) que en **SF** (109.1 ind/m<sup>2</sup> y 15.42 g/m<sup>2</sup>) y **LM** (52 ind/m<sup>2</sup> y 6.15 g/m<sup>2</sup>) (Figura 8, Cuadro 4). (Ver Cuadro 5 para los valores de ANOVA).

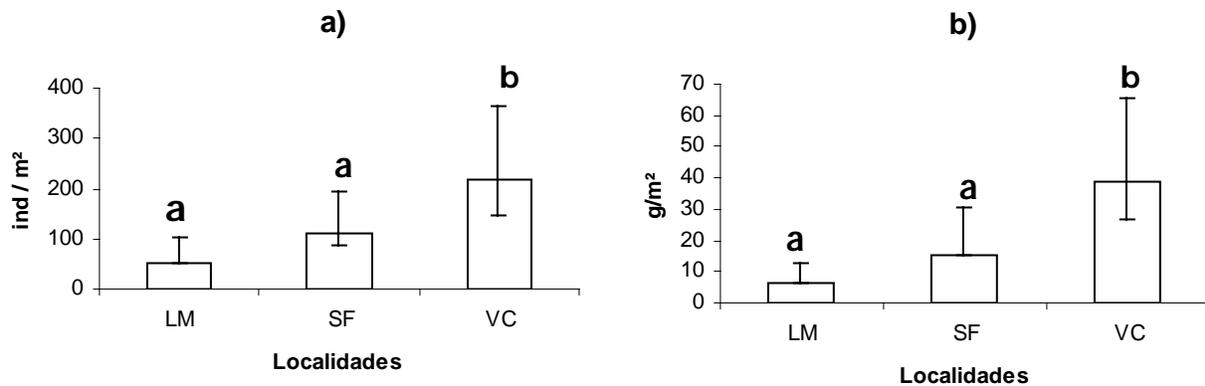


Figura 8. Densidad **a)** y Biomasa **b)** promedio de las lombrices de tierra por localidad. Intervalo de confianza al 95% (n=16). LM= López Mateos, SF= San Fernando, VC= Venustiano Carranza.

Respecto a los valores por tipo de ambiente, se encontraron valores más altos en sistemas agroforestales (194 ind/m<sup>2</sup> y 32 g/m<sup>2</sup>), que en selvas (186 ind/m<sup>2</sup> y 28 g/m<sup>2</sup>), pero en éste caso no existieron diferencias significativas. (Figura 9).

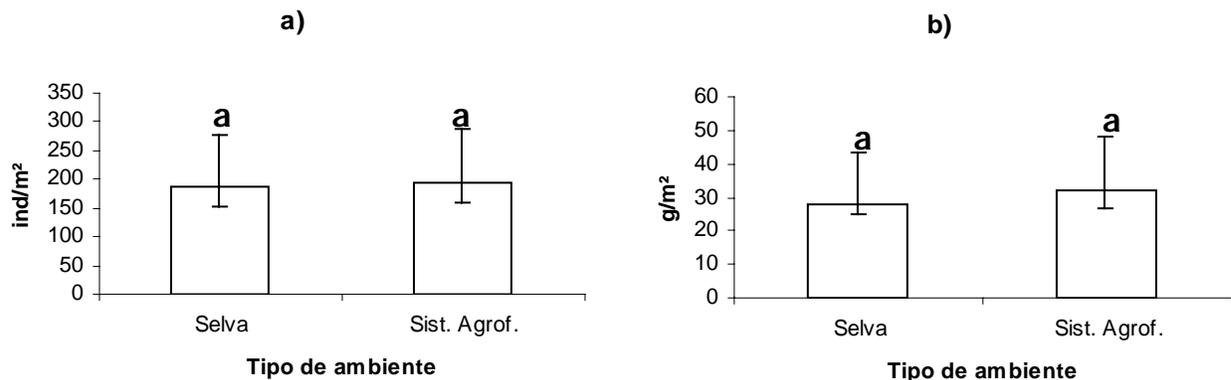


Figura 9. Densidad **a)** y Biomasa **b)** promedio de las lombrices de tierra por tipo de ambiente. Intervalo de confianza al 95% (n=16). LM= López Mateos, SF= San Fernando, VC= Venustiano Carranza.

Cuadro 4. Densidad (**D**, ind/m<sup>2</sup>) y Biomasa (**B**, g/m<sup>2</sup>) promedio de lombrices nativas y exóticas en selva y sistemas agroforestales en las tres localidades de estudio en La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz.

	Especies	López Mateos				San Fernando				Venustiano Carranza			
		Selva		Agro		Selva		Agro		Selva		Agro	
		D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B
Exóticas	<i>Dichogaster bolai</i>	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.4	0.008	0.2	0.002
	<i>Dichogaster saliens</i>	0.2	0.003	0.2	0.009	0.2	0.003	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
	<i>P.corethrus</i>	14.2	1.377	28.9	4.172	0.2	0.007	73.1	14.473	130.4	25.561	84.4	13.067
	<i>Periscolex brachycistis</i>	0.7	0.018	0.9	0.024	1.6	0.025	0.2	0.003	0.0	0.000	0.4	0.009
	<b>Subtotal</b>	<b>15.1</b>	<b>1.398</b>	<b>30.0</b>	<b>4.205</b>	<b>2.0</b>	<b>0.035</b>	<b>73.3</b>	<b>14.476</b>	<b>130.9</b>	<b>25.57</b>	<b>85.1</b>	<b>13.08</b>
Nativas	<i>K.parcus</i>	0.0	0.000	0.2	0.003	6.4	0.092	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
	<i>K.sylvicola</i>	0.7	0.288	1.3	0.190	5.1	0.267	0.4	0.009	1.8	0.128	0.0	0.000
	<i>Lavello-drilus parvus</i>	0.0	0.000	0.0	0.000	7.1	0.080	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
	<i>Phoenicodrilus taste</i>	1.3	0.004	0.9	0.001	0.2	0.000	0.2	0.001	0.0	0.000	0.4	0.002
	<i>Ramiellona sp15</i>	0.2	0.004	1.1	0.034	13.6	0.414	0.2	0.004	0.0	0.000	0.0	0.000
	<i>Ramiellona sp16</i>	0.9	0.019	0.2	0.004	0.4	0.047	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
	<b>Subtotal</b>	<b>3.1</b>	<b>0.315</b>	<b>3.8</b>	<b>0.232</b>	<b>32.9</b>	<b>0.900</b>	<b>0.9</b>	<b>0.014</b>	<b>1.8</b>	<b>0.128</b>	<b>0.4</b>	<b>0.002</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>18.2</b>	<b>1.713</b>	<b>33.8</b>	<b>4.438</b>	<b>34.9</b>	<b>0.936</b>	<b>74.2</b>	<b>14.490</b>	<b>132.7</b>	<b>25.70</b>	<b>85.6</b>	<b>13.080</b>

### 7.3.3. Densidad y Biomasa de Nativas y Exóticas

Las localidades **LM** (25% de deforestación) y **SF** (50% de deforestación) presentaron el mayor número de especies nativas (5 y 6 spp nativas respectivamente), que **VC** (75% de deforestación) que sólo presentó 2 especies nativas.

En cuanto a la densidad de nativas **SF** presentó valores más altos (33.76 ind/m<sup>2</sup>) que **LM** (6.88 ind/m<sup>2</sup>) y **VC** (2.21 ind/m<sup>2</sup>). Respecto a la biomasa **LM** y **SF** mostraron los valores más altos (0.54 y 0.91 g/m<sup>2</sup> respectivamente), pero solo se detectaron diferencias significativas entre esta última localidad y **VC** (0.13 g/m<sup>2</sup>) (Ver Cuadro 5 para los valores de ANOVA).

La densidad y biomasa de exóticas mostraron el mismo patrón, observándose valores significativamente más altos en **VC** (215.9 ind/m<sup>2</sup> y 38.64

g/m<sup>2</sup> respectivamente), que en **LM** (45.1 ind/m<sup>2</sup> y 5.59 g/m<sup>2</sup>) y **SF** (75.3 ind/m<sup>2</sup> y 14.51 g/m<sup>2</sup>) (Cuadro 5).

En cuanto al de tipo de ambiente la densidad y biomasa de nativas fue significativamente más alta en las selvas (37.8 ind/m<sup>2</sup> y 1.34 g/m<sup>2</sup> respectivamente) que en los sistemas agroforestales (5.1 ind/m<sup>2</sup> y 0.24 g/m<sup>2</sup>); por el contrario, no se detectaron diferencias significativas entre las selva y los sistemas agroforestales en la densidad y biomasa total de exóticas.

Al comparar el tipo de ambiente de cada localidad, **SF-S** presentó los mayores valores de densidad y biomasa de nativas (32.9 ind/m<sup>2</sup> y 0.09 g/m<sup>2</sup> respectivamente) (Figura 10), mientras que **VC-S** mostró los mayores valores de densidad y biomasa de especies exóticas (130.9 ind/m<sup>2</sup> y 0.025 Kg/m<sup>2</sup>), ambos con diferencias significativas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadro de ANOVAS para las variables de densidad y biomasa comparados en tres niveles: localidad, tipo de ambiente (TIVE) y sitios. Las diferencias entre localidad, tipo de ambiente y sitios fueron probadas mediante una prueba de rangos múltiples de Tukey.

	LOCALIDAD		TIVE		SITIOS	
	F	P	F	P	F	P
Abundancia Total	8.588	0.0007	0.018	0.8954	4.6	0.002
	VC>LM=SF				VC-S>LM-S=LM-A=SF-S=SF-A; VC-A>LM-S	
Biomasa Total	7.68	0.0014	0.093	0.7654	5.89	0.0003
	VC>LM=SF				VC-S>LM-S=LM-A=SF-S; VC-A>LMS=SF-S,VC-S; SF-A>LM-S=SF-S	
Abundancia Exóticas	9.528	0.0004	0.453	0.5115	6.335	0.0002
	VC>LM=SF				VC-S>LM-S=LM-A=SF-S; VC-S>SF-A; VC-A>LM-S=SF-S; SF-A>LM-S=SF-S	
Biomasa Exóticas	7.816	0.0012	0.153	0.7012	6.135	0.0002
	VC>LM=SF				VC-S>LM-S=LM-A=SF-S; VC-A>LM-S=SF-S,VC-S; SF-A>LM-S=SF-S	
Abundancia Nativas	5.394	0.0079	6.188	0.0166	9.682	0.00009
	SF>LM=VC		SELVA>AGRO.		SF-S>LM-S=LM-A=SF-A=VC-S=VC-A	
Biomasa Nativas	3.009	0.0593	8.344	0.0059	6.296	0.0002
	SF>VC, LM=SF		SELVA>AGRO.		SF-S>LM-S=LM-A=SF-A=VC-S=VC-A	

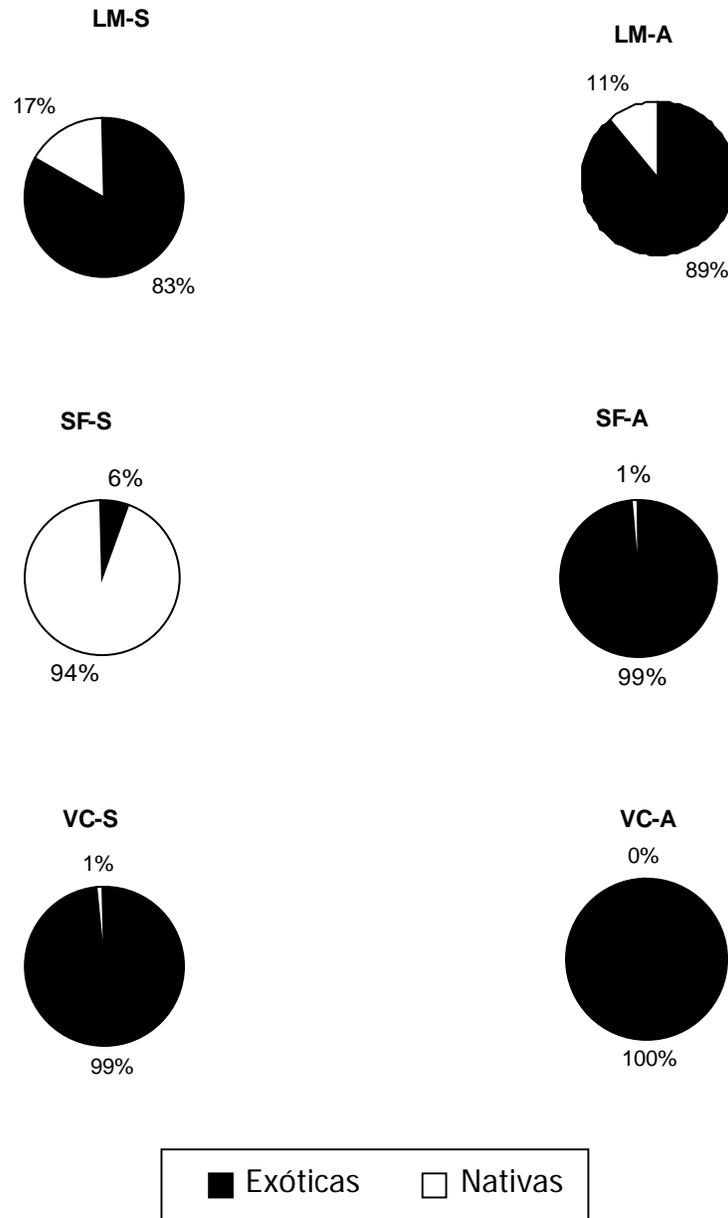


Figura 10. Porcentaje de nativas y exóticas por tipo de ambiente por localidad.

### 7.3.4. Distribución vertical

En las tres localidades las lombrices se distribuyeron desde la hojarasca hasta los 30 cm de profundidad. En López Mateos el 69% de las especies se encontraron en los primeros 10cm; en San Fernando se distribuyeron un poco más equitativamente en los dos primeros estratos (0-20) y en Venustiano Carranza las especies se encontraron principalmente en el primer estrato (66%) (Figura 11 a).

A nivel de tipo de ambiente, tanto en las selva como en sistemas agroforestales las lombrices se distribuyeron en todos los estratos incluyendo la hojarasca. En las selvas el mayor porcentaje de especies se encontró en el primer estrato (69%), registrando un porcentaje ligeramente mayor en el estrato más profundo (20-30) que los sistemas agroforestales (Figura 11 b).

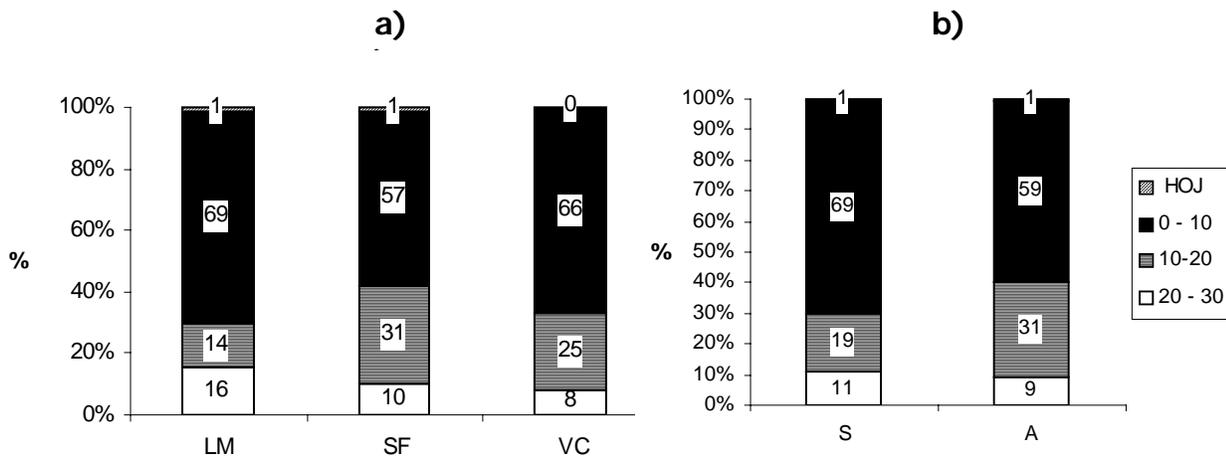


Figura 11. Distribución vertical de la comunidad de lombrices de tierra (en porcentaje de densidad), por localidad (a) y tipo de ambiente (b)

### 7.3.5. Estructura funcional por categoría ecológica

De las 10 especies encontradas 2 fueron consideradas epigeas y 8 endogeas (7 polihúmicas y 1 mesohúmica) (Cuadro 6).

En la Figura 12 se muestra el porcentaje de cada categoría ecológica por tipo de ambiente en cada localidad y se observa que con excepción de **SF-S**, (en donde hay un predominio de polihúmicas), en el resto domina la categoría endogea mesohúmica. Esto se debe al predominio de la exótica *Pontosolex corethrurus*.

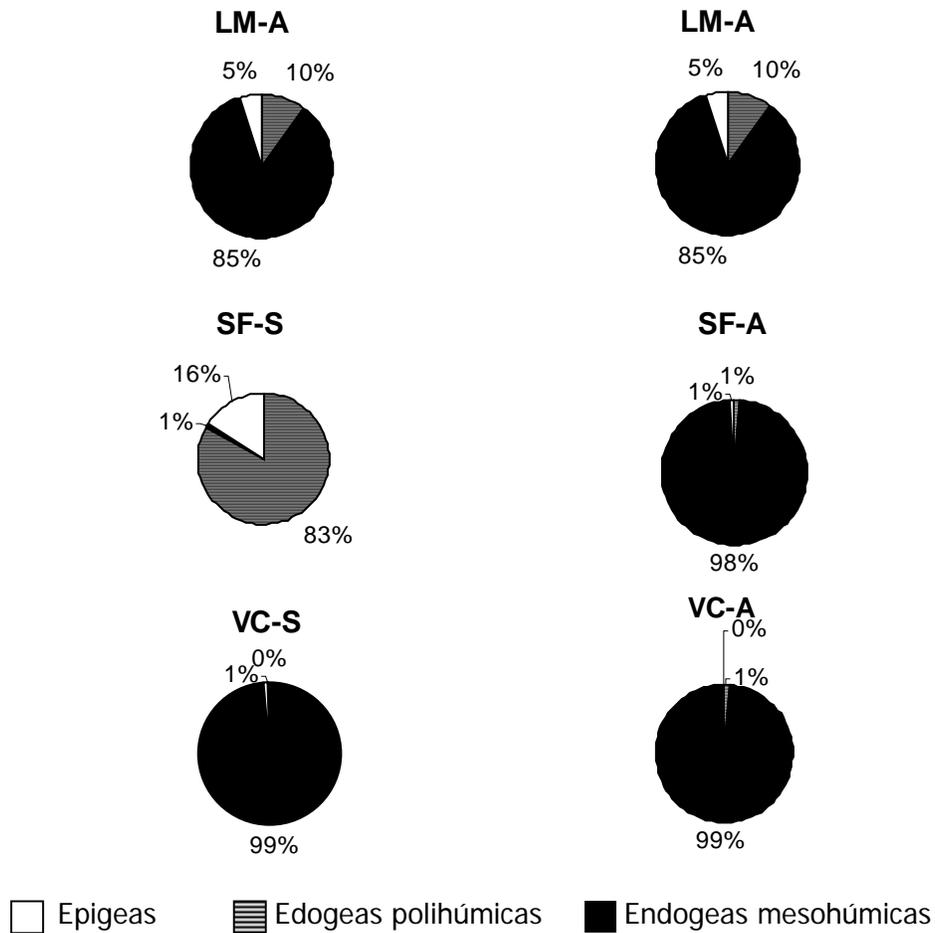


Figura 12. Porcentaje de densidad de cada categoría ecológica en los sitios de estudio. LM= López Mateos, SF= San Fernando, VC= Venustiano Carranza, S= selva, A= sistemas agroforestales.

Cuadro 6. Categoría ecológica de cada especie.

Especies	Categoría Ecológica
<i>K.sylvicola</i>	Epigea
<i>Ramiellona sp18</i>	
<i>Dichogaster bolai</i>	Endogea polihúmica
<i>Dichogaster saliens</i>	
<i>Periscolex brachycystis</i>	
<i>K.parcus</i>	
<i>Lavellodrilus parvus</i>	
<i>Phoenicodrilus taste</i>	
<i>Ramiellona sp15</i>	Endogea mesohúmica
<i>P.corethrurus</i>	

Con respecto a la distribución por tipo de ambiente, tanto en selvas como en sistemas agroforestales domina la categoría mesohúmica, aunque en selvas se observa un mayor porcentaje de especies epigeas y endogeas polihúmicas que en sistemas agroforestales (Figura 13).

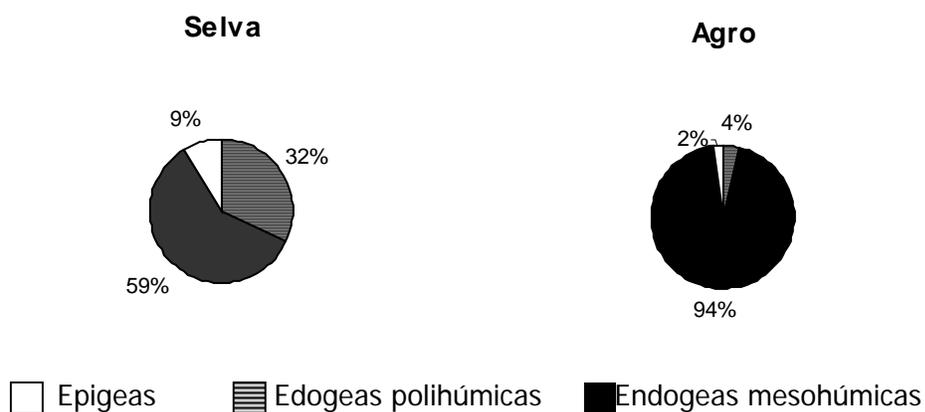


Figura 13. Porcentaje de densidad de las categorías ecológicas por tipo de ambiente.

### 7.3.6. Similitud entre los sitios

La similitud entre cada uno de los sitios de selvas y sistemas agroforestales de las tres localidades fue calculada utilizando el índice de Bray Curtis y el método de aglomeración UPGMA (programa PATN).

El dendograma obtenido con los 45 sitios (3 sitios: SLM23, SLM30 y ASF20 no presentaron lombrices) (Figura 14), separa a los sitios en cuatro grupos: el primero contiene 24 miembros, incluyendo casi todos los sitios de Venustiano Carranza (62.5% de los sitios de **VC**, exceptuando a SVC37 con presencia de *Kaxdrilus parvus*); algunas selvas y sistemas agroforestales de López Mateos y sistemas agroforestales de San Fernando; este grupo se caracteriza por la presencia de la exótica *Pontoscolex corethrurus*. El segundo grupo incluye a 12 miembros, en donde el 58% de los sitios pertenecen a San Fernando; la agrupación en este caso se debió a la presencia de las nativas *Kaxdrilus sylvicola*, *Ramiellona sp15*, *Lavello-drilus parvus* y la exótica *Dichogaster saliens*. El tercer grupo incluye 5 sitios, cuatro de los cuales pertenecen a López Mateos (3 de sistema agroforestal); la agrupación la dio principalmente la presencia de la nativa *Ramiellona sp15*. Por último el cuarto grupo tuvo 4 sitios, 3 de López Mateos (2 de selvas), la agrupación se debió a la presencia de la nativa *Ramiellona sp16* y a la casi nula presencia de Pc.

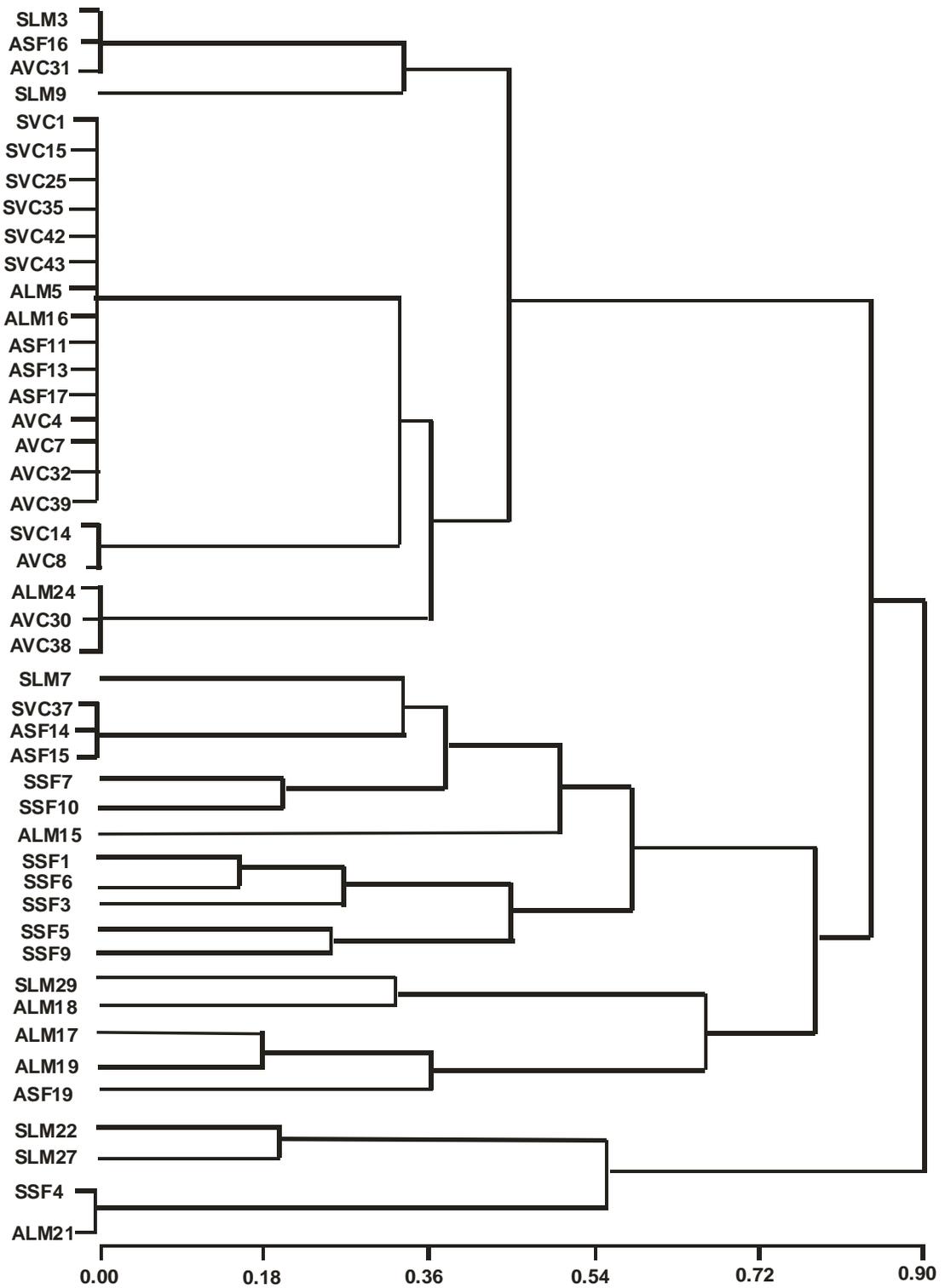


Figura 14. Dendrograma de similitud de todos los sitios estudiados basado en el índice de asociación de Bray Curtis.

## VIII. DISCUSIÓN

### 8.1. Las comunidades de lombrices

#### 8.1.1. Riqueza y Diversidad

En general se obtuvieron un total de 10 especies, encontrando mayor cantidad de nativas (60%) que de exóticas (40%) lo que concuerda con los patrones que normalmente se encuentran en el país (Fragoso *et al.*, 1995; Fragoso 2001), esto puede deberse a que la invasión de las exóticas ha sido un proceso aleatorio reciente y no una radiación adaptativa en tiempos evolutivos como en el caso de las nativas (Fragoso 2001).

Tanto en selvas como en sistemas agroforestales el número de especies fue mayor en las localidades con menor grado de perturbación. De acuerdo con Fragoso (2001), la *riqueza* de especies encontrada en las selvas de López Mateos (7) y de San Fernando (9) caen dentro del rango observado para selvas altas (7-11 spp, Fragoso 2001), mientras que los valores en las selvas de Venustiano Carranza están por debajo (3) y corresponde más bien a valores de selvas medianas (1-4 spp).

En el caso del sistema agroforestal López Mateos presentó mayor número de especies (8 spp) que San Fernando (5) y Venustiano Carranza (4) y esta ligeramente por encima del rango reportado para sistemas agroforestales (4-7 spp) (Fragoso, 2001). El hecho de que en López Mateos presente mayor número de especies puede deberse a que en esta localidad el tipo de manejo es menos intensivo que en las otras dos localidades, esto coincide con lo observado en Chajul, en donde se observó que en cacaotales con bajo impacto se puede mantener la fauna (Fragoso, 1992).

En cuanto la *diversidad* las localidades con menor grado de deforestación (**LM** con 25% y **SF** con 50%) mostraron índices de diversidad más altos que la localidad más deforestada (**VC** con 75%). Fragoso *et al.* (1999) señalan que cuando se presenta la especie exótica *Pontoscolex corethrurus*, esta se vuelve dominante causando una disminución de la equitatividad y la diversidad. Este patrón concuerdan con los resultados obtenidos en éste estudio, ya que el sitio más diverso (**SF-S**) sólo presentó un individuo de *P. corethrurus*, mientras que los sitios menos diversos (**SF-A**, **VC-S** y **VC-A**) presentaron densidades elevadas de esta especie.

Tomando en cuenta lo anterior se puede sugerir que la riqueza y la diversidad de especies se ve afectada tanto por la disminución de la cobertura vegetal, como por el tipo de manejo (en el caso de los sistemas agroforestales), ya que estos factores determinan a su vez los factores fisicoquímicos del suelo y la calidad y cantidad de su alimento (como la hojarasca) (Curry, 1998). Esto concuerda con otros estudios en donde la cantidad de especies y la diversidad, están relacionadas con la riqueza de los suelos y las acciones antropogénicas, al sustituir los sistemas naturales por agroecosistemas (Fragoso y Lavelle, 1992; Fragoso y Rojas, 1994; Fragoso *et al.*, 1999).

### **8.1.2. Densidad y Biomasa**

Los valores de densidad y biomasa total fueron más altos en los sitios más perturbados, tanto a nivel de localidad como a nivel de tipo de ambiente.

A nivel de localidad, el ejido de Venustiano Carranza, que es el más perturbado, presentó valores significativamente más altos en densidad y biomasa (219 ind/m<sup>2</sup> y 39 g/m<sup>2</sup>) que en López Mateos y San Fernando. Estos valores están dentro de los rangos registrados en otros estudios (Fragoso *et al.*, 1999; Edwards y Bohlen, 1996), por ejemplo Lavelle y Spain (2001) indican un rango de densidad entre 100 y 500 ind/m<sup>2</sup> y un rango de biomasa entre 30 y 100 g/m<sup>2</sup>.

A nivel de tipo de ambiente, los sistemas agroforestales presentaron mayores valores de densidad y biomasa que las selvas, aunque las diferencias no fueron significativas. Los valores encontrados en las sistemas agroforestales (194 ind/m<sup>2</sup>, 32 g/m<sup>2</sup>) concuerda con los valores registrados en México para plantaciones de árboles (80-139 ind/m<sup>2</sup>; 7-36 g/m<sup>2</sup>) y acahuales (12-230, 31 g/m<sup>2</sup>) (Fragoso 2001). En cuanto los valores de selva (186 ind/m<sup>2</sup> y 28 g/m<sup>2</sup>), los valores también coinciden con el Fragoso (2001) quien sintetiza la información obtenida de siete selvas de México (200 ind/m<sup>2</sup> y 26 g/m<sup>2</sup>).

El hecho de que las comunidades de lombrices presenten mayor densidad y biomasa en zonas perturbadas ha sido observado en varios estudios (por ejemplo Lavelle y Pashanasi, 1989 en la Amazonia). Fragoso (1993, 2001) lo señala y añade que esto se debe principalmente a un dominio de especies exóticas, en particular a la exótica *Pontoscolex corethrurus*, quien posee un gran tamaño y es una de las especies exóticas más comunes en los ambientes perturbados tropicales (Fragoso *et al.* 1999). Esto se debe a que *Pontoscolex corethrurus* es una especie partenogenética por lo que se reproduce rápidamente, pertenece al grupo de las euroecicas, especies con amplia tolerancia climática y edáfica (alta plasticidad local y regional), y son las especies que mejor se adaptan a condiciones edáficas inapropiadas (Lavelle *et al.* 1998; Fragoso *et al.*, 1999).

Por lo anterior, el impacto de la deforestación a nivel de paisaje queda de manifiesto por los valores significativamente mayores de densidad y biomasa en las selvas de Venustiano Carranza. Tal parece que fragmentos tan pequeños y aislados de selva favorecen la invasión de las exóticas (por ejemplo *P. corethrurus*).

### 8.1.3. El impacto de la perturbación: Nativas y Exóticas

Desde comienzos del siglo XX, ya era obvio que había una serie de especies de amplia distribución, cuya llegada a diferentes continentes y países había sido el resultado del transporte (accidental) por parte del hombre. Por ejemplo Eisen (1900) lo señaló para México y Centro América. En este estudio se puede observar como el predominio de especies exóticas está ligado a la actividad humana, tanto a nivel de paisaje como a nivel de tipo de ambiente.

A nivel del paisaje, el porcentaje de exóticas fue mayor en la localidad más deforestada (**VC**). A nivel de tipo de ambiente encontramos que en las selvas dominaron las especies nativas (60%), mientras que en las sistemas agroforestales el porcentaje de nativas y exóticas fue relativamente similar (55 y 45% respectivamente). Esto concuerda con los estudios realizados en ambientes naturales y perturbados de nuestro país y con los estudios llevados a cabo en la región de San Martín, donde el porcentaje de nativas fue de 72%, mientras que en los sitios perturbados predominaron ampliamente las exóticas (80%) (Fragoso 1993, 1997, 2001, 2003).

La desaparición de las nativas en ambientes naturales y mayor número de exóticas en perturbados se debe probablemente a que la conversión de las selvas a sistemas agroforestales provoca grandes cambios en el ambiente, por lo que las especies nativas no logran adaptarse y crean nuevos nichos que pueden ser ocupados por especies exóticas, o nativas con mayor plasticidad (Lavelle *et al.*, 1998; Fragoso, 1999).

Debido a que en los sistemas agroforestales sólo faltó una especie nativa (*Lavellodrilus parvus*), podemos suponer que este tipo de manejo tiene un bajo impacto sobre las comunidades de lombrices. Este resultado apoya la propuesta de considerar a los sistemas agroforestales que incluyen prácticas de manejo con

patrones culturales de la población local, como sistemas de manejo sostenible (Bene, Beal y Côté, 1977; en Ospina A., 2004).

Por otra parte la amplia distribución que mostró la nativa *Phoenicodrilus taste*, refleja una tolerancia ambiental amplia; además fue la única especie nativa que se presentó en el sistema agroforestal de **VC** (75% de deforestación). La amplia plasticidad de esta especie ha sido señalada por Lavelle *et al.* (1998) y Fragoso *et al.* (1999) quienes la consideran como una especie euriedáfica, con potencial de manejo en ciertos países.

A diferencia de lo encontrado por Fragoso (1997), la nativa *Lavello-drilus parvus* sólo se presentó en las selvas de San Fernando (en los sitios más conservados); mientras que éste autor la encontró en algunos ambientes perturbados.

Curiosamente la exótica *Dichogaster saliens* considerada como eurioecica con amplia tolerancia edáfica y climática (Lavelle *et al.*, 1998; Fragoso *et al.*, 1999), no se encontró en los sitios más perturbados de Venustiano Carranza. Si bien su ausencia puede deberse a que aún no haya sido dispersada por el hombre, este hecho resalta el punto sobre la aleatoriedad en la presencia de las especies exóticas.

#### **8.1.4. Distribución vertical y estructura funcional**

En general las lombrices se distribuyeron en todos los estratos independientemente de la perturbación, con una clara concentración en el primer estrato (0-10). Este es el patrón típico en México (Fragoso 2001), aunque en las selvas de Chiapas existen lombrices que se distribuyen a mayor profundidad.

La ausencia de disimilitudes en la estructura funcional entre sitios naturales y perturbados se debe al dominio de las especies endógenas en México (Fragoso 2001). Este autor menciona que a nivel de país el 72% de las especies son endógenas, principalmente nativas. Fragoso *et al.* (1997), han señalado que el dominio de endógenas en México implica que las epigeas no son un componente importante en las comunidades naturales y por consiguiente las perturbaciones tienen un efecto pequeño en la estructura funcional.

Debido a que la comunidad de lombrices de esta investigación puede ser considerada endógena (Fragoso y Lavelle, 1992), se puede inferir que el principal efecto de las lombrices será sobre la estructura del suelo y la dinámica de la materia orgánica, mientras que el efecto en la descomposición será indirecto (enterramiento por turrículos), a diferencia de las comunidades epigeo-anécicas quienes al consumir hojarasca actúan de manera directa en éste proceso (Fragoso 2003).

Si bien las selvas presentan un mayor porcentaje de epigeas y de endógenas polihúmicas que en los sistemas agroforestales, los valores fueron menores que los registrados para las selvas altas y de la región de San Martín (Fragoso y Lavelle, 1992), en donde las epigeas comprendieron cerca del 35% de biomasa total (Fragoso 2003); la discrepancia puede deberse a la ausencia de una epigea nativa de gran tamaño (*Ramiellona sp.nov.*), que no se encontró en ninguno de los 48 sitios muestreados.

Las únicas especies epigeas encontradas fueron dos nativas (*kaxdrilus sylvicola* y *Ramiellona sp16*) lo que difiere con Fragoso (2001) quien menciona que en nuestro país la cantidad y frecuencia de epigeas se debe a las especies exóticas invasoras.

El dominio de endogeas (con ausencia de anécicas y pocas epigeas) en las selvas de México puede estar dado por la rápida descomposición que hace que la mayor parte de los alimentos se concentren en el suelo (Lavelle, 1983). Fragoso (2003) señala que el determinismo filogenético (en contraposición al determinismo ambiental) puede también estar desempeñando un papel de igual importancia en la estructura de las comunidades.

#### **8.1.5. Similitud entre los sitios**

Al realizar la comparación entre los puntos de muestreo, el grupo que más destaque reúne al 50% de los sitios, donde el 62.5% de los sitios pertenecen a Venustiano Carranza, con el 94% del total de sus puntos de muestreo (incluyendo selvas y sistemas agroforestales). Este grupo se caracterizó por la presencia de especies exóticas en donde destaca la especie *Pontoscolex corethrurus*. De los tres grupos restantes, el 95% de los sitios pertenecen a López Mateos y San Fernando (con el 56% y el 68% del total de sus puntos de muestreo respectivamente), estos grupos se caracterizaron por la presencia de especies nativas.

El hecho de que en el primer grupo predominen las exóticas y que los sitios pertenezcan en su mayoría a Venustiano Carranza (75% de deforestación), mientras que en los otros tres grupos predominen las nativas y pertenezcan a los sitios de López Mateos (25% de deforestación) y San Fernando (50% de deforestación), coincide con Fragoso (1993) y Fragoso *et al.* (1999) quienes sugieren que la relación entre nativas y exóticas es un buen parámetro para estimar el impacto de la perturbación.

La mayor perturbación en Venustiano Carranza, en comparación con López Mateos y San Fernando, puede deberse al menos a dos razones: 1) sustitución de sistemas naturales por agroecosistemas/el grado de deforestación (Fragoso y Lavelle, 1992; Fragoso y Rojas, 1994; Fragoso *et al.*, 1999). y 2) la utilización de

insumos externos en la historia de las parcelas; esto coincide con otros estudios, por ejemplo Fragoso *et al.* (1997) indican que existe una mayor probabilidad de mantener el número de especies (principalmente nativas) entre menor sea el grado de insumos externos, especialmente de pesticidas.

insumos externos en la historia de las parcelas; esto coincide con otros estudios, por ejemplo Fragoso *et al.* (1997) indican que existe una mayor probabilidad de mantener el número de especies (principalmente nativas) entre menor sea el grado de insumos externos, especialmente de pesticidas.

## **IX. Comparación de resultados con hipótesis planteadas**

### ***Hipótesis a nivel de comunidades***

La hipótesis 4.1.1. **“en la selva se registrará mayor número de especies nativas y menor densidad y biomasa total que en sistemas agroforestales”**; se acepta parcialmente, ya que la riqueza de especies nativas de selvas fue mayor (60%) en comparación con sistemas agroforestales (55%), pero por otra parte, en las selvas de San Fernando y López Mateos se encontraron valores más altos de densidad y biomasa total que en los sistemas agroforestales, pero estas diferencias no fueron significativas.

La hipótesis 4.1.2. **“el número de epigeas en la selva será mayor o igual que en sistemas agroforestales”**; se acepta, debido a que el porcentaje de epigeas en las selvas fue de 9% y en las sistemas agroforestales de 2%.

### ***Hipótesis a nivel de paisaje***

La hipótesis 4.2.1. **“habrá mayor invasión de especies exóticas en las selvas y sistemas agroforestales de las localidades más deforestadas”**; se acepta, ya que Venustiano Carranza (75% de deforestación) fue el sitio que presentó los valores más altos en densidad de especies exóticas, mostrando diferencias significativas con **LM** y **SF** (25 y 50% de deforestación respectivamente).

La hipótesis 4.2.2. “**la localidad más deforestadas tendrán una menor riqueza y diversidad de especies que las localidades con mayor cobertura vegetal**”; se acepta, pues en el ejido Venustiano Carranza se encontró menor riqueza y diversidad de especies. Sin embargo, si bien se esperaba que el ejido de López Mateos (que muestra mayor cobertura vegetal), presentara los valores más altos de riqueza y diversidad, fue San Fernando quien presentó los valores más altos.

## **X. CONCLUSIONES**

Con los resultados obtenidos en este estudio se concluye lo siguiente:

1. Las especies nativas disminuyeron casi en su totalidad en la localidad más deforestada y en algunos de los sistemas agroforestales, propiciando la invasión de especies exóticas.
2. López Mateos y San Fernando fueron las localidades que mostraron mayor riqueza, diversidad, estructura funcional, densidad y biomasa de especies nativas, debido probablemente a su menor grado de deforestación y el bajo suministro de insumos externos (en el caso de los sistemas agroforestales) de éstos ejidos.
3. Los sistemas agroforestales presentaron densidades y biomásas mayores que las selvas debido al dominio *Pontoscolex corethrurus*.
4. La especie dominante en casi todos los sitios (% de sitios) fue la exótica *Pontoscolex corethrurus*.
5. *Phoenicodrilus taste* fue la única especie nativa que se presentó en el sistema agroforestal de la ventana más deforestada (**VC**), demostrando su gran resistencia a niveles altos de perturbación.

6. Las especies epigeas resultaron muy sensibles a la perturbación aún en los agroecosistemas de bajo impacto.

7. Tanto en selvas como en sistemas agroforestales dominaron las especies endogeas.

8. Independientemente del grado de deforestación y del tipo de ambiente todas las especies se presentaron principalmente en el estrato de 0-10.

**XI. APÉNDICE**  
**DIAGNOSIS DE LAS ESPECIES DE LOMBRICES**  
**(Fragoso en prep.)**

**Familia:** Megascolecidae

**Subfamilia:** Acanthodrilinae

**Tribu:** Acanthodrilini, *Kaxdrilus parvus* Fragoso y Rojas, 1994

**Diagnosis:** l: 30-40 mm; d: 1.5-2 mm; sin pigmentación; con una molleja en el segmento 5; glándulas calcíferas en los segmentos 7-10; últimos corazones en el segmento 12; vesículas seminales en el segmento 12; divertículo espermatecal lateral y con la parte distal en forma de racimo.

**Historia natural:** Especie endógea polihúmica. Nativa.

**Distribución geográfica en México:** CHIAPAS; VERACRUZ: Est. UNAM Los Tuxtlas (Fragoso y Rojas 1994).

***Kaxdrilus sylvicola* Fragoso y Rojas, 1994**

**Diagnosis:** l: 75-100 mm; d: 2.5-3.3 mm; pigmento iridiscente en la región dorsal, de color pardo oscuro; una molleja en el segmento 5; con tiflosolis; glándulas calcíferas en los segmentos 8-10; últimos corazones en el segmento 12; vesículas seminales en los segmentos 9, 10 y 12; espermateca con varios divertículos sésiles que rodean el comienzo del ámpula.

**Historia natural:** Especie epígea muy abundante en los bosques tropicales del este y sureste de México. Es incapaz de sobrevivir en ambientes perturbados. Nativa.

**Distribución geográfica en México:** CHIAPAS, OAXACA (Fragoso y Rojas, 1994); VERACRUZ: Catemaco, Est. Los Tuxtlas, Pajapan, Pipiapan, Volcán San Martín (Fragoso y Rojas 1994).

**Género *Lavellodrilus* Fragoso, 1988**

***Lavellodrilus parvus* Fragoso, 1988**

**Diagnosis:** l: 25-32 mm; d: 0.8-1.5 mm; sin pigmentación; marcas genitales en

los segmentos 20 y 21; quetas genitales en los segmentos 8 y 9; espermateca con el divertículo en forma de racimo de uvas.

**Historia natural:** Se trata de una especie endógea polihúmica que se encuentra tanto en ambientes naturales como perturbados del este y sureste de México. Su habitat natural son las selvas altas y medianas, pero gracias a su gran plasticidad ecológica se ha convertido en una especie "peregrina" común en pastizales.

Nativa.

**Distribución geográfica en México:** CHIAPAS (Fragoso 1988, 1992); TABASCO; VERACRUZ

**Familia Megascolecidae**

**Subfamilia Megascolecinae**

**Tribu Dichogastrini**

***Dichogaster bolau* (Michaelsen, 1891)**

**Diagnosis:** l: 27-40 mm; d: 1-3 mm; pigmento rojizo en la parte anterior; primer poro dorsal en 5/6; un sólo poro femenino en el ecuador y sobre la línea media ventral del segmento 14; mollejas en 6 y 7; con tiflosolis; vesículas seminales vestigiales en 11 y 12; próstatas en 17 y 19; con quetas peniales; espermatecas pareadas en los segmentos 8 y 9.

**Historia natural:** Se trata de una especie endógea polihúmica muy común en ecosistemas perturbados de los trópicos y subtrópicos de todo el mundo. Nativa.

**Distribución geográfica en México:** VERACRUZ

***Dichogaster saliens* (Beddard, 1893)**

**Diagnosis:** l: 17-70 mm; d: 1.5-2.5 mm; sin pigmento; primer poro dorsal en la región 3/4-6/7;

mollejas en 6 y 7; con tiflosolis; vesículas seminales vestigiales en 11 y 12 o solamente 12; próstatas en 17; con quetas peniales; espermatecas pareadas en los segmentos 8 y 9.

**Historia natural:** Se trata de una especie endógena polihúmica muy común en ecosistemas perturbados de los trópicos y subtrópicos de todo el mundo. Exótica.

***Ramiellona sp15* (Fragoso en preparación)**

**Historia natural:** Se trata de una especie endógena polihúmica, se puede encontrar en selva alta, bosque enano de montaña y acahual.

**Distribución geográfica:** VERACRUZ

***Ramiellona sp16* (Fragoso en preparación)**

**Historia natural:** Se trata de una especie epigea, se puede encontrar en selva alta, bosque mesófilo y acahual.

**Distribución geográfica:** OAXACA Y VERACRUZ

**Familia Ocnerodrilidae**

**Subfamilia Ocnerodrilidae**

**Tribu Ocnerodrilini**

***Phoenicodrilus taste* Eisen, 1895.**

**Diagnosis:** 1: 20 – 43 mm; d: 1.15 mm; sin pigmentación; prostomio epilóbico; k 8 quetas por segmento; holonefridios; glándulas de Morren en el segmento 9, con muchos canalículos 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 intersegmento 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 9; con o sin glándulas prostáticas en el segmento 17.

**Historia natural:** Se trata de una especie endógena polihúmica, y aparentemente es la única especie nativa de nuestro país que se ha convertido en una exótica común en otros países tropicales. Nativa.

**Distribución geográfica:** BAJA CALIFORNIA SUR, CAMPECHE, CHIAPAS, DF,

GUERRERO, GUANAJUATO, JALISCO, MORELOS, NAYARIT, QUINTANA ROO, SONORA, TABASCO, TAMAULIPAS, VERACRUZ.

### **Familia Glossoscolecidae**

#### **Subfamilia Glossoscolecinae**

#### ***Periscolex brachycistis* (Cognetti, 1905)**

**Diagnosis:** l: 50-64 mm; d: 1.5 mm; pigmentación abundante en la parte anterior del cuerpo; 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.

**Historia natural:** Se trata de una especie endógea polihúmica. Si bien en Veracruz sólo se le encuentra en pastizales, en el estado de Chiapas es una especie común de selvas altas. Exótica. (Fragoso y Lavelle, 1987; Fragoso 1992, 2001).

**Distribución geográfica:** VERACRUZ

#### ***Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1856)**

**Diagnosis:** l: 60-120 mm; d: 4-6 mm; pigmento ausente; quetas posteriores dispuestas al tresbolillo; 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.

**Historia natural:** Se trata de una especie endógea de amplia plasticidad presente en la mayor parte de los suelos tropicales perturbados de todo el mundo, siendo una de las especies tropicales más estudiadas. La mayor parte de sus poblaciones son partenogénicas. Lavelle et al (1987) proporcionan datos demográficos sobre poblaciones de Veracruz. Exótica.

**Distribución geográfica:** VERACRUZ: Pánuco (Arteaga, 1992), Plan Hayas (Lavelle et al, 1981).

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Angeles, V.A. 1996. Aspectos demográficos e interacciones de dos especies simpátricas de *Balanteodrilus* (Oligochaeta: Annelida), en una selva costera del estado de Veracruz. Tesis, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Córdoba, Ver. 76 pp.
- Barnes, 1985. Zoología de invertebrados. Tercera edición. Interamericana. México. D.F. 1119 pp.
- Belbin, L. 1986. Patn. Pattern Analysis Package. Reference Manual. CSIRO.
- Bouché, M. B. 1972. Lombriciens de France. Ecologie et Systématique. *Ann. Sol. Ecol. Anim.* Número especial. 72:1-671.
- Brower, J.E., J.H. Zar y C.N. Von Ende. 1990. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Third Edition. Wm. C. Brown Publishers. United States of America.
- Brown, G., C. Fragoso, I. Barois, P. Rojas, J. Patrón, J. Bueno, A. Moreno, P. Lavelle, V. Ordaz y C. Rodríguez. 2001. Diversidad y Rol Funcional de la Macrofauna Edáfica en los Ecosistemas Tropicales Mexicanos. *Acta Zool. Mexicana*. Instituto de Ecología A.C. México. Número especial 1:79-110.
- Campos, A. 2004. El Suelo. **En:** Guevara, S., Laborde, J., Sánchez-Ríos, G. 2004. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Ver. Pp. 181-192.
- Colwell, R.K. 1999. Estimates 5. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 5.0.1.
- CONANP. 2004. Borrador del Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 159 pp.
- Curry, J. P. 1998. Factors Affecting Earthworm Abundante in soil. **En:** Edwards Clive A. (ed.) Earthworm Ecology. Lewis Publishers, United States. Pp 37-64.

- Daily, C.G., S. Alexander, P.R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P.A. Matson, H.A. Mooney, S. Postel, S.H. Shneider, D. Tilman Y G.M. Woodwell. 1996. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2:1-16.
- Diario Oficial De La Federación. 23 de noviembre de 1998. Decreto de Reserva de la Biosfera, la región de los Tuxtlas. Pp. 6-21.
- Dirzo, R. Y Garcia, M. 1992. Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast México. *Conservation Biology*. Vol. 6, No. 1.
- Edwards, C. A. Y Bohlen, 1996. *Biology and Ecology of Earthworms* 3<sup>rd</sup> edition. Chapman and Hall, London, UK. Pp. 100-106.
- Edwards, C. A. Y J. R. Lofty. 1977. *Biology of Earthworms*. 2<sup>nd</sup> edition, Chapman and Hall, London, UK. Pp. 127-131.
- Eisen, G. 1900. Researches in America Oligochaeta, with especial reference to those of the Pacific coast and adjacent islands. *Proceeding of the California Academy of Sciences, 3<sup>rd</sup> Series, Zoology* 2, 85-276.
- FAO. 2000. Global forest resource assessment 2000. FAO forestry paper No. 140. Roma. Pp. 479.
- 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. 1992. Las lombrices terrestres de la Selva Lacandona, Ecología y Potencial Práctico. **En:** M.A. Vásquez-Sánchez y M.A. Ramos (eds.) *Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su uso*. Publ. Esp. Ecósfera 1. Pp. 101-108.
- Fragoso, C. 1993. Les peuplements des vers de terre dans l'est et sud'est du Mexique. These de doctorat. Université Paris 6. Paris, France, 225 pp.

- Fragoso, C. 1997. Annelida (Oligochaeta). Pp: 395-399. **En:** Gonzalez, R. Dirzo y R. Vogt (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. UNAM-CONABIO. México.
- Fragoso, C. 2001. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): Diversidad, Ecología y manejo. *Acta Zoológica Mexicana*. Instituto de Ecología A.C. Número especial 1: 131-171.
- Fragoso, C. 2003. Las comunidades de lombrices de tierra de selvas tropicales y su papel en la descomposición de la hojarasca. **En:** Alvarez-Sánchez J. y Naranjo García E. (Eds.). Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología A.C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM. Xalapa, México. Pp. 185-196.
- Fragoso, C. Y P. Lavelle. 1987. The earthworm community of 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 forests. *Soil Biology & Biochemistry* 24: 1397-1408.
- Fragoso, C. Y P. Rojas. 1994. Soil biodiversity and land management in the tropics. The case of ants and earthworms. Pp. 64-75. **En:** Transactions of the 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Vol. 4a. Comisión III, ISSA. Acapulco.
- Fragoso, C., James. S. Y Borges. S. 1995. Native Earthworms of the North Neotropical Regions: Current Status and Controversias. Pp. 66-114. **En:** Paul Hendrix (ed.). Earthworm ecology and biogeography in North America. Lewis Publishers, United Status of America.
- Fragoso, C., I. Barois, C. González, C. Arteaga Y J.C. Patrón. 1993. Relationship between earthworms and organic matter levels in natural and managed ecosystems in the Mexican tropics. **En:** K. Mulongoy y R. Merckx. (Eds.). Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Wiely and Sons-Sayce Co-Publication. Pp. 231-239.

- Fragoso, C., Brown, G. G., Patrón, J.C., Blanchart, E., Lavelle, P., Pashanasi, B., Senapati, B., Kumar, T. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology* 6: 17-35.
- Fragoso, C., P. Lavelle, E. Blanchart, B. Senapati, J.J. Jiménez, M.A. Martínez, T. Decaens Y J. Tondoh. 1999. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. **En:** P. Lavelle, L. Brussard y P. Hendrix. (Eds). Earthworm management in tropical agroecosystems. CAB Internacional. Oxford, UK. Pp. 1-26.
- García, E. 1974. Distribución de la precipitación en la república Mexicana. *Boletín del Instituto de geografía* 5:7-20.
- Gauch, H. G. Jr. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. London, New York. Pp. 170-205
- GEF-PNUD-SEMARNAP, 1999. Evaluación de la importancia biológica global, las amenazas y causas subyacentes. Sierra de Los Tuxtlas. Instituto de Ecología A.C. 104 pp.
- Gómez-Pompa, A. 1998. La conservación de la Biodiversidad en México: mitos y realidades. Conferencia Magistral presentada en VII congreso Latinoamericano de Botánica, XIV Congreso Mexicano de Botánica. México [www.documento].  
URL [http://www.maya.ucr.edu/pril/reprints\\_arg/congrbot99.html-56k](http://www.maya.ucr.edu/pril/reprints_arg/congrbot99.html-56k)
- González-Calpiestrán, M.E. 1991. Regionalización climática de la Sierra de Santa Marta y Volcán San Martín Pajapan, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 61 pp.
- Guevara, S., Laborde, J., Sánchez-Ríos, G. 2004. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Ver. Pp 18-25.
- INEGI, 1996. Fotografías Aéreas escala 1:75,000. Enero
- Jamienson, G.M. 1988. On the Phylogeny and Higher Classification of the Oligochaeta. *Cladistics* 4:367-400

- Lavelle, P. 1983. The structure of earthworm communities. **En:** J. E. Sarchell (ed.). Earthworm Ecology. From Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall. Pp. 449-465.
- Lavelle, P. 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils*. 6: 237-251.
- Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner, D. López Hernández, B. Pashanasi, y L. Brussaard. 1994 The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. **En:** Woormer P.L. y Swift M.J. (eds.). The Biological Management of Tropical Soil Fertility. Pp 137-169
- Lavelle, P., Barois, I., Blanchart, E., Brown G., Braussaard, L., Decaens T., Fragoso, C., Jiménez, J.J., Kajondo, K.K., Martínez M.A., Moreno, A., Pashanasi, B., Senapati, B. And Villenave, C., 1998. Las lombrices como recurso en los agroecosistemas tropicales. *La Naturaleza y Recursos*. No. 1 (34):28-44.
- Lavelle, P. y Kohlmann. 1984. Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une foret tropicale mexicaine (Bonampak, Chiapas). *Pedobiología*. 27:377-393.
- Lavelle P. y V. Spain. 2001. Soil Ecology. Kluwer Academia Publishers, Netherlands. 652 pp.
- Lee, K. E. 1987. Peregrine species of earthworms. **En:** Bonvicini Pagliai, A. And P. Omodeo (eds.) On earthworms. Selected Symposia and Monographs, 2. Collana U.Z.I. Mucchi Editore, Modena. Italy. Pp. 315-328.
- Masera, O. 1996. desforestación y degradación forestal en México. Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada. GIRA. Pátzcuaro.
- Meyer Pérez Rul, F. 1962. Estudio vulcanográfico de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de licenciatura. Fac. de Ingeniería. UNAM.
- Meyers, N. 1996. Environmental Services of Biodiversity. En proc. Nat. Acad. Sci. Vol. 93. USA. Pp. 2764-2769.
- Moreno, C.E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana, México. 49 pp.

- Ospina A., A. 2004. Evolución de los componentes agroforestales (documentoWWW).URL  
<http://www.ecovivero.org/articulos/evoluciondefinicionesagroforesteria.pdf>
- Paré L. Y Velázquez H.E. 1997. Gestión de recursos naturales y opciones agroecológicas para la Sierra de Santa Marta, Veracruz. Avances de investigación IIS, UNAM, México, D.F., 251 pp.
- Peña A. Y Neyra G. 1997. Amenazas a la biodiversidad. Manejo de los Recursos Naturales. Parte III. pp. 158-181.
- Reynolds, J. 1994. Earthworms of the World. Global biodiversity. 4: 11-16.
- Satchell, J. E. 1971. Earthworm. **En:** Phillipson (ed.). Methods of study in quantitative Soil Ecology. Population production and energy flow. IBP. Handbook No. 18 Blackwell, Oxford. Pp. 107-127.
- SEDUVER. 1993. Programa de Ordenamiento Urbano del Sistema de Ciudades de Los Tuxtlas. Unidad de Planeación-SEDUVER. 149 pp.
- SEMARNAT. 1997. Diagnóstico y Propuesta del Plan de Desarrollo Comunitario de Venustiano Carranza, Mpio. de Tatahuicapan, Veracruz, México. SEMARNAP/ Centro Regional Universitario-Oriente Universidad Autónoma de Chapingo / Proyecto Sierra de Santa Marta, A.C. 64 pp.
- Sommer-Cervantes, I., FLORES-DELGADILLO, L.,GUTIÉRREZ-RUIZ, M. 2003. Caracterización de los suelos de la Estación de biología tropical los Tuxtlas. **En:** Álvarez-sánchez, J., Naranjo-García E. (eds.). Ecología del Suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología, A.C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM. Xalapa, México. 316 pp.
- Soto, M. 1976. Algunos aspectos climáticos de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz. **En:**Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yañes, C.,del Amo, R.S. y Butanda, A. (eds.) Investigación sobre la Regeneración de selvas Altas en Veracruz, México. CECSA, CNEB, INIREB. México, D.F. Pp. 70-110.
- Soto, M. 2004. El Clima. **En:** Guevara, S., Laborde, J., Sánchez-Ríos, G. 2004. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Ver. Pp. 195-198.

- Steel, R. Y J. Torrie. 1998. Bioestadística: principios y procedimientos. 2da. Edic. (1era. en español). Mc Graw Hill, México. 622 pp.
- Toledo, V. M. 1995. Campesinidad, Agroindustrialidad, Sostenibilidad: Los fundamentos ecológicos e Históricos del desarrollo. Grupo Interamericano para el desarrollo sostenible de la agricultura y los recursos naturales. No. 3 pp. 1-29.
- Uribe-López, S., Fragoso, C., Molina-Enriquez, J. 2003. Comunidades de lombrices de tierra y propiedades fisicoquímicas del suelo en cacaotales con distinto manejo en Tabasco, México. **En:** Brawn, G., Fragoso, C., Jacob, L. (eds.). Macrofauna, Workshop, O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo. Embrapa, Londrina, PR. Pp. 148-159.
- Vázquez, H., Díaz-Pardo, E., Gutiérrez-Hernández, a., Doadrio, I., de Sosota, A. 2004. **En:** Guevara, S., Laborde, J., Sánchez-Ríos, G. 2004. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Ver. Pp. 201-223.
- Villalpando, K.O. 1972. Consideraciones sobre el clima y el tiempo meteorológico en la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz. **En:** Toledo V.M., A. Lot H.C. Juárez L., J.J. Martínez y J. Zamacona (eds.) Problemas biológicos de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz. Guadarrama Impresiones, México, D.F. Pp. 43-63.