



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**DIVERSIDAD DE LA FAUNA DE HOJARASCA EN FRAGMENTOS DE
BOSQUE DE PINO-ENCINO CON Y SIN MANEJO FORESTAL**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA PRESENTA:
D I A N E I S T É L L E Z B A R R A Z A**

**ASESORES:
DRA. CLAUDIA ELIZABETH MORENO ORTEGA
DR. ROGER ENRIQUE GUEVARA HERNÁNDEZ**

PACHUCA DE SOTO, HIDALGO

2006

*Gracias a **Dios** por mi fe,
por estar siempre conmigo,
por rodearme de personas
maravillosas, por nunca
abandonarme en mis risas o
en mi llanto, por expresarme
la vida día con día. Mil gracias.
"Porque sabes dónde y cuándo,
gracias por iluminar mi vida con
una nueva esperanza, que aún
no tiene nombre"*

*A mis angelitos **Jesús y Ali**,
que son la motivación de mí
vida, aún cuando no estén aquí.
Porque a veces cuando pierdes
a alguien te encuentras Tú.*

*A mi esposo **Álvaro R.**
con gran Amor, por compartir
su corazón, sueños y vida
conmigo.*

*A mis padres (**Jacobo y Graciela**)
con profundo Cariño y respeto.
Gracias por traerme de la mano y
apoyarme incondicionalmente.*

*A mis hermanas (**Grisel y Thania**) por los
momentos y sonrisas regaladas.*

¡Gracias por existir y formar parte de mi vida, los amo!

Este trabajo fue financiado por los proyectos: **SEP-CONACYT 2003-C02-44312, CONACYT J36623-V** del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el proyecto **PIII/UAEH-DIP-ICBI-AAB-014** de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Agradecimientos:

A Jacobo y Graciela (mis padres), gracias por su apoyo en el transcurso de mi vida, ya que sin ello jamás hubiera logrado la mayor parte de lo que tengo y soy ahora. Gracias por su cariño y por cuidarme. Estoy eternamente agradecida con ustedes. Recuerden que los quiero mucho y admiro. Gracias por ser mis padres.

A Álvaro (mi jova), gracias por tu apoyo en esta etapa de la carrera, por tus palabras de aliento cuando más falta me hacía, por nunca dejarme sola cuando más lo necesitaba, por tener siempre una sonrisa para mí, por aguantar mis enojos y tenerme paciencia. Gracias por estar junto a mí siempre.

A Cecilia Chávez-Peón y Roberto Campuzano, por las facilidades logísticas para trabajar en el rancho Santa Elena donde se llevó a cabo el estudio y por la información sobre su manejo.

Al Biólogo Ulises Iturbe Acosta por su apoyo, consejos y palabras de aliento que me han servido de mucho, gracias por escucharme y confiar en mí.

A la Dra. Claudia E. Moreno Ortega por sus comentarios, sugerencias y literatura brindada en la elaboración de esta tesis. Por su apoyo en la obtención financiera de las becas CONACYT y UAEH. Gracias sobre todo por tu paciencia.

Al Dr. Roger Guevara en la obtención financiera de la beca CONACYT y por sus comentarios. Al Dr. Gerardo Sánchez, por sus comentarios y sugerencias en la elaboración de esta tesis, y por la literatura prestada la cual me saco de varias dudas.

La Lic. Biología Ana Paola, por su orientación en cuanto al manejo y análisis de datos e identificación de algunos ejemplares. A la M. en ciencias Julieta Asiain por la identificación de algunos ejemplares

Al Dr. Juan Marquez Luna y Dr. Atilano Contreras Ramos, por sus observaciones y ayuda en la identificación de algunos ejemplares.

Al Dr. Numa P. Pavón Hernández y Dr. Ignacio E. Castellanos Sturemark, por sus observaciones las cuales me sirvieron de mucho para mejorar la tesis.

A mis hermanas Grisel y Thania por su valor y espíritu de aventura que me dan una chispa de alegría y unas cuantas veces de enojos, las quiero. A mi tío Oscar por ser un hermano para mí, y por todas nuestras anécdotas de pequeños.

A mi abuelita Francisca por todo su cariño y apoyo brindado, por consentirme y ser como mi segunda mamá. A mi abuelita Margarita que aún cuando no esta aquí, estoy segura que hubiera recibido mucho cariño de ella. A ambas gracias por darme a los padres que tengo.

A mis amigas Verónica, Angélica, Rocío y Esmeralda, las cuales hicieron más agradable la Universidad. Gracias por todos nuestros momentos, ocurrencias, locuras y amistad. *Y a todos aquellos que no menciono pero que me apoyaron en algún momento.

ÍNDICE

I. Lista de cuadros y figuras.....	7
II. Resumen.....	9
III. Introducción.....	10
3.1 Fauna del suelo.....	10
3.2 Fauna de la hojarasca.....	12
3.2.1 Métodos de recolecta.....	14
3.2.2 Taxa superiores.....	17
3.3 El manejo forestal en la conservación de la biodiversidad.....	19
IV. Objetivos.....	23
4.1 Objetivo general.....	23
4.2 Objetivos específicos.....	23
V. Método.....	24
5.1 Área de estudio.....	24
5.2 Muestreo de la fauna de hojarasca.....	25
5.3 Análisis de datos.....	30
5.3.1 Riqueza y estructura de la fauna de hojarasca.....	30
5.3.2 Similitud de la fauna de hojarasca.....	32
5.3.3 Variables microambientales de la hojarasca.....	33
VI. Resultados.....	34

6.1	Riqueza y estructura de la fauna de hojarasca.....	34
6.1.1	Riqueza y abundancia.....	34
6.1.2	Diagramas de rango -abundancia.....	35
6.1.3	Índices de diversidad y equidad.....	38
6.2	Similitud de la fauna de hojarasca entre fragmentos, épocas y método de recolecta.....	40
6.3	Variables microambientales de la hojarasca.....	40
6.3.1	Fragmento con manejo en época de lluvia.....	42
6.3.2	Fragmento con manejo en época de seca.....	44
6.3.3	Fragmento sin manejo en época de lluvia.....	46
6.3.4	Fragmento sin manejo en época de seca.....	48
VII.	Discusión.....	50
VIII.	Conclusiones.....	59
IX.	Literatura citada.....	61
Anexo I.	69
Anexo II.	75

I. Lista de cuadros y figuras

Cuadro 1. Valores de los índices de la diversidad de Shannon y Equidad de Pielou por fragmentos y sus épocas.

Cuadro 2. Valores de los índices de diversidad de Shannon y Equidad de Pielou por método de recolecta.

Cuadro 3. Valores de los índices de similitud de Sørensen entre fragmentos y épocas.

Cuadro 4. Valores de los índices de similitud de Sørensen entre métodos de recolecta.

Figura 1. Esquema general de la ecología del suelo.

Figura 2. Distribución espacial de trampas pitfall y cuadros de recolecta directa en los fragmentos de bosque con y sin manejo forestal.

Figura 3. Cernidor especial para hojarasca de 8 mm de diámetro.

Figura 4. Trampas mini- Winkler.

Figura 5. Separación de la hojarasca y obtención manual de su fauna.

Figura 6. Gráficas de la riqueza de la fauna de hojarasca por: a) fragmentos en épocas de lluvia y seca; b) método de recolecta.

Figura 7. Gráfica de rango-abundancia de los taxa para los fragmentos con manejo y sin manejo en épocas de lluvia y seca.

Figura 8. Gráfica de rango-abundancia de los taxa por método de recolecta.

Figura 9. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para la ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de la hojarasca en el fragmento con manejo en época de lluvia.

Figura 10. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para la ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de la hojarasca en el fragmento con manejo en época de seca.

.

Figura 11. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para la ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de la hojarasca en el fragmento sin manejo en época de lluvia.

Figura 12. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para la ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de la hojarasca en el fragmento sin manejo en época de seca.

II. RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la diversidad (riqueza, estructura y similitud) de la fauna de hojarasca a nivel de Familia o superior por tipo de fragmento (con manejo y sin manejo), en épocas de lluvia y seca, y por método de recolecta (búsqueda directa, trampas pitfall y trampas mini-Winkler). El estudio se llevó a cabo en dos fragmentos de bosque de pino-encino; uno con manejo forestal (cortas de aclareo) y otro sin manejo, en el Rancho Santa Elena, ubicado en Huasca de Ocampo, Hgo. Se realizó un muestreo en la época de lluvia y otro en la época de seca. Se recolectaron 200 muestras en total, de las cuales se obtuvieron 3475 individuos pertenecientes a 60 taxa identificados a nivel taxonómico de familia o superior. A cada muestra se le registraron algunas variables microambientales de la hojarasca (temperatura, humedad, profundidad, entre otras). Las variables medidas se asociaron con la distribución de la fauna por medio de un análisis de correspondencia canónica (CCA), en ambos fragmentos y épocas. Los resultados obtenidos indican que: 1) los grupos principales de la fauna de hojarasca en ambos fragmentos y épocas son: Oligochaeta, Opilionida, Araneae, Acari, Diplopoda, Lithobiomorpha, Entomobryidae, Isotomidae, Sminthuridae, Gryllidae, Cicadellidae, Curculionidae, Nitidulidae, Ptiliidae, Staphylinidae, Pteromalidae, Formicidae y Diptera; 2) el fragmento con manejo presentó mayor riqueza de taxa (52) con respecto al fragmento sin manejo (47), la estructura fue semejante y la similitud en la composición de la hojarasca varió estacionalmente; 3) las trampas pitfall presentaron mayor riqueza de taxa (50) con respecto a recolecta directa (28) y embudos mini-Winkler (35), la estructura y la similitud también difirieron en función del método de recolecta 4) las variables microambientales de la hojarasca varían entre fragmentos y sus respectivas épocas, y posiblemente influyen en la presencia y distribución de la fauna, aunque la varianza acumulada en el CCA fue baja en todos los casos. La información del presente estudio contribuye al conocimiento de la diversidad de la fauna de hojarasca, así como a entender la posible influencia del manejo forestal.

III. INTRODUCCIÓN

3.1 Fauna del suelo

La fauna del suelo se constituye por organismos que habitan toda o una parte de su vida sobre y bajo la superficie del suelo, en troncos podridos y en la hojarasca superficial (Brown *et al.*, 2001). La fauna del suelo es un sistema clave en el funcionamiento de ecosistemas terrestres (Adl, 2003) debido a su participación en el mantenimiento de la estructura edáfica, degradación de contaminantes, flujo de carbono y nutrientes (Jones y Bradford, 2001). La magnitud y naturaleza química de estos flujos se controla mediante la actividad biológica de la fauna del suelo y las condiciones microambientales como la temperatura y la humedad (Fragoso *et al.*, 2001).

En la actualidad el estudio de la fauna del suelo puede servir como una herramienta para evaluar el impacto de actividades humanas, como la agricultura y el manejo forestal. Las actividades humanas pueden afectar la función y estabilidad del suelo, lo que a su vez afecta a su fauna provocando aumentos o pérdidas de biodiversidad.

El campo de estudio del suelo considera las propiedades físicas del mismo, los principales procesos y flujos, así como la biología y ecología de su fauna (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2003). La fauna del suelo puede contener más de mil especies en poblaciones de 1 o 2 millones de individuos por metro cuadrado, sin embargo estos valores pueden cambiar a cantidades de 10 a 80 millones de individuos (Fragoso *et al.*, 2001).

Los principales ingresos de nutrimentos del suelo se pueden originar a partir de 4 fuentes: a) por medio de la caída de hojarasca, b) por la lluvia directa, c) por la lluvia que ha tenido contacto con el dosel de la vegetación (lluvia de

percolación), o d) por la lluvia que escurre a través de los troncos (flujo caulinar) (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2003). Los nutrientes ingresados pueden almacenarse o transformarse a través de la fragmentación mecánica por la fauna del suelo, o bien algunos nutrientes en estado soluble como las sales serán acarreados por el agua a través del subsuelo, es decir serán lixiviados. Por último, la mineralización final de los nutrientes, es decir su transformación a estado inorgánico para ser absorbidos y la liberación de N a la atmósfera por desnitrificación, la efectúa la microbiota (bacterias y hongos). Tanto la microbiota como la fauna del suelo liberan CO₂ a la atmósfera (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2003, Figura 1).

Los miembros de la biota del suelo son numerosos y diversos, y en gran parte desconocidos en su taxonomía. Las comunidades de la fauna del suelo ofrecen oportunidades de estudio acerca de fenómenos como la interacción de especies, la utilización de recursos y las distribuciones espacio-temporales (Coleman y Crossley, 2003). La fauna del suelo puede ser clasificada con base a: a) su taxonomía, b) tamaño del cuerpo, c) uso del hábitat y d) hábitos alimenticios y distribución ecológica (Barajas-Guzmán y Álvarez-Sánchez, 2003).

Una de las clasificaciones más utilizada fue propuesta por Wallwork (1970) con base en el tamaño del cuerpo: a) microflora, b) microfauna, c) mesofauna y d) macrofauna. La microflora comprende bacterias, actinomicetes, hongos y algas, su biomasa va de 1 a 100 g m⁻². La microfauna comprende a organismos de un tamaño menor a los 0.2 mm, como los protozoarios, nemátodos, rotíferos, tardígrados, colémbolos y ácaros pequeños. La mesofauna comprende a organismos de 0.2 a 10 mm y está representada por colémbolos, ácaros, algunos coleópteros y larvas de dípteros. La macrofauna está representada por grandes

artrópodos, moluscos y lombrices, su tamaño es de 20 mm o más (Barajas-Guzmán y Álvarez-Sánchez, 2003; Coleman y Crossley, 2003).

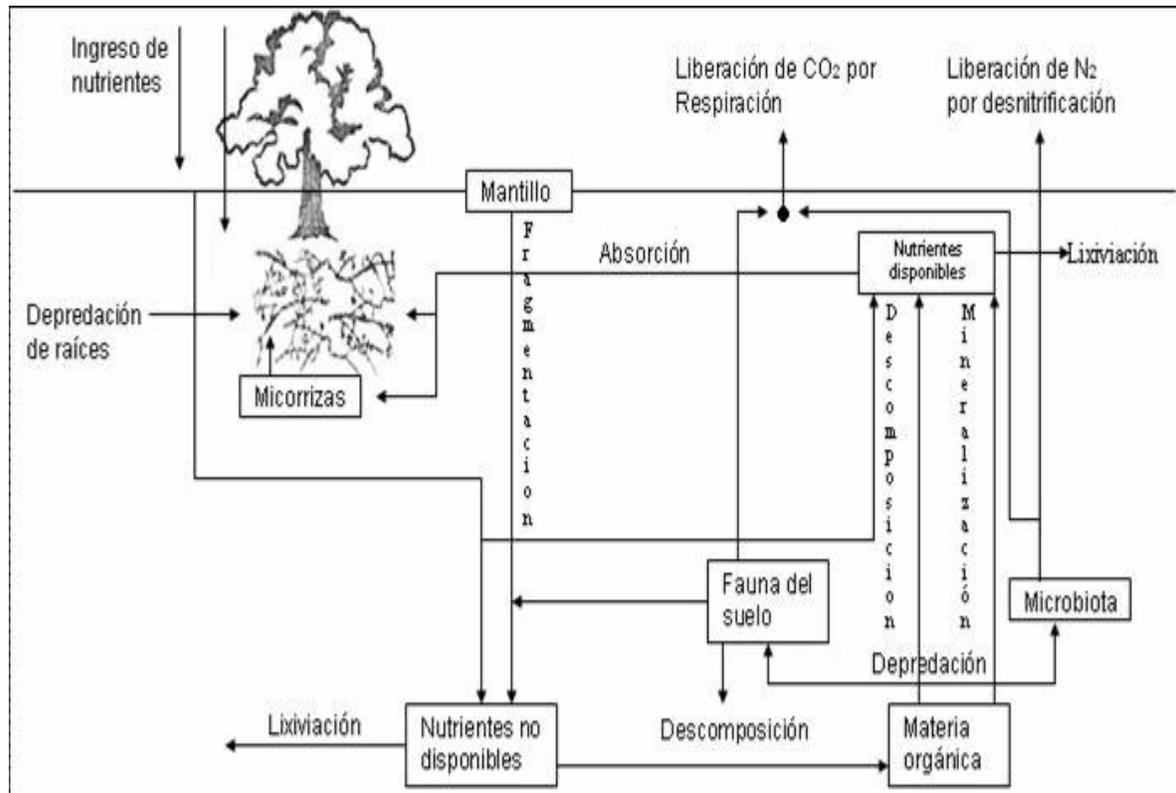


Figura 1. Esquema general de la ecología del suelo (Tomado de Álvarez-Sánchez *et al.*, 2003).

3.2 Fauna de la hojarasca

La hojarasca es la principal vía de ingreso de nutrientes en el suelo, y es un hábitat complejo, dinámico y heterogéneo (Álvarez-Sánchez y Harmon, 2003). La hojarasca es producto de la caída de las hojas de los árboles, de estructuras leñosas, partes florales, semillas, frutos y restos de estos materiales vegetales (debris) e incluso de animales muertos. Al depositarse en el suelo también se le puede conocer como mantillo (León-Rico, 2003).

Los sistemas de hojarasca difieren en su estructura, el número de estratos, su espesor y composición de la misma. La estructura de la hojarasca depende de

4 factores: a) de las comunidades de plantas y árboles que habitan en determinado lugar, b) de la calidad química y estructura física de las hojas, leña o hierba producida, c) de la presencia o ausencia de las comunidades microbianas y de los basidiomycota y d) de la composición y abundancia de los invertebrados presentes en la hojarasca (Lavelle y Spain, 2001).

La fauna de la hojarasca, principalmente la mesofauna y macrofauna, participan en la trituración, digestión, pulverización y movimientos de la hojarasca entre estratos (Brown *et al.*, 2001). La mesofauna (e.g. colémbolos y ácaros) son de los grupos más importantes por su número, diversidad, abundancia de especies y actividad. La mesofauna participa en procesos como la descomposición de materia orgánica vegetal y en el reciclaje de nutrientes del suelo (Palacios-Vargas, 2003). La macrofauna desempeña un papel importante en la hojarasca e interviene en la fragmentación del material vegetal transformando los residuos en humus y de esta manera incrementar la presencia de bacterias y hongos, además de mezclar la materia orgánica descompuesta en los estratos superiores del suelo (Bueno-Villegas, 2003).

La macrofauna puede subdividirse en organismos endógeos, anécicos y epigeos. Los epigeos viven y comen en la superficie de la hojarasca, su función principal es fragmentarla y promover su descomposición. Algunos ejemplos de epigeos que se alimentan de la hojarasca son los macroartrópodos detritívoros y pequeñas lombrices de tierra (Brown *et al.*, 2001). Los anécicos viven en el suelo formando galerías y nidos, su alimento principal es la hojarasca y participan en su reubicación, es decir su distribución espacial, cambiando así la dinámica de su descomposición; las lombrices de tierra, las termitas y las hormigas son algunos ejemplos. Los endógeos son principalmente del suelo y actúan como

compactantes y descompactantes del mismo, están representados por las termitas y lombrices de tierra geófagas (Brown *et al*, 2001).

La riqueza y abundancia de la fauna de hojarasca se incrementa con respecto a la profundidad, su complejidad y calidad nutricional de la misma (Bultman y Uetz, 1984). Así una pequeña cantidad de hojarasca puede contener cientos de individuos, principalmente artrópodos y anélidos entre otros. La fauna de hojarasca esta sometida a la pérdida de agua, sin embargo el alto grado de humedad que existe en la hojarasca reduce la desecación, lo que permite la reproducción de los animales y por lo tanto el alto número de individuos pertenecientes a distintos taxa (Ruppert y Barnes, 1999).

3.2.1. Métodos de recolecta

La fauna de hojarasca, principalmente artrópodos, anélidos o moluscos terrestres, se pueden muestrear por medio de la recolecta directa (activa) e indirecta (pasiva) (Schowalter, 1986). La recolecta directa es cuando los animales son separados físicamente y se efectúa sobre: hojarasca, suelo, plantas, troncos o materia orgánica en descomposición y hongos, entre otros. La recolecta indirecta es principalmente a través de las trampas, las cuales interceptaran a los individuos de ciertos taxa y por lo tanto a algunas de sus especies. Hay muchos tipos de trampas como las trampas de luz, embudo de Berlesse, embudos mini-Winkler, cebos (como las esencias, comida, colores, animales muertos o excremento), y trampas de caída (pitfall) que suelen combinarse con algún atrayente, jabón o alcohol, trampas de pozo seco, malaise y de intercepción.

La recolecta directa o captura manual es la búsqueda activa y captura con pinzas de individuos visualizados sobre vegetación, hojarasca, depósitos de detritus, en troncos o frutos en descomposición, o sobre excretas, o bien, sobre

charolas en el laboratorio (Villareal *et al.*, 2004). Este método permite registrar características de la historia natural de las especies pertenecientes a diferentes taxa (Villareal *et al.*, 2003). Lavelle *et al.* (1981) determinaron que la eficacia del método manual es baja y tiende a subestimar a los organismos de menor tamaño, ya que sólo permite obtener individuos de talla grande. Además, su uso es afectado por la heterogeneidad espacial y las variaciones climáticas, que influyen en el comportamiento de la fauna a muestrear (Brown *et al.*, 2001). Brown *et al.* (2001) señalan que la ventaja de este método es la facilidad y rapidez con la que se muestrea en diversos lugares, permitiendo su comparación.

Las trampas de caída (pitfall) se usan para el muestreo de organismos que se encuentran en la superficie del suelo u hojarasca. Las trampas pitfall son vasos o recipientes de plástico que se entierran a ras del suelo y contienen en la mitad de su volumen etanol o alcohol al 50 o 70% para preservar al ejemplar que cae, en algunas ocasiones también se le puede agregar jabón (Villareal *et al.*, 2004). Las trampas se colocan en transectos de diferentes longitudes con espacios entre si y pueden permanecer en el campo varios días. Este método permite hacer comparaciones cualitativas y cuantitativas de los organismos obtenidos en diferentes tipos de hábitat. Diversos autores utilizan trampas pitfall para la obtención de individuos principalmente pertenecientes a grupos como hormigas, coleópteros e himenópteros. Greenslade (1964) comprobó que las trampas pitfall capturan numerosas especies de la familia Carabidae, lo que permite realizar investigaciones de la ecología de sus poblaciones en patrones espaciales y temporales, sin embargo, determinó que su efectividad dependía de la densidad poblacional y de la actividad de los individuos muestreados. Veiga *et al.* (1989) efectuaron un estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea con

trampas pitfall combinadas con cebo y analizaron su efectividad, la cual resultó buena. Jonas *et al.* (2002) determinaron que las trampas pitfall son difíciles de cuantificar y estandarizar por la actividad de los individuos y sirven para recolectar taxa nocturnos y epigeos. Señalan que existe una correlación positiva entre la riqueza y diversidad de familias de Coleóptera con este tipo de trampas.

Las trampas mini-Winkler son embudos de extracción que sirven para recolectar de manera eficiente los organismos pequeños que habitan la hojarasca. Es una trampa sencilla y eficiente para filtrar un gran número de artrópodos presentes, lo que permite estimar y comparar su riqueza o abundancia. El método consiste en recoger la hojarasca que se encuentra en una determinada área, posteriormente se pasa por un cernidor y el cernido es colocado en una malla de tela que se encuentra en el interior del saco mini-Winkler, luego se cierra el saco y se cuelga durante algunos días (de 2 a 7) (Villareal *et al.*, 2004). La fauna que se encuentra en la hojarasca tiende a moverse en respuesta a la perturbación de su hábitat, por lo cual caerán en el alcohol que se encuentra en la parte inferior del saco, lo que permite que se preserven. Las hormigas y otros microartrópodos de hojarasca se obtienen a través de este método. André *et al.* (2002) realizaron una revisión de las estrategias de muestreo usadas para los microartrópodos del suelo publicadas por 2 revistas en 2 periodos de tiempo (4 años) y encontraron que la mayoría utiliza métodos activos como el embudo de Berlese-Tullgren. Brown *et al.* (2001) señalan que para obtener resultados más exactos de la poblaciones presente en un sitio se emplean métodos complementarios. Cabe señalar que la mayoría de los autores utiliza técnicas específicas según el grupo de estudio con el que se esta trabajando, pero al trabajar con varios grupos se pueden combinar distintos métodos pasivos o activos.

3.2.2 Taxa superiores

El desconocimiento taxonómico a nivel de especie de algunos grupos de la fauna de hojarasca, no permite realizar estudios de diversidad a ese nivel. Las taxa superiores (*e.g.* clase, orden, familia) tienen la ventaja de ser taxonómicamente identificables por su reducido número con respecto a las especies, por lo cual son documentados más rápidamente (Gaston y Williams, 1993). El principal inconveniente de su uso, es que los resultados cambian para cada región y grupo biológico.

Algunos autores han utilizado taxa superiores como sustitutos de diversidad, cuyos resultados han tenido éxito en reflejar la relación de taxa superior y especie. Williams y Gaston (1994) demostraron que existe una correlación positiva entre el número de familias y el número de especies para una variedad de grupos biológicos (helechos, mariposas, aves y murciélagos) en distintas regiones (Inglaterra, Australia y América del norte y central) y en diferentes escalas espaciales. Balmford *et al.* (1996) encontraron que el uso de riqueza de géneros o familias de plantas no afecta la representación de especies en áreas prioritarias en los trópicos. Baldi (2003) realizó un estudio con Coleóptera, Diptera y Acari, usando taxa superiores como sustitutos de la riqueza de especies en una reserva de la zona central de Hungría y encontró que la riqueza de especies se encontraba fuertemente correlacionada con la diversidad de géneros y familias para los tres grupos.

En hormigas, la riqueza de géneros es usada como sustituto para la riqueza de especies y los resultados pueden variar dependiendo del hábitat, biogeografía y esfuerzo de muestreo, por lo tanto su fiabilidad depende de ello (Andersen *et al.*, 2004). Para mamíferos (Viveiros-Grelle, 2002), arañas (Cardoso

et al., 2004), macrofungi (Balmford *et al.*, 2000) y plantas (Villaseñor *et al.*, 2005) los taxa superiores han sido usados como una aproximación para el estudio de la diversidad. Un uso inadecuado de taxa superiores ocurre cuando se pretende describir categorías alimenticias, ya que estas responden a nivel de individuos de especie y por lo tanto el análisis no reflejaría los resultados reales (Neville y Black, 1997).

El uso de taxa superiores como aproximación para la conservación de la biodiversidad ha sido ampliamente discutido. Por ejemplo, Van Jaarsveld *et al.* (1998) analizaron una variedad de taxa de la región sur de África y sugirieron que el uso de taxa superiores como sustitutos es poco viable para planear estrategias de conservación a nivel de especie en esta región. Prance (1994) concluyó que el cálculo correcto en patrones de biodiversidad de las plantas Neotropicales se debe hacer a nivel de especie en lugar de nivel de taxa superior.

Diferentes aproximaciones metodológicas para evaluar el uso de taxa superiores como sustitutos ha sido evaluado por Ricotta *et al.* (2002). Ellos toman la ventaja de la escala del comportamiento de niveles taxonómico superiores a través de la jerarquía taxonómica, y el uso de esta relación predice la riqueza de especies con exactitud para la flora de diferentes regiones geográficas.

Los criterios necesarios para sustituir un grupo o grupos por un nivel taxonómico superior en la riqueza de especies pueden ser: a) cuando las correlaciones son estadísticamente significativas entre la riqueza de taxa superiores y la riqueza de especies en algunos grupos, b) en cuestiones de tiempo ya que tiene menor costo determinar el nivel taxonómico superior que el nivel de especie, o c) cuando se esta trabajando con varios grupos biológicos en respuesta de algún factor.

3.3 El manejo forestal en la conservación de la biodiversidad

En la última década el manejo de los recursos forestales se ha tratado de conjuntar con estrategias de desarrollo sustentable para satisfacer las necesidades humanas y conseguir al mismo tiempo el rendimiento sostenido de los productos del bosque (Aguirre-Calderón, 1997). El manejo de bosques en la actualidad pretende garantizar el mantenimiento de condiciones ecológicas forestales y la conservación de las especies pertenecientes a diferentes taxa, la productividad del suelo, la composición florística y faunística presente y los productos maderables (Primack *et al.*, 2001a). La conservación ecológica de los bosques se puede lograr a través de la creación de reservas. Sin embargo, la mayoría de las reservas son creados principalmente con fines recreativos y presentan la mayoría de las veces problemas logísticos, lo que deteriora a largo plazo los bosques (Challenger, 1998).

Los bosques de pino-encino son uno de los tipos de vegetación más afectados por el ser humano, debido a la fertilidad de sus suelos, su agradable clima y sus estaciones bien definidas. Estos bosques en nuestro país albergan más de 7000 especies de árboles, que representan 24% del total de la flora conocida en México (Rzedowsky, 1983).

Para el manejo adecuado del bosque de pino-encino, en 1995 se lanzó en México un proyecto denominado Procymaf (Procymaf, 1995). El Procymaf tiene por objeto mejorar la gestión de los recursos forestales y su conservación, así como incrementar los ingresos económicos generados por la explotación del bosque. La meta de este proyecto en teoría es la de fortalecer la capacidad de las comunidades, ejidos y sector privado para manejar los recursos forestales (Procymaf, 1995).

Los bosques con manejo pueden preservar considerable diversidad biológica, por medio de los árboles viejos, muertos en pie y caídos (Primack *et al.*, 2001a). Los árboles muertos en pie y caídos en los bosques de pino-encino tienen un papel fundamental en el aumento de la biodiversidad del bosque y en el funcionamiento ecológico del ecosistema en su totalidad, ya que retienen humedad y ofrecen alimento a algunas especies de artrópodos que promueven la fijación de nitrógeno al suelo y la actividad micorrícica. Además, son el hábitat para algunos mamíferos pequeños, anfibios, reptiles insectívoros y una gran variedad de aves.

El manejo y cultivo adecuado del bosque permiten la producción de una mayor cantidad de oxígeno y la conservación del suelo (Primack *et al.*, 2001b). Por otro lado, el uso inadecuado del bosque provoca la disminución del recurso forestal y severas pérdidas de biodiversidad, reduciendo su complejidad estructural (Dávalo-Sotelo, 1996; Primack *et al.*, 2001b). Algunos ejemplos de uso inadecuado son la reforestación poco planificada, el uso subsecuente de las áreas taladas para el pastoreo extensivo de ganado o para la agricultura, y la eliminación de los árboles más viejos (Challenger, 1998). El método mexicano de ordenamiento de bosques señala que primero se deben explotar a los individuos menos adaptados, dejando en pie los mejores adaptados (árboles padre) para que con sus semillas regeneren el bosque, de modo que el resultado final sea el mejoramiento continuo de los recursos maderables (Challenger, 1998), ya que su eliminación puede causar una pérdida significativa de la diversidad biológica del ecosistema (Challenger, 1998; Primack *et al.*, 2001b). Otros métodos señalados son: cortas de aclareo o entresacas (consiste en la extracción de los individuos que han llegado a su madurez fisiológica, así como árboles enfermos o

defectuosos) y cortas de liberación (remoción total o parcial de los árboles semilleros para evitar la competencia).

Existen antecedentes donde se comparan zonas con manejo y sin manejo de bosque para evaluar los cambios en las poblaciones o comunidades ecológicas. Por ejemplo, Villa-Castillo y Wagner (2002) realizaron un estudio con carábidos en un bosque de pino al norte de Arizona el cual está sometido al aclareo, quema y fuego incontrolado. Dichos autores señalan que la diversidad de especies de la familia Carabidae aumenta al incrementar el nivel de disturbio, mientras que el bosque sin manejo tiene la diversidad más baja. Werner y Raffa (2000) señalan que un bosque manejado puede contener más especies que un bosque viejo. Niemela *et al.* (1993) realizaron un estudio con carábidos en un bosque de pino y abeto, los cuales fueron sometidos a tala indiscriminada y se encontraban en proceso de regeneración. Sus resultados señalan que la riqueza de especies es mayor en los sitios de regeneración que los bosques maduros, sin embargo, a largo plazo la fragmentación y creación de áreas de bosque jóvenes a causa de la tala pueden tener efectos negativos en la abundancia de la fauna. Morón (2001) señala que las larvas de Coleóptera (Melolonthidae) son favorecidas por la apertura de terrenos para el cultivo de gramíneas, monocultivo, abandono de parcelas y el aclareo del bosque. Por otro lado, Greenberg y Thomas (1995) no encontraron diferencias en riqueza, diversidad y abundancia de especies de coleópteros en un bosque de pino manejado.

Rojas (2001) analizó la riqueza y abundancia de hormigas y encontró que en los sitios perturbados es mayor, sin embargo la diversidad de hormigas es menor. También indica que el método de roza-tumba-quema utilizado en varias regiones de siembra en México, ocasiona la disminución en la diversidad de

hormigas. Por otro lado, Similä *et al.* (2003) señalan que la riqueza de especies saproxilicas tiende a ser más alta en bosque seminaturales que en los manejados, ya que la materia muerta de la cual se alimentan tiene menor calidad y diversidad en estos últimos. Los bosques primarios poseen mayor equilibrio en cuanto a la abundancia total de los organismos que los habitan, ya que su manejo o conversión a otros ecosistemas provoca cambios microclimáticos que hacen desaparecer a los organismos nativos, dando paso a organismos oportunistas (Brown *et al.*, 2001). Fragoso (2001), hizo una comparación con lombrices en ambientes naturales y perturbados, y sus resultados indican que existe una mayor cantidad de especies en ambientes naturales que en los perturbados. Bultman y Uetz (1984) compararon artrópodos de hojarasca en un bosque natural y otro artificial, y encontraron que la abundancia dependía del grupo y calidad nutricional de la hojarasca producida ya que algunos mostraban preferencias por el bosque natural (*e. g.* Diplopoda e Isopoda) y otros no. Jonas *et al.* (2002) señalan que las prácticas de manejo a escala regional provocan la degradación y fragmentación, impactando negativamente a los invertebrados.

Actualmente hay consenso acerca del papel que ha jugado el manejo forestal en la conservación de la biodiversidad. Se asume que un uso adecuado y planificado del bosque puede mantener e incluso restaurar los hábitat, y por lo tanto conservar la diversidad biológica, pero es necesario profundizar en el conocimiento de la posible influencia que puedan tener las actividades de manejo en los patrones de diversidad de la fauna.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar si los cambios asociados al aprovechamiento forestal, la época del año y el método de recolecta tienen un efecto en la diversidad de taxa superiores de la fauna de la hojarasca en bosque de pino-encino de la Sierra de Pachuca, Hidalgo.

4.2 Objetivos específicos

4.2.1 Describir la riqueza y estructura de la fauna de hojarasca a nivel de taxa superiores en un bosque de pino-encino (en un fragmento con manejo forestal y otro sin manejo forestal), en dos épocas del año (lluvia y seca) y con tres métodos de recolecta (búsqueda directa, trampas pitfall y trampas mini winkler).

4.2.2 Comparar la similitud a nivel de taxa superior de la fauna de hojarasca entre fragmentos (con y sin manejo forestal) entre dos épocas del año (lluvia y seca) y entre tres métodos de recolecta (búsqueda directa, trampas pitfall y trampas mini winkler).

4.2.3 Explorar si existe una relación entre la composición de la fauna a nivel de taxa superior con respecto a las variables microambientales de la hojarasca, en los fragmentos de bosque de pino-encino (con y sin manejo forestal) en dos épocas del año (lluvia y seca).

V. MÉTODO

5.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en el conjunto predial rancho Santa Elena, el cual se encuentra en el extremo sureste del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México, entre las coordenadas geográficas 20°06'07'' y 20° 09'50'' de latitud norte; y 98° 30'04'' y 98°32'06'' de longitud oeste, formando parte de la sierra de Pachuca, con una altitud promedio de 2100 msnm (SEMARNAT, 2000). El clima de la zona es subhúmedo templado con inviernos fríos. La temperatura fluctúa entre los 16° C en los meses de noviembre a abril y los 20° C en los meses de mayo a octubre (SEMARNAT, 2000). La precipitación media anual es de 1000 a 2000 mm. Se caracteriza principalmente por suelo tipo andosol ocríco. La vegetación predominante es bosque de pino-encino, algunas especies representativas son: *Pinus teocote*, *Pinus montezumae*, *Pinus patula*, *Quercus crassifolia*, *Quercus laurina* y *Quercus rugosa* (SEMARNAT, 2000). En el rancho se realiza aprovechamiento forestal y ecoturístico (senderismo, bicicleta de montaña y acampar). Cabe señalar que se encuentra registrado como Unidad de Manejo Ambiental (SEMARNAT-UMA-EX 0027-HGO) y lleva aproximadamente 20 años desarrollando aprovechamiento forestal. El aprovechamiento forestal está bajo los sistemas silvícolas de los siguientes tratamientos:

- Árboles padre en su corta de generación: es la corta total, exceptuando ciertos árboles denominados padres, que por sus mejores características externas, quedan en pie como árboles semilleros para repoblar naturalmente el área cortada (SEMARNAT, 2003).
- El método de cortas de aclareo o entresacas: son intervenciones que mejoran la masa arbolada eliminando los árboles dañados, mal conformados y

aquellos que han llegado a su madurez fisiológica, para aprovechar los espacios disponibles y nutrientes del suelo. Se aplica a los rodales donde las pendientes son mayores y con menor accesibilidad (SEMARNAT, 2003).

- Cortas de liberación: es la remoción total o parcial de los árboles semilleros, con la finalidad de evitar la competencia entre éstos y la nueva masa, propiciando con ello, mayor espacio y nutrientes disponibles en el sitio (SEMARNAT, 2003).

- Fragmentos de áreas naturales (sin manejo): en estas zonas tan solo se hace un saneamiento para quitar a los árboles enfermos.

5.2 Muestreo de la fauna de hojarasca

Los muestreos de la fauna de hojarasca se realizaron en dos fragmentos de bosque de pino-encino: uno con manejo forestal (durante un ciclo de cortas de aclareo) y otro sin manejo forestal. El fragmento con manejo forestal llevaba aproximadamente 5 años de aprovechamiento al momento del muestreo, y se encuentra a una altitud de 2484 msnm (0551178 2225892 UTM). Cuenta con un número reducido de árboles altos de pino (*Pinus patula* y *Pinus teocote*) y una vegetación secundaria abundante. El fragmento sin manejo forestal se encuentra a una altitud de 2449 msnm (0560935 2219397 UTM) y presenta un dosel cerrado de árboles de pino (*Pinus patula* y *Pinus teocote*) y encino (*Quercus rugosa*, *Quercus laurina* y *Quercus crassifolia*) de altura considerable y poca vegetación secundaria. La fauna se recolectó en dos épocas del año, una en periodo de lluvia (septiembre 2003) y otra en época de seca (abril 2004).

En cada fragmento se utilizaron 3 métodos de recolecta: método directo de búsqueda en la hojarasca y método indirecto por medio de trampas pitfall y

trampas mini-Winkler. La recolección directa de hojarasca se realizó en 20 cuadros de 50x50 cm en cada fragmento, a una profundidad de 1 a 5 cm aproximadamente dependiendo de la muestra, separados por 5 metros de distancia y obteniendo 20 muestras de cada fragmento (Figura 2). La hojarasca de cada cuadro se colocó en bolsas de plástico y se enumeró para su posterior identificación en laboratorio. Para cada cuadro se registraron las siguientes variables: temperatura de la hojarasca, distancia al árbol más cercano, profundidad de la hojarasca, presencia o ausencia de micelio, troncos o ramas grandes y rocas, composición de la hojarasca (ver más adelante) y humedad de la hojarasca. Cabe señalar que las variables microambientales medidas variaron con respecto a la época (se registraron 8 variables en época de lluvia y 10 en época de seca). Para cuantificar la humedad se tomó una muestra contigua a cada cuadro de la recolección directa en una bolsa de papel aluminio y se obtuvieron las medidas de peso húmedo y peso seco, colocando las muestras en la estufa a una temperatura de 70-80° C durante 48 horas. Posteriormente en el laboratorio se extrajo la fauna de hojarasca con pinzas y se conservaron en frascos etiquetados con alcohol al 70 %.

Una vez extraída la fauna de hojarasca de las 20 muestras de recolección directa de cada fragmento de bosque, se midió la composición de la hojarasca. Se separó manualmente cada componente de la hojarasca: acículas, hojas de encino, fragmentos de palos y residuos de los mismos (debris). Cada componente fue colocado en bolsas de plástico, para ser pesadas por separado (Figura 3).

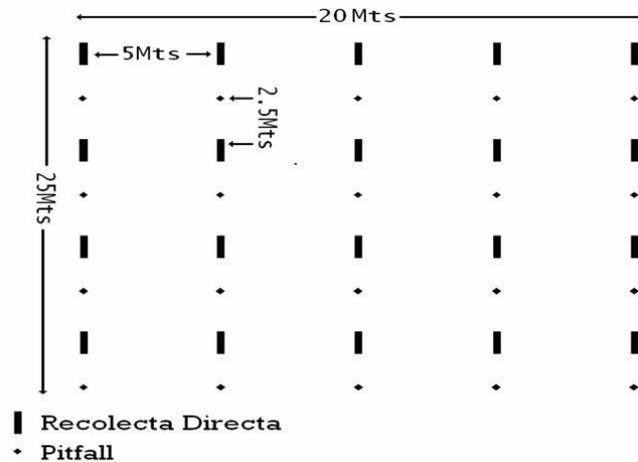


Figura 2. Distribución espacial de trampas pitfall y de la recolecta directa en los fragmentos de bosque con y sin manejo forestal.



Figura 3. Separación de la composición de hojarasca y obtención manual de su fauna.

Las trampas pitfall fueron colocadas de forma simultanea a una distancia de 2.5 mts de los cuadros de recolecta directa. En cada fragmento se colocaron 20 trampas pitfall (Figura 2) al ras del suelo. Cada trampa consiste en un vaso con alcohol al 50 %. Las trampas se dejaron durante 3 días en los fragmentos de bosque a muestrear. Después de los 3 días los organismos recolectados se conservaron en frascos pequeños con alcohol al 70 % para su posterior identificación.

Para la obtención de la fauna de hojarasca por medio de las trampas o embudos mini-Winkler, se seleccionaron al azar 10 muestras de las obtenidas por recolecta directa (antes de su revisión para la obtención de la fauna) de cada fragmento. Estas muestras se pasaron por un cernidor especial para hojarasca con malla de 8 mm de diámetro (Figura 4). La materia fina así separada se colocó en embudos de extracción (trampas mini-Winkler) durante 7 días en el laboratorio, para separar a la mesofauna de la hojarasca (Figura 5). La materia gruesa separada de estas 10 muestras de cada fragmento de las trampas mini-Winkler fue regresada a las bolsas de recolecta directa, para ser revisadas manualmente en charolas de disección. La fauna obtenida por medio de las trampas mini-Winkler también se almacenó en frascos pequeños con alcohol al 70 % para identificarse posteriormente.



Figura 4. Cernidor especial para hojarasca de 8 mm de diámetro.



Figura 5. Trampas mini-Winkler.

La identificación taxonómica para algunos grupos se realizó con las claves de Borror y White (1970), Borror *et al.* (1981), Ross (1982), Marshall (1993), Wheather y Read (1996), Ruppert y Barnes (1996), y Triplehorn y Johnson (2005). Algunas familias de coleópteros fueron identificados por el Dr. Juan Márquez Luna. Otros individuos pertenecientes a Collembola, Megaloptera,

Hymenoptera y larvas fueron identificadas por el Dr. Atilano Contreras. Algunos Hymenoptera fueron identificados por la Bióloga Maricela Batalla Díaz, otros ejemplares de coleópteros por la Bióloga Ana Paola Martínez Falcón y la M en Ciencias Julieta Asiain. Los ejemplares se determinaron a nivel de taxa superior: Clase, Orden y en su mayoría Familia (Anexo I), además de cuantificar la abundancia de los organismos de la hojarasca. Cabe mencionar que para el análisis no se tomaron en cuenta las larvas, aunque se encontraron 18 tipos diferentes con 231 individuos (Anexo II).

La fauna de hojarasca ya identificada (200 muestras en total), se separó para el análisis de datos de acuerdo al tipo de fragmento (con manejo y sin manejo), en época de lluvia y seca, y por método de recolecta: directa, trampas pitfall y mini-Winkler.

5.3 ANÁLISIS DE DATOS

5.3.1 Riqueza y estructura de la fauna de hojarasca

La diversidad de la fauna de hojarasca se analizó a nivel de taxa superior (familia o superior) por fragmentos (con y sin manejo forestal) en ambas épocas (lluvia y seca) y por método de recolecta (directa, pitfall y mini-Winkler). Se cuantificaron los siguientes parámetros de la diversidad ecológica (Moreno, 2001): a) riqueza de taxa y abundancia, b) diagramas de rango-abundancia, c) índice de diversidad de Shannon y d) índice de equidad de Pielou.

a) Riqueza de taxa y abundancia

La riqueza de fauna de hojarasca se obtuvo mediante el conteo total de los taxa recolectados en las muestras y la abundancia se cuantificó como el número de los individuos recolectados.

b) Diagramas de rango-abundancia

Son gráficas que permiten analizar la diversidad de las comunidades a través de patrones de distribución de las abundancias relativas entre los taxa. La abundancia relativa de un taxa en una comunidad es la fracción con la que contribuye a la abundancia total de los individuos recolectados (Whittaker, 1972). Estos diagramas se utilizaron ya que el número de los taxa no es muy grande y permiten observar el rango de las abundancias con respecto a la identidad de los taxa, mostrando del taxa más abundante al taxa más raro, lo que permite hacer comparaciones entre comunidades, permitiendo observar la dominancia o equidad (Feinsinger, 2001). Estos diagramas se construyen obteniendo la proporción de cada taxa de la comunidad de estudio (p_i), posteriormente se

calcula el logaritmo de p_i ($\log p_i$). Con estos valores, se grafica en la abscisa (x) a la fauna de hojarasca de la más abundante a la menos abundante. En la ordenada (y) se colocan los valores de $\log p_i$ (Feinsinger, 2001).

c) Índice de diversidad de Shannon

Es un valor que toma en cuenta dos componentes de la diversidad: el número de taxa y la igualdad o desigualdad de la distribución de los individuos en cada taxa (Magurran, 2005). Un mayor número de taxa y equidad entre ellos aumenta la diversidad. El valor es de cero cuando es un taxon y el logaritmo del número total de taxa cuando todos los taxa están representados en las muestras (Moreno, 2001).

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

Donde:

H' = diversidad de Shannon

p_i = proporción del número de individuos del taxa i con respecto al total

(n_i/N_i)

d) Índice de equidad de Pielou

El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad esperada, su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas los taxa son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

$$J' = H' / H'_{max}$$

Donde:

J' =Equidad de Pielou

H' = Índice de Shannon

$H'_{m\acute{a}x}$ = $\ln(S)$ = número total de taxa

5.3.2 Similitud de la fauna de hojarasca

Se obtuvo a través de los coeficientes de similitud de Sørensen cuantitativo y cualitativo, entre fragmentos y épocas, así como por método de recolecta (considerando ambos fragmentos y épocas). El índice de similitud, permite comparar muestras de una comunidad, expresando el grado en el que dos muestras son semejantes por los taxa presentes en ellas (Magurran, 2005). Este índice se puede obtener con base en datos cualitativos, cuando se tienen datos de presencia o ausencia de los taxa en cada comunidad, o cuantitativos, cuando se conoce la abundancia de cada taxa en la comunidad (Moreno, 2001).

El coeficiente de similitud de Sørensen para datos cualitativos es:

$$I_s = 2c/a+b$$

Donde:

I_s =Coeficiente de similitud de Sørensen cualitativo

a = número de los taxa presentes en el sitio A

b = número de los taxa presentes en el sitio B

c = número de los taxa presentes en ambos sitios A y B

El coeficiente de similitud de Sørensen para datos cuantitativos es:

$$I_{scuant} = 2pN/aN+bN$$

Donde:

I_{scuant} =Coeficiente de similitud de Sørensen cuantitativo

aN= número total de individuos en el sitio A

bN= número total de individuos en el sitio B

pN= sumatoria de la abundancia más baja de cada uno de los taxa compartidas entre los sitios.

5.3.3 Variables microambientales de la hojarasca

Para explorar la importancia de las variables microambientales relacionadas con la fauna de la hojarasca, se utilizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) en cada fragmento por época muestreada. El CCA es un análisis que combina métodos de ordenación y de regresión múltiple para detectar la posible relación de la fauna de hojarasca con las variables microambientales medidas, sin embargo se usa como una técnica exploratoria (Ter Braak, 1986). En ecología de comunidades es de uso común para evaluar esta relación (McGarigal *et al.*, 2000).

Las variables microambientales medidas en la hojarasca y relacionadas con la fauna encontrada fueron: temperatura, humedad, profundidad, distancia al árbol más cercano, presencia de rocas, troncos grandes y micelio, así como el peso de hojas de encino, peso de acículas, peso de fragmentos de ramas pequeñas y peso de residuos de los mismos (debris). Cabe señalar que el número de variables medidas varió con respecto a la época. Los CCA se realizaron con el programa PC-ORD for Windows V. 4, 17 (McCune y Mefford, 1999). Las opciones seleccionadas fueron: a) puntos de ejes centrados y estandarizados, b) ejes escalados optimizando los taxa y c) los puntos de los sitios como combinaciones lineales de las variables ambientales.

VI. RESULTADOS

6.1 Riqueza y estructura de la fauna de hojarasca

6.1.1 Riqueza y abundancia

Se recolectaron un total de 60 taxa con un total de 3475 individuos (Anexo I). En el fragmento con manejo forestal se registró un total de 52 taxa con 1658 individuos. De ellos, en la época de lluvia se recolectaron 40 taxa con 1204 individuos, mientras que en la época seca se recolectaron 38 con 454 individuos. En el fragmento sin manejo forestal se registraron 47 taxa con un total de 1817 individuos. De ellos, en la época de lluvia se recolectaron 41 taxa con 1301 individuos y en la época seca 34 con 516 individuos (Figura 6a).

Del total de riqueza y abundancia de la fauna de hojarasca en todo el muestreo, 28 taxa fueron recolectados por recolecta directa con 718 individuos, 50 taxa con trampas pitfall con 1862 individuos y 35 taxa en embudos mini-Winkler con 895 individuos (Figura 6b).

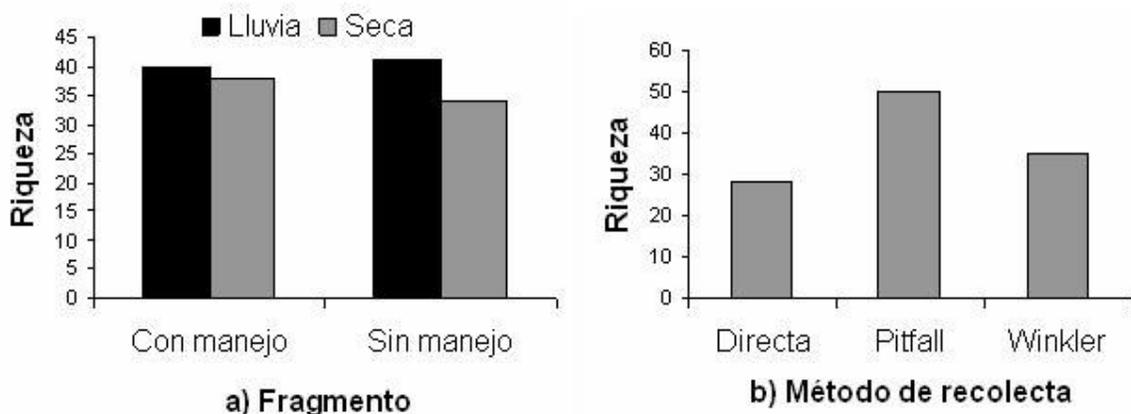


Figura 6. Gráficas de riqueza de taxa por: a) tipo de fragmento en épocas de lluvia y seca y b) por método de recolecta.

6.1.2 Diagramas de rango abundancia

En las gráficas de rango abundancia se observa en los fragmentos con sus respectivas épocas, la dominancia del taxon 50 que corresponde a Diptera. En los cuatro casos presentados (por fragmento de bosque y época), se observan muchos taxa raros y pocos dominantes, es decir pocos taxa con un alto número de individuos y muchos taxa con un número reducido en abundancias (Figura 7). En los fragmentos en época seca se observa una distribución de los taxa más homogénea en cuanto a sus abundancias, lo que refleja una mayor equitatividad y por lo tanto una mayor diversidad con respecto a los fragmentos en época de lluvia. En los cuatro casos los taxa con mayor número de individuos están representados por los mismos grupos, pero su abundancia varia dependiendo del fragmento y época.

El fragmento sin manejo en lluvia fue dominado por Diptera (50), consecutivamente por Oligochaeta (1), Entomobryidae (14), Staphylinidae (47), Lithobiomorpha (10), Opilionida (3) y Formicidae (54). El fragmento sin manejo en época seca se encuentra dominado por Diptera (50), posteriormente por Aranea (4), Entomobryidae (14), Oligochaeta (1), Lithobiomorpha (10), Isotomidae (15) y Staphylinidae (47). En el fragmento con manejo en lluvia se observa la dominancia de dos taxa; Diptera (50) y Oligochaeta (1), consecutivamente Formicidae (54), Staphylinidae (47), Aranea (4), Entomobryidae (14), Acari (6) y Lithobiomorpha (10). El fragmento con manejo en época seca estuvo dominado por Diptera (50), posteriormente por Aranea (4), Entomobryidae (14), Acari (6), Formicidae (54), Oligochaeta (1), Isotomidae (15) y Geophilomorpha.

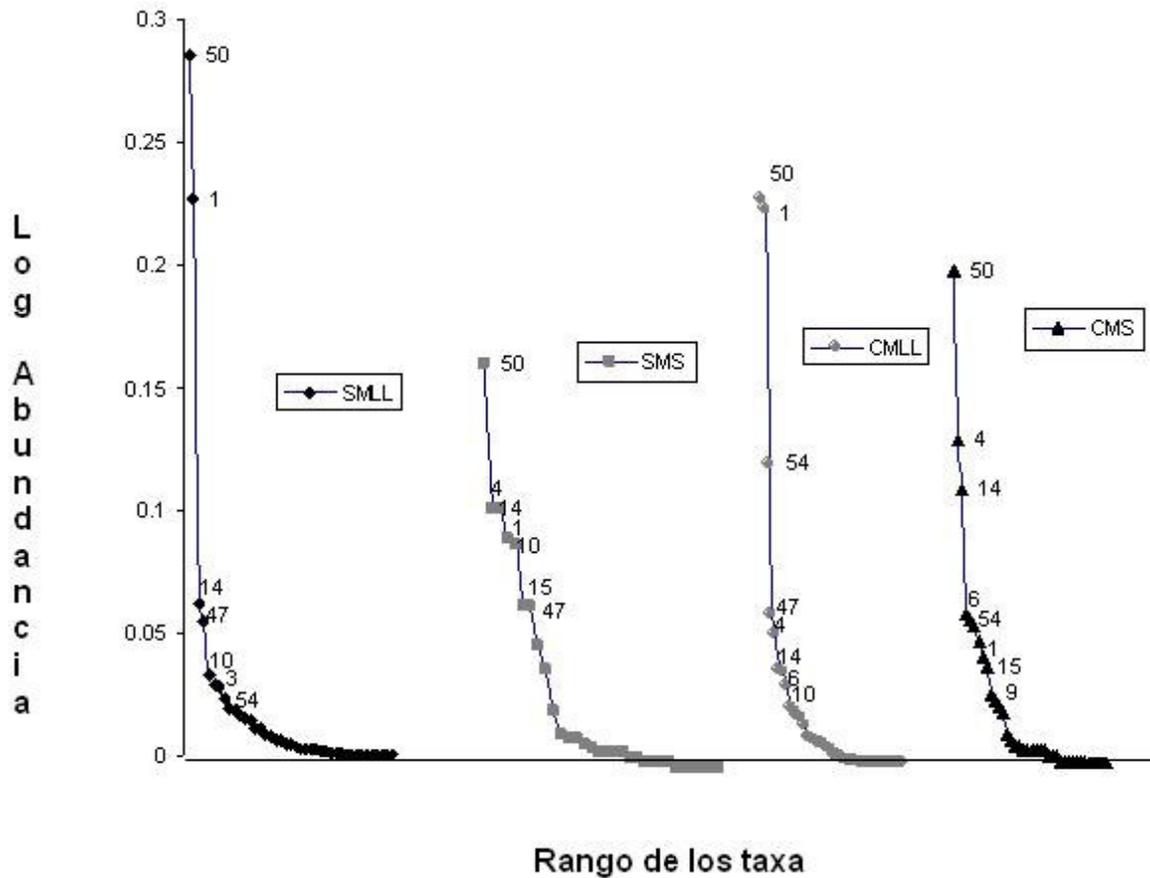


Figura 7. Gráfica de rango-abundancia de la fauna de hojarasca por fragmento en época de lluvia y seca. SMLL=Sin manejo lluvia, SMS= Sin manejo seca, CMLL=Con manejo lluvia y CMS=Con manejo seca. Los números representan la identidad de los taxa y se describen en el texto

En las graficas de rango-abundancia por método de recolecta (Figura 8), los taxa dominantes fueron distintos. En la recolecta directa el taxon dominante fue el 1 que corresponde a Oligochaeta, posteriormente Lithobiomorpha (10), Araneae (4), Diplopoda (8) y Formicidae (54) respectivamente, se observa una gran diferencia en abundancia del primer taxon con respecto a los otros, por lo que hubo exclusivamente un taxon dominante y muchos raros que se alinearon

horizontalmente por la semejanza en sus abundancias (Figura 8a). En las trampas pitfall el taxon dominante fue el 50 que corresponde a Diptera, consecutivamente se encuentran; Formicidae (54), Staphylinidae (47), Aranae (4) y Entomobryidae (14), observándose en general muchos taxa raros y uno dominante (Figura 8b). En las trampas mini-Winkler el taxon dominante fue el 14 que corresponde a Entomobryidae, posteriormente Oligochaeta (1), Lithobiomorpha (10), Acari (6), Aranae (4) y Formicidae (54) respectivamente, las diferencias entre estos taxa con respecto a la abundancia fueron pequeñas (Figura 8c). Las trampas mini-Winkler presentaron mayor homogeneidad en cuanto a la distribución de las abundancias de los taxa en comparación de la recolecta directa y trampas pitfall, que tuvieron una alta dominancia de un taxon en particular (Oligochaeta y Diptera, respectivamente), y menor e igual abundancia del resto de los taxa.

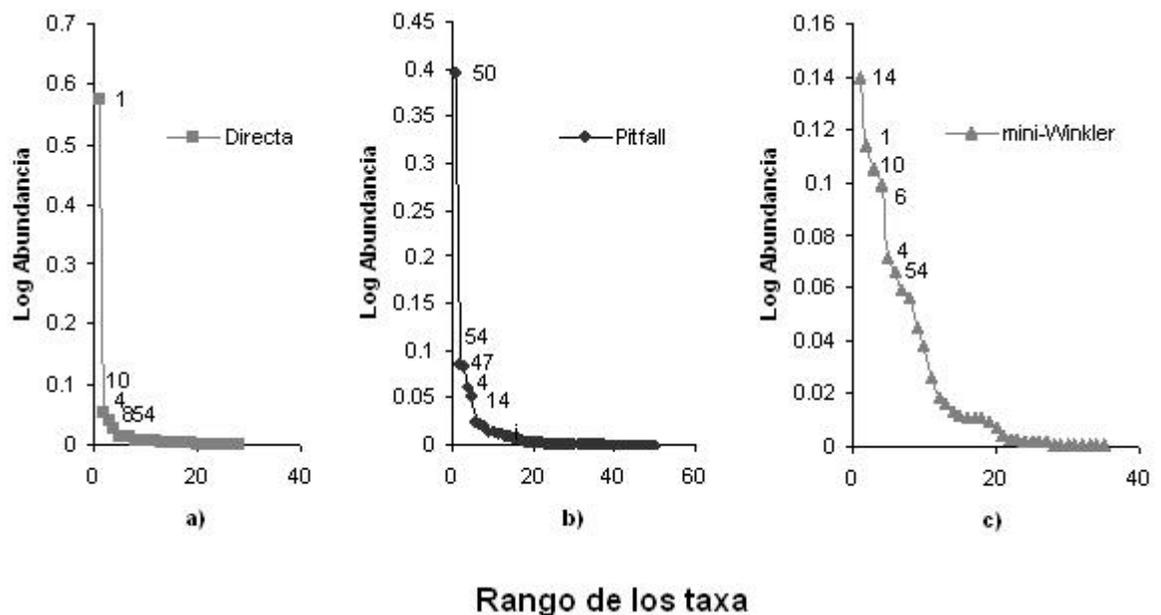


Figura 8. Grafica de rango-abundancia de la fauna de hojarasca por método de recolecta: a) por recolecta directa, b) por trampas pitfall y c) por trampas mini-Winkler. Los números representan la identidad de los taxa y se describen en el texto.

6.1.3 Índices de diversidad y equidad

El fragmento con manejo en época seca fue el que presentó mayor diversidad debido a que tiene una equidad alta en cuanto a la distribución de las abundancias de los individuos de los taxa (Cuadro 1, Figura 7). La baja diversidad y equidad del fragmento sin manejo en la época de lluvia posiblemente se debe a la alta dominancia de los taxa Díptera y Oligochaeta en cuanto a la abundancia relativa (Cuadro 1, Figura 7). El total del fragmento con manejo presentó mayor diversidad y equidad que el fragmento sin manejo, ya que posee mayor número de taxa y mayor equitatividad en su distribución de las abundancias, sin embargo la diferencia es mínima (Cuadro 1).

	Con manejo		Total Con manejo	Sin manejo		Total Sin manejo
	Lluvia	Seca		Lluvia	Seca	
S	40	38	52	41	34	47
ln (S)	3.68	3.63	3.95	3.71	3.52	3.85
Shannon	2.45	2.76	2.62	2.30	2.69	2.50
Equidad de Pielou	0.66	0.75	0.66	0.62	0.76	0.64

Cuadro 1. Valores de riqueza de taxa (S), diversidad máxima [ln (S)], índices de diversidad de Shannon y Equidad de Pielou por tipo de fragmento en épocas de lluvia y seca; y el total del fragmento con manejo y sin manejo considerando las 2 épocas del año.

Las trampas mini-winkler fueron el método de recolecta con el cual se obtuvo la más alta diversidad y equidad de taxa, con respecto a la distribución de las abundancias de los individuos, aún cuando su riqueza de taxa fue más baja con respecto a la trampa pitfall (Cuadro 2, Figura 8). La recolecta directa fue la que representó la riqueza, diversidad y equidad más baja, mientras que la recolecta por medio de trampas pitfall fue el tipo de recolecta con mayor riqueza, sin embargo su diversidad y equidad fue menor que la de las trampas mini Winkler, por la alta dominancia del taxon Diptera (Cuadro 2, Figura 8).

	Método de recolecta		
	Directa	Pitfall	mini-Winkler
S	28	50	35
Ln (S)	3.33	3.91	3.55
Shannon	1.11	2.14	2.76
Equidad de Pielou	0.33	0.54	0.77

Cuadro 2. Valores de riqueza de taxa (S), diversidad máxima [ln (S)], índices de diversidad de Shannon y Equidad de Pielou por método de recolecta.

6.2 Similitud de la fauna de hojarasca entre fragmentos, épocas; y método de recolecta

El fragmento sin manejo entre la época de lluvia y la época seca presentó la similitud más alta en datos cualitativos (0.74), es decir comparten un mayor número de taxa (Cuadro 3). La época seca en el fragmento con manejo y sin manejo presentó la similitud más alta en datos cuantitativos (0.77), es decir comparten casi el mismo número de individuos de cada taxa (Cuadro 3). La similitud más baja considerando sólo la identidad (0.64) la presentaron los fragmentos con manejo en lluvia y sin manejo en seca. La similitud más baja considerando las abundancias (0.43) la presentaron los fragmentos con manejo en seca y sin manejo en lluvia (Cuadro 3).

	CMLI	CMS	SMLI	SMS
CMLI	-	0.66	0.69	0.64
CMS	0.48	-	0.70	0.72
SMLI	0.76	0.43	-	0.74
SMS	0.52	0.77	0.48	-

Cuadro 3. Valores de los índices de similitud de Sørensen por fragmentos en épocas de lluvia y seca. Se observan los valores del índice de similitud cuantitativo en negritas y los valores del índice cualitativo en color claro. CMLI= con manejo lluvia, CMS= con manejo seca, SMLI= sin manejo lluvia, SMS= sin manejo seca.

Los organismos obtenidos mediante la recolecta directa y trampas pitfall presentaron la diferencia más alta (menor similitud) en datos cualitativos (0.58) y cuantitativos (0.09), es decir comparten muy pocas taxa en cuanto a identidad y abundancia (Cuadro 4). Mientras que los organismos recolectados por medio de la recolecta directa y trampas mini-Winkler, así como con trampas pitfall y mini-Winkler, tienen una similitud media en datos cualitativos (identidad) y cuantitativos (abundancias). En general, los tres métodos de recolecta tienen una similitud diferente según se consideren sus abundancias o sólo la identidad de los taxa (Cuadro 4).

	Directa	Pitfall	mini-Winkler
Directa	-	0.58	0.66
Pitfall	0.09	-	0.61
mini-Winkler	0.31	0.31	-

Cuadro 4. Valores de los índices de similitud de Sørensen, entre los métodos de recolecta. Se observan los valores del índice de similitud cuantitativo en negritas y los valores del índice cualitativo de color claro.

6.3. Variables microambientales de la hojarasca

6.3.1 Fragmento con manejo en época de lluvia

El análisis de correspondencia canónica (CCA) para el fragmento con manejo en época de lluvia estuvo representado por el 26.2 % de la varianza explicada para la distribución de los taxa en las muestras. Los valores característicos (eigenvalues) de los ejes 1 y 2 fueron 0.248 y 0.074 respectivamente. Los coeficientes de correlación de las variables microambientales con los ejes mostraron que el eje 1 está definido por el peso de acículas (0.657) y el eje 2 por la humedad (-0.741). El gráfico de la ordenación (Figura 9) mostró a lo largo del eje 1 los taxa que presentan afinidad con una mayor cantidad de acículas, mientras que a lo largo del eje 2 los taxa relacionados con menor humedad.

Los taxa T6 (Acari), T14 (Entomobryidae), T27 (Miridae) y T55 (Ichneumonidae) se asocian con valores negativos del eje 1, mientras que los taxa T19 (Gryllacrididae), T31 (Cercopidae) y T33 (Delphacidae) se asocian con valores negativos del eje 2. El taxa T18 (Acrididae) es el más influenciado por valores positivos tanto del eje 1 como del eje 2.

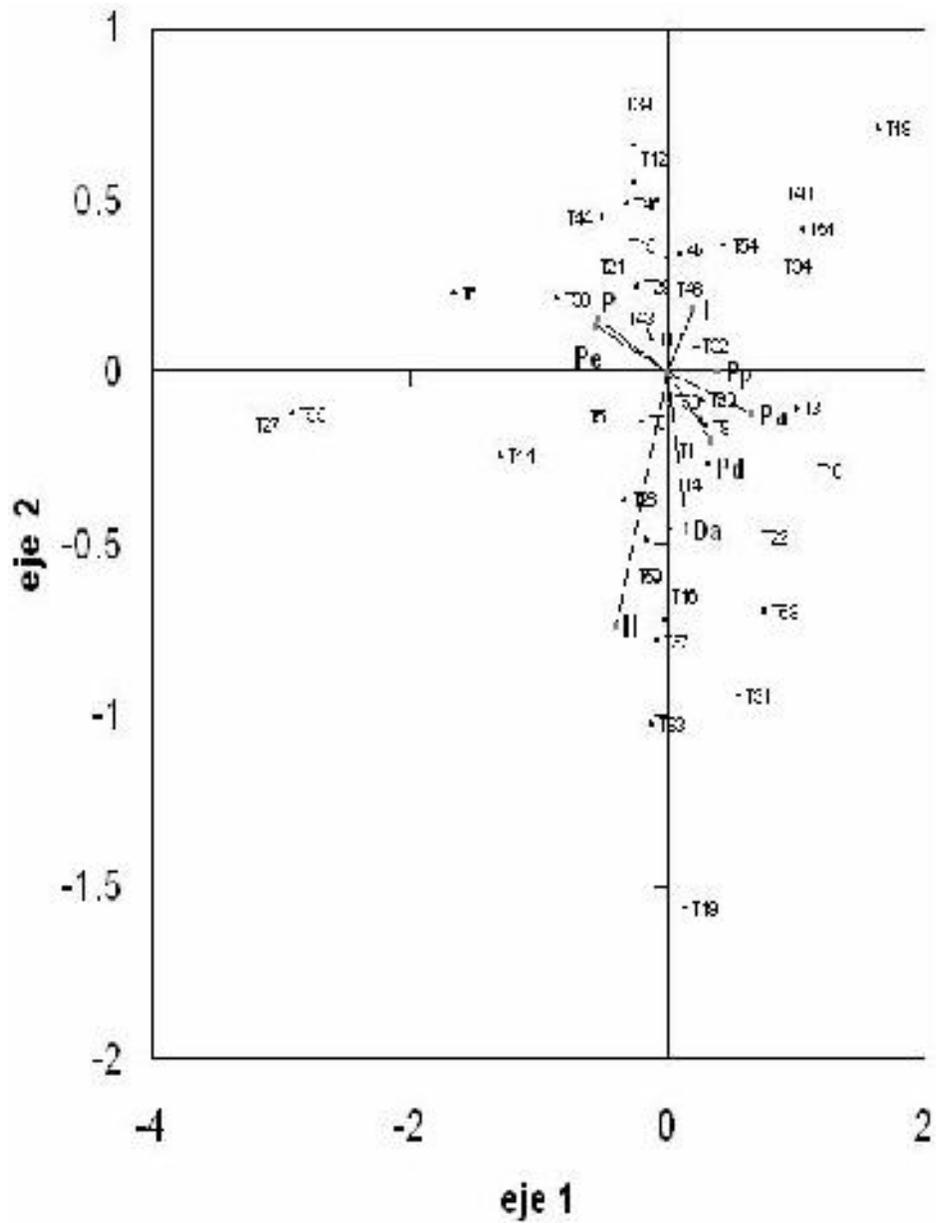


Figura 9. Ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de hojarasca en el fragmento con manejo en época de lluvia obtenidas en el CCA. Las abreviaturas de las variables son: T= temperatura, P= profundidad, Da= distancia al árbol más cercano, H= humedad, Pa= peso de acículas, Pe= peso de hojas de encino, Pd= peso de debris y Pp= peso de fragmentos de ramas. Los taxa están representados con números cuyos nombres se encuentran en el Anexo I.

6.3.2 Fragmento con manejo en época de seca

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) para el fragmento con manejo en época de seca acumuló el 16.3 % de la varianza explicada para la distribución de los taxa en los sitios muestreados. El primer eje presentó un valor característico (eigenvalue) de 0.243 y el segundo eje de 0.217.

Los coeficientes de correlación de las variables microambientales con los ejes mostraron que el eje 1 está definido por la profundidad (0.502) y el eje 2 por la cantidad de debris (-0.699). El gráfico de la ordenación (Figura 10) mostró a lo largo del eje 1 los taxa que presentan afinidad por la profundidad, mientras que a lo largo del eje 2 por la cantidad de debris. El gráfico de la ordenación (Figura 10), mostró que a lo largo del eje 1 los taxa se relacionan con una mayor profundidad de la hojarasca, mientras que a lo largo del eje 2 presentan una afinidad por menor cantidad de debris.

Los taxa T20 (Gryllidae), T41 (Hydrophilidae) y T54 (Formicidae) se asocian con valores negativos del eje 2, mientras que T22 (Forficulidae), T26 (Lygaeidae), T27 (Miridae), T29 (Pentatomidae), T48 (Throscidae), T56 (Mymaridae) y T57 (Platygasteridae) se asocian con valores positivos del eje 2.

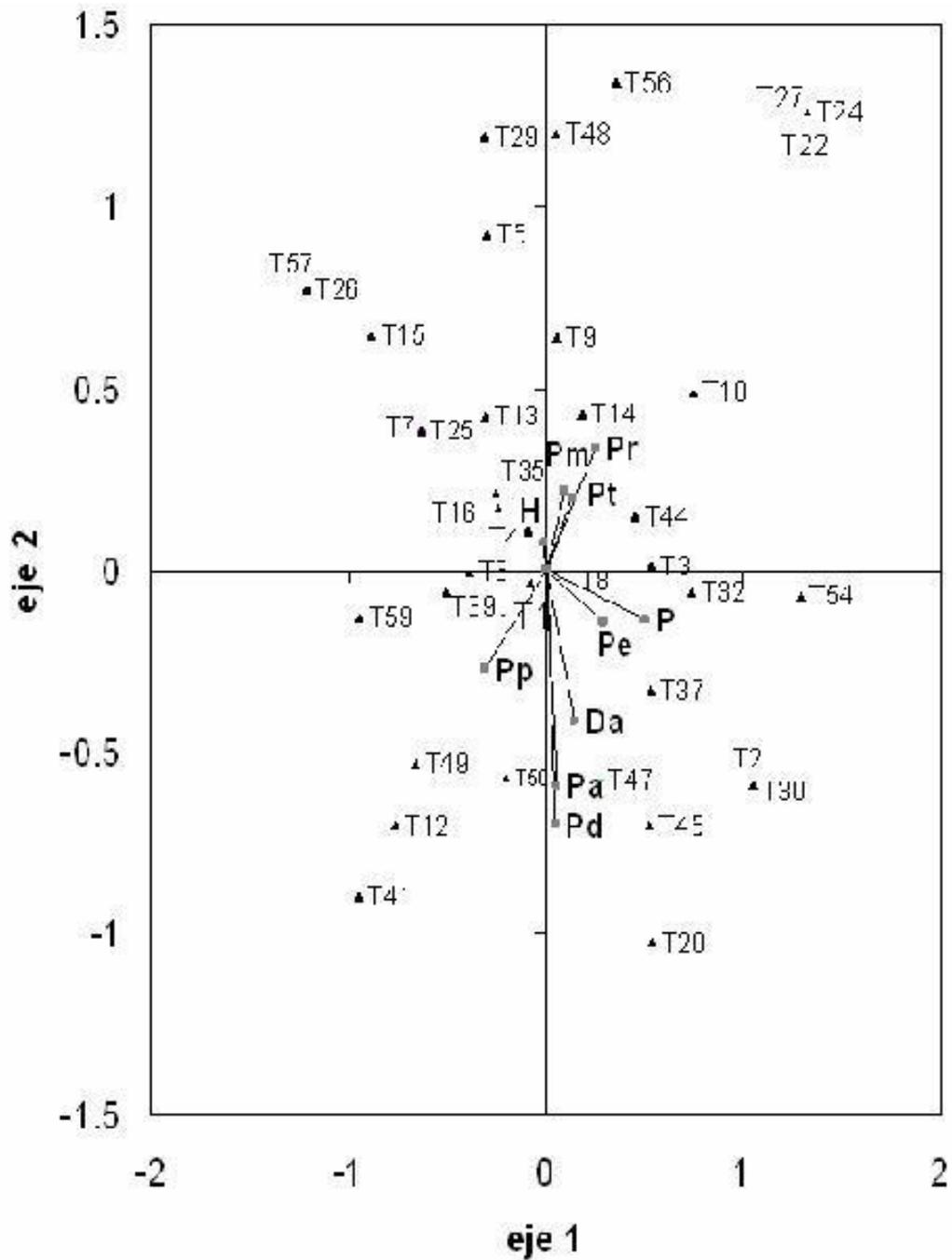


Figura 10. Ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de hojarasca en el fragmento con manejo en época de seca obtenidas en el CCA. Las abreviaturas de las variables son P= profundidad, Da= distancia al árbol más cercano, H= humedad, Pa= peso de acículas, Pe= peso de hoja de encino. Pd= peso de debris, Pp= peso de fragmentos de ramas, Pr= presencia de rocas, Pm= presencia de micelio y Pt= presencia de troncos. Los taxa están representados con números cuyos nombres se encuentran en el Anexo I.

6.3.3 Fragmento sin manejo en época de lluvia

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) para el fragmento sin manejo en época de lluvia tuvo una varianza acumulada para los dos primeros ejes de 22.4 %. El primer eje presentó un valor característico (eigenvalue) de (0.227) y el segundo eje un valor de (0.125).

Los coeficientes de correlación de las variables mostraron que el eje 1 está definido por la cantidad de hojas de encino (-0.671) y cantidad de acículas (0.516), mientras que el eje 2 estuvo definido por la humedad de la hojarasca (0.734) y temperatura de la hojarasca (0.606).

El gráfico de la ordenación (Figura 11) mostró que a lo largo del eje 1 las taxa se relacionan con una menor cantidad de hojas de encino y mayor cantidad de acículas. Y en el eje 2 por mayor humedad y temperatura.

El taxa asociado con valores positivos del eje 2 fue T57 (Platygasteridae), mientras que T15 (Isotomidae), T30 (Reduviidae) y T39 (Curculionidae) se asocian con valores negativos del eje 2.

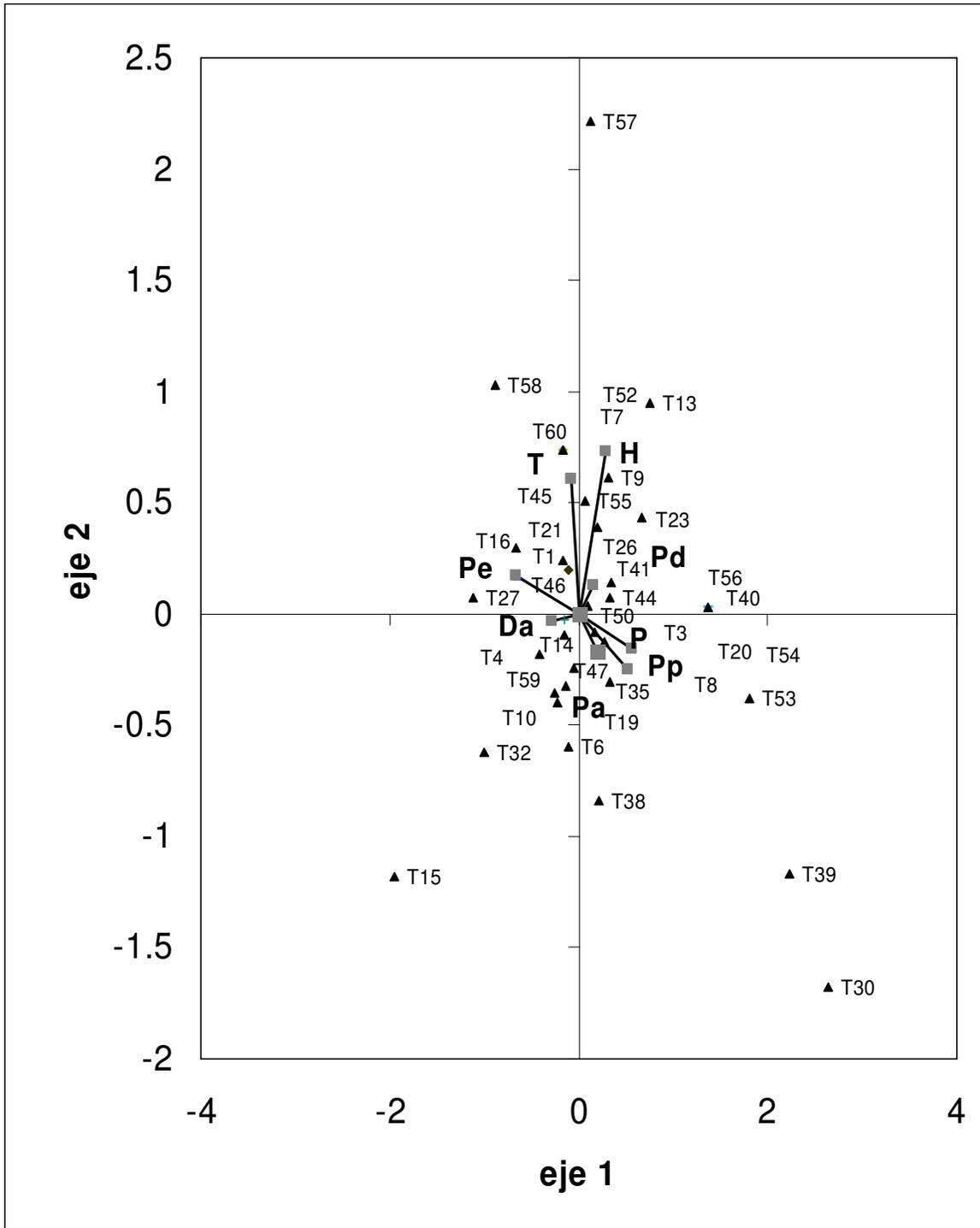


Figura 11. Ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de hojarasca en el fragmento sin manejo en época de lluvia obtenidas para CCA. Las abreviaturas de las variables son: T= temperatura, P= profundidad, Da= distancia al árbol más cercano, H= humedad, Pa= peso de acículas, Pe= peso de hojas de encino, Pd= peso de debris y Pp= peso de fragmentos de ramas. Los taxa están representados con números cuyos nombres se encuentran en el Anexo I.

6.3.4 Fragmento sin manejo en época de seca

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) para el fragmento sin manejo en época de seca, mostró que los dos primeros ejes representaron el 21.1 % de la varianza acumulada para explicar la distribución de los taxa en los sitios muestreados. El primer eje presentó un valor característico (eigenvalue) de (0.262) y el segundo eje de (0.232).

Los coeficientes de correlación de las variables mostraron que el eje 1 esta definido por la presencia de micelio (-0.344) y el eje 2 por la presencia de troncos (0.644) y distancia al árbol más cercano (-0.541). El gráfico de la ordenación (Figura 12) mostró a lo largo del eje 1 los taxa de la fauna de hojarasca que se relacionan con la presencia de micelio, sin embargo la relación es muy baja, mientras que en el eje 2 se relacionan con la presencia de troncos.

Los taxa asociados con valores negativos del eje 2 fueron T13 (Tomoceridae), T16 (Sminthuridae), T19 (Gryllacrididae), T23 (Labiidae), T26 (Lygaeidae), T37 (Cerambycidae), mientras que T3 (Opilionida) se asocia con valores positivos tanto del eje y como del eje 2.

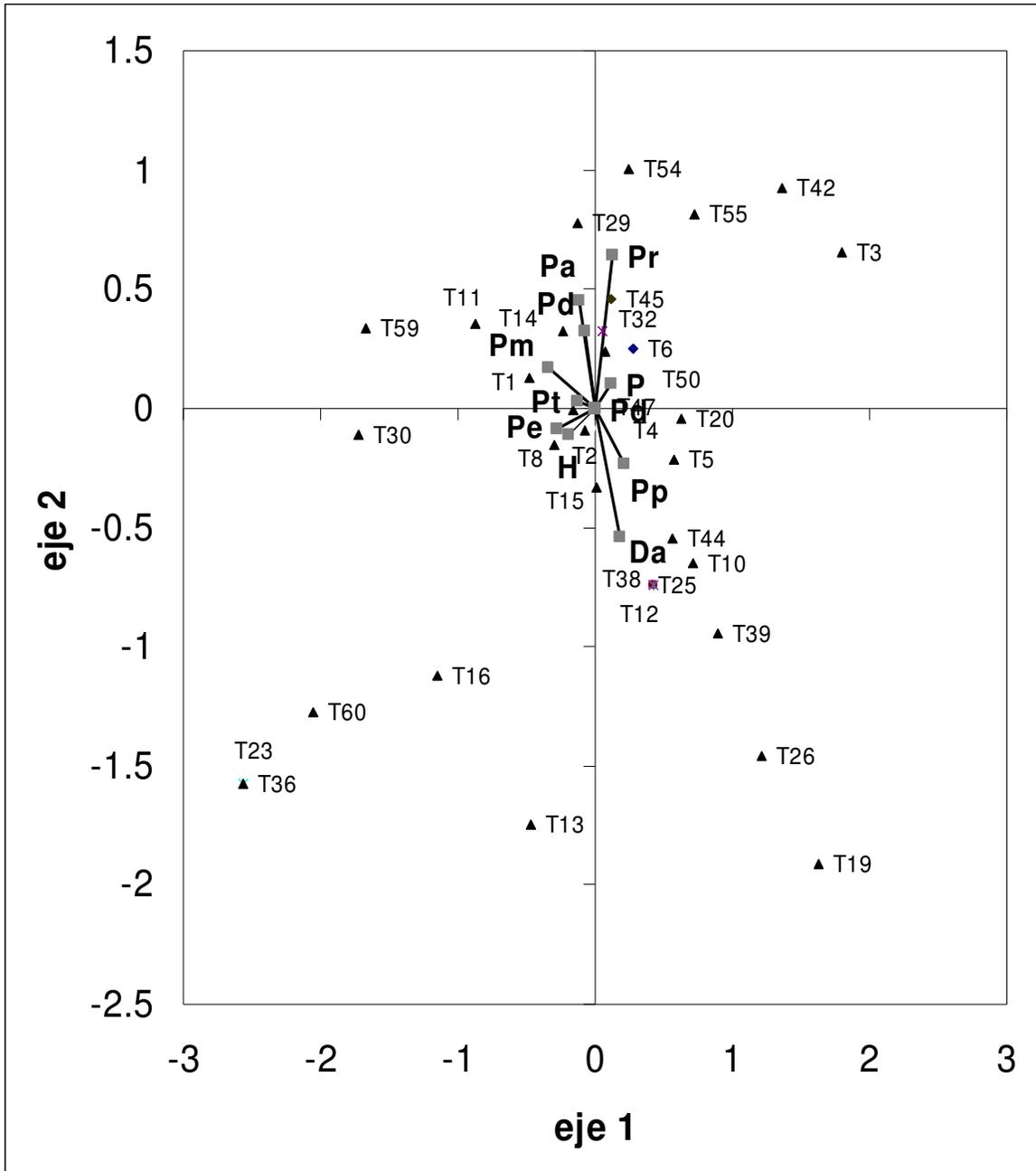


Figura 12. Ordenación de los taxa recolectados en función de las variables de hojarasca en el fragmento sin manejo en época de seca obtenidas en el CCA. Las abreviaturas de las variables son P= profundidad, DA= distancia al árbol más cercano, H= humedad, Pa= peso de acículas, Pe= peso de hoja de encino. Pd= peso de debris, Pp= peso fragmentos de ramas, Pr= presencia de rocas, Pm= presencia de micelio y Pt= presencia de troncos. Los taxa están representados con números cuyos nombres se encuentran en el Anexo I.

VII. Discusión

La fauna de hojarasca estuvo integrada por una gran riqueza y abundancia de taxa. Se presentaron tres Phylum de invertebrados: Arthropoda, Annelida y Mollusca. El Phylum Arthropoda tuvo el mayor número de individuos y taxa. Los anélidos estuvieron representados por los oligochaetos y los moluscos por los gasterópodos. En general, los coleópteros fueron el orden con mayor número de familias (14), seguido del orden Hymenoptera con 10 familias. Los dípteros y las lombrices de tierra (Oligochaeta) fueron los taxa con mayor número de individuos.

Los fragmentos con y sin manejo forestal presentaron diferencias en cuanto a riqueza de taxa. El fragmento con manejo tuvo 52 taxa, mientras que el fragmento sin manejo presentó 47 taxa. La mayor riqueza en el fragmento con manejo posiblemente se debe a que las actividades de extracción forestal generan un mosaico complejo, con más hojarasca y nuevos microhábitats para la fauna, que incluyen troncos, ramas y demás derivados de la caída de árboles. Estos elementos probablemente crean condiciones microclimáticas diferentes a las originales y más propicias para la presencia de algunos taxa. Es probable que este incremento en la cantidad de la hojarasca influya también en la mayor equitatividad y diversidad de los taxa en el fragmento con manejo en comparación con el fragmento sin manejo. Brown *et al.* (2001) señalan que aún cuando la diversidad a nivel de taxa superior es alta en sitios perturbados en comparación con sitios no perturbados, la diversidad a nivel de especies es menor en los sitios perturbados. En este trabajo el fragmento con manejo presentó mayor riqueza y diversidad de taxa a nivel superior, sin embargo, no se realizó el estudio a nivel de especie por lo cual no se puede comprobar si la diversidad fue menor a ese nivel

taxonómico, pero esta idea puede manejarse como una hipótesis a probar en estudios posteriores.

Los taxa más abundantes de ambos fragmentos fueron Diptera y Oligochaeta. Las lombrices de tierra son abundantes en la hojarasca debido a que este sustrato constituye su mejor recurso alimenticio y estos animales tienen un efecto directo en la descomposición, fragmentación y reubicación de la hojarasca. Las lombrices abundaron más en el fragmento sin manejo. Fragoso (2001), señala que hay una mayor riqueza de especies en ambientes naturales de bosques templados, mientras que en ambientes perturbados el número de especies es menor. Sin embargo, no se hizo un trabajo taxonómico detallado para conocer la identidad de las especies de las lombrices.

La época de lluvia en ambos fragmentos presentó mayor riqueza y abundancia de taxa con respecto a la época seca. Esto probablemente se debe a que en la época de lluvia las condiciones de humedad y temperatura se vuelven más favorables para la mayoría de los organismos, homogenizando el ambiente y propiciando que la hojarasca sea habitable para la mayoría de los taxa. Estas condiciones favorecen también que los taxa se reproduzcan y sean más activos, lo que origina su alta abundancia. En cambio, en la época seca las condiciones ambientales restringen la presencia de algunos grupos. Sin embargo en la época seca se observó mayor diversidad de taxa, posiblemente porque algunos grupos prefieren ampliar su distribución a ambientes que surgen como microhábitat para el refugio temporal. La baja abundancia de taxa (970) en época seca es debido a que durante esta época muchos grupos aún son larvas. Los resultados de este trabajo concuerdan con los reportados por Kattan *et al.* (2006), quienes señalan que la riqueza y abundancia de artrópodos del suelo responden a la variación

estacional. En la época de lluvia se encontraron poblaciones abundantes de lombrices principalmente por la humedad que provee. En cambio la época seca presentó baja abundancia (77 individuos) debido posiblemente a la poca cantidad de hojarasca y al comportamiento estacional de estos animales, ya que la mayoría de las lombrices en la época de sequía bajan a profundidades mayores a las contempladas y habitan ambientes con mayor humedad como troncos o piedras. Fragoso (2003) señala que aún cuando las lombrices abundan en época de lluvia en la hojarasca, estas tienden a buscar otros hábitats por el exceso de humedad, como son el dosel y troncos.

Los dípteros abundaron más en el fragmento sin manejo en época de lluvia (430 individuos). La presencia de dípteros y su alta abundancia en época de lluvia, se debe a que este grupo tiene gran afinidad con la humedad para su reproducción, ya que la mayoría de ellos depositan sus huevos en ambientes húmedos, como la materia orgánica en descomposición (en este caso, la hojarasca, troncos, entre otros). La mayoría de dípteros adultos son parásitos y depredadores de varios grupos de insectos y algunos otros se alimentan de líquidos asociados con la materia orgánica en putrefacción (Ross, 1982). Por lo tanto, la hojarasca representa un recurso importante de alimentación y por ello su presencia en este sustrato, principalmente en esta época.

Otros grupos abundantes en ambos fragmentos y épocas fueron hormigas (Formicidae), arañas, ácaros, algunas familias de colémbolos (Entomobryidae, Isotomidae), una familia de coleópteros (Staphylinidae), un grupo de chilopodos (Lithobiomorpha) y diplópodos. Las hormigas abundaron ya que son habitantes del suelo y viven la mayoría en nidos subterráneos, materia en descomposición como hojarasca y madera. Su presencia en las muestras probablemente es

porque son importantes depredadoras de invertebrados del suelo y hojarasca, por ello su abundancia en cualquier ambiente y época. Rojas-Fernández (2003) señala que las hormigas es uno de los grupos de la macrofauna de invertebrados que ocupa siempre el primer o segundo lugar en abundancia en cualquier sistema y este trabajo no fue la excepción, ya que ocupó de los primeros lugares en cantidad de individuos. Las hormigas abundaron más en el fragmento con manejo en época de lluvia, ya que de acuerdo a Rojas (2001) las hormigas abundan en sitios perturbados pero disminuyen en diversidad de especies. El menor número de individuos de otros taxa distintos a hormigas en el fragmento con manejo, podría deberse a la presencia de las hormigas que son potencialmente depredadoras y se alimentan de la mayoría de grupos que habitan en la hojarasca (por ejemplo, grillos, cucarachas, colémbolos, milpiés, ciempiés, coleópteros y otras hormigas). En la época de lluvia, hay mayor número de hormigas posiblemente porque hay mayor cantidad de alimento, mientras que en la época seca hay menor número porque hay poco alimento, además de que en esta época buscan nuevos hábitats como las rocas, troncos, árboles entre otros. Rettenmeyer *et al.* (1983) plantean un ejemplo donde alrededor de 150,000 obreras capturan en un día de forrajeo más de 90,000 insectos.

Los colémbolos (Entomobryidae e Isotomidae) fueron unos de los microartrópodos que más abundaron en la hojarasca, ya que intervienen en los procesos de degradación, al igual que los ácaros. La familia Entomobryidae abundó más en el fragmento sin manejo en la época de lluvia, mientras que los Isotomidae en la época seca. Los ácaros abundaron en el fragmento con manejo en lluvia. Palacios- Vargas (2003) señala que los colémbolos y ácaros son de los grupos faunísticos más importantes en el suelo, por su diversidad y abundancia.

Las arañas abundaron más en el fragmento con manejo y en la época seca. Su presencia en la hojarasca probablemente se debe a que es un buen microhábitat que le provee de protección en altas temperaturas y baja humedad, así como de alimento ya que son potencialmente depredadoras de insectos. Los miriápodos (Chilopoda: Lithobiomorpha y Diplopoda) abundaron más en la época de lluvia posiblemente a que son muy susceptibles a la luz (calor), por ello su presencia en la hojarasca y disminución en número en la época seca. Bueno-Villegas (2003) señala que los diplópodos tienen una estacionalidad muy marcada y que son generalmente nocturnos, por lo que su número se puede incrementar ya que los muestreos se hicieron en el día.

Los estafilínidos abundaron más en el fragmento sin manejo en lluvia, ya que en este se encontró la mayor abundancia de grupos de los cuales se alimentan como ácaros, pequeños insectos y larvas de dípteros, ya que son necrófagos, micófagos y depredadores, además de que prefieren lugares húmedos (Ross, 1982; Lavelle y Spain, 2001) para su desarrollo (larvas).

Los taxa que sólo se presentaron en el fragmento sin manejo en la época de lluvia fueron: Encyrtidae y Pompilidae, grupos pertenecientes a Hymenoptera. El taxon que sólo se detecto en la época seca de este fragmento fue Cerambycidae. Los grupos que sólo se presentaron en el fragmento con manejo en lluvia fueron: Mordellidae, Cercopidae, Delphacidae, Braconidae, Acrididae, Corydalidae y Blattidae. Y los taxa exclusivos de la época seca fueron: Throscidae, Chelisochidae y Lepidóptera. Aún cuando estos taxa sólo se presentaron en alguno de los dos fragmentos y en una época, todos ellos presentaron una abundancia muy baja (de uno a dos individuos con excepción de Blattidae que tuvo una abundancia de 12 individuos). El fragmento sin manejo en

sus dos épocas del año presentó la similitud más alta con base en la identidad de taxa. Esto probablemente se debe a que su microhábitat es más homogéneo ya que no se encuentra sometido a algún tratamiento forestal y sólo presenta ligeras variaciones en las abundancias de los taxa por la influencia de la época.

Del muestreo total considerando los métodos de recolecta, las trampas pitfall permitieron obtener el mayor número de taxa (50) e individuos (1862), siendo el grupo dominante en abundancia Diptera (901 individuos), posteriormente Formicidae (169), Staphylinidae (165) y Aranae (118). Estos grupos habitan en su mayoría en la capa superficial o poca profundidad de la hojarasca y son depredadores, además de que no intervienen directamente en la descomposición de la misma (excepto hormigas). Cabe señalar que con este método se capturaron organismos voladores y rápidos. Brown *et al.* (2001) señalan que las trampas pitfall y embudos de extracción se utilizan para los macroartrópodos, especialmente las hormigas.

Las trampas mini-winkler ocuparon el segundo lugar en la obtención de taxa e individuos, pero fue el método de recolecta con mayor diversidad, debido a la distribución más equitativa de las abundancias de los taxa. Los grupos dominantes en abundancias fueron Entomobryidae (134), Oligochaeta (108), Lithobiomorpha (99), Acari (93) y Aranae (66). Esto se relacionaría con el tamaño, ya que los grupos obtenidos fueron pequeños (excepto lombrices), además de que se encuentran estrechamente relacionados con la hojarasca. Cabe señalar que a estos grupos no se favorecen de las temperaturas altas, tienen gran afinidad por la humedad y son susceptibles a la luz, lo cual permite su obtención con este método.

Por último, la recolecta directa fue la que obtuvo menor número de individuos (718) y taxa (28), ya que al ser un muestreo directo ocasiona que algunos grupos pequeños no sean obtenidos a simple vista o que taxa demasiado rápidos sean difíciles de capturar. Sin embargo este método permite obtener grupos de talla más grandes y habitantes directos de la hojarasca que por vivir, intervenir en procesos o cazar alimento, se encuentran en ella, por ejemplo: lombrices, arañas, chilopodos, diplópodos y hormigas.

Los caracoles (Gasteropoda: Stylommathopora) sólo se presentaron en la recolecta directa ya que su presencia se relaciona directamente con la cantidad de hojarasca porque habitan en las capas intermedias de la misma, además de que los caracoles son considerados descomponedores. Sin embargo sólo se presentaron en la época seca de ambos fragmentos con sólo dos individuos. Naranjo-García (2003) menciona que la mayoría de los caracoles se observan en la época de lluvia y que es difícil de encontrar un molusco debajo de troncos o piedras en esta época ya que las condiciones de humedad y temperatura son buenas, además de que su biomasa es alta en bosques templados. Sin embargo, en este estudio no se encontraron en época de lluvia y su abundancia fue muy baja en la época seca. Quizá esto se debió a que se encontraban en microhábitats no analizados en este trabajo, como debajo de troncos, rocas o en el dosel. Lepidóptera sólo se presentó en las trampas de caída en el fragmento con manejo en seca con tan sólo un individuo, por lo cual su presencia ocasional podría relacionarse con la obtención de alimento o reproducción, ya que las larvas de Lepidoptera se alimentan principalmente de materia orgánica. Los pseudoescorpiones solo se presentaron en las trampas mini-Winkler,

posiblemente por su tamaño ya que en los otros dos métodos quizá no pudieron ser observados. Abundaron en el fragmento con manejo en lluvia.

La ventaja de utilizar varios métodos es que permiten obtener resultados más exactos y complementarios de la fauna de hojarasca. Estos tres métodos permitieron detectar una gran diversidad de hojarasca, ya que tan sólo con el empleo de un método se hubieran escapado de nuestro estudio algunos taxa que se pueden obtener más fácilmente con otro tipo de recolecta. Al parecer cada método es especialista en algunos grupos, mientras que otros se obtienen con cualquiera de los tres.

La mayoría de los taxa recolectados se encuentran presentes en la hojarasca por su papel en la descomposición de la misma, además de que la hojarasca es un hábitat que provee de protección y alimento a grupos detritívoros, omnívoros, depredadores, entre otros. La presencia de la fauna en la hojarasca esta determinada por factores ambientales y ecológicos, lo que explica su diversidad (Lavelle y Spain, 2001). El análisis de las variables de hojarasca se realizó desde una perspectiva estacional con respecto a los fragmentos. Las variables microambientales que se relacionaron con los taxa de la hojarasca del fragmento con manejo en lluvia fueron la cantidad de acículas, de hojas de encino y la humedad, posiblemente por que se presentó una mayor cantidad de hojarasca, lo que a su vez permite que exista una mayor cantidad de humedad. La humedad es un factor determinante para la producción, obtención de recursos y la reproducción de ciertos taxa. En la época seca las variables microambientales que se relacionaron con la fauna fueron la profundidad, cantidad de debris y acículas. Esto quizá se deba a la perturbación que hay en el ambiente, por lo cual los organismos buscan mayor estabilidad proporcionada por la profundidad.

En el fragmento sin manejo en lluvia las variables que se relacionaron con los taxa fueron cantidad de hojas de encino, humedad y temperatura. En la época seca fue la presencia de micelio y rocas. Las rocas son consideradas microhábitats de refugio temporal. En general, se observa una variación estacional y espacial con respecto a las variables de hojarasca que influyen en la presencia de la fauna. La varianza explicada por los CCA fue mínima, por lo cual la distribución de los taxa posiblemente se deba a factores bióticos como interacciones intraespecíficas o interespecíficas, o quizás a otras variables no medidas en este trabajo como la descomposición, nutrientes presentes en las hojas o factores relacionados con el suelo, los cuales influirán de distinta manera dependiendo de los taxa. Cabe señalar que no se determinó con exactitud la relación entre la fauna de la hojarasca y las variables microambientales. Sin embargo, el análisis aplicado (CCA) permitió explorar e introducir en el tema considerando las épocas y los fragmentos, y los patrones observados pueden servir como hipótesis de trabajo para posteriores investigaciones.

Este trabajo muestra que la hojarasca es un hábitat importante, ya que alberga gran cantidad de fauna con una amplia diversidad taxonómica. Los bosques de pino-encino con manejo forestal sometidos al método de cortas de aclareo al parecer mantienen una alta riqueza y diversidad de la fauna de hojarasca a nivel de taxa superior.

VIII. CONCLUSIONES

1. La riqueza taxonómica a nivel de taxa superior en el fragmento con manejo forestal fue mayor con respecto al fragmento sin manejo. La estructura en ambos fragmentos y épocas se caracterizó por tener pocas taxa abundantes y muchos raros. El fragmento con manejo en época de seca tuvo mayor diversidad, debido a la equitatividad en la distribución de las abundancias de los taxa. La similitud considerando sólo la identidad de la fauna de hojarasca fue mayor en el fragmento sin manejo entre las épocas de lluvia y seca. La similitud más alta considerando la abundancia fue entre el fragmento con manejo en seca y el fragmento sin manejo en seca. Los resultados obtenidos sugieren que los bosques con manejo forestal pueden conservar diversidad biológica, además de favorecer a algunos grupos faunísticos.

2. Los grupos más abundantes en ambos fragmentos y épocas fueron: Oligochaeta, Opilionida, Aranea, Acari, Diplopoda, Lithobiomorpha, Entomobryidae, Isotomidae, Sminthuridae, Gryllidae, Cicadellidae, Curculionidae, Nitidulidae, Ptiliidae, Staphylinidae, Pteromalidae, Formicidae y Diptera.

3. Con las trampas pitfall se registró la riqueza más alta y mayor abundancia de la fauna, pero con las trampas mini-Winkler se obtuvo la mayor diversidad y equidad. Entre los tres tipos de recolecta se detectó una gran diferencia en identidad y abundancia de la fauna capturada. La utilización de varios métodos de

captura permite tener una visión más amplia de la riqueza y abundancia de la fauna. Lo recomendable es utilizar por lo menos dos métodos de recolecta.

4. Las características de la hojarasca varían estacionalmente y de acuerdo al fragmento. La composición de la fauna estuvo relacionada con distintas variables microambientales de la hojarasca dependiendo del fragmento de bosque y la época del año.

5. La hojarasca es un microhábitat que alberga gran cantidad de invertebrados. La fauna de hojarasca es numerosa y diversa. Dicha fauna forma parte de un sistema rico en procesos, por lo cual puede ser un modelo biológico para investigaciones ecológicas.

IX. Literatura citada

- Adl, S. M. 2003. **The ecology of soil decomposition**. CABI Publishing International. USA. 335 p.
- Aguirre-Calderón, O. A. 1997. Hacia el manejo de ecosistemas forestales. **Madera y Bosques** 3(2): 3-11.
- Álvarez- Sánchez, J. y M. E. Harmon. 2003. Descomposición de hojarasca: hojas y madera. En: Álvarez- 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. 108-122.
- Álvarez- Sánchez, J., E. Naranjo- García y S. Guevara. 2003. Los estudios de ecología del suelo en la selva tropical húmeda mexicana. En: Álvarez- 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. 5-16.
- Andersen, A. N., A. Fisher., B. D. Hoffmann., J. L. Read. y R. Richards. 2004. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. **Austral Ecology**. 29:87-92.
- André, H. M., X. Ducarme. y P. Lebrun. 2002. Soil biodiversity: myth, reality or conning?. **Oikos**. 96:3-24
- Baldi, A. 2003. Using higher taxa as surrogates of species richness: a study based on 3700 Coleoptera, Diptera and Acari species in Central-Hungarian reserves. **Basic and Applied Ecology**. 4:589-593
- Barajas- Guzmán, G. y J. Álvarez- Sánchez. 2003. La comunidad de desintegradores en una selva húmeda tropical. En: Álvarez- 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. 162-184.

Balmford, A., A. H. M. Jayasuriya. y M.J. B. Green. 1996. Using higher-taxon richness as a surrogate for species richness: II Local applications. **Proceedings of the Royal Society of London.** Series B. 263: 1571-1575.

Balmford, A., A.J. E. Lyon. y R.M. Lang. 2000. Testing the higher-taxon approach to conservation planning in a megadiverse group: the macrofungi. **Biological Conservation.** 93: 209-217.

Borror, D. J. y R. E. White. 1970. **A field Guide to Insects America north of México.** Boston New York Houghton Mifflin Company. 404 p.

Borror, D. J, De Long y C. C. A. Triplehorn. 1981. **An Introduction to the study of insects.** 5th ed. Saunders College Publishing. 827 p.

Brown, G., C. Fragoso, I. Barois, P. Rojas, J. C. Patrón, J. Bueno, A. G. Moreno, P. Lavelle y V. Ordaz. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta zoológica mexicana. (n.s)** número especial 1: 79-110.

Bueno-Villegas, J. 2003. Los diplópodos del suelo en la selva alta de los Tuxtlas. En: Álvarez-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. 217-225.

Bultman, T. L. y G. W. Uetz. 1984. Effect of structure and nutritional quality of litter on abundance of litter- dwelling arthropods. **American Midland Naturalist** 111(1): 165-172.

- Cardoso, P., I. Silva., N. G. de Oliveira. y A. R. M. Serrano. 2004. Higher taxa surrogates of spider (Araneae) diversity and their efficiency in conservation. **Biological Conservation**. 117: 453-459.
- Challenger, A. 1998. **Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro**. CONABIO, Instituto de Biología, UNAM, agrupación Sierra Madre, S. C. 1 edición. México, D. F. 847 p.
- Coleman, D. C., y D. A. Crossley. 2003. **Fundamentals of soil ecology**. Academic Press. USA. 205 p.
- Dávalos-Sotelo, R. 1996. Importancia ecológico-económica del aprovechamiento de los bosques. **Madera y Bosques** 2 (2): 3-10.
- Feinsinger, P. 2001. Species diversity: easy to quantify, but what does it mean? **Designing field studies for biodiversity conservation: the Nature Conservancy**. Island Press. 212 p.
- Fragoso, C. 2001. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoológica Mexicana. (n.s)** número especial 1:131-171.
- Fragoso, C. 2003. Las comunidades de lombrices de tierra y su papel en la descomposición de la hojarasca. En: Álvarez- 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., P. Reyes- Castillo y P. Rojas. 2001. La importancia de la biota edáfica en México. **Acta Zoológica Mexicana. (n.s)** número especial 1:1-10.
- Gaston, K. y P. H. Williams. 1993. Mapping the world's species-the higher taxon approach. **Biodiversity Letters**. 1: 2-8

- Greenberg, H. C., y C. M. Thomas. 1995. Effects of forest management practices on terrestrial coleopteran assemblages in sand pine scrub. **Florida entomologist**. 78 (2):271-285
- Greenslade, P. J. M. 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). **Journal of Animal Ecology**. 33 (2): 301-310.
- Jonas, J. L., R. M. Whiles y R. R. Charlton. 2002. Above ground invertebrate response to land management differences in a Central Kansas Grassland. **Enviromental Entomological**. 31 (6): 1142-1152.
- Jones, T. H. y M. A. Bradford. 2001. Assessing the functional implications of soil biodiversity in ecosystems. **Ecological Research** 16: 845-858.
- Kattan, G. H., D. Correa., F. Escobar. y C. Medina. 2006. Leaf-litter arthropods in restored forests in the Colombian Andes: A comparison between secondary forest and tree plantations. **Restoration Ecology**. 14 (1): 95-102.
- Lavelle, P. y A. V. Spain. 2001. **Soil ecology**. Kluwer Academic Publishers. USA. 654 p.
- Lavelle, P., M. E. Maury. y V.Serrano. 1981. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz: Época de lluvia. **Instituto de Ecología de México**. 6: 75-105.
- León-Rico, R. 2003. Efectos de la descomposición, la frugivoría y la remoción de frutos y semillas de especies arbóreas sobre los patrones de descomposición in situ en el suelo de la selva húmeda. En: Álvarez- 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. 89-107.
- Magurran, A. E. 2005. **Measuring biological diversity**. Blackwell Publishing. Oxford. U. K. 256 p.

- Marshall, S. A. 1993. **Natural history of insects**. Department of Environmental Biology University of Ghelph. 3rd printing. Pp. 34-311.
- McCune, B y M. J. Mefford. 1999. **PC-ORD, multivariate analysis of ecological data 2.05**. M, M Software, Gleneden, Beach, Oregon, USA.
- McGarigal, K. S. Cushman y S. Stafford. 2000. **Multivariate statistics for wildlife and ecology research**. Springer-Verlag. Nueva York. 283 p.
- Moreno, C. 2001. **Manual de métodos para medir la biodiversidad**. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 99 p.
- Moron, M. A. 2001. Larvas de escarabajos del suelo en México (Coleóptera: Melolonthidae): Diversidad, Ecología y Manejo. **Acta Zoológica Mexicana. (n.s)** número especial 1:111-130.
- Naranjo- García, E. 2003. Malacofauna de la hojarasca. En: Álvarez- 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. 141-161.
- Niemela, J., D. Langor. y R. J. Spencer. 1993. Effects of clear-cut harvesting on boreal ground beetle assemblages (Coleóptera: Carabidae) in Western Canada. **Conservation Biology**. 7 (3): 551-561.
- Palacios-Vargas, J. G. 2003. Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. En: Álvarez- 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. 217-225.
- Prance, G. T. 1994. A comparison of the efficacy of higher taxa and species numbers in the assesment of biodiversity in the neotropics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series B. 345: 89-99.

- Primack, R., R. Rozzi., F. Massardo, y P. Feinsinger. 2001a. Destrucción y degradación del habitat. En: Primack, R., Roíz, R., Feinsinger, P., Dirzo., y Massardo, F. (eds). **Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas.** Fondo de Cultura Económica, México, D. F. Pp.183-223.
- Primack, R., R. Rozzi., P. Feinsinger, y F. Massardo. 2001b. Conservación fuera de las áreas protegidas. En: Primack, R., Roíz, R., Feinsinger, P., Dirzo., y Massardo, F. (eds). **Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas.** Fondo de Cultura Económica, México, D. F. Pp. 521-557.
- Procymaf. 1995. (<http://www.semarnat.gob.mx/procymaf/114.htm>). Fecha de consulta: 22 de septiembre del 2004.
- Rettenmeyer, C. W., R. Chadab-Crepet., M.G. Naumann y L. Morales. 1983. Comparative foraging by Neotropical army ants. En: Jaisson, P. (ed.). **Social insects in the tropics.** Université Paris-Nord, Paris. Vol. 2: 59-73
- Ricotta, C., M. Ferrari. y G. Avena. 2002. Using the scaling behaviour of higher taxa for the assessment of species richness. **Biological Conservation.** 107: 131-133
- Rzedowsky, J. 1983. **Vegetación de México.** Limusa. México. 432 p.
- Rojas, P. 2001. Las hormigas del suelo en México: Diversidad, Distribución e Importancia (Hymenóptera: Formicidae). **Acta Zoológica Mexicana.** (n.s) número especial 1: 189-238.
- Rojas- Fernández, P. 2003. El papel de las hormigas (Hymenóptera: Formicidae) en la dinámica edáfica. En: Álvarez- 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.
- Ross, H. H. 1982. **Introducción a la entomología general y aplicada.** Quinta edición. Omega. Barcelona. 536 p.

- Ruppert, E. E. y R. D. Barnes. 1999. **Zoología de los invertebrados**. Sexta edición. McGraw-Hill Interamericana. México. 1114 p.
- Schowalter, T. D. 1986. Ecological strategies of forest insects: the need for a community-level approach to reforestation. **New Forests**. 1: 57-66.
- SEMARNAT (Secretaria del medio ambiente y recursos naturales). 2000 [http:// www.Semarnat.gob.mx](http://www.Semarnat.gob.mx). fecha de consulta: 23 de octubre del 2003.
- SEMARNAT (Secretaria del medio ambiente y recursos naturales). 2003. **Ley general de desarrollo forestal Sustentable**. Diario oficial del 25-02-05. México.
- Similä, M., J. Kouki. y P. Martikainen. 2003. Saproxyllic beetles in managed and seminatural scots pine forests: quality of dead wood matters. **Forest Ecology and Management**. 174: 365-381.
- Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** 67 (5): 1167- 1179.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2005. **Borror and Delongs introduction to the study of insects**. 7th edition. Thomson brooks/cole. 864 p.
- van Jaarsveld, A. S., S. Freitag., S. L. Chown., C. Muller., S. Koch., H. Hull., C. Bellamy., M. Krüger., S. Endröy-Younga., M. W. Mansell. y C.H Scholtz. 1998. Biodiversity assesment and conservation strategies. **Science**. 279: 2106-2108
- Veiga, C. M., J. M. Lobo. y Martin-Piera. F. 1989. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el studio de las comunidades coprófagas de Scarabacoidea (Col.); II: Análisis de efectividad. **Revue d'Ecologie et Biologie diu sol**. 26 (1): 91-109.
- Villareal, H., M. Alvarez., S. Cordoba., F. Escobar., G. Fagua., F. Gast., H. Mendoza., M. Ospina. y A. M. Umaña. 2003. **Manual de métodos para el desarrollo de**

- inventarios de biodiversidad.** Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Tomo 2: Paisajes Rurales 2. 61 p.
- Villareal, H., M. Alvarez., S. Cordoba., F. Escobar., G. Fagua., F. Gast., H. Mendoza., M. Ospina. y A. M. Umaña. 2004. **Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.** Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 243 p.
- Villa-Castillo, J. y R. M. Wagner. 2002. Ground beetle (Coleóptera: Carabidae) species. Assemblage as an indicator of forest condition in Northern Arizona ponderosa pine forests. **Environmental Entomology.** 31 (2):242-252.
- Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manriquez., J. A. Meave. y E. Ortiz. 2005. Higher taxa as surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country. **Conservation Biology.** 19: 232-238.
- Viveiros-Grelle, C. E. 2002. Is higher-taxon análisis an useful surrogate of species richness in studies of Neotropical mammal diversity? **Biological Conservation.** 108: 101-106.
- Wallwork, J. A. 1970. **Ecology of soil animals.** McGraw-Hill, Londres. 157 p.
- Werner, M. S. y F. K. Raffa. 2000. Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed northern hardwood forests of the Great lakes region. **Forest Ecology and Management.** 139: 135-155.
- Wheather, C. P y H. I. Read. 1996. **Animals under logs and stones.** Naturalists Handbooks 22. The Richmond Publishing. Gran Bretaña. 90 p.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measumerent of species diversity. **Taxon.**21(2/3): 213-251.
- Williams, P. H. y K. Gaston. 1994. Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness? **Biological Conservation.** 67: 211-217.

ANEXO I

Número de individuos de la fauna de hojarasca obtenida en fragmentos de bosque de pino-encino (con manejo y sin manejo forestal) en 2 épocas del año (lluvia y seca) y por método de rerecolecta (directa, pitfall y mini-Winkler). Clave= Identificación de los taxa en los CCA, CM=Con manejo, SM= Sin manejo, LI=Lluvia, S=Seca, D=rerecolecta directa, P= trampas pitfall y W= trampas mini-Winkler.

Clase	Orden	Familia	Clave	CM		Total CM	SM		Total SM	D	P	W	No. de Individuos	
				LI	S		LI	S					Total	%
Oligochaeta	No identificado	No identificado	1	286	26	312	331	51	382	557	29	108	694	19.97
Gasteropoda	Stylommatophora	No identificado	2	0	1	1	0	1	1	2	0	0	2	0.05
Arachnida	Opiliona	No identificado	3	10	3	13	38	2	40	3	46	4	53	1.52
Arachnida	Aranea	No identificado	4	62	62	124	31	58	89	29	118	66	213	6.12
Arachnida	Pseudoscorpionida	No identificado	5	11	3	14	0	3	3	0	0	17	17	0.48
Arachnida	Acari	No identificado	6	44	28	72	20	27	47	4	22	93	119	3.42
Crustacea	Isopoda	No identificado	7	0	3	3	1	0	1	0	1	3	4	0.11

Continuación...

Clase	Orden	Familia	Clave	CM		Total CM	SM		Total SM	D	P	W	No. de Individuos	
				LI	S		LI	S					Total	%
Diplopoda	No identificado	No identificado	8	27	12	39	25	13	38	20	5	52	77	2.21
Chilopoda	Geophilomorpha	No identificado	9	10	23	33	11	0	11	9	0	35	44	1.26
Chilopoda	Lithobiomorpha	No identificado	10	37	11	48	44	50	94	38	5	99	142	4.08
Insecta	Collembola	Hypogastruridae	11	0	0	0	1	4	5	0	3	2	5	0.14
Insecta	Collembola	Onychiuridae	12	1	1	2	0	1	1	2	1	0	3	0.08
Insecta	Collembola	Tomoceridae	13	0	13	13	15	2	17	0	18	12	30	0.86
Insecta	Collembola	Entomobryidae	14	45	52	97	83	58	141	4	100	34	238	6.84
Insecta	Collembola	Isotomidae	15	22	20	42	24	36	60	1	40	61	102	2.93
Insecta	Collembola	Sminthuridae	16	18	10	28	3	7	10	2	29	7	38	1.09
Insecta	Blattaria	Blattidae	17	12	0	12	0	0	0	2	0	10	12	0.34
Insecta	Orthoptera	Acrididae	18	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0.02
Insecta	Orthoptera	Gryllacrididae	19	1	0	1	8	1	9	1	9	0	10	0.28
Insecta	Orthoptera	Gryllidae	20	5	2	7	4	2	6	2	10	1	13	0.37

Continuación...

Clase	Orden	Familia	Clave	CM		Total CM	SM		Total SM	D	P	W	No. de Individuos	
				LI	S		LI	S					Total	%
Insecta	Orthoptera	Tettigoniidae	21	1	0	1	1	0	1	1	1	0	2	0.05
Insecta	Dermaptera	Forficulidae	22	5	1	6	0	0	0	5	1	0	6	0.17
Insecta	Dermaptera	Labiidae	23	0	0	0	1	1	2	1	1	0	2	0.05
Insecta	Dermaptera	Chelisochidae	24	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0.02
Insecta	Hemiptera	Anthocoridae	25	0	1	1	0	1	1	0	0	2	2	0.05
Insecta	Hemiptera	Lygaeidae	26	13	1	14	6	4	10	5	8	11	24	0.69
Insecta	Hemiptera	Miridae	27	1	1	2	1	0	1	0	2	0	3	0.08
Insecta	Hemiptera	Nabidae	28	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.02
Insecta	Hemiptera	Pentatomidae	29	0	1	1	0	1	1	1	0	1	2	0.05
Insecta	Hemiptera	Reduviidae	30	3	4	7	5	1	6	0	3	10	13	0.37
Insecta	Homoptera	Cercopidae	31	2	0	2	0	0	0	0	2	0	2	0.05
Insecta	Homoptera	Cicadellidae	32	8	4	12	4	6	10	1	18	3	22	0.63
Insecta	Homoptera	Delphacidae	33	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0.02

Continuación...

Clase	Orden	Familia	Clave	CM		Total CM	SM		Total SM	D	P	W	No. de Individuos	
				LI	S		LI	S					Total	%
Insecta	Megaloptera	Corydalidae	34	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0.02
Insecta	Coleoptera	Carabidae	35	0	1	1	3	0	3	0	4	0	4	0.11
Insecta	Coleoptera	Cerambycidae	36	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0.02
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	37	2	3	5	0	0	0	0	4	1	5	0.14
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	38	0	0	0	2	1	3	0	3	0	3	0.08
Insecta	Coleoptera	Curculionidae	39	23	5	28	19	4	23	5	5	41	51	1.46
Insecta	Coleoptera	Cucujidae	40	1	0	1	1	0	1	2	0	0	2	0.05
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	41	0	2	2	4	0	4	0	6	0	6	0.17
Insecta	Coleoptera	Leiodidae	42	0	0	0	1	2	3	0	3	0	3	0.08
Insecta	Coleoptera	Mordellidae	43	2	0	2	0	0	0	0	2	0	2	0.05
Insecta	Coleoptera	Nitidulidae	44	25	3	28	22	8	30	1	42	15	58	1.66
Insecta	Coleoptera	Ptiliidae	45	7	6	13	15	4	19	0	22	10	32	0.92
Insecta	Coleoptera	Scydmaenidae	46	1	0	1	2	0	2	0	1	2	3	0.08

Continuación...

Clase	Orden	Familia	Clave	CM		Total CM	SM		Total SM	D	P	W	No. de Individuos	
				LI	S		LI	S					Total	%
Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	47	71	18	89	73	36	109	9	165	24	198	5.6
Insecta	Coleoptera	Throscidae	48	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0.02
Insecta	Lepidoptera	No identificado	49	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0.02
Insecta	Diptera	No identificado	50	291	97	388	430	93	523	1	901	9	911	26.21
Insecta	Hymenoptera	Braconidae	51	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0.02
Insecta	Hymenoptera	Encyrtidae	52	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0.05
Insecta	Hymenoptera	Eulophidae	53	1	0	1	6	0	6	0	7	0	7	0.2
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	54	147	27	174	37	22	59	9	169	55	233	6.7
Insecta	Hymenoptera	Ichneumonidae	55	1	0	1	12	7	19	1	17	2	20	0.57
Insecta	Hymenoptera	Mymaridae	56	0	3	3	1	0	1	0	4	0	4	0.11
Insecta	Hymenoptera	Platygasteridae	57	0	1	1	4	0	4	0	4	1	5	0.14
Insecta	Hymenoptera	Pompilidae	58	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0.02
Insecta	Hymenoptera	Pteromalidae	59	3	2	5	8	3	11	0	16	0	16	0.46

Continuación...

Clase	Orden	Familia	Clave	CM		Total CM	SM		Total SM	D	P	W	No. de Individuos	
				LI	S		LI	S					Total	%
Insecta	Hymenoptera	Scelionidae	60	0	0	0	1	5	6	0	6	0	6	0.17
No. total de individuos				1204	454	1658	1301	516	1817	718	1862	794	3475	
No. total de taxa		60		40	38	52	41	34	47	28	50	35		

ANEXO II

Riqueza y abundancia de larvas por método de recolecta en cada fragmento de bosque y su época. CMLI= con manejo lluvia, CMS= con manejo seca, SMLI= sin manejo lluvia, SMS= sin manejo seca. La abundancia se indica entre paréntesis. Estos datos no se consideraron para los análisis.

	CMLI	CMS	SMLI	SMS	TOTAL
Directa	6 (14)	4 (6)	4 (8)	3 (36)	10 (64)
Pitfall	6 (13)	5 (8)	9 (42)	4 (9)	15 (72)
mini-Winkler	8 (19)	6 (26)	7 (17)	7 (33)	11 (95)
Total	10 (46)	11 (40)	15 (67)	9 (78)	18 (231)