



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Artropodofauna edáfica de una finca
cafetalera al sur del estado de Oaxaca con
énfasis en Cryptostigmata y Collembola.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

ALDO BERNAL ROJAS

Director de Tesis: Dra. Rosa Gabriela Castaño Meneses



MÉXICO. D.F.

NOVIEMBRE 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

División de Estudios Profesionales

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

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:
"Artrópodo-fauna edáfica de una finca cafetalera al sur del estado de Oaxaca con
énfasis en Cryptostigmata y Collembola."

realizado por Aldo Bernal Rojas

con número de cuenta 09429066-6 , quien cubrió los créditos de la licenciatura en
Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Tutor (a)	
Propietario	Dra. Rosa Gabriela Castaño Meneses.
Propietario	Dr. José Guadalupe Palacios Vargas.
Propietario	Dra. Norma Eugenia García Calderón.
Suplente	M. en C. Leopoldo Querubín Cutz Pool.
Suplente	Dra. Amada Laura Reyes Ortigoza.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 27 de Septiembre del 2006
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE Biología.

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez.

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGIA

RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo fue parte del proyecto: **“Los procesos edáficos, geomorfológicos y geoquímicos en la formación de la diversidad de los suelos de Sierra Sur de Oaxaca”**, (CONACYT-SEP-43702), a cargo de la Doctora Norma Eugenia García Calderón del Laboratorio de Edafología “Nicolás Aguilera” de la Facultad de Ciencias, UNAM, contando con el apoyo en el trabajo de campo. Se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, a cargo del Dr. José G. Palacios Vargas, dentro del Taller Biología de Suelo y Cuevas

Agradezco a mi directora de tesis, Dra. Gabriela Castaño M., y al Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, por su apoyo en todo momento, por su paciencia y sabios consejos para darle forma a este trabajo, pero sobre todo, por encender mi interés hacia los microartrópodos.

A la Dra. Norma E. García C. por aceptarme en dicho proyecto y por las sugerencias y correcciones indispensables para el presente; a la Dra. A. Laura Reyes O. por su apoyo en el trabajo de campo, así como por su amistad.

A los M. en C. Leopoldo Cutz y Ricardo Iglesias por su enorme e indispensable apoyo en la identificación y montaje de los organismos, así como por las correcciones y sugerencias realizadas a lo largo de este tiempo, y por su enorme e incansable paciencia.

Al Biólogo Arturo García Gómez, por sus interminables sugerencias, por su desinterés absoluto en la revisión de la tesis y por sus conocimientos compartidos; al M. en C. Daniel Estrada Bárcenas y a la Bióloga Carmen Maldonado, por la asesoría en cuestiones estadísticas.

A la M. en C. Blanca Estela Mejía Recamier, por ayudarme a reafirmar las técnicas de montaje, y por el apoyo en cuestiones administrativas.

A toda la gente de la finca “El Nueve”, por su valiosa cooperación y enseñanzas en las actividades de campo.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Este trabajo fue posible gracias a la C. Magdalena Rojas Fuentes, MI MADRE, que a lo largo de mi vida, ha alimentado mi alma y mi mente de valores y sentimientos. Por tu enorme amor, paciencia y respeto que has mostrado hacia mi persona, por ser mi mejor amiga y mi chamán, por tu sinceridad y honestidad en las buenas y en las malas, pero sobre todo, gracias por darme la oportunidad de ser tu hijo y apoyarme en todo. Te amo madre.

A mis hermanos: Adriana, Alejandro, Claudia y Guillermo, por su apoyo en todos los aspectos (llevarme a la escuela, el futbol americano, los libros, los enojos, las risas interminables, los viajes al mas allá, las pláticas, los apodos, etc, etc, etc), que me han sido indispensables, y gracias principalmente, por la abundancia de cariño y comprensión, los amo a todos.

Este pequeño presente es para mis pequeños y hermosos hermanitos: Ady, Memo, Toño y Nona. Gracias por alimentar mi alma de niño y por mantener el fuego de la libertad y alegría en mi ser, los amo de pies a cabeza.

A mi tía Concepción Calvo y a mi primo-hermano Jorge Eduardo, se los dedico con mucho cariño. Gracias tía por tus sabios consejos y por creer en mi, los quiero muchísimo.

A mis cuñis, Hilda Hernández y Antonio Reygadas, gracias por el apoyo y compañía brindados, y por convertirse en mis amigos-hermanos. Con mucho cariño y respeto.

A mi cisterna Virginia (una enorme gratitud hacia tu persona en todos los sentidos), Javier, Jacqueline y a la hermosa Ámbar, por ser parte de mi vida y por dejarme ser parte de la suya.

A mi viejo Alberto Bernal, que de alguna u otra forma moldeo este ser.....

Para Adhemir, Magali y Carlos, por su enorme e invaluable amistad, así como por los enormes momentos compartidos.

Para el gran carnal Mariano Fuentes Silva, por enseñarme que en esta vida corta, hay que ser intenso hasta en el último segundo y gramo.

A mis profesores Alicia Rojas, Juan Márquez, Marisol Montellano, Fernando Fernández, Guillermina Ortega y Cristina Mayorga, mil gracias por su amistad y sus conocimientos compartidos.

A todos mis amigos y amigas de la Facultad de Ciencias, así como a mis amigos de la infancia (Pulido, Israel L. Luis Bravo y Alfredo Llano) por ser cómplices de la locura y el delirio de la existencia, gracias por tantas risas y placeres compartidos (tertulias científicas), por hacerme el grandísimo favor de enseñarme que mandar al diablo todo en ocasiones, es extraordinariamente placentero y sano. ¡¡¡¡¡Salud !!!!!.

Con muchísimo cariño a Gabriela, mil gracias por lo que fué y por lo que pudo ser.

*Si vas a intentarlo, ve hasta el final,
de otro modo, no empieces siquiera.*

*Si vas a intentarlo, ve hasta el final,
tal vez suponga perder novias, esposas, parientes,
empleos y quizás la cabeza,
ve hasta el final.*

*Tal vez suponga no comer durante tres o cuatro días,
tal vez suponga helarte en el banco de un parque,
tal vez suponga mofas, desdén, aislamiento.*

*El aislamiento es la ventaja,
todo lo demás es un modo de poner a prueba tu resistencia,
tus auténticas ganas de hacerlo.*

*Y lo harás a pesar del rechazo y las ínfimas probabilidades
y será mejor que cualquier otra cosa que pudieras imaginar.*

*Si vas a intentarlo, ve hasta el final.
No hay sensación parecida.
Estarás a solas con los dioses
y las noches arderán en llamas*

*Llevarás las riendas de la vida hasta la risa perfecta,
es la única lucha digna que hay.*

Sir CHARLES BUKOWSKI.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
• El suelo como ecosistema	1
• Fauna de suelo y su clasificación	3
• Papel ecológico de Cryptostigmata y Collembola en el suelo	5
II. IMPORTANCIA DE CRYPTOSTIGMATA Y COLLEMBOLA EN EL SUELO AGRÍCOLA	6
• Características generales de Cryptostigmata	6
• Cryptostigmata en el suelo agrícola	8
• Características generales de Collembola	9
• Collembola en el suelo agrícola	11
III. ANTECEDENTES	13
• Estudios de microartrópodos en la agricultura	13
• Los cafetales en México y su importancia	15
• Trabajos ecológicos y edáficos en cafetales	16
IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	18
• Objetivo general	18
• Objetivos particulares	18
• Hipótesis	18
V. ZONA DE ESTUDIO	19
• Clima	19
• Vegetación	19
• Suelos	19
VI. MÉTODOS	22
• En el campo	22
• En el laboratorio	22
• Análisis estadísticos	24
• Análisis de suelo	24
VII. RESULTADOS	25
• Abundancia absoluta y relativa de Cryptostigmata	25
• Densidades de Cryptostigmata	32
• Índices de diversidad (H') y equitatividad (J') en Cryptostigmata	33
• Índice de similitud en Cryptostigmata	34
• Abundancia absoluta y relativa de Collembola	34
• Densidades de Collembola	41

• Índices de diversidad (H') y equitatividad (J') en Collembola	42
• Índice de similitud en Collembola	43
• Análisis edafológicos y su relación con Cryptostigmata y Collembola	44
• Análisis de χ^2 para Cryptostigmata y Collembola	48
VIII. DISCUSIÓN	49
• Abundancia y diversidad de Cryptostigmata	49
• Índices de diversidad (H'), equitatividad (J') y dominancia (λ) en Cryptostigmata	51
• Densidad e índice de similitud en Cryptostigmata	52
• Abundancia y diversidad de Collembola	53
• Índices de diversidad (H'), equitatividad (J') y dominancia (λ) en Collembola	54
• Densidad e índice de similitud en Collembola	55
• Análisis edafológicos	56
IX. CONCLUSIONES	59
LITERATURA CITADA	61

I. INTRODUCCIÓN

El suelo como ecosistema

El suelo es un cuerpo natural, tridimensional y dinámico que se halla en la superficie de la tierra (Tamhane & Motiramani 1978). En él se encuentran sistemas complejos de componentes tanto abióticos como bióticos (McClougherty 2001), que le dan la capacidad de otorgarle sustento al crecimiento de plantas y proveer de hábitat a las diversas comunidades de organismos edáficos (Gupta & Malik 1996).

El suelo no es un medio de características uniformes, ya que sus propiedades van cambiando conforme a la profundidad del mismo (McClougherty 2001), generando así diferentes capas, denominadas horizontes (Hz), que reflejan su historia y desarrollo (Grombridge 1992). Según Eisenbeis y Wichard (citados por Grombridge 1992) y Porta *et al.* (1999), esta secuencia se encuentra representada desde la capa de materia orgánica que se localiza en la superficie del suelo hasta el material parental, por lo que, en términos generales puede ser dividido en cuatro diferentes horizontes (Fig. 1):

Horizonte O: Es la capa orgánica superior y contiene los restos frescos de plantas en la superficie del suelo mineral. Este horizonte es generalmente subdividido en tres subcapas: la capa de hojarasca, la de fermentación y la de humus: Los procesos de descomposición de la materia orgánica se llevan acabo en este horizonte.

Horizonte A: Es la parte superior, y es donde el suelo mineral fino se encuentra en contacto con la materia orgánica. Se origina por procesos edafogénicos y en él se desarrollan los procesos de humificación y eluviación

Horizonte B: capa mineral formada en el interior del suelo, que presenta una destrucción de toda o parte de la estructura originaria de la roca. En ocasiones presenta cierto color que refleja la presencia de minerales secundarios y de pequeños depósitos de humus.

Horizonte C: capa mineral poco afectada por procesos edafogénicos que presenta características próximas a las del material originario. Por debajo de él se encuentra la roca madre.

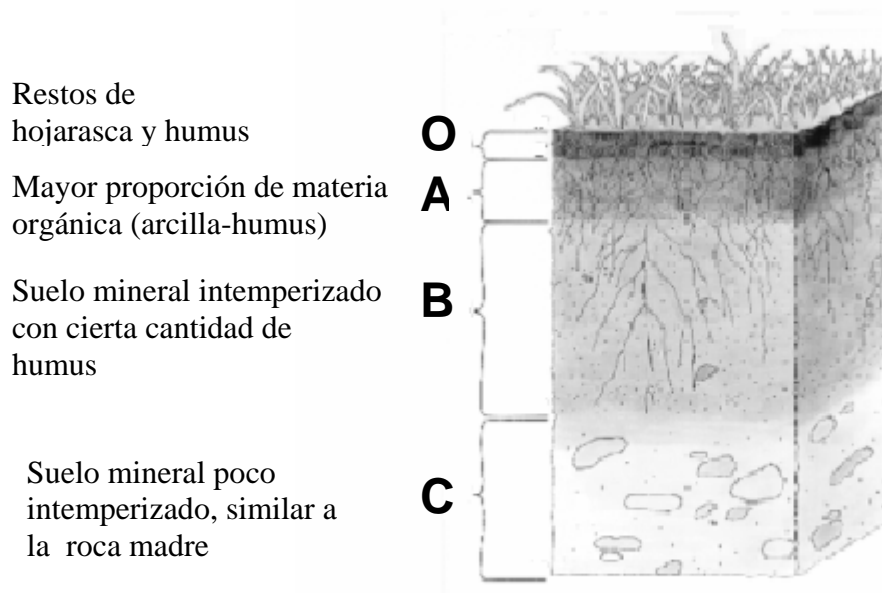


Figura 1. Perfil de un suelo con sus diferentes horizontes. (Tomado y modificado de: www.mo15.nrcs.usda.gov/.../wissoil/img006.jpg).

Desde el punto de vista ecológico, el suelo es de vital importancia, porque es allí donde se lleva a cabo el proceso de descomposición de la materia orgánica, en el cual la materia es humificada y mineralizada permitiendo la acumulación de carbono y el reciclado de otros nutrientes (Barois & Brown 1999). Este proceso es llevado a cabo por los microorganismos y sus interacciones con las otras comunidades de seres vivos. De acuerdo con Margalef (1989) las comunidades son definidas como una población mixta, la cual está formada por diferentes

especies que viven en un espacio continuo y delimitado de manera convencional, suelen ser muy diversas debido a que, según Lavelle (1996), existe una amplia diversidad y heterogeneidad de recursos y microhábitats, además de la gran mezcla de las fases aéreas y acuáticas.

La relación suelo-fauna tiene variaciones por la intervención de distintos factores, como el suelo, la ubicación geográfica, cantidad de hojarasca, tipo de vegetación, humedad, temperatura y pH, entre otros, así como la alteración antrópica, que puede modificar la composición y estructura de la fauna edáfica (Rapoport 1968). La presencia de las comunidades de fauna en el suelo influyen directa e indirectamente sobre las condiciones dependiendo del tamaño y de la actividad específica que tengan los organismos (Knoepp *et al.* 2000). Wright & Jones (2006) resaltan los beneficios que obtiene el ecosistema a través de las actividades realizadas por los organismos considerados como “ingenieros de suelos” (termitas, hormigas, lombrices), destacando el reciclamiento de nutrientes, procesos biogeoquímicos e hidrológicos, la creación de hábitats para otras especies así como la retención de sedimentos que evitan la erosión.

Fauna de suelo y su clasificación.

El término fauna de suelo ha sido utilizado para designar un gran número de especies animales que se encuentran al menos durante una parte de su ciclo de vida en el suelo, ya sea en el interior, en la superficie del mismo o en la hojarasca (Grombridge 1992). Con el fin de facilitar su estudio, los organismos del suelo han sido clasificados por su tamaño, régimen alimenticio y posición dentro de las redes tróficas, o por su función dentro del suelo y sus interacciones con otros organismos. En el Cuadro 1 se muestran las principales clasificaciones de la fauna del suelo según distintos criterios (De la Garza 2003).

Cuadro 1. Clasificaciones para la fauna de suelo de acuerdo a los distintos criterios utilizados (Modificado de De la Garza, 2003).

<u>Autor</u>	<u>Característica</u>	<u>Clasificación</u>	<u>Ejemplos</u>
Van der Drift (1951), Rapoport (1959) y Najt (1973)	Tamaño corporal	<i>Microfauna</i> organismos que miden de 0.02 a 0.2mm. <i>Mesofauna</i> organismos que miden de 0.2 a 2mm. <i>Megafauna</i> organismos que miden de 20 a 200 o más mm.	Protozoos y pequeños artrópodos. Artrópodos: isópteros, coleópteros, dípteros, himenópteros (hormigas), tisanópteros, dipluros, colémbolos, proturos, quilópodos, sínfilos, isópodos, arácnidos y ácaros. Vertebrados y algunos invertebrados.
Jacot (1940)	Fidelidad de los organismos al suelo.	<i>Geobionte</i> son los organismos que su ciclo de vida lo pasan totalmente en el suelo. <i>Geófilo</i> son los organismos que solamente pasan una parte de su ciclo de vida dentro del suelo.	Casi todos los microartrópodos y muchos microorganismos. Algunos insectos como escarabajos, grillos, etc.
Krausse (1929), Christiansen (1964), Rapoport, (1959)	Adaptación al suelo	<i>Epiedáficos</i> animales que habitan en la superficie del suelo <i>Hemiedáficos</i> . Son los organismos que habitan en la hojarasca o en la parte de la materia orgánica (humus). <i>Euedáficos</i> . Individuos que habitan en el suelo mineral. <i>Trogломorfos</i> . Organismos que viven en las cuevas. <i>Sinecomorfos</i> . Individuos que viven en los nidos de los insectos sociales.	Collembola: Entomobryidae (<i>Lepidocyrtus, Orchesella, Seira</i>). Collembola: <i>Proisotoma, Xenylla</i> . Collembola: <i>Onychiurus</i> y <i>Mesaphorura</i> Collembola: <i>Pseudosinella, Tritomurus, Sinella, Arrhopalites</i> Colémbolos que viven en nidos de hormigas y termitas. <i>Cyphoderus</i> .
Aguayo & Biaggi (1982)	Adaptación a los cambios ambientales	<i>Estenosensitivo</i> (estenotópico): organismo con limitado poder de adaptación a condiciones variables del ambiente. <i>Eurisensitivos</i> (eutitenotópico): organismo con poder amplio de adaptación a condiciones ambientales variables.	Collembola: <i>Palmanura lacandona</i> Collembola: <i>Folsomia candida</i>
Luxton (1972)	Tipo de alimentación.	<i>Macrofitófagos</i> son los organismos que se alimentan de restos de plantas superiores. <i>Microfitófagos</i> son los que se alimentan de microflora. <i>Panfitófagos</i> se alimentan de todo tipo de materia vegetal. <i>Zoófagos</i> obtienen su energía a partir de material animal vivo. <i>Necrófagos</i> que se alimentan de carroña. <i>Coprófagos</i> son los animales que se alimentan de materia fecal.	Larvas de insectos: coleópteros, homópteros, ácaros, colémbolos. Algunos colémbolos, ácaros Colémbolos, ácaros Ácaros Mesostigmata, Prostigmata Algunos Colémbolos, ácaros Mesostigmata: algunos Uropodidae

Papel ecológico de Cryptostigmata y Collembola en el suelo.

Los microartrópodos tienen como sus mejores representantes a los ácaros y colémbolos, constituyendo hasta el 98% de la artropodofauna del suelo (Palacios-Vargas, 1983). Son esenciales en la degradación de la materia orgánica, que promueve la lixiviación de los minerales solubles por las lluvias y aumenta la superficie disponible para la acción de hongos y bacterias (Díaz, 1988), además sus desechos (como el amonio) contribuyen favorablemente con las características físicas y químicas del suelo (Sjurse & Holmstrup 2004).

Para el caso de Collembola y Cryptostigmata, se ha puesto en evidencia que su importancia radica tanto por su función ecológica como por la abundancia y diversidad que representan dentro del medio edáfico. Butcher *et al.* (1971) mencionan que en ciertas ocasiones las poblaciones de colémbolos y ácaros junto con las de ciertos enquitreidos y nemátodos llegan a representar hasta un 10% del metabolismo en un suelo determinado. Participan directamente dentro de las redes tróficas, ya que son de los principales controladores de las poblaciones de hongos y bacterias (Seastedt 1984), además de que son parte esencial en la alimentación de algunos depredadores, como: ácaros mesostigmados, pseudoescorpiones, dipluros, dermápteros, escarabajos carábidos y sus larvas, dípteros, hormigas, así como ranas, salamandras y sapos (Johnston 2000).

Si bien ambos grupos son considerados de manera general como detritívoros, para el caso de Collembola, existen especies que pueden ser depredadoras de rotíferos, nemátodos, tardígrados y enquitreidos (género *Friesea*), mientras que la mayoría se alimentan de micelios (género *Tetrodontophora*), materia orgánica (género *Sminthurinus*), esporas (género *Allacma*) y algas (género *Orchesella*) (Rusek 1989).

Para el caso de los ácaros Cryptostigmata, Norton (1990) ha propuesto una clasificación que se encuentra dividida en tres grandes grupos: los *macrofitófagos* son los que se alimentan de

restos de plantas superiores (Phthiracaridae, Euphthiracaridae y algunos Carabobidae); *microfitófagos* que se alimentan de ciertos elementos de la microflora edáfica, como hongos, levaduras, algas y bacterias (Oppiidae, Eremaeidae, Damaeidae, entre otros); y los *panfitófagos*, que se pueden alimentar tanto de la microflora como de los restos vegetales de las plantas superiores, siendo de sus mejores representantes los Nothridae, Camisiidae, Liacaridae, Oribatulidae y Galumnidae.

Lavelle (1997) se refiere a estos organismos como pequeños transformadores que influyen en los procesos del suelo a través de la diseminación de esporas y micelios, así como en la acumulación de agregados fecales que son básicos en las unidades estructurales de las capas orgánicas y en micrositios para aumentar la actividad microbiana. También sirven como importantes hospederos de muchos parásitos y bacterias patógenas (Thimm *et al.* 1998).

II. IMPORTANCIA DE CRYPTOSTIGMATA Y COLLEMBOLA EN EL SUELO AGRÍCOLA.

Características generales de Cryptostigmata

El término Cryptostigmata se origina de las raíces griegas *cryptos*: oculto y *estigma*: abertura, las cuales hacen alusión a la posición de los estigmas respiratorios, ya que se localizan en las cavidades acetabulares de las coxas, comunicándose con las tráqueas y los órganos pseudoestigmáticos prodorsales (Krantz 1978). Los ácaros Cryptostigmata, son uno de los grupos dominantes de artrópodos dentro de los horizontes orgánicos de la mayoría de los suelos (Norton 1990). Existen en casi todas las zonas biogeográficas, y por lo general forman parte de la fauna edáfica, como es el caso de desiertos, tundra, cimas de las montañas, entre otros; así como en diversos biotopos, como son los diferentes perfiles del suelo, cuevas, dosel de los árboles,

restos de plantas superiores (Phthiracaridae, Euphthiracaridae y algunos Carabobidae); *microfitófagos* que se alimentan de ciertos elementos de la microflora edáfica, como hongos, levaduras, algas y bacterias (Oppiidae, Eremaeidae, Damaeidae, entre otros); y los *panfitófagos*, que se pueden alimentar tanto de la microflora como de los restos vegetales de las plantas superiores, siendo de sus mejores representantes los Nothridae, Camisiidae, Liacaridae, Oribatulidae y Galumnidae.

Lavelle (1997) se refiere a estos organismos como pequeños transformadores que influyen en los procesos del suelo a través de la diseminación de esporas y micelios, así como en la acumulación de agregados fecales que son básicos en las unidades estructurales de las capas orgánicas y en micrositos para aumentar la actividad microbiana. También sirven como importantes hospederos de muchos parásitos y bacterias patógenas (Thimm *et al.* 1998).

II. IMPORTANCIA DE CRYPTOSTIGMATA Y COLLEMBOLA EN EL SUELO AGRÍCOLA.

Características generales de Cryptostigmata

El término Cryptostigmata se origina de las raíces griegas *cryptos*: oculto y *estigma*: abertura, las cuales hacen alusión a la posición de los estigmas respiratorios, ya que se localizan en las cavidades acetabulares de las coxas, comunicándose con las tráqueas y los órganos pseudoestigmáticos prodorsales (Krantz 1978). Los ácaros Cryptostigmata, son uno de los grupos dominantes de artrópodos dentro de los horizontes orgánicos de la mayoría de los suelos (Norton 1990). Existen en casi todas las zonas biogeográficas, y por lo general forman parte de la fauna edáfica, como es el caso de desiertos, tundra, cimas de las montañas, entre otros; así como en diversos biotopos, como son los diferentes perfiles del suelo, cuevas, dosel de los árboles, epífitas,

musgos, humus, hendiduras de las cortezas (Palacios-Vargas *et al.* 2000b), hasta en ambientes semi-acuáticos y costeros (Balogh & Balogh 1992a).

Los adultos presentan tamaños que van de 300 a 700 μm . Su color es usualmente determinado por el grado de esclerotización y melanización del integumento, presentando varios tonos que pueden ir desde blanco hasta un amarillo muy tenue, así como desde un pardo hasta la coloración negra (Norton 1990). Estos ácaros presentan como características diagnósticas la presencia de pedipalpos simples, sin uñas, con tres o cinco artejos; quelíceros quelado-dentados; tarsos con una a tres uñas; ovipositor en la hembra y escleritos penianos en el macho, y abertura genital con discos genitales y anal con placas esclerosadas (Palacios-Vargas & Iglesias 2004). El cuerpo se encuentra dividido en dos partes: prodorso y notogáster. El prodorso está constituido por las partes cefálicas y bucales, así como por el primer y segundo par de patas, mientras que el notogáster es considerado como tal a partir del tercer par de patas hasta la parte más posterior del organismo. En él se encuentran principalmente las placas genitales y anales, y en los casos en los que se presentan, los pteromorfos, que se localizan en la parte dorsolateral, a la altura del tercer y cuarto par de patas (Fig. 2) (Norton 1990). En lo que respecta a diversidad, hasta el momento se conocen 9,898 especies, asignadas en 1,333 géneros y 181 familias (Schatz 2004), de las cuales en nuestro país se tienen registradas 434 especies, 250 géneros y 104 familias (Palacios-Vargas & Iglesias 2004).

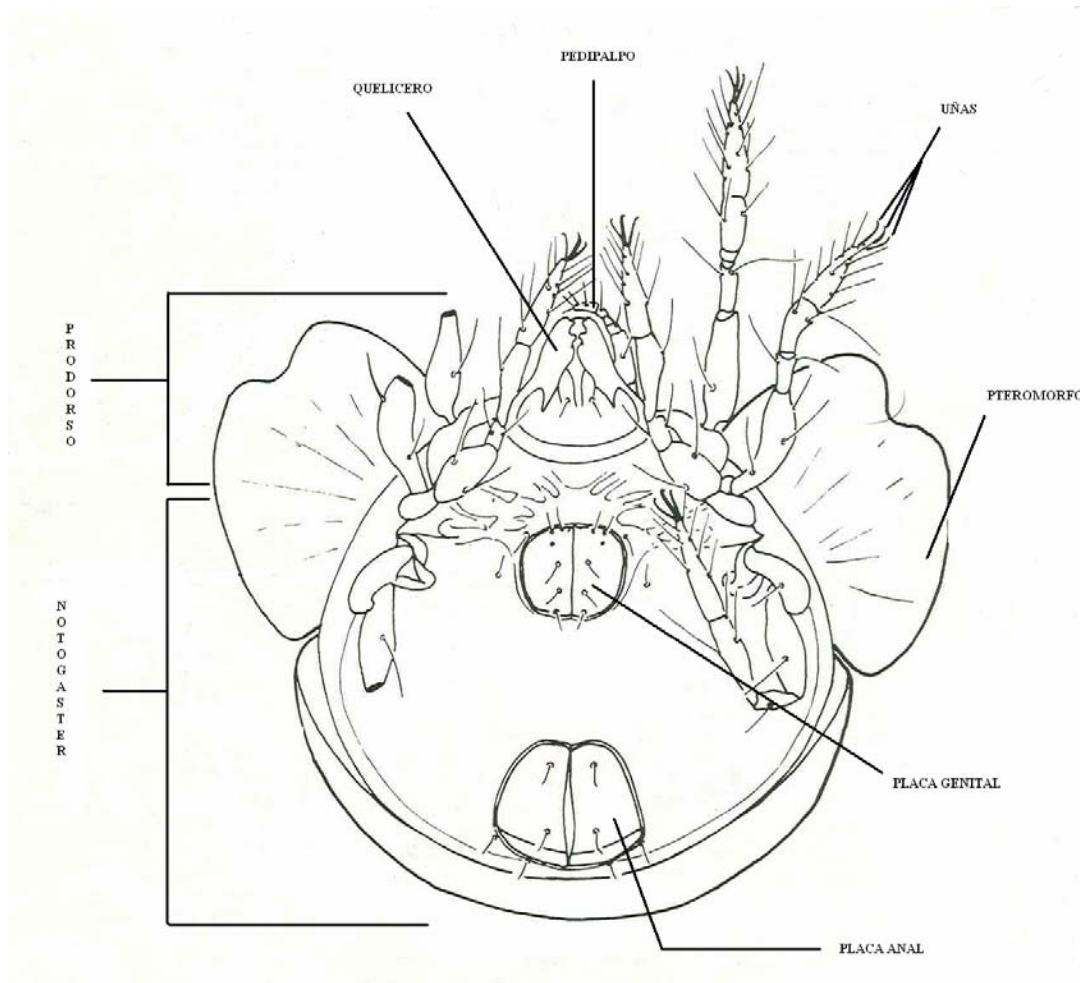


Figura 2. Esquema de un ácaro Cryptostigmata (*Galumna* sp.) Modificado de Krantz, 1978.

Cryptostigmata en el suelo agrícola.

La biodiversidad, funcionalidad y abundancia de las poblaciones de Cryptostigmata disminuyen directamente con la actividad agrícola de los suelos (Loranger *et al.* 1998), ya que en la mayoría de los ecosistemas alterados se presenta una pérdida notable de materia orgánica, lo cual no favorece a sus poblaciones (Rockett 1986, citado por Socarrás *et al.* 2003). Behan-Pelletier (1999) trabaja en lo referente a la biología y comportamiento del grupo en ambientes agrícolas, ya que los caracteriza por presentar una fecundidad baja, un prolongado estadio inmaduro y una baja capacidad para aumentar la población.

Al-Assuity *et al.* (1993) realizaron experimentos en zonas de cultivo de plátano y naranja, encontrando que la supervivencia de los Cryptostigmata y sus huevos se ven afectados por el tipo de material vegetal y por la cantidad de hojarasca que se deposita sobre el suelo, siendo más abundantes los restos vegetales en el campo de cultivo del cítrico, lo que favorece al incremento en las densidades poblacionales de los ácaros en este cultivo.

Existen ciertas especies que generalmente responden a las condiciones de alteración del medio edáfico, como es el caso de especies pertenecientes a los géneros *Brachychthonius* sp., *Tectocephus* sp., *Oppia* sp. y *Suctobelba* sp. (Karg 1978, citado por Behan-Pelletier, 1999). Lagerlöf & Andrén (1988) apoyan con su trabajo la afirmación anterior, ya que en un campo de cultivo con sistema de arado durante cerca de 100 años, la fauna de criptostigmados fue representada únicamente por *Oppiella nova*, *Oppia* sp. y *Tectocephus* sp. Este comportamiento refleja su lenta tasa metabólica y desarrollo, ya que estos ácaros generalmente no presentan una respuesta inmediata hacia fuentes alternas de productividad primaria, por lo que son considerados como bioindicadores en zonas de cultivo o de alteración (Lebrun & Van Straalen 1995; Siepel 1996).

Características generales de Collembola.

El nombre de Collembola proviene de las raíces latinas **cola**: pegamento y **émbolo**: tubo, que hacen referencia al tubo ventral que presentan en la región abdominal (Palacios-Vargas 1994). Los Collembola son pequeños hexápodos, apterygotos y entognatos que presentan longitudes de entre 0.2 y 10 mm (Janssens, 2004). Estos pequeños organismos son considerados entre los más abundantes de los artrópodos terrestres, por lo que es frecuente encontrarlos en la hojarasca, en la corteza de los árboles, troncos en descomposición, en los nidos de los insectos sociales, de aves y mamíferos, así como en plantas epífitas y cuevas (Palacios-Vargas *et al.* 2000a).

El cuerpo de los Collembola (Fig. 3) está compuesto por tres tagmas: la cabeza, el tórax (que presenta tres segmentos) y el abdomen que está constituido por seis segmentos, el terminal denominado periprocto (Janssens, 2004). En la cabeza presentan un par de antenas con cuatro artejos con estructuras sensoriales; ausencia o presencia de corneolas, que pueden variar en número de 0 a 8 por lado, y sus piezas bucales (mandíbulas y maxilas) pueden ser masticadoras o presentar modificaciones para alimentarse de líquidos (Castaño-Meneses *et al.* 2004). En la región torácica, cada segmento está provisto de un par de patas, las cuales poseen un unguis (uña) en la parte terminal. En el tagma abdominal, el tubo ventral o colóforo se encuentra en el primer segmento; el tenáculo se localiza en el tercero; y en el cuarto segmento se encuentra la fúrcula (que es el órgano que le sirve para brincar), constituida por tres partes: manubrio, dente y mucrón (Hopkin 1997). Tienen el cuerpo cubierto de sedas de diferente tipo y pueden presentar escamas y tricobotrias, además de patrones de coloración muy diversos, predominando el azul y morado, o ser completamente transparentes (Palacios-Vargas 1994).

Actualmente se han descrito cerca de 7,500 especies a nivel mundial (Janssens 2004), de las cuales existen 672 especies registradas para México (Palacios-Vargas *et al.* 2004). Particularmente para el estado de Oaxaca se conocen 27 especies, pertenecientes a 17 géneros y 8 familias (Palacios-Vargas *et al.* 2004).

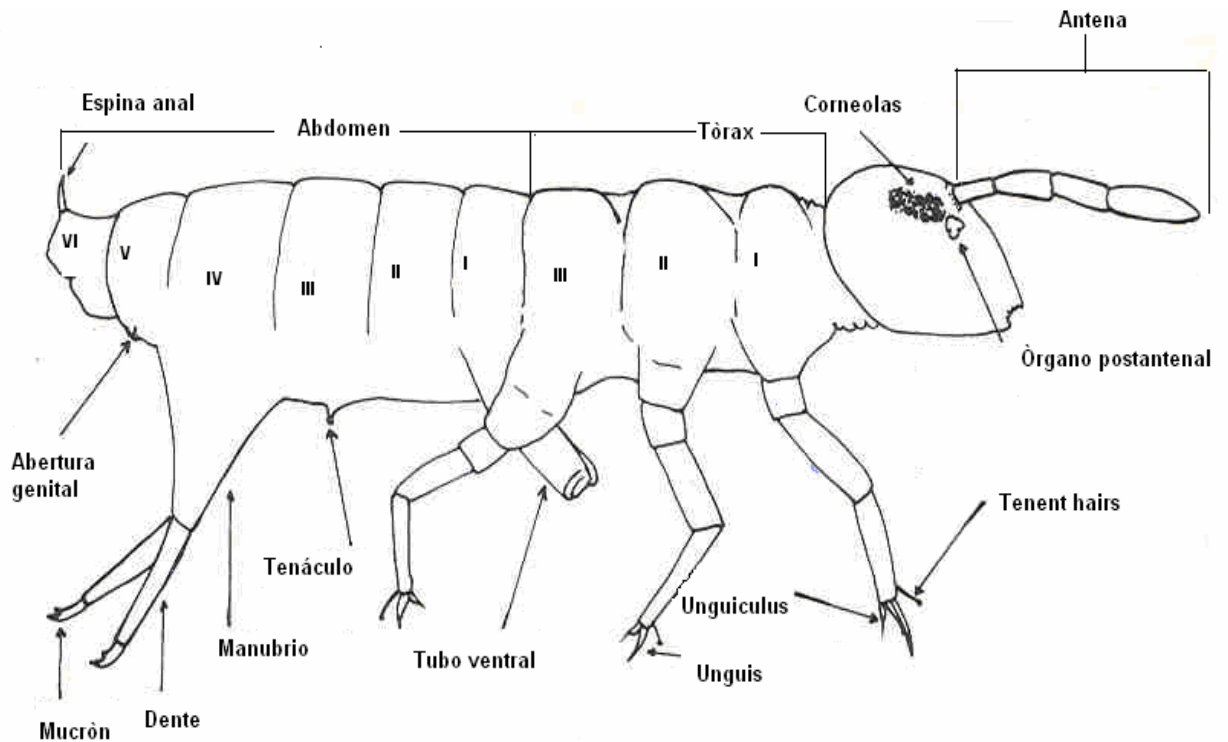


Figura 3. Esquema general de un colémbolo (Modificado de Christiansen 1990).

Collembola en el suelo agrícola.

Dado el papel ecológico que representan dentro del medio edáfico, los colémbolos son importantes en diversos aspectos, ya que pueden figurar en un rango del 1 al 10% del total de la biomasa y metabolismo de la fauna de suelo (Petersen 2002). El efecto que tienen las prácticas agrícolas sobre los colémbolos es principalmente negativo, ya que su actividad, fecundidad y mortalidad se ven afectadas al ser sometidas a cambios en la temperatura y humedad del medio edáfico (Filser 2002). Por ejemplo, se conoce en estos organismos que la producción de espermatozoides disminuye con el aumento de la temperatura (Van Straalen & Joosse 1985), así como

el riesgo de depredación se incrementa, ya que el número de mudas aumenta y se vuelven más vulnerables hacia sus enemigos (Takeda 1984).

Frampton & Van den Brink (2002), mencionan que aunado a la temperatura y humedad, existen otros factores, como es el caso de tipo de suelo, tipo de cultivo, labranza, rotación de cultivo, y edad del cultivo que afectan a sus comunidades. Por ejemplo, se ha encontrado que la labranza afecta directamente a la compactación del suelo, lo que genera un decremento considerable en las densidades poblacionales de colémbolos (Cortet *et al.* 2002).

Rusek (1998) enfatiza lo importante que es la forma de vida de los colémbolos, es decir, euedáficos, hemiedáficos, o epigeos, que dentro de sus comunidades funge como un parámetro que refleja durante una sucesión determinada, el grado de desarrollo de un suelo, así como de bioindicador de la calidad del humus y la microestructura edáfica.

Mendoza (1995) explica que los oniquiúridos (*Mesaphorura* sp.) son indicadores de la alteración en la estratificación vegetal, ya que sus densidades aumentan en zonas de baja o nula cobertura vegetal. Para Hågvar (1994), las especies estenotópicas de colémbolos en la agricultura, representan un valor potencial, pues proporcionan datos importantes relacionados a los cambios en las condiciones del suelo ocasionadas por la actividad humana, debido a que presentan una reacción inmediata hacia toda alteración ambiental.

III. ANTECEDENTES

Estudios de microartrópodos en la agricultura

En áreas agrícolas de todo el mundo, los microartrópodos del suelo, son considerados como grupos de poca importancia económica, por lo que no han recibido tanta atención como las plagas (González *et al.* 2001). Sin embargo, con el surgimiento de la agricultura sostenible ha incrementado el interés por el estudio de la biodiversidad del suelo para conservar y mantener el funcionamiento del ecosistema (Brussard *et al.* 1997, citado por González *et al.* 2003).

Por ejemplo, en nuestro país, Miranda & Palacios-Vargas (1992) trabajaron con las comunidades de colémbolos en ambientes vegetacionales de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba* L.); así como en el estado de Hidalgo, Palacios-Vargas y su equipo de trabajo (2000b), compararon las comunidades de colémbolos y ácaros en dos parcelas con diferente tipo de riego, tanto aguas de pozo como aguas residuales. En ambos estudios se obtuvieron resultados que muestran que la comunidad de microartrópodos disminuye en las zonas de mayor alteración. Mendoza *et al.* (1999) trabajaron en el estado de Chiapas el efecto de la intensidad o tiempo de uso del suelo en campos de cultivo de maíz, sobre la estructura de la comunidad de colémbolos y la cantidad de materia orgánica del suelo. En dicho trabajo se consideraron tres intensidades: 1) recién abierta al cultivo, 2) con dos años de cultivo y 3) con más de siete años de cultivo. Los resultados mostraron que a mayor tiempo de uso del suelo disminuyó la cantidad de materia orgánica y la abundancia de colémbolos. De la Garza (2003) enfoca su trabajo en la influencia que tienen las prácticas agrícolas (roza, quema, tumba) sobre la comunidad de colémbolos edáficos, tomando en cuenta dos intensidades de fuego. En dicha investigación, los resultados mostraron una diversidad y abundancia más baja en la parcela que presentaba una intensidad de fuego más alta. Miranda (2005) estudia en parcelas de durazno, la influencia de *Protaphorura herus*

(Collembola) sobre la descomposición de la hojarasca, así como la relación entre las condiciones físicas y químicas del suelo con la abundancia, riqueza y diversidad de los colémbolos edáficos.

Existe una gran cantidad de publicaciones a nivel mundial en donde se evalúa la importancia y la diversidad de los microartrópodos sobre el medio edáfico, así como las diferentes fluctuaciones que sufren sus poblaciones, al ser el suelo sometido a distintas prácticas agrícolas. Por sólo citar algunas de éstas, Kovâc (1994) hizo investigaciones sobre el efecto que tiene el grupo de suelo sobre la comunidad de colémbolos al este de Eslovaquia, en donde obtuvo resultados que no marcaban una diferencia muy notable en la dinámica de las poblaciones de los colémbolos; en cambio González *et al.* (2003) presentan las fluctuaciones poblacionales de diferentes grupos de artrópodos en relación a la cobertura vegetal en diferentes parcelas experimentales de caña de azúcar en Cuba, obteniendo como resultado que la ausencia de la cobertura vegetal influye de manera negativa en las comunidades de la mesofauna edáfica; asimismo, Socarrás *et al.* (2003) realizaron en Moa, Cuba, la evaluación, a través de la mesofauna edáfica, el efecto que tienen algunas especies vegetales sobre la recuperación del suelo de algunas áreas en etapa de recultivo, siendo éstas comparadas a su vez con otros suelos de vegetación natural, en conservación o afectadas de alguna manera (contaminación industrial), obteniendo baja densidad poblacional de los diferentes tipos de organismos en suelos con una mayor presencia de agentes contaminantes.

Vreeken-Buijs *et al.* (1998) estudiaron en suelos con diferente uso, la relación que puede existir entre la biomasa de la comunidad de los microartrópodos con la materia orgánica y el tamaño del poro del suelo, además de que decidieron agrupar a los organismos conforme a su función dentro del ecosistema (por tipo de alimentación).

Los cafetales en México y su importancia.

México es el quinto productor mundial de café, grano que se cultiva sobre más de 700 mil hectáreas en 12 estados, 400 municipios y más de 3500 comunidades, en extensión, sólo superado por el maíz, el frijol, el trigo y el sorgo (Bartra, 2002). El 40% de la superficie con cafetales corresponde a selvas altas y medianas (zona tropical húmeda), el 23% a bosques de pino y encino, el 21% a selvas bajas caducifolias y el 15% a bosque mesófilo de montaña, lo que significa que desde el punto de vista biológico, las regiones cafetaleras son de las más ricas y diversas en flora y fauna (Bartra, 2002).

En nuestro país, el café se cultiva sobre las vertientes del Golfo de México y del Pacífico (centro y sur), y es ahí donde dos ó más tipos de vegetación convergen, es decir, que las áreas de producción de café se localizan en porciones de gran importancia biogeográfica y ecológica, ya que es donde se encuentran los elementos tropicales y templados (Moguel & Toledo, 1999).

Por otra parte, de acuerdo con el nivel de manejo y la estructura de la vegetación, es posible distinguir cinco principales sistemas de producción en México: dos tradicionales, donde el café se produce bajo la sombra de la vegetación original; uno intermedio, donde la sombra la proveen árboles introducidos; y dos de los llamados “modernos”, los cuales son monocultivos con y sin sombra (Moguel & Toledo, 1999).

Oaxaca, en particular, es uno de los tres estados que junto con Veracruz y Chiapas, se encuentra como principal productor de café en el país (Bartra, 2002; Moguel & Toledo, 1999). En Oaxaca se estima que aproximadamente 80,000 ha de su superficie se encuentran bajo el manejo del cultivo de café, de las cuales dependen 68,000 pequeños productores. La mayoría de los cafetales ha mantenido el dosel de la vegetación original, que en general se trata de selvas altas, medianas y bosques mesófilos. Especialmente los cafetales indígenas chinantecos, zapotecos y chatinos, son altamente diversos, por lo que resultan de suma importancia como

hábitat de especies epífitas y de fauna silvestre (mamíferos, aves, reptiles, anfibios, artrópodos), y su manejo modifica al mínimo el ecosistema (Anta *et al.*, 1999; Bartra, 2002).

Trabajos ecológicos y edáficos en cafetales.

Las investigaciones biológicas realizadas hasta el momento en cafetales dentro de nuestro país, se han enfocado a diversos grupos faunísticos, abarcando desde invertebrados hasta los vertebrados. Estos trabajos han ofrecido el conocimiento de la riqueza biológica de mamíferos (Cruz-Lara *et al.* 2004; Gallina *et al.* 1996), aves (Aguilar-Ortiz 1982; Andrade & Rubio 1994; Borrero 1986; Perfecto *et al.* 2003), reptiles y anfibios (Rendón-Rojas 1994).

Para el caso particular de artrópodos, se han manejado diferentes grupos de insectos y arañas en diferentes zonas del país: Chiapas, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Jalisco, San Luis Potosí. Los taxa estudiados involucran a los coleópteros, lepidópteros, himenópteros (hormigas), homópteros y dípteros (Ibarra-Nuñez & García 1998; Ibarra-Nuñez *et al.* 1995; Moguel & Toledo 1999; Morón 1987; Nestel *et al.* 1993; Perfecto *et al.* 2003).

Por el contrario, en lo que respecta al estudio de microartrópodos edáficos, los registros de estudios realizados han sido hasta el momento escasos. Marín (2006) realiza algo semejante al presente trabajo en un cafetal, que también pertenece a la Sierra Sur de Oaxaca, y trabaja con las comunidades de ácaros Cryptostigmata en dos tipos de asociaciones vegetacionales, como son el acahual y el cafetal; Ibarra-Nuñez (1990) realizó un estudio muy amplio de variedad y abundancia de artrópodos en un cafetal del estado de Chiapas. Cabe resaltar que en dicho trabajo, se involucraron e identificaron los diferentes artrópodos que se obtuvieron, unos a nivel de orden (ácaros, colémbolos, pseudoscorpiones, etc), y otros hasta nivel específico (homópteros, coleópteros, lepidópteros, entre otros), además, organizó a los organismos en base a su estructura trófica, obteniendo como resultado ocho diferentes gremios. En Costa Rica, Fraile & Serafino (1978) realizaron una evaluación de las fluctuaciones poblacionales de los diferentes grupos de

microartrópodos encontrados en cafetales, observando la variación mensual y la distribución vertical de los organismos a lo largo de un año de muestreo. En este trabajo, los grupos predominantes fueron los ácaros y los colémbolos, siendo los primeros los más abundantes durante todas las épocas del año.

A diferencia de esto, se cuenta con bastante información sobre las características químicas y físicas de los suelos cafetaleros, debido a que este tipo de estudios están más relacionados con la productividad y calidad del grano, generando una mayor importancia en el aspecto socio-económico. En el estado de Puebla, Muñoz (1980), realiza algunos estudios edáficos en suelos cafetaleros en la región de Xicotepec de Juárez; Sánchez (1980) elabora estudios edafológicos de suelos cafetaleros dentro de la zona Volcánica del Municipio de Hueytamalco, en el estado de Puebla; Ruesga (1983) hace lo propio en la parte central del estado de Veracruz; Rodríguez (1983) trabaja en el estado de Chiapas dentro de la región de la Lacandona, en la cual obtiene ácidos húmicos y fúlvicos mediante el fraccionamiento de la materia orgánica; Galicia (1986), determinó los micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn) en suelos cafetaleros del Soconusco; en 1988, Carmona analiza parámetros físicos y químicos de suelos cafetaleros bajo la sombra de *Inga* sp. en el estado de Puebla; Sotelo (1989), realiza un estudio en el estado de Chiapas en una finca cafetalera, donde trabaja con la fertilidad de los suelos; otro trabajo hecho en las zonas de cafetal dentro del estado de Veracruz es el de Cruz (1992), donde hace la relación de la materia orgánica con respecto a la altitud de la zona de Coatepec, y se caracteriza la materia orgánica de los diferentes suelos cafetaleros en estudio. De los últimos trabajos se puede mencionar el de Jasso (1997), en donde hace una caracterización de algunos suelos cafetaleros en los estados de Oaxaca y Guerrero, mientras que Ticante (2000) realiza una comparación del estado de degradación del humus en diferentes tipos de agrosistemas (cafetos de sol y sombra) con los de vegetación natural.

IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.

Objetivo General

- Determinar y comparar la estructura de las comunidades de ácaros criptostigmados y colémbolos edáficos en tres suelos de Oaxaca con diferente uso.

Objetivos particulares

- Realizar un inventario faunístico de Cryptostigmata y Collembola edáficos de la finca cafetalera “El Nueve”, Oaxaca, en tres asociaciones vegetacionales: cafetal, acahual y bosque.
- Determinar las características edafológicas de los suelos estudiados y establecer su relación con las comunidades de Cryptostigmata y Collembola.
- Contribuir con el conocimiento ecológico y faunístico de ambos grupos para el estado de Oaxaca.

HIPÓTESIS

Los ácaros criptostigmados y colémbolos son organismos importantes dentro de la fauna edáfica y se ha encontrado que sus comunidades sufren fluctuaciones en diversidad y abundancia por la alteración antrópica en las áreas forestales (De Izarra & Boo, 1980; Lavelle, 1997), por lo que se espera encontrar en las zonas de colecta diferencias entre las comunidades de criptostigmados y colémbolos, considerando que el bosque será donde se presente la mayor diversidad y abundancia con respecto al acahual y cafetal, debido a su menor grado de alteración. En este mismo sentido, en el cafetal se espera encontrar una menor riqueza y abundancia debido a su estado activo como zona de cultivo.

V. ZONA DE ESTUDIO

El estado de Oaxaca representa el 4.8% de la superficie del país; colinda al norte con el estado de Puebla y Veracruz; al este con el estado de Chiapas; al sur con el océano Pacífico y al oeste con Guerrero (INEGI 1996).

La finca cafetalera llamada “El Nueve” (15° 56’ 04’’ N - 96° 17’ 07’’ W) se encuentra a 1,330 msnm, ubicada dentro del Municipio de Santa María Huatulco, perteneciente al distrito de Pochutla, que a su vez pertenece a la región Costas del Sur, la cual se localiza dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, que abarca el 11.60% del total del territorio estatal (Figura 4 A y B) (INEGI 1996).

Clima

El clima que predomina en la zona es de tipo cálido sub-húmedo con lluvias en verano (Aw_1); su precipitación media anual es de 800 mm; la temperatura media anual se encuentra entre los 24 y 26° C (García 1981).

Vegetación

El tipo de vegetación que prevalece en el municipio es principalmente de bosque tropical caducifolio, encontrándose en menor proporción bosques templados y bosque mesófilo, los cuales se ubican en la parte norte (García 1981; INEGI 2000). Para la finca en particular, la vegetación es de plantaciones de café (*Coffea arabica* var. *typica* L.) en confluencia con bosque tropical subcaducifolio, así como con bosque mesófilo de montaña (Rzedowsky 1978).

Suelos

Los suelos característicos de la zona Acrisoles, Luvisoles y Cambisoles (García *et al.* 2004, en Krasilnikov *et al.* en prensa). Dentro de la finca cafetalera se encuentran tres tipos de suelos: un Phaeozem esquelético (cafetal), un Cambisol úmbrico ródico (acahual), y un Phaeozem

calcárico epiléptico (bosque). La formación de estos suelos está relacionada con el origen del material parental (el suelo del bosque se formó sobre calizas), y por la edad de exposición de la superficie, ya que el Phaeozem esquelético (cafetal) se formó sobre la pendiente de reciente formación en un valle en forma de V, mientras que el suelo del acahual (Cambisol úmbrico ródico) sobre una corteza de intemperismo antigua, derivados ambos del mismo gneiss. (Krasilnikov *et al.* en prensa).

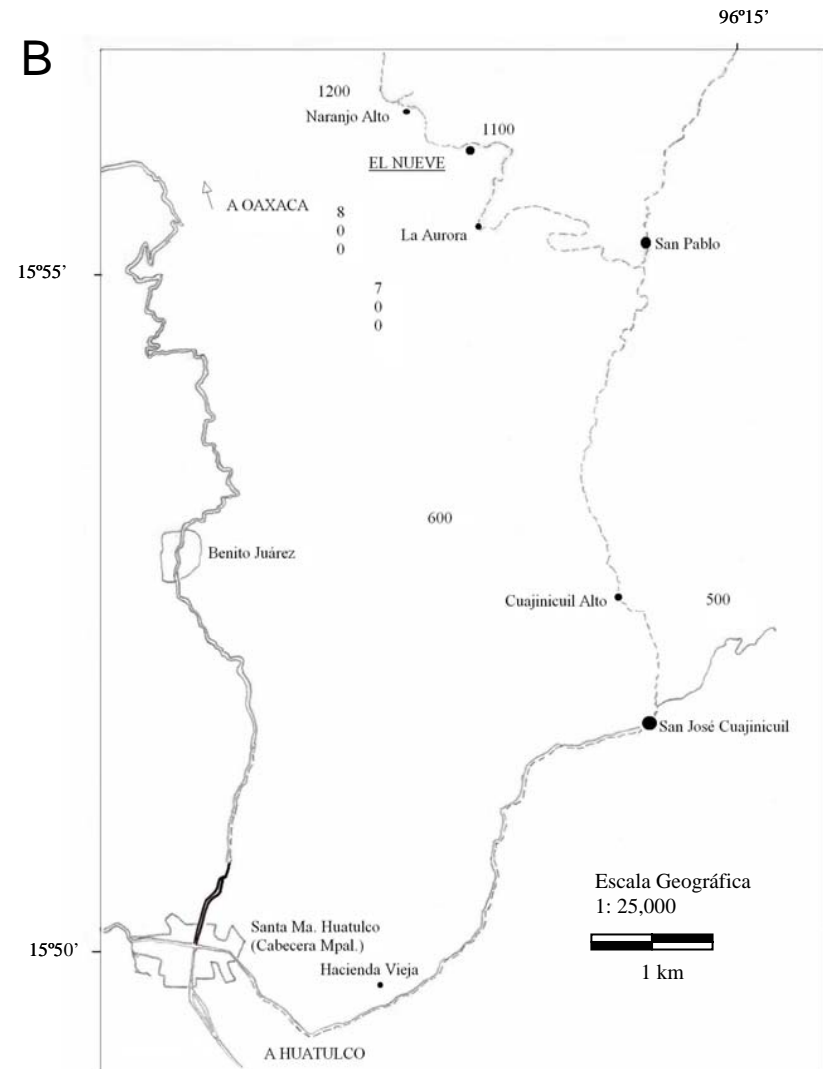
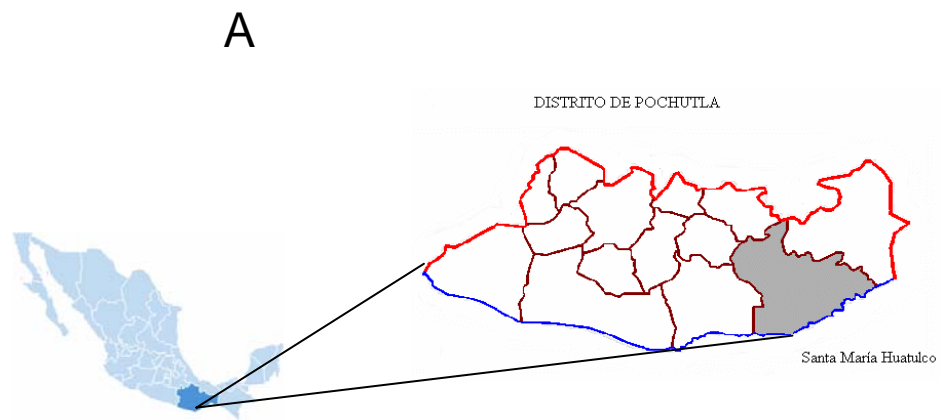


Figura 4. Mapa A: ubicación del distrito de Pochutla y el municipio de Santa Ma. Huatulco, Oaxaca. Mapa B: localización de la finca cafetalera “El Nueve”

VI. MÉTODOS

En el campo

La colecta fue efectuada como un muestreo puntual en Mayo del 2002, trazándose un cuadrado de 10 m × 10 m. (100 m²), mediante una cuerda marcada cada metro para poder simular una cuadrícula, y así formar coordenadas de posición para tomar cada muestra.

En el sitio de estudio se eligieron tres zonas de colecta (cafetal, acahual, bosque) y se utilizó un cuadrado, dentro del cual se ubicaron 10 puntos al azar, se extrajeron muestras tanto de suelo como de hojarasca. Las muestras fueron obtenidas con un recipiente de plástico de dimensiones de 10 x 10 centímetros de lado, por 5 centímetros de profundidad. Se extrajeron un total de 60 muestras, es decir, 20 por cada asociación vegetal (10 de suelo y 10 de hojarasca). Además se tomaron datos de temperatura del suelo por triplicado para cada zona, mediante el uso de un termómetro de vástago con rango de 0 a 60° C, de la marca Metrón, modelo Taylor.

La zona de cafetal y acahual están a una distancia de 200 m una de otra, estando la primera ubicada a espaldas de la finca, y la segunda en la entrada de la misma. En la zona de cafetal, el suelo lleva un uso continuo de siete años, mismos que lleva la zona de acahual en desuso (López Toledo, com. per.). Por su parte la zona de bosque se encuentra entre 700 a 900 metros de distancia de las dos anteriores, y ésta nunca ha presentado un manejo agrícola (Fig. 5).

En el laboratorio

Las muestras se procesaron cuatro días después de haber sido extraídas en el laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, donde se colocaron en embudos de Berlesse-Tullgren durante 6 días, tres a temperatura ambiente y tres con una fuente de luz (foco incandescente de 60 watts).

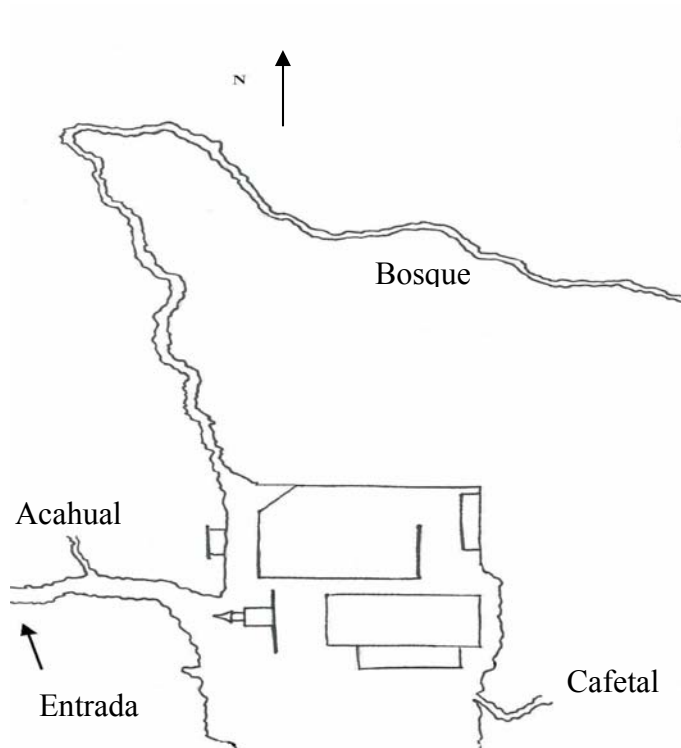


Figura 5. Ubicación de las zonas de estudio en la finca cafetalera “El Nueve”, Santa Ma. Huatulco, Oaxaca.

Los organismos se conservaron en alcohol al 70 %, y posteriormente fueron separados por grupos sistemáticos en frascos viales, mediante la utilización de un microscopio estereoscópico. Para la identificación de los ácaros criptostigmados y de los colémbolos, a nivel genérico y específico, fue necesario realizar preparaciones semipermanentes en líquido de Hoyer, utilizando las claves de Balogh & Balogh, (1992, a, b) para los ácaros, así como las claves de Palacios-Vargas (1990); Jordana *et al.* (1997), Christiansen & Bellinger (1998) y de Janssens (2004) para los colémbolos. Todo se realizó con la ayuda de un microscopio de contraste de fases Carl Zeiss.

Análisis estadísticos.

Se determinaron las abundancias relativas (%), las cuales se corrigieron a partir de las abundancias absolutas mediante la ecuación $\sqrt{x + 0.5}$, con el fin de acercar los datos originales a la normalidad. También se utilizaron los índices de Shannon (H'), índice de equitatividad de Pielou (J') y el índice de dominancia de Simpson (λ), utilizando el programa desarrollado por Ludwig & Reynolds (1988). Los índices de diversidad de Shannon, se compararon entre sí, mediante una prueba de "t" de student modificada (Zar, 1984), siendo los grados de libertad calculados mediante la fórmula:

$$g.l. = \frac{(\text{var}_1 + \text{var}_2)^2}{(\text{var}_1^2 / N_1) + (\text{var}_2^2 / N_2)}$$

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para determinar el efecto de la zona sobre la densidad de artrópodos. Asimismo, se efectuó un análisis de cluster utilizando el coeficiente de correlación de Pearson y como método de amalgamación de medias aritméticas no pareadas (UPGMA). Todas estas pruebas se hicieron con el programa STATISTICA ver. 6.0 (StatSoft, 1995). La prueba de χ^2 se hizo para observar si el tipo de vegetación influye en las proporciones de cada grupo (Cryptostigmata, Collembola y otros) de organismos, utilizando una tabla de contingencia de 3×3 (Zar, 1984).

Análisis de suelo.

Los datos de los suelos fueron extraídos de Krasilnikov *et al.* (en prensa); en donde las características tomadas en cuenta fueron el pH y el porcentaje de carbono (% C). Solamente se tomo un valor de cada parámetro para cada zona, por lo que las correlaciones realizadas fueron en términos muy generales.

VII. RESULTADOS

Se colectaron un total de 6,777 organismos (11,295 ind./m²) pertenecientes a 22 taxa. El grupo con mayor abundancia fue el de los ácaros Cryptostigmata con 3,031 individuos (5,052 ind./m²) representando el 44.7% del total registrado, seguido por Collembola con 1,177 (1,962 ind./m²) y representando el 17% (Fig. 6).

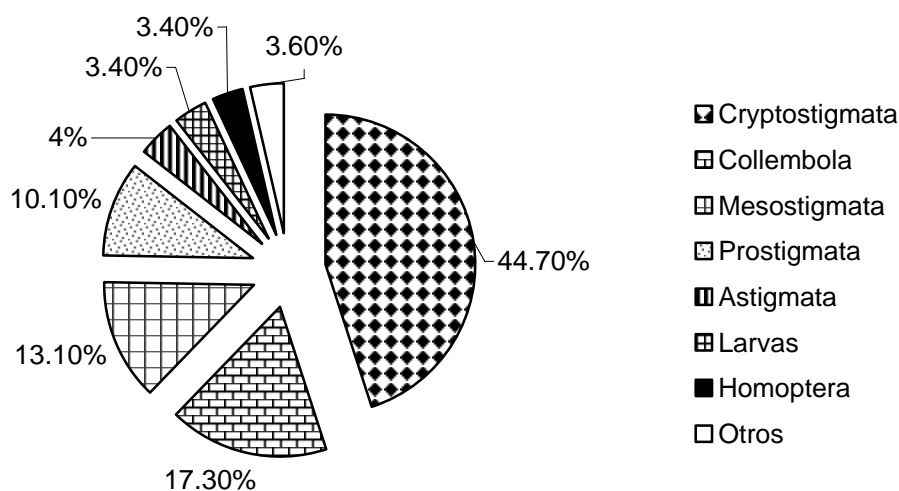


Figura 6. Abundancia relativa de artrópodos colectados en diferentes tipos de vegetación durante el mes de mayo de 2002 en la Finca “El Nueve”, Sta. María Huatulco, Oaxaca. N= 60. Otros incluye: Aranae, Schizomida, Palpigradi, Pseudoscorpionida, Metastigmata, Isopoda, Diplopoda, Chilopoda, Pauropoda, Symphila, Protura, Diplura, Coleoptera, Blattodea y Hemiptera.

Abundancia absoluta y relativa de Cryptostigmata.

Para los ácaros Cryptostigmata, de los 3,031 obtenidos, se encontraron un total de 33 unidades taxonómicas reconocibles (UTR), de donde se obtuvieron un total de 30 familias con 28 géneros y 33 especies (incluidas 4 morfoespecies) (Cuadro 2). La zona que presentó mayor abundancia de Cryptostigmata fue el acahual con 1,464 individuos (media \pm e.e.: 73.2 ± 21.77), seguido del bosque con 1,239 (61.95 ± 9.19) y del cafetal con tan sólo 328 (16.4 ± 3.88). Las familias más abundantes fueron Haplozetidae con un total de 743 (24.51 %)

individuos, seguida de Tectocepheidae con 311 (10.26 %), Oppiidae 290 (9.57 %), Phthiracaridae con 277 (9.14 %) y Epilohmanniidae con 248 (8.19 %). Con relación al biotopo, el suelo es el que presentó una mayor abundancia de organismos con 2,010 (66.3 %), mientras que la hojarasca se colectaron 1,021 organismos (33.7 %).

La zona que presentó la mayor riqueza de especies fue el bosque con 31 representantes, pertenecientes a un total de 28 familias, seguidos del acahual con 19 especies y con 19 familias, mientras que el cafetal con 14 especies y con el mismo número de familias (Cuadro 2).

Para la zona del bosque, las especies *Arcoppia serrulata*, *Sternoppia* sp. y *Samoabates* sp., únicamente se presentaron dentro del biotopo suelo, mientras que para la hojarasca son las especies *Nothrus* sp., *Microtegeus* sp., *Heterobelba* sp., *Xenillus* sp. y *Cubabodes* sp., además de las morfoespecies 2, 3 y 4. Para la zona de acahual, la especie *Sphaerochthonius* sp. solamente se presentó para el suelo; mientras que para la zona de cafetal no se presentaron registros particulares.

De las familias encontradas en el estudio, en la zona de cafetal las más abundantes fueron Epilohmanniidae con 63 ejemplares, Haplozetidae con 53, Phthiracaridae con 47, Oppiidae con 27, Tectocepheidae y Xylobatidae con 24, así como Microzetidae con 20 (Fig. 7A). Para la zona de acahual, las más abundantes fueron Haplozetidae con 473, Tectocepheidae 181, Epilohmanniidae y Phthiracaridae con 116, Oppiidae con 111 y Scheloribatidae con 101 (Fig. 7B). En el caso de la zona de bosque, las familias más abundantes fueron Haplozetidae con 217 organismos, Oppiidae 152, Phthiracaridae 114, Tectocepheidae 106, Eremobelbidae 88, Scheloribatidae 79 y Galumnidae con 77 (Fig. 7C).

Cuadro 2. Estructura de la comunidad de ácaros Cryptostigmata para el mes de Mayo de 2002, en la finca de "El Nueve", Santa Ma. Huatulco, Oaxaca.. La densidad (no. de individuos /m²) se muestra entre paréntesis. H= Hojarasca, Su= Suelo, S= Riqueza, H'= índice de diversidad de Shannon, J' = equitatividad de Pielou, λ= Índice de diversidad de Simpson. * Primer registro para el estado.

Especie/Asociación-Biotopo	CAFETAL		ACAHUAL		BOSQUE		Total H	Total Su	Total
	H	Su	H	Su	H	Su			
Mesoplophoridae *									
<i>Mesoplophora</i> sp.	0	0	18	15	10	21	28	36	64 (107)
Sphaerochthoniidae *									
<i>Sphaerochthonius</i> sp.	0	0	0	29	0	0	0	29	29 (48)
Phthiracaridae *									
<i>Hoplophorella ca.fonseciai</i>	29	18	67	49	71	43	167	110	277 (462)
Euphthiracaridae									
Morfoespecie 1	8	3	41	32	14	23	63	58	121 (202)
Epilohmanniidae									
<i>Epilohmannia pallida</i> *	2	61	0	116	14	55	16	232	248 (413)
Nothridae									
<i>Nothrus</i> sp.	0	0	0	0	5	0	5	0	5 (8)
Nanhermanniidae*									
Morfoespecie 2	0	0	0	0	5	0	5	0	5 (8)
Hermanniellidae *									
<i>Sacculobates</i> sp.	9	8	3	3	3	2	15	13	28 (47)
Plasmobatidae									
<i>Plasmobates</i> sp.	5	11	0	6	0	1	5	18	23 (38)
Liodidae*									
Morfoespecie 3	0	0	0	0	3	0	3	0	3 (5)
Gymnodamaeidae									
<i>Plesiodameus</i> sp.	0	0	0	0	2	39	2	39	41 (68)
Microtegeidae *									
<i>Microtegeus similis</i>	0	0	0	0	3	0	3	0	3 (5)
Charassobatidae*									
Morfoespecie 4	0	0	0	0	6	0	6	0	6 (10)
Microzetidae									
<i>Acaroceras</i> sp.	0	20	3	41	39	27	42	88	132 (220)
Eremobelbidae									
<i>Eremobelba piffli</i> *	0	5	0	0	39	49	39	54	93 (155)
Heterobelbidae									
<i>Heterobelba</i> sp.	0	0	0	0	1	0	1	0	1 (2)
Basilobelbidae *									
<i>Basilobelba ca. weneri</i>	0	8	0	12	0	0	0	20	20 (33)
Liacaridae *									
<i>Liacarus</i> sp.	0	0	3	0	0	14	3	14	17 (28)
Xenillidae *									
<i>Xenillus</i> sp.	0	0	0	0	3	0	3	0	3 (5)
Carabobidae *									
<i>Cubabodes</i> sp.	0	0	0	0	12	0	12	0	12 (20)

Cuadro 2. continuación

Especie/Asociación-Biotopo	CAFETAL		ACAHUAL		BOSQUE		Total H	Total Su	Total
	H	Su	H	Su	H	Su			
Tectocepheidae									
<i>Tectocephus</i> sp.	2	22	0	181	31	75	33	278	311 (518)
Dampfiellidae									
<i>Beckiella arcta</i> *	0	0	0	7	5	0	5	7	12 (20)
Oppiidae									291 (485)
<i>Karenella</i> sp.*	1	26	11	100	32	120	44	246	290 (483)
<i>Arcoppia serrulata</i> *	0	0	0	0	0	1	0	1	1 (2)
Sternoppiidae *									
<i>Sternoppia</i> sp.	0	0	0	0	0	15	0	15	15 (25)
Xylobatidae									
<i>Xylobates</i> sp.	0	24	12	57	29	37	41	118	159 (265)
Haplozetidae									743 (1238)
<i>Rostrozetes foveolatus</i>	8	45	233	240	105	112	346	397	742 (1237)
<i>Rostrozetes</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	1	1 (2)
Scheloribatidae									187 (312)
<i>Samoabates</i> sp.*	0	0	0	0	0	1	0	1	1 (2)
<i>Scheloribates ca. elegans</i>	0	7	5	96	18	60	23	163	186 (310)
Ceratozetidae *									
<i>Ceratozetes</i> sp.	0	0	0	3	0	9	0	12	12 (20)
Epactozetidae *									
<i>Truncozetes ca. sturmi</i>	0	0	0	5	7	0	7	5	12 (20)
Galumnidae									
<i>Acrogalumna</i> sp.*	3	3	44	32	56	21	103	56	159 (265)
TOTAL POR BIOTOPO	67 (670)	261 (2610)	440 (4400)	1024 (10240)	514 (5140)	725 (7250)	1021 (3403)	2010 (6700)	3031 (5052)
S	9	14	11	18	24	21	26	25	33
H'	1.745	2.304	1.549	2.333	2.616	2.58	2.318	2.542	2.583
J'	0.794	0.873	0.646	0.807	0.823	0.847	0.553	0.731	0.667
λ	0.232	0.122	0.293	0.126	0.097	0.091	0.164	0.104	0.109

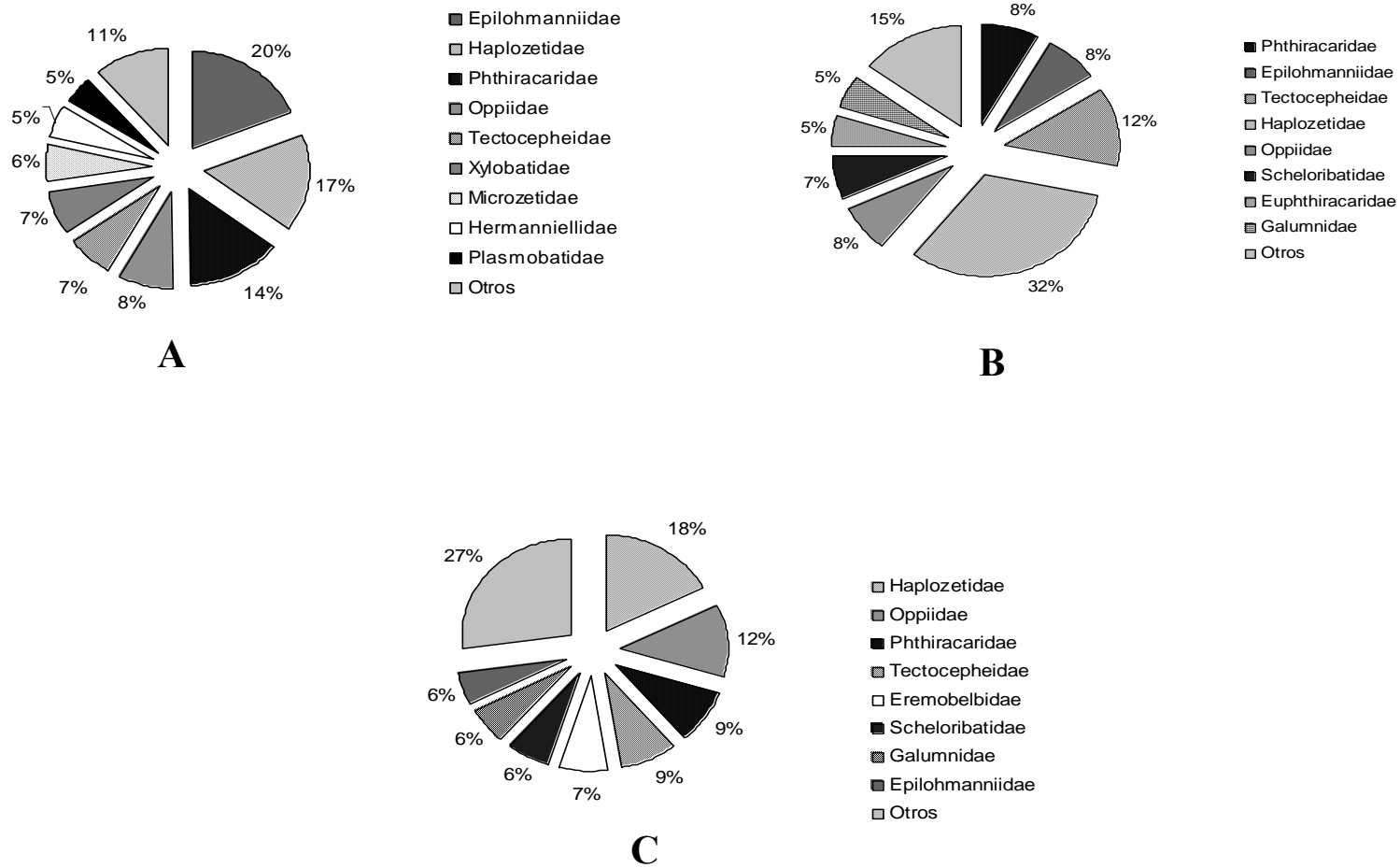


Figura 7. Abundancia relativa de familias de Cryptostigmata en distintos tipos de vegetación en la Finca "El Nueve", Santa María Huatulco, Oaxaca. A) Cafetal, B) Acahual, C) Bosque.

Las especies más abundantes en la zona de cafetal fueron *Epilohmannia pallida*, seguida de *Rostrozetes foveolatus*, *Hoplophorella ca. fonseciai*, *Karenella* sp., *Tectocephus* sp., *Xylobates* sp., y *Acaroceras* sp. (Fig. 8A). Para la zona de acahual las especies con mayor abundancia fueron *Rostrozetes foveolatus*, seguida de *Tectocephus* sp., *Hoplophorella ca. fonseciai*, *Epilohmannia pallida*, *Karenella* sp., *Scheloribates ca. elegans* y *Acrogalumna* sp. (Fig. 8B). Con respecto a la zona de bosque las especies con mayor abundancia fueron *Rostrozetes foveolatus*, seguida de *Karenella* sp., *Hoplophorella ca. fonseciai*, *Tectocephus* sp., *Eremobelba piffli*, *Scheloribates ca. elegans* y *Acrogalumna* sp. (Fig. 8C).

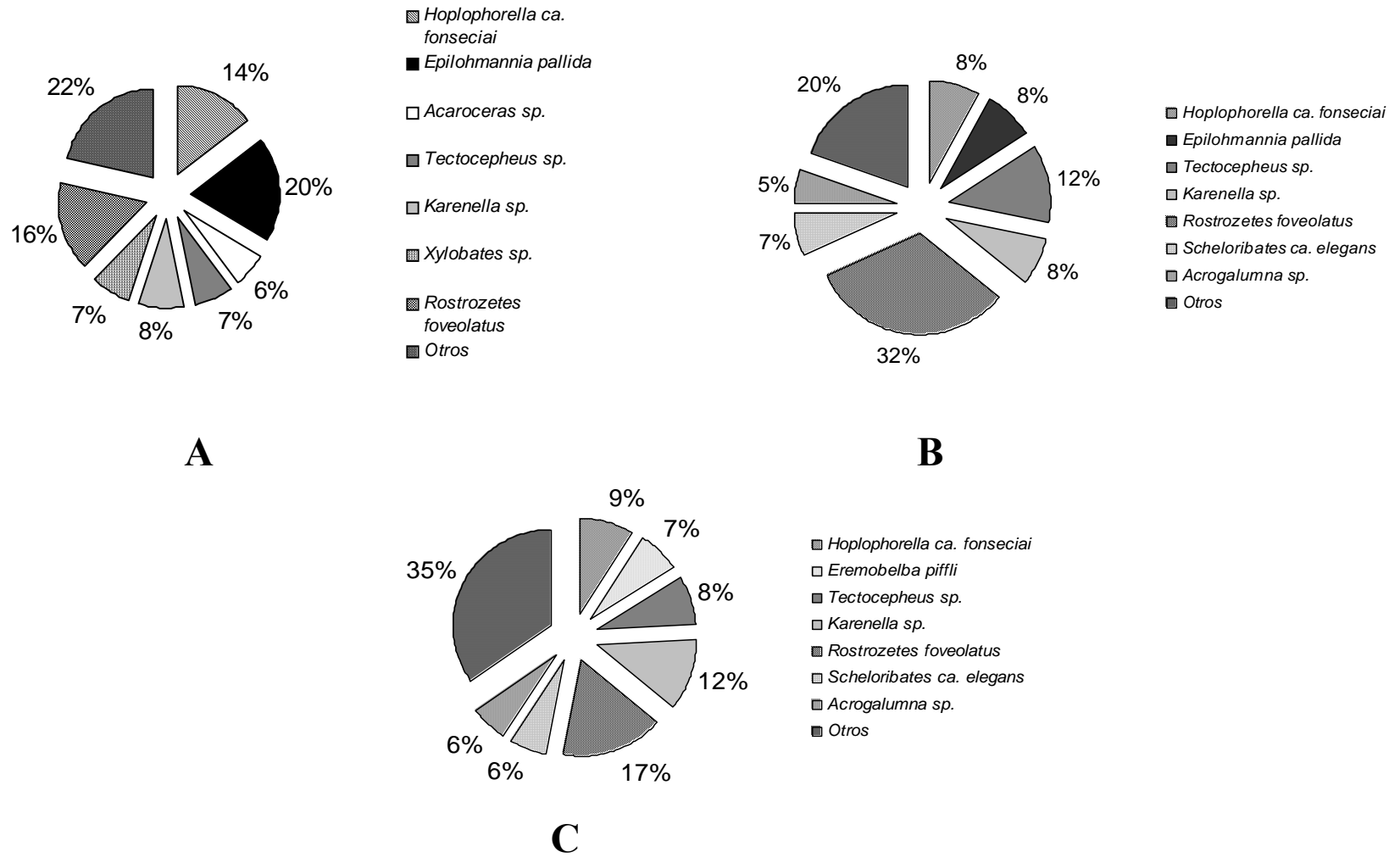


Figura 8. Abundancia relativa de especies de Cryptostigmata en tres diferentes zonas dentro de la Finca “el Nueve”, Santa María Huatulco, Oaxaca. A) Cafetal, B) Acahual, C) Bosque.

Densidades de Cryptostigmata

La densidad mayor de organismos se encontró en el suelo del acahual con 10,240 ind./m² (e. e.= ±122.82), seguido del suelo del bosque con 7,250 ind./m² (e. e.= ±49.39), la hojarasca del bosque con 5,140 ind./m² (e. e.= ±54.92), hojarasca del acahual con 4,400 ind./m² (e. e.= ±78.01), suelo del cafetal con 2,610 ind./m² (e. e.= ±36.81) y por último, la hojarasca del cafetal con 670 ind./m² (e. e.= ±33.63). Las principales diferencias en las densidades, se presentaron entre el cafetal y los otros dos tipos de vegetación (Fig. 9).

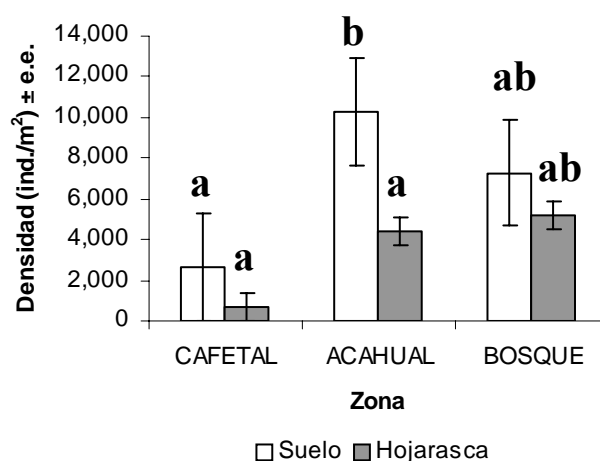


Figura 9. Densidad de criptostigmados por zona y biotopo, mostrándose el error estándar, dentro de la finca “El Nueve”, Santa Ma. Huatulco, Oaxaca. Las letras denotan las diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

De manera global, Haplozetidae fue la familia que presentó una mayor densidad con 1,238 ind./m², seguida de Tectocephidae con 518 ind./m², Oppiidae con 483 ind./m², Phthiracaridae con 462 ind./m² y Epilohmanniidae con 413 ind./m² (Cuadro 2).

El análisis de varianza, mostró un efecto significativo con respecto al tipo de vegetación ($F_{2,58} = 8.614$, $p < 0.05$) y también con el biotopo ($F_{1,58} = 6.809$, $p < 0.05$), mientras que entre la interacción de las dos variables no existieron diferencias ($F_{(1,2),58} = 0.394$, $p > 0.05$). El análisis

post hoc mediante la prueba de Tukey, mostró que el cafetal es diferente al bosque y al acahual, tanto en el suelo como en la hojarasca.

Índices de diversidad (H') y equitatividad (J') en Cryptostigmata.

De acuerdo con los resultados globales en las zonas de muestreo, la zona que presentó un menor valor de diversidad fue la hojarasca del acahual, en contraparte, el mayor valor de diversidad lo presentó la hojarasca del bosque. Aunado a estos resultados, las zonas que presentaron un menor valor del índice de Simpson fueron las del bosque, lo que quiere decir que presentaron una mayor diversidad (Cuadro 2). Para comparar los índices de diversidad de Shannon (prueba de “t”) las diferencias significativas se mostraron entre casi todas las combinaciones posibles, exceptuando las realizadas entre las hojarascas del cafetal y el acahual, los suelos del cafetal y acahual y entre los biotopos del bosque (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de t para comparar los índices de diversidad ponderada en Cryptostigmata dentro de la finca cafetalera “El Nueve”, Santa Ma. Huatulco, Oaxaca $*=p < 0.05$, ns = no significativo. Grados de libertad entre paréntesis.

	CAFETAL		ACAHUAL		BOSQUE	
	H	S	H	S	H	S
CAFETAL						
H						
S	4.68* (92)					
ACAHUAL		2.14* (679)				
H	1.60 n. s. (101)	10.67* (691)				
S	5.18* (75)	0.53 n. s. (458)	13.07* (678)			
BOSQUE		63.45* (656)		88.33* (2693)		
H	7.42* (86)	5.06* (625)	15.92* (849)	5.80* (985)		
S	7.35* (75)	1.83* (451)	17.19* (668)	6.41* (1701)	0.75 n. s. (945)	

Índice de similitud en Cryptostigmata.

Al realizar el índice de similitud mediante el diagrama de cluster (Fig. 10) entre las diferentes zonas de colecta y sus biotopos, se observó que las zonas que comparten más especies son los biotopos del cafetal, seguido del suelo del acahual con respecto a los dos anteriores. En cambio con lo que respecta a la hojarasca del bosque, se aprecia claramente que es una zona que no muestra una estrecha relación de especies con respecto a los demás sitios.

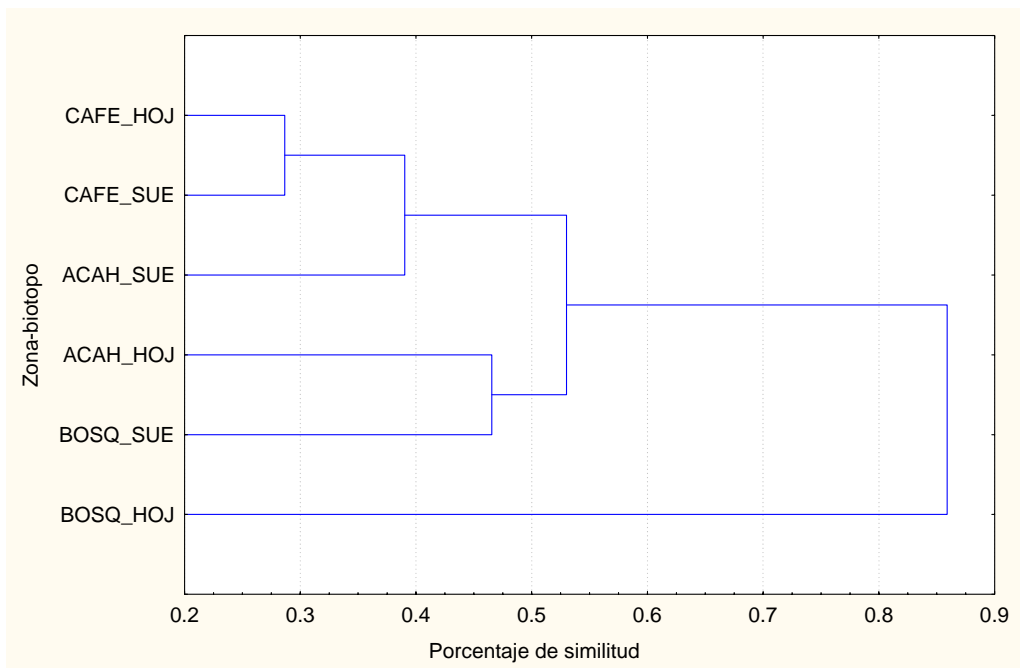


Figura 10. Dendrograma que muestra la relación entre las zonas-biotopos de acuerdo a la presencia y ausencia de especies de criptostigmados dentro de la finca cafetalera “El Nueve”, Santa María Huatulco, Oaxaca.

Abundancia absoluta y relativa de Collembola

Para el caso de los Collembola, el Orden más abundante fue el de los Entomobryomorpha con un total de 713 organismos (60.58 %), seguidos de los Poduromorpha con 402 (34.15 %); Symphypleona con 60 (5.1 %) y Neelipleona con tan sólo dos representantes (0.17 %). La zona que presentó mayor número de colémbolos fue el bosque con 656 (media \pm e. e.: 32.8 ± 9.78),

mientras que el acahual y el cafetal presentaron 409 (20.45 ± 6.37) y 112 (5.6 ± 2.9) organismos respectivamente.

El biotopo que presentó mayor número de colémbolos fue la hojarasca con 641 (54.46 %), mientras que el suelo presentó 536 (45.54 %). Se identificaron un total de 43 UTR, en donde el número de familias encontradas fue 13, siendo las más abundantes Isotomidae con 503 (42.73%) individuos, Entomobryidae con 209 (17.75%), Hypogastruridae con 163 (13.84%) y Onychiuridae con 138 (11.72%). Las zona que presentó mayor riqueza de especies fue el bosque con 31, pertenecientes a nueve familias, seguido del acahual con 25 especies agrupadas en nueve familias, mientras que el cafetal presentó sólo 13 especies representadas en seis familias, lo que dio un total de 43 especies (Cuadro 4).

A nivel genérico, la hojarasca del bosque fue la que presentó una mayor diversidad con 16 representantes, de los cuales 5 pertenecen a la familia Isotomidae. La familia Odontellidae se encontró representada únicamente para la zona de cafetal, presentándose en ambos biotopos, así como las familias Sminthuridae y Neelidae para la zona del bosque. Asimismo, la familia Sminthurididae solamente se presentó en la hojarasca del bosque, así como Katiannidae en el suelo de la misma zona. Isotomidae fue la familia con mayor diversidad de géneros al presentar nueve representantes.

Cuadro 4. Estructura de la comunidad de Collembola para el mes de Mayo de 2002, en la finca de "El Nueve", Santa Ma. Huatulco, Oaxaca. Se muestra la abundancia absoluta y densidad (ind. /m²) entre paréntesis. H= Hojarasca, Su= Suelo, S= Riqueza, H'= índice de diversidad de Shannon, J' = equitatividad de Pielou, λ= Índice de diversidad de Simpson. * Primer registro para el estado.

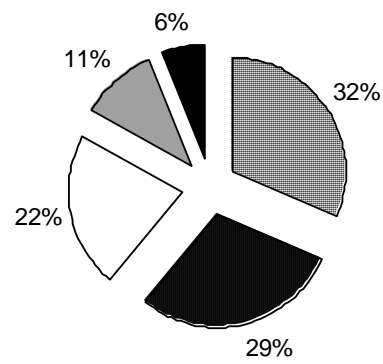
Especie/Asociación-Biotopo	CAFETAL		ACAHUAL		BOSQUE		Total H	Total Su	Total
	H	S	H	S	H	S			
Hypogastruridae									163 (272)
<i>Hypogastrura</i> sp.*	0	0	0	7	7	0	7	7	14 (23)
<i>Ceratophysella gibbosa</i>	3	17	10	20	15	11	28	48	76 ((127)
<i>Schottella</i> sp.*	0	0	0	0	1	0	1	0	1 (2)
<i>Xenylla</i> ca. <i>grisea</i> *	0	5	0	24	7	6	7	35	42 (70)
<i>X. humicola</i> *	0	0	0	0	11	0	11	0	11 (18)
<i>X. ca. tullbergi</i> *	0	0	0	1	0	0	0	1	1 (2)
<i>X. ca. welchi</i>	0	0	0	0	16	0	16	0	16 (27)
<i>X. ca. unisetata</i> *	0	0	0	0	1	0	1	0	1 (2)
<i>X. ca. fernandesi</i> *	0	0	0	1	0	0	0	1	1 (2)
Odontellidae*									33 (55)
<i>Superodontella</i> sp.	0	3	0	0	0	0	0	3	3 (5)
<i>Xenyllodes</i> sp.	14	16	0	0	0	0	14	16	30 (50)
Neanuridae									58 (97)
<i>Friesea</i> sp.*	0	0	0	2	0	1	0	3	3 (5)
<i>Neanura</i> sp.*	0	0	0	5	0	2	0	7	7 (12)
<i>Palmanura</i> sp.	0	0	0	0	0	5	0	5	5 (8)
<i>Pseudachorutes</i> sp.	0	0	4	3	4	3	8	6	14 (23)
<i>Micranurida</i> sp.*	0	0	0	0	29	0	29	0	29 (48)
Brachystomellidae									
<i>Brachystomella</i> sp.	3	0	3	4	0	0	6	4	10 (17)
Onychiuridae									138(0)
<i>Onychiurus</i> sp.*	0	1	0	4	0	1	0	6	6 (10)
<i>Protaphorura</i> sp.*	0	13	19	16	4	0	23	29	52 (87)
<i>Mesaphorura</i> sp.*	0	21	10	26	11	12	21	59	80 (133)
Isotomidae									503 (838)
<i>Folsomides parvulus</i>	1	0	0	0	85	9	86	9	95 (158)
<i>Dagamaea</i> sp.*	0	1	0	0	0	0	0	1	1 (2)
<i>Proisotoma</i> ca. <i>minuta</i> *	0	4	9	34	154	17	163	55	218 (363)
<i>Cryptopygus termophylus</i> *	0	6	0	10	0	0	0	16	16 (27)
<i>Folsomia</i> sp.*	0	0	12	0	0	0	12	0	12 (20)
<i>Folsomina onychiurina</i>	0	0	3	29	18	6	21	35	56 (93)
<i>Isotomurus</i> sp.	0	0	2	0	16	0	18	0	18 (30)
<i>Isotoma</i> sp.*	0	0	3	0	0	5	3	5	8 (13)
<i>Isotomiella</i> sp.*	0	0	6	52	17	4	23	56	79 (132)
Entomobryidae									209 (348)
<i>Entomobrya</i> sp.*	0	0	0	0	0	1	0	1	1 (2)
<i>Seira</i> ca. <i>bipunctata</i> *	0	0	0	1	0	0	0	1	1 (2)
<i>Lepidocyrtus</i> sp.*	0	0	0	0	1	0	1	0	1 (2)
<i>Pseudosinella</i> ca. <i>sexoculata</i> *	0	0	0	0	15	0	15	0	15 (25)

Cuadro 4. continuación

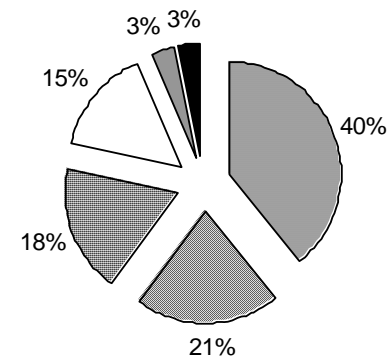
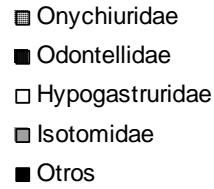
Especie/Asociación-Biotopo	CAFETAL		ACAHUAL		BOSQUE		Total	Total	Total
	H	S	H	S	H	S	H	Su	
<i>P. ca. alba</i> *	0	0	0	0	0	1	0	1	1 (2)
<i>P. ca. collina</i> *	0	0	0	1	0	0	0	1	1 (2)
<i>P. ca octopunctata</i> *	0	4	2	81	52	16	54	101	155 (258)
<i>P. sp.</i>	0	0	0	0	34	0	34	0	34(57)
Paronellidae									
<i>Salina ca. beta</i> *	0	0	0	1	0	0	0	1	1 (2)
Sminthurididae *									
<i>Sphaeridia ca. pumilis</i>	0	0	0	0	10	0	10	0	10 (17)
Katiannidae *									
<i>Sminthurinus</i> sp.	0	0	0	0	0	4	0	4	4 (7)
Dicyrtomidae*									
<i>Calvatomina</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	1	1 (2)
Sminthuridae									
<i>Neosminthurus ca. bakeri</i> *	0	0	0	3	28	14	28	17	45 (75)
Neelidae *									
<i>Megalothorax</i> sp.	0	0	0	0	1	1	1	1	2 (3)
TOTAL POR BIOTOPO	21 (210)	91 (910)	83 (830)	326 (3260)	537 (5370)	119 (1190)	641 (2137)	536 (1787)	1177 (1962)
S	4	11	12	22	23	19	27	32	43
H'	0.971	2.06	2.244	2.388	2.461	2.604	2.693	2.694	2.897
J'	0.701	0.859	0.903	0.773	0.785	0.884	0.614	0.724	0.77
λ	0.461	0.142	0.116	0.123	0.131	0.081	0.105	0.090	0.081

Con respecto al cafetal, se presentaron seis familias (Fig. 11A), de las cuales la más abundante fue Onychiuridae, seguida de Odontellidae, Hypogastruridae, Isotomidae, Entomobryidae y Brachystomellidae. Para la zona de acahual, la familia más abundante fue Isotomidae, seguida de Entomobryidae, Onychiuridae e Hypogastruridae (Fig. 11B). En la zona de bosque, la familia más abundante fue Isotomidae, seguida de Entomobryidae, Hypogastruridae, Neanuridae y Sminthuridae (Fig. 11C).

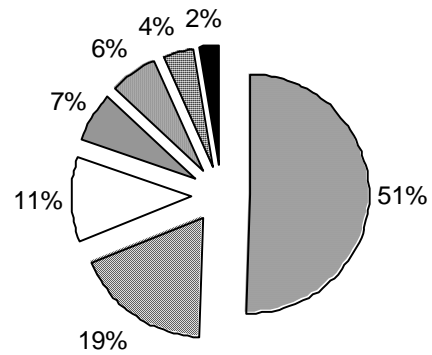
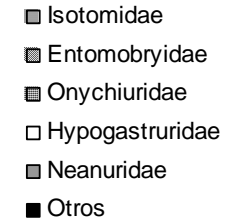
Por otra parte, las especies más abundantes en la zona de cafetal fueron *Xenyllodes* sp., seguida de *Mesaphorura*, *Ceratophysella gibbosa* y *Protaphorura* sp. (Fig. 12A). Para la zona de acahual, las especies más abundantes fueron *Pseudosinella* ca. *octopunctata*, seguida de *Isotomiella* sp., *Proisotoma minuta*, *Mesaphorura* sp., *Protaphorura* sp., *Folsomina onychiurina*, *Ceratophysella gibbosa* y *Xenylla* ca. *grisea* (Fig. 12B). Correspondiente a la zona de bosque, las especies más abundantes fueron *Proisotoma* ca. *minuta*, seguida de *Folsomides parvulus*, *Pseudosinella* ca. *octopunctata*, *Neosminthurus* ca. *bakeri*, *Pseudosinella* sp., *Micranurida* sp., *Ceratophysella gibbosa* y *Folsomina onychiurina* (Fig. 12C).



A



B



C

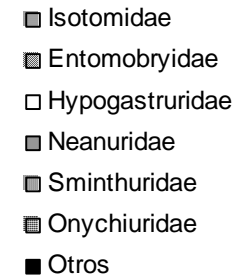
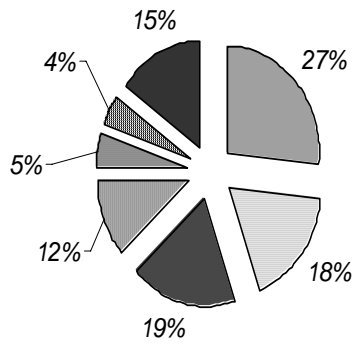
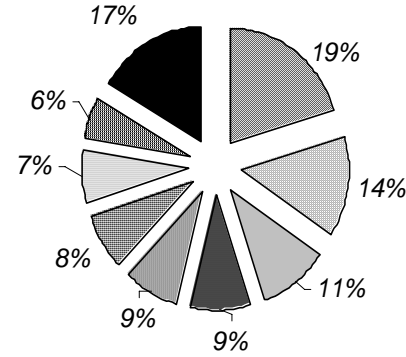


Figura 11. Abundancia relativa de familias de Collembola en distintos tipos de vegetación en la Finca "El Nueve", Santa María Huatulco, Oaxaca. A) Cafetal, B) Acahual, C) Bosque.



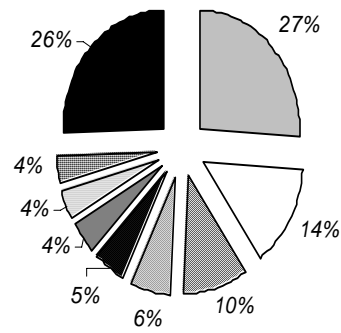
A

- Xenyllodes sp.
- Ceratophysella ca. gibbosa
- Mesaphorura sp.
- Protaphorura sp.
- Cryptopygus termophilus
- Xenylla ca. grisea
- Otros



B

- Pseudosinella ca. octopunctata
- Isotomiella sp.
- Proisotoma ca. minuta
- Mesaphorura sp.
- Protaphorura sp.
- Folsomina onychiurina
- Ceratophysella ca. gibbosa
- Xenylla ca. grisea
- Otros



C

- Proisotoma ca. minuta
- Folsomides parvulus
- Pseudosinella ca. octopunctata
- Neosminthurus ca. bakeri
- Pseudosinella sp.
- Micranurida sp.
- Ceratophysella ca. gibbosa
- Folsomina onychiurina
- Otros

Figura 12. Abundancia relativa de especies de Collembola en distintos tipos de vegetación en la Finca “El Nueve”, Santa María Huatulco, Oaxaca. A) Cafetal, B) Acahual, C) Bosque.

Densidades de Collembola

La hojarasca del bosque fue la que presentó el mayor valor con 5,370 ind./ m² (e. e.= ±74.42), seguido de el suelo del acahual con 3,260 ind./ m² (e. e.= ±63.06), el suelo del bosque con 1,190 ind./ m² (e. e.= ±27.95), suelo del cafetal con 910 ind./ m² (e. e.= ±57.49), hojarasca del acahual con 830 ind./ m² y la hojarasca del cafetal con 210 ind./ m² (e. e.= ±57.49) (Fig. 13).

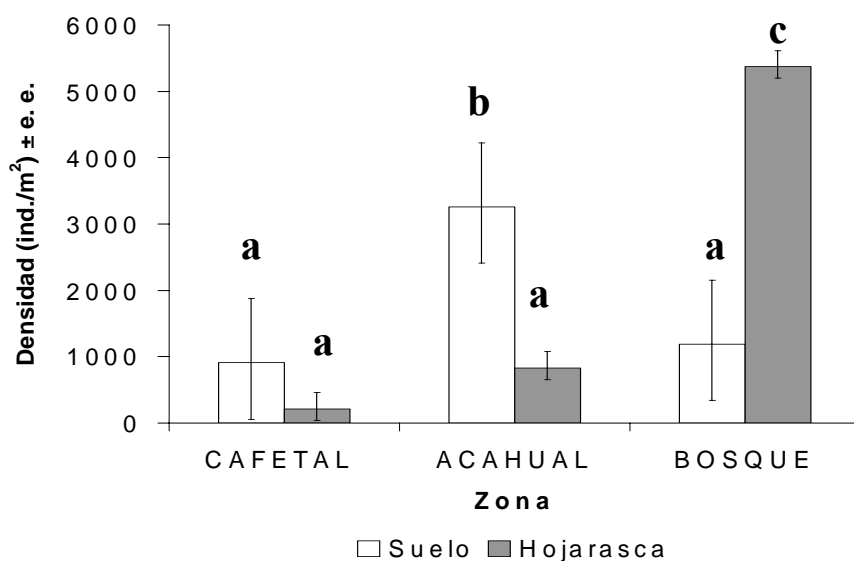


Figura 13. Densidad de colémbolos por zona y biotopo, mostrándose el error estándar, dentro de la finca “El Nueve”, Santa Ma. Huatulco, Oaxaca. Las letras denotan las diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Con respecto a las familias, Isotomidae presentó la mayor densidad con 838 ind./ m², seguida de Entomobryidae con 348 ind./ m², Hypogastruridae con 272 ind./ m² y Onychiuridae con 230 ind./ m² (Cuadro 4).

El análisis de varianza, mostró un efecto significativo con respecto al tipo de vegetación ($F_{2,58} = 7.6238$, $p < 0.05$), pero no así con el biotopo ($F_{1,58} = 0.0557401$, $p < 0.05$); mientras que entre la interacción de las dos variables si existieron diferencias ($F_{(1,2),58} =$

6.75341129, $p > 0.05$). El análisis post hoc mediante la prueba de Tukey mostro que el cafetal es diferente al bosque y al acahual, particularmente con la hojarasca. El acahual y el bosque también fueron diferentes en el biotopo hojarasca.

Índices de diversidad (H') y equitatividad (J') en Collembola.

Tomando en cuenta los valores totales por cada zona, la hojarasca del cafetal fue la que presentó el menor valor de diversidad, en cambio, la zona que presentó un mayor índice de diversidad fue el suelo del bosque (Cuadro 4).

En lo que respecta a los valores de equitatividad, la hojarasca del acahual fue el valor más alto, mientras que la hojarasca del cafetal, fue la zona que presentó el menor valor. Para los resultados de Simpson, el suelo del bosque fue el que registró la menor dominancia (0.081), pero con la mayor cantidad de especies muy abundantes; en cambio la hojarasca del cafetal fue la que presentó la mayor dominancia y con menor número de especies abundantes (Cuadro 4).

Al realizar los análisis de índices de diversidad con la prueba de "t", se mostraron diferencias significativas en la mayoría de los casos, a excepción de las comparaciones realizadas entre el suelo del cafetal y la hojarasca del acahual, el suelo del acahual y hojarasca del bosque, así como entre los biotopos del acahual, como entre los del bosque y la comparación entre las zonas de acahual y bosque (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de t para comparar los índices de diversidad ponderada en Collembola dentro de la finca cafetalera “El Nueve”, Santa Ma. Huatulco, Oaxaca. $*=p < 0.05$, ns = no significativo. Grados de libertad entre paréntesis.

	CAFETAL		ACAHUAL		BOSQUE	
	H	S	H	S	H	S
CAFETAL						
H						
S	5.57*	(28)				
ACAHUAL		4.93*	(190)			
H	6.53*	(28)	1.04 n.s.	(167)		
S	7.50*	(25)	2.50*	(155)	0.002 n.s.	(185)
BOSQUE		5.97*	(185)	1.42 n.s.	(385)	
H	7.97*	(24)	3.28*	(139)	2.56*	(161)
S	8.48*	(27)	4.27*	(170)	3.73*	(187)
					2.58*	(286)
					0.001 n.s.	(254)

Índice de similitud en Collembola.

Los análisis de similitud de los colémbolos arrojaron que los biotopos del acahual son los que comparten más número de especies, teniendo al suelo del bosque como el grupo más cercano a éstos. Por otra parte, se muestra que la zona del cafetal, (principalmente el suelo) no presenta mucha relación de especies con las zonas anteriores. Con respecto a la hojarasca del bosque, se trata de una zona que no presenta mucha relación con ninguna de las anteriores, por lo que, a partir de estos resultados, podría ser considerada como una zona totalmente diferente a las otras zonas (Fig. 14).

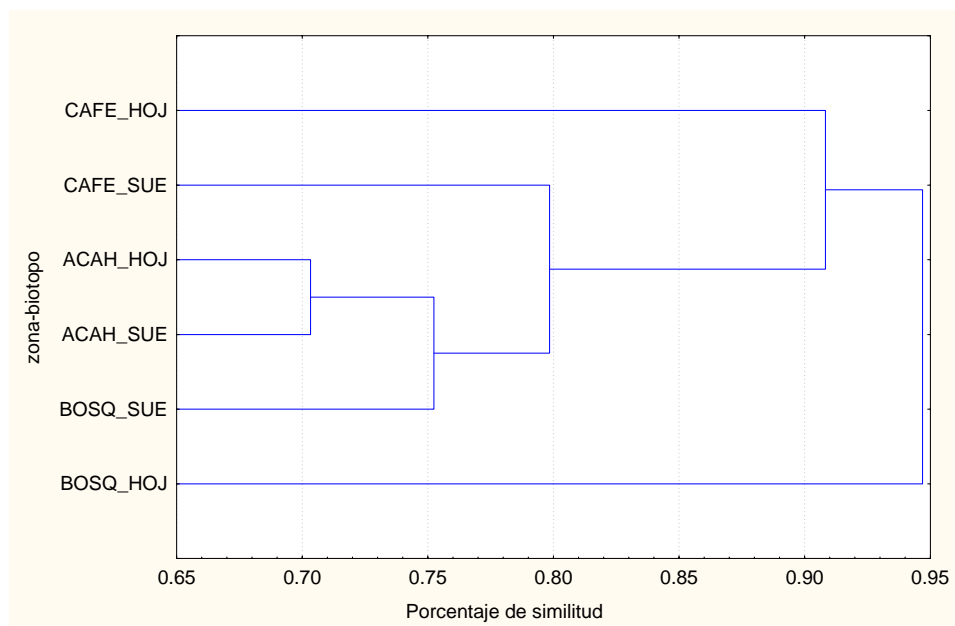


Figura 14. Dendrograma que muestra la relación entre las zonas-biotopos de acuerdo a la presencia y ausencia de especies de colémbolos dentro de la finca cafetalera “El Nueve”, Santa María Huatulco, Oaxaca.

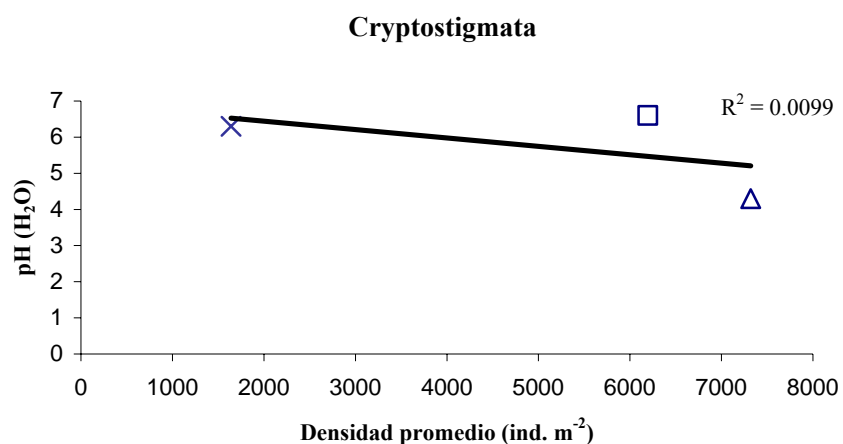
Análisis edafológicos y su relación con Cryptostigmata y Collembola.

Los valores de cada parámetro en cada zona se ven representados en el Cuadro 6, en donde el mayor valor de pH y porcentaje de carbono se muestran en la zona de bosque; a diferencia de la temperatura, la cual su valor mayor valor se ve representado en la zona de cafetal.

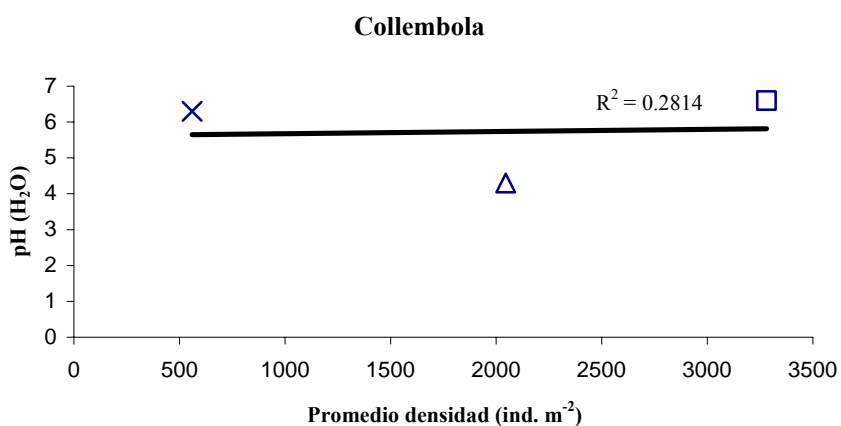
Cuadro 6. Datos de las características de los suelos en las tres zonas de muestreo, dentro de la finca “El Nueve”, Santa Ma. Huatulco, Oaxaca.

Parámetros/Zona	CAFETAL	ACAHUAL	BOSQUE
pH (H ₂ O)	6.3	4.3	6.6
C (g • kg ⁻¹)	58.6	55.6	68.5
Temperatura (°C)	21.5	20	19

En lo que respecta al pH (H₂O), la tendencia de la relación entre este parámetro y los criptostigmados es prácticamente nula ($R^2 = 0.0099$) (Fig. 15A); mientras que para los colémbolos se mostró una tendencia ligeramente positiva ($R^2 = 0.2814$), la cual se interpreta como a mayor valor de pH, mayor es la densidad de colémbolos (Fig. 15B).



A



B

Figura 15. Tendencia entre el pH y la densidad de criptostigmados (A) y colémbolos (B) en la finca cafetalera “El Nueve”, Santa María Huatulco, Oaxaca. La línea negra representa la tendencia de la correlación. × = cafetal, Δ = acahual, □ = bosque.

Para el porcentaje de carbono, en ambos grupos se mostró una ligera tendencia positiva, ya que en los criptostigmados se presenta un valor de $R^2 = 0.0124$ (Fig. 16A), mientras que para los colémbolos fue algo semejante ($R^2 = 0.4847$) (Fig. 16B), mismas que se pueden interpretar como a mayor cantidad de carbono, mayor será la densidad en ambos grupos.

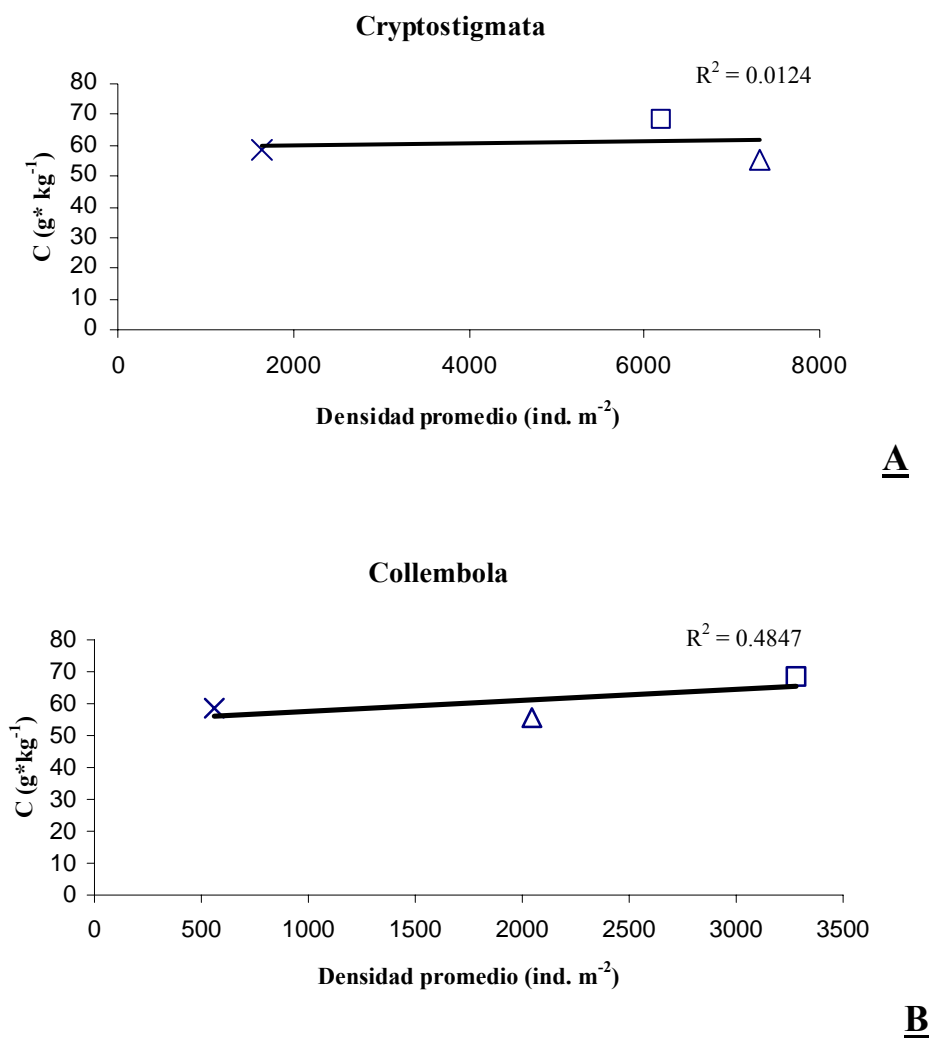
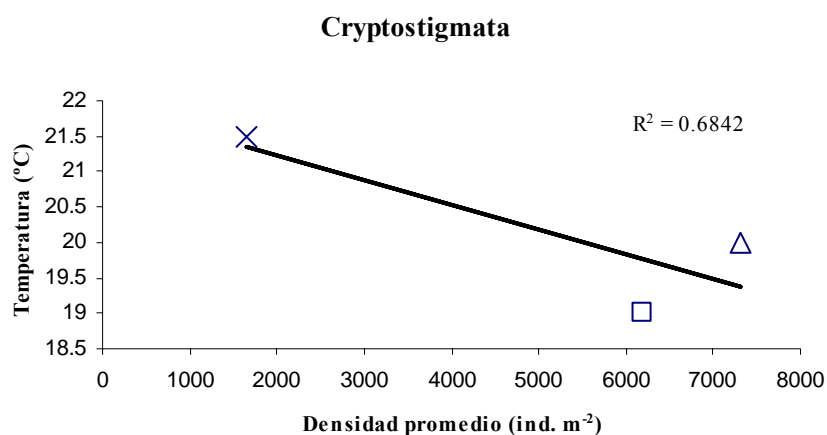
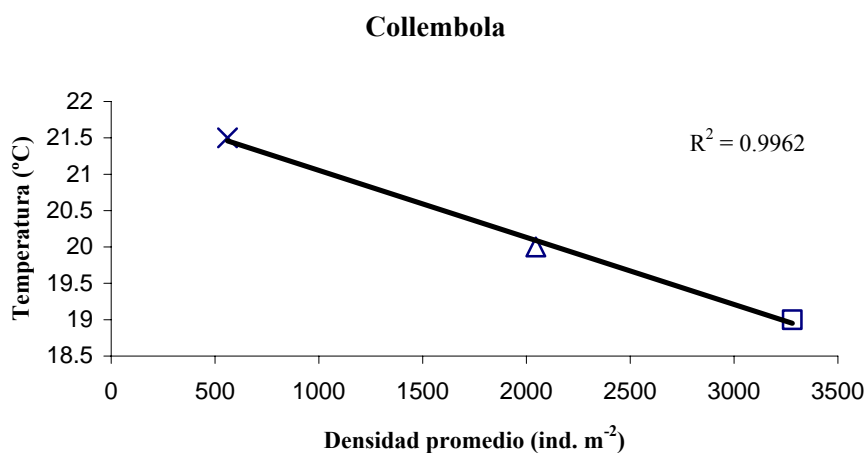


Figura 16. Tendencia entre el contenido de carbono y la densidad de criptostigmados (A) y colémbolos (B) en la finca cafetalera “El Nueve”, Santa María Huatulco, Oaxaca. La línea negra representa la tendencia de la correlación. × = cafetal, △ = acahual, □ = bosque.

En el caso de la temperatura, la tendencia fue negativa, ya que en los Cryptostigmata se mostró un valor de $R^2 = 0.6842$ (Fig. 17A), al igual que en Collembola, sólo que esta última mostró una tendencia mayor a los anteriores ($R^2 = 0.996$) (Fig. 17B), tales tendencias se pueden interpretar como a menor temperatura, las densidades de criptostigmados y colémbolos serán mayores.



A



B

Figura 17. Tendencia entre la temperatura y la densidad de criptostigmados (A) y colémbolos (B) en la finca cafetalera “El Nueve”, Santa María Huatulco, Oaxaca. La línea negra representa la tendencia de la correlación. × = cafetal, Δ = acahual, □ = bosque

Análisis de χ^2 para Cryptostigmata y Collembola.

Se realizó el análisis de χ^2 , en donde se planteó una prueba de independencia, para observar si la abundancia de criptostigmados, colémbolos y los restantes grupos de organismos, difieren dependiendo el tipo de vegetación (cafetal, acahual y bosque).

En dicho caso se mostró que el tipo de vegetación si tiene un efecto significativo sobre los grupos en estudio y el resto de los organismos, ya que el valor calculado ($\chi^2_{0.05, 4} = 411.425$) fue mayor que el valor de tablas ($\chi^2_{0.05, 4} = 9.49$).

VIII. DISCUSIÓN

En los últimos años, a nivel mundial existe una controversia sobre cómo afecta la pérdida de la biodiversidad al mantenimiento de las funciones del ecosistema. Esto ha generado un interés común entre distintas disciplinas que buscan enfocar objetivos y aportar nuevas interpretaciones, generalizaciones y predicciones de los resultados experimentales que nos aproximen al conocimiento de la relación entre la biodiversidad y los procesos del ecosistema (Tinaut & Ruano 2002).

En el sistema suelo la mayor parte de la fauna se encuentra constituida por invertebrados, particularmente por artrópodos, donde sus mejores representantes suelen ser los ácaros y colémbolos. Estos microartrópodos han generado interés en muchos autores debido a la importancia que representan para el medio edáfico, el cual puede ser visualizado desde el punto de vista de diversidad y abundancia, así como por el papel ecológico que desarrollan, lo que conlleva a una prioridad de tipo conservacionista y económica para el hombre. A consecuencia de esto, son varios los investigadores que los han nombrado como organismos indicadores, principalmente, por los trabajos realizados en zonas donde el suelo ha sido sometido a diversos tipos de alteración antrópica (De Izarra & Boo 1980; Seastedt 1984; Kopeszki 1997; Schrader & Lingnau 1997; Rusek 1998; Behan-Pelletier 1999; Knoepp *et al.* 2000).

En cuanto a la composición de la fauna de organismos estudiados en este trabajo, se lograron identificar para los ácaros Cryptostigmata un total de 30 familias, con 28 géneros y 33 especies; mientras que para el caso de Collembola, se obtuvo un total de 13 familias, representadas en 34 géneros y 43 especies.

Abundancia y diversidad de Cryptostigmata.

Con referencia a la cantidad de familias de criptostigmados, se registraron 6 familias menos a las encontradas por Marín-Castro (2006), en el cual se comparten un total de 19 familias;

tales semejanzas se pueden entender por las condiciones de clima y vegetación muy similares donde se realizaron ambos trabajos, además de que se practica el mismo tipo de cultivo.

En sentido opuesto, Iglesias (2006) encontró una menor abundancia y diversidad de criptostigmados (15 familias) en suelos que presentan una mayor intensidad de uso y con cultivos que alteran más la vegetación original, lo que genera cambios sustanciales en la composición de la fauna edáfica en general.

De las tres zonas estudiadas, es notorio que el número de especies varía de forma considerable, principalmente entre las zonas de cafetal y el bosque (14 y 31 especies respectivamente), y donde el acahual figura como un lugar intermedio (19 especies). Estos resultados concuerdan con lo que sucede normalmente en zonas alteradas, ya sea por la acción de la agricultura o por alguna práctica forestal (Iglesias 2006; Cutz-Pool 2003). Las especies con mayor abundancia y distribución resultaron ser *Rostrozetes foveolatus*, *Tectocephus* sp., *Karenella* sp. y *Hoplophorella ca. fonsenciai*, ya que se presentaron en las tres zonas de estudio, lo que probablemente se deba a que son especies con alto grado de distribución y adaptación a los cambios en el medio edáfico, principalmente para las dos primeras (Behan-Pelletier 1999; Iglesias 2006), aunque en definitiva esto puede resultar muy relativo, dado las condiciones climáticas y edáficas que se presenten en un lugar determinado.

La zona de acahual presentó la mayor abundancia, pero no así en la diversidad, lo que podría atribuirse a la alta presencia de *Rostrozetes foveolatus* (32%), así como de *Tectocephus* sp. (12%), lo que refleja la alta resistencia de estas especies a condiciones adversas (Iglesias 2006). En la zona de bosque, en cuestión de la abundancia no se presentó lo que se esperaba, pero con respecto a la diversidad fue la zona que registró mayor número de especies, aunque muchas de ellas con un número de individuos bajo (*Nothrus* sp., *Morfoespecies* 2, 3, y 4, *Microtegeus similis*, *Heterobelba* sp., *Xenillus* sp., *Beckiella arcta*, *Arcoppia serrulata*, *Rostrozetes* sp.,

Samoabates sp., entre otras), lo que podría indicar la presencia de una mayor cantidad de recursos alimenticios en la zona (Iglesias 2006). En la zona de cafetal, las especies más abundantes fueron *Epilohmannia pallida* (20%), *Rostrozetes foveolatus* (16%) y *Hoplophorella ca. fonsecai* (14%) por lo que la pérdida de la hojarasca, y la alteración en general de esta zona, pone de manifiesto que el suelo al ser sometido a cambios, promueve la modificación de las comunidades de ácaros criptostigmados, que en muchos casos, se refleja de forma negativa (Loranger *et al.* 1998).

Índices de diversidad (H'), equitatividad (J') y dominancia (λ) en Cryptostigmata.

Los mayores valores de diversidad se encontraron en la zona del bosque, lo cual se favoreció por la poca alteración al medio edáfico, así como a la presencia de la cobertura vegetal en el suelo (González *et al.* 2003). Esto se vio reflejado en los valores de equitatividad y de dominancia de ambos biotopos (Cuadro 2), ya que no existieron muchas diferencias entre ambos, lo que podría estar hablando de una mejor distribución de las especies en dicha zona.

Por otra parte, la hojarasca del acahual mostró el valor de diversidad más bajo, lo cual repercutió en los valores de equitatividad y dominancia (Cuadro 2). Esto pudo deberse a que es una zona alterada que anteriormente se utilizó para el cultivo, y que actualmente se encuentra en estado de sucesión, lo cual estaría validando la alta presencia de *Rostrozetes foveolatus* (53%), que es una especie característica en suelos alterados y con amplia distribución (Betsch & Cancela da Fonseca 1995; Franklin *et al.* 2004; Iglesias 2006).

Para la zona de cafetal, en particular el biotopo suelo, se presentó un valor mayor de diversidad con respecto a la hojarasca del acahual, lo que probablemente este propiciado por una menor cantidad de nutrientes presentes en el acahual (Cuadro 6) y por otro lado, el relativo bajo impacto del cafeto sobre el ecosistema original (García-Calderón, com. per.). Aunque se conoce que en los campos erosionados carentes de cobertura vegetal, se afectan las densidades

poblacionales de los ácaros criptostigmados (Adán *et al.* 1991, citado por González *et al.* 2003), pero también se sabe que estos organismos y otros integrantes de la mesofauna, al encontrarse en tales circunstancias, suelen migrar hacia el suelo mas profundo, manteniéndose entre los intersticios del mismo (Palacios-Vargas *et al.* 2000a; González *et al.* 2003).

Densidad e índice de similitud en Cryptostigmata.

La mayor densidad se presentó en el suelo del acahual, y en general, fue el biotopo donde se encontraron los valores mayores con respecto a la hojarasca de cada zona. Sin embargo, se denota que en el bosque fue donde las diferencias entre ambos biotopos fueron mínimas (Figura 8), lo que podría estar representando la condición de un lugar con condiciones relativamente estables; situación opuesta en el acahual y el cafetal, donde las densidades presentan diferencias considerables. Probablemente, tal situación estaría reflejando las condiciones del medio edáfico en cada zona, es decir, los cambios relacionados con el contenido de agua, temperatura, textura, aereación y disminución de nutrimentos en el suelo (Kladivko 2001, citado por Marín 2006). En el acahual las densidades muestran semejanzas con las otras zonas, lo que podría sugerir un posible estado de sucesión de la misma, es decir, un lugar que tras haber sido sometido a un cierto grado de estrés, se encuentra en un proceso de recuperación natural de sus condiciones bióticas y abióticas (Mendoza 1995). Esta distribución podría ser atribuida también a la poca cobertura vegetal en la zonas de cafetal y acahual, ya que sus principales fuentes alimenticias dependen de restos vegetales, hongos y detritus, generando un movimiento vertical de la fauna en busca de mayor humedad a mayores profundidades (Lavelle 1996), sin embargo hay que tener en consideración que solamente se realizo un muestreo, la cual se realizó en épocas de secas.

Por otra parte, con respecto a la similitud de especies, en los biotopos del cafetal se compartieron 9 de las 14 especies presentes en la zona. Esto podría estar explicando que en este

sitio se encuentran principalmente especies con un alto grado de resistencia a las alteraciones edáficas, como es el caso de *Rostrozetes foveolatus* (Franklin *et al.* 2004) y *Tectocephus* sp., (Behan-Pelletier 1999) principalmente. La mayoría de las especies presentes en el cafetal se compartieron con el suelo del acahual, a excepción de *Eremobelba piffli* (Tabla 2), por lo que se justifica la cercanía de este biotopo con los del cafeto. Asimismo, la hojarasca del acahual y el suelo del bosque generaron un pequeño grupo, en el cual se comparten un total de 11 especies, y de las cuales en su mayoría, se comparten a su vez con el suelo del acahual. Esto podría estar fortaleciendo la idea de que la zona de acahual es una zona de transición, es decir, que la secuencia de cambios en la composición de especies de la comunidad se encuentra asociada con una serie de modificaciones en las propiedades funcionales y estructurales del suelo (Mendoza 1995). Por otra parte, la hojarasca del bosque, no mostró una relación tan cercana a los demás puntos (aunque con el suelo de la misma zona se compartieron 14 especies), debido a que en ella se presentaron muchas especies con una abundancia pequeña, las cuales, en su mayoría, no se presentaron en las otras zonas.

Abundancia y diversidad de Collembola

Para las familias de colémbolos, se registran 3 más que las de Cutz-Pool (2003), y 10 son registros compartidos; mientras que con el trabajo de Mendoza *et al.* (1999) se mencionan 7 familias más, compartiéndose un total de 5 familias.

El número de especies encontradas para cada zona varía considerablemente. En el cafetal se obtuvieron 13 especies, para el acahual 25 y 31 para el bosque. Tales resultados son similares con otros trabajos realizados en zonas de cultivo, donde las partes alteradas suelen presentar un menor número de especies con respecto a zonas en desuso o en condiciones con muy poca alteración (Mendoza 1995). Las especies con mayor abundancia fueron *Proisotoma ca. minuta*,

Pseudosinella ca. *octopunctata*, *Folsomides parvulus* y *Mesaphorura* sp. Por otro lado las especies que presentaron una mayor distribución fueron *Ceratophysella* ca. *gibbosa*, *Mesaphorura* sp., *Proisotoma* ca. *minuta* y *Pseudosinella* ca. *octopunctata*.. En trabajos previos, se han registrado patrones similares, como es el caso de *Proisotoma* ca. *minuta*, la cual tiene como antecedente ser una especie con un amplio rango de distribución y alimentación (Cutz-Pool 2003); *Pseudosinella* ca. *octopunctata* es caracterizada por ser una especie pionera en la recolonización de suelos alterados, tal y como sucedió en el presente trabajo, al presentar la abundancia más elevada dentro de la zona de acahual; en cambio *Mesaphorura* sp., es un género que se caracteriza por el incremento de sus abundancias en suelos con una pobre o nula capa de hojarasca (Mendoza,1995), comportamiento que se mostró en la parte del cafetal. A su vez, *Ceratophysella gibbosa*, representa una especie con un amplio espectro de distribución, además de que puede encontrarse en una gran variedad de biotopos (Palacios-Vargas 1997), lo que justifica su presencia en los dos biotopos de las tres zonas. *Folsomides parvulus* es una de las especies más ubicuas, además de que se puede encontrar en varios biotopos (Palacios-Vargas 1997), pero en este caso, solamente se presentó en dos zonas, principalmente en el bosque.

Índices de diversidad (H'), equitatividad (J') y dominancia (λ) en Collembola.

Los mayores índices de diversidad se presentaron en los biotopos del bosque, ya que al igual que los ácaros, son organismos que dependen de la cobertura vegetal depositada en el suelo. A pesar de esto, el mayor valor de equitatividad se presentó en la hojarasca del acahual, lo que podría estar influenciado por la poca dominancia de especies, así como por la riqueza específica en este biotopo. Este mismo caso sucedió con el suelo del cafetal, el cual mostró una equitatividad mayor al suelo del acahual y a la hojarasca del bosque (Cuadro 4). En ambos casos puede deberse al tipo de colémbolos que se encontraron en cada zona, es decir, que a pesar de su

baja abundancia, en el suelo del cafetal y la hojarasca del acahual, hubo mayor presencia de colémbolos euedáficos, como es el caso de oniquiúridos, odontelidos y algunos isotómidos (Cutz-Pool, com. per.).

Por otra parte, en la hojarasca del cafetal se mostró el valor más bajo de diversidad, lo cual se puede atribuir a que se trata de una zona de cultivo en donde se practica el deshierbe, así como por el comportamiento de los colémbolos hacia la ausencia de cobertura vegetal el cambio de estructura en general (González *et al.* 2003). Esta situación se justifica por la poca esclerotización del cuerpo de estos hexápodos, que prácticamente no los protege de la evaporación del agua de la superficie del cuerpo, lo que los vuelve más vulnerables a la insolación, así como por la compactación del sustrato provocada por la falta de hojarasca (Schrader & Lingnau 1997; Krasilnikov *et al.*, en prensa).

Densidad e índice de similitud en Collembola.

Las mayores densidades de colémbolos se observaron en la hojarasca del bosque y en el suelo del acahual. En todos los casos, las densidades de los biotopos de cada zona mostraron marcadas diferencias entre sí, principalmente porque, tanto la hojarasca del cafetal como la del acahual, son biotopos que se han modificado por la acción de la agricultura y los procesos que en ella intervienen, como es el caso del deshierbe y la posible aplicación de fertilizantes (López Toledo, com. per.), lo que genera la desaparición de muchas especies y cambios en las abundancias de sus comunidades (Edwards & Lofty, 1969). Las diferencias significativas se mostraron principalmente entre la zona del cafetal y el bosque, lo que sucede generalmente cuando se comparan zonas de estudio con diferente uso del suelo. Asimismo, las densidades que se mostraron en el ambiente de acahual son menores que con respecto a las del bosque, pero

mayores al cafetal, sin embargo, las diferencias significativas sugieren que de alguna u otra forma, el acahual presenta semejanzas con las densidades del cafetal y el bosque.

Otra forma de abordar esta idea, la ofrecen las similitudes de especies entre las diferentes zonas. En este caso, los biotopos del acahual son lo que presentaron una relación más estrecha, ya que compartieron un total de 9 especies de las 13 que se encontraron en la hojarasca del mismo. El suelo del bosque, a pesar de que comparte aproximadamente 12 especies con el suelo del acahual, es considerado como el segundo grupo más cercano. Los biotopos del cafetal fueron el grupo subsecuente a éstos, en el cual llama la atención la presencia casi absoluta de especies que son de hábitos hemiedáficos y euedáficos. Resulta interesante el hecho de encontrar este tipo de colémbolos en un suelo que está sometido a prácticas agrícolas o que se encuentra en estado de sucesión, ya que el tipo de colémbolos puede ser una forma de vida indicadora de recuperación de un suelo, teniendo en cuenta que en los primeros años de la sucesión esta marcada por el dominio de poduromorfos y en sitios más cercanos a la estabilidad del sistema por entomobriomorfos (Casarini & Camerini 1993, citados por Mendoza 1995). Por otra parte, la hojarasca del bosque fue la zona que menos similitud de especies presentó con respecto a los demás grupos, probablemente por la presencia de muchas especies con poca abundancia y que a su vez no se presentaron en las demás zonas.

Análisis edafológicos

Con respecto a los análisis de suelo, la comparación realizada entre el pH y las densidades de criptostigmados y colémbolos, resultaron ser algo contrastantes. En primer término, para los Cryptostigmata, se mostró que el pH no ejerce un efecto sustancial sobre sus poblaciones, aún con las diferencias de valores en cada zona. Esto resulta un poco contradictorio conforme a la literatura, ya que varios autores mencionan el efecto que tiene el pH sobre las poblaciones de

organismos de suelo, en donde por lo general, la tendencia es que a menores valores de pH, la densidad de los organismos disminuye (Edwards & Lofty 1969; Knoepp *et al.* 2000; Schrader & Lignau 1997). Sin embargo, hay que tomar en consideración que existen ciertos organismos que suelen ser tolerantes a valores de pH ácidos, como es el caso de las especies que pertenecen a las familias Tectocephidae y Oppiidae (Iglesias 2006), y que al menos en este estudio, fueron de las pocas que se presentaron en todas las zonas. Debido a los datos puntuales que se obtuvieron, los resultados encontrados deben ser considerados como muy generales para el área de estudio, además de que las muestras se tomaron en solamente en épocas de secas.

En contraparte, con los colémbolos se mostró una tendencia positiva, es decir, mientras el pH se acercaba más a valores neutros, las densidades de los organismos tendieron a subir. En los Collembola existen también especies resistentes a las alteraciones o condiciones de estrés edáficas, como lo son representantes de las familias Isotomidae, Onychiuridae, y Entomobryidae (Cutz-Pool 2003; González *et al.* 2003; Rusek 1989). En el acahual la densidad de colémbolos fue mayor que en el cafetal, a pesar de presentar el valor más bajo de pH, lo que podría estar dado por la alta presencia de especies con un mayor rango de tolerancia hacia condiciones acidófilas, así como por la mayor profundidad y mejor retención de la humedad que presenta este suelo (Krasilnikov *et al.* en prensa).

En relación al porcentaje de carbono, las correlaciones presentaron una tendencia positiva para ambos grupos, es decir, a mayor cantidad de carbono las densidades tendieron a aumentar. En el bosque fue donde los valores de carbono se presentaron más altos, lo que representa de cierta forma, una mayor disponibilidad de fuentes para obtener este elemento, el cual es de vital importancia para la respiración y alimentación de la fauna edáfica en general (Larochelle *et al.* 1998).

Para la temperatura, en ambos grupos se obtuvieron correlaciones negativas, indicativo de: a mayores temperaturas, las densidades de los organismos disminuyen. En el cafetal fue donde se presentó la mayor temperatura (21.5° C), y la menor densidad en ácaros y colémbolos. Estos resultados pueden deberse a la época del año en que fueron tomadas las muestras (secas), así como la falta de materia orgánica, lo que en definitiva afecta en la temperatura y la humedad del suelo, y que por consiguiente, genera cambios en la composición y abundancia de los organismos. Esto puede dejar en claro que la composición química de los residuos vegetales, así como las condiciones de humedad y temperatura del suelo, juegan un papel importante en las densidades de microartrópodos que presenten hábitos detritívoros y fitófagos (Badejo & Tian 1999).

IX. CONCLUSIONES

Se lograron identificar un total de 76 especies, de las cuales, 33 pertenecen al Orden Cryptostigmata (incluidas 4 morfoespecies) y 43 de la Clase Collembola. Para Cryptostigmata se registran un total de 19 especies y 14 familias nuevas para el estado, mientras que para Collembola se obtuvieron un total de 34 especies y 5 familias como nuevos registros.

Resaltan por su abundancia y distribución las especies de criptostigmados en orden decreciente: *Rostrozetes foveolatus*, *Tectocephus* sp., *Karenella* sp., *Hoplophorella* ca. *fonseciai* y *Epilohmannia pallida*, localizadas en las tres zonas de muestreo. En relación a los colémbolos, las especies con mayor abundancia y distribución son *Proisotoma minuta*, *Pseudosinella* ca. *octopunctata*, *Mesaphorura* sp. y *Ceratophysella gibbosa*, encontradas en las tres zonas de muestreo, así como *Folsomides parvulus* e *Isotomiella* sp. que no se presentaron en el acahual y cafetal respectivamente.

La mayor abundancia y riqueza de criptostigmados se encontraron en las zonas de acahual y bosque respectivamente; mientras que en colémbolos, ambas características se presentaron en mayor magnitud para el bosque.

Los análisis estadísticos establecen que las tres zonas de estudio son diferentes con respecto a la estructura y densidad de las comunidades de criptostigmados y colémbolos, dadas por las diferencias entre los valores de diversidad, equitatividad, dominancia y similitud.

El acahual presentó similitudes en densidad y riqueza específica de criptostigmados y colémbolos con las otras zonas, por lo que se corrobora que es una zona en estado de sucesión, resaltando su importancia en la posible presencia y/o ausencia de determinadas especies, que puedan funcionar como indicadoras de ciertas etapas de recuperación natural.

Factores edáficos como el pH., contenido de carbono y la temperatura, son algunos de los factores que influyen en la abundancia y composición de las comunidades de microartrópodos dentro de los diferentes suelos de la finca, debido a la tolerancia a condiciones de estrés de las especies, como es el caso de *Rostozetes foveolatus* y *Tectocephus* sp. (Cryptostigmata), así como *Ceratophysella gibbosa* y *Mesaphorura* sp. (Collembola).

Criptostigmados y colémbolos son taxa que reaccionan a las alteraciones del medio edáfico, por lo que pueden ser utilizados como indicadores de la calidad del suelo, y que, junto con los parámetros edáficos, representan factores importantes para el desarrollo de técnicas adecuadas y orientadas a mejorar la productividad y conservación del mismo.

LITERATURA CITADA

- Aguayo, G. & V. Biaggi. 1982. *Diccionario de Biología Animal*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 325 pp.
- Aguilar-Ortiz, F. 1982. Estudio ecológico de las aves del cafetal. pp. 103-127. *En*: Jiménez Ávila E. & A. Gomez-Pompa (eds.). Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México.
- Al-Assuity, A. I. M., B.M. Bayoumi, M. A. Khalil & N. M. Van Straalen. 1993. Egg number and abundance of ten Egyptian oribatid mite species (Acari: Cryptostigmata) in relation to habitat quality. *European Journal Soil Biology*, 29: 59-65.
- Andrade, I. & H. Rubio. 1994. Sustainable use of the tropical rain forest: evidence from the avifauna in a shifting cultivation habitat mosaic in the Colombian Amazon. *Conservation Biology*, 8: 545-554.
- Anta, S., I. Piña, G. Sánchez, F. García, R. Gutiérrez & A. Sánchez. 1999. Estrategias para la conservación de áreas naturales protegidas en el estado de Oaxaca. *Gaceta Ecológica*, 50: 12-22.
- Badejo, A. & G. Tian. 1999. Abundance of soil mites under four agroforestry tree species with contrasting litter quality. *Biology and Fertility of Soils*, 30: 107-112.
- Balogh, J. & P. Balogh., 1992a. *The oribatid mites genera of the world*. Hungarian Natural History Museum, Budapest. I: 263 pp.
- Balogh, J. & P. Balogh., 1992b. *The oribatid mites genera of the world*. Hungarian Natural History Museum, Budapest. Vol. II: 375 pp.
- Barois, I. & G. Brown. 1999. Los suelos y la biodiversidad. pp 101-113. *En*: Siebe C., H. C. Rodarte, G. Toledo, J. Etchevers & C. Oleschko. Eds. Conservación y Restauración de Suelos.

Bartra, A. 2002.

www.wto.org/spanish/forums_s/ngo_s/ccc_cepco_sum_s.doc Consulta: 09-05 2005.

Behan-Pelletier, V.M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for biondication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 411-423.

Betsch, J.M. & J.P. Cancela da Fonseca. 1995. Changes in edaphic factors and microarthropod communities after clearing and burning in a tropical rain forest in French Guyana. *Acta Zoologica Fennica*, 196: 142-145.

Borrero, J. H. 1986. La sustitución de cafetales de sombrío por caturales y su efecto negativo sobre la fauna de vertebrados. *Caldasia*, 15: 725-732.

Butcher, J. W., R. Snider & R. J. Snider. 1971. Bioecology of edaphic collembolan and acarina. *Annual Review Entomology*, 16: 249-288.

Carmona, S. R. G. 1988. Análisis físicos y químicos de algunos suelos cafetaleros con sombra de *Inga* sp. de Xicotepec de Juárez, Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 99 pp.

Castaño-Meneses, G., J.G. Palacios-Vargas & L. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, Serie Zoología, 75: 135-142.

Christiansen, K. 1964. Bionomics of Collembola. *Annual Review Entomology*. 9: 147-178.

Christiansen, K. A. 1990. Insecta: Collembola. pp. 965-995. *En*: D.L. Dindal (ed), *Soil Biology Guide*. Wiley, New York.

Christiansen, K. & P. Bellinger. 1998. *The Collembola of North America. North of the Rio Grande, a taxonomic analysis*. Grinnell College, Iowa, 1520 pp.

Cortet, J., D. Ronce, N. Poinso-Balaguer, C. Beaufreton, A. Chabert, Ph. Viaux & J. P. Cancela de Fonseca. 2002. Impacts of different agricultural practices on the biodiversity of

- microarthropods communities in arable crop systems. *European Journal of Soil Biology*, 38: 239-244.
- Cruz-Lara, L. E., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo & N. Ramírez–Marcial. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20: 63-81.
- Cruz R. E. R. 1992. Características y distribución de la materia orgánica en relación con la altitud en suelos cafetaleros en Coatepec, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 54 pp.
- Cutz-Pool, L. 2003. Colémbolos edáficos de dos agrosistemas de San Salvador, Hidalgo. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática), Facultad de Ciencias, UNAM, pp 89.
- De Izarra, D. C. & R. Boo. 1980. Los efectos de la reforestación con plantas introducidas sobre los micrartrópodos del suelo. *Ecología*, 5: 59-70.
- De la Garza M., J. 2003. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la mesofauna edáfica con énfasis en Collembola. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 56 pp.
- Díaz, A. 1988. Estudio de comunidades de microartrópodos en Páramos Merideños. Certificado de Aprobación Trabajo de Ascenso a la Categoría de Profesor Asociado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela. pp. 154.
- Edwards, A. & R. Lofty. 1969. The influence of agricultural practice on soil microarthropod populations. Systematics Association Publication, *The Soil Ecosystem*. 8:237-247.
- Filser, J. 2002. The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia*, 46: 234-245.
- Fraille, J. & A. Serafino. 1978. Variaciones mensuales en la densidad de microartrópodos edáficos en un cafetal de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 26: 291-301.

- Franklin, E., T. Hayek, E. P. Fagundes & L. L. Silva. 2004. Oribatid mite (Acari: Oribátida) contribution to decomposition dynamic of leaf litter in imary forest, second growth, and polyculture in the central Amazon. *Brazilian Journal Biology*, 64(1): 59-72.
- Frampton, K. & P. J. Van den Brink. 2002. Influence of cropping on the species composition of epigeic Collembola in arable fields. *Pedobiologia*, 46: 328-337.
- Galicia, P. Ma. del S. 1986. Determinación de los micronutrientos Cu, Fe, Mn y Zn en suelos cafetaleros del Soconusco, estado de Chiapas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 96 pp.
- Gallina, S., S. Mandujano & A. González-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, México. *Agroforestry Systems*, 33: 13-27.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Ed.) Enriqueta García de Miranda. México, D.F. 252 pp.
- González, V., M. Díaz A. & D. Prieto T. 2001. Comunidades de la mesofauna edáfica en el ciclo de caña-planta (*Saccharum* spp.). *Revista Biología*, 15: 123-128.
- González, V., M. Díaz A. & D. Prieto T. 2003. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. *Revista Biología*. 17: 18-26.
- Grombridge, B. (Ed). 1992. *Global diversity status of the earth's living resources*. Work Monitoring Center. Chapman & Hall. 505 pp.
- Gupta, R. & V. Malik. 1996. Soil ecology and sustainability. *Tropical Ecology*, 37: 43-55.
- Hågvar, S. 1994. Long-normal distribution of dominance as an indicator of stressed soil microarthropod communities. *Acta Zoológica Fennica*, 195: 71-80.

- Hopkin, S. P. 1997. Biology of the springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press. 330 pp.
- Ibarra-Núñez G. 1990. Los artrópodos asociados a cafetos en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas, México. Variedad y abundancia. *Folia Entomológica Mexicana*, 79: 207-231.
- Ibarra-Núñez, G. y J. A. García B. 1998. Diversidad de tres familias de arañas tejedoras (Araneae: Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 102: 11-20.
- Ibarra-Núñez G., J. A. García B., M. A. Moreno P. 1995. Diferencias entre un cafetal orgánico y uno convencional en cuanto a diversidad y abundancia de dos grupos de insectos. Memorias 1ª Conferencia Internacional IFOAM sobre café orgánico. Universidad Autónoma Chapingo. México. ISBN 968-884-268-0. Pp. 115-129.
- Iglesias Mendoza, R. 2006. Ácaros oribátidos edáficos de dos agroecosistemas con riego contrastante en San Salvador Hidalgo. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. 108 pp.
- Instituto Nacional de Ecología, Geografía e Informática (INEGI). 1996. Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca. Gobierno del Estado de Oaxaca. 714 pp.
- Instituto Nacional de Ecología, Geografía e Informática (INEGI). 2000. <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp> Consultada 09-02-2005.
- Jacot, A. P. 1940. The fauna of the Soil. *Quarterly Review of Biology*, 15: 28-57.
- Janssens, F. 2004. <http://www.collembola.org/key/collembo.htm> Última actualización 2-Agosto-2004.
- Jasso, C. C. 1997. Caracterización de los suelos de algunas zonas cafetaleras en los estados de Oaxaca y Guerrero. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 115 pp.

- Johnston, J. M. 2000. The contribution of microarthropods to aboveground food webs: a review and model of belowground transfer in a coniferous forest. *American Midland Naturalist*, 143: 226-238.
- Jordana, R., J. I. Arbea, C. Simón & M. J. Luciáñez. 1997. *Fauna Ibérica. Collembola: Poduromorpha*. Museo Nacional de Ciencias Naturales- CSIC, Madrid, España, 807 pp.
- Knoepp, J. D., D. C. Coleman, D. A. Crossley Jr. & J. S. Clark. 2000. Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use. *Forest Ecology and Management*, 138 : 357-368.
- Kopceszki, H. 1997. An active bioindication method for the diagnosis of soil properties using Collembola. *Pedobiologia*, 41: 159-166.
- Kováč L. 1994. Effects of soil type on collembolan communities in agroecosystems *Acta Zoologica Fennica*, 195: 89-93.
- Krantz, G.W. 1978. *A Manual of Acarology*. Oregon State University Book Stores. 509 pp.
- Krasilnikov, P., N. E. Garcia C. & M. del S. Galicia P. Soils developed on different parent materials in Sierra Sur de Oaxaca. *Terra Latinoamericana*. (en prensa).
- Krausse, A. 1929. Zur Terminologie der edaphischer Biozönosen. *Int. Entom. Z.* 22 : 110-111.
- Lagerlöf, J. & Andrén, O. 1988. Abundance and activity of soil mites (Acari) under four arable crops. *Pedobiologia*, 32: 129-145.
- Larochelle, L., F. Pagé, G. J. Beauchamp & G. Lemeiux. 1998. Papel de la mesofauna en la dinámica de la transformación de la materia leñosa aplicada al suelo. Departamento de Ciencias Forestales y del Bosque, Universidad Laval (Ed.), Québec, Canada. Separata de la revista *Agrosol*, 91: 1-16.
- Lavelle, P. 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biology International*, 33: 3-16.

- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in ecological research*, 27: 93-132.
- Lebrun, Ph. & N. M. Van Straalen. 1995. Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology. *Experimental Applied Acarology*, 19: 361-380.
- Loranger, G., J. F. Ponge, E. Blanchart & P. Lavelle. 1998. Influence of agricultural practices on arthropod communities in a vertisol (Martinique). *European Journal of Soil Biology*, 34: 157-165.
- Ludwing, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology a primer on methods and computing. Ed. Wiley. USA. 338 pp.
- Luxton, M. 1972. Studies on the oribatid mites of a Danish Beechwood soils. I Nutritional Biology. *Pedobiologia*, 12: 434-463.
- Margalef, R., 1989. *Ecología*. Ed. Omega., Barcelona, España, 981 pp.
- Marín Castro, B. E. 2006. La acarofauna edáfica (Acari: Oribatei) de un agroecosistema cafetalero en la Sierra Sur de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. 41 pp.
- McClaugherty, C. 2001. *Soils and decomposition*. Macmillan Publishers Ltd., Encyclopedia of Life Sciences. 1-8 pp.
- Mendoza, S. 1995. Los insectos colémbolos y la sucesión secundaria del bosque mesófilo de la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas. Tesis de Licenciatura, Biología, Iztacala UNAM, 98 pp.
- Mendoza, A. S., F. J. Villalobos, L. Ruiz M. & A. E. Castro R. 1999. Patrones ecológicos de los colémbolos en el cultivo de maíz en Balun Canal, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 78: 83-101.

- Miranda Rangel, A. 2005. Estudio ecológico de los colémbolos edáficos en una huerta de durazno (*Prunus persica*) en el Estado de Michoacán. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM, México, D. F. 105 pp.
- Miranda, A. & J. G. Palacios-Vargas. 1992. Estudio comparativo de las comunidades de colémbolos edáficos de bosque de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*). *Agrociencia*, 3: 7-18.
- Moguel, P. & V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems in Mexico. *Conservation Biology*, 13: 11-21.
- Morón, A. 1987. The necrophagous scarabaeinae beetles from a coffee plantation in Chiapas, Mexico: habitats and phenology. *The Coleopterists Bulletin*, 46: 225-232.
- Muñoz, I. D. 1980. Algunos estudios edáficos en suelos cafetaleros en la Región de Xicotepec de Juárez, Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 87 pp.
- Najt, J. 1973. Algunos conceptos sobre la biología de los suelos como ciencias de nuestro tiempo. *IDIA-Suplemento*. 29: 97-105.
- Nestel, D., F. Dickschen & M. A. Altieri. 1993. Diversity patterns of soil macro Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation*, 2: 70-78.
- Norton, R. A., 1990. Acarina: Oribátida. pp. 779-803. En: D.L. Dindal (ed), *Soil Biology Guide*. Wiley, New York..
- Palacios-Vargas, J. G. 1983. Catálogo de los colémbolos mexicanos. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 27: 61-76.

- Palacios-Vargas, J. G. 1990. Manuales y guías para el estudio de microartrópodos. I. Diagnósis y claves para determinar las familias de los Collembola de la Región Neotropical. Programa: Ecología de microartrópodos. Depto. De Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. 15 pp.
- Palacios-Vargas, J. G. 1994. Problemas en la taxonomía de algunos artrópodos: hexápoda (Apterygota). pp. 397-418. En: J. Llorente Bousquets & I. Luna, Comp. Taxonomía Biológica.
- Palacios-Vargas, J. G. 1997. *Catálogo de los Collembola de México*. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM. 102 pp.
- Palacios-Vargas, J. G. & R. Iglesias M., 2004. Oribatei (Acárida: Cryptostigmata) de México. En J. Llorente Bousquets y J. J. Morrone, Eds. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. IV, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Palacios-Vargas, J. G., G. Castaño-Meneses & B. E. Mejía-Recamier. 2000a. Collembola. En: J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papavero (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II, Universidad Nacional Autónoma de México. 249-273 pp.
- Palacios-Vargas, J. G., L. Cutz, R. Iglesias. & C. Maldonado. 2000b. La microfauna edáfica y los contaminantes del suelo. *La Edafología y sus perspectivas al siglo XXI*. 2: 437-449.
- Palacios-Vargas, J. G., L. Cutz-Pool & D. A. Estrada B. 2004. Actualización de la Colección de Collembola de México. *Entomología Mexicana*, 3: 764-768.
- Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch & J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 12: 1239-1252.

- Petersen, H. 2002. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. *Pedobiologia*, 46: 246-260.
- Porta, J., M. López-Acevedo & C. Roquero. 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa, España. 849 pp.
- Rapoport, E. H. 1959. *Algunos aspectos de la Biología del Suelo*. Universidad Nacional del Sur. Extensión Cultural. Bahía Blanca, Brasil. 23 pp.
- Rapoport, E. H. 1968. La fauna edáfica y sus aplicaciones en la caracterización de los suelos. pp. 155-169. In: *Progressos em Biodinâmica e Productividade do solo*. II Congresso Latino-Americano de Biologie do solo, Sta. Maria, Brasil.
- Rendón-Rojas, M. G. 1994. Estudio de la herpetofauna en la zona cafetalera de Santiago Jalahuí, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Rodríguez, B. J. 1983. Obtención de ácidos húmicos y fúlvicos por fraccionamiento de materia orgánica de suelo de acahual y selva de la región Lacandona, estado de Chiapas. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, 134 pp.
- Ruesga . Ma. T. 1983. Estudios edafológicos de algunos suelos cafetaleros en la parte central del estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 91pp.
- Rusek, J. 1989. Ecology of Collembola. pp. 271-281. *En: R. Dallai (ed), 3rd International Seminar on Apterygota*, University of Siena.
- Rusek, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1207-1209.
- Rzedowsky, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D. F.

- Sánchez, B. S. Ma. De la Paz. 1980. Estudios edafológicos de suelos cafetaleros en la zona volcánica del municipio de Hueytamalco, estado de Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 85 pp.
- Schatz, H. 2004. Diversity and global distribution of oribatid mites (Acari: Oribatida). Evaluation of the present state of knowledge. *Phytophaga*, 14: 485-500.
- Schrader, S. & M. Lingnau. 1997. Influence of soil tillage and soil compaction on microarthropods in agricultural land. *Pedobiologia*, 41: 202-209.
- Seastedt, T. R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, 29: 25-46.
- Siepel, H. 1996. Biodiversity of soil microarthropods: the filtering of species. *Biodiversity Conservation*, 5: 251-260.
- Sjursen, H. & M. Holmstrup. 2004. Direct measurement of ammonium excretion in soil microarthropods. *Functional Ecology*, 18: 612-615.
- Socarrás, A., M. E. Rodríguez, A. F. Ávila e I. Izquierdo. 2003. Utilización de la mesofauna edáfica como indicador biológico del estado de los suelos. I: Suelos afectados por la minería en Moa, Cuba. *Cocuyo* 13: 11-14.
- Sotelo, S. A. 1989. Estudio de la fertilidad de los suelos cafetaleros en una finca del municipio, El Bosque, Chiapas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 88 pp.
- StatSoft. Inc. 1995. Statistical user guide. Complete Statistical System StatSoft. Oklahoma.
- Takeda, H. 1984. A long term study of life cycle and population dynamics of *Folsomia octoculata* Handschin (Insecta: Collembola) in a pine forest soil. *Research Population Ecology*, 26: 188-219.

- Tamhane, R.V. & D.P. Motiramani. 1978. *Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales*. Ed. Diana. 482 pp.
- Thimm, T., A. Hoffmann, H. Borkott, J. C. Munich & C. C. Tebbe. 1998. The gut of the soil microarthropod *Folsomia candida* (Collembola) is a frequently changeable but selective habitat and a vector for microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 64: 2660-2669.
- Ticante, R., J. A. 2000. Investigaciones edafológicas sobre el estado de degradación de agrosistemas cafetaleros y otros agrosistemas en la sierra norte de Puebla. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. 191 pp.
- Tinaut, A. & F. Ruano. 2002. *Biodiversidad, Clasificación y Filogenia*. En: M. Soler (editor), *Evolución: la base de la Biología*. Ed. Proyecto Sur, España. 293-306.
- Van Straalen, N. M. & E. N. G. Joosse. 1985. Temperature responses of egg production and egg development in two species of Collembola. *Pedobiologia*, 28: 265-273.
- Van der Drift, J. 1951. Analysis of animal community in a beech forest floor. *Tijdschr. Entom.*: 1-168.
- Vreeken-Buijs, M.J., J. Hassink & L. Brussard. 1998. Relationships of soil microarthropod biomass with organic matter and pore size distribution in soils under different land use. *Soil Biology Biochemistry*, 30: 97-106.
- www.mo15.nrcs.usda.gov/.../wissoil/img006.jpg Consultada: 13/05/2006.
- Wright, J. P. & C. G. Jones. 2006. The Concept of Organisms as Ecosystem Engineers Ten Years On: Progress, Limitations and Challenges. *BioScience*, 56: 203-209.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey. 718 pp.