

00322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

64

FACULTAD DE CIENCIAS

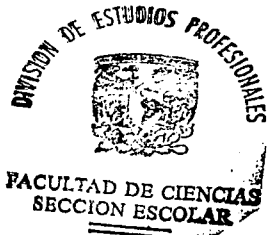
EFFECTO DE LAS PRACTICAS AGRICOLAS SOBRE LA MESOFAUNA EDAFICA CON ENFASIS EN COLLEMBOLA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
JORGE DE LA GARZA MARTINEZ

DIRECTOR: DRA. ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES
CODIRECTOR: DR. JOSE GUADALUPE PALACIOS VARGAS



2003



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



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.

PAGINACION

DISCONTINUA



DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Efecto de las Prácticas Agrícolas Sobre la Mesofauna Edófica con
Enfasis en Collembola".

realizado por Jorge de la Garza Martínez

con número de cuenta 7612102-1, quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

A t e n t a m e n t e

Director de Tesis

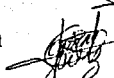
Propietario Dra. Rosa Gabriela Castaño Meneses 

Codirector

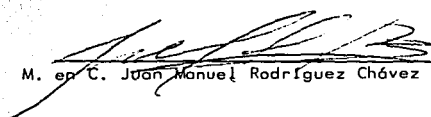
Propietario Dr. José Guadalupe Palacios Vargas 

Propietario M. en C. Blanca Estela Mejía Recamier 

Suplente Biól. Ricardo Iglesias Mendoza 

Suplente Biól. Leopoldo Querubín Cutz Pool 

Consejo Departamental de Biología


M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIV. DE INGENIERÍA
Y TECNOLOGÍA
DE BIOLOGÍA

A MIS PADRES:
CELIA
JORGE (qepd)

RECONOCIMIENTOS

AGRADEZCO A LA DRA. ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES POR BRINDARME SU AMISTAD, ASÍ COMO AL DR. JOSE G. PALACIOS VARGAS POR SU APOYO DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

TAMBIÉN AL JURADO COMPUESTO POR LA M. EN C. BLANCA ESTELA MEJÍA RECAMIER, A LOS BIÓLOGOS RICARDO IGLESIAS MENDOZA Y LEOPOLDO QUERUBÍN CUTZ POOL.

LA TESIS FORMA PARTE DEL PROYECTO: "EFECTOS DEL USO DE UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA SOBRE LA FAUNA DE ARTRÓPODOS". IN-2078/91 DGAPA (UNAM). BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. JOSÉ G. PALACIOS VARGAS.

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre el efecto de las prácticas agrícolas sobre la mesofauna edáfica, poniendo énfasis en los Collembola, en el ejido de San Mateo, Chamela, Jalisco. Los organismos más abundantes en el sistema tradicional agrícola de roza, tumba y quema (con dos intensidades de fuego diferentes) resultaron ser los ácaros, siguiendo los colémbolos. Ambos constituyeron el 91.7 % de 32,967 individuos registrados. Se reportaron 29 unidades taxonómicas reconocibles: 17 grupos de artrópodos, incluidas 12 familias de colémbolos.

La densidad de las poblaciones de los microartrópodos del suelo fue afectada negativamente, aunque algunos grupos, como los ácaros Prostigmata tuvieron un crecimiento masivo al encontrar condiciones momentáneamente idóneas en las zonas quemadas

Los colémbolos más importantes, en cuanto a su densidad, fueron los Sminthuridae, Sminthurididae, Entomobryidae, Isotomidae, Hypogastruridae y Onychiuridae. Los ácaros más abundantes fueron los Prostigmata. Otros grupos de microartrópodos, como los coleópteros y dipluros tuvieron cierta presencia. Los colémbolos presentaron mayor sensibilidad frente a las perturbaciones del medio

Las parcelas tratadas con la intensidad de fuego alta resultaron con menor densidad que en la intensidad baja y testigo, tanto en las familias de los colémbolos como en los microartrópodos en general.

Con relación a la estructura de las comunidades de los colémbolos, la riqueza, la equitatividad y diversidad en la comunidad se modificó. La diversidad en la intensidad baja fue mayor que la presente en la intensidad de fuego alta.

En la estructura de las comunidades de los microartrópodos se observó que la riqueza, cambió después del tratamiento con fuego. La diversidad fue mayor en las parcelas tratadas con fuego de intensidad baja que en la intensidad alta, de la misma manera ocurrió con la equitatividad.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
A. EL SUELO COMO MEDIO BIOLÓGICO	1
B. CLASIFICACIÓN Y ABUNDANCIA DE LA FAUNA EDÁFICA	2
C. IMPORTANCIA DE LA MESOFAUNA EDÁFICA	5
D. IMPORTANCIA DE LOS COLÉMBOS Y ÁCAROS EN LA MESOFAUNA EDÁFICA	6
E. ALTERACIONES DE LA FAUNA EDÁFICA POR PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA SELVA BAJA	8
F. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (ROZA, TUMBA Y QUEMA) EN LA SELVA BAJA DE CHAMELA, JALISCO	9
II. ANTECEDENTES	11
A. ALTERACIONES EN LA MESOFAUNA DEL SUELO	11
B. EFECTO DE LA DEFORESTACIÓN EN LA FAUNA DEL SUELO	11
C. EFECTO DEL FUEGO EN LA FAUNA DEL SUELO	12
D. EFECTO DE LAS PERTURBACIONES EN LA MESOFAUNA EDÁFICA	14
III. OBJETIVOS	17
1. OBJETIVO GENERAL	17
2. OBJETIVOS PARTICULARES	17
IV. ZONA DE ESTUDIO	18
A. UBICACIÓN	18
B. CARACTERÍSTICAS GENERALES	19
C. CLIMA	19
D. VEGETACIÓN	20
V. MATERIAL Y MÉTODOS	21
A. DISEÑO EXPERIMENTAL	21
B. COLECTA	22
C. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES (MÉTODOS)	23
VI. RESULTADOS	25
A. ABUNDANCIA RELATIVA Y DENSIDAD DE MESOFAUNA EN EL ESTUDIO	25
B. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN LOS MUESTREOS E INTENSIDADES DEL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL	26

1. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN EL EXPERIMENTO	26
2. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS CON LA INTENSIDAD DE FUEGO	29
C. DENSIDAD DE LOS COLÉMBOLOS EN LOS MUESTREOS E INTENSIDADES DE FUEGO	31
1. DENSIDAD DE COLÉMBOLOS EN EL EXPERIMENTO	31
2. DENSIDAD DE COLÉMBOLOS EN LA INTENSIDAD DE FUEGO ALTA Y BAJA	34
D. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES	36
1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE MICROARTRÓPODOS EN EL TRATAMIENTO	36
2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE LOS ARTRÓPODOS EN LAS INTENSIDADES BAJA Y ALTA	37
3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE COLÉMBOLOS EN EL TRATAMIENTO	38
4. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE COLÉMBOLOS EN LA INTENSIDAD BAJA Y ALTA	39
VII. DISCUSIÓN	42
A. ABUNDANCIA	42
B. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN EL EXPERIMENTO	42
C. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN LA INTENSIDAD DE FUEGO BAJA Y ALTA	43
D. DENSIDAD DE LOS COLÉMBOLOS EN EL EXPERIMENTO	43
E. DENSIDAD DE LOS COLÉMBOLOS EN LA INTENSIDAD DE FUEGO BAJA Y ALTA	45
F. ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES	45
VIII. CONCLUSIONES	47
IX. BIBLIOGRAFÍA	50

I. INTRODUCCIÓN

A. EL SUELO COMO MEDIO BIOLÓGICO

El suelo se considera como un ambiente complejo, formado por elementos vivos y no vivos, presentes en diferentes combinaciones y con características bien definidas (Butcher *et al.*, 1971). En él se reconocen dos factores como componentes principales: a) el abiótico y b) el biótico. Los elementos que componen el factor abiótico son la fracción mineral, la materia orgánica, la humedad y la atmósfera. El elemento biótico del suelo está compuesto por todos los seres vivos que se desarrollan en él (Najt, 1973).

Se reconoce al suelo, más que como una simple acumulación de materiales minerales de distinto origen, como el sustrato a partir del cual las plantas obtienen los elementos nutritivos, así como el lugar que habitan multitud de organismos tales como: bacterias, algas, hongos y animales, que se desarrollan entre los poros, cavidades y sobre la superficie del mismo (Rapoport, 1959). Existe, además en él, un proceso de reciclaje de nutrientes, que permite la continuación de la vida en nuestro planeta, en donde los átomos y moléculas que conforman a un ser vivo en un momento determinado, pueden ser utilizados por otros organismos después de que los primeros mueren. Sin este proceso, la vida sería difícil de preservarse; asimismo, sería difícil pensar que la descomposición completa de un individuo no es producto de la acción eslabonada de diversos organismos (Odum, 1972).

En el suelo, el total de la biomasa de organismos que viven en este hábitat (sin contar las partes subterráneas o raíces de las plantas que afloran en superficies) corresponde a la fauna aproximadamente el 10 %, mientras que el 90 % lo integran los diferentes grupos de microorganismos. De la fauna, aproximadamente el 6% corresponde a vertebrados y el 94% a invertebrados (Mateos, 1992). Los principales grupos de organismos que se encuentran en el suelo son: bacterias, hongos, algas, protozoarios, nemátodos, anélidos y microartrópodos: colémbolos y ácaros (Najt, 1973), quienes contribuyen a la mineralización de la materia orgánica, que es la etapa más importante del ciclo de los elementos biogénicos

del suelo, mediante la cual se liberan los elementos asimilables por los vegetales y se enriquece la reserva orgánica-mineral del sustrato (Athias-Binche & Saulnier, 1986; citado por Mateos, *op.cit*).

Los invertebrados, particularmente los microartrópodos edáficos, colaboran directamente a la fragmentación y conservación del suelo; permiten la formación de complejos necesarios para la existencia de los diversos organismos. No obstante, pese a que su papel en conjunto puede ser pequeño en comparación con otros invertebrados de mayor tamaño, los microartrópodos ejercen una importante función en el cambio de minerales, sucesión de la vegetación y descomposición de la materia orgánica, en combinación con la microflora a la que dispersan y ayudan en la descomposición de la materia que no puede digerir la flora microbiana. Asimismo, se considera que los microartrópodos del suelo contribuyen a estimular la actividad de los microorganismos (hongos y bacterias) en una forma indirecta, acelerando los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica (Butcher *et al.*, 1971).

B. CLASIFICACIÓN Y ABUNDANCIA DE LA FAUNA EDÁFICA

La fauna del suelo ha sido clasificada de distintas maneras (Tabla 1), dependiendo del aspecto en el que se haga énfasis, por ejemplo, el tipo de nutrición, de sus relaciones con las diferentes capas del suelo, de la dimensión de los animales, así como desde el punto de vista funcional, teniendo en cuenta los recursos que explotan los organismos del hábitat en que se desarrollan (Mateos, 1992).

Tabla 1. Clasificación de los organismos edáficos

Autor	Características	Clasificación	Ejemplo
Van der Drift (1951), Rapoport (1969), Dungen (1974) y Najl (1973)		Microfauna: individuos que miden de 0.02 a 0.2 mm	Protozoos y pequeños artrópodos
		Mesofauna: individuos que miden de 0.2 a 2.0 mm	Artrópodos: isópteros, coleópteros, dípteros, himenópteros (hormigas), tsanópteros, dípteros, colémbolos, proturos, quilópodos, sínfilos, isópodos, arácnidos y ácaros, entre otros
		Megafauna: individuos que miden de 20 a 200 o más mm	Vertebrados y algunos invertebrados de poca importancia
Jacot (1940)	Permanencia	Geobiontes (residentes) que son las especies que pasan todo su ciclo biológico dentro del suelo. Geófilo: (temporales) como los insectos holometábolos, que tienen estadios larvales hipogeos o insectos que buscan refugio en el suelo para la hibernación o depositar sus huevos en el suelo o depredadores que buscan sus presas para alimentarse. Otros lo hacen en determinadas horas del día o de la noche.	Casi todos los microartrópodos y muchos microorganismos Lepidópteros, dípteros y otros insectos
Krausse (1929), Christianson (1964), (Rapoport, 1959).	Adaptación al suelo	Epidérficos (epígeo). Animales que habitan en la superficie del suelo	Collembola: Entomobryidae (<i>Leptocirtus, Orchesella, Seira</i>)
		Homidérficos. Son los organismos que habitan en la hojarasca o en la parte de la materia orgánica (humus).	Collembola: <i>Protosetoma, Xenylla</i> .
		Eudérficos. Individuos que habitan en el suelo mineral.	Collembola: <i>Orychthurus</i> y <i>Mesaphorura</i>
		Troglomorfas. Organismos que viven en las cuevas.	Collembola: <i>Pseudosminella, Tritonurus, Sinella, Arthropalitis</i> .
		Sinocomorfos. Individuos que viven en los nidos de los insectos sociales.	Colémbolos que viven en nidos de hormigas y termitas.
Aguayo & Biaggi (1982).	Adaptación a los cambios ambientales	Estenosensitivo (estenotrópico): organismo con limitado poder de adaptación a condiciones variables del ambiente. Eurisensitivo (eulitenotrópico): organismo con poder amplio de adaptación a condiciones ambientales variables del ambiente.	Collembola: <i>Palmanura lecanzona</i> . Collembola: <i>Folsomia candida</i>
Luxton (1972).	Preferencias alimenticias (tróficas)	Macrofitófagos: consumen restos de plantas superiores, muertos o en descomposición (hojas, floema y raíces). Microfitófagos: se nutren de microflora (Bacterias y algas), aunque se encuentren vivos. Micófagos: se alimentan de hongos. Zoófagos: consumen animales vivos. Necrófagos: comedores de carroña. Coprófagos: se alimentan de materia fecal	Larvas de insectos: coleópteros, homópteros, ácaros, colémbolos. Algunos colémbolos, ácaros. Colémbolos, ácaros. Ácaros Mesostigmata, Prostigmata. Algunos colémbolos, y ácaros. Mesostigmata: algunos Urotopodidae.

Modificado de Mejía-Recamier & Palacios-Vargas (en prensa).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Generalmente, de acuerdo al tamaño corporal de los organismos, la fauna del suelo se clasifica en macrofauna, mesofauna y microfauna. De los tres grupos mencionados, la microfauna es absolutamente mayoritaria en cuanto a densidad (número de individuos por unidad de superficie o volumen), mientras que la mesofauna representa un pequeño porcentaje y la macrofauna es prácticamente despreciable en comparación con los grupos anteriores (Mateos, 1992), tal como se muestra en la Fig. 1. Sin embargo, cabe mencionar que en algunas ocasiones un aspecto que ha llamado la atención de la mesofauna, es que la densidad de la población es a veces excepcional por alguna razón no clara (Rapoport, 1959).

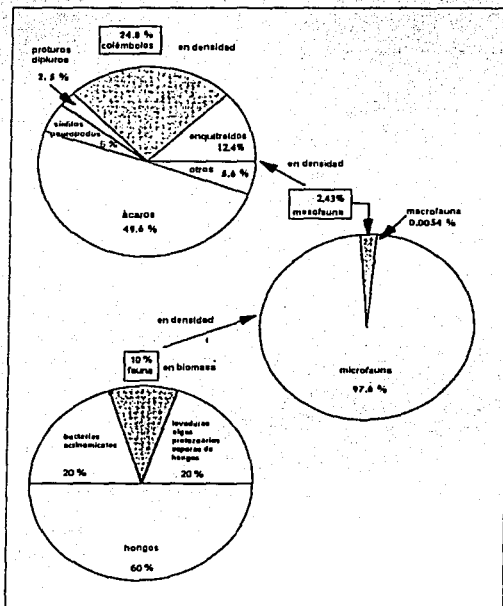


Figura 1. Biomasa de los organismos edáficos Mateos (1992) modificada de Luxon & Petersen, 1982

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

C. IMPORTANCIA DE LA MESOFAUNA EDÁFICA

Uno de los factores que llama la atención de la mesofauna edáfica, es que su importancia en un ecosistema radica en su diversidad estructural y funcional al contribuir, en interacción con la microflora, a la descomposición de la materia orgánica y al ciclo de nutrientes. Estos organismos han demostrado ser indicadores excelentes de la calidad del suelo (Paoletti *et al.*, 1991 en Prieto-Trueba *et al.*, 1999). Asimismo se reconoce, que el humus que existe en un lugar, su formación e incorporación está determinado en gran medida por el tipo de fauna que lo habita, por las características del mismo suelo, el tipo de vegetación, humedad y temperatura del medio (Palacios-Vargas, 1983).

Adicional a lo anterior, se ha registrado que cada tipo de suelo, dentro de cierto marco de variación, tiene características físicas, químicas, mineralógicas y genéticas que le son propias, como es la composición mecánica, situación geográfica, vegetación, humedad, pH, cantidad de materia orgánica, actividad bacteriana, fertilidad, temperatura, además de la historia de uso que ha tenido el suelo, como sería el laboreo, el uso de fertilizantes, insecticidas y uso del fuego, que determina la composición y densidad de la fauna edáfica (Rapoport, 1968).

Otra característica de los organismos del suelo, es que dependen directa o indirectamente de la cantidad y calidad de materia orgánica presente. Sin embargo, los organismos euedáficos no dependen tanto de ésta, ya que viven preferentemente en el suelo mineral, a diferencia de los organismos hemiedáficos, que son más abundantes en el suelo orgánico (Rapoport, *op. cit.*). También, se reconoce que la ausencia de animales en un suelo determinado puede reducir la velocidad de descomposición de la materia orgánica y como consecuencia de lo anterior, una mayor pérdida de nutrientes por lixiviación, ya que éstos actúan como almacén de los mismos nutrientes (Odum, 1972; Daubenmire, 1988). Además, algunos organismos del suelo son importantes en la aereación, otros, al alimentarse de detritus vegetales previa trituración, permiten que las bacterias y hongos actúen sobre ellos más efectivamente (Palacios-Vargas, 1983).

Por otro lado, existe una estrecha correlación entre la fauna y las propiedades del suelo; de las más significativas con respecto a la fertilidad es la cantidad, tipo y distribución vertical del humus, ya que su profundidad está supeditada principalmente a la migración vertical de la fauna, además de la composición de la fauna y sus propiedades ecológicas (Najt, 1973).

D. IMPORTANCIA DE LOS COLÉMBOLOS Y ÁCAROS EN LA MESOFAUNA EDÁFICA

Entre la mesofauna edáfica más abundante, en orden de importancia, se encuentran generalmente en primer lugar, los ácaros, seguidos de los colémbolos (Rapoport, 1959; Butcher *et al.*, 1971; Najt, 1973; Lavèlle *et al.*, 1981; Serra *et al.*, 1992; Deharveng *et al.*, 1989; Prieto-Trueba *et al.*, 1999), que llegan a constituir hasta el 98 % de la artropodofauna en algunos tipos de suelo (Palacios-Vargas, 1985), conjuntamente con el grupo de enquitreidos (Mateos, 1992).

Los colémbolos y ácaros no sólo son importantes por su abundancia, sino también por el papel que juegan en la descomposición de la materia orgánica, y el flujo de la energía dentro del sistema edáfico (Blackith, 1974). Particularmente, los colémbolos, contribuyen a la formación del suelo de dos maneras. Primero, extraen materiales que son ingeridos y fragmentados en el intestino, y segundo, producen heces fecales que son añadidas al suelo, que pueden ser accesibles a otros agentes descomponedores (Burgess & Raw, 1971).

La mayoría de los colémbolos tienen regularmente una dieta amplia de hongos y materia vegetal en descomposición (Najt, 1973). También se alimentan de micelios, esporas, heces y exoesqueletos de otros artrópodos y algunos de otros colémbolos. Algunos pueden consumir o formar humus directamente (Rapoport, 1960; Najt, *op. cit*) además, juegan un papel importante en la diseminación y desarrollo de microorganismos en el suelo (particularmente de hongos), al transportar las esporas y liberarlos en las heces y al aportar nutrientes en las mismas (Odum, 1972). También, los colémbolos, son importantes como trituradores y desmenuzadores de la materia orgánica (principalmente de tejidos

vegetales) que caen al suelo, aumentando la superficie de dichos tejidos para ser atacados por hongos y bacterias, además de contribuir a la inoculación de otros microorganismos (Blackith, 1974).

En el caso de los ácaros, debido a que son los organismos más importantes en la mesofauna, en cuanto a abundancia se refiere (Prieto-Trueba *et al.*, 1999), se considera en forma especial su influencia biológica, particularmente por su contribución al metabolismo total del suelo. Por otro lado, debido a la abundancia y costumbres alimenticias de los ácaros, se reconoce que cumplen un papel importante en la cadena alimenticia de descomposición de algunas comunidades edáficas, ya que los ácaros forman una parte significativa en este proceso que se desarrolla en el suelo. Parece evidente que la mayoría de ellos se alimenta de detritos: prefieren materia vegetal en descomposición u hongos. Generalmente hay un aumento en la diversidad de las especies al avanzar el proceso de descomposición y una reducción en el número de individuos por especie. Asimismo, los ácaros promueven el crecimiento y distribución de microorganismos tales como protozoarios y hongos ya que son fungívoros, por lo que regulan o controlan el crecimiento de los mismos (Najt, 1973).

Con relación a la distribución de la mesofauna edáfica, ésta parece estar más limitada por factores abióticos, como la temperatura, disponibilidad de agua y oxígeno, que por la presencia de tipos particulares de alimento (Burges & Raw, 1971). Se ha observado que, de los principales factores limitantes en la distribución de los colémbolos y ácaros se pueden mencionar la humedad y temperatura (Christiansen, 1964; Butcher *et al.*, 1971). Se sabe, además, que el efecto de la humedad se manifiesta en la dinámica de poblaciones microbianas, que constituyen los recursos alimentarios para una gran parte de los invertebrados edáficos (Prieto-Trueba *et al.*, 1999).

Por otro lado, la mesofauna edáfica en algunas comunidades, como en las selvas, son más ricas en número de individuos a diferencia de otros ecosistemas, debido principalmente a la densidad de los ácaros y colémbolos. Comparando las comunidades de las selvas con los pastizales, se ha observado que presentan características distintas, la

mesofauna es en promedio menos abundante en esta última (Lavèlle *et al.*, 1981). Adicionalmente, quizá puede afirmarse que en los bosques tropicales, por lo menos en el caso de los colémbolos, la diversidad es más alta que la presente en los bosques templados (Deharveng *et al.*, 1989). También, puede decirse que generalmente, los suelos húmedos albergan una fauna más numerosa y variada que los desérticos (Rapoport, 1968). Sin embargo, se ha comprobado que la distribución de los individuos en el suelo no es uniforme, sino que frecuentemente se presentan como agregados o colonias, lo que invalida las generalizaciones a partir de muestras tomadas presuponiendo una distribución al azar (Rapoport, 1959).

E. ALTERACIONES DE LA FAUNA EDÁFICA POR PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA SELVA BAJA.

La selva baja es uno de los ecosistemas con mayor distribución en América, sin embargo está desapareciendo rápidamente por el avance de las actividades agrícolas y ganaderas. De los 550,000 km² que existían antes de llegar los españoles al continente americano, sólo persiste en la actualidad alrededor del 5% (Ceballos & García, 1996), debido a que la conservación de las selvas bajas estacionales es sumamente compleja, ya que involucran causas no sólo de naturaleza biológica o ecológica, sino que también problemas de índole económico, político y cultural (Mirya, 1996).

Se reconoce que la selva baja es un ecosistema muy diverso, un ambiente único, caracterizado por su diversidad de flora y fauna, con gran concentración de especies endémicas y con la presencia de especies de amplia distribución con adaptaciones peculiares para enfrentar la estacionalidad (Ceballos & García, *op. cit.*).

Particularmente en México, cada año se destruye un promedio de 300,000 Ha de selva baja, debido principalmente al avance de las fronteras agrícola y ganadera. La tasa de deforestación de 1.9 anual, es de las más altas entre los diferentes ecosistemas del país, junto con las de la selva húmeda (García & Ceballos, 1996). Las causas principales de la

pérdida de este ecosistema son, en orden de importancia: la deforestación, la fragmentación del hábitat y la sobreexplotación de especies vegetales y animales (Mirya, 1996).

F. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (ROZA, TUMBA Y QUEMA) EN LA SELVA BAJA DE CHAMELA, JALISCO.

En Chamela, Jalisco, las selvas bajas se hallan sujetas al sistema agrícola tradicional de roza, tumba y quema, que es usado por los campesinos con fines agrícolas, para transformar el ecosistema de la selva baja caducifolia que cubre las colinas. Los sistemas agrícolas como el mencionado, son estables y ecológicamente "limpios" bajo ciertas condiciones específicas, sin embargo, el empleo del fuego como herramienta de manejo, es uno de los aspectos de la agricultura tradicional que modifica sustancialmente al ecosistema (González, 1992). La utilización de estos ecosistemas con el método anterior en forma inadecuada, ha ocasionado desde la alteración hasta la pérdida de grandes extensiones de vegetación de selva baja, como es el caso de los valores reportados y resultados de estudios en la misma zona de Chamela, Jalisco, que muestran que la erosión es el principal proceso de degradación que implica una drástica transformación del ecosistema (Maass *et al.*, 1988; García-Oliva, 1992). Además de la mencionada pérdida de la biodiversidad o biomasa por la tala de la vegetación, en el momento de quemar todo para sembrar, ocurre que se incorporan rápidamente una gran cantidad de elementos minerales que estaban almacenados en la vegetación, pero que el suelo no tiene la capacidad de atraparlos y se pierden (Sod, 1996).

Por otro lado, algunos autores han mencionado la importancia y características del sistema agrícola de roza, tumba y quema, sus ventajas, desventajas y eficiencia (Tabla 2).

Tabla 2. Características de la roza, tumba y quema.

Ventajas:	Desventajas con relación al suelo:
1. La quema es el método común más rápido y fácil para despojar al terreno de los productos del desmonte	1. La pérdida de N y materia orgánica del suelo, debido a la combustión de la vegetación desmontada y
2. El calor del fuego afloja el suelo como resultado de la formación de vapor abajo de la superficie disgregando los terrones, lo que facilita el laboreo de la tierra.	2. La pérdida de elementos minerales del suelo en laderas, debido a la lixiviación durante las lluvias
3. El fuego destruye huevecillos, larvas, adultos de insectos y evita la formación de nidos de plagas en el terreno.	
4. Exfoliación de las rocas calizas	
5. Mayor porosidad de la roca caliza debido a su exposición al fuego	

Tomado de Hernández (1959).

De igual manera, han descrito la forma de cultivo típico de los campesinos ejidales en las colinas de Chamela, Jalisco (Tabla 3).

Tabla 3.- Forma de cultivo típico de la región.

Forma de cultivo típico de la región
1. La vegetación herbácea y subarborescente de las parcelas de 4 ha se roza con machete en abril.
2. Se tumban los troncos con hacha en mayo.
3. La parcela es quemada en mayo.
4. Se siembra frijol, maíz y pastos principalmente, antes de las primeras lluvias de junio.
5. Se protege de julio a octubre.
6. Cosecha de frijol.
7. El maíz seca en espiga, se cosecha en enero y febrero.
8. Se deja entrar ganado a las parcelas de febrero a marzo.
9. Segunda quema (del material leñoso que no se consumió al primer año) en mayo.
10. Se replantan los pastos en junio y julio.

Tomado de De Ita (1983).

Además de lo anterior, existen otros factores que afectan la restauración de un bosque después de una perturbación agrícola (por roza, tumba y quema), como son la duración de la fase de cultivo en la parcela y del período de descanso antes de repetir el ciclo de cultivo. La práctica tradicional de cultivar la parcela por dos o tres años posteriormente al clareo, tiene como objeto aprovechar la existencia temporal de altos niveles de nutrientes en el suelo, agua y/o el complejo intercambio de iones en los suelos (González, 1992).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. ANTECEDENTES

A. ALTERACIONES EN LA MESOFAUNA DEL SUELO

Cada día existe mayor evidencia que los diversos representantes de la fauna edáfica artropodiana, por su participación directa o indirecta en los procesos de la humificación, son elementos importantes de una buena fertilidad de los suelos. Por esta razón y otras más, varios autores se han interesado en el estudio de la ruptura de los equilibrios naturales y cambios de las poblaciones, derivada de las modificaciones progresivas o bruscas a que son sometidos los suelos por las diferentes intervenciones agrícolas (De Izarra & Boo, 1980). Particularmente, en los microartrópodos edáficos, la densidad está positivamente relacionada con la existencia de materia orgánica y contenido de humedad, e inversamente relacionado al pH y compactación de partículas. Por lo que una alteración, seguramente afecta a los parámetros mencionados, ocasionando también una modificación de la mesofauna edáfica la que depende para la sobrevivencia de los mismos (Blair *et al.*, 1994).

Por lo anterior, hay razones significativas para creer que la vida animal del suelo, en condiciones naturales y/o después de alguna perturbación, juega algún papel preponderante en la economía del suelo. De la misma manera, su distribución es una consecuencia de los efectos de las condiciones del suelo. Por otro lado, también la actividad de la microfauna es de gran importancia en la determinación de las características y fertilidad del suelo (Choudhuri & Roy, 1971).

B. EFECTO DE LA DEFORESTACIÓN EN LA FAUNA DEL SUELO

El desmonte, la tala de los bosques antes de una deforestación, así como los cambios de vegetación, produce importantes modificaciones en la biodiversidad de la fauna en general. Las alteraciones modifican las condiciones físicas del sustrato edáfico: ocasiona una mayor penetración de los rayos solares, una variación del contenido de humedad por una mayor evaporación y acentuación de las fluctuaciones de temperatura. Adicionalmente,

a las modificaciones en el ambiente en general, cambia el sustrato edáfico y la fauna asociada al mismo; tales como la densidad, la cantidad y composición específica de los organismos (De Izarra & Boo, 1980).

Después de la tala, hay una respuesta a la perturbación, que en general se traduce en una disminución de la fauna después de varios años. Sin embargo, en ocasiones ocurre un aumento de la fauna al principio, que puede ser debido a una mayor disponibilidad de nutrientes; aunque posteriormente esta disponibilidad se agota. No obstante a lo anterior, se considera que generalmente la mayoría de los microartrópodos disminuye en su densidad (Huhta, 1971).

C. EFECTO DEL FUEGO EN LA FAUNA DEL SUELO

El efecto de la tala y quema sobre los animales generalmente es desconocido, aunque es obvio que tal destrucción del hábitat puede ocasionar la pérdida de muchas especies (MacKay *et al.*, 1991). Los cambios asociados en las características de los suelos en la quema son causados, entre otros factores, por la desaparición de la materia orgánica, la liberación de cationes y la pérdida de material volátil (Lal, 1987 en González, 1992). Esto origina que algunas especies de artrópodos sean eliminadas con el fuego, mientras que otras no son afectadas y poblaciones de otras especies pueden aún incrementarse (Andersen & McKaige, 1987; en MacKay *et al.*, 1991). Quizá ocurre que, el fuego además, tiene un efecto selectivo al desaparecer poblaciones de especies depredadoras y consecuentemente el aumento de otras especies (Webb, 1994).

Muchas de las diferencias de los efectos y las respuestas al fuego son resultado de una variación en los propios regímenes o características del mismo. El régimen está determinado por la intensidad del fuego, la frecuencia, la predictibilidad del evento y la estación en que ocurre. El concepto de intensidad se refiere a la energía liberada durante la quema, que puede o no tener relación con la intensidad de la perturbación (González, 1992).

Sin embargo, a pesar de las extremas temperaturas superficiales que existe en una perturbación por fuego, el frente de calentamiento no penetra profundamente en el subsuelo, ya que las máximas temperaturas se observan a nivel superficial y no se mantienen por más de unos cuantos minutos (Lal, 1987; en González, 1992). La diferencia de temperatura en un incendio por ejemplo, entre la superficie y la hojarasca a una profundidad de 1.0 cm puede ser de hasta 300° C (Whittaker, 1961), o de acuerdo a Webb (1994), la máxima temperatura de la superficie de hojarasca fue de 65°C, mientras que a 1 cm debajo de ella fue de 44°C y a 4 cm debajo de la hojarasca fue de 2°C. Igualmente, los efectos del fuego en los ecosistemas terrestres varían dependiendo del clima, suelo, vegetación, duración y frecuencia de la quema, así como si el fuego es natural o inducido. Las altas temperaturas desarrolladas por un incendio también dependen de la cantidad de material inflamable, el grado de humedad, de la cantidad de material combustible, la velocidad del viento, etc. (González, 1992).

Aunque el efecto del fuego depende de las variables mencionadas en párrafos anteriores, existen registros, por ejemplo, que en el mismo sitio talado e incendiado experimentalmente con dos intensidades de fuego, la alteración de la vegetación afectó negativamente la diversidad de las especies de hormigas, provocando la pérdida principalmente de aquellas más sensibles, debido a que en la intensidad de fuego más alta se registraron los menores índices de diversidad y densidades más bajas. Además, se encontró un efecto profundo sobre las comunidades de estos insectos, así como en la recolonización de la zona perturbada en un periodo de tiempo mucho más lento (Castaño - Meneses, 1997).

No obstante a lo anterior, cabe resaltar que los incendios han existido desde que surgieron las plantas, y tradicionalmente éstos han sido considerados símbolos de destrucción y muerte, sin embargo algunos estudios demostraron que son un elemento importante como generadores de diversidad biológica (Aber & Melillo, 1991). Además, es importante señalar que el impacto de un incendio en el medio donde se desarrolla, dependerá de su naturaleza, es decir, de la intensidad y duración del mismo, si es natural o inducido (Kozlowzki, 1974). De la misma manera, se debe considerar que el fuego es un

factor ecológico principal, puesto que algunas comunidades bióticas se adaptan a él, como lo hacen con los factores como la temperatura o el régimen hídrico (Odum, 1972).

D. EFECTO DE LAS PERTURBACIONES EN LA MESOFAUNA EDÁFICA

Aunque la respuesta de algunos microartrópodos por diferentes perturbaciones en su mayoría es todavía desconocida, se ha observado que la riqueza específica es menor en sitios que han sufrido alguna perturbación. Específicamente en los colémbolos y ácaros, las diferentes reacciones ecológicas que presentan frente a los cambios de humedad, de la materia orgánica, por una perturbación del medio natural (ocasionado por la tala o fuego), son factores más importantes que el tiempo que tarda el suelo en recubrirse con la vegetación (Betsch & Cancela da Fonseca, 1995).

Una perturbación, como es el caso del fuego, es muy posible que elimine muchos animales, debido a que la fauna declina principalmente por los cambios drásticos en el microclima, acompañado de la pérdida de la vegetación del suelo (Webb, 1994).

De cualquier manera, es claro que existen modificaciones en la densidad, abundancia, riqueza específica, diversidad, etc., en los grupos de la mesofauna del suelo al ser afectados por alguna perturbación por fuego, el cual se refleja en forma diferente en cada uno de ellos, que aunque desconocida en la mayoría de los grupos, inmediatamente después del incendio hay una neta disminución de densidad de fauna y de diversidad específica y aparición de especies pioneras (Majer, 1984; Mateos, 1992). Prácticamente sucede una disminución de la densidad de todos los taxa, resultando el grupo de los colémbolos de los más afectados (Serra *et al.*, 1992).

La relación numérica de ácaros/colémbolos después de una perturbación, experimenta un notable aumento en el terreno quemado, siendo un indicador de inestabilidad en el medio. La afectación mayor en los colémbolos es debido a que éstos son más sensibles que los ácaros a un déficit de agua disponible en el suelo (Serra *et al.*,

op. cit.). No obstante, en algunas ocasiones se ha observado, también, que inmediatamente después de una afectación por cultivo del suelo, la densidad total de los oribátidos disminuye cerca del 60 %. En otro bosque quemado, un grupo de artrópodos (estenosensitivo) desapareció después del fuego y otros (eurisensitivos) se incrementaron dramáticamente después del incendio. El grupo más dominante de ácaros fue el de oribátidos; una especie de ellos reflejó su naturaleza de pioneros después del fuego. Por otro lado, en el mismo bosque las familias de colémbolos (*Entomobryidae* e *Isotomidae*) pasaron a ser los más abundantes en el área quemada, la primera familia no cambió mucho después de la perturbación (Broza *et al.*, 1993).

En lugares perturbados, la mayor parte de las especies encontradas han resultado ser hemiedáficas y probablemente, tanto por su abundancia como por su riqueza específica, son afectadas negativamente. Efectos similares a los citados anteriormente, han sido observados en otros lugares como resultado de diversas prácticas agrícolas (Curry & Good, 1992; en Mendoza, 1995).

En lugares cultivados, se ha registrado un decremento en la densidad de los colémbolos del suelo (por ejemplo en las familias: *Entomobryidae*, *Isotomidae*, *Hypogastruridae* y *Sminthuridae*), como resultado de la disminución del contenido de humus, de humedad, del bajo contenido de carbón orgánico y nitratos (Hazra & Choudhuri, 1983). En otros bosques originales modificados por plantaciones, se reportan diferencias entre la estructura y composición de las comunidades de colémbolos, y la diversidad de la fauna fue pobre en los bosques modificados (Deharveng, 1996). En términos generales, son pocas las especies de colémbolos que soportan los cambios inmediatos asociados a una perturbación, aunque determinadas especies tienen la capacidad de iniciar la colonización en terrenos alterados (Mendoza, 1995) lo que sugiere que la mesofauna edáfica, particularmente los colémbolos (Palacios-Vargas, 1985) y ácaros (Broza *et al.*, 1993) son pioneros de zonas perturbadas.

Después de que sucede alguna perturbación en las condiciones naturales del suelo, los cambios que experimenta la fauna responden a la acción acumulativa de las variaciones

de los distintos factores modificados (Díaz, 1989), que representan cierta dificultad para correlacionar los factores por separado que han sido determinantes en los cambios de la diversidad de la mesofauna (Deharveng & Bedos, 1993). Sin embargo, se reconoce que la alteración de ciertos factores edáficos como la temperatura y el porcentaje de materia orgánica, tienen una influencia negativa, por ejemplo, en la abundancia de colémbolos. Por el contrario el porcentaje de humedad presenta una influencia positiva en la abundancia de los mismos (Mendoza, 1995).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

- Conocer el efecto de las prácticas agrícolas sobre las comunidades de artrópodos edáficos, en particular de los Collembola.

2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer el efecto de la roza, tumba y quema sobre las comunidades de artrópodos edáficos en general y en particular en Collembola.
- Determinar el efecto de la intensidad de fuego baja y alta en las comunidades de Collembola.
- Determinar las variaciones en las comunidades de artrópodos edáficos y de Collembola en particular, durante un ciclo agrícola.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV. ZONA DE ESTUDIO

A. UBICACIÓN

El presente trabajo fue realizado en parcelas de una propiedad agrícola comunal, en el ejido de San Mateo, Municipio de la Huerta ($19^{\circ}30'N$, $105^{\circ}03'W$), a 5 Km, al norte de la Estación de Biología Chamela del Estado de Jalisco, de la UNAM (Fig. 2), que se localiza a lo largo de la costa central del Pacífico (González, 1992; Roth, 1996).

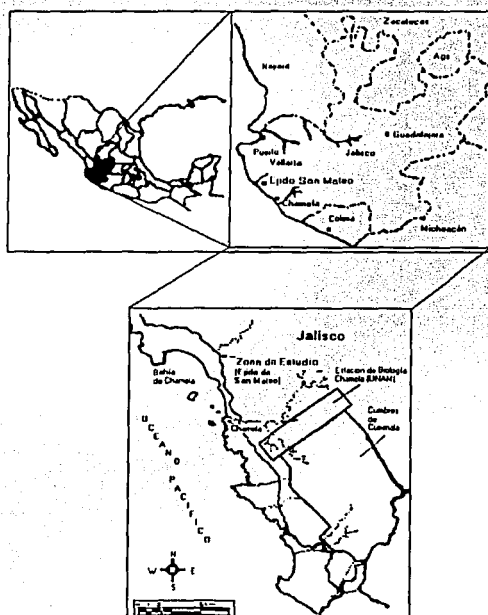


Figura 2. Localización de la zona de estudio, Ejido de San Mateo, Chamela, Jalisco.

B. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La zona de estudio se encuentra a 300 m sobre el nivel del mar. El suelo es tipo entisol con textura migajón-arenosa, con un pH de 6.5, joven y frecuentemente poco profundo (0.5-1.0 m de profundidad) con una estructura pobre, la humedad del suelo varía entre 2% en el pico de la época de secas y un máximo de 26% en la época de lluvias e inmediatamente después de una tormenta considerable (Jaramillo, com. pers.). Los contenidos de fósforo y materia orgánica en el suelo son bajos, de menos de 2.5 % (Bullock 1988, Maass *et al.*, 1988).

El área de trabajo se encuentra sobre material parental de rocas cristalinas (riolitas y granitos), con baja concentración de nutrientes minerales (capacidad de intercambio catiónico total promedio de 8.7 meq/100g). La topografía presenta colinas con pendientes convexas en gradientes de 25 grados promedio, aunque son comunes las inclinaciones mayores (García-Oliva *et al.*, 1991).

C. CLIMA

El clima es estacional seco, cálido, el promedio anual de temperatura es de 24.9°C y con una variación mensual de 22.6°C a 27.3°C (Bullock, 1988). La estación de sequía típicamente empieza en Noviembre, y el bosque permanece sin hojas hasta que empieza la estación de lluvia en Junio o Julio. Muchas de las especies de árboles tienen su máximo pico de floración y producción de semillas al perder las hojas en estos meses (Bullock & Solís-Magallanes, 1990).

El promedio anual de precipitación es de 714 mm, con un rango de 453-937 mm (1977- 1990). Generalmente, más del 80% de la precipitación anual ocurre en los meses de julio a octubre (Maass *et al.*, 1988).

D. VEGETACIÓN

La vegetación predominante en la Bahía de Chamela es el Bosque Tropical Caducifolio, con una división en el ecosistema del bosque seco tropical que incluye Bosque Tropical Subcaducifolio, humedales y duna costera (Lott, 1993).

El Bosque Tropical Caducifolio es típico de las costas de México y cubre aproximadamente el 10% del país. Estos ecosistemas son encontrados, generalmente, en las serranías y están caracterizados por una dominancia de especies caducifolias secas. La riqueza específica del Bosque de Chamela excede la riqueza de los Bosques Tropicales reportados; por lo menos 1,120 de especies han sido identificadas (Lott, 1987; Lott, 1993).

En la costa de Jalisco (Chamela - Cuixmala), la transformación de los ecosistemas ha sido muy reciente, últimamente se ha intensificado hacia la ganadería. La agricultura de temporal y pastizales cultivados se localizan principalmente en la zona de lomerío (85% del área), mientras que la agricultura de riego se concentra en pocas planicies existentes con suelos aluviales (Sod, 1996).

En esta región se ha reportado 1,200 especies de plantas vasculares representadas en 544 géneros y 124 familias, de las que casi la mitad (40%), se encuentran sólo en las selvas bajas. La fauna de la reserva incluye alrededor de 431 especies de vertebrados y miles de especies de invertebrados. De los vertebrados el 20% aproximadamente son endémicos de México y el 16% se considera en riesgo de extinción (García & Ceballos, 1996). En la región, al igual que otras similares del país, los bosques tropicales secos están siendo masivamente transformados en tierras de cultivo y pastizales, lo que trae consigo una destrucción total de la estructura y composición de la vegetación original y una severa alteración de los procesos funcionales del ecosistema (Sod, 1996).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V. MATERIAL Y MÉTODOS

A. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el tratamiento experimental se delimitaron 9 parcelas y un lote testigo en el sitio de estudio, de aproximadamente 33 x 100 m cada una, durante diciembre de 1992 para después talarlas y quemarlas, con el sistema tradicional agrícola roza, tumba y quema (Fig. 3).

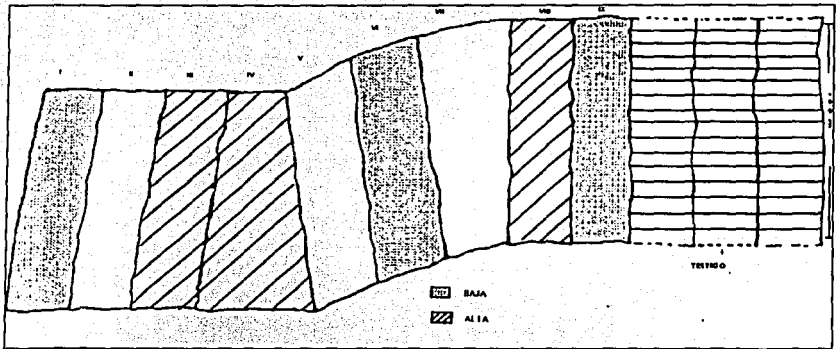


Figura 3. Diseño Experimental en la Zona de Estudio, Ejido de San Mateo, Chamela Jalisco.

La tala de la selva se llevó a cabo entre el 19-26 de enero de 1993, las parcelas fueron tratadas con distintas intensidades de fuego. El contenido de humedad del combustible varió con el incremento del periodo de tiempo entre la tala y la quema y el porcentaje de biomasa consumida durante el fuego fue usado como indicador de la severidad del fuego (Roth, 1996).

Los tratamientos fueron manipulados siguiendo distintos periodos de tiempo entre la tala de la vegetación y la quema de las parcelas: 98-101 días para la intensidad de fuego alta, 55-46 días para la intensidad baja (Tabla 4). La quema se realizó el 9 de abril para las parcelas de baja intensidad, para las parcelas de intensidad alta fue hecha el 3 y 9 de mayo.

Después de la quema, en junio, todas las parcelas fueron sembradas con maíz y tres pastos de la región, *Panicum maximun* Jacq., *Cenchrus ciliaris* L., y *Andropogon* sp.

Tabla 4. Descripción del sistema de la tumba y quema en las parcelas del Ejido de San Mateo.

INTENSIDAD DE FUEGO (Parcelas)	TUMBA (1993)	QUEMA (1993)
Alta (III, IV, VIII)	19-26 de Enero	Mayo 3
Baja (I, VI, IX)	8-12 de Febrero	Abril 9

En el presente estudio, el primer muestro se realizó después de la tala. Posteriormente al incendio, se muestreó en las parcelas de intensidad baja (I, VI, IX) y alta (III, IV, VIII), además se estableció un lote testigo en la vegetación alledaña que permaneció sin ninguna modificación (Fig. 3).

B. COLECTA

Se realizaron 5 muestreos en las parcelas de estudio en el año de 1993 (Tabla 5), inicialmente se hizo un muestreo en la vegetación desmontada en el mes de febrero (20 réplicas) sin testigo. El segundo muestreo se realizó después de la quema y antes del inicio de la temporada de lluvias y de la siembra de maíz y pasto. El tercero un mes después del inicio de la temporada de lluvia y siembra de pasto. El cuarto muestreo tres meses después de la siembra del maíz (pastoreo) y el último muestreo se llevó a cabo un mes después de la cosecha. En cada muestreo después de la tala, se tomaron 6 réplicas de suelo en cada parcela con baja intensidad (I, VI, IX) y alta intensidad de fuego (III, IV, VIII); así como en el

lote testigo (T): selva no perturbada; en éste último caso se tomaron 4 réplicas. Las muestras se obtuvieron a una profundidad de 10 cm, con ayuda de un nucleador de 11 cm de diámetro, obteniéndose 40 muestras de 95 cm² en el biotopo en cada colecta, sumando 144 en las parcelas tratadas con tala, fuego y 16 en el testigo. El número total de réplicas en el estudio fue de 180.

Tabla 5. Muestreos realizados en el estudio

MUESTREO	ETAPA DEL CULTIVO AGRÍCOLA	FECHA (1993)	RÉPLICAS
I	ROZA Y TUMBA	20 de Febrero	20
II	QUEMA	6 de Junio	40
III	SIEMBRA	11 de Julio	40
IV	PASTOREO	16 de Octubre	40
V	COSECHA	12 de Diciembre	40

La extracción de la fauna se llevó a cabo en la Estación de Biología en Chamela, Jalisco, con embudos de Berlese-Tullgren, durante tres días sin luz para obtener los microartrópodos edáficos en alcohol. Ya procesadas las muestras, se revisaron en el Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias, UNAM. Se utilizó un microscopio estereoscópico para separar y cuantificar los microartrópodos del suelo (colémbolos, ácaros y otros artrópodos) a unidades taxonómicas reconocibles (UTRs).

Para la determinación de los colémbolos (a nivel familia) y ácaros (a nivel orden) se hicieron preparaciones permanentes montando a los organismos en líquido de Hoyer.

C. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES (MÉTODOS)

Mediante el índice de Shannon (H'), se calculó la diversidad en cada área de muestreo; así como la riqueza específica (S) y la equitatividad (J'), mediante las siguientes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ecuaciones (Ludwig & Reynolds, 1988):

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i)$$

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde p_i = abundancia proporcional de cada especie.

El índice de equitatividad se evaluó con la fórmula de Pielou:

$$E_1 = \frac{H'}{\ln(S)} = \frac{\ln(N_1)}{\ln(N_0)}$$

Donde:

N_0 = número total de especies = S

$N_1 = e^{H'}$ = número de especies abundantes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI. RESULTADOS

A. ABUNDANCIA RELATIVA Y DENSIDAD DE LA MESOFAUNA EN EL ESTUDIO

En todo el estudio se encontraron 32,967 organismos (211,257 ind/m²), resultando ser los ácaros los más abundantes con 27,135 individuos (83%: 168,667 ind/m²); siguieron los colémbolos con 3,103 (9%: 24,397 ind/m²), por último otros artrópodos con 2,729 (8%: 18,193 ind/m²), como se muestra en la Fig. 4.

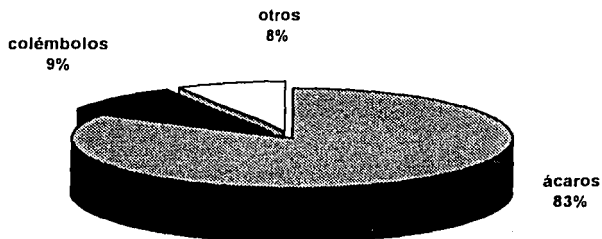


Figura 4. Abundancia relativa de la mesofauna en el estudio

Se determinaron 4 órdenes de ácaros (Mesostigmata, Prostigmata, Astigmata y Cryptostigmata), 12 de insectos y 12 familias de colémbolos (Tabla 6). Los colémbolos y ácaros más abundantes fueron los Entomobryidae y Prostigmata respectivamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 6. Ordenes de la mesofauna (Acarida e Insecta) y familias de colémbolos registradas en el experimento.

ORDENES (ACARIDA E INSECTA)		ABREVIATURA	FAMILIAS DE COLÉMBOLOS	ABREVIATURA
1	MESOSTIGMATA	MES	1 HYPOGASTRURIDAE	HYP
2	PROSTIGMATA	PRO	2 ODONTELLIDAE	ODO
3	ASTIGMATA	AST	3 BRACHYSTOMELLIDAE	BRA
4	CRYPTOSTIGMATA	CRY	4 NEANURIDAE	NEA
5	PROTURA	PRT	5 ANURIDAE	ANU
6	DIPLURA	DIL	6 ONYCHIURIDAE	ONY
7	COLLEMBOLA	COL	7 NEELIDAE	NEE
8	ORTHOPTERA	ORT	8 ISOTOMIDAE	ISO
9	PSOCOPTERA	PSO	9 ENTOMOBRYIDAE	ENT
10	THYSANOPTERA	THY	10 SMINTHURIDIDAE	SM2
11	HEMIPTERA	HEM	11 BOURLETIELLIDAE	BOU
12	HOMOPTERA	HOM	12 SMINTHURIDAE	SM1
13	NEUROPTERA	NEU		
14	COLEOPTERA	COP		
15	LÉPIDOPTERA	LEP		
16	DIPTERA	DIP		
17	HYMENOPTERA	HYM		

La simbología descrita en la tabla anterior se utilizará en las subsiguientes gráficas, tablas y figuras en el presente trabajo.

B. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN LOS MUESTREOS E INTENSIDADES DEL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL

1. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN EL EXPERIMENTO

Durante el desarrollo del estudio se observó que, la densidad registrada fue mayor en la selva o "testigo" que en las parcelas tratadas (Fig. 5); sin embargo, cabe mencionar que los ácaros Prostigmata en el muestreo V (Tabla 7) realizado en la cosecha, la densidad fue mayor en las parcelas quemadas que en el testigo. En el primer muestreo (I), después de la tala, los grupos con mayor densidad la registraron los colémbolos, siguiéndoles los ácaros Cryptostigmata y Prostigmata. Posteriormente a la quema de las parcelas (muestreo II), la densidad disminuyó notablemente en casi todos los grupos de artrópodos con respecto al testigo, particularmente en los colémbolos, aunque en los Prostigmata la densidad aumentó.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

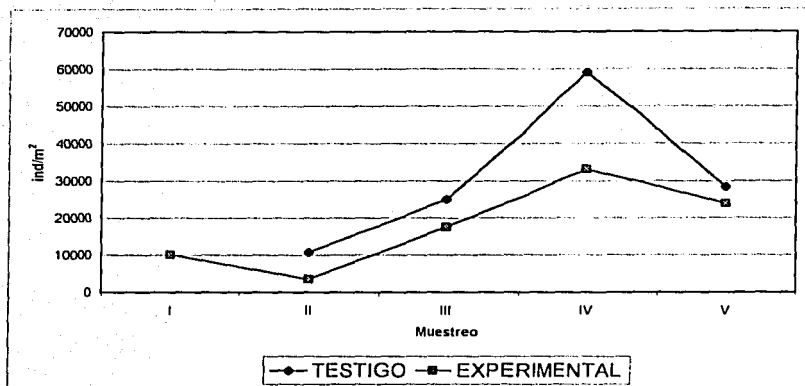


Figura 5. Densidad total de los colémbolos y ácaros en el testigo y tratamiento experimental: I=roza y tumba, II=quema, III=siembra, IV=pastoreo y V=cosecha.

Tabla 7. Densidad de la mesofauna (ind/m²) en la parcela testigo: T II, T III, T IV, T V., y parcelas experimentales: I=roza y tumba, II=quema, III=siembra, IV=pastoreo y V=cosecha.

ABREVIATURA	I	II	III	T III	IV	T IV	V	T V	
MES	93	26	0	2,047	3,711	2,769	4,211	3,371	2,211
PRO	2,031	2,184	3,553	6,427	9,658	23,860	30,737	11,737	3,289
AST	19	50	0	617	53	304	184	1275	974
CRY	2,658	570	6,026	2,708	4,158	3,868	14,737	4,421	14,132
PRT	0	0	0	0	0	26	0	3	53
DIL	106	18	0	126	368	137	605	231	474
COL	4,733	50	53	3,538	3,974	599	6,763	1,056	3,632
ORT	6	0	26	3	0	3	0	3	0
PSO	130	278	447	108	105	857	579	1,167	579
THY	12	6	0	18	0	32	79	47	79
HEM	19	26	105	64	184	70	158	12	0
HOM	12	0	289	32	105	47	79	193	2,132
NEU	0	0	0	3	0	3	0	3	0
COP	44	41	132	456	263	316	632	208	816
LEP	19	23	26	105	26	26	0	18	0
DIP	44	249	26	1,167	1500	137	237	32	0
HYM	161	35	26	73	921	56	105	26	0
	10,086	3,556	10,710	17,491	25,026	33,111	59,105	23,802	28,368

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura 5, se observa en casi todos los artrópodos, una máxima densidad en el cuarto muestreo (IV): pastoreo, tanto en el testigo como en el experimento, que coincide con el término de la temporada de lluvia (octubre) y la recuperación de la cobertura vegetal (pastos, maíz y frijol).

Los microartrópodos con mayor densidad en todo el experimento y en el testigo fueron los ácaros Prostigmata, la máxima densidad la presentaron en la época de pastoreo: muestreo IV (Fig. 6), siguieron en orden de importancia los Cryptostigmata y en tercer lugar los Collembola.

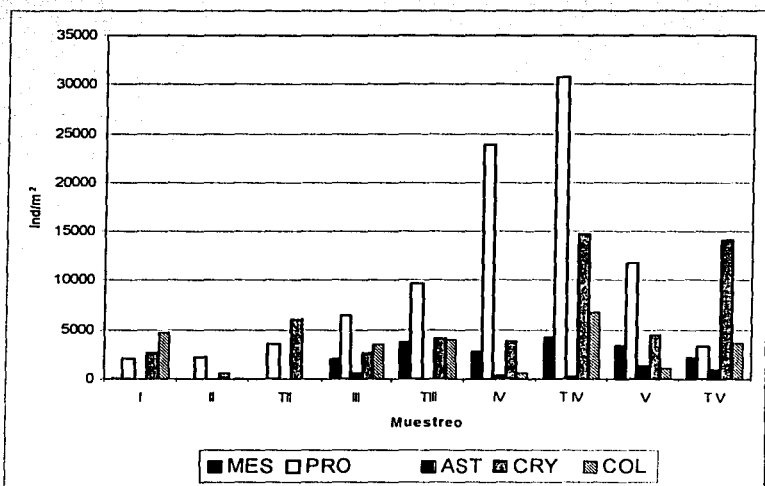


Figura 6. Densidad de microartrópodos en distintas etapas de un ciclo agrícola en el Ejido de San Mateo, Chamela Jalisco. I =roza y tumba, II =quema, III =siembra, IV =pastoreo y V =cosecha.

TII, TIII, TIV, TV= a Testigo. Mes = Mesostigmata, Pro = Prostigmata, Ast = Astigmata, Cry = Cryptostigmata, Col = Collembola.

Después de la quema la densidad de los ácaros Prostigmata y Astigmata se incrementó con relación al muestreo I (tala), aunque en general la densidad de los

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

microartrópodos disminuyó notablemente. Por otro lado, los ácaros Cryptostigmata, Mesostigmata y los Astigmata aumentaron la densidad conforme avanzó el experimento y alcanzaron su pico máximo en el muestreo IV (pastoreo), excepto los Astigmata en los que tuvieron un incremento en el muestreo III (siembra) y disminuyeron en el pastoreo.

Cabe mencionar que, la densidad de otros grupos menos importantes en cuanto a su presencia, como el grupo de los psicópteros se incrementa después de la quema. Otro grupo que aumentó su densidad fuertemente después del fuego fue el de los dípteros. Los coleópteros y dipluros tienen una presencia importante en el tratamiento, no obstante no sobrepasan la densidad observada en el testigo (Tabla 7).

2. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS CON LA INTENSIDAD DE FUEGO

En el estudio se presentó una mayor densidad en los organismos de la parcela testigo, asimismo, la densidad en la intensidad baja fue superior a la alta (Fig. 7).

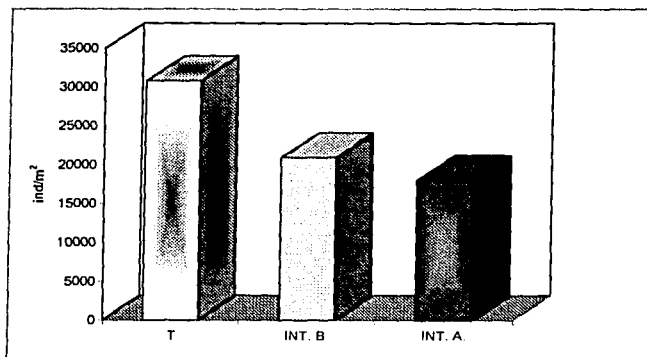


Figura 7. Densidad total de los colémbolos y ácaros en el testigo (T), en la intensidad de fuego baja (INT. B.) y alta (INT. A.).

Nuevamente el grupo con más individuos por superficie fueron los ácaros Prostigmata, aunque la densidad de éstos fue mayor en la intensidad alta que en la baja (Fig. 8, Tabla 8).

Los ácaros Cryptostigmata y colémbolos se vieron drásticamente disminuidos en la intensidad baja y alta.

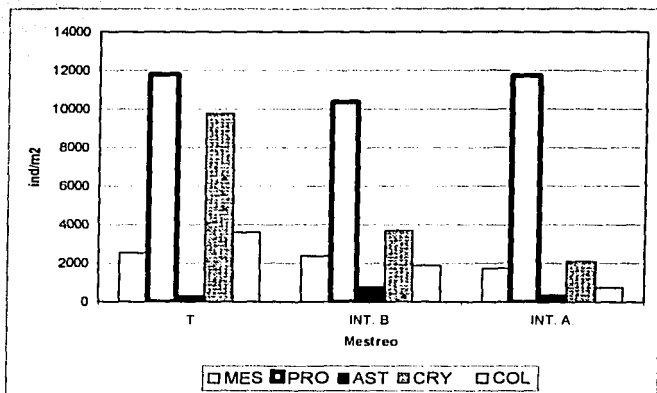


Figura 8. Densidad de los colémbolos y ácaros en el testigo (T) y en la intensidad de fuego baja (INT. B.) y alta (INT.A.).

Tabla 8. Densidad (ind/m²) de los artrópodos en la parcela testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A).

ABREVIATURA	T	INT. B.	INT. A
MES	2,533	2,377	1,730
PRO	11,809	10,363	11,741
AST	303	773	349
CRY	9,763	3,680	2,104
PRT	13	7	7
DIL	362	164	92
COL	3,605	1,875	746
ORT	7	1	1
PSO	428	576	629
THY	40	26	25
HEM	112	69	18
HOM	651	115	21
NEU	0	3	1
COP	461	330	180
LEP	13	51	35
DIP	441	459	333
HYM	263	60	35
	30,804	20,930	18,047

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los colémbolos en el testigo ocuparon el tercer lugar en cuanto a la densidad que presentaron, sin embargo en la intensidad baja y alta resultaron ser el cuarto grupo en orden de importancia (Tabla 8).

Con relación a otros artrópodos de menor presencia, sobresalen en su densidad el grupo de los dípteros y psicópteros, incluso estos últimos tienen una densidad mayor en el tratamiento con intensidad de fuego alta que en el testigo (Tabla 8).

C. DENSIDAD DE LOS COLÉMBOLOS EN LOS MUESTREOS E INTENSIDADES DE FUEGO

Se colectaron un total de 12 familias de colémbolos en el presente estudio (Tabla 6).

1. DENSIDAD DE COLÉMBOLOS EN EL EXPERIMENTO

La densidad de los colémbolos fue mayor en el testigo que en las parcelas experimentales. Asimismo, se observa en ambos, en el testigo y en las parcelas tratadas (muestreo III: siembra), un pico semejante de densidad que coincide un mes después del inicio de la temporada de lluvia (julio), sin embargo por alguna razón, en el testigo se presenta la máxima densidad en el IV muestreo (pastoreo), en el mes de octubre (casi al final de la temporada de lluvia) a diferencia de las parcelas tratadas en donde hay un drástico descenso en este mismo tiempo (Fig. 9).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

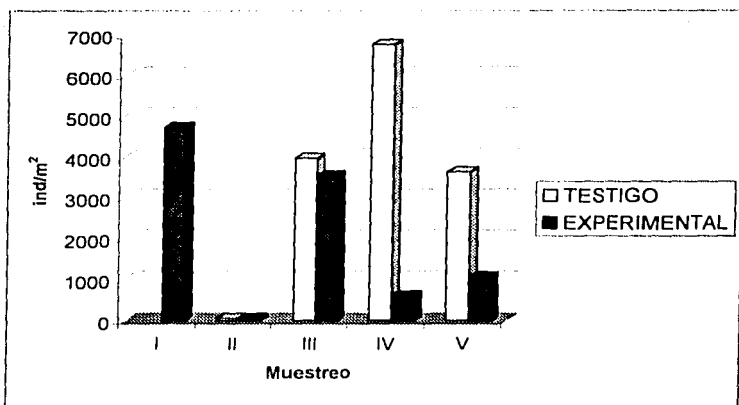


Figura 9. Densidad total de colémbolos en el testigo y en las parcelas experimentales I=roza y tumba, II=quema, III=siembra, IV=pastoreo y V=cosecha.

Como se observa en la gráfica anterior, al comparar el muestreo I (roza y tumba) y II (quema), se presenta una fuerte disminución en la densidad de los artrópodos después del fuego, no obstante es importante señalar que después de la quema (muestreo II), la densidad en la parcela tratada con respecto al testigo es muy semejante, contrario a lo que podría esperarse después de una perturbación con fuego; que la densidad resultara fuertemente disminuida en las parcelas quemadas y en el testigo fuera mayor, sin embargo, el número de individuos presentes en el testigo, al igual que en las parcelas perturbadas, casi fue nulo.

La máxima densidad en las parcelas tratadas se registró en el muestreo I (después de la roza y tala), determinada por las familias Sminthuridae y Sminthurididae. Asimismo, aproximadamente al mes y medio del tratamiento con fuego de las parcelas, se presentó una segunda densidad importante de las familias de colémbolos (en la siembra: muestreo III) casi a un mes después del inicio de la temporada de las lluvias. En el testigo la máxima se observó en el pastoreo o muestreo IV (Fig. 9).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La familia con mayor densidad, después de la perturbación de las parcelas con fuego, así como en la selva testigo, fue Entomobryidae (Tabla 9). La máxima densidad de estos colémbolos se presentó en la siembra, muestreo III, resultando también, mayor que en la selva testigo. Cabe señalar, a diferencia de lo anterior, que en el testigo los entomóbridos alcanzan su máxima densidad en el pastoreo (muestreo T IV). En orden de importancia, en cuanto a presencia a nivel de familia y después de la quema, corresponde en segundo lugar a Isotomidae, que alcanza su mayor densidad en el mismo muestreo que los entomóbridos tanto en el testigo como en el tratamiento, es decir, en la etapa de siembra en las parcelas modificadas y a casi un mes del inicio de la temporada de lluvias. La tercer familia importante fue Hypogastruridae, que registró la mayor densidad después de la tala (muestreo I) y en el pastoreo (muestreo IV) en el testigo (Tabla 9).

Tabla 9. Densidad de las familias de los colémbolos (ind/m²) en la parcela testigo: T II, T III, T IV, T V y parcelas experimentales: I=roza y tumba, II=quema, III=siembra, IV=pastoreo y V=cosecha.

FAMILIA	I	II	T- II	III	T- III	IV	T- IV	V	T- V
HYP	255	0	0	32	158	67	789	3	711
ODO	0	0	0	3	26	3	0	26	0
BRA	0	6	0	6	211	0	0	0	0
NEA	56	3	0	12	79	0	0	0	0
ANU	0	0	0	9	105	0	0	0	0
ONY	0	0	0	23	0	6	0	3	26
NEE	44	0	0	3	0	0	26	0	0
ISO	304	3	0	1,518	2,079	44	53	64	842
ENT	124	26	53	1,851	974	468	5,868	953	2,053
SM2	584	3	0	9	26	9	0	6	0
BOU	0	6	0	18	53	3	26	0	0
SM1	3,366	3	0	56	263	0	0	0	0
	4,732	50	53	3,539	3,974	600	6,763	1,055	3,632

Como se mencionó anteriormente, en todo el estudio la máxima densidad alcanzada por el orden de los colémbolos, la registraron las familias Sminthuridae y Sminthurididae en el muestreo (I), después de la tala, sin embargo, disminuyeron drásticamente después de la perturbación fuego, así como en los demás muestreos en el testigo, casi hasta desaparecer.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por otro lado, la mayor riqueza de familias se registró en la siembra, muestreo III; a un mes después aproximadamente del inicio de la temporada de lluvias. En estas parcelas quemadas, se presentó el máximo número de ellas: 12, a diferencia del testigo donde se observaron sólo 10 familias (TIII), como se muestra en la Tabla 9. Cabe mencionar que en las parcelas testigo no había oniquiúridos ni néelidos.

2. DENSIDAD DE LOS COLÉMBOLOS EN LA INTENSIDAD DE FUEGO ALTA Y BAJA

La densidad de los colémbolos en la selva testigo fue mayor que en la intensidad de fuego alta y baja, asimismo la densidad de ésta última fue mayor que en la intensidad alta (Fig. 10).

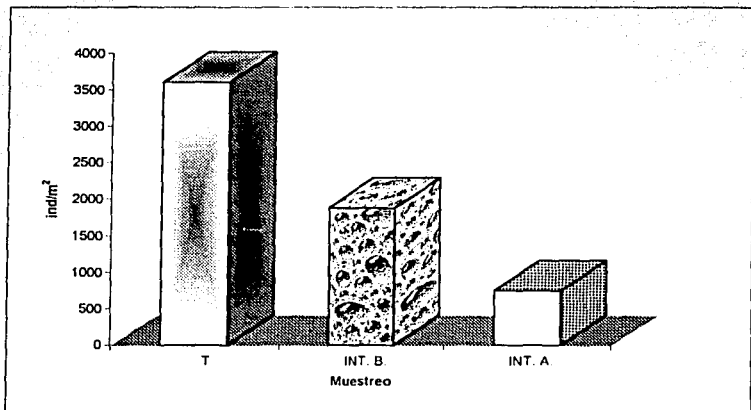


Figura 10. Densidad de colémbolos (ind/m²) en el testigo (T), intensidad baja (INT. B.) y alta (INT: A).

Nuevamente, en orden de importancia, la familia con mayor densidad en las dos intensidades resultó ser Entomobryidae, seguida de Isotomidae y en tercer lugar Hypogastruridae (Tabla 10, Fig. 11).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla10. Densidad de las familias de los colémbolos (ind/m²) en el testigo (T), en la intensidad baja (INT. B) e intensidad alta (INT. A).

FAMILIA	T	INT. B.	INT. A
HYP	414	50	1
ODO	7	15	1
BRA	53	4	1
NEA	20	3	4
ANU	26	4	0
ONY	7	9	7
NEE	7	1	0
ISO	743	654	161
ENT	2,237	1,098	551
SM2	7	9	4
BOU	20	4	9
SM1	66	25	4
	3,604	1,876	746

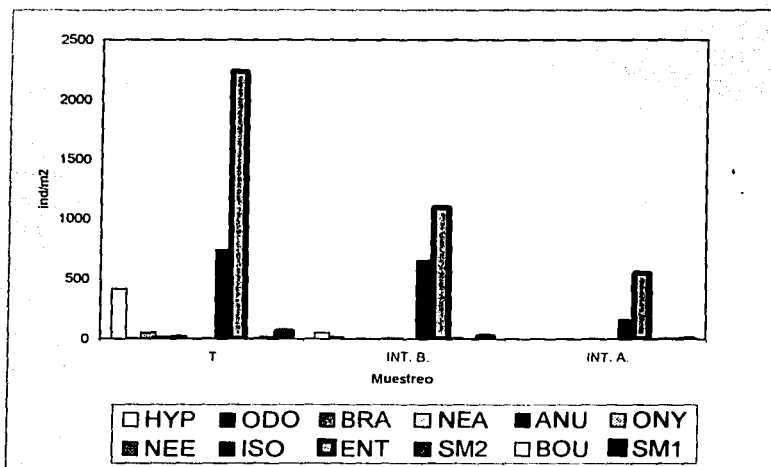


Figura 11. Densidad de los colémbolos (ind/m²) en el testigo (T), intensidad baja (INT. B.) y alta (INT. A.).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

D. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES

1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE MICROARTRÓPODOS EN EL TRATAMIENTO

En el estudio de la estructura de las comunidades de los microartrópodos se observó que la riqueza de las unidades reconocibles taxonómicas (URTs), disminuyó después del tratamiento con fuego (ver Tabla 11a). La máxima diversidad y equitatividad en las parcelas perturbadas con fuego se presentaron en el muestreo III (siembra) un mes después del inicio de temporada de lluvia. En el muestreo IV, pastoreo, se registró la menor equitatividad (Tabla 11a).

Tabla 11a. Parámetros de la comunidad de artrópodos en el Ejido de San Mateo en las parcelas perturbadas con la tala y quema; muestreos: I, II, III, IV, V.

MUESTREO	S	A	H'	J
I	15	1624	1.34	0.50
II	13	1216	1.34	0.52
III	16	5982	1.80	0.65
IV	17	11324	1.04	0.37
V	16	8139	1.55	0.56

S = Riqueza, A = Abundancia, H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener,
J' = Equitatividad de Pielou. Muestreos: I=roza y tumba, II=quema,
III=siembra, IV=pastoreo y V=cosecha.

En el testigo la máxima riqueza de las unidades reconocibles taxonómicas (URTs) se presentó en los muestreos TIII y TIV, aunque la mayor diversidad se registró en el primero y la menor equitatividad en TII (Tabla 11b).

Tabla 11b. Parámetros de la comunidad de artrópodos en el Ejido de San Mateo en el testigo: T II, T III, T IV, T V.

MUESTREO	S	A	H'	J
T II	11	407	1.1	0.46
T III	13	952	1.74	0.68
T IV	13	2246	1.35	0.53
T V	11	1078	1.65	0.69

S = Riqueza URTs., A = Abundancia, H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener,
J' = Equitatividad de Pielou.

2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE LOS ARTRÓPODOS EN LAS INTENSIDADES BAJA Y ALTA

Se observó que la diversidad (Tabla 12a, Fig. 12) fue mayor en las parcelas tratadas con fuego de intensidad baja que en la intensidad alta, de la misma manera ocurrió con la equitatividad (Tabla 12b, Fig. 13). Con relación al testigo, en el muestreo II y III (quema y siembra) la diversidad aumenta en las parcelas quemadas con intensidad baja, en los dos muestreos restantes (pastoreo y cosecha) disminuyó. La máxima diversidad se encontró en el muestreo III (siembra), un mes después del inicio de la temporada de lluvia, debido tal vez, a que hubo una mayor cantidad de nutrientes en junio después de la quema (muestreo II), así como el inicio, de un mes atrás aproximadamente, de la temporada lluvia, originando un aumento en la presencia o diversidad de algunos microartrópodos.

Tabla 12a. Índice de diversidad de Shanon-Wiener (H') en la comunidad de artrópodos en el Ejido de San Mateo, en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A.).

Muestreo	II	III	IV	V	Total
T	1,1	1,74	1,35	1,65	1,63
INT. B	1,53	1,82	1,26	1,52	1,62
INT. A	1,04	1,64	0,9	1,53	1,28

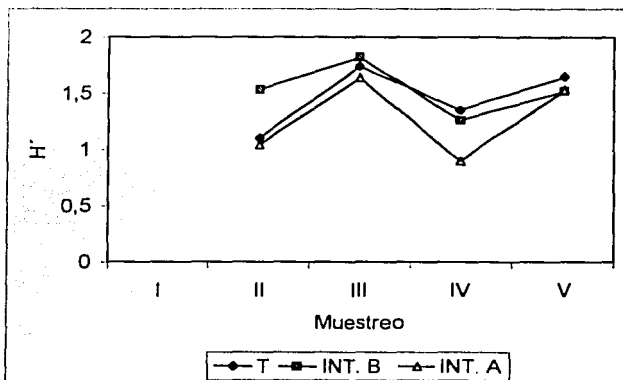


Figura 12. Índice de diversidad de Shanon-Wiener (H') en la comunidad de artrópodos en el Ejido de San Mateo, en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A.).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 12b. Índice de Equitatividad de Pielou (J') en la comunidad de artrópodos en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A.).

Muestreo	II	III	IV	V	Total
T	0,46	0,68	0,53	0,69	0,59
INT. B	0,6	0,67	0,47	0,55	0,57
INT. A	0,43	0,62	0,32	0,6	0,45

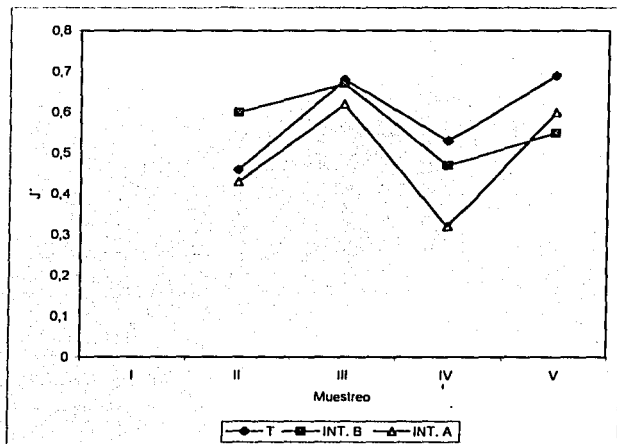


Figura 13. Índice de Equitatividad de Pielou (J') en la comunidad de artrópodos en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A.).

3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE COLÉMBOLOS EN EL TRATAMIENTO

Nuevamente la riqueza de las URTs en la comunidad de los colémbolos, como en los microartrópodos en general, fue mayor en el tratamiento experimental (tala y quema) en todos los muestreos con relación al testigo (Tabla 13a y 13b). La mayor riqueza se presenta en el muestreo III (siembra). La diversidad y equitatividad máxima se registraron en el

muestreo II (quema) pocos días antes de inicio de la temporada de lluvia y a casi un mes de la perturbación con fuego. En el testigo la máxima riqueza y diversidad se observó en el muestreo T III (siembra), un mes después del inicio de la lluvia (Tabla 13b).

Tabla 13a. Parámetros de la comunidad de las familias de colémbolos en el Ejido de San Mateo, en las parcelas perturbadas con la tala y quema, muestreos: I, II, III, IV, V.

MUESTREO	S	A	H	J
I	7	762	1.02	0.52
II	7	17	1.51	0.77
III	12	1210	0.94	0.38
IV	7	205	0.79	0.41
V	6	361	0.42	0.23

S = Riqueza, A = Abundancia, H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener,
 J' = Equitatividad de Pielou. Muestreos: I=roza y tumba, II=quema,
 III=siembra, IV=pastoreo y V=cosecha.

Tabla 13b. Parámetros de la comunidad de las familias de colémbolos en el Ejido de San Mateo, en el testigo: T II, T III, T IV, T V.

MUESTREO	S	A	H	J
T II	1	2	-	-
T III	10	151	1.44	0.63
T IV	5	257	0.45	0.28
T V	4	138	1.02	0.73

S = Riqueza, A = Abundancia, H' = Índice de diversidad de Shanon-Weaver,
 J' = Equitatividad de Pielou.

4. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE COLÉMBOLOS EN LA INTENSIDAD BAJA Y ALTA

En la Tabla 14a, se aprecia que la diversidad fue mayor en la intensidad baja que en la intensidad de fuego alta, así como la equitatividad (Tabla 14b). En las parcelas testigo la diversidad tanto como la equitatividad fue mayor que en las parcelas perturbadas (Fig. 14). La mayor diversidad en las parcelas tratadas se registró en la intensidad baja en el muestreo III (siembra) un mes después del inicio de la temporada de lluvia. La menor

equitatividad se presentó en los muestreos IV y V, siembra y pastoreo respectivamente, (Fig. 15) con una clara dominancia de dos familias de colémbolos, en primer lugar, los entomóbridos siguiendo los isotómidos.

Tabla 14a. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') en las comunidades de colémbolos en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A).

Muestreo	II	III	IV	V	Total
T		1,44	0,45	1,02	1,14
INT. B	0,79	0,95	1,07	0,4	0,98
INT. A	1,61	0,81	0,21	0,28	0,78

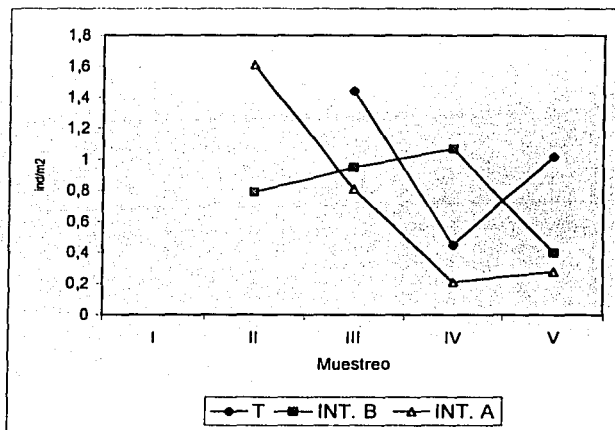


Figura 14. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') en las comunidades de colémbolos en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 14b. Índice de Equitatividad de Pielou (J') en las comunidades de colémbolos en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A.).

Muestreo	II	III	IV	V	Total
T		0,63	0,28	0,73	0,46
INT. B	0,72	0,4	0,55	0,29	0,39
INT. A	0,9	0,42	0,19	0,25	0,34

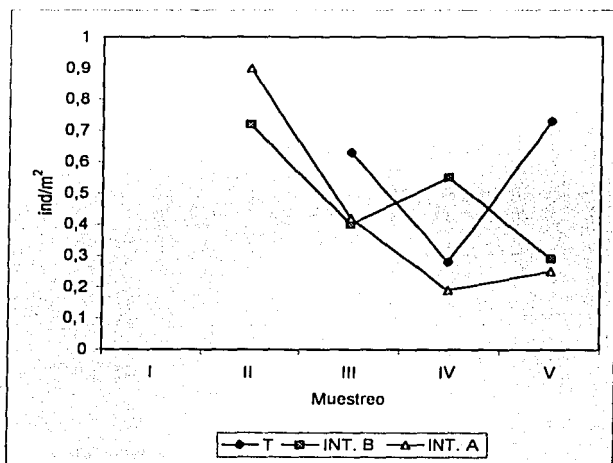


Figura 15. Índice de Equitatividad de Pielou (J') en el testigo (T), en la Intensidad baja (INT. B) y alta (INT. A.).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VII. DISCUSIÓN

A. ABUNDANCIA

Como ha sido reportado en diferentes trabajos, los organismos más abundantes de la mesofauna edáfica en el presente estudio resultaron ser los ácaros, siguiéndoles en orden de importancia los colémbolos.

B. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN EL EXPERIMENTO

Después de la tala y quema de la vegetación con dos intensidades de fuego, se presentó en el experimento un decremento importante en la densidad global en la mesofauna edáfica, que al sufrir una modificación de su hábitat, como la desaparición de la cubierta vegetal y horizontes superficiales de suelo, la eliminación de materia orgánica por combustión, así como la acción más directa de los agentes atmosféricos (acción mecánica de la lluvia, viento, insolación mayor, y pérdida de retención hídrica), provoca que las poblaciones de la mesofauna no resistan estas drásticas condiciones (Majer, 1984; Mateos & Selga, 1991; Mateos, 1992).

De acuerdo a lo anterior, en el tratamiento la densidad de las poblaciones de los microartrópodos del suelo fue afectada negativamente, sin embargo en algunos casos como en los ácaros Prostigmata (muestreo V: cosecha, Tabla 5) y en otros grupos de organismos, presentaron una densidad mayor que la registrada en el lote testigo. Este aumento de la densidad puntual en las parcelas quemadas, se puede señalar como un crecimiento masivo de algunos ácaros oportunistas que encuentran condiciones momentáneamente idóneas en las zonas quemadas, y no es la recuperación de la comunidad edáfica, sino un índice de la inestabilidad en la que se encuentra en la misma (Mateos, 1992). Puede ser que el fuego además, tenga un efecto selectivo al desaparecer poblaciones de especies depredadoras y el aumento de otras especies (Webb, 1994). Por otro lado, en otros grupos de artrópodos la densidad total en el experimento fue mayor que en el testigo, esto sucedió con los Astigmata, lepidópteros y neurópteros (Tabla 7).

Los grupos mayoritarios en las parcelas testigo y tratadas (tala y quema) fueron los ácaros y colémbolos, aunque los segundos muestran, después de la quema, una disminución de su densidad mayor que los primeros, lo cual evidencia una importante sensibilidad frente a las perturbaciones del medio (Mateos, 1992). Asimismo, La proporción numérica entre ácaros y colémbolos aumenta después de los incendios y es una buena medida del grado de perturbación de la comunidad edáfica (Tabla 7). La afectación mayor en los colémbolos puede deberse a que éstos son más sensibles que los ácaros, a un déficit de agua disponible en el suelo (Serra *et al.*, 1992).

Otros grupos de organismos como los coleópteros y dipluros tuvieron una presencia relevante en el tratamiento con fuego, aunque la densidad observada no resultó mayor en el testigo como podría ser esperado (Serra *et al.*, *op.cit*). Por otro lado, el grupo de los psicópteros y dípteros presentaron un incremento general en la densidad total en el tratamiento con relación al testigo (Tabla 7).

C. DENSIDAD DE LOS MICROARTRÓPODOS EN LA INTENSIDAD DE FUEGO BAJA Y ALTA

Las parcelas tratadas con la intensidad de fuego alta resultaron con menor densidad que las de baja y esta última, menor que el testigo, efecto que podría suponerse ya que las diferencias y respuestas al fuego son resultado de las características del mismo, el cual está determinado por el tipo de intensidad, la frecuencia, la predictibilidad del evento y la estación en que ocurre (González, 1992).

D. DENSIDAD DE LOS COLÉMBOLOS EN EL EXPERIMENTO

Después de la perturbación con fuego, los colémbolos resultaron fuertemente afectados y se observa una drástica disminución en la densidad de las familias registradas como lo observado por otros autores en los suelos (Serra *et al.*, 1992; Mateos 1992; Shaw, 1997). Sin embargo, al comparar la densidad total de los colémbolos después de la quema (muestreo II) y el testigo (TII), en ambos ésta fue muy baja y mayor en las parcelas

quemadas, este resultado en la parcela quemada podría suponerse por el efecto del fuego, más no en el testigo, el cual podría explicarse a que se ha comprobado que la distribución de los individuos en el suelo no es uniforme, sino que frecuentemente se presentan como agregados o colonias, lo que invalida las generalizaciones a partir de muestras tomadas presuponiendo una distribución al azar (Rapoport, 1959). No obstante a lo anterior, los tres muestreos posteriores en las parcelas tratadas y testigo existe una importante diferencia en las densidades obtenidas, resultando menor la densidad en las parcelas perturbadas.

La densidad máxima en el experimento resultó en el muestreo III (en la época de siembra: en julio, un mes después del inicio de la temporada de lluvias), la cual también fue muy semejante al testigo. Sin embargo la densidad máxima del testigo se observó en el muestreo IV (en octubre, casi al término de la temporada de lluvia).

Otra diferencia que se observa en los resultados obtenidos es que, las densidades de las parcelas perturbadas tienen una fluctuación mayor en cuanto a los valores registrados durante el estudio, mientras que en el testigo se mantienen un poco más uniformes.

Los colémbolos alcanzan la máxima densidad en el muestreo después de la tala, que fue determinada por las familias Sminthuridae y Sminthurididae, y que en todo el estudio casi desaparecen. En el muestreo III (en la siembra) la densidad máxima, determinada en primer lugar por los entomóbridos y seguidos por los isotómidos, se presentó aproximadamente al mes de iniciar la temporada de lluvia. En el estudio realizado por Miranda *et al.* (1999), se encontró que después del incendio en un bosque, en el suelo mineral la familia más abundante fue Entomobryidae (66.7 %), y a diferencia del presente trabajo, le siguieron los Onychiuridae 33.3 % y los Isotomidae con 6.06 %. En el mencionado trabajo los entomóbridos fueron los más abundantes a pesar de ser organismos predominantemente habitantes de la hojarasca; los oniquiúridos (eudáfcos) ocuparon el segundo sitio en abundancia

E. DENSIDAD DE COLÉMBOLOS EN LA INTENSIDAD DE FUEGO ALTA Y BAJA.

La densidad de los colémbolos en la selva preservada o testigo fue mayor que en la intensidad de fuego alta y baja, asimismo la densidad de ésta última fue mayor que en la intensidad alta. En orden de importancia, la familia con mayor densidad en las dos intensidades resultó ser Entomobryidae, siguieron los Isotomidae y en tercer lugar los Hypogastruridae. Estas familias resultaron ser, también, las más importantes en las diferentes etapas del tratamiento (roza-lumba, quema, siembra y cosecha).

F. ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES

En el presente estudio se observó que la riqueza de las UTRs en los microartrópodos disminuyó después del tratamiento con fuego (Tabla 11); en el muestreo II y III (quema y siembra) la diversidad aumenta en las parcelas quemadas con intensidad baja, en los dos muestreos restantes (pastoreo y cosecha) disminuyó, resultando cambios en la estructura de las comunidades de los microartrópodos. La máxima diversidad se encontró en el muestreo III (siembra), un mes después del inicio de la temporada de lluvia, debido tal vez, a que hubo una mayor cantidad de nutrientes en junio después de la quema (muestreo II), así como el inicio, de un mes atrás aproximadamente, de la temporada de lluvia, originando un aumento en la presencia o diversidad de algunos microartrópodos (Tabla 12). Asimismo, la diversidad fue mayor en las parcelas tratadas con fuego de intensidad baja que en la intensidad alta, de la misma manera ocurrió con la equitatividad. En el muestreo IV se registró la menor equitatividad, infiriéndose que la diversidad no se afecta en el tratamiento aunque si la dominancia de algún grupo, como fue el caso de los Prostigmata, que en éste último muestreo alcanzó la máxima densidad (Tabla 7). En un estudio realizado en la misma zona con hormigas tratadas con el mismo diseño experimental, se encontró que el efecto más evidente de esta perturbación es el decremento de la densidad y cambios en la estructura de la comunidad de hormigas (Castaño-Meneses & Palacios-Vargas, 2003).

De la misma manera, como se mencionó en el párrafo anterior, también se reportaron cambios en la estructura de las comunidades de los colémbolos en los 5 muestreos realizados. La riqueza de las UTRs en la comunidad de los colémbolos fue mayor en el

tratamiento experimental (tala y quema) en todos los muestreos con relación al testigo (Tabla 13a y 13b). La mayor riqueza se presenta en el muestreo III (siembra). La diversidad y equitatividad máxima se registraron en el muestreo II (quema) pocos días antes del inicio de la temporada de lluvia y a casi un mes de la perturbación con fuego. En el testigo la máxima riqueza y diversidad se observó en el muestreo T III (siembra), un mes después del inicio de la lluvia.

Por otro lado, en el tratamiento con las dos intensidades de fuego, la diversidad en la intensidad baja fue mayor que en la intensidad de fuego alta, así como la equitatividad (Tabla 14a y 14b). En las parcelas testigo tanto la diversidad como la equitatividad fue mayor que en las parcelas perturbadas. La mayor diversidad en las parcelas tratadas se registró en la intensidad baja en el muestreo III (siembra) un mes después del inicio de la temporada de lluvia. La menor equitatividad se presentó en los muestreos IV y V (siembra y pastoreo respectivamente, Fig. 15), con una clara dominancia de dos familias de colémbolos, en primer lugar, los entomóbridos seguidos de los isotómidos. Lo anterior debido tal vez, a que hubo una mayor cantidad de nutrientes en junio después de la quema (muestreo II), así como el inicio, desde un mes antes aproximadamente, de la temporada de lluvia, originando un aumento en la presencia o diversidad de algunas familias de colémbolos.

VIII. CONCLUSIONES

Los organismos más abundantes de la mesofauna edáfica en la selva baja caducifolia modificada con el sistema tradicional agrícola: roza, tumba y quema (con la variante de dos intensidades de fuego) resultaron, en primer lugar los ácaros (Prostigmata, Cryptostigmata, Mesostigmata y Astigmata) y en segundo término los colémbolos. El total de los grupos mencionados constituyeron el 91.7 % de 32,967 individuos registrados.

Se reportaron en el presente trabajo 29 URTs: 17 grupos de artrópodos, incluidas 12 familias de colémbolos.

Las comunidades de los artrópodos, después de la tala y quema se vieron drásticamente influenciados al disminuir su densidad, en comparación con el testigo.

La densidad de las poblaciones de los microartrópodos del suelo fue afectada negativamente, sin embargo en algunos organismos como los ácaros Prostigmata, tuvieron un crecimiento masivo al encontrar condiciones momentáneamente idóneas en las zonas quemadas

Los grupos de organismos mayoritarios fueron los ácaros y colémbolos, aunque los últimos muestran un decremento en mayor proporción en la densidad que los primeros, lo cual hace evidente su mayor sensibilidad frente a las perturbaciones del medio

Los colémbolos más importantes, en cuanto a su mayor densidad registrada, después de la quema fueron los entomóbridos, siguieron los isotómidos y finalmente los hipogastruridos y oniquiúridos.

Los ácaros más abundantes en el tratamiento experimental fueron del orden Prostigmata. Otros grupos de microartrópodos, como los coleópteros y dípteros tuvieron cierta presencia en el tratamiento con fuego sin rebasar la densidad de los mismos en el testigo, sin embargo los psicópteros y dípteros presentaron un incremento general en la densidad total en el tratamiento con relación al testigo.

Las parcelas tratadas con la intensidad de fuego alta resultaron con menor densidad que en la intensidad baja y testigo tanto en las familias de los colémbolos como en los microartrópodos en general.

Con relación a los colémbolos, después de la perturbación con fuego, resultaron fuertemente afectados y se observa una drástica disminución en la densidad de las familias registradas. No obstante, al comparar la densidad total de los colémbolos después de la quema (muestreo II) y el testigo, en ambas ésta fue muy baja y mayor en las parcelas quemadas, este resultado en la parcela quemada podría deberse al efecto del fuego, más no en el testigo, el cual podría sugerirse que se debe al hecho de que se ha comprobado que la distribución de los individuos en el suelo no es uniforme, sino que frecuentemente se presentan como agregados o colonias, lo que invalida las generalizaciones a partir de muestras tomadas presuponiendo una distribución al azar.

La máxima densidad en los colémbolos en el estudio se presenta en el muestreo después de la tala, la cual fue dada por las familias Sminthuridae y Sminthurididae, que posteriormente a esto casi desaparecen. En el muestreo III (siembra) se observa la mayor densidad de los colémbolos en las parcelas quemadas, la cual fue determinada en primer lugar por los entomóbridos, seguidos por los isotómidos.

En las parcelas testigo se registró la mayor densidad de los colémbolos, representado principalmente por las familias Entomobryidae, Isotomidae e Hypogastruridae, siendo también, las más importantes en las diferentes etapas del tratamiento.

Por otro lado, con relación a la estructura de las comunidades de los microartrópodos en el presente estudio, se observó que la riqueza de las URTs cambió después del tratamiento con fuego. La diversidad fue mayor en las parcelas tratadas con fuego de intensidad baja que en la intensidad alta, de la misma manera ocurrió con la equitatividad, presuponiendo que la diversidad no se afecta en el tratamiento aunque sí la dominancia de algún grupo, como fue el caso de los Prostigmata

Con relación a la estructura de las comunidades de los colémbolos en el estudio, la riqueza de las URTs, la equitatividad y diversidad en la comunidad de los colémbolos se modificó. La diversidad en la intensidad baja fue mayor que la presente en la intensidad de fuego alta.

En la estructura de la comunidad de los colémbolos se presentó una clara dominancia de dos familias de colémbolos, en primer lugar, los entomóbridos seguidos de los isotómidos, por las condiciones favorables de nutrientes, así como la influencia de la temporada de lluvia.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aber, J. & J. Melillo. 1991. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing. Philadelphia. 429 pp.
- Aguayo, C. G. & V. Biaggi. 1982. *Diccionario de Biología Animal*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 325pp.
- 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 Zool. Fenn.*, 196: 142-145.
- Blackith, R. E. 1974. The ecology of Collembola in Irish blanket bogs. Irish Academy: *Irish Contribution to International Biological Programme*, 74: 203-226.
- Blair, J. M., R. W. Parmelee & R. L. Wyman. 1994. A comparison of the forest floor invertebrate communities of four forest types in the Northeastern U. S. *Pedobiologia*, 38: 146-160
- Broza, M., D. Poliakov., S. Weber., & Y. Izhaki. 1993. Soil microarthropods on post-fire pine forest on Mount Carmel, Israel. *Wat. Sci. Tech*, 27: 533-538.
- Bullock, S. H. 1988. Rasgos del ambiente físico y biológico de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomol. Mex.*, 77: 5-17.
- Bullock, H., & J. A. Solís-Magallanes 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*, 22: 22-35.
- Burges, A. & F. Raw. 1971. *Biología del suelo*. Ediciones Omega. Barcelona España. 596 pp.

- Butcher, J., R. Snider & R. Snider. 1971. Bioecology of edaphic collembola and acarina. *Ann. Rev. Entomol.*, 16: 249-288.
- Castaño-Meneses, R. G. 1997. Características ecológicas de las hormigas en la selva baja subcaducifolia de Chamela, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología Animal). Facultad de Ciencias. UNAM. México. 97 pp.
- Castaño-Meneses, G. & J. G. Palacios-Vargas. 2003. Effects of fire and agricultural practices on neotropical ant communities. *Biodivers. and Conserv.* 12: 1913-1919.
- Ceballos, G & A. García. 1996. La selva: Biodiversidad única en peligro. *Ocelot*, 5: 4-9.
- Choudhuri, D. K. & S. Roy. 1971. The Collembola (Insecta) of the uncultivated fields in Burdwan District (West Bengal), with remarks on correlation between monthly population and certain soil factors. *Proc. Zool. Soc.* Calcutta, 24: 33-39.
- Christiansen, K. 1964. Bionomics of Collembola. *Ann. Rev. Entomol.* 9: 147-178.
- Daubenmire, R. 1988. *Ecología vegetal*. Limusa. México. 496 pp.
- Deharveng, L. 1996. Soil Collembola diversity, endemism and reforestation: A case of study in the Pyrenees (France). *Conserv. Biol.* 10: 74-84.
- Deharveng, L., A. Bedos & P. Leksawasdi. 1989. Diversity in tropical forest soils: The Collembola of Doi Inthanon (Thailand). 317-328 pp. R. Dallai (ed). *3rd International Seminar on Apterygota*. University of Siena, Siena Italy.
- Deharveng, L. & A. Bedos. 1993. Factors influencing diversity of soil Collembola in a tropical mountain forest (Doi Inthanon, Northern Thailand). 91-110 pp. Paoletti Mg, W. Foissner and A. Colean (eds). *Soil Biota, nutrient cycling, and farming systems*. Lewis Publishers, Boca ratón, Florida.

- De-Ita, C. 1983. Patrones de producción agrícola en un ecosistema tropical estacional en la costa de Jalisco, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 183 pp.
- De Izarra, D. C. & R. Boo. 1980. Los efectos de una reforestación con plantas introducidas sobre los microartrópodos del suelo. *Ecología Argentina*, 5:59-70.
- Díaz, A. 1989. Composición y estructura de la comunidad de Colémbolos (Insecta) en el Páramo de Piedras Blancas (Merida-Venezuela). Depto. de Biología. Ecología animal. Merida, Venezuela. 182 pp.
- García, A. & G. Ceballos. 1996. Chamela-Cuixmala, primera reserva de la selva en México. *Ocelotl*, 5: 10-15.
- García-Oliva, F. 1992. Erosión y pérdida de nutrientes del suelo en una cronosecuencia de uso agropecuario en un ecosistema tropical estacional mexicano. Tesis Doctoral en Ecología. UACPyP-CCH Centro de Ecología, UNAM. México. 115 pp.
- García-Oliva, F., E. Ezcurra & L. Galicia. 1991. Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific Cost of Mexico. *Geogr. Ann. A*, 73 A: 179-186.
- González, P.C. 1992. Manejo del fuego en el sistema de roza, tumba y quema en la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 95 pp.
- Hazra, A. K. & D. K. Choudhuri. 1983. A study of Collembola communities in cultivated and uncultivated sites of West Bengal in relation to three major soil factors. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 20: 385-401.

- Hernández, X. E. 1959. La agricultura: Los Recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento. Parte II. *Inst. Mex. de Rec. Renov.* México, 3: 1-57.
- Huhta, V. 1971. Succession in the spider communities of the forest floor after clearcutting and prescribed burning. *Acta Zool. Fenn.* 8: 483-542.
- Kozłowski, T. 1974. *Fire and ecosystems.* Academic Press. New York. 527 pp.
- Lavèlle, P., M. E. Maury, & V. Serrano. 1981. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz época de Lluvias. *Reporte Técnico del Instituto de Ecología*, 6: 75-105.
- Lott, E. J. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of Coastal Jalisco. *Biotropica*, 19: 228-235.
- Lott, E. J. 1993. Annotated checklist of the vascular flora of the Chamela Bay region, Jalisco, Mexico. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 148: 1-60.
- Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology. A primer Methods and computing.* A Wiley Interscience Publication. New York. 377 pp.
- Maass, J. M., C. Jordan & J. Sarukhan. 1988. Soil erosion y nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *J. Applied Ecology*, 25: 595-607.
- MacKay, P. W., A. M. Rebeles., C. Hugo., B. Arredondo., D. Americo., R. Rodríguez., D. A. González., & S. Bradleigh Vinson. 1991. Impact of the slashing and burning of a tropical rain forest on the native ant fauna (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 18: 257-268.

- Majer, J. D. 1984. Short-term responses of soil and litter invertebrates to a cool autumn burn in jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest in Western Australia. *Pedobiología*, 26: 229-247.
- Mateos, E. 1992. Colémbolos (Insecta/ Collembola) edáficos de encinares de la Serra de L'Obac y la Serra de Prades (Sierra prelitoral Catalana). Efectos de los incendios forestales sobre estos artrópodos. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 402 pp.
- Mateos, E. & D. Selga. 1991. Efecto de los incendios forestales sobre las poblaciones de colémbolos edáficos en bosque mediterráneo. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 28: 19-30.
- Mejía-Recamier, B. E. & Palacios-Vargas, J. G. *Técnicas de colecta para los microartrópodos edáficos* (en prensa).
- Mendoza, A. M. S. 1995. Los insectos colémbolos y la sucesión secundaria del bosque mesófilo de la reserva de la biósfera "El Cielo" Tamaulipas. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 99 pp.
- Miranda-Rangel, A., H. Cruz-Hipólito, & M. Barrón-Yáñez. 1999. Efecto de un incendio forestal de un bosque de encino (*Quercus* sp.), en la colembofauna edáfica. . 629-632 pp. N. Bautista, Morales O, & Ruiz C (eds). *Memorias del XXXIV Congreso Nacional de Entomología. Méx.*
- Mirya, A. 1996. La selva tropical estacional: entre la vida y la muerte. *Ocelotl*, 5: 28-35.
- Najt, J. 1973. Algunos conceptos sobre la biología de los suelos como ciencias de nuestro tiempo. *IDIA-Suplemento*, 29: 97-105.
- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Interamericana. México. 639 pp.

- Palacios-Vargas, J. G. 1983. Catálogo de los colémbolos mexicanos. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, 27: 61-76.
- Palacios-Vargas, J. G. 1985. Microartrópodos del Popocatepetl (Aspectos ecológicos y biogeográficos de los ácaros oribátidos e insectos colémbolos): Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. 132 pp.
- Prieto-Trueba, D., M. M. Vázquez González & C. Rodríguez Aragonés. 1999. Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Trop.*, 47: 489-492.
- 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. 1960. Formación de humus por los insectos colémbolos. *IDIA. Supl.* 80 pp.
- Rapoport, E. H. 1968. La fauna edáfica y sus aplicaciones en la caracterización de los suelos. *Progressos em Biodinâmica e Produtividade do Solo. Excertos de Trabalhos do Segundo Congresso Latino-Americano de Biología do Solo.* Universidade Federal de Sta. Maria. Instituto de Solos e Culturas Sta. Maria, R.S. Brasil. 11 pp.
- Roth, D. 1996. Regeneration dynamic in response to slash and burn agriculture in a tropical deciduous forest of Western Mexico. Thesis of Master Science. Oregon State University. 127 pp.
- Serra, A., E. Mateos, X. Parra & V. Sarlé. 1992. Estudio de los efectos de un incendio forestal sobre poblaciones de artrópodos edáficos. *Historia Animalium*. 1: 41-62.

- Shaw, P. J. A. 1997. Post-fire successions of Collembola in lowland heaths in South-Eastern UK. *Pedobiologia*, 41: 80-87.
- Sod, S. 1996. Insuficiente, el estudio sobre el funcionamiento de los ecosistemas: Maass. *Oecolof*, 5: 21-26.
- Webb, N. R. 1994. Post-fire succession of cryptostigmatic mites (Acari, Cryptostigmata) in a Calluna -heathly soil. *Pedobiologia*, 38: 138-145.
- Whittaker, E. 1961. Temperatures in heath fires. *J. Ecol.*, 49: 709-715.