



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

ESTUDIO ECOLOGICO DE LOS COLEBOLOS
DEL SUELO DE DOS ZONAS DEL MUNICIPIO
DE TEZCOCO, EDO. DE MEX.

TESIS CON
VALIA DE CRIEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)
P R E S E N T A :
E L B I O L O G O
ANDRES MIRANDA RANGEL



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 está 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.

INDICE

I.-	RESUMEN.....	V
II.-	INTRODUCCION.....	1
III.-	OBJETIVOS.....	4
IV.-	ZONA DE TRABAJO.	
1.-	Ubicación geográfica.....	5
2.-	Geología.....	5
3.-	Orografía.....	6
4.-	Hidrología.....	6
5.-	Clima.....	6
6.-	Suelos.....	8
7.-	Bosque de <u>A. religiosa</u> y vegetación asociada....	9
8.-	Cultivo de habas y vegetación asociada.....	9
V.-	MATERIALES Y METODO.	
1.-	Diseño del programa.....	11
2.-	Trabajo de campo.....	11
3.-	Procedimiento en el laboratorio.....	12
4.-	Material artropodológico y pruebas estadísticas	13
VI.-	RESULTADOS Y DISCUSION.	
1.-	Composición de la fauna de colémbolos del bosque de <u>A. religiosa</u> y del cultivo de haba.....	17
2.-	Abundancia relativa de los colémbolos.....	19
3.-	Porcentaje de permanencia.....	22
4.-	Coefficiente de frecuencia.....	24
5.-	Similitud faunística.....	25
6.-	Abundancia total.....	26
7.-	Afinidad biocenótica.....	31
8.-	Similitud biocenótica.....	32
VII.-	CONCLUSIONES.....	34
VIII.-	BIBLIOGRAFIA.....	35
IX.-	CUADROS Y GRAFICAS.....	40

RESUMEN

"ESTUDIO ECOLOGICO DE LOS COLEMBOLOS EDAFICOS DE DOS ZONAS DEL MUNICIPIO DE TEZCOCO, EDO. DE MEX".

Se comparan las comunidades de colémbolos, tanto de hojarasca, como de suelo mineral de una parcela de cultivo de haba, con otras comunidades de biotopos semejantes, pertenecientes a un segmento de bosque de A. religiosa, al oriente del Municipio de Tezcoco, Edo. de Méx. Se aprecia la influencia del establecimiento de la parcela de cultivo, en el bosque, sobre las comunidades colembológicas. Se hicieron colectas mensuales, iniciándose en junio de 1987 y finalizándose en junio de 1988. Se colectaron 10 muestras en cada zona: 5 de hojarasca y 5 de suelo mineral. Se procesaron por medio del embudo de Berlese, durante una semana. Se separaron, cuantificaron y montaron los colémbolos obtenidos, identificándose a nivel de especie. El biotopo más rico y abundante fué el de hojarasca del bosque, luego el que presentó el mayor número de ejemplares fué el del suelo del cultivo, pero con menor número de especies que el suelo del bosque, y el menos diverso y abundante fué el de la hojarasca del cultivo. Esto muestra, de alguna manera, la estabilidad y entrada de energía de cada uno de los hábitats, que puede ser aprovechada por los colémbolos. También se determinó la similitud entre las comunidades de los diferentes medios, encontrándose que es mayor entre cada uno de los biotopos de una misma zona, que entre las zonas estudiadas. Lo cual puede mostrar la alteración de las comunidades de la parcela, haciéndolas más simples, en relación a las del bosque. Además se plantea que los colémbolos pueden ser indicadores del proceso de alteración en el que se encuentra el bosque de la zona estudiada.

I. INTRODUCCION.

El suelo es más que una mera acumulación de materiales minerales de diverso origen, que constituyen el sustrato a partir del cual las plantas obtienen los elementos nutritivos, ya que también comprende a una multitud de organismos, tales como: bacterias, algas, hongos y animales. Los cuales se desarrollan entre los poros, cavidades y sobre la superficie del mismo (Rapoport, 1959).

Por lo tanto, un suelo es un complejo formado por dos elementos: a) el abiótico y b) el biótico. Como partes principales del primer elemento se encuentran: la fracción mineral, la materia orgánica, la humedad y la atmósfera. Algunas de sus propiedades tienen relación directa con los organismos que viven aquí. El segundo elemento (biótico) está conformado por todos los seres vivos que se desarrollan en él (Najt, 1973).

Los principales grupos de organismos que actúan en el suelo son: bacterias, hongos, actinomicetos, algas, protozoarios, nemátodos, anélidos y artrópodos (Najt, op. cit.). Estos organismos ayudan directa o indirectamente a la formación del suelo, ya que descomponen e incorporan la materia orgánica. Algunos 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).

Se considera además, que los invertebrados del suelo contribuyen a estimular la actividad de los microorganismos (hongos y bacterias) en una forma indirecta, lo cual acelera los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica (Butcher, et al. 1971). La carencia de animales en un suelo determinado puede reducir la velocidad de descomposición de dicha materia orgánica y permite una mayor pérdida de nutrientes por lixiviación, ya que estos organismos pueden actuar como almacén de dichos nutrientes (Odum, 1972; Daubenmire, 1988). El reciclaje de nutrientes ha permitido la continuación de la vida en nuestro planeta, debido a que los átomos y moléculas que conforman a un ser vivo en un momento determinado, pueden ser reutilizados por otros organismos, luego que los primeros mueren. Sin este proceso la vida sería difícil de preservarse. Además la descomposición completa de un organismo es producto de la acción eslabonada de diversos organismos (Odum, op. cit.).

Además, la clase de 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 suelo, tipo de vegetación, humedad y temperatura del medio (Palacios-Vargas op.cit.).

Como parte de la fauna del suelo o edafofauna se encuentran los artrópodos, los cuales están representados por: isópteros, coleópteros, dípteros, himenópteros (formicidos), tisanópteros, dipluros, colémbolos, proturos, quilópodos, sínfilos, isopodos, arácnidos y ácaros, entre otros. (Najt, op. cit.). Los más abundantes son ácaros y colémbolos, que llegan a constituir hasta el 98% de la artropodofauna de un suelo dado (Palacios-Vargas op. cit.). Pero no solo son importantes por su abundancia, sino también por el papel que juegan en la descomposición de la materia orgánica y en el flujo de energía dentro del sistema suelo (Blackith, 1974). A pesar de que este tiene una rica y variada fauna de artrópodos, muchos son raros o no tienen influencia sobre sus hábitats. Cuando tienen efecto se debe a su abundancia, distribución o actividad, ya sea sobre el suelo, vegetación o los demás miembros de la fauna (Rapoport, op. cit.).

Presumiblemente, los colémbolos en general, tienen una distribución más amplia que cualquier otro grupo de insectos, debido a que es un grupo muy antiguo, cuyos fósiles datan del Devónico Medio y por ser fácilmente dispersados por corrientes de agua y viento, además se reproducen rápidamente cuando se hallan en un medio adecuado. Viven en altitudes diversas (inclusive en el Himalaya) hasta el nivel del mar y climas muy variados: árticos, antárticos, tropicales y templados. Los principales factores limitantes para su distribución son: humedad y temperatura (Christiansen, 1964). Se alimentan de materia vegetal en proceso de descomposición, en la que por lo menos hay un ataque previo por microorganismos (Butcher, et al. 1971); además de micelios, esporas, heces y exoesqueletos de otros artrópodos y de ellos mismos. Algunos pueden consumir humus directamente (Rapoport, 1960; Najt, op. cit.). En tanto que otros, son formadores directos de humus (Rapoport, 1960), además juegan un papel importante en la diseminación y desarrollo de microorganismos (en particular de hongos) en el suelo, ya que los diseminan al transportar las esporas y liberarlas con las heces y se desarrollan, al aportarles nutrientes con dichas heces (Odum, op. cit.). Además son importantes como trituradores y desmenuzadores de la materia orgánica (en particular de tejidos vegetales) que caen al suelo. Esto hace que aumente la superficie de dichos tejidos para ser atacados por hongos y bacterias, además de inocular estos microorganismos (Blackith, 1974).

Doeksen y Hitchen (en Burges & Raw, 1971) han demostrado la presencia de las bacterias Bacillus sp., en el intestino de algunos colémbolos, las cuales les ayudan a degradar la quitina. Estos animales consumen sus propias cutículas, así como la de otros artrópodos. Lo cual es un aspecto relevante, debido a que posibilita el reciclaje de los elementos que conforman esta molécula, que es muy estable y los pone a disposición de los vegetales, afectando favorablemente el flujo de energía al impedir que permanezcan en los suelos moléculas complejas de materia orgánica, lo cual puede implicar una mejora en la fertilidad de los suelos.

Además, los colémbolos son resistentes a las aplicaciones de algunos plaguicidas, lo cual puede favorecer el reciclaje de la materia orgánica, ya que dichos plaguicidas eliminan a los posibles depredadores de estos animales, esto puede permitir una más eficiente descomposición de la materia orgánica (Edwards, 1978). Inclusive hay autores como Ghilarov (en Burges & Raw, op. cit.) que plantean el inducir el aumento de las poblaciones de organismos que ayuden al reciclaje de nutrientes y deprimir las de sus posibles depredadores, como un elemento para incrementar la fertilidad de los suelos.

Por otro lado, en el presente trabajo se analiza el impacto del establecimiento de una parcela de cultivo, en un bosque de A. religiosa sobre las poblaciones de colémbolos de los diferentes biotopos estudiados, basándose en la descripción de las comunidades, monitoreo mensual de las mismas y las relaciones que pueden establecer las diversas especies con sus biotopos. En este sentido el actual trabajo es pionero en México, a pesar de que el estudio de los colémbolos en el país no es reciente, data de 1896, año en que Schott, registra y describe especies de Baja California (Palacios-Vargas, op. cit.). De entonces a la fecha se han realizado diversos trabajos, pero el aspecto que más se ha enfatizado en los mismos ha sido el taxonómico (Palacios-Vargas, 1983; Bonet, 1945 y 1948). Es hasta la segunda mitad de la década pasada que se inician los estudios ecológicos de este grupo, en una forma más amplia y sistemática, como los trabajos de Palacios-Vargas (1982, 1983 y 1985) y Villalobos (1989). En cuanto al estudio ecológico y comparativo entre cultivos y medio natural, en el mundo ya se han hecho trabajos tratando de analizar el impacto de los cultivos sobre las poblaciones de colémbolos, como los de Bonnet, Cassagnau & Deharveng (1977); Shaddy & Butcher (1977); Hermosilla (1978); Weil & Kroontje (1979); Izarra (1981); Ponge (1983); Jordana, et al. (1987).

II.- OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Determinar y cuantificar las diferentes poblaciones de colémbolos habitantes de la hojarasca y el suelo de un bosque de Abies religiosa y de un cultivo de haba (Vicia faba).
2. Obtener la abundancia relativa de las especies de colémbolos que constituyen la artropodofauna de los biotopos ya citados.
3. Estudiar la variación estacional a nivel específico, de los colémbolos edáficos durante un ciclo anual, proporcionando su porcentaje de permanencia y coeficiente de frecuencia, para detectar cuales son las especies más importantes en cada biotopo.
4. Analizar la afinidad biocenótica de dos poblaciones (Entomobrya ca. triangularis y Mesaphorura macrochaeta) representativas de los biotopos estudiados.

III.- ZONA DE TRABAJO.

1.- Ubicación geográfica.

En la franja de la República Mexicana comprendida entre los 18° y 22° Latitud Norte, se levanta un sistema montañoso, discontinuo denominado Eje Volcánico Trasversal. Como parte de esta cordillera, se encuentra la Sierra de Quetzaltepec, al oriente del Municipio de Tezococo, Estado de México. Dentro de esta sierra se localizan los puntos particulares de estudio: entre los 98° 45' y 98° 50' Long. W., y los 19° 25' y 19° 30' Lat. Nte.

Las zonas de colecta (cultivo de habas y bosque de A. religiosa), se encuentran a 2, 810 msnm., y 2, 840 msnm., respectivamente. La parcela de cultivo se ubica a 14.7 Km al suroriente de la Universidad Autónoma Chapingo, mientras que la zona de bosque, se localiza a 16 Km., en la misma dirección (Fig. 1). Por lo tanto se observa una diferencia de altitudes, entre la parcela y el bosque de 30 m., las separa una distancia de 1.3 Km y presenta una mayor pendiente el bosque.

La parcela de cultivo tiene una pendiente de 3.0% (-), con una orientación del lado sur de 64° SE, en tanto que la porción de bosque muestreada tiene una pendiente de 21% (+) y la orientación del lado sur de 76° SE.

2.- Geología.

De acuerdo con Mooser (1963) el material que constituye el Valle de México fué producido en el Terciario y Cuaternario a partir de fallas y fracturas de la formación Chapala-Acambay, ramal de la falla de San Andrés, ya que las calizas marinas del Cretácico que forman el basamento no afloran en ninguna parte.

En el área de estudio se encuentran formaciones del Terciario Medio (Oligoceno-Mioceno) que Mooser (op. cit.) enuncia como Serie Andesítica Tláloc-Telapón. Al final de este periodo hubo un tiempo de peniplanización. Al Plioceno pertenecen complejos llevados, algo más jóvenes y con centros erosionados representados por la caldera de sumergencia de la Sierra de Tlaixpan (andesitas con anfíbol).

Los pies de todas las elevaciones del Terciario Medio y del Terciario Superior, quedaron en el Plioceno Superior cubiertas por abanicos aluviales, testigos de una época de relativa aridez y falta de vegetación.

Un poco después, al ocurrir en la cuenca los últimos hundimientos, se extravasaron grandes volúmenes de tobas y brechas volcánicas, en forma de avalanchas ardientes provenientes de fracturas no visibles en la actualidad a los pies de la Sierra de Río Frio: sus depósitos constituyen la formación Tarango Inferior.



FIG. 1. Las zonas de trabajo se encuentran al oriente del Municipio de Tezcoco, Edo. de México. Entre los $19^{\circ} 25'$ y los $19^{\circ} 30'$ Lat. N. y los $98^{\circ} 45'$ y $98^{\circ} 50'$ Long W.

A fines del Terciario y comienzos del Cuaternario se presentaron nuevos impulsos tectónicos, con un cambio climático de seco a húmedo y es cuando desaparece el glacial del noroeste del Tláloc; las aguas socavaron arroyos y cañones en los complejos volcánicos del Terciario y en los abanicos aluviales.

En la zona particular de estudio se encuentran derrames y deposiciones volcánicas andesíticas y basálticas (Ortiz-Solorio & Cuanalo de la C., 1977) además de materiales igneas, ignimbritas y basaltos sobre andesitas, con fallas y fracturas.

3.- Orografía.

Las zonas de muestreo se encuentran ubicadas en las suaves pendientes de la Sierra de Quetzaltepec, la cual está formada por diferentes elevaciones, destacándose: Cerro Tláloc con una altitud de 4, 200 msnm., Cerro Tecorral con una altitud de 3, 200 msnm., Cerro Texaltepec con 3, 500 msnm., Cerro Llano de Xóchitl con 3,600 msnm y el Cerro Los Potrerillos con 2,900 m de altitud. Estas son las elevaciones más cercanas a los puntos de colecta (Ortiz-Solorio & Cuanalo de la C., op. cit.).

4.- Hidrología.

La zona estudiada se localiza dentro de la Cuenca del Vaso de Tezcoco, en la cual se encuentran las corrientes temporales torrenciales, llamadas regionalmente ríos: Xalapango, Coaxcacoaco, Tezcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Monica, Coatepec y Chimalhuacan (Ortiz-Solorio & Cuanalo de la C., op. cit.).

En la zona particular de colecta (sobre todo en la parcela de cultivo), hay pequeñas corrientes permanentes que siguen las líneas de las fallas.

5.- Clima.

El clima de la zona va a presentar variaciones, debidas principalmente, a la influencia de la orografía. De acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Koppen y modificado por E. Garcia (1973), la zona de trabajo presenta el siguiente clima:

C (w 1) (w) b (i')

que es un clima templado subhúmedo, con una precipitación media anual entre 800 y 900 mm, régimen de lluvias en verano, temperatura media anual entre 12° y 18 °C y con una oscilación de temperatura entre 5° y 7 °C.

Por su altitud, mayor de 2 000 msnm., la zona de trabajo presenta: algunas de las características propias de las zonas templadas y frías como son: temperatura media del mes más frío

templadas y frias como son: temperatura media del mes mas frio inferior a 18 °C y vientos altos del Oeste predominantes en invierno; caldeoamiento intenso del aire superficial en verano y durante las horas calientes del dia, lo cual origina movimientos convectivos.

Por localizarse los puntos de estudio dentro de la zona tropical muestran: poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales; circulación atmosférica del Este con predominio de alisios, principalmente durante la mitad caliente del año e influencia de los ciclones tropicales.

Por otro lado, muy cerca de los puntos de colecta, no se encuentra ninguna estación meteorológica, por lo que para conocer mejor el clima de la zona de trabajo, además de la información bibliográfica se considera la información de las estaciones más cercanas, para analizar la temperatura y precipitación durante el tiempo de colecta. Las estaciones utilizadas para este propósito fueron: Río Frio en Ixtapaluca, Edo. de Méx., a los 3, 000 msnm. (19° 21' Lat. N. y 98° 40' Long. W.); La Grande, Tezcoco, Méx., a los 2, 800 msnm. (19° 33' Lat. N. y 98° 53' Long. W.) y San Andrés, Tezcoco, Méx., a los 2, 268 msnm. (19° 30' Lat. N. y 98° 53' Long. W.).

Para la estación de Río Frio, sólo se dispone de información hasta el mes de diciembre de 1987 y de la de San Andrés, no se tiene información del mes de diciembre de 1987.

Temperatura

En la estación de Río Frio, las temperaturas medias mensuales oscilaron entre 7.2 °C (en enero de 1987) y 11.7 °C (en septiembre de 1987) (Gráfica 1).

La estación de San Andrés registro las siguientes variaciones mensuales de temperatura media: 11.1 °C (en enero de 1988) a 18.6 °C (en mayo de 1988) (Gráfica 2).

En tanto que la estación de La Grande registró las siguientes oscilaciones de temperatura media mensual: de 11.4 °C (en enero de 1988) a 18.9 °C (en mayo de 1988) (Gráfica 3).

Como puede observarse la época más fría fue en el mes de enero y el periodo más calido fue en el mes de mayo de 1988.

Precipitación.

La precipitación también presenta variaciones en el transcurso del año, mismas que quedaron registradas por las estaciones meteorológicas. Así se tiene que en la estación de Río Frio el mes que no presentó precipitación fué diciembre de 1987 (0.0 mm totales), en tanto que el mes con mayor precipitación fué julio de 1987, con 240 mm totales (Gráfica 1).

Mientras que en la estación de San Andrés, el mes que no presentó precipitación fue enero de 1988 (0.0 mm.), y el mes en que hubo mayor precipitación total fue en julio de 1987, con 194.2 mm (Gráfica 2).

En la estación de La Grande, los meses en que no hubo precipitación fueron diciembre de 1987 y enero de 1988 y el mes con mayor precipitación total fue junio de 1987 con 102.2 mm (Gráfica 3).

De la información arriba señalada se infiere que la época más fría del ciclo de colecta, coincide con la época en que hubo menor precipitación.

6.- Suelos.

Las zonas de colecta se encuentran en lomeríos de pendiente variable, presentan suelos profundos, de textura media y con una capacidad de retención de humedad de moderada a alta (Ortiz-Solorio, C. & Cuanalo de la C., 1977).

Son áreas boscosas, aunque en algunas partes hay zacatonales, no se presentan problemas de erosión, ya que los suelos tienen una protección adecuada (hasta antes de que se desmonten). Los terrenos con mayores pendientes (como la zona boscosa muestreada) tienen una alta susceptibilidad a la erosión debido a sus pendientes.

El bosque de oyamel presenta las menores pérdidas de suelo por año (Ortiz-Solorio & Cuanalo de la C., op.cit). Además es muy rico en materia orgánica, ya que en diciembre de 1987 su $x = 6.4\%$ (Cuadro 1) y en mayo de 1988 su $x = 5\%$ (Cuadro 3), aunado a esto la textura franca que presentan, les permite retener humedad suficiente para mantener las poblaciones de colembolos durante el año, aun en la época de sequía. También presenta una mayor Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y contenido de nitrógeno, que el suelo del cultivo. Lo cual puede permitir que halla buenas condiciones para el desarrollo de microorganismo, de los cuales puedan alimentarse los colembolos. Además el pH es ligeramente ácido (6.5), esto puede propiciar un mejor desarrollo de los hongos edáficos.

En tanto que en el suelo del cultivo, la materia orgánica va de $x = 3.2\%$ en diciembre de 1987 (Cuadro 2), a $x = 3.6\%$, en mayo de 1988 (Cuadro 4). Aquí el contenido de materia orgánica es menor que en el bosque, pero aún se considera alto (Ortiz & Ortiz, op. cit). Aunado a esto, en diciembre de 1987, este suelo presentó más fósforo que el bosque, lo cual puede ser debido a la fertilización que se practica. En tanto que la CIC y nitrógeno, son menores aquí, que en el bosque y la textura es semejante en ambos (franco). Pero en las muestras de diciembre, la cantidad de arcilla, en el cultivo es mayor que en el bosque (Cuadros 1 y 2)

y en mayo se invierte esta situación (Cuadros 3 y 4), inclusive 2 muestras son consideradas con una clasificación textural diferente (franco arenoso), debido a su mayor porcentaje de arena y menor de arcilla. La presencia de más arena y menor contenido de materia orgánica puede posibilitar una menor retención de agua en la temporada de sequía, lo cual puede repercutir en la comunidad de colembolos de esta zona. El pH aquí, también es ligeramente ácido.

7.- Bosque de A. religiosa y su vegetación.

En la asociación de vegetación de Abies religiosa (González, 1990), se efectuaron los muestreos para el presente estudio. Esta vegetación se caracteriza por encontrarse entre los 2,800 y 3,400 msnm., en laderas abruptas protegidas de la insolación, lo cual les confiere mayor humedad. Puede haber alternancia con Pinus hartwegii entre los 3,500 y 3,650 msnm. Esta unidad de vegetación es la menos alterada del Área de Influencia de Chapingo, pero se encuentran cultivos de haba en las porciones de menor pendiente (Ortiz-Solorio & Cuanalo de la C., op. cit.).

Las principales especies arbóreas son: Abies religiosa, Alnus firmifolia (en sitios alterados) y Salix oxilensis a la orilla de los arroyos. Los arbustos más comunes son: Ribes ciliatum, Berberis moranensis, Fuchsia sp., y Senecio salignus. En cuanto al estrato herbáceo, está representado, principalmente, por: Euphorbia furcillata, Acaena elongata, Penstemon gentianoides, Geranium sp., Muhlenbergia sp., y Senecio sanguisorbae.

8.- Cultivo de haba y su vegetación.

El haba es una leguminosa de origen asiático. Es un cultivo propio de clima templado, que se desarrolla en una amplia variedad de suelos: arcillosos, compactos y secos o porosos y húmedos.

La especie Vicia faba tiene ciclo anual, cuyas plantas apenas sobrepasan un metro de altura; presentan un tallo erecto, ramoso de la base para arriba, con cuatro costillares, surcado, comprimido y hueco; hojas paripennadas con uno a cuatro pares de folíolos y zarcillo apical en mugrón; folíolos grandes, elípticos, lisos de margen entero, succulentos y pruinosos; estipulas bien desarrolladas con glandulas; flores reunidas en breves racimos axilares gruesos, blancas y con una mancha oscura, vainas cilíndricas o comprimidas, membranosas; semillas aplastadas de tamaño variable, con el ombligo situado en el extremo anterior de la semilla. Es una especie mesófila de polinización cruzada, resistente al frío (Fornes-Manera, 1983).

El haba es cultivada en Europa, Norte y Sur de Africa,

India, China, América y Australia. Las mayores producciones se realizan en Asia, Europa y África (Fornes-Manera, op.cit.). En tanto que en México es un cultivo que ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada, en relación a los principales cultivos, en la Mesa Central (Campos, 1976).

El cultivo de haba induce mejoras físicas y bioquímicas al terreno de cultivo. Esto se debe a la penetración de sus raíces, lo que mejora la estructura de los suelos. Según Demolon y Dunez (1940), (citado por Fornes-Manera, op.cit.), los residuos radicales de un cultivo de haba ascenderían a 3 540 Kg/Ha de materia orgánica seca, a la cual corresponden 62 Kg de nitrógeno. Esto implica una ganancia en el suelo, por efecto de la simbiosis entre bacterias (Bacillus radicicola) y la planta de haba, de aproximadamente 100 Kg/ha.

Por otro lado, la paja del cultivo puede ser utilizada como alimento para ganado, ya que es rica en proteínas, hidratos de carbono y celulosas.

El haba es particularmente exigente en nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y magnesio. Sin embargo, el fósforo es el elemento que más condiciona la producción. El aporte de abonos reduce o anula la acción fijadora de nitrógeno por parte de la bacteria (Bacillus radicicola) que se encuentra formando nódulos en las raíces de las plantas.

Los principales patógenos de las habas, en México son: hongos como: Botritis fabae, Alternaria spp y Uromyces fabae, entre otros y pulgones como: Aphis fabae y Myzus persicae. (Campos, op. cit.).

La floración del cultivo se produce de 90 a 100 días después de sembradas las semillas, desarrollándose gradualmente durante 50 a 55 días, la maduración fisiológica se completa luego de 195 a 210 días, en relación con la variedad y marcha climática.

En la parcela de cultivo, de la zona de estudio, se sembró en mayo y se cosecho en los primeros días de noviembre. Dicha parcela tiene un tiempo aproximado de apertura de 20 años. En esta zona se utilizan fertilizantes como: nitrato de amonio y superfosfato en una proporción de 100 Kg/ha. El cultivo de haba, en la zona de trabajo, es de temporal, además la producción es de autoconsumo y para el mercado local.

Por otro lado, se determinó el estrato herbáceo, el cual es más diverso de junio a septiembre (época de mayor precipitación). Las especies encontradas fueron: Gnaphalium sp., Alchemilla procumbens, Vulpia murus, Veronica persica, Lopezia racemosa, Eruca sativa y Bidens senplata.

IV.- MATERIALES Y METODOS.

1.- Diseño del programa.

Se hicieron dos recorridos previos en la zona de trabajo, (6 de diciembre de 1986 y 2 de junio de 1987), para ubicar los lugares específicos de colecta: uno en el bosque y otro en el cultivo. Para elegir las zonas de muestreo se trató que estuvieran lo más cercanas posible entre sí y hubiera las menores diferencias macroclimáticas. Para lo cual, se eligió una de las parcelas que se encuentra a mayor altitud y mejor labrada. La distancia que separa a un punto de colecta de otro es de 1,300 m, y la diferencia en altitudes es de 30 m.

Una vez elegidas las zonas de colecta, se procedió a determinar las porciones particulares de muestreo. La parcela de cultivo seleccionada se encuentra al lado norte del camino que cruza la Sierra de Quetzaltepec. Para tratar de reducir el efecto de borde, se ubicó la zona específica de colecta 40 m al norte del camino (Fig. 2). Posteriormente se le dió el mismo tratamiento a la zona de bosque, ya que la porción particular de muestreo se ubicó 50 m al sur del mencionado camino, y se escogió una de las porciones del bosque menos alterada (Fig. 3).

2.- Trabajo de campo.

La colecta sistemática de muestras para el presente estudio se inició el 22 de junio de 1987 y se concluyó el 10 de junio de 1988. Durante este período se efectuaron colectas mensuales, excepto en febrero de 1988. Las colectas se efectuaron entre las 11:30 y 13:30 hrs. Primero se colectó en el bosque, por ser el punto más alejado y alrededor de una hora después, se tomaron las muestras en la parcela de cultivo.

Una vez elegidas las zonas particulares de colecta, se marcaron: para el caso del bosque se hizo una incisión en un tronco elegido y en el cultivo se clavó una estaca. A partir de estos puntos se marcaron los cuadrantes de colecta. Estos fueron de 100 m² (10 x 10 m), los cuales fueron subdivididos en 100 porciones de 1 m² cada una, asignándoles un número a cada una de ellas y posteriormente, por números aleatorios, fueron seleccionados los puntos particulares de colecta en cada cuadrante. Se seleccionaron cinco puntos en cada zona y se tomaron cinco muestras por cada biotopo: cinco de hojarasca y cinco de suelo, de

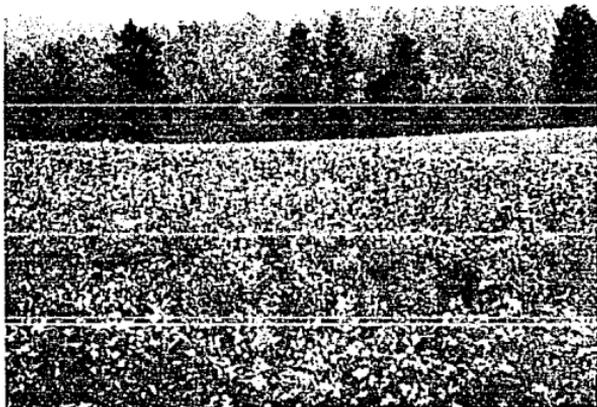


FIG. 2. Parcela de cultivo de haba.

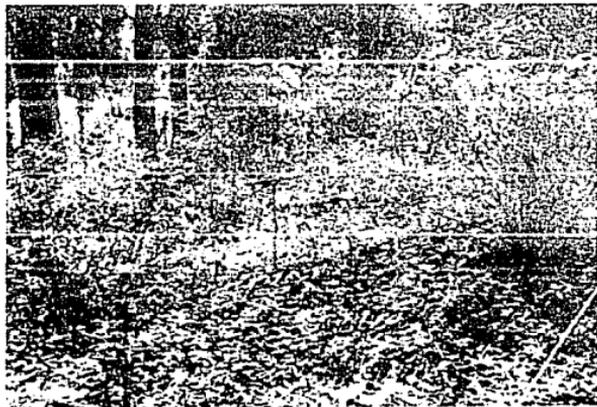


FIG. 3. Bosque de A. religosa.

donde se obtenían un total de 10 muestras por colecta, por zona.

Como ya se dijo, las colectas se hicieron alrededor de la misma hora, para reducir las variaciones inducidas por la migración vertical diaria de los organismos estudiados. Se trató de obtener muestras constantes: la muestra de hojarasca fue de 8 x 8 cm y la profundidad fué hasta donde apareciera el suelo mineral; en tanto que la muestra del suelo se tomó con una barrena que tenía un diámetro de 8 cm y hasta una profundidad de 10 cm.

Se obtuvieron un total de 240 muestras, en doce salidas de colecta: 60 de hojarasca de bosque, 60 de suelo del mismo bosque, 60 de la hojarasca del cultivo y 60 del suelo de este mismo lugar.

Los datos que se tomaron durante la colecta incluyen: fecha y biotopo. Luego de tomadas las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico con sus datos de colecta y llevadas al laboratorio donde se comenzaron a procesar el mismo día.

En diciembre de 1987 y mayo de 1988 se tomaron muestras para el estudio edafológico, las cuales se tomaron adyacentes a las del estudio ecológico.

3.- Procedimiento en el laboratorio.

Cada una de las muestras fué colocada en un embudo metálico de 20 cm de diámetro (embudo Berlese-Tullgren). La malla utilizada como soporte de las muestras era de tela de alambre con una abertura de 2 mm., dicha abertura posibilitaría el paso de los microartrópodos e impediría el paso del suelo hacia los frascos colectores.

Las muestras se secaron durante una semana, utilizando una fuente de calor, (foco de 75 watts), encima de cada embudo a una distancia de 15 cm. La fuente de calor funcionó de manera ininterrumpida durante este periodo. Debajo de cada embudo se colocó un frasco colector de vidrio, con alcohol etílico de 96°, en el cual los colembolos no flotan, o en caso de que lo hagan, al agitar el frasco, se disuelve la cera que los cubre y descienden (Palacios-Vargas, com. pers.).

Luego de transcurrida la semana, se retiraron las muestras de los embudos y se etiquetaron los frascos colectores. Posteriormente, se separaron y cuantificaron los colembolos del resto de artrópodos colectados. Esto se hizo bajo el microscopio de disección. Los ejemplares cuantificados se preservaron en alcohol etílico de 96° con sus datos de colecta.

Para la identificación se hicieron preparaciones "semifijas" (en líquido de Hoyer), de los ejemplares representativos de cada muestra. La técnica utilizada fue la siguiente: los colembolos se

pusieron en KOH al 5% en frío durante 60 segundos, aproximadamente, posteriormente se pasaron a una solución de lactófenol (50% de ácido láctico y 50% de fenol), la cual se calienta durante el tiempo necesario para que se aclaren los ejemplares (raramente más allá de un minuto). Finalmente, se montaron entre porta y cubreobjetos, utilizando líquido de Hoyer, además se rotularon con sus datos de colecta. Posteriormente se asignó una clave para identificar los ejemplares procedentes de las diferentes muestras.

Por otro lado, para el presente trabajo, se tomaron muestras de suelo en dos ocasiones, durante la temporada de colecta: en noviembre de 1987 y mayo de 1988, en cada una de las zonas. En cada colecta se tomaron 5 muestras de suelo (de un kilogramo cada una, aproximadamente) con una barrena de 8 cm de diámetro, de cada cuadrante. Se tomaron las muestras al azar y se realizaron las siguientes pruebas en el Laboratorio de Servicio del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo: pH en agua, por medio del potenciómetro, relación suelo-agua 1:2; porcentaje de materia orgánica (Walkley & Black); fósforo (ppm, Bray -1); potasio (ppm), extraído en acetato de amonio 1 N pH 7.0 (relación 1:5) y determinado por espectroscopia de emisión de flama; magnesio (ppm) y calcio (ppm), se determinaron por extracción en acetato de amonio 1 N pH 7.0 (relación 1:5) y determinados por volumetría de EDTA; porcentaje de nitrógeno (Kjeldahl); CIC (meq) en acetato de amonio 1 N pH 7.0 por centrifugación y porcentajes de arena, limo y arcillas por hidrómetro de Bouyoucos. Los resultados de estos análisis se muestran en los cuadros 1-4.

4.- Material artropodológico y pruebas estadísticas.

Como el presente trabajo es relativo a colémbolos, fué el único grupo que se procesó para su determinación específica, el resto de la artropodofauna colectada se encuentra preservada en alcohol etílico de 96%.

Luego de elaboradas las preparaciones "semifijas", se hicieron las determinaciones, utilizando claves. Todas las determinaciones hechas llegaron hasta especie, excepto los ejemplares pertenecientes a *Proisotoma* sp. Las cuales fueron posteriormente ratificadas por el Dr. José G. Palacios-Vargas.

Terminada la cuantificación e identificación de los ejemplares, se elaboraron listas faunísticas, cuadros, etc., y se realizaron pruebas y comparaciones como: abundancias relativa y absoluta, porcentaje de permanencia, coeficientes de frecuencia y biocenótico, índices de similitud, pruebas de G y ji cuadrada que se muestran en la sección de resultados.

El porcentaje de permanencia permite evaluar la fidelidad de los colémbolos a un determinado biotopo, así como la duración aproximada, en el tiempo que se realizó el muestreo, que tienen las especies en cada biotopo. Se calcula dividiendo el número de

meses en que aparece determinado taxón entre los meses muestreados y el resultado se multiplica por 100 (Rapoport & Najt, 1966).

$$\text{PORCENTAJE DE PERMANENCIA} = \frac{\text{meses en que aparece } x}{\text{meses muestreados}} \times 100$$

A partir de los valores obtenidos por este porcentaje, las especies se pueden dividir en: dominantes, las que presentan más del 66 %; abundantes, las que se encuentran entre 33 y 66 % y raras, aquellas con menos de 33% (Rapoport & Najt, op. cit.).

En tanto que el coeficiente de frecuencia determina la importancia que las poblaciones tienen en los diferentes biotopos analizados, ya que de acuerdo con Moraza et al. (1980) y Karppinen (1977), se consideran especies fundamentales o constantes a las que tienen un valor mayor de 51%; especies accesorias o frecuentes a las que tienen entre 26 y 50% y accidentales a las que tienen menos de 26%.

Se calcula dividiendo el número de muestras en que aparece un taxón, entre el número total de muestras tomadas en el mismo biotopo (Christiansen, 1964).

$$\text{COEFICIENTE DE FRECUENCIA} = \frac{\text{muestras con } x}{\text{total de muestras}} \times 100$$

En tanto que la similitud faunística de los diferentes biotopos estudiados, se obtuvo mediante el coeficiente de similitud de Simpson, ya que permite conocer el grado de semejanza que hay entre dos comunidades, a partir del número de especies que comparten en común. Se seleccionó este índice debido a que es el que mejor funciona, cuando se comparten muchas especies y las comunidades comparadas son poco ricas (cultivo) o se comparten algunas especies y la comunidades implicadas son ricas (bosque) (Sánchez & Lopez, 1988). Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RN2} = \frac{100 (s)}{N2}$$

Donde RN2 = porcentaje de similitud entre las comunidades comparadas.

s = al número de especies compartidas.

N2 = al número de especies de la comunidad más pequeña.

Mientras mayor sea el valor obtenido, más grande será la similitud que hay entre las comunidades comparadas. El valor oscila entre 0 (ninguna similitud), hasta 100 (que implicaría la máxima similitud), (Sanchez & López, op. cit.)

Por otro lado, la afinidad biocenótica permite conocer la correlación que hay entre dos poblaciones determinadas en un biotopo particular, o sea, permite comparar la afinidad ecológica entre las poblaciones implicadas en el cálculo.

El coeficiente biocenótico fué obtenido por el método de Sørensen, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{COEFICIENTE BIOCENOTICO} = \frac{P_{ab} \times 100}{(P_a + P_b) - P_{ab}}$$

- P_{ab} = Número de muestras en que cohabitan las especies a y b.
 P_a = Número de muestras con la especie a.
 P_b = Número de muestras con la especie b.

Conforme el valor obtenido sea mas alto, será mas estrecha la interrelación de las especies implicadas. Para el presente análisis se utilizaron las siguientes especies: Entomobrya ca. triangularis y Mesaphorura macrochaeta. Se eligieron por presentarse en los cuatro biotopos y tener los porcentajes de permanencia y frecuencia más altos.

En tanto que la similitud biocenótica, permite hacer una comparación entre las diferentes biocenosis que se encuentran en cada biotopo, para conocer el grado de semejanza que guardan entre sí. Además de la influencia que han tenido los diferentes factores: culturales, climáticos, etc., para inducir dichas semejanzas y diferencias. Para poder compararlas se elaboro una matriz (Cuadro 25). Esta se hizo con base en la métrica de Manhattan, usando la presencia de las especies indicadoras (Cuadro 24) y con el método UPGMA (Cristi & Lopez, 1983), obteniéndose un dendograma (Cuadro 25).

Además se hicieron pruebas de G y ji cuadrada, para evaluar la influencia que puede ejercer el medio en la distribución de los colembolos. Estas pruebas se hicieron a través de tablas de contingencia 2 x 2 y r x c (Sokal & Rohlf, 1975). Utilizando las siguientes formulas:

2 x 2

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a + c)(b + d)(a + b)(c + d)}$$

Primer criterio de clasificación

Segundo criterio	1	2	Total
de clasificación	a	b	a + b
	b	c	b + c
Total	a + b	b + d	n

$$G = 2[(a \ln a + b \ln b + c \ln c + d \ln d) - (a+b) \ln(a+b) - (a+c) \ln(a+c) - (b+d) \ln(b+d) - (c+d) \ln(c+d) + n \ln n]$$

r x c

$$G = 2[\text{sumatoria de } f \ln f \text{ para las frecuencias de las cillas}] - (\text{sumatoria de } f \ln f \text{ para los totales de filas y columnas}) + n \ln n]$$

grados de libertad (para ambos casos) = (a-1)(b-1)

a = número de filas

b = número de columnas (Sokal & Rohlf, op. cit.).

Finalmente, se obtuvieron los residuos estandarizados, por medio de la fórmula: (Sokal & Rohlf, op. cit.).

valores observados - valores esperados

raiz cuadrada de los esperados

Esto con la finalidad de conocer que mes influyó más en el valor obtenido de la ji cuadrada.

V.- RESULTADOS Y DISCUSION.

1.- Composición de la fauna de colémbolos del bosque de A. religiosa y del cultivo de haba.

En el bosque se encontraron seis familias: Onychiuridae, Entomobryidae, Isotomidae, Hypogastruridae, Neanuridae y Katiannidae con un total de 50 especies: 7 exclusivas del suelo, 21 se localizaron, unicamente en la hojarasca y 22 que se encontraron indistintamente en ambos biotopos del bosque (Cuadro 5).

La colectas en la hojarasca del bosque muestran una tendencia, que sugiere que el número de especies colectado se aproxima al total de especies de este biotopo (Gráfica 4). Y la mayor parte de las poblaciones se encuentran durante la temporada de lluvias.

Mientras que en el suelo de esta misma zona (Gráfica 5), se observa una tendencia que sugiere que el total de poblaciones habitantes del biotopo, está muy por encima del colectado. Lo cual muestra que el número de colectas por mes fue insuficiente para conocer el total de la comunidad del biotopo.

Lo arriba señalado puede repercutir en la evaluación de la riqueza de especies de los biotopos de la zona, ya que se encontró a la hojarasca como el medio más rico, lo cual puede deberse a que la forma del muestreo aplicado fue suficiente para obtener a la mayoría de especies de este biotopo, en tanto que en el suelo, con el mismo método, no se pudieron obtener la mayoría de poblaciones habitantes del biotopo.

En el cultivo también se colectaron seis familias: Onychiuridae, Entomobryidae, Hypogastruridae, Brachystomellidae, Isotomidae y Katiannidae con representantes de 19 especies: 9 exclusivas del suelo, en tanto que Sinella sp. 2 se encontró únicamente en la hojarasca y 9 especies se pudieron encontrar tanto en suelo como en la hojarasca. Además esta zona de estudio contiene 5 especies exclusivas: Mesaphorura cf. hades, Ceratophysella succinea, Proisotoma sp., Brachystomella gr. parvula y Mesaphorura clavata (Cuadro 5).

En la hojarasca del cultivo, se colectaron la mayoría de las especies habitantes del biotopo, (Gráfica 6). Lo cual sugiere que el número de colectas fue suficiente, para conocer a las poblaciones habitantes de este hábitat, casi desde el inicio del muestreo.

En tanto que el suelo del cultivo, (Gráfica 7), muestra una tendencia que sugiere que se colectaron la mayoría de las poblaciones habitantes de este sitio.

Como se planteó anteriormente, hay un número menor de especies de colémbolos en la parcela de cultivo que en el bosque. Lo cual puede ser producto del conjunto de labores que tienen que realizarse para desarrollar un cultivo. Desde la tala del bosque, extracción de troncos de la zona clareada, deshierbe, etc., hasta las labores propias del cultivo. Todas estas actividades someten al suelo y a la biota que lo acompaña a una presión intensa, ya que se produce una serie de cambios profundos: desaparición del dosel, lo cual puede hacer que las fluctuaciones de temperaturas sean más pronunciadas a nivel del suelo; aumento de la evaporación del agua debido a una mayor insolación, también esta puede destruir los microorganismos de la porción más superficial; aumento de la energía cinética de las gotas de lluvia, lo cual puede llegar a inducir alteraciones en la estructura del suelo, que pueden propiciar la impermeabilidad del mismo; también puede haber una mayor desecación de la porción más superficial, debido a las corrientes del viento (Izarra & Boo, 1980). Además, el cambio de las cubiertas vegetales produce alteraciones en la calidad y cantidad de la hojarasca depositada (Atlavinyté, 1971), lo cual va a propiciar cambios en la cantidad de materia orgánica, así como el pH y contenido de nitrógeno, fósforo, etc., del suelo (Covarrubias, et al. 1989).

Todo esto, en conjunto, va a propiciar cambios en los suelos de la zona de cultivo, que pueden repercutir en la fauna de colémbolos; ya que tienden a desaparecer las especies "nativas" más frágiles del bosque y son sustituidas por especies cosmopolitas y pioneras de medios alterados, en el cultivo, (Dunger, 1986; Bonnet, et al. 1976). Una posible evidencia de dicha tendencia sería que en la zona de cultivo, hay especies que no aparecen en el bosque, debido a lo restringido de las condiciones que necesitan estos organismos (como los neanuridos) para desarrollarse (Bonnet, et al. 1976) (Cuadro 5).

En la zona de cultivo hay otra tendencia: reducir las especies que viven en la hojarasca del suelo y se alimentan de ella o hemiedáficas, y aumentar las especies que viven en el suelo mineral, entre las cavidades del mismo, alimentándose del humus que se encuentra aquí o euedáficas (Cancela da Fonseca & Poinso-Balaguer, 1983). Lo cual se observa al encontrar una sola especie "exclusiva" de la hojarasca del cultivo (*Sinella* sp. 2), contra 21 de la hojarasca del bosque. Esta tendencia posiblemente se deba a que haya una acumulación de materia orgánica en el suelo mineral de la zona de cultivo, (Hermosilla & Rubio, 1976) y a que la parte superior de dicha zona es poco estable en cuanto a condiciones físicas (humedad, temperatura, etc). Lo cual podría propiciar una migración de los colémbolos de la hojarasca y porciones superiores del suelo, hacia regiones más profundas, donde las condiciones son más estables. Las migraciones pueden ser estacionarias (en épocas más desfavorables) o diarias (en horas de mayor insolación o desecación). Esto podría explicar la mayor abundancia de colémbolos euedáficos del cultivo (Covarrubias, et al. op. cit.).

Otro aspecto que influye en el cambio de la composición colembofaunística de las zonas estudiadas es la sustitución de la cubierta vegetal, en el cultivo, ya que algunos autores como Blackith (1976) e Izarra & Boo (1980), plantean que las cubiertas vegetales son determinantes en la abundancia y diversidad de los colémbolos en un ecosistema determinado, aún mayor que la influencia que pueda tener el suelo mineral. Estos autores consideran que los vegetales no son medios inertes que aportan alimentos a la fauna del suelo, sino que hay una interrelación dinámica entre todos los elementos que conviven en el suelo. Así, las plantas liberan sustancias que podrían estimular o inhibir el desarrollo de hongos y bacterias del suelo, que participan en el proceso de descomposición de la materia orgánica, mismos que son aprovechados como alimento por parte de los colémbolos, por lo que de manera indirecta las plantas regulan las poblaciones de la fauna del suelo. Esta influencia de las plantas hacia los organismos edáficos no solo se refiere a diferentes especies vegetales, sino que aún a diferentes plantas de una misma especie.

Por lo anterior, se considera que además de los cambios físicos sufridos en la porción superior del suelo del cultivo, hay cambios químicos en el interior del mismo, inducidos por la nueva cubierta vegetal. También hay una reducción de la materia orgánica edáfica que podría inducir un cambio en la composición de la comunidad de colémbolos de esta zona (Heungens & Van Daele, 1984).

También se ha encontrado que cambios en la calidad y cantidad de la hojarasca que cae al suelo afectan la abundancia, diversidad y dinámica de las poblaciones de colémbolos (Cancela da Fonseca & Poinsoot-Balaguier, 1983).

2.- Abundancia relativa de los colémbolos.

Como producto de la cuantificación del material colectado, se obtuvo un total de 5, 502 ejemplares en ambas zonas de trabajo; perteneciendo 3, 710 al bosque de A. religiosa y 1,792 a la parcela de cultivo. Cabe señalar que de los 3,710 colémbolos colectados en el bosque: 2, 561 se encontraron en la hojarasca y 1, 149 en el suelo. En tanto que de los ejemplares localizados en la parcela de cultivo: 261 se encontraron en la hojarasca y 1,511 en el suelo. Con base en los datos anteriormente señalados, se puede inferir que la zona con mayor abundancia de ejemplares es el bosque de A. religiosa y en esta zona, el biotopo más rico es el de la hojarasca.

Por otra parte, se tiene que aunque la parcela de cultivo posee una menor abundancia y riqueza como zona; el biotopo del suelo del cultivo tiene una mayor abundancia que su homólogo, en la zona del bosque. A pesar de que tiene casi la mitad de materia

orgánica y nitrógeno que el suelo del bosque. En tanto que el fósforo en el cultivo, es más del doble del encontrado en el suelo del bosque (para el análisis edafológico realizado en diciembre de 1988, Cuadros 1 y 2). Este aspecto cambia para el análisis efectuado en mayo de 1988 (Cuadros 3 y 4), donde el fósforo del cultivo es la mitad del que hay en bosque. El aumento de noviembre pudo ser inducido por la fertilización. También la capacidad de intercambio catiónico es mayor en el bosque que en el cultivo, lo cual puede incidir en una mayor disponibilidad de minerales, los cuales pueden ser aprovechados por los microorganismos. Además ambos suelos son francos, o sea, con una proporción adecuada de arcilla. A excepción de dos muestras del cultivo (en mayo de 1988), (Cuadro 4), las cuales presentaron una mayor proporción de arena.

Todo lo anterior indica que la cantidad de espacio poroso, capacidad de retención de agua y pH de ambos suelos, es más o menos semejante (Ortiz & Ortiz, 1980). Y el aspecto significativo en el que más difieren es en el fósforo, que contiene en mayor abundancia el suelo del cultivo. Lo cual puede propiciar un mejor desarrollo de los microorganismos, de los que se alimentan los colémbolos.

Otro factor que puede repercutir en esa diferencia de ejemplares encontrados, es que no se hallaron posibles depredadores, (en este biotopo no se colectaron ácaros) y competidores, (los colémbolos hemiedáficos están pobremente representados). También implicaría hacer un análisis más amplio en cuanto a la diversidad de la entomofauna, por lo menos del biotopo del suelo del bosque, para entender mejor el por qué son menos abundantes los colémbolos aquí, ya que en el suelo del cultivo son más abundantes, pero la mayoría pertenecen a una sola especie (Mesaphorura knowltoni), que es euedáfica, en tanto que en el suelo del bosque son menos abundantes las especies, pero hay mayor diversidad (Bellinger, 1954).

De las familias de colémbolos encontradas en la hojarasca del bosque las más abundantes son: Entomobryidae e Isotomidae con 56.4 y 17.2% del total, respectivamente. Mientras que Neanuridae e Hypogastruridae representan los porcentajes más bajos en la abundancia de este biotopo con 2.8 y 2.6 respectivamente (Gráfica 8). Estos porcentajes permiten entender la actividad y capacidad que cada grupo tiene para aprovechar cada biotopo (Palacios-Vargas, 1985). La influencia que tendrán las poblaciones en el metabolismo de un suelo dependerá, en buena medida, de la abundancia de dicha población en un biotopo determinado.

Estos resultados son congruentes con el trabajo de Bellinger (1954), en el cual se encontró que entomobríidos e isotómidos son más abundantes en la zona de hojarasca de un bosque.

Por otro lado, en el biotopo del suelo del bosque estudiado, las familias más abundantes fueron Onychiuridae con 55.7% y Entomobryidae con 27.7; mientras que las familias con menos representantes fueron Neanuridae y Katiannidae con 0.3% (Gráfica

8). Estos resultados, son semejantes a los obtenidos en trabajos anteriores como los de Bellinger (1974) y Christiansen (1964), los cuales plantean que los colémbolos euedáficos pueden ser: Onychiuridae y Neanuridae, entre otros. Aunque en este biotopo hay algunas "intromisiones" de organismos hemiedáficos como entomóbridos y katiánidos (Gráfica 8).

La distribución de las diferentes familias puede, como arriba se mencionó, de alguna manera, mostrar la capacidad que tienen para persistir en el medio. Se hicieron pruebas de ji cuadrada y G, para evaluar dicha capacidad. Con lo cual se probó si la distribución de las diferentes familias, encontradas en la hojarasca y suelo del bosque, estuvo influenciada por el entorno en que se desarrollan y se encontró que si (Cuadro 6), ya que la G obtenida fué de 604.398 y la ji cuadrada de 610.55 con 5 grados de libertad. Mientras que la X² (.995), en tablas, para los mismos grados de libertad fué de 16.750. Por lo que se observa un aprovechamiento adecuado, en cada uno de los biotopos, de las diferentes familias, según sus afinidades ecológicas. Ya que en la hojarasca, las familias hemiedáficas (Entomobryidae, Katiannidae e Isotomidae) son más abundantes que si su distribución sólo fuera al azar. Lo cual sugiere, de alguna forma, que en este medio existen las condiciones suficientes para que se desarrollen adecuadamente las diferentes poblaciones pertenecientes a estas familias. En tanto que los colémbolos euedáficos, como los oniquiúridos, no encuentran condiciones adecuadas para su desarrollo, ya que a pesar de localizarse, su abundancia está muy por debajo de lo esperado, si la distribución fuera azarosa. Esto puede deberse a que estos animales se alimentan de materia orgánica en un estado de degradación más avanzado, el cual puede aún no alcanzarse en la hojarasca.

Mientras que en el suelo del bosque, los colémbolos euedáficos (como los oniquiúridos), son los colémbolos más abundantes (Cuadro 6), lo cual puede sugerir, que en este biotopo, existen condiciones muy adecuadas para su desarrollo, en tanto que para los colémbolos hemiedáficos, no hay buenas condiciones para el desarrollo de sus poblaciones, encontrándose muy por debajo de lo esperado (Cuadro 6).

En cuanto al biotopo de la hojarasca de cultivo, la familia más abundante fué: Onychiuridae con 74.4% seguida por Hypogastruridae con 9.8%. En tanto que, las familias con menos representantes fueron: Entomobryidae con 5.5% e Isotomidae con 4.5% (Gráfica 9). Lo anteriormente obtenido puede deberse a que la hojarasca del cultivo durante el tiempo del muestreo, de junio a agosto, fué muy escasa o inexistente, debido a las labores propias del cultivo. Además dichas labores generan que la porción superior del suelo del cultivo sea más inestable para los colémbolos, debido a una mayor insolación, mayor evaporación de agua y cambios más bruscos de temperatura. En consecuencia los colémbolos más abundantes fueron organismos euedáficos.

En el biotopo del suelo del cultivo, los oniquiúridos son los más abundantes con 89%, seguidos por los hipogastrúridos con

5.8%; en tanto que isotómidos y entomobridos fueron los menos frecuentes con 1.7 y 1.6% (Gráfica 9). Aquí se puede ver como los colémbolos euedáficos están mejor representados debido a sus formas de vida. Como anteriormente se mencionó, los euedáficos se alimentan de esporas e hifas de hongos y bacterias, en tanto que los hemiedáficos de detritos vegetales (Butcher, et al. op. cit.). En el suelo del cultivo, por las labores propias del mismo, los detritos que caen son mínimos. Otro elemento que puede influir en la distribución de estos animales, es el fertilizante utilizado, el cual puede estimular el desarrollo de hongos y bacterias, de los que se van a alimentar estos organismos. Además, este biotopo puede ser más estable en cuanto a condiciones físicas (humedad, temperatura, etc.), que el de la hojarasca de la misma zona.

También para esta zona se hicieron pruebas de G y ji cuadrada, para evaluar la influencia que puede tener el medio en la distribución de las familias, en cada biotopo (Cuadro 7). Lo cual muestra que la distribución de estos organismos está muy influenciada por el medio ($G = 46.37$; $\chi^2(.995) = 14.86$, con 4 grados de libertad para ambas). Y a pesar de que la hojarasca del cultivo, como se mencionó arriba, es un biotopo fuertemente alterado, es aprovechado adecuadamente por los colémbolos hemiedáficos (Entomobryidae, Katiannidae e Isotomidae). Esto permite inferir, de alguna manera, que a pesar del escaso aporte de hojarasca y demás materia orgánica, el biotopo, es suficientemente aprovechado por estos organismos. Mientras que los colémbolos euedáficos, como los Onychiuridae, a pesar de su abundancia, están por debajo de lo esperado, si su distribución fuera azarosa, lo cual sugiere el grado de descomposición de la materia orgánica caída, ya que estos organismos se alimentan cuando el proceso va muy adelantado.

Mientras que en el suelo mineral, la distribución se invierte (Cuadro 7), ya que los organismos hemiedáficos son los más pobremente representados, en tanto que los oniquiuridos son los que mejor aprovechan el medio. En este biotopo, todas las familias, excepto Onychiuridae, están por debajo de lo esperado, si su distribución fuera azarosa, esto puede deberse posiblemente, a la influencia que pueden ejercer los oniquiuridos o a las alteraciones generadas por las labores propias del cultivo, que impiden una adecuada incorporación de la materia orgánica al suelo.

3.- Porcentaje de permanencia.

De las especies encontradas en la hojarasca del bosque, Entomobrya ca. triangularis y Lepidocyrtus ca. lanuginosus son las únicas que tienen un porcentaje de permanencia superior al 66%, y por tanto se consideran como especies dominantes; mientras que las poblaciones abundantes fueron: Mesaphorura macrochaeta, Isotoma ca. notabilis y Sminthurides oculatus ya que presentan un porcentaje de permanencia entre 34 y 66%, el resto de las espe-

cies que se encontraron en este biotopo no alcanzan el 34% de porcentaje de permanencia, por lo que se consideran como especies raras (Cuadro 8). Esto se debe posiblemente a que el biotopo presenta residuos de materia orgánica aún no muy fragmentada, la cual tal vez sea mejor utilizada por los colémbolos hemiedáficos como Entomobrya ca. triangularis y Lepidocyrtus ca. lanuginosus. Este puede ser un hábitat adecuado para estos organismos, por el mayor contenido de humedad y materia orgánica que cae. La presencia de M. macrochaeta puede deberse a que es una especie pionera de medios alterados (Dunger, 1986) y por tanto, refleja las perturbaciones que presenta este lugar, ya que soporta exitosamente el medio.

En el suelo del bosque, las especies dominantes que alcanzan porcentaje de permanencia superior al 66% fueron: Entomobrya ca. triangularis y Mesaphorura ruseki; en tanto que las especies abundantes, presentaron un porcentaje entre 34 y 66, y son: Mesaphorura macrochaeta, M. krausbaueri y Desoria ca. notabilis. Las restantes especies de este biotopo no alcanzan el 33% de permanencia (especies raras) (Cuadro 9). Aquí se observa un cambio, las poblaciones que encuentran mejores condiciones para su desarrollo durante el año son: una hemiedáfica (E. ca. triangularis) y otra euedáfica (M. ruseki). Esto puede reflejar el proceso de descomposición de la materia orgánica en el biotopo, ya que la primera especie se alimenta de materia orgánica poco fragmentada, en tanto que M. ruseki, por ser euedáfica se alimenta de materia orgánica en mayor grado de descomposición. Además, las siguientes especies que se encontraron más frecuentemente en el año (M. macrochaeta, M. krausbaueri y D. ca. notabilis) son típicamente especies pioneras de medios alterados, además de ser euedáficas (Dunger, *op. cit.*). Estos resultados muestran que el bosque de A. religiosa está en un proceso de perturbación importante, lo cual pone de manifiesto que las poblaciones de colémbolos pueden servir como indicadores ecológicos. También se puede inferir a partir de esto, como las especies pioneras se van desarrollando en este medio. Lo cual puede tener consecuencias en la calidad y velocidad de descomposición de la materia orgánica que cae, ya que los colémbolos pueden influir en el tipo y distribución de microorganismos (hongos y bacterias) en el suelo. Además, los propios colémbolos participan en la fragmentación de la materia orgánica (Bonnet, *et al.* 1977).

Por otro lado, en la hojarasca del cultivo, las especies con mayor porcentaje de permanencia alcanzan un 33%, con este porcentaje apenas alcanzan el nivel de abundantes y son: Mesaphorura knowltoni, Entomobrya ca. triangularis y Ceratophysella denticulata. El resto de especies encontradas en este biotopo no alcanzan el 33% y por tanto se consideran como raras (Cuadro 10). Estos porcentajes sugieren el grado de inestabilidad del medio para las poblaciones de colémbolos, ya que sólo se establecen cuando las condiciones se vuelven favorables (sobre todo en cuanto a humedad) y cuando dichas condiciones cambian, las poblaciones desaparecen.

Mientras en el suelo del cultivo hubo dos especies dominantes: Mesaphorura knowltoni y Ceratophysella denticulata, con un porcentaje de permanencia superior a 66%; mientras que E. ca. triangularis, M. macrochaeta, M. ruseki y S. occultus presentaron en un porcentaje entre 33 y 66%, por lo que se consideraron como abundantes. Las otras especies no alcanzaron el 33% de permanencia, por lo que se consideran como especies raras (Cuadro 11). Aquí se observa que no hay una forma de vida particular que predomine, ya que tanto especies hemiedáficas o euedáficas pueden estar igualmente representadas. Además la probabilidad de encontrar colémbolos en este biotopo, es más alta que en el anterior, lo cual muestra una mayor estabilidad de este medio. También se observa una posible competencia entre las especies hemiedáficas, ya que en los meses en que aparece C. denticulata no se presenta E. ca. triangularis (excepto en junio de 1987), o que las condiciones necesarias para su desarrollo vayan cambiando a través del ciclo estudiado y no coincidan.

4.- Coeficiente de frecuencia.

Se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los biotopos: en la hojarasca del bosque la única especie fundamental es Entomobrya ca. triangularis. Las especies accesorias de este biotopo son: Lepydociirtus ca. lanuginosus, Mesaphorura krausbaueri y Desoria ca. notabilis. El resto de las especies son accidentales (Cuadro 12). De lo anteriormente expuesto se deduce que la población que tiene mejores condiciones de desarrollo es una hemiedáfica (E. ca. triangularis) que puede convivir "adecuadamente" con otra hemiedáfica (L. ca. lanuginosus). También es posible inferir una posible competencia entre dos especies euedáficas (M. krausbaueri y M. ruseki), ya que cuando alguna especie es abundante, la otra apenas aparece en una muestra (junio y julio de 1987). También esto puede deberse a que los requerimientos de desarrollo pudieran ser muy particulares y cambian a través de un ciclo estacionario, lo que posibilita el establecimiento de una población y no permite la sobrevivencia de la otra, a dichos cambios.

Entomobrya ca. triangularis es la única especie fundamental en el suelo del bosque y Mesaphorura ruseki y M. krausbaueri son accesorias y las restantes son accidentales (Cuadro 13). Estas dos últimas son especies pioneras de medios alterados, lo cual de alguna manera, mostraría el desplazamiento de las especies nativas, por estas poblaciones. La presencia de estos organismos, es posible que evidencie la perturbación del bosque.

En tanto que en la hojarasca de cultivo, Mesaphorura knowltoni, es la única especie accesoria y las demás son accidentales (Cuadro 14). No existe ninguna especie fundamental, ya que en la hojarasca la estabilidad es mínima.

En el suelo del cultivo hay dos especies accesorias: Mesap-
horura knowltoni y Ceratophysella denticulata y el resto son
accidentales (Cuadro 15).

De los datos arriba enunciados se puede inferir que el biotopo que tiene mayor estabilidad es el de la hojarasca del bosque y por otro lado, el menos estable es el de la hojarasca del cultivo. Esto a su vez, puede evidenciar como es la entrada de energía a los medios, ya que cuando el ingreso es constante, hay una tendencia a que se diversifiquen los organismos que habitan en ellos (Bonnet, 1977). Lo cual se pone de manifiesto en la parcela de cultivo, ya que ninguno de sus biotopos soporta alguna especie fundamental. Por otro lado, una misma especie (Entomobrya ca. triangularis) puede ser fundamental, accesoría o accidental en diferentes biotopos o no existir en alguno de ellos. Esto puede deberse a que un determinado biotopo presente condiciones adecuadas para su desarrollo, en tanto que en otro, las condiciones existentes son estresantes para la citada especie y en un tercero, el entorno sea adverso para el establecimiento de esa especie.

5.- Similitud faunística.

El resultado del cálculo del coeficiente de similitud entre la zona de bosque y la zona de cultivo es de 42.0. Mientras que entre la hojarasca y el suelo del bosque fue de 77.0 y finalmente entre la hojarasca y el suelo del cultivo fué de 90 (Cuadro 16).

Estos resultados muestran que hay mayor semejanza entre las comunidades de los biotopos del cultivo, debido a las alteraciones inducidas al suelo por las labores propias del cultivo, las cuales lo homogenizan e impiden su estratificación, además de hacer poco constante el aporte de energía al suelo. Todo esto en conjunto, puede no permitir una diversificación de las comunidades de colémbolos en la zona. Otro aspecto es lo reducido del biotopo de la hojarasca en el cultivo, lo cual puede incidir en la alta semejanza entre los biotopos de la zona.

De lo anteriormente expuesto se puede inferir que las alteraciones inducidas al sistema suelo por las labores agrícolas son importantes, ya que la semejanza faunística o la probabilidad de encontrar a una especie en dos diferentes zonas es menor, que entre los biotopos de una misma zona. Por otro lado, en el bosque puede haber una mayor "estratificación" del sistema suelo, por una constancia en la entrada de energía, lo cual posibilitaría una mayor estabilidad del sistema, esto puede posibilitar una más amplia variedad de poblaciones. Por lo que la probabilidad de encontrar a una población determinada en ambos biotopos es menor, que en el cultivo.

Finalmente, la fuerte alteración en el sistema de cultivo

implica la aparición de nuevas condiciones, que pueden permitir la extinción de especies habitantes del bosque y propiciar el desarrollo de otras, que son pioneras y cosmopolitas (Dunger, op. cit., Hermosilla & Rubio, 1976). Esto podría explicar de alguna manera, la baja probabilidad de encontrar especies comunes al bosque y cultivo.

6.- Abundancia total.

En el presente trabajo se analiza la abundancia de las diferentes poblaciones de colémbolos que conforman los ecosistemas estudiados. Para este aspecto, se utilizan clases de abundancia, debido a los posibles errores del conteo de organismos tan pequeños como los microartrópodos del suelo y a la mayor facilidad para el manejo de Bonnet, (et al. 1977).

En este trabajo se emplea el sistema de clases de abundancia de Cassagnau (1961), modificado por Bonnet, et al. (1977), el cual consiste en 7 clases de abundancia. Además se adapta fácilmente a los datos obtenidos, ya que la fauna no es muy abundante.

La simbología es la siguiente:

Símbolo	Clase	Individuos
	0	0
	I	1-5
	II	6-10
	III	11-20
	IV	21-50
	V	51-100
	VI	101-500
	VII	501-1000 o más

Este sistema considera que los microartrópodos del suelo tienen una fuerte tendencia a formar poblaciones agregadas o contagiosas (Christiansen, 1971; Butcher, et al. op. cit.), lo cual puede ser debido a la disposición de recursos en los suelos, que también se da en mosaico y los colémbolos se encuentran donde confluyen los elementos necesarios para su desarrollo o aún para evitar a los posibles depredadores (Gill, 1969).

Como consecuencia de esta forma de distribución, hay muchas unidades de muestreo con recuentos bajos o nulos y pocas unidades con recuentos elevados. Por esta razón se decidió sumar los resultados de las cinco muestras de un mes determinado para una especie, en un biotopo particular. La abundancia mensual de las diferentes especies de los biotopos estudiados se muestra en los Cuadros 17 al 20.

Además se hicieron pruebas de G y ji cuadrada, utilizando los diferentes parámetros implicados: lugar, biotopo y mes. Tratando de fusionar dichos parámetros en un solo cuadro, obteni-

endose una $G= 103.61$ y $X^2= 188.5$; con 11 grados de libertad, para ambas pruebas, además de sus residuos estandarizados (Cuadro 26).

Estos valores muestran que no pueden fusionarse los parámetros, para ambas comunidades, ya que el bosque y el cultivo, sostienen biocenosis diferentes y cada una de estas fué analizada por separado. Lo cual sugiere que el establecimiento del cultivo, crea condiciones diferentes a las del bosque.

Por otro lado, se observa que en la hojarasca del bosque las especies más abundantes son Entomobrya ca. triangularis con una abundancia de clase VII; Mesaphorura krausbaueri, M. macrochaeta, Isotoma ca. notabilis y Lepidocyrtus ca. lanuginosus tienen una abundancia de clase VI. El resto de las especies quedan incluidas por debajo de la clase V (Cuadro 17).

En el suelo del bosque, las especies con mayor abundancia son: Entomobrya ca. triangularis, Mesaphorura ruseki, M. macrochaeta y M. krausbaueri; las que pertenecen a la clase de abundancia VI y Desoria notabilis se ubica en la clase V; el resto están de la clase IV hacia abajo (ver Cuadro 18).

Mientras que en la hojarasca del cultivo, la especie más abundante fue Mesaphorura knowltoni; la cual se encuentra en la clase VI y las restantes poblaciones quedan en la clase IV o menos (Cuadro 19).

Finalmente en el suelo del cultivo, Mesaphorura knowltoni fué la especie más abundante por lo que se ubica en la clase de abundancia VII; M. macrochaeta y M. ruseki pertenecen a la clase VI y las restantes de la clase V hacia abajo (Cuadro 20).

Como puede observarse, el biotopo con mayor abundancia y diversidad de colembolos es la hojarasca del bosque. Además aquí, se encuentra la especie que tiene el mayor número de individuos. Esto puede ser debido a que este biotopo es el más estable en cuanto a entrada de energía, ya que la cubierta vegetal aporta durante todo el año hojarasca y otros desechos. Este ingreso de energía es rico en elementos necesarios y adecuados para sostener una amplia biota (Odum, 1972), lo cual posibilita por se una tendencia a la diversificación del ecosistema (Blackith, 1974). Además, al ser más diversa la cubierta vegetal, es más rico el aporte al suelo y no hay grandes limitantes (de elementos químicos y metabolitos), para la descomposición de la materia orgánica. Lo cual podría implicar un mejor desarrollo de hongos y bacterias saprófitos que sirven de alimento a los colembolos (Begon, et al. 1988). Aunado a esto, la hojarasca del bosque es una cubierta gruesa, (aproximadamente de 10 cm de espesor), que retiene humedad, la cual puede posibilitar el crecimiento de microorganismos y evita fuertes variaciones en la temperatura del biotopo (Ortiz, 1976).

Además del aporte de los vegetales, está el de los animales,

rico en compuestos nitrogenados. El nitrógeno es un elemento importante para un adecuado funcionamiento en la cadena de descomposición de la materia orgánica, así como el fósforo. La disminución de estos elementos en el medio puede reducir o afectar la cadena de descomposición de la materia orgánica (Begon, et al. 1988). Aunque los colémbolos se consideran organismos que participan en la descomposición de vegetales (Blackith, 1975), la presencia de algunos elementos como el nitrógeno y fósforo, así como hongos y bacterias, condicionan el desarrollo de las poblaciones de los mismos.

La hojarasca de un suelo no sólo es un medio que aporta nutrientes y retiene humedad, sino que también posibilita vías de escape para posibles depredadores (Gill, op. cit.). Dado que la capa de hojarasca del bosque es gruesa, les permite escapar de sus depredadores como ácaros, arañas, insectos, quilópodos, etc. Lo cual posibilita también, que las densidades poblacionales se incrementen.

La presencia de factores tales como: existencia de una cubierta vegetal diversa, caída de materia orgánica constante y mayor capacidad de retención de agua permiten explicar, de alguna manera, la abundancia de colémbolos en la hojarasca del bosque, y la carencia de dichos factores en la hojarasca del cultivo permitirían entender la escasa presencia de estos animales. Sobre todo el que no hubiera una caída constante de hojarasca, puede ser el factor que condicione el desarrollo de los microartrópodos, ya que hay una mayor pérdida de agua del suelo, un aporte de nutrientes escaso y poco diversificado. En la parcela además hay una perturbación periódica del biotopo, la cual expone las partes más superficiales a las radiaciones del sol, lo cual puede propiciar la destrucción de los microorganismos, de los que se alimentan los colémbolos, así como la desecación. Esta también puede ser propiciada por corrientes de aire, las cuales inciden más fácilmente sobre el suelo del cultivo.

Todos los factores arriba mencionados, interactuando, pueden permitir entender la escasa abundancia y diversidad de la hojarasca del cultivo, y el que una sola especie (Mesaphorura knowltoni), sea la que soporte el medio más adecuadamente. Además esta especie es euedáfica. El que una población euedáfica sea la que mejor aprovecha este medio, puede de alguna manera, mostrar la alteración del hábitat. También se observa que las poblaciones hemiedáficas están pobremente representadas en este biotopo, debido a las limitadas condiciones que hay para su desarrollo. Adicionalmente, la escasa hojarasca posibilita poco el escape de los depredadores, lo cual también puede explicar la reducción de los colémbolos.

En el caso del suelo del bosque, los colémbolos presentan una menor abundancia que en la hojarasca de esta misma zona, posiblemente debido a que hay un menor contenido de materia orgánica en el suelo, en consecuencia hay un menor desarrollo de hongos y bacterias. Además los ácaros fueron los microartrópodos

ma abundantes y pudieron influir en reducir a las poblaciones de colémbolos. Las especies más abundantes fueron euedáficas como: Mesaphorura ruseki, M. macrochaeta y M. krausbaueri, aunque hay "intrusiones" de algunas hemiedáficas de manera importante como Entomobrya ca. triangularis.

Para el caso del suelo del cultivo, hubo una mayor abundancia que en la hojarasca, lo cual puede mostrar una mayor estabilidad microclimática, posiblemente debido a una mejor retención de agua, mayor cantidad de materia orgánica y fósforo. Todos estos factores, pueden propiciar un adecuado desarrollo de microorganismos, los cuales pueden servir como alimento; así como una mayor retención de agua, debido posiblemente a una menor influencia de las corrientes de aire y rayos solares. Todo esto es aprovechado por algunas especies eficientemente como Mesaphorura knowltoni. Como puede verse las especies que mejor soportaron este medio son las especies euedáficas.

En tanto que la diferencia de colémbolos en los suelos de las zonas estudiadas, (más abundantes en el suelo del cultivo que en el bosque), como se planteó ya en el punto de: Abundancia relativa, los factores que se consideran que posiblemente, influyan más en esto son: un mayor contenido de fósforo y la inexistencia de ácaros, en el suelo del cultivo, que en el del bosque, ya que el fósforo podría propiciar un mejor desarrollo de microorganismos, los cuales sirven como alimento de los colémbolos y la ausencia de ácaros puede permitir un mayor desarrollo de las poblaciones de colémbolos, ya que aquellos pueden ser depredadores de estos (Butcher, et al. 1971).

En la abundancia de los colémbolos, no sólo influyen aspectos microclimáticos, como los hasta aquí planteados, sino que las poblaciones también son afectadas por elementos macroclimáticos, como la precipitación y la temperatura de las zonas estudiadas, los cuales se detallan a continuación:

En la gráfica 9, se observa el comportamiento de la abundancia de las comunidades, en las zonas de estudio, a través del período analizado y se ve como hay una disminución drástica de las comunidades de colémbolos en ambas zonas, en diciembre de 1987 y sobre todo en enero de 1988. Lo cual puede ser consecuencia de la escasa o inexistente precipitación en estos meses (ver sección de Clima en descripción de la zona de trabajo). Además de la escasa precipitación, esta es la época más fría. La conjunción de ambos factores puede propiciar una posible migración de adultos hacia zonas profundas del suelo, o que esta etapa adversa sea superada por las poblaciones permaneciendo como huecos u otras formas de resistencia.

El resultado de las pruebas de G y ji cuadrada para el bosque, durante el ciclo analizado fué de 663.74 con 11 grados de libertad y la X² (.995) = 26.757 con los mismo grados de libertad (Cuadro 21). De lo anterior se deduce que la distribución de los colémbolos, en esta zona, está fuertemente influida por el medio

en el que se desarrollan. Encontrándose que los valores parciales más altos, para la ji cuadrada se encuentran en el periodo de sequia (diciembre-marzo). Siendo negativos para la hojarasca y positivos para el suelo, lo cual puede reflejar la cantidad de humedad y demás condiciones necesarias para la sobrevivencia de estos organismos, en cada biotopo. Así en la época de sequia, la hojarasca, posiblemente sea un medio adverso, de ahí que se encuentren menos organismos de los esperados, si su distribución fuera azarosa. Mientras que en el suelo, tal vez, contenga más humedad y posibilita mejores condiciones para superar esta época adversa, por lo que hay más colémbolos de los esperados.

En tanto que en la época de lluvias (junio de 1987), la situación se invirtió, (Cuadro 21), ya que en la hojarasca, se encontraron muchos más organismos de los esperados y en el suelo menos. Esto tal vez se deba, a que la hojarasca retiene el agua de las precipitaciones y retarda su paso al suelo. Y dado que las poblaciones de colémbolos crecen rápidamente, una vez que se presentan condiciones adecuadas, manifiestan su presencia en el biotopo (Palacios-Vargas, 1983).

Por otro lado, en el biotopo más abundante y diverso, (hojarasca del bosque), en enero de 1988, sólo se hallaron 5 ejemplares de Entomobrya ca. triangularis. Esta reducción se observa desde diciembre de 1987, ya que a pesar del dosel y la cubierta de hojarasca, sólo se encontraron E. ca. triangularis, Mesaphorura krausbaueri (ambas especies fueron las más abundantes), Desoria ca. notabilis, Friesea ca. denthacantha, Arropalithes ca. bellingeri, Lepidocyrtus ca. lanuginosus, Ceratophysella denticulata y Schoetella distincta. El efecto de la sequia perduró hasta marzo. En este mes, solamente aparecieron especies hemiedáficas como Entomobrya sp. 1, E. ca. triangularis y L. ca. lanuginosus (Cuadro 19). En el suelo del bosque, en invierno, el suelo contiene una mayor abundancia de colémbolos, que la hojarasca, a pesar del dosel y la cubierta de hojarasca (Gráfica 11).

También se efectuaron pruebas de G y ji cuadrada, para conocer la distribución de los colémbolos de la parcela de cultivo, durante el tiempo estudiado. La G obtenida para ambos biotopos fué de 172.24 con 11 grados de libertad y el valor de ji cuadrada en tablas, para los mismos grados de libertad, fué de 26.757. De donde se infiere que la distribución de estos organismos, depende de las condiciones imperantes en los biotopos (Cuadro 22). Y de estos, en la hojarasca, es donde se dan las fluctuaciones más marcadas, ya que en un mes (junio de 1987), se encontraron más colémbolos de los esperados y al siguiente mes, se colectaron menos de los esperados. Así van cambiando las tendencias rápidamente. Esta fluctuaciones pueden deberse a lo inestable del medio, ya que las labores propias del cultivo lo alteran. Además se observa que en la época de sequia (diciembre-marzo), hubo menos ejemplares de los esperados. Lo cual, tal vez se deba a: la carencia de dosel, escases de hojarasca, incidencia directa de los rayos solares, corrientes de viento, etc., que impiden una buena retención de agua.

Por otro lado, la distribución de los colémbolos, en el suelo del cultivo presentó muchas variaciones, entre la abundancia esperada y encontrada a lo largo del año. Lo cual puede deberse, posiblemente, a que este medio puede retener mejor el agua y su pérdida es más lenta, aún cuando en el exterior, las variaciones sean más bruscas. Y también, durante la temporada de sequía, hubo más colémbolos aquí que en la hojarasca. Se repite el patron del bosque, lo cual muestra que el suelo mineral es un buen medio para retener agua. Esta capacidad puede ser debida, posiblemente, a la presencia de arcillas y contenido de materia orgánica.

La sequía influyó más intensamente en la parcela de cultivo, (Gráfica 12), ya que en enero no se encontró algún colémbolo en toda la zona, (Cuadros 19 y 20). El biotopo de hojarasca fué el que más resintió esto, ya que de diciembre de 1987 a marzo de 1988 no se colectaron ejemplares. En tanto que en el suelo, en diciembre (1987) la población más abundante fué la de M. kraus-haueri y en marzo (1988) fué la de M. knowltoni. Ambas especies son euedáficas. Esto evidencia, de alguna manera, que el suelo mineral preserva mejores condiciones que la hojarasca, para que se puedan desarrollar estas poblaciones, aún en condiciones más o menos adversas (Di Castri & Astudillo, 1966).

De lo arriba señalado, se puede inferir que el factor determinante en la permanencia de las poblaciones de colémbolos es la humedad. Cuando esta se reduce significativamente, las poblaciones desaparecen o se restringen fuertemente. Por el contrario, cuando hay humedad adecuada en su entorno, (de junio a noviembre), los colémbolos son abundantes y diversos.

Además se ve que los biotopos que presentan las mejores condiciones para resistir esta época desfavorable, son los suelos minerales de ambas zonas de estudio. Esto puede ser posible, debido a las características físicas del suelo, que reducen la pérdida total de agua debido a la textura que presentan, ya que son suelos francos, lo cual implica que haya una suficiente cantidad de arcilla y materia orgánica, lo cual puede permitir una buena retención de agua y nutrientes en el suelo (Ortiz & Ortiz, op. cit.).

7.- Afinidad biocenótica.

Uno de los elementos que puede afectar los resultados obtenidos, es la afinidad ecológica de las especies implicadas en el cálculo de este coeficiente, ya que Entomobrya ca. triangularis es una especie hemiedáfica y Mesaphorura macrochaeta es una especie pionera de medios alterados y euedáfica (Dunger, 1986).

Los coeficientes biocenóticos para cada uno de los biotopos

fueron: hojarasca del bosque: 22.44; suelo del bosque: 9.75; hojarasca del cultivo: 14.28 y suelo del cultivo: cero (Cuadro 23).

En el caso de la hojarasca del bosque, se muestra una "amplia" convivencia de las poblaciones implicadas en el cálculo. Lo cual muestra, de alguna manera, que el bosque es un medio perturbado, ya que Mesaphorura macrochaeta es una especie euedáfica y pionera de medios alterados (Betsch, 1986). Pero a pesar de la convivencia Entomobrya triangularis aparece más frecuentemente.

En el suelo del bosque se reduce la convivencia entre las especies estudiadas, debido a que Entomobrya ca. triangularis aparece con menor frecuencia en las muestras. Esto se puede deber, en parte, a que esta especie es típica de las porciones del suelo donde la hojarasca aún no se ha desintegrado o hemiedafón (Bellinger, 1954) y en el suelo mineral, es posible que no se encuentren sus requerimientos de desarrollo, en condiciones adecuadas. Mientras que Mesaphorura macrochaeta, sigue presentándose con la misma frecuencia, en las muestras de este biotopo, que en el de la hojarasca de la misma zona. Además es una especie euedáfica.

A pesar de ser Mesaphorura macrochaeta un especie típica de medios perturbados, en la hojarasca del cultivo solo apareció en una sola muestra, junto con Entomobrya ca. triangularis. Aquí se observa como se reducen fuertemente las frecuencias con que aparecen las especies debido a lo estresante del medio, pero aún posibilita que pueda desarrollarse la especie hemiedáfica.

En el suelo del cultivo no aparecen simultáneamente, en alguna muestra, las especies en cuestión, debido posiblemente, a la fuerte alteración de este biotopo, lo cual implica una reducción del contenido de materia orgánica y demás factores climáticos (humedad, temperatura, etc.), que limitan la capacidad de convivencia entre ambas especies. Además este aspecto puede hacer evidente, las limitantes de las diferentes formas de vida, de cada una de las especies analizadas, debido a las presiones del medio, ya que M. macrochaeta es una especie euedáfica y como tal se alimenta de humus y materia orgánica, en descomposición avanzada, mientras que E. ca. triangularis, por ser hemiedáfica, se alimenta de hojarasca fragmentada. Por tanto, las condiciones mínimas necesarias para su desarrollo no coinciden simultáneamente, en este biotopo.

8.- Similitud biocenótica.

Como consecuencia del análisis de similitud biocenótica de las diferentes comunidades, se observó que los biotopos más semejantes entre sí, son los de la zona de cultivo (Cuadros 24 y 25). Esto resulta de la alteración inducida en la zona, desde la

tala del bosque hasta las practicas agricolas, sobre todo estas ultimas, implican una perturbacion periodica que genera condiciones que tienden a homogenizar el medio, lo cual puede producir la desaparicion de las especies nativas y el establecimiento de especies cosmopolitas, pioneras y oportunistas (Bonnet, et al. 1976). Dichas alteraciones en un principio, pueden inducir un aumento de la diversidad, debido al aumento de materia organica en el suelo (Arbea & Jordana, 1985), pero posteriormente desaparecen las especies de colémbolos tipicas del bosque, debido posiblemente, a las nuevas condiciones, las cuales les impiden seguir sobreviviendo (Bonnet, et al. 1977).

Los cambios inducidos por la apertura del bosque son a todos los niveles: cubierta vegetal, mayor velocidad de caida de gotas de agua, mayor desecacion del suelo superficial por vientos y radiacion solar directa, esta ultima tambien incide sobre la presencia de microorganismos del suelo, entre otros. Todos estos factores inciden en la fauna del suelo, haciendo de la parcela de cultivo un ecosistema mas homogeneo y menos rico, que el del bosque.

Los colémbolos que se encuentran en el bosque, han evolucionado a la par que el resto de la comunidad, y las relaciones que establecen con el medio son producto de mucho tiempo de interaccion (Krebs, 1978), por lo que los siguientes biotopos mas semejantes son los de la zona del bosque (Cuadro 25). Aquil las especies del suelo y la hojarasca han "convivido", durante mucho tiempo, a pesar de la "estratificacion" o diferenciacion que hay entre la porcion de hojarasca y suelo mineral, del sistema suelo de esta zona. Ademàs existe la "intrusion" de especies cosmopolitas y oportunistas, lo cual puede ser producto de la alteracion que està sufriendo el bosque a pasos agigantados (tala y quema clandestina de arboles, sobrepastoreo, extraccion de suelo, apertura de tierras de cultivo, entre otras).

Finalmente, a pesar de las alteraciones inducidas por la tala del bosque y las practicas de cultivo, hay poblaciones comunes a ambas zonas (cultivo de haba y bosque) (Cuadro 25). Lo cual puede ser debido a:

- a) Algunas especies nativas de la zona hallan sido capaces de adaptarse a las nuevas condiciones generadas por el establecimiento del cultivo y nunca hallan desaparecido de la zona (en particular las especies euedáficas).
- b) Las especies pioneras de medios alterados, esten colonizando el bosque, producto de la alteracion que està sufriendo esta zona.
- c) Que las planteamientos a y b se desarrollen simultaneamente.

CONCLUSIONES

1. Los colémbolos pueden ser buenos indicadores ecológicos de las condiciones que guarda un determinado ecosistema, por ejemplo: la presencia de especies pioneras de medios alterados como M. krausbaueri y M. macrochaeta en el bosque de A. religiosa, sugiere una posible alteración de la zona.

2. La apertura de parcelas de cultivo, en el bosque, implica una serie de cambios en las condiciones de dichos terrenos, que propician el establecimiento de especies cosmopolitas y oportunistas en los suelos. Y la desaparición de especies "nativas". Esto implica una "simplificación" de la comunidad de colémbolos del suelo, ya que se reduce la riqueza de los mismos en este medio.

3. Hay una tendencia a sustituir poblaciones de colémbolos hemiedáficos por euedáficos en la zona de cultivo, posiblemente debido a las condiciones que prevalecen en la superficie, así como el reducido aporte de hojarasca a la misma.

4. Hay una tendencia a que los biotopos que tengan un mayor y constante suministro de energía soportarán una mayor abundancia y diversidad de colémbolos. Como consecuencia de esto, se tiene que la hojarasca del bosque es el biotopo más rico y la hojarasca del cultivo es el biotopo menos rico.

5.- La presencia de los colémbolos, en ambas zonas de trabajo, estará determinado en buena medida, por la precipitación recibida. Ya que en los meses de diciembre de 1987 y enero de 1988, cuando dicha precipitación se reduce o desaparece, se abaten también, las poblaciones de colémbolos. Sobreviviendo básicamente las especies euedáficas.

VII.- BIBLIOGRAFIA.

Aguilera H., N. 1989. Tratado de Edafología de México. T.I. Fac. Ciencias UNAM. México. 222 p.

Arbea, J. & R. Jordana. 1985. Efecto de una repoblación con coníferas en un robleal de Navarra sobre los colémbolos edáficos. Suplemento No. 1. Sociedad Portuguesa de Entomología.

Arbea, J. & R. Jordana. 1985. Estudio ecológico de la colembofauna de los suelos del macizo de Quinto Real (Pirineos Occidentales) y descripción de dos especies nuevas: *Anurida flagellata* sp. n. y *Onychiurus subedinensis* sp. n. (Insecta: Collembola). Bol. Est. Central Ecol., 14 (28): 57-80.

Atlavinyté, O. 1971. The activity of Lumbricidae, Acarina and Collembola in the straw humification process. Pedobiologia, Bd. 11. S. 104-115.

Begon, M., Harper & C. Townsend. 1988. Ecology individuals, populations, and communities. Ed. Ciencias. México. 876 p.

Bellinger, P. 1954. Studies of soil fauna with special reference to the Collembola. The Conn. Agric. Expt. Station. No. 583: 5-67.

Betsch, J. 1986. Relation entre l'indice de diversité spécifique et l'état ou la dynamique d'un biotope; l'exemple des collembolés. 2nd Seminar International on Apterygota: 105-110.

Blackith, R.E. 1974. The Ecology of Collembola in Irish Blanket bogs. Irish Academy. Irish contribution to International Biological Programme No. 1. 74: 203-226.

Blackith, R.E. & R.M. Blackith. 1975. Zoogeographical and ecological determinants of collembolan distribution. Irish Academy. Irish Contribution to International Biological Programme No. 6.

Bonet, F. 1945. Nuevos géneros y especies de Hipogastrúridos de México. (Collembola). Rev. Soc. Méx. Hist. Nat., 9 (1-2).

Bonet, F. 1948. Monografía de la familia Ncelidae. Rev. Soc. Méx. Hist. Nat., 8: 133-192.

Bonnet, L., P. Cassagnau & L. Deharveng. 1976. Un exemple de rupture de l'équilibre biocénétique par déboisement: Les peuplements de Collembolés edaphiques du Piau d'Engaly (Hautes-Pyrénées). Rev. Ecol. Biol. Sol., 13 (2): 337-351.

Bonnet, L., P. Cassagnau & L. Deharveng. 1977. Influence du déboisement sur les biocénoses de collembolés dans quelques sols pyrénéens. Bull. Ecol., 8 (3): 321-332.

- Burges, A. & F. Raw. 1971. *Biología del suelo*. Ed. Omega. Barcelona. 587 p.
- Butcher, J., R. Snider & R. Snider. 1971. *Bioecology of edaphic collembola and acarina*. Department of Entomology, Michigan State University, East Lansing, Michigan: 249-288.
- Campos R., J. 1976. Estudio preliminar de las enfermedades del haba Vicia faba L., en la Mesa Central de México. *Agricultura Técnica en México*, INIA, SAG, Vol. III, Num. 12, 256-264 p.
- Cancela da Fonseca, J.P. 1980. Le concept de diversité, le chevauchement des niches écologiques et l'organisation des systèmes écologiques. *Acta Oecologica. Oecol. General.* I (3): 293-305.
- Cancela da Fonseca, J.P. & N. Poinsoot-Balaguier. 1983. Les régimes alimentaires des microarthropodes du sol en relation avec la décomposition de la matière organique. *Bull. Société Zoologique de France*, 108 (3): 371.
- Cassagnau, P. 1961. *Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales. Les biocénoses de Collemboles*. Actualité scientifiques et industrielles. Hermann Ed. Paris. 235 p.
- Christiansen, K. 1964. Bionomics of Collembola. *Ann. Rev. Entomol.*, 9: 147-178.
- Christiansen, K. 1969. Experimental studies on the agregation and dispersion of Collembola. *Pedobiologia*, Bd. 10. 189-198.
- Christiansen, K. & P. Bellinger. 1980. *The Collembola of North America. North of The Rio Grande. A taxonomic analysis*. Grinnell College. Iowa. 1 322 p.
- Covarrubias, R. 1989. Datos sobre fauna de microartropodos, en un ciclo anual de diferentes sustratos de un bosque de Nothofagus pumilio. *Acta Ent. Chilena*, 15: 131-142.
- Covarrubias, R., C. Contreras & I. Mellado. 1989. Dinámica de los gremios de microartropodos bajo Laretia acaulis. *Acta Ent. Chilena*, 15: 211-224.
- Crisci, J. y F. Lopez. 1983. *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Ed. Secretaría General de la OEA. Washington, D.C. 132 p.
- Daubenmire, R. 1988. *Ecología vegetal*. Ed. Limusa. México. 496 p.
- Di Castri, F. & V. Astudillo. 1966. Análisis de algunas causas abióticas de variación en la densidad de la fauna del suelo. *Actas del Primer Coloq. Latinoam. de Biología del Suelo. Monografías 1*. UNESCO.

Dunger, W. 1986. Observations on the ecological behaviour of some species of the Tullbergia krausbaugeri group. 2nd. International Seminar on Apterygota: 111-115.

Edwards, C.A. 1978. Pesticides and the Micro-Fauna of soil and water. In Pesticide Microbiology. Eds. I.R.Hill and S.L.Wright Academic Press. 844 p.

Fornes-Manera, J. 1983. Cultivo de habas y guisantes. Ed. Síntesis, S.A.Barcelona. 139 p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. Instituto de Geografía. México. 246 p.

Gill, R.W. 1969. Soil microarthropod abundance following old-field litter manipulation. *Ecol.*, 50 (5): 805-816.

González, J. 1990. Estudio florístico del Oriente del Estado de México. (in litt).

Hazra, A.K. and 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.*, 10 (2):385-401.

Hermosilla, W. & L. Rubio. 1976. Structure des populations de Collemboles Poduromorphes dans une colline de la Cordillère de la Côte Chilienne. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 13 (2): 477-499.

Hermosilla, W. 1978. Evolución mesofaunística de una sucesión ecológica secundaria antrópica. *Brenesia*, 14-15: 267-277.

Heungens, A. & Van Daele, E. 1984. The influence of some acids, bases and salts on the site and Collembola population of a pine litter substrate. *Pedobiologia*, 22: 299-311.

Izarra, D.C. & R.Boo. 1980. Los efectos de una reforestación con plantas introducidas sobre los microartrópodos del suelo. *Ecología Argentina*, 5: 59-70.

Izarra, D.C. 1981. Las prácticas agrícolas y sus efectos sobre la fauna de los colémbolos de un suelo de la región semiarida. *Anales de Edafología y Agrobiología*.

Jordana, R. et al. 1987. Effect of reforestation by conifers in a natural biotopes of middle and South Navarra (Northern Spain). *Revue suisse Zool.*, 94 (1):491-502.

Karppinen, E. 1972. Studies on the oribatid fauna of spruce hard-wood peatlands in southern Finland I. *Ann. Ent. Fenn.*, 48 (2):96-99.

Krebs, Ch.J. 1978. *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance.* Harper and Row, Publishers. New York. 678p.

- Mooser, F. 1971. Informe sobre la geología de la cuenca del Valle de México y zonas colindantes. CHCVM, SRH. México.
- Malecic, V. 1985. Springtails (Collembola) as bioindicators of soil pollution. In Colloquium Pedobiologae Soil Fertility. Mosku.
- Moraza, M.L., L. Herrera & C. Perez-Iñigo. 1980. Estudio faunístico del maciso de Quinto Real I. Acaros oribátidos (Acari, Oribatei). Ed. Universidad de Navarra. Pamplona. 1-24.
- Najt, J. 1973. Algunos conceptos sobre la Biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo. IDIA-Suplemento No. 29: 97-105.
- Odum, E.P. 1972. Ecología. Ed. Interamericana. México. 639 p.
- Ortiz V. & A. Ortiz. 1980. Edafología. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. 311 p.
- Ortiz-Solorio, C.A. & H.E. Cuanalo de la C. 1977. Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados. Chapingo. 83 p.
- Palacios-Vargas, J.G. 1982. Microartrópodos asociados a Bromeliáceas. in Salinas P.J. Ed. Zoología Neotropical. Actas del VIII Congr. Latinoamericano de Zool. Tomo I:535-545.
- Palacios-Vargas, J.G. 1983. Catálogo de los colembolos mexicanos. An. Esc. nac. Cienc. biol., Mex. 27: 61-76.
- Palacios-Vargas, J.C. 1985. Microartrópodos del Popocatepetl. (Aspectos ecológicos y biogeográficos de los ácaros oribátidos e insectos colémbolos): Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. v+132 págs.
- Ponge, J.F. & B. Prat. 1982. Les Collemboles, indicateurs du mode d'humification dans les peuplements résineux, feuillus et mélangés résultats obtenus en forêt d'Orleans. Rev. Ecol. Biol. Sol., 19 (2): 237-250.
- Ponge, J.F. 1983. Les collemboles, indicateurs du type d'humus en milieu forestier. Resultats obtenus au Sud de Paris. Acta. Oecologica. Oecol. Gener., 4 (4): 359-374.
- Prat, B. & Z. Massoud. 1980. Etude de la communauté des Collemboles dans un sol forestier. Rev. Ecol. Biol. Sol., 17 (2):199-216.
- Prat, B. & Z. Massoud. 1981. Etude de la communauté des Collemboles dans un sol forestier. Rev. Ecol. Biol. Sol., 18 (1): 59-76.

Rapoport, E.H. 1960. Formación de humus por los insectos colémbolos. IDIA. Supl. No. 1. p. 80.

Rapoport, E.H. 1959. Algunos aspectos de la Biología del suelo. Universidad Nacional del Sur. Extension Cultural. Bahía Blanca. 23 p.

Rapoport, E.H. & D.C. Izarra. 1966. On the rizosphere of some argentine plants and its relation to soil microfauna. Actas Primer Coloq. Latinoam. Biol. Suelo. UNESCO: 609-614.

Rapoport, E.H. & J. Najt. 1966. Ecología de los microartrópodos en suelos gley y solonchak de Bahía Blanca, Argentina. Actas Primer Coloq. Latinoamer. Biol. Suelo. UNESCO. Montevideo, :522-546

Rapoport, E.H. 1968. Caracterización de los suelos. Progressos em Biodinâmica e Productividade do Solo. Segundo Congresso Latino-Americano de Biología do Solo.

Sánchez, O. & P. López. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. Fol. Ent. Méx. No. 75: 119-145.

Shaddy, J.H. & J.E. Butcher. 1977. The distribution of some soil arthropods in a manipulated ecosystem. Great Lakes Entomol., 10 (2): 131-144.

Silva del Pozo, X. 1988. Análisis de pedofauna e investigación para formular un bioindicador ecológico de suelos. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Revista No. 6. Año 3: 61-79.

Sokal, R. & J. Rohlf. 1979. Biometria: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Ed. Blume. Madrid. 832 p.

Villalobos, F. 1989. Los collembola poduromorpha (Apterygota: Insecta) y la sucesión secundaria del bosque mesófilo de montaña. BIOTAM., 1 (1): 45-52.

Weil, R. & W. Kroontje. 1979. Effects of manuring on the arthropod community in an arable soil. Soil Biol. Biochem., 11: 669-679.

CUADRO No. 1

ANALISIS FISICOQUIMICO DEL SUELO DEL BOSQUE DE A.
religiosa

(Efectuado el 6 de diciembre de 1967)

MUESTRA	pH (H ₂ O) 1:2*	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Nt %	CIC meq/100g
1	6.4	4.9	1.7	442	2605	255	0.30	28.9
2	6.8	8.7	4.0	517	3527	426	0.27	35.6
3	6.5	5.1	1.1	308	2565	377	0.31	33.2
4	6.7	6.8	0.5	375	3166	243	0.35	35.5
5	6.6	6.6	2.8	405	2806	243	0.37	32.5
	x= 6.4							

MUESTRA	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	44.6	38.0	17.4	Franco
2	41.8	42.8	15.4	Franco
3	37.3	44.3	17.4	Franco
4	43.8	42.8	13.4	Franco
5	39.8	44.8	15.4	Franco

* relación suelo-agua 1:2

CLIMA C (w 1) (w) b (i')

ALTITUD: 2 840 msnm.

CUADRO No. 2

ANALISIS FISICOQUIMICO DEL SUELO DE LA PARCELA DE CULTIVO
DE Vicia faba.

(Efectuado el 6 de diciembre de 1987)

MUESTRA	pH (H ₂ O) 1:2*	NO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Nt %	CIC meq/100g
1	6.2	2.7	7.5	368	1583	243	0.18	22.5
2	6.3	3.6	10.5	442	1463	219	0.17	20.6
3	6.4	3.5	4.6	450	1523	316	0.18	20.8
4	6.4	2.8	4.0	353	1423	231	0.17	20.6
5	6.4	3.5	4.6	360	1483	426	0.18	21.6
		x= 3.2						

MUESTRA	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	42.9	33.7	23.4	Franco
2	40.6	38.0	21.4	Franco
3	44.6	34.0	21.4	Franco
4	44.6	36.0	19.4	Franco
5	42.6	38.0	19.4	Franco

* relación agua suelo 1:2

CLIMA: C (w 1) (w) b (i')

ALTITUD: 2 810 msnm

CUADRO No. 3

ANALISIS FISICOQUIMICO DEL SUELO DEL BOSQUE DE A. religiosa.

(Efectuado el 15 de mayo de 1988)

MUESTRA	pH (H ₂ O)*	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Hg ppm	Nt %	CIC meq/100g
	1:2							
1	6.6	6.3	8.8	351	2766	268	0.28	21.3
2	6.7	9.5	4.4	577	3868	304	0.21	29.8
3	6.4	9.2	* *	381	3246	316	0.32	26.2
4	6.6	8.4	4.4	404	3327	255	0.28	26.0
5	6.4	6.6	2.9	329	2565	280	0.20	21.4
		x=	8.0					

** No detectado por el método empleado.

MUESTRA	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	51	37.7	11.2	Franco
2	50	39.7	10.2	Franco
3	49	39.0	12.0	Franco
4	48	38.2	13.7	Franco
5	43.5	41.0	15.5	Franco

* relación suelo-agua 1:2

CLIMA: C (w 1) (w) b (i')

ALTITUD: 2 840 msnm.

CUADRO No. 4

ANALISIS FISICOQUIMICO DEL SUELO DE LA PARCELA DE CULTIVO
DE Vicia faba.

(Realizado el 15 de mayo de 1988)

MUESTRA	pH (H ₂ O)* 1:2	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Nt %	CIC meq/100g
1	6.2	3.2	2.9	464	1623	158	0.16	14.5
2	6.1	3.5	5.8	419	1643	219	0.17	15.3
3	6.2	3.2	4.4	441	1703	207	0.17	15.5
4	6.2	3.7	2.9	479	1723	195	0.19	15.9
5	6.2	4.4	4.4	449	1583	182	0.15	14.7
	x = 3.6							

MUESTRA	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	53	40	7	Franco-arenoso
2	50	43	7	Franco
3	51	41	8	Franco
4	49	42	9	Franco
5	56	36	8	Franco-arenoso

* relación suelo-agua 1:2

CLIMA: C (w 1) (w) b (i')

ALTITUD: 2 810 msnm.

CUADRO No. 5

LISTADO DE COLEMBOLOS ENCONTRADOS EN BOSQUE Y CULTIVO.

ESPECIE	BOSQUE		CULTIVO	
	HOJARASCA	SUELO	HOJARASCA	SUELO
ONYCHIURIDAE				
Mesaphorura knowltoni		x	x	x
M. macrochaeta	x	x	x	x
M. ca. pacifica		x		
M. krausbaueri	x	x	x	x
M. yosiii	x	x		x
M. ruseki	x	x	x	x
M. clavata			x	x
M. cf. hades				x
ENTOMOBRYIDAE				
Entomobrya sp. 1	x			
E. ca. triangularis	x	x	x	x
Sinella sp. 1	x	x		
Sinella sp. 2	x	x	x	
S. ca. tecta	x	x		
Pseudosinella ca. aera	x	x		
P. ca. alba		x		
Lepidocyrtus ca. lanuginosus	x	x		
ISOTOMIDAE				
Cryptopygus benhami		x		
Desoria ca. notabilis	x	x		
D. marissa	x	x		
D. multisetis	x	x		
D. tariva	x	x		
D. nivalis	x			
D. trispinata	x	x		x
Isotoma sp. 1	x		x	x
I. sensibilis	x			
Isotomiella minor		x		
Folsomia elongata		x		
F. sensibilis	x			
Proisotoma sp.				x

HYPOGASTRURIDAE

Ceratophysella denticu- x
lata x
C. succinea x
Schoetella distincta x
Xenylla acauda x
X. humicola x

x
x
x
x

NEANURIDAE

Americanura macgregori x
A. banksi x
Pseudachorutes subcra- x
ssoides x
P. texensis x
Friesea ca. denthacan- x
tha x
F. ca. quinta x
Brachystomella gr.
parvula x

x
x
x
x
x
x
x
x

KATIANNIDAE

Arrhopalites ca. be- x
llingeri x
A. diversus x
A. cf. dubius x
Neosminthurus clavatus x
Sminthurides sp. 1 x
S. oculatus x
S. hyogramma x
Sminthurinus conchylia- x
tus x
Sminthurus butcheri x
Sphyroteca mucroserra- x
ta x
Sphaeridia serratus x

x
x
x
x
x
x
x

CUADRO 6

PRUEBA DE G PARA LAS FAMILIAS DE COLEMBOLOS ENCONTRADAS EN EL BOSQUE DE A. religiosa.

BIOTOPO	FAMILIAS						TOTAL
	A	B	C	D	E	F	
HOJARASCA*	1 448	441	430	103	73	66	2 561
+	1 219	408	738	73	60	60	
SUELO	* 319	151	640	4	14	21	1 149
+	547	183	331	33	26	26	
	1 767	592	1 070	107	87	87	3 710

A = Entomobryidae

B = Isotomidae

C = Onychiuridae

D = Katiannidae

E = Neanuridae

F = Hypogastruridae

* Colémbolos encontrados

+ Colémbolos esperados

G = 604.398 con 5 grados de libertad.

X² = 610.55 con 5 grados de libertad.

X² en tablas (.995), con 5 grados de libertad = 16.750

	BOSQUE DE <u>A. religiosa</u>	
	HOJARASCA	SUELO
ENTOMOBRYIDAE	42.712 (+)	95.193 (-)
ISOTOMIDAE	2.560 (+)	5.704 (-)
ONYCHIURIDAE	128.945 (-)	287.423 (+)
KATIANNIDAE	11.496 (+)	25.612 (-)
NEANURIDAE	2.792 (+)	6.215 (-)
HYPOGASTRURIDAE	0.589 (+)	1.309 (-)
	189.094	421.456

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fué mayor que el de los esperados.

Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fué menor que el de los esperados.

CUADRO 7

PRUEBA DE G PARA LAS FAMILIAS DE COLEMBOLOS ENCONTRADAS EN EL CULTIVO DE HABA.

BIOTOPO	FAMILIAS					TOTAL
	A	B	C	D	E	
HOJARASCA*	209	27	17	16	12	281
+	243	18	7	6	5	
SUELO *	1 345	88	29	24	25	1 511
+	1 310	96	38	33	31	
	1 554	115	46	40	37	1 792

A = Onychiuridae
 B = Hypogastruridae
 C = Katiannidae
 D = Entomobryidae
 E = Isotomidae

* Colémbolos encontrados
 + Colémbolos esperados

G = 46.37 con 4 grados de libertad.

X2= 52.636 con 4 grados de libertad.

X2 en tablas (.995), con 4 grados de libertad = 14.860

CULTIVO DE HABA (Vicia faba)

	HOJARASCA	SUELO
ONYCHIURIDAE	4.932 (-)	0.917 (+)
HYPOGASTRURIDAE	4.462 (+)	0.829 (-)
KATIANNIDAE	13.279 (+)	2.469 (-)
ENTOMOBRYIDAE	15.088 (+)	2.805 (-)
ISOTOMIDAE	6.624 (+)	1.231 (-)
	44.385	8.251

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fué mayor que el de los esperados.

Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fué menor que el de los esperados.

CUADRO 8

PORCENTAJE DE PERMANENCIA EN HOJARASCA DE BOSQUE

1 9 8 7

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	TOTAL
<i>Entomobrya</i> sp. 1	X								X	X			25.0
<i>Desoria nivalis</i>	X												8.3
<i>Isotoma sensibilis</i>	X												8.3
<i>Isotoma</i> ca. <i>notabilis</i>	X	X	X		X	X	X			X	X	X	75.0
<i>I.</i> sp. 1	X	X	X										25.0
<i>Folsomia sensibilis</i>		X											8.3
<i>Friesca</i> ca. <i>denthacantha</i>							X						8.3
<i>Xenylla acauda</i>		X									X		16.6
<i>Pseudochorutes subcrassoides</i>		X											8.3
<i>P.</i> <i>texensis</i>			X		X							X	25.0
<i>Arrhopalites</i> ca. <i>bellingeri</i>							X						8.3
<i>A. diversus</i>	X												8.3
<i>A.</i> cf. <i>dubias</i>		X											8.3
<i>Neosminthurus clavatus</i>	X	X											16.6
<i>Sminthurus hyogamma</i>	X												8.3
<i>S. occultus</i>	X		X	X		X					X		41.6
<i>S.</i> sp. 1	X	X	X	X									33.3
<i>Sminthurinus conchyliatus</i>	X												8.3
<i>Sminthurus butcheri</i>												X	8.3
<i>Sphaeridia serratus</i>	X				X	X					X		33.3
<i>Sphyroteca mucroserrata</i>										X			8.3
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	X	X		X	X	X					X	X	58.3
<i>M. krausbaueri</i>	X	X	X	X	X	X	X			X		X	75.0
<i>M. yosiii</i>	X												8.3
<i>M. ruseki</i>	X	X								X	X		33.0
<i>Entomobrya</i> ca. <i>triangularis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100.0
<i>Sinella</i> sp. 1	X	X											16.6
<i>S.</i> sp. 2	X	X											16.6
<i>S.</i> ca. <i>tecta</i>	X	X											16.6
<i>Pseudosinella</i> ca. <i>aera</i>	X												25.0
<i>Lepidocyrtus</i> ca. <i>lanuginosus</i>	X	X	X	X	X		X		X		X	X	75.0

CUADRO 9

PORCENTAJE DE PERMANENCIA EN SUELO DE BOSQUE

1987

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	TOTAL
<i>Mesaphorura knowltoni</i>										X			8.3
<i>M. ca. pacifica</i>	X												8.3
<i>Pseudosinella ca. alba</i>	X								X				16.6
<i>Cryptopigus benhami</i>	X												8.3
<i>Isotomiella minor</i>									X				8.3
<i>Folsomia elongata</i>					X	X							16.6
<i>Friesea ca. quinta</i>											X		8.3
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	X	X			X			X	X		X	X	58.3
<i>M. krausbaueri</i>	X	X	X	X					X		X		50.0
<i>M. yosiii</i>											X		8.3
<i>M. ruzeki</i>	X	X			X	X	X	X		X	X	X	75.0
<i>Entomobrya ca. triangularis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	83.3
<i>Sinella sp. 1</i>	X	X										X	25.0
<i>S. sp. 2</i>	X								X				16.6
<i>S. ca. tecta</i>	X												8.3
<i>Pseudosinella ca. aera</i>		X										X	16.6
<i>Lepidocyrtus ca. lanuginosus</i>	X						X				X	X	33.3
<i>Desoria rotabilis</i>		X	X	X			X				X	X	50.0
<i>D. marissa</i>											X		8.3
<i>D. multisetis</i>										X			8.3
<i>D. tariva</i>	X										X		16.6
<i>D. trispinata</i>											X		8.3
<i>Isotoma ca. marissa</i>												X	8.3
<i>Ceratophysella denticulata</i>						X				X			16.6
<i>Schoettella distincta</i>							X			X			16.6
<i>Xenylla humicola</i>							X	X					16.6
<i>Americanura macgregori</i>						X							8.3
<i>A. banksi</i>											X		8.3
<i>Pseudachorutes americanus</i>						X						X	16.6

CUADRO 11

PORCENTAJE DE PERMANENCIA EN SUELO DE CULTIVO DE HABA (Vicia faba)

1987

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	TOTAL
Mesaphorura cf. hades										×			8.3
M. yosii	×												8.3
Xenylla acauda			×	×									16.6
Ceratophysella succinea	×												8.3
Brachystomef gr. parvula										×			8.3
Desoria nivalis		×											8.3
Proisotoma sp. 1		×											8.3
Sminthurides sp. 1			×										8.3
Sphaeridia serratus		×											8.3
Mesaphorura cfavata										×			8.3
M. knowltoni	×	×	×	×	×				×	×	×	×	75.0
M. krausbaueri	×						×						16.6
M. macrochaeta	×	×	×									×	33.3
M. ruseki	×					×	×					×	33.3
Entomobrya ca. triangularis		×		×	×	×	×			×			50.0
Ceratophysella denticulata	×	×	×	×	×	×			×	×		×	75.0
Isotoma sp. 1		×		×		×				×			33.3
Sminthurides occultus				×	×	×						×	33.3

CUADRO 12

COEFICIENTE DE FRECUENCIA DE LAS ESPECIES HABITANTES DE LA HOJARASCA
DEL BOSQUE *A. religiosus*

1987

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	TOTAL
<i>Entomobrya</i> sp. 1	//								/	/			6.6
<i>Desoria nivalis</i>	/												1.6
<i>Isotoma sensibilis</i>	/												1.6
<i>Desoria</i> ca. <i>notabilis</i>	//	//	////		//	//	/		/	/		///	30.0
<i>Isotoma</i> sp. 1	//	/	/										6.6
<i>Folsomia sensibilis</i>		/											1.6
<i>Friesca</i> ca. <i>denthacantha</i>							/						1.6
<i>Xenylla acuda</i>		/									/		3.3
<i>Pseudachorutes subcrassoides</i>		/											1.6
<i>P. texensis</i>			/		/							/	5.0
<i>Arrhopalites</i> ca. <i>bellingeri</i>							/						1.6
<i>A. diversus</i>	/												1.6
<i>A. cf. dubius</i>		/											1.6
<i>Neosminthurus clavatus</i>	///	//											11.6
<i>Sminthurides</i> sp. 1	/	/	//	/									8.3
<i>S. hyogramma</i>	/										/		1.6
<i>S. oculatus</i>	/		/	//									10.0
<i>Sminthurinus conchyliatus</i>	/												1.6
<i>Sminthurus butcheri</i>												/	1.6
<i>Sphaeridia serratus</i>	/				/	/					/		6.6
<i>Sphyrrotesca macroserrata</i>									/				1.6
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	///	///		/	//	/					/	//	23.3
<i>M. krausbaueri</i>	//	//	/	//	///	///	//			///		///	36.6
<i>M. yosii</i>	/												1.6
<i>M. ruseki</i>	/	//								//	/		5.0
<i>Entomobrya</i> ca. <i>triangularis</i>	///	///	///	///	///	///	///	/	//	///	///	///	78.3
<i>Sinella</i> sp. 1	/	//								/			6.6
<i>S. sp. 2</i>	/	/											3.3
<i>S. ca. tecta</i>	/	/											3.3
<i>Pseudosinella</i> ca. <i>aera</i>	//										/	/	3.3
<i>Lepidocyrtus</i> ca. <i>lanuginosus</i>	///	///	///	///	///		/		//		//	//	40.0

CUADRO 15

COEFICIENTE DE FRECUENCIA DE LAS ESPECIES HABITANTES
DEL SUELO DE CULTIVO DE HABA (Vicia faba)

1987

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	TOTAL
Mesaphorura cf. hades										/			1.6
M. yosiii	/												1.6
Xenylla acauda			/	/									3.3
Ceratopysella succinea	/												1.6
Brachystomella gr. parvula										/			1.6
Isotoma nivalis		/											1.6
Proisotoma sp.		/											1.6
Sminthurides sp. 1			/										1.6
Sphaeridia serratus		/											1.6
Mesaphorura clavata										/			1.6
M. knowltoni	///	///	///	///	///				/	///	/	///	43.3
M. krausbaueri	/						///						6.6
M. macrochaeta	/	/	/								/	///	11.6
M. ruseki	/					///	/					/	13.3
Entomobrya ca. triangularis	/			///	/	/	/			///			15.0
Ceratophysella denticulata		///	///	///	/	/			/	///		///	26.6
Isotoma sp. 1	/		/			///			/				10.0
Sminthurides oculus				///	///	/						/	10.0

CUADRO No. 16

COEFICIENTE DE SIMILITUD DE SIMPSON

$$RN2 = \frac{100 (s)}{N2}$$

Donde RN2 = Porcentaje de similitud entre las comunidades comparadas.

s = Número de especies compartidas.

N2 = Número de especie de la comunidad más pequeña.

COEFICIENTE DE SIMILITUD ENTRE BOSQUE Y CULTIVO

a = 50 (Número de especies del bosque)

b = 19 (Número de especies del cultivo de haba)

c = 14 (Número de especies comunes a bosque y cultivo)

$$RN2 = \frac{100(14)}{14 + 19} = 42.0 \%$$

COEFICIENTE DE SIMILITUD ENTRE HOJARASCA Y SUELO DEL BOSQUE

a = 21 (Número de especies de hojarasca del bosque)

b = 7 (Número de especies del suelo del bosque)

c = 22 (Número de especies comunes a la hojarasca y suelo)

C.S. = 77.0 %

COEFICIENTE DE SIMILITUD ENTRE HOJARASCA Y SUELO DEL CULTIVO

a = 1 (Número de especies de hojarasca del cultivo)

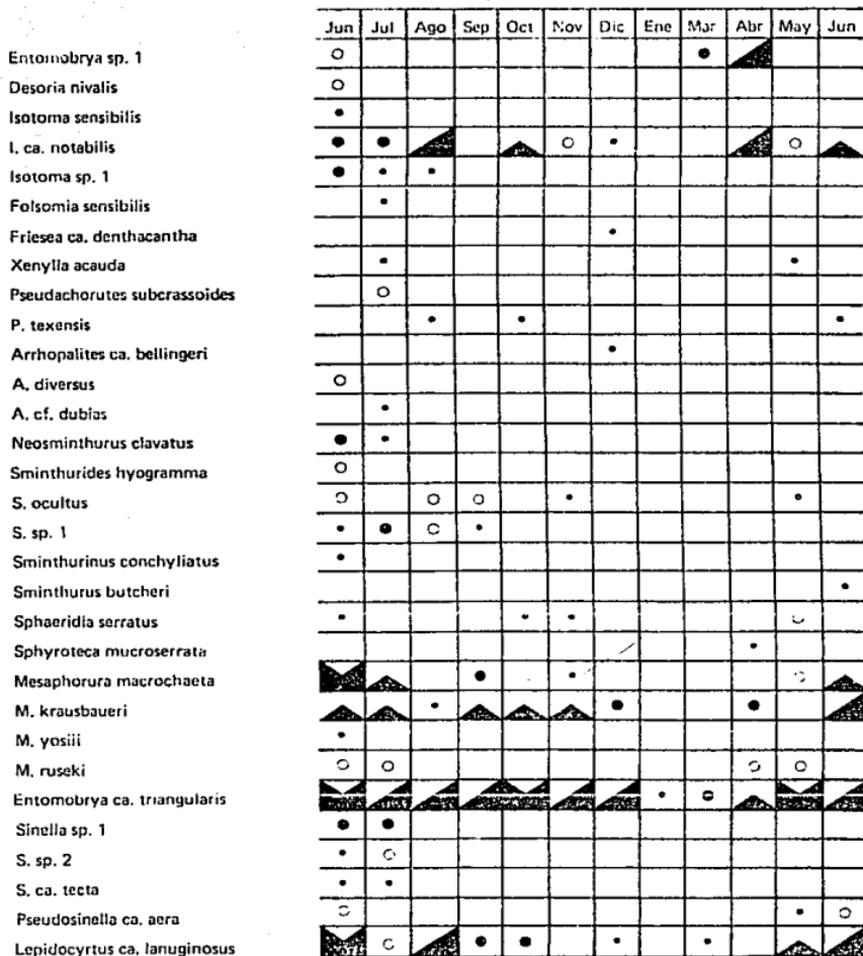
b = 9 (Número de especies del suelo del cultivo)

c = 9 (Número de especies comunes a la hojarasca y suelo)

C.S. = 90.0 %

CUADRO 17
 ABUNDANCIA MENSUAL DE LAS ESPECIES HABITANTES
 DE LA HOJARASCA DEL BOSQUE DE *A. religiosa*

1987



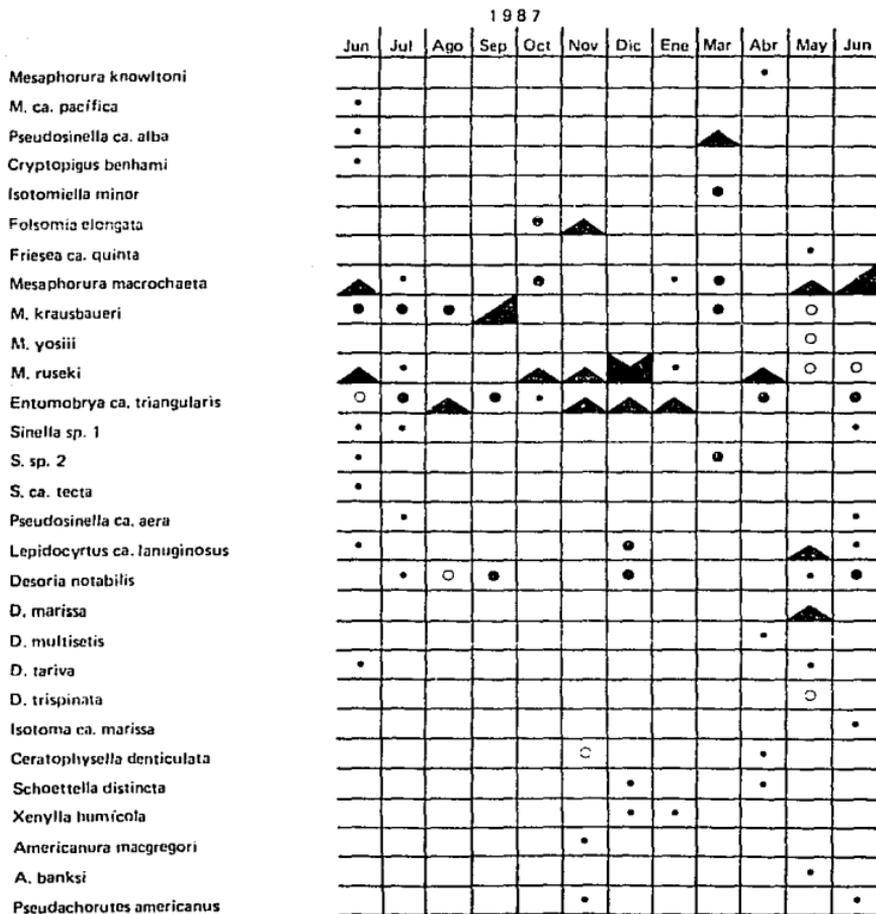
CUADRO 17

ABUNDANCIA MENSUAL DE LAS ESPECIES HABITANTES DE LA HOJARASCA
DEL BOSQUE DE A. religiosa

1987

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun
<i>Desoria notabilis</i>	•	•	•		•	•	•			•	•	•
<i>D. marissa</i>	•											▲
<i>D. multisetis</i>	•	•	•								○	
<i>D. tariva</i>	•											•
<i>D. trispinata</i>	●											
<i>Ceratophysella denticulata</i>	○											•
<i>Schoettella distincta</i>	○					○	•				•	
<i>Xenylla humicola</i>		○	○	○	•	•						
<i>Americanura macgregori</i>			•	•								
<i>A. banksi</i>				•								
<i>Pseudachorutes americanus</i>	•	•			▲							

CUADRO 18

 ABUNDANCIA MENSUAL DE LAS ESPECIES HABITANTES DEL SUELO
 DEL BOSQUE DE *A. religiosa*


CUADRO 19

ABUNDANCIA MENSUAL DE LAS ESPECIES HABITANTES
DE LA HOJARASCA DE CULTIVO DE HABA (*Vicia faba*)

	1987											
	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun
<i>Sinella</i> sp. 2												•
<i>Mesosphorura clavata</i>	•											
<i>M. knowltoni</i>	◼	○	•	•	•							
<i>M. krausbaueri</i>	•					○					•	
<i>M. macrochaeta</i>	•											
<i>M. ruscki</i>												○
<i>Entomobrya</i> ca. <i>triangularis</i>	•			•	•	•				•		
<i>Ceratophysella denticulata</i>	•	•	•		•							
<i>Isotoma</i> sp. 1	•			•	○							
<i>Sminthurides oculatus</i>				•	•							

CUADRO 20

ABUNDANCIA MENSUAL DE LAS ESPECIES HABITANTES DEL SUELO DE CULTIVO
DE HABA (*Vicia faba*)

1987

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun
<i>Mesaphorura cf. hades</i>										•		
<i>M. yosuii</i>	•											
<i>Xenylla acuta</i>			○	•								
<i>Ceratophysella succinea</i>	•											
<i>Brachystomella gr. parvula</i>										•		
<i>Desoria nivalis</i>		•										
<i>Proisotoma sp.</i>		•										
<i>Sminthurides sp. 1</i>			•									
<i>Sphaeridia serratus</i>		○										
<i>Mesaphorura clavata</i>												
<i>M. knowltoni</i>	▲	▲	▲	▲	▲				•	▲	▲	▲
<i>M. kraustaueri</i>	▲							•				
<i>M. macrochaeta</i>	▲	▲	•									▲
<i>M. ruseki</i>	▲					▲	•					▲
<i>Entomobrya ca. triangularis</i>		•		•	•	•	•			○		
<i>Ceratophysella denticulata</i>	○	•	•	○	•	○			○	•		•
<i>Isotoma sp. 1</i>		○		•		•				•		
<i>Sminthurides occultus</i>				○	•	•						•

CUADRO 21

PRUEBA DE G PARA LOS BIOTOPOS DEL BOSQUE DE A. religiosa.

	1	9	8	7													
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL				
Hojarasca*	566	278	244	155	253	168	95	1	17	179	260	345	2 561				
+ 445	237	192	168	216	214	215	24	69	169	295	311						
Suelo *	80	66	35	89	61	143	217	35	83	66	168	106	1 149				
+ 200	106	86	75	97	96	96	11	30	75	132	139						
	646	344	279	244	314	311	312	36	100	245	428	451	3 710				

* Colémbolos obtenidos.

+ Colémbolos esperados

G = 663. 74 con 11 grados de libertad.

X² = 26.757 con 11 grados de libertad (.995) (en tablas).

BOSQUE DE A. religiosa.

MES	HOJARASCA	SUELO
JUNIO	32.329 (+)	72.05 (-)
JULIO	6.921 (+)	15.419 (-)
AGOSTO	13.723 (+)	30.578 (-)
SEPTIEMBRE	1.07 (-)	2.39 (+)
OCTUBRE	6.062 (+)	13.506 (-)
NOVIEMBRE	10.15 (-)	22.634 (+)
DICIEMBRE	67.274 (-)	149.982 (+)
ENERO	22.89 (-)	51.104 (+)
MARZO	39.207 (-)	87.411 (+)
ABRIL	0.577 (+)	1.283 (-)
MAYO	4.251 (-)	9.48 (+)
JUNIO	3.643 (+)	8.116 (-)
	208.097	463.953

X² = 672.05

RESIDUOS ESTANDARIZADOS

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN
HOJA-	5.6	2.6	3.7	-1.0	2.4	-3.8	-8.1	-4.7	-6.2	.76	-2.0	1.9
RASCA												
SUELO	-8.4	-3.9	-5.5	1.5	-3.6	4.7	12.2	7.0	9.3	-1.1	3.0	-2.8

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fué mayor que el esperado.

Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fué menor que el esperado.

CUADRO 22

PRUEBA DE G PARA LOS COLÉMBOLOS DEL CULTIVO DE HABA (Vicia faba).

	1	9	5	7											
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL		
HOJARASCA*	133	16	17	47	42	11	0	0	0	2	2	11	281		
+	89	46	19	28	17	27	2	0	17	12	9	9			
SUELO*	437	283	109	136	69	167	14	0	111	79	59	47	1 511		
+	480	252	106	154	93	150	11	0	93	68	51	48			
	570	299	126	183	111	178	14	0	111	81	61	58	1 792		

* Colémbolos obtenidos

+ Colémbolos esperados

G = 172.24 con 11 grados de libertad.

X² = 26.757 con 11 grados de libertad (.995) (en tablas).

CULTIVO DE HABA (Vicia faba).

MES	HOJARASCA	SUELO
JUNIO	21.287 (+)	3.958 (-)
JULIO	20.345 (-)	3.783 (+)
AGOSTO	0.384 (-)	0.071 (+)
SEPTIEMBRE	11.677 (+)	2.171 (-)
OCTUBRE	34.755 (+)	6.462 (-)
NOVIEMBRE	10.246 (-)	1.905 (+)
DICIEMBRE	2.195 (-)	0.408 (+)
ENERO	0.0	0.0
MARZO	17.405 (-)	3.237 (+)
ABRIL	9.015 (-)	1.676 (+)
MAYO	5.983 (-)	1.112 (+)
JUNIO	0.399 (+)	0.074 (-)
	133.691	24.857

X² = 158.548

CUADRO 22

RESIDUOS ESTANDARIZADOS

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN
HOJA-	4.4	-4.5	-0.6	3.3	5.8	-3.1	-1.2	0.8	-4.1	-2.9	-2.3	0.6
RASCA												
SUELO	-1.9	1.9	0.2	-1.4	-2.5	1.3	0.5	-0.3	1.7	1.2	1.0	-0.3

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fué mayor que el esperado.

Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fué menor que el esperado.

CUADRO No. 23

COEFICIENTE BIOECENOTICO

$$Ca = \frac{P_{ab} \times 100}{(Pa + Pb) - P_{ab}}$$

P ab = Número de muestras en que cohabitan las especies "a" y "b"
 P a = Número de muestras en que aparece la especie "a"
 P b = Número de muestras en que aparece la especie "b"

especie a = Entomobrya ca. triangularis
 especie b = Mesaphorura macrochaeta

COEFICIENTE BIOECENOTICO EN HOJARASCA DEL BOSQUE

$$\begin{aligned} P_{ab} &= 11 \\ P_a &= 46 \\ P_b &= 14 \\ Ca &= 22.41 \end{aligned}$$

COEFICIENTE BIOECENOTICO EN SUELO DEL BOSQUE

$$\begin{aligned} P_{ab} &= 4 \\ P_a &= 32 \\ P_b &= 13 \\ Ca &= 9.75 \end{aligned}$$

COEFICIENTE BIOCENOTICO EN HOJARASCA DEL CULTIVO

$P_{ab} = 1$

$P_a = 7$

$P_b = 1$

$Ca = 14.28$

COEFICIENTE BIOCENOTICO EN EL SUELO DEL CULTIVO

$P_{ab} = \text{cero}$

$Ca = \text{cero}$

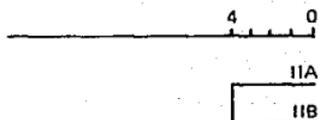
CUADRO 24

PRESENCIA-AUSENCIA DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS
EN LOS DIFERENTES BIOTOPOS

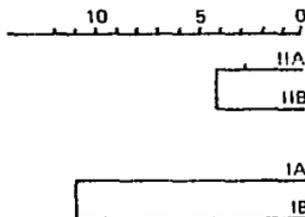
	IB BOSQUE		IIB CULTIVO	
	Hojar	Suelo	Hojar	Suelo
<i>Entomobrya ca. triangularis</i>	/	/	/	/
<i>Lepidocyrtus ca. lanuginosus</i>	/	/	○	○
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	/	/	/	/
<i>M. krausbaueri</i>	/	/	/	/
<i>M. ruseki</i>	/	/	/	/
<i>M. knowltoni</i>	○	/	/	/
<i>Desoria ca. notabilis</i>	/	/	○	○
<i>Ceratophysella denticulata</i>	/	/	/	/
<i>Isotoma sp. 1</i>	/	○	/	/
<i>Sminthurides oculatus</i>	/	○	/	/
<i>Sphaeridia serratus</i>	/	○	○	/
<i>Xenylla humicola</i>	/	/	○	○
<i>Entomobrya sp. 1</i>	/	○	○	○
<i>Sinella sp. 1</i>	/	/	○	○
<i>S. sp. 2</i>	/	/	/	○
<i>Pseudosinella ca. aera</i>	/	/	○	○
<i>P. ca. alba</i>	○	/	○	○
<i>Desoria marisa</i>	/	/	○	○
<i>D. multisetis</i>	/	/	○	○
<i>D. tariva</i>	/	/	○	○
<i>Folsomia elongata</i>	○	/	○	○
<i>Schoettella distincta</i>	/	/	○	○
<i>Xenylla acauda</i>	/	○	○	/
<i>Americanura macgregori</i>	/	/	○	○
<i>Pseudachorutes americanus</i>	/	/	○	○
<i>P. texensis</i>	/	/	○	○
<i>Neosminthurus clavatus</i>	/	○	○	○
<i>Sminthurides sp. 1</i>	/	○	○	/

MATRICES Y DENDOGRAMAS DE SIMILITUD ENTRE LOS 4 BIOTOPOS
(tomando en cuenta la presencia-ausencia de las especies seleccionadas)

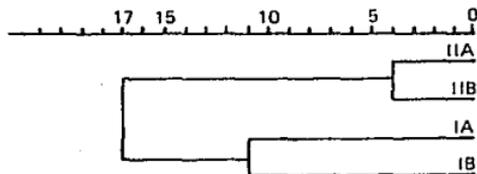
	IA	IB	IIA	IIB
IA		11	18	16
IB			15	19
IIA				4
IIB				



	IIA-IIB	IB	IA
IIA-IIB	0		
IB	17	0	
IA	17	11	0



	IIA-IIB	IA-IB
IIA-IIB	0	
IA-IB	17	0



CUADRO 26

RESIDUOS ESTANDARIZADOS PARA BOSQUE Y CULTIVO.

BOSQUE

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN
HOJA-	0.2	1.3	0.6	-1.8	-1.0	-0.1	-0.02	-0.3	0.1	0.4	0.1	-0.1
RABCA												
SUELO	-0.6	-2.3	-1.3	3.0	2.4	0.1	0.01	0.08	-0.07	-0.74	-0.15	0.2

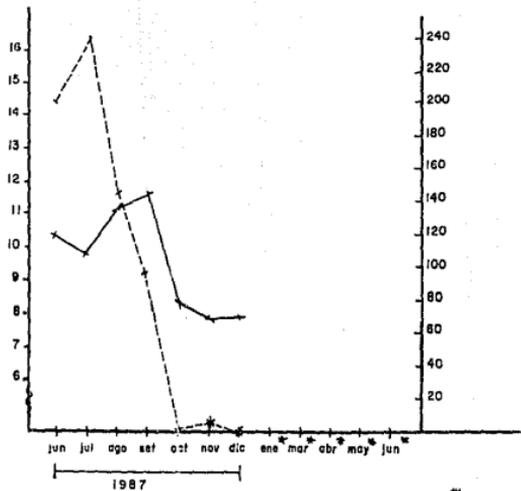
CULTIVO

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN
HOJA-	-1.22	-2.2	-1.7	2.2	3.2	0.4	0.3	2.2	-0.8	-2.2	-0.9	1.0
RABCA												
SUELO	0.3	1.3	0.9	-1.9	-1.7	-0.1	-0.05	-0.5	.06	0.7	0.2	-0.4

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fué mayor que el de los esperados.

Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fué mayor que el de los esperados.

°C T



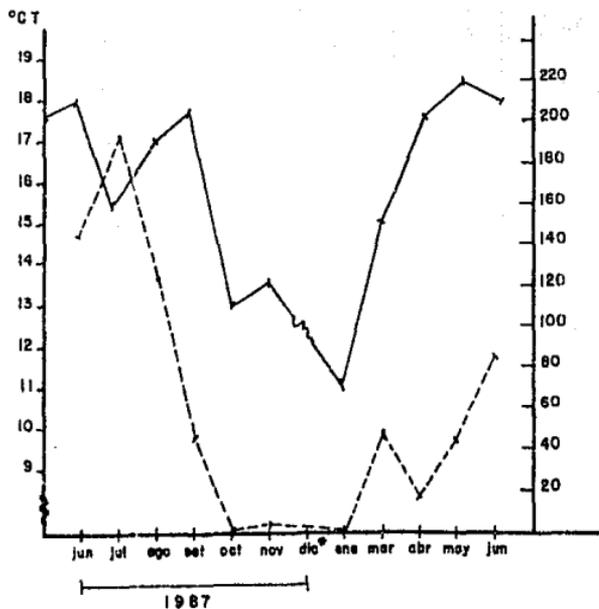
* No hay datos

Estación Meteorológica "Rio Frio", Ixtapaluca, Edo. de Mex.

— Temperatura (°C)

- - - - - Precipitación (mm)

Gráfica No. 1

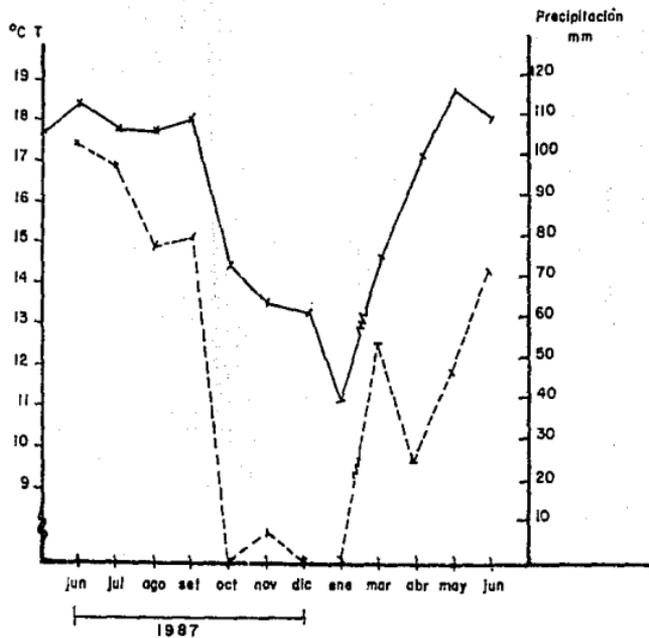


* No hay datos

Estación Meteorológica "San Andres", Texcoco, Mex.

— Temperatura (°C)
 - - - - - Precipitación (mm)

Grafica No. 2



Estación Meteorológica "La Grande", Texcoco, Mex.

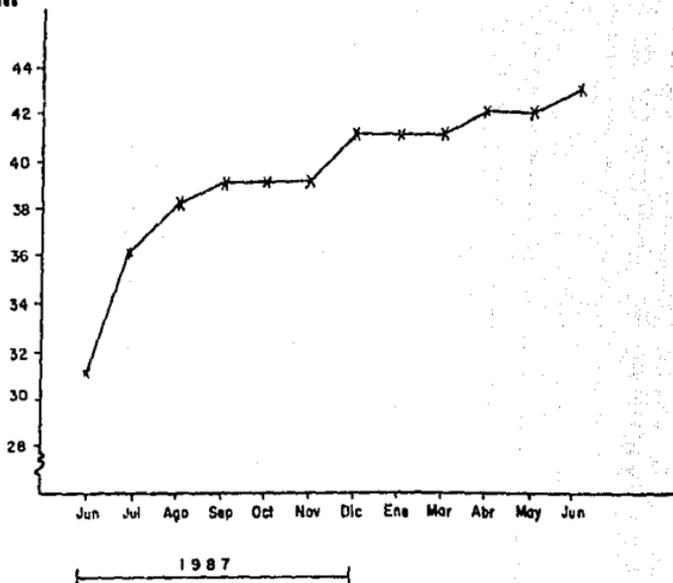
————— Temperatura (°C)

- - - - - Precipitación (mm)

Grafica No. 3

Hojarasca del Bosque

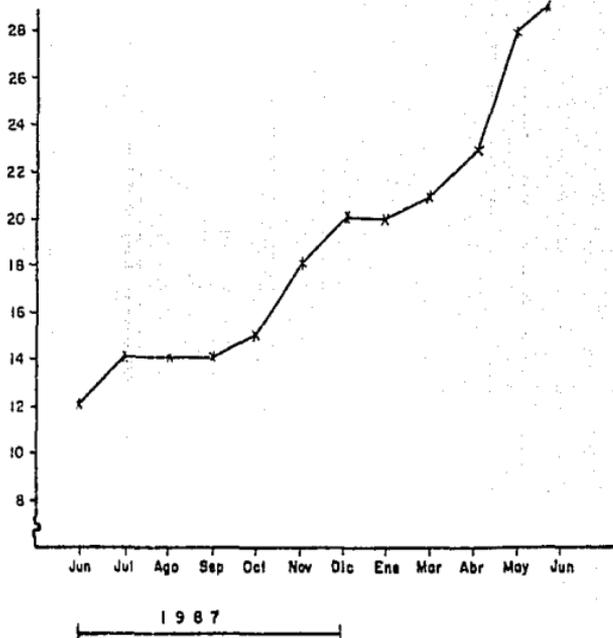
No. de especies
acumuladas



Gráfica No. 4

Suelo del Bosque de A. religiosa

No. de especies
acumuladas



Gráfica No. 5

Hojarasca del cultivo de haba (Vicia faba)

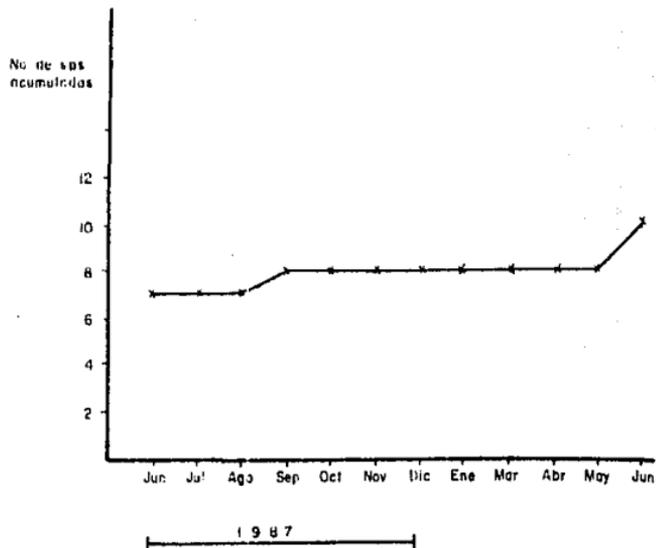
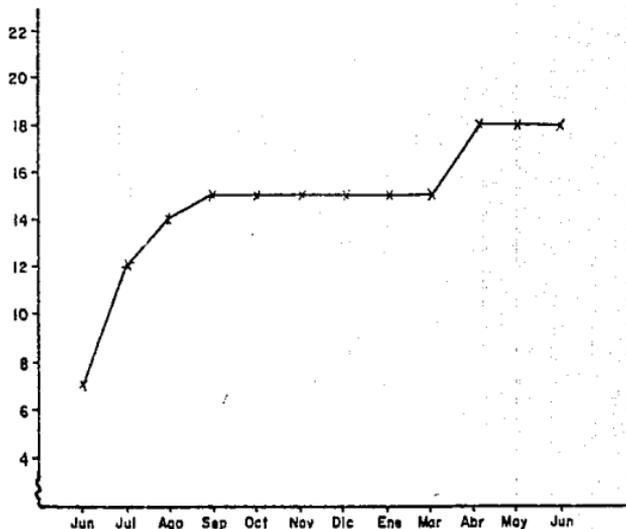


Gráfico No. 6

Suelo del Cultivo de haba (Vicia faba)

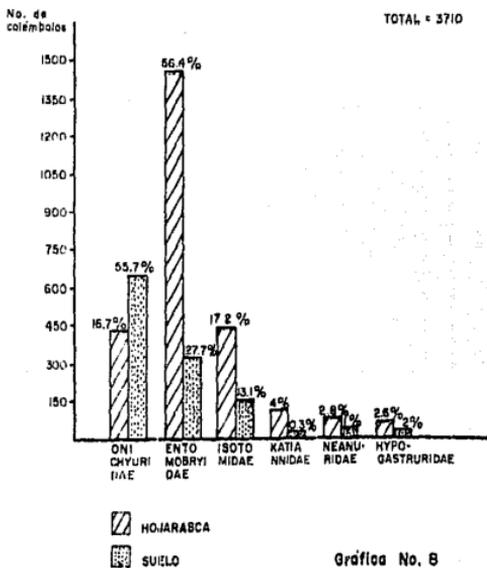
No. de especies
acumuladas



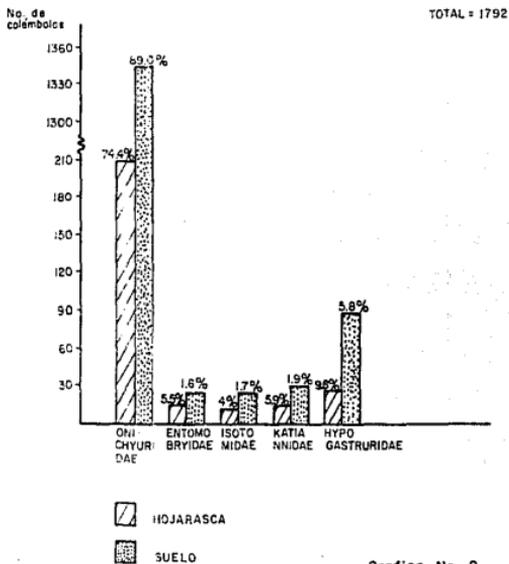
1987

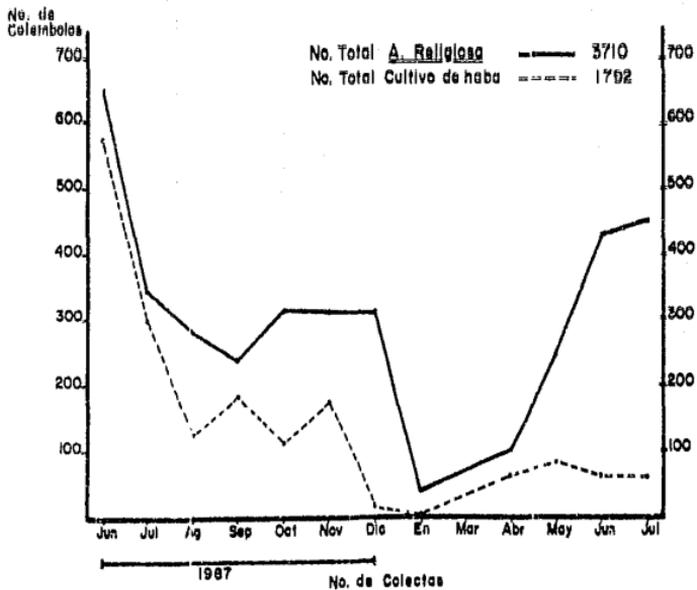
Gráfica No. 7

Frecuencia relativa de las familias de colémbolos encontrados en el bosque de Abies religiosa

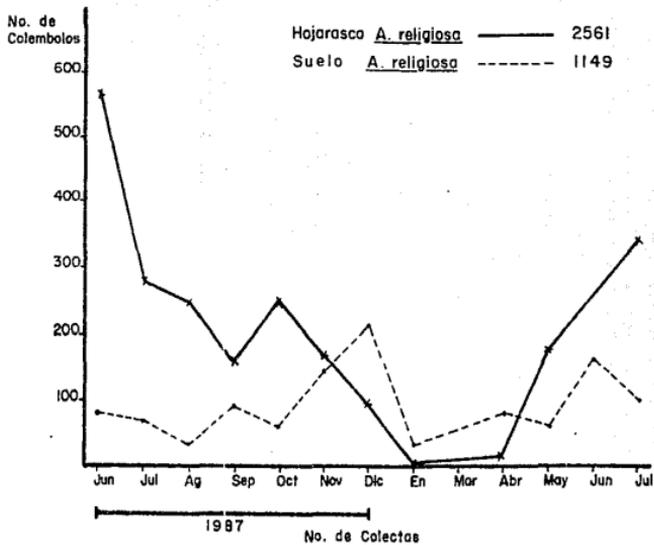


Frecuencia relativa de las familias de colémbolos, encontradas en el cultivo de haba (Vicia faba)

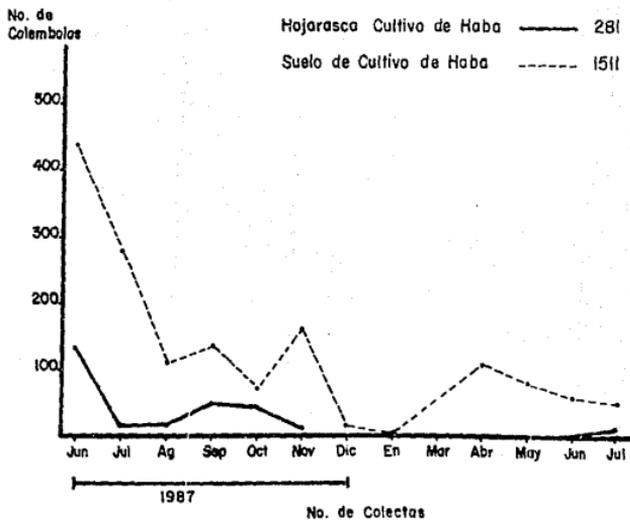




GRAFICA 10 Abundancia mensual de las comunidades de colembolos en el
 bouque de A. religiosa y el cultivo de haba (Vicia faba).



GRAFICA 11 Abundancia mensual de las comunidades de colémbolos en hojarasca y suelo del bosque de A. religiosa



GRAFICA 12 Abundancia mensual de las comunidades de colembolos en hojarasca y suelo en el cultivo de haba (Vicia faba).