

## **PATRONES ECOLOGICOS DE LOS COLEMBOLOS EN EL CULTIVO DE MAIZ EN BALUN CANAL, CHIAPAS, MEXICO**

**MENDOZA ARVISO, S.<sup>1</sup> F.J. VILLALOBOS<sup>2</sup>, L. RUÍZ MONTOYA<sup>1</sup> y A.E. CASTRO R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Apdo. Postal 63, CP. 29290 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. MEXICO

<sup>2</sup>Instituto de Ecología, A.C. (IE). Apdo. Postal 63, CP. 91000 Xalapa, Veracruz. MEXICO

### **RESUMEN**

Se exploró el efecto de la intensidad o tiempo de uso del suelo en campos de cultivo de maíz sobre la estructura de la comunidad de colémbolos y la cantidad de materia orgánica del suelo (MOS). Se consideraron tres intensidades de uso del suelo: 1) recién abierta al cultivo, 2) con dos años de cultivo y 3) con más de siete años de cultivo. Se tomaron tres repeticiones de cada categoría de intensidad de uso del suelo. El estudio se realizó en una comunidad de Los Altos de Chiapas, México, durante el ciclo agrícola de 1997 (Febrero-Septiembre). Se hicieron dos muestreos uno en febrero y el otro en agosto. A mayor tiempo de uso del suelo disminuyó el % MOS y la abundancia de colémbolos. En agosto, tanto el número de especies como la diversidad y equitatividad de colémbolos se vieron afectadas negativamente por el tiempo de uso del suelo. La composición específica de colémbolos fue similar entre parcelas con edades de uso de dos y más de siete años. Las parcelas recién abiertas presentan una composición específica de colémbolos que se aparta del resto de las parcelas. La abundancia de Isotomidae en los sitios con mayor tiempo de uso es marcadamente mayor en comparación a cualquiera de las familias del suborden Poduromorpha. Se sugiere el potencial de los colémbolos como indicadores de la intensidad de uso del suelo.

**Palabras Clave:** Colémbolos, intensidad de uso, materia orgánica, Balún Canal, Chiapas.

### **ABSTRACT**

The effects of time of cultivation in soil from corn fields on the structure of the Collembola community and soil organic matter (SOM) were explored. Samples were collected from nine corn fields at Balún Canal, a community placed in Los Altos de Chiapas, México. These corn fields represented triplicated stages of three categories of time soil use: recently open land, two years and more than seven years of continuous cropping. Sampling was conducted during the agricultural cycle of 1997 (February - September). Two sampling periods were considered (February and August) to collect soil collembola and to evaluate soil moisture and SOM. Results have shown a reduction of %SOM as time of cropping increases which was clearly significant in February. Number of species, diversity and equitativity of soil Collembola were negatively affected by time of cultivation. The specific composition of soil Collembola was more similar in plots with two and more than seven years of continuous cultivation compared with recently open land. The presence of Isotomidae was more conspicuous in soil with higher time of cultivation than in soil from recently open land. Most species of this family of Collembola were often more abundant than any species of Poduromorpha in soil submitted to intensive

use. The possible use of soil Collembola as indicators of SOM depletion resulting from continuous cropping is suggested.

**Key Words:** Collembola, soil organic matter, maize, Chiapas

## INTRODUCCION

La calidad del suelo se define como el estado físico que soporta el crecimiento de un cultivo sin que haya un deterioro del mismo, ni de su entorno (Acton y Gregorich, 1995). Este estado físico se relaciona fuertemente con la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo (MOS), que a su vez permite mantener la estructura, fertilidad y actividad biológica del mismo (Stuczynski *et al.* 1996). El uso intensivo es uno de los principales factores de pérdida de MOS en los suelos agrícolas (Gregorich *et al.* 1995).

La intensidad de uso se puede valorar mediante la relación entre el tiempo de cultivo y de descanso (Ruthenberg, 1980 *in* Pool, 1997). En regiones, como los Altos de Chiapas, México, donde existe el sistema tradicional de roza – tumba – quema se podría reconocer un gradiente de menor a mayor intensidad de uso de la siguiente manera (Pool, 1997): roza – tumba – quema (de dos a tres años de cultivo por 40 o más años de descanso); roza – quema (dos o tres años de cultivo por 10 a 15 años de descanso), año y vez (un año de cultivo por uno de descanso) y cultivo permanente (se cultiva año tras año, e incluso dos cosechas anuales).

El método tradicional de determinar la MOS cuantifica el contenido de carbono total y no permite reconocer la existencia de fracciones que pueden ser incorporadas inmediatamente a las cadenas biológicas (Villalobos *et al.* 1993). El uso de indicadores biológicos se presenta como una forma sencilla y adecuada de inferir el contenido y calidad de la MOS (Curry y Good, 1992).

Los colémbolos son un componente de la fauna edáfica que pueden ser utilizados como indicadores biológicos (Palacios-Vargas, 1985). Entre los atributos que los hacen buenos indicadores está el que responden a la perturbación de forma rápida, predecible y analizable, así como, una asociación cerrada con otras especies y condiciones edáficas (Brown, 1991). El carácter indicador de los colémbolos ha sido considerado para hacer diagnosis de las condiciones del suelo (Najt, 1976), la potencialidad agrícola (Stork & Eggleton, 1992), la acidificación (Hagvar, 1987), la toxicidad por metales pesados (Humbert y Barra, 1979) y la fertilidad de suelos forestales (Hagvar, 1982).

Se ha encontrado que tanto la abundancia como la diversidad de los colémbolos varían en relación con el estado sucesional de la vegetación (Hermosilla, 1978), textura del suelo (Choudhuri y Roy, 1971), fertilidad del suelo y tipo de humus

(Ponge y Prat, 1982). La densidad y el número de especies de estos organismos disminuye con la pérdida de MOS en hábitats naturales (Hagvar, 1982; Petersen y Luxton, 1982) y sitios cultivados (Hazra y Choudhuri, 1983). Esto es particularmente evidente en sitios donde el decremento de la MOS está relacionada con un uso intensivo del suelo (Anderson, 1988).

En México son escasos los estudios que relacionan aspectos bioecológicos de los colémbolos en ecosistemas naturales (Palacios-Vargas, 1985; Villalobos, 1989, 1990; Mendoza, 1995; Gómez-Anaya, 1997) y en agroecosistemas son incipientes (Miranda-Rangel y Palacios-Vargas, 1992). Para Chiapas solo existen estudios sobre aspectos taxonómicos (Villalobos y Palacios, 1986; Palacios-Vargas y Ríos, 1995 a y b).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de describir la relación entre la estructura y composición de la comunidad de colémbolos con la intensidad de uso del suelo agrícola dentro de la región Altos de Chiapas, y reconocer su utilidad en el manejo sustentable del recurso suelo.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Zona de estudio**

El estudio se realizó en la localidad de Balún Canal, municipio de Tenejapa, enclavada en Los Altos de Chiapas (16°46'49" Latitud Norte, 92°32'12" Longitud Oeste). La altitud promedio de la zona es de 2,240 msnm; el clima es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano [C(w2)(w)] (Base de datos del Laboratorio de Información Geográfica y Estadística de El Colegio de la Frontera Sur - 1997). La temperatura promedio anual en la localidad estudiada oscila entre 14-16°C; la vegetación predominante es la de bosque de niebla, de encino y de pino-encino (Breedlove, 1981). El tipo de suelo predominante en la región es luvisol crómico asociado a rendzinas (SPP/INEGI, 1981).

La principal actividad económica desarrollada en la región es la agrícola, teniendo el maíz, frijol, café y frutales como cultivos relevantes. El cultivo de maíz es de temporal y se realiza con tecnología rudimentaria de bajos rendimientos (Parra Vázquez, 1989). La producción obtenida es destinada al autoconsumo por la población que es predominantemente tzeltal. Los sistemas agrícolas para el cultivo del maíz son muy variados, van desde roza - tumba - quema, roza - quema y, año y vez. Existen variantes de estos sistemas agrícolas donde el uso del suelo para el cultivo puede llegar a ser intensivo (año tras año) o la existencia de parcelas con diferentes edades de abandono (Aleman y López, 1989).

### Método

Se eligieron nueve parcelas que se agruparon en tres edades de uso agrícola: recién abierta (0), con dos años (2) y más de siete años (>7) de cultivo. La selección se realizó con base en encuestas hechas a los productores de la comunidad de Balún Canal.

El conjunto de parcelas que integran cada una de las categorías de uso se consideran como réplicas. Sin embargo, cada parcela puede tener características propias que la hacen única, y por lo tanto podría no ser una réplica verdadera (Hurlbert, 1984). Para disminuir el sesgo que puede propiciar el que cada parcela no represente una réplica, se dividieron las parcelas en dos secciones (A y B, Fig. 1), cada sección se consideró como una pseudoréplica. Por otro lado, en el presente estudio se asume que la diferencia observada, en los parámetros evaluados entre parcelas de la misma edad de uso, es menor que entre parcelas de distinta edad de uso.

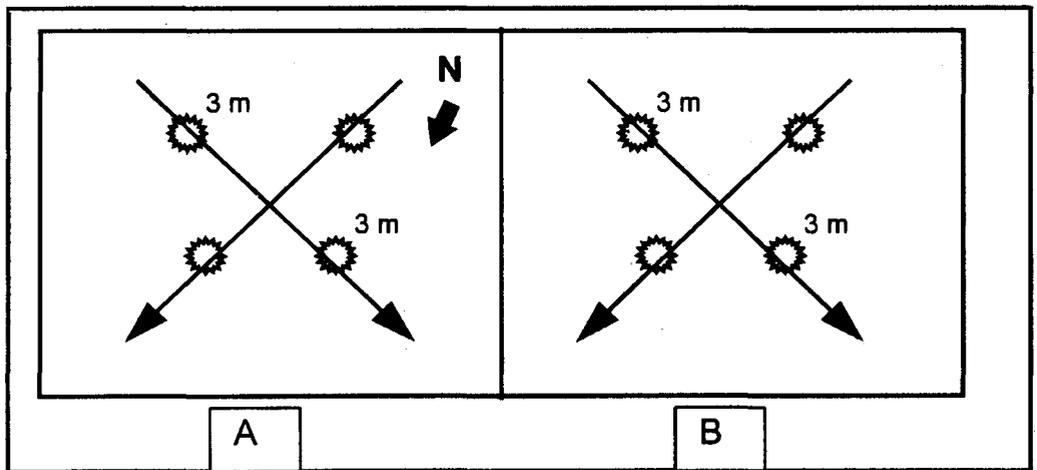


Figura 1

Representación esquemática de la forma en que se realizó el muestreo en cada parcela estudiada. La distancia del centro de cada "x" a la unidad muestral fue de 3 m y la distancia entre los vértices de ambas "x" fue de 5 m.

Se realizaron dos muestreos de colémbolos y MOS en cada parcela elegida, durante el ciclo agrícola de 1997 (febrero-septiembre). El primer muestreo se realizó antes de la siembra, y el otro durante la fase de crecimiento vegetal.

En cada pseudoréplica se tomaron cuatro muestras elegidas mediante un método de intercepción de dos líneas diagonales de seis metros (Fig. 1). En febrero la muestra se tomó sobre la línea y en agosto cerca de la base de la mata de maíz más cercana a la línea. Las muestras de suelo para los colémbolos se tomaron a tres metros de distancia del punto de intercepción (Fig. 1). El tamaño de la unidad muestral para los colémbolos fue de 5x5x5 cm (125 cm<sup>3</sup>). En total se colectaron 72 unidades muestrales por fecha de muestreo. La extracción de los colémbolos se realizó mediante embudos de Berlesse-Tullgren modificados sin fuente calorífica (durante siete días), los organismos extraídos se fijaron en alcohol etílico al 70%. Posteriormente se realizaron preparaciones permanentes en líquido de Hoyer de todo el material colectado. Una vez hechas las preparaciones se determinaron los colémbolos a especie por medio de claves (Christiansen & Bellinger, 1980) y se realizó la cuantificación de los ejemplares colectados. La ratificación de la determinación taxonómica de las especies fue realizada por un especialista.

Se obtuvo la densidad específica promedio de colémbolos (individuos por m<sup>2</sup>) para cada parcela. Asimismo, se calculó la frecuencia relativa de cada especie.

Para cada edad de uso y en cada fecha de colecta (febrero y agosto), se describió la comunidad de colémbolos mediante la obtención de la riqueza específica (número de especies), equitatividad de Pielou, índice de diversidad de Shannon-Wiener y la serie de números de Hill (Ludwig y Reynolds, 1988).

Solamente se identificó el material de la pseudoréplica "A" del muestreo de agosto. Esta modificación se basó en la falta de significancia estadística entre pseudoréplicas en el muestreo de febrero ( $P < 0.05 \chi^2 = 1.6 \text{ g.l.} = 2$ ). Para evaluar la similitud de la composición específica de colémbolos entre las diferentes edades de uso se utilizó el índice de similitud de Morisita (Wolda, 1981) para febrero y agosto de forma independiente, así como considerando los valores globales (ambos muestreos).

Simultáneamente al muestreo de colémbolos, en los mismos sitios, se tomaron muestras de suelo (500 gr) para determinar el porcentaje de humedad (% H) y porcentaje de MOS (% MOS). En total se tomaron 72 muestras para cada fecha de colecta. La determinación del contenido de MOS se realizó mediante el método de Walkey y Black (1934), con este procedimiento se recupera del 70 al 84% del C orgánico y sólo detecta una pequeña fracción del C elemental o inorgánico (Arteta & Aguilar, 1987). Por su simplicidad, es el método más ampliamente usado para estimar la MOS. La determinación del porcentaje de humedad se hizo

mediante el método del peso diferencial. Se obtuvo el promedio del % MOS y % H para cada edad de uso.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Intensidad de uso del suelo y materia orgánica

En ambos muestreos se encontró un gradiente de % MOS en función directa al tiempo de uso del suelo (Fig. 2). La diferencia del % MOS entre las distintas edades de uso fue significativa únicamente en febrero ( $F_{(2,69)} = 11.62, P < 0.05$ ). Estos resultados sugieren que la intensidad de uso es un factor importante en la disminución de materia orgánica, tal como se ha propuesto por otros autores (Anderson, 1988)

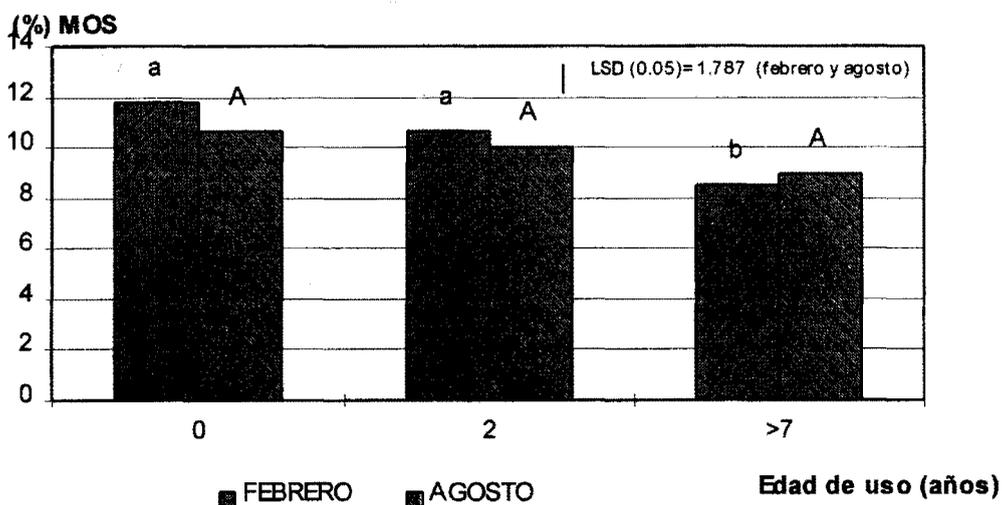


Figura 2

Variación del contenido de materia orgánica del suelo (% MOS) obtenida en ambos muestreos. Las barras que tienen la misma letra no presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). El valor de LSD se calculó independientemente para cada muestreo.

En agosto se presentó un ligero incremento en el % MOS en parcelas de más de siete años de uso contínuo (Fig. 2). Se observó que una de las parcelas con más de siete años presentó un valor notablemente mayor de MOS para agosto en comparación al observado en febrero. Este resultado elevó el promedio en el % MOS para el conjunto de parcelas de esta edad. Probablemente este efecto es resultado de prácticas agronómicas realizadas entre marzo y agosto que tienden a incrementar la MOS en sitios sometidos a un mayor tiempo de cultivo. Se desconoce si en esta parcela se aplicó algún residuo orgánico al suelo pero este bien podría ser el factor implicado.

En suelos agrícolas la pérdida de MOS se asocia principalmente al manejo de las parcelas. Períodos continuos de monocultivo, sin tiempo de descanso conducen a una reducción de los niveles del % MOS (Curry y Good, 1992). Esta situación se aprecia parcialmente en febrero en las parcelas cuando se detectó una diferencia significativa entre parcelas recién abiertas y mayores de siete años (Fig. 2). Es posible que la pérdida de MOS en parcelas con mayor tiempo de uso se refleje en la productividad. Se menciona que una pérdida del 3.8 al 1.8% del contenido de MOS puede reducir el rendimiento de maíz hasta en un 25% en algunos suelos (Villalobos, 1995). Así como se refleja en la pérdida de fertilidad, la reducción de la MOS en las parcelas de uso continuo estudiadas también repercute negativamente en la presencia y actividad de la fauna de colémbolos.

## Parámetros ecológicos de la comunidad de colémbolos

### Frecuencia relativa

En ambos muestreos, de manera global se colectaron un total de 2,593 colémbolos, que corresponden a 32 géneros y 34 especies (Apéndice 1). Las especies que presentaron mayor frecuencia relativa en ambos muestreos fueron los isotómidos *Isotomurus* sp. (15.44%), *Desoria notabilis* (14.22%), *Proisotoma* sp. (13.36%) y *Desoria trispinata* (11.17%; Cuadro 1). Estas especies, así como las que presentaron una frecuencia relativa mayor al 1% pertenecen a géneros considerados de amplia valencia ecológica, es decir, pueden ser encontradas en diversas condiciones ambientales (Palacios-Vargas, 1985). La presencia de un mayor número de especies cosmopolitas en los sitios de estudio puede estar relacionada con las alteraciones provocadas por la actividad agrícola, donde especies de colémbolos estenotípicas del bosque primario, son desplazadas por especies cosmopolitas (Dunger, 1986 *in* Miranda-Rangel y Palacios-Vargas, 1992).

Tanto en febrero como en agosto, las especies con mayor frecuencia relativa pertenecen a los Isotomidae. Algunas especies de colémbolos presentaron en cada muestreo una densidad diferente, lo que permitió un cambio en su frecuencia

Este resultado indica que existen fluctuaciones estacionales en la tasa reproductiva de algunas especies que modifican la estructura de la comunidad de colémbolos. Los cambios estacionales en las condiciones ambientales (e.g. humedad) pueden promover explosiones demográficas en los colémbolos tanto en sitios cultivados como en sitios con vegetación natural (Fraile y Serafino, 1978; Takeda, 1987)

### Riqueza específica, diversidad, dominancia y equitatividad

La riqueza específica en las diferentes edades de uso y fechas de colecta varió entre 20 y 27 especies (Cuadro 2). Contrariamente a lo esperado, la riqueza específica de la comunidad de colémbolos estudiada fue mayor en febrero (25 y 24) que en agosto (21 y 20) para los sitios de dos y más de siete años de uso respectivamente. La disminución de  $N_0$  para las parcelas recién abiertas en febrero (23) en comparación al valor observado en agosto (27) es posiblemente reflejo del impacto que tiene la roza y tumba sobre los microhábitats que ocupan las especies de colémbolos.

**Cuadro 2**

Riqueza específica ( $N_0$ ), diversidad ( $H'$ ), equitatividad ( $J'$ ) y dominancia ( $N_1$  y  $N_2$ ) de la comunidad de *Collembola* colectada en parcelas con diferentes edades de uso en Balún Canal, Tenejapa Chiapas.

	Edad de uso	CERO	2	>7
N0	FEBRERO	23	25	24
	AGOSTO	27	21	20
	TOTAL	30	28	26
N1	FEBRERO	7.08	15.49	12.20
	AGOSTO	14.54	8.37	9.85
	TOTAL	12.15	11.11	13.88
N2	FEBRERO	4.40	12.19	8.87
	AGOSTO	9.68	5.94	7.15
	TOTAL	8.01	7.70	10.82
$H'$	FEBRERO	1.95	2.74	2.50
	AGOSTO	2.66	2.12	2.28
	TOTAL	2.49	2.40	2.63
$J'$	FEBRERO	0.62	0.85	0.78
	AGOSTO	0.80	0.69	0.76
	TOTAL	0.73	0.72	0.80

Serie números de Hill

$N_1$  = Especies dominantes

$H'$  = Índice de diversidad Shannon-Wiener

$N_0$  = Número de especies

$N_2$  = Especies muy dominantes

$J'$  = Equitatividad de Pielou

El valor de NO total (Cuadro 2) fue ligeramente mayor para los sitios recién abiertos que para los sitios con mayor tiempo de abandono. Este patrón es más evidente en agosto y sugiere un efecto negativo de la intensidad de uso sobre la comunidad de colémbolos y posiblemente se relacione directamente con el contenido de MOS. Uvarov (1994) menciona que existe una disminución del número de especies de colémbolos como consecuencia de una pérdida de MOS.

Cabe mencionar que tiempo de manejo o intensidad de uso del suelo es una variable compuesta por una multitud de variables agronómicas como son: quema, deshierbe, aplicación de insumos y roturación del suelo. Se ha documentado ampliamente que estas variables tienen un efecto negativo sobre la comunidad de colémbolos del suelo (Edward y Loftty, 1969). Aún las parcelas recién abiertas son sitios perturbados que podrían tener menos especies que sitios con vegetación secundaria. Se ha comparado la riqueza específica de colémbolos entre sitios cultivados y no cultivados, y se ha encontrado un mayor número de especies en sitios no cultivados (Mendoza, 1995).

La diversidad, dominancia y equitatividad de la comunidad de colémbolos estudiada fueron menores en febrero que en agosto para las parcelas recién perturbadas. Es curioso notar que sucedió lo contrario para los sitios con dos y más de siete años de uso continuo (Cuadro 2). Es posible que el incremento observado en agosto en estos índices para las parcelas recién abiertas refleje el incremento en la fertilidad del suelo que se genera en el cultivo como resultado inmediato de la incorporación de materia orgánica por la roza y tumba de la vegetación original. El impacto de la roza y tumba puede explicar los bajos valores obtenidos en febrero. El efecto negativo de la roza - tumba - quema sobre la diversidad ha sido documentado para diferentes agroecosistemas en el mundo (Mateos, 1992). Por otro lado, la disminución de los índices observados para las parcelas con mayor tiempo de uso, sugiere que la MOS podría convertirse en un factor limitante para los colémbolos en la medida en que el cultivo progresa y hace uso de ella.

### **Intensidad de uso del suelo y similitud de colémbolos**

Las edades de uso de las parcelas de dos y más de siete años presentaron la mayor similitud tanto en el muestreo de febrero como para agosto. El índice de similitud utilizado pondera tanto el número de especies que se comparten como los valores de abundancia (frecuencia) de las especies. Este índice da mayor peso a las especies abundantes y comunes, y menor importancia a las especies de abundancias escasas y raras (Wolda, 1981). Con base en esto los sitios de dos años y más de siete años de uso comparten un mayor número de especies, que posiblemente presenten abundancias similares.

La composición y abundancia de la comunidad de colémbolos para los sitios recién talados parece diferir sustancialmente en comparación a la observada en los otros sitios (Fig. 3). La similitud observada para los sitios con 2 y >7 años de uso agrícola fue mayor en agosto que en febrero. Aparentemente en los sitios recién perturbados que han tenido descanso por un cierto número de años, la presencia de un mayor número de especies raras (% FR < 1%, tales como *Friesea* sp. o *Superodontella clavata*), marcan esta diferencia (Cuadro 3). Estas especies probablemente son muy sensibles a la perturbación del suelo con fines agrícolas y su presencia puede ser indicadora de un suelo en proceso de recuperación.

Varias de las especies que comparten las parcelas de dos y más de siete años de uso son principalmente especies de Isotomidae que se consideran cosmopolitas (e.g. *Desoria notabilis*) (Höller-Land, 1959, 1962 in Amelvoort et al. 1988).

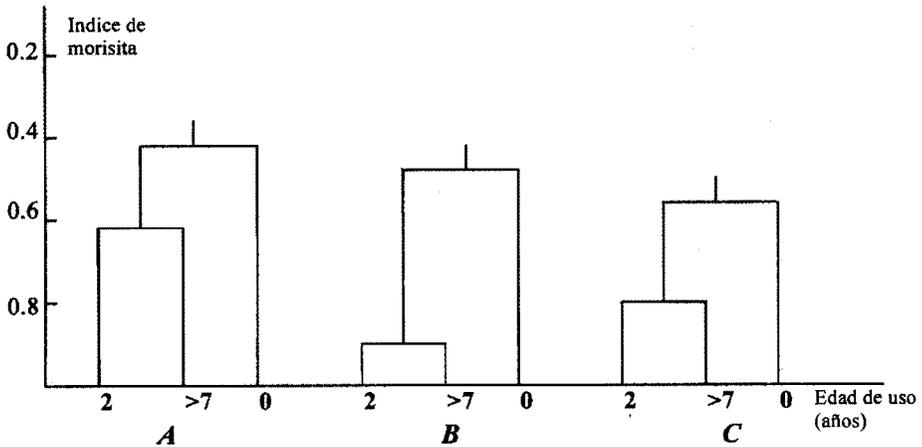


Figura 3

Dendograma del índice de similitud de Morisita para la comunidad de Collembola en el gradiente de tiempo de uso del suelo de cultivo de maíz de Balún Canal, Tenejapa. A= Febrero, B= Agosto, C= Ambos muestreos.

Existen especies que se comparten en las tres condiciones pero las abundancias difieren notablemente, aunque estas diferencias no fueron significativas en un análisis de varianza (e.g. *Proisotoma* sp. Cuadro 3). La presencia de especies en un tiempo de uso pero no en otro, o sus cambios en la abundancia sugieren una sensibilidad a la perturbación ocasionada por la agricultura (Cancela da Fonseca y Poinso-Balaguer, 1983).

**Distribución en la densidad de la comunidad de colémbolos**

La densidad promedio y el intervalo de confianza al 95% para la  $\mu$  del número total de colémbolos fue de  $636 \pm 193$  ind/m<sup>2</sup>. Se encontró que la diferencia de abundancia de colémbolos entre las dos fechas de colecta fue significativa ( $F_{(5,138)} = 11.06, P < 0.05$ ). En agosto se encontró la mayor abundancia de colémbolos para todas las edades de uso (Fig. 4). Estas diferencias pueden atribuirse a que se están representando dos épocas estacionales del año, y posiblemente la humedad registrada en agosto es más favorable para la reproducción de colémbolos (Hazra y Choudhuri, 1983).

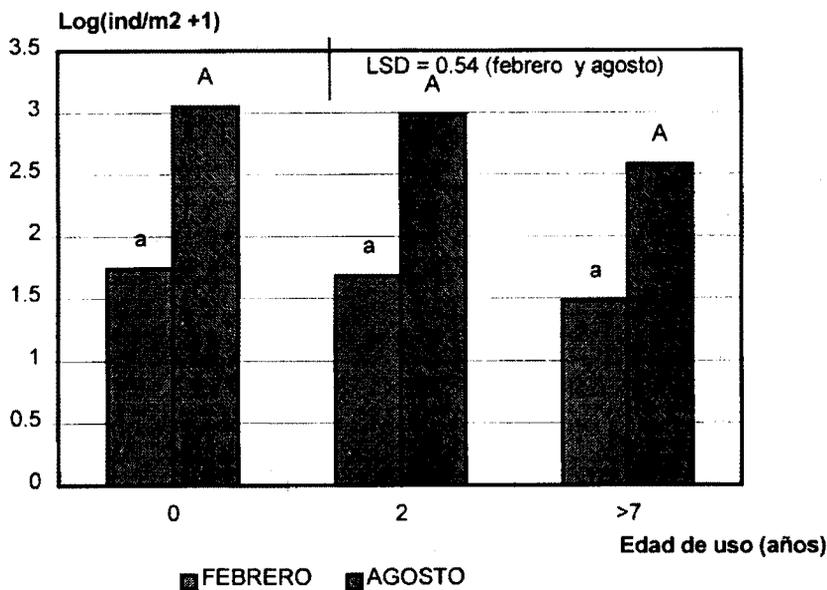


Figura 4

Variación de la transformación logarítmica ( $\text{Log ind/m}^2 + 1$ ) de la densidad global de colémbolos en el gradiente de uso del suelo. Las barras que comparten las mismas letra no presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) cuando el valor de LSD se calculó independientemente para cada muestreo.

En condiciones naturales se ha observado que la densidad de colémbolos tiene un amplio intervalo de variación, valores que van desde los 100 ind/m<sup>2</sup> en un desierto de California hasta 670,000 ind/m<sup>2</sup> en suelos ornitogénicos de Antártica (Petersen y Luxton, 1982). En agroecosistemas el número de colémbolos tiende a disminuir por efecto de las prácticas agrícolas (Miranda-Rangel y Palacios-Vargas, 1992). Se han reportado de 663 a 5282 ind/m<sup>2</sup> en cultivos de Eslovaquia (Kovac, 1994) y 9,700 ind/m<sup>2</sup> en cafetales de Costa Rica (Fraile y Serafino, 1978). La abundancia de colémbolos registrada para el presente estudio se encuentra en el límite inferior de la registrada en otros agroecosistemas.

En contra de lo esperado no se encontraron diferencias significativas de la densidad de colémbolos entre las diferentes edades de uso (Cuadro 3). Posiblemente las altas abundancias que presentaron especies de isotómidos en las parcelas de dos años y más de siete años, contribuyeron a esta falta de significancia. Sin embargo, se puede apreciar una disminución de la densidad de colémbolos a medida que aumenta la intensidad de uso, siendo más evidente en febrero. Este patrón de densidad de colémbolos se ha observado en otros agroecosistemas y es atribuible al contenido de MOS (Curry y Good, 1992). Las especies de isotómidos han sido reportadas como de gran adaptabilidad a las perturbaciones ocasionadas por la actividad agrícola (Fraile y Serafino, 1978) y aparentemente pueden proliferar en suelos con bajo contenido de MOS, dicha proliferación pudo haber enmascarado el patrón esperado de mayor abundancia total de colémbolos en los suelos de las parcelas recién taladas.

La abundancia de colémbolos y el porcentaje de humedad presentó una asociación de correlación significativa ( $P < 0.05$ ) en agosto, aunque el valor de  $r$  no es muy alto (0.2885). El % MOS, no presentó una correlación significativa con la abundancia de colémbolos, pero al asociarla con la humedad en una correlación múltiple resultó significativa ( $P < 0.05$ ). La ecuación obtenida es la siguiente: Abundancia colémbolos = 0.037816 (% humedad) - 0.002291(% MOS). Esta respuesta también ha sido observada por Díaz (1989).

Se ha señalado que la interacción MOS - Humedad tiene un efecto positivo sobre la fertilidad de los agroecosistemas, por lo que el optimizar su uso y recuperación es deseable para obtener rendimientos sostenidos de los cultivos. El impacto que tiene el incremento de intensidad de uso del suelo sobre la fertilidad, mediante pérdida de MOS, puede ser medido por los cambios que sufren las comunidades edáficas, en particular los colémbolos.

Probablemente un análisis más profundo del comportamiento de la composición específica en el gradiente de intensidad de uso nos permita identificar especies de colémbolos indicadoras de cada edad en particular.

Cuadro 3

Promedio del número de colémbolos de las especies más importantes colectadas en las 36 unidades muestrales, en el gradiente de tiempo de uso del cultivo estudiado. En ningún caso las diferencias fueron significativas (LSD  $P < 0.05$ ) para el  $\text{Log}(x + 1)$  del número de colémbolos, cuando los datos de febrero y agosto fueron analizados por separado.

Nó.	Especies	FEBRERO			AGOSTO		
		0	2	>7	0	2	>7
1	<i>Hypogastrura</i> sp.	0	0	0	1	8.75	0
2	<i>Ceratophysella gibbosa</i>	1.25	0	0	1.75	0.75	0
3	<i>Schoettella</i> sp. nov.	0	0.25	0	0	0.5	0
4	<i>Superodontella</i> ca. <i>clavata</i>	0.25	0	0	0.5	0	0
5	<i>Brachystomella</i> sp.	0.12	1.125	0.1	7.25	1.75	2.3
6	<i>Micronella porcus</i>	0	0	0.6	0	0	0.5
7	<i>Friesea</i> sp.	0.62	0	0	9.25	0	0
8	<i>Friesea tepetlana</i>	0.62	0.875	0	2	0	0
9	<i>Microanurida pygmaea</i>	0	0.125	0	0.5	0	0
10	<i>Neanura</i> sp.	0	0.125	0.5	0.75	1.75	0.3
11	<i>Protaphorura</i> ca. <i>pavicornis</i>	0.75	1.25	0.4	3.5	12.75	7.5
12	<i>Mesaphorura</i> cf. <i>yosii</i>	0.87	1.875	5.5	1.75	1.75	5.3
13	<i>Folsomides</i> cf. <i>centralis</i>	0	0.25	3.4	0	3.5	1.5
14	<i>Folsomia</i> ca. <i>fiometaria</i>	1.25	1	0.6	0.75	1	0
15	<i>Folsomina onychiurina</i>	0.12	0.375	0.1	0	0.25	0
16	<i>Proisotoma</i> sp.	0	0.375	0.3	2.75	67.5	14
17	<i>Isotomurus</i> sp.	2.37	1.875	1.8	24	45.75	17
18	<i>Isotoma</i> cf. <i>ekmani</i>	0.12	0.125	0.1	0	0	0
19	<i>Isotoma</i> sp.	3.75	3	2.5	7.5	4.75	1.5
20	<i>Isotomiella minor</i>	1.75	3.625	0.8	3.5	30.5	2.3
21	<i>Desoria notabilis</i>	13.75	5.125	1.4	16	24.5	9.8
22	<i>Desoria trispinata</i>	25.63	1.375	0.3	4	11.25	1.5
23	<i>Desoria uniens</i>	8.25	3.25	4.6	4	5.5	0.8
24	<i>Heteromurus</i> sp.	0.12	0.375	0	0.5	0.5	0.5
25	<i>Seira</i> sp.	0	0	1.3	0	0	0.8
26	<i>Lepidocyrtus</i> sp.	0.12	0	0.3	1.75	0.5	1.3
27	<i>Pseudosinella</i> sp.	1.37	0.375	0.1	4.75	0.5	0.5
28	<i>Salina</i> sp.	0	0	0.1	0.25	0	0
29	<i>Paronella</i> sp.	0.12	0.5	0.6	0	1.75	0.3
30	<i>Sphaeridae</i> sp.	0.37	0.5	0.3	0.25	0	0
31	<i>Polykatianna intermedia</i>	0.25	0	0	0.25	0	0
32	<i>Bourletiella</i> sp.	0	1.125	0.1	2.25	0	0
33	<i>Sminthurus</i> sp.	0.37	0.625	0.3	1.75	0	1.3
34	<i>Megalothorax minimus</i>	0	0.125	0	1.5	0	0.5
	Abundancia	514	237	207	416	903	274
	Densidad ind/m <sup>2</sup>	25,700	11,850	10,350	41,600	90,300	27,400

La utilización de colémbolos como indicadores biológicos nos puede dar información útil del grado de deterioro en un suelo. Sobre todo en tipos de suelo que normalmente son ricos en materia orgánica, como en el caso de luvisoles, y que su pérdida por intensidad de uso no se aprecia sobre la fertilidad midiéndose de forma directa (Ewel *et al.* 1991).

La información que se genera a través de indicadores biológicos puede ser utilizada para proponer estrategias de manejo y uso del suelo para su conservación y sustentabilidad como soporte de agroecosistemas. Establecer el tiempo que puede ser usado un suelo para cultivo de maíz sin que haya deterioro del mismo puede ayudar a promover estrategias de manejo sustentable del recurso suelo.

### CONCLUSIONES

Tanto el % MOS como los parámetros de la comunidad de colémbolos medidos (abundancia, número de especies, diversidad, equitatividad, dominancia y composición específica) se ven afectados negativamente por la intensidad de uso.

Las diferencias de la composición específica de colémbolos entre parcelas con diferentes tiempos de uso, sugiere la presencia de especies que pueden ser sensibles al aumento de la intensidad de uso. Para identificar estas especies se necesita un análisis más profundo de los patrones de abundancia que presenta la comunidad en las distintas edades de uso.

Existe un gran potencial para el uso de colémbolos como indicadores de la calidad del suelo, con miras a proponer estrategias de manejo y sustentabilidad del recurso suelo.

### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue apoyado por El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), por el programa de becas de Posgrado del CONACYT y el proyecto "Percepción y manejo de insectos plaga en los cultivos de Los Altos de Chiapas" (CONACYT clave: 1716P-B) de ECOSUR. Agradecemos el apoyo logístico proporcionado por el proyecto CONACYT (4037p-B9608).

Agradecemos al Dr. José G. Palacios-Vargas, del Laboratorio de Ecología y Sistemática de microartrópodos del suelo de la Facultad de Ciencias de la UNAM, quien amablemente corroboró la determinación taxonómica de una muestra representativa de los colémbolos colectados. Al Biól. Manuel Anzuetto quien apoyó en el montaje del material de colémbolos. Al químico Miguel Angel López quien determinó los parámetros edáficos. A la Srita. Martha Meza y el Sr. Juan López López quienes auxiliaron en el trabajo de campo. Y por último, pero no menos importante agradecemos a los pobladores de la comunidad de Balún Canal, Tenejapa Chiapas por su cooperación y apoyo.

## LITERATURA CITADA

- Acton, D.F. & L.J. Gregorich. 1995. Understanding soil health. In: D.F. Acton and L.J. Gregorich (eds). *The health of our soils, Ch.1 Centre for Land and Biological Resources research*. Canada. <http://res.agr.ca/CANSIS/PUBLICATIONS/HEALTH/>
- Alemán, T. & L.M. López. 1989. Los sistemas de producción agrícola. In: M.R. Parra-Vázquez (Coord.). *El subdesarrollo agrícola en Los Altos de Chiapas*. Universidad Autónoma de Chiapas. pp: 153-237
- Amelsoort, V.P.A.M., V.M. Dongen & P.A. Van der Werff. 1988. The impact of Collembola on humification and mineralization of soil organic matter. *Pedobiología*. 31: 103-111.
- Anderson, M.J. 1988. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. *Biology and Fertility of Soils*. 6: 189-203.
- Arteta, L.R. & A.S. Aguilar. 1987. Materia orgánica. In: *Análisis Químico para evaluar la fertilidad del suelo*. Pub. Especial No. 1. Soc. Mex. Ciencia del Suelo. pp. 19-23
- Breedlove, D.E. 1981. *Flora of Chiapas Part I: Introduction to the flora of Chiapas*. The California Academy of Sciences, San Francisco, California, USA. 35 pp.
- Brown, K.S. 1991. Conservation of Neotropical environments: Insect as indicators. pp. 350-401 In: N.M. Collins and J.A. Thomas (eds). *The conservation and their habitats* Ch.14. New York.
- Cancela da Fonseca, J.P. & N. Poinso-Balaguer. 1983. Les regimes alimentaires des microarthropodes du sol en relation avec la descomposition de la matiere organique. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 108: 371-388.
- Choudhuri, D.K. & S. Roy. 1971. The Collembola (Insecta) of the uncultivated fields in Burdwan district (West Bengal), with remarks on correlation between monthly population and certain soil factors. *Proc. Zool. Soc. Calcutta*. 24: 33-39.
- Christiansen, K. & P. Bellinger. 1980. *The Collembola of North America: North of Rio Grande (A taxonomic analysis)*. Grinnell College. Grinnell, Iowa. 1322 pp.
- Curry, J.P. & J.A. Good. 1992. Soil faunal Degradation and Restoration. *Advances in Soil Science*. 17: 171-215.
- Díaz, A. 1989. *Composición y estructura de las comunidades de colémbolos (Insecta) en el páramo de Piedras Blancas (Mérida-Venezuela)*. Univ. de los Andes Facultad de Ciencias Depto. de Biología. Ecología animal. 192 pp.
- Edwards, C.A. & J.R. Lofly. 1969. The influence of agricultural practice on soil microarthropod populations. In: J.G. Sheals (ed). *The soil ecosystem*. Systematics Association Publication No. 8. pp. 191-197
- Ewell, J.J., J. Mazzarino & W.C. Berish. 1991. Tropical soil fertility changes under monocultures and successional communities of different structure. *Ecological Applications*. 1: 289-302.
- Fraile, M.J. & A. Serafino. 1978. Variaciones mensuales en la densidad de microartrópodos edáficos en un cafetal de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 26: 291-301.
- Gómez-Anaya, J.A. 1997. *Ecología de Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México*. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias UNAM, México. 128 pp.

- Gregorich, E.G., D.A. Angers, C.A. Campbell, M.R. Carter, C.F. Drury, B.H. Ellert, P.H. Groenevelt, D.A. Holmstrom, C.M. Monreal, H.W. Rees, R.P. Voroney & T.J. Vyn. 1995. Changes in soil organic matter Ch.5. In: D.F. Acton and L.J. Gregorich (eds). *The health of our soils*. Centre for Land and Biological Resources Research, Canada. <http://res.agr.ca/CANSIS/PUBLICATIONS/HEALTH/>
- Hazra, A.K. & D.K. Choudhuri. 1983. A study of Collembola communities in cultivated and uncultivated sites of West Bengal in relation to three major soil factors. *Rev. Écol. Biol. Sol.* 20: 385-401.
- Hagvar, S. 1982. Collembola in Norwegian coniferous forest soils I. Relations to plant communities and soil fertility. *Pedobiologia*. 24: 255-296.
- \_\_\_\_\_. 1987. Why do collembolans and mites react to changes in soil acidity? *Entomologiske-Meedeleser*. 55: 115-119.
- Hermosilla, W. 1978. Evolución mesofaunística de una sucesión ecológica secundaria antrópica. *Brenesia*. 14-15: 267-277.
- Hulbert, H.S. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*. 54: 187-211.
- Humbert, W. & J.A. Barra. 1979. Les Collembolés: un modèle d'étude de l'absorption intestinale de l'excretion et la détoxification de quelques métaux lourds. *Bull. Soc. Eco-physiol.* 4: 117-121.
- Kovac, L. 1994. Effects of soil type on collembolan communities in agroecosystem. *Acta Zool. Fennica* 195: 89-93.
- Ludwig, J. A. & J.F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. A Wiley-Interscience publication, John Wiley Sons. 337 pp.
- Mateos, E. 1992. *Colémbolos (Collembola: Insecta) edáficos de encinares de la sierra de Lóbac y la sierra de Padres (Sierra prelitoral catalana). Efectos de los incendios forestales sobre estos artrópodos*. Tesis doctoral Universidad de Barcelona, España. 403 pp.
- Mendoza, A.S. 1995. *Los insectos Colémbolos y la sucesión secundaria del bosque mesófilo de la reserva de la biosfera "El Cielo", Tamaulipas*. Tesis Licenciatura ENEP-I, UNAM. México. 99 pp.
- Miranda-Rangel, A. & J.G. Palacios-Vargas. 1992. Estudio comparativo de las comunidades de colémbolos edáficos de bosque de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*). *Agrociencia. Serie. Protección vegetal*. 3(3): 7-18.
- Najt, J. 1976. Algunos conceptos sobre la biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo. *IDIA Supl.* 29: 97-105.
- Palacios-Vargas, J.G. 1985. *Microartrópodos del Popocatepetl (Aspectos ecológicos y biogeográficos de los ácaros oribátidos e insectos colémbolos)*. Tesis Doctoral Fac. Ciencias, UNAM. México. 132 pp.
- Palacios-Vargas, J.G. & G. Ríos. 1995a. Two new species of *Americanura* (Collembola: Neanuridae) from Central America. *J. Kansas Entomol. Soc.* 68: 437-443.
- \_\_\_\_\_. 1995b. Nuevos datos sobre los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de la selva lacandona, Chis. *Resúmenes XXX Congr. Nac. Entomol.* Chapingo, México. pp. 266.

- Parra-Vázquez, M.R. 1989. *El subdesarrollo agrícola en los Altos de Chiapas*. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 405 pp.
- Petersen, H. & M. Luxton. 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*. 39: 287-388.
- 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'Orléans. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 19: 237-250.
- Pool, N.L. 1997. Intensificación de la agricultura tradicional y cambios en el uso del suelo. C. 1. In: M.R. Parra y B.M. Díaz (eds). *Los Altos de Chiapas: agricultura y crisis rural*. México. pp. 1-22
- SPP/INEGI. 1981. *Carta Edafológica*. Escala 1:1,000,000 Villahermosa. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadísticas, Geografía e Informática, Estados Unidos Mexicanos.
- Stork, E.N. & P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *Ame. Jour. Alte. Agri.* 7: 38-47.
- Stuczynski T.I., G.W. Mccarty, J.B. III Reeves & R.J. Wright. 1996. Use of GC/MS pyrolysis for assessing changes in soil organic matter.  
<http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000007/32/0000073250.html>
- Takeda, H. 1987. Dynamics and maintenance of collembolan community structure in a forest soil system. *Res. Pop. Ecol.* 29: 291-346.
- Uvarov, V.A. 1994. Succession dynamics of Collembola in the course of decomposition of clover remains in soil. *Acta Zool. Fennica* 195: 132-134.
- Villalobos, F.J. 1989. Los colémbolos Poduromorpha (Apterygota: Insecta) y la sucesión secundaria del Bosque Mesófilo de Montaña. *Biotam*, UAT Tamaulipas, México. 1: 45-52.
- \_\_\_\_\_. 1990. Estudio preliminar sobre la abundancia y diversidad de los Collembola (Apterygota) de un bosque tropical del Noreste de México. *Folia Entomol. Mex.* 80: 5-29
- \_\_\_\_\_. 1995. El manejo sostenible de plagas del suelo: El caso de las larvas de Melolonthidae. In: Aragon, G.A. (ed). *Control de plagas con métodos alternativos al químico*. Pub. especial de la Sociedad Mexicana de Entomología. Puebla. Méx. pp. 66-89.
- Villalobos, F.J. & J.G. Palacios-Vargas. 1986. Collembola de Chiapas, México. I. *Folia Entomol. Mex.* 67: 3-12.
- Villalobos, F.J., K.M. Goh, R.M. Emberson, R.B. Chapman, & R.B. McPherson. 1993. Interacciones entre la materia orgánica del suelo, la bacteria *Serratia entomophila* Grimont et al. y la alimentación de larvas de *Costelytra zealandica* (White) (Coleoptera: Melolonthidae). In: M.A. Morón (ed). *Diversidad y manejo de plagas subterráneas*. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. pp. 235-253.
- Walkey, A. & A. Black. 1934. An examinations of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid tritration method. Modified by Walkey (1947). *Soil Science*. 37: 29-38
- Wolda, H. 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*. 50: 296-302.

Recibido: 28 de septiembre 1998

Aceptado: 23 de marzo 1999

## Apéndice 1

Especies colectadas durante los muestreos de febrero y agosto en la comunidad de Balún canal, Tenejapa Chiapas.

Super Clase: Hexapoda  
Clase: Collembola  
Orden: PODUROMORPHA

Familia: **Hypogastruridae**  
Subfamilia: Hypogastrurinae  
1) *Hypogastrura* sp.  
2) *Ceratophysella gibbosa* (Bagnall, 1940)  
3) *Schoettella* sp. nov.

Familia: **Odontellidae**  
4) *Superodontella ca. clavata* (Christiansen & Bellinger, 1980)

Familia: **Brachystomellidae**  
5) *Brachystomella* sp.  
6) *Micronella porcus* (Denis, 1933)

Familia: **Neanuridae**  
Subfamilia: Frieseinae  
7) *Friesea* sp.  
8) *Friesea tepetlana* Palacios-Vargas, 1986

Subfamilia: Pseudachorutinae  
Tribu: Pseudachorutini  
9) *Micranurida pygmaea* (Börner, 1901)

Subfamilia: Neanurinae  
Tribu: Neanurini  
10) *Neanura* sp.

Familia: **Onychiuridae**  
Subfamilia: Onychiurinae  
Tribu: Protaphorurini  
11) *Protaphorura ca. pavicornis* (Mills, 1934)

Familia: **Tullbergiidae**  
12) *Mesaphorura cf. yosii* (Rusek, 1967)

Orden: ENTOMOBRYOMORPHA

Superfamilia Isotomoidea  
Familia: **Isotomidae**  
Subfamilia: Anurophorinae  
13) *Folsomides cf. centralis* Denis, 1931

Subfamilia: Proisotominae  
14) *Folsomia ca. fimetaria* (Willem, 1925)  
15) *Folsomina onychiurina* (Denis, 1931)  
16) *Proisotoma* sp.

Subfamilia: Isotominae  
17) *Isotomurus* sp.  
18) *Isotoma cf. ekmani*  
19) *Isotoma* sp.  
20) *Isotomiella minor* (Schaffer, 1986)  
21) *Desoria notabilis* (Schäfer, 1896)  
22) *Desoria trispinata* (MacGillivray, 1896)  
23) *Desoria uniens* (Christiansen & Bellinger, 1980)

Superfamilia: Entomobryoidea  
Familia: **Entomobryidae**  
Subfamilia: Orchesellinae  
Tribu: Orchesellini  
24) *Heteromurus* sp.

Subfamilia: Entomobryinae  
Tribu Seirini  
25) *Seira* sp.

Subfamilia: Lepidocyrtinae  
Tribu: Lepidocyrtini  
26) *Lepidocyrtus* sp.  
27) *Pseudosinella* sp.

Familia: **Paronellidae**  
28) *Salina* sp.  
29) *Paronella* sp.

Orden: SYMPHYPLEONA

Familia: **Sminthuridae**  
30) *Sphaeridia* sp.

Familia: **Katiannidae**  
31) *Polykatianna intermedia* (Snider, 1978)

Familia: **Bourletiididae**  
32) *Bourletienda* sp.

Familia: **Sminthuridae**  
33) *Sminthurus* sp.

Orden: NEELIPLEONA

Familia: **Neelidae**  
34) *Megalothorax minimus* (Willem, 1900)